



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

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

**“IMPLEMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN MÓDULO
PARA LA SIMULACIÓN DE UN PROCESO DE MECANIZADO
CON MESA DE INDEXACIÓN”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES**

Presentado por:

ANGEL BLADIMIR AGUILAR ALDAS

Riobamba – Ecuador

2012

Mi eterna gratitud a Dios.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales, por abrirme sus puertas para terminar con éxito mis estudios universitarios.

A todos quienes colaboraron en la realización de esta tesis de manera particular al Ing. Lenin Aguirre.

A mis padres Orlando Aguilar y María Aldas.

A mi pequeña hija Scarlett,

A todos mis amigos en especial quienes conforman el grupo DESCONTROL-ESPOCH.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Iván Menes DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Ing. Paul Romero DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES
Ing. Lenin Aguirre DIRECTOR DE TESIS
Ing. Jorge Hernández MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Tec. Carlos Rodríguez Carpio DIRECTOR DPTO DOCUMENTACIÓN
NOTA DE LA TESIS	

“Yo ANGEL BLADIMIR AGUILAR ALDAS, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y, el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”.

ANGEL BLADIMIR AGUILAR ALDAS

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ADC's	analógico-digitales
BDEV	Bloque de Distribución de Electroválvula
CEXP	Cilindro de expulsión.
CM	Módulo de comunicación
CPU	Unidad Central de Proceso
CSUJ	Cilindro de mordaza de sujeción.
CTAL	Cilindro del taladro
CAVE	Cilindro de avellanado.
E/S	Entradas y Salidas
EAP	Estación de Alimentación de Piezas
EEX	Estación de Expulsión
ETL	Estación de Taladrado
EV	Electroválvula
EVF	Estación de Verificación
HART	Salidas de trenes de impulso
HMI	Interfaz Humano- maquina
IP	Protocolo de Internet
IPxx	Grado de protección contra polvo y líquidos para los dispositivos
IR	Infra Rojo
Kx	Relé
MOT	motor
PC	Computadora personal
PCM	Panel de Control y Mando
PLC	Controlador lógico programable (Programmable Logic Controller)
PUL	Pulsador

R	Resistencia
RAM	memoria de lectura y escritura
ROM	memoria de solo lectura
SB	Signal Board
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition (Control de Supervisión y Adquisición de Datos)
SIN	sensor inductivo
SOP	sensor óptico
SP	Sensor de posición
TIA Portal	Totally Integrated Automation Portal
TICs	Tecnología de la informática y comunicaciones
VDC	Voltaje de corriente directa
VQ	Válvula reguladora de caudal

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

1	MARCO REFERENCIAL	14
1.1	Introducción	14
1.2	Objetivos	15
1.2.1	Objetivo general	15
1.2.2	Objetivos específicos	15
1.3	Justificación	16
1.4	Hipótesis.....	17

CAPÍTULO II

2	MARCO TEÓRICO.....	18
2.1	PROCESO DE MECANIZADO SOBRE MESA DE INDEXACIÓN	18
2.1.1	Definición de proceso de mecanizado.....	18
2.1.2	Estaciones de trabajo.....	18
2.1.3	Aplicaciones de la mesa de indexación.....	19
2.2	SENSORES.....	19
2.2.1	Definición de Sensores.....	19
2.2.2	Tipo de sensores.....	20
2.3	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE	28
2.3.1	Introducción a PLC	28
2.3.2	Estructura básica de un PLC	29
2.3.3	PLC Siemens S7-1200 (5).....	30
2.3.4	Software del PLC (STEP 7 Basic) (5).....	35
2.4	ACTUADORES NEUMÁTICOS Y ELÉCTRICOS.....	37
2.4.1	Introducción a los actuadores.....	37
2.4.2	Actuadores neumáticos.	37
2.4.3	Actuadores eléctricos	42
2.5	ACCESORIOS ELÉCTRICOS Y NEUMÁTICOS.....	46
2.5.1	Accesorios eléctricos.....	46
2.5.2	Accesorios neumáticos.....	46

CAPÍTULO III

3	DISEÑO DEL MODULO Y ESTUDIO ECONÓMICO.....	48
3.1	DISEÑO DE LA BASE	49
3.2	DISEÑO DE LA MESA INDEXADA	50
3.3	DISEÑO DEL MARCO CENTRAL	51
3.4	DISEÑO DEL MARCO PARA TALADRO	52
3.5	DISEÑO DE LOS SOPORTES	53
3.6	DISEÑO DE LOS ÁNGULOS DE SOPORTE.	54
3.7	ESTUDIO ECONÓMICO.	55

CAPÍTULO IV

4	IMPLEMENTACIÓN DEL MODULO.....	57
4.1	INTRODUCCIÓN	57
4.2	MÓDULO DEL PROCESO	58
4.3	MONTAJE DEL MÓDULO.....	59
4.3.1	Montaje mecánico	59
4.3.2	Montaje eléctrico.....	61
4.3.3	Montaje neumático.....	63
4.3.4	Montaje de sensores	69
4.4	PROGRAMACIÓN DEL PLC	73
4.4.1	Determinación del funcionamiento del módulo.	73
4.4.2	Señales de Entradas/Salidas	76
4.4.3	Grafcet.....	77
4.4.4	Implementación de la secuencia en el STEP 7-Basic TIA Portal V10.....	83
4.4.5	Cargar el programa en el PLC S7-1200	86

CAPÍTULO V

5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	89
5.1	INTRODUCCIÓN	89
5.2	MÓDULO DE PROCESO.....	90
5.3	MANUAL	91
5.4	HOJA GUÍA	91
5.5	RESULTADOS DE LA ENCUESTA	91

5.6	Análisis de resultados en los procesos de prueba.....	94
	CONCLUSIONES	96
	RECOMENDACIONES	97
	RESUMEN.....	98
	SUMARY.....	99
	BIBLIOGRAFÍA	100
	ANEXOS	103

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Fig. II.1 Principio de funcionamiento de un sensor	20
Fig. II.2 Bloque de un sensor inductivo.	22
Fig. II.3 Sensor inductivo.	22
Fig. II.4 Bloques y operación de un sensor capacitivo.	23
Fig. II.5 Modelos de sensores capacitivos.	23
Fig. II.6 Control de nivel de llenado de sólidos en un recipiente	23
Fig. II.7 Detección de fluidos en contenedores.	24
Fig. II.8 Detección de nivel a través de barrera.	24
Fig. II.9 Principio de funcionamiento de un sensor óptico.	24
Fig. II.10 Sensor óptico siemens.	25
Fig. II.11 Sensor magnético marca ifm.	25
Fig. II.12 El funcionamiento básico de los ultrasonidos.	26
Fig. II.13 Sensor laser marca Sick.	27
Fig. II.14 PLC S7-1200	31
Fig. II.15 SBs del S7-1200.	33
Fig. II.16 Módulo de señal del S7-1200.	34
Fig. II.17 Módulo de comunicación del S7-1200.	34
Fig. II.18 Pantalla principal del TIA Portal v10.	36
Fig. II.19 Vista del proyecto en el TIA Portal V10.	36
Fig. II.20 Clasificación genérica de actuadores.	38
Fig. II.21 Simple efecto “tradicional”, normalmente dentro.	39

Fig. II.22 Diferencia entre las secciones efectivas de un cilindro.	40
Fig. II.23 Montaje multiposicional.	41
Fig. II.24 Cilindro tándem.	41
Fig. II.25 Electroválvulas FESTO.	42
Fig. II.26 Motor eléctrico.	42
Fig. II.27 Estructura de un Relé.	45
Fig. II.28 Rácores y Mangueras Neumáticas.	46
Fig. III.1 Diseño de la base del módulo de proceso.	49
Fig. III.2 Diseño de la mesa indexada de 6 posiciones.	50
Fig. III.3 Diseño del marco central.	51
Fig. III.4 Diseño del marco para taladrado.	52
Fig. III.5 Diseño de los soportes.	53
Fig. III.6 Diseño de los ángulos de soportes.	54
Fig. IV.1 Esquema general del módulo del proceso.	58
Fig. IV.2 Perfil modular de aluminio.	59
Fig.IV.3 Conector de perfiles perpendicular.	59
Fig. IV.4 Motor para la mesa giratoria.	61
Fig. IV.5 Taladro eléctrico.	62
Fig. IV.6 Panel de control.	63
Fig. IV.7 Montaje del cilindro del taladro CTAL.	64
Fig. IV.8 Montaje del cilindro de sujeción CSUJ.	65
Fig. IV.9 Montaje del cilindro de avellanado CAVE.	66

Fig. IV.10 Montaje del cilindro de expulsión CEXP.	66
Fig. IV.11 Montaje del bloque de válvulas de distribución.	67
Fig. IV.12 Diagrama de conexión neumático.	68
Fig. IV.13 Montaje del sensor inductivo SIN.	70
Fig. IV.14 Montaje del sensor óptico SOP.	71
Fig. IV.15 Grafcet de primer nivel para secuencia serie	78
Fig. IV.16 Grafcet de primer nivel para secuencia paralelo.	79
Fig. IV.17 Grafcet de segundo nivel para secuencia serie.	80
Fig. IV.18 Grafcet de segundo nivel para secuencia paralelo.	81
Fig. IV.19 Iniciar del software de programación TIA Portal V10.	83
Fig. IV.20 Crear un proyecto en el TIA Portal V10.	84
Fig. IV.21 Agregar un dispositivo en el TIA Portal V10.	84
Fig. IV.22 Configurar IP del dispositivo en el TIA Portal V10.	85
Fig. IV.23 Configuración de dirección IP del PC.	85
Fig. IV.24 Asignación de E/S y memorias en el TIA Portal V10.	86
Fig. IV.25 Vista preliminar de la carga del programa.	87
Fig. IV.26 Finalizar la carga y arrancar todos los módulos del dispositivo.	87
Fig. V.1 Módulo de proceso.	90
Fig. V.2 Representación de Datos de la pregunta 1 de la encuesta.	92
Fig. V.3 Representación de Datos de la pregunta 2 de la encuesta.	93
Fig. V.4 Representación de Datos de la pregunta 3 de la encuesta.	93
Fig. V.5 Representación de Datos de la pregunta 4 de la encuesta.	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. II.I Modelos de CPUs del S7-1200	32
Tabla. II.II Módulos de señales y SBs del S7-1200	33
Tabla. III.I Detalle de Gastos	55
Tabla. IV.I Asignación de Entradas/Salida en el PLC.	77
Tabla. IV.II Ecuaciones para la secuencia paralelo.	82
Tabla V.I Tabulación datos de pregunta 1 de la encuesta.	92
Tabla V.II Tabulación datos de pregunta 2 de la encuesta.	92
Tabla V.III Tabulación datos de pregunta 3 de la encuesta.	93
Tabla V.IV Tabulación datos de pregunta 4 de la encuesta.	94

CAPÍTULO I

1 MARCO REFERENCIAL

1.1 Introducción

Históricamente se ha visto que la industria ha experimentado cambios constantes con el afán de mejorar su productividad y con la automatización de las unidades productivas han logrado obtener una optimización en la producción, con esto obteniendo una mayor rentabilidad para la empresa y un mejoramiento en la calidad de sus productos.

Hoy en día la innovación tecnológica a través de la automatización de procesos se ha convertido en un punto clave para las plantas de producción de las industrias, debido a la necesidad de aumentar su capacidad de producción, mejorar la calidad en sus productos, obtener una mayor rentabilidad, seguridad industrial, entre otras necesidades.

La automatización de procesos y técnica de elaboración por medio de mecanización de productos es un problema concerniente a diversas industrias tales como; metalmecánica, maderera, química, donde el trabajo sobre mesas de indexación automatizadas está presente en la solución de estos problemas de automatización.

La búsqueda de soluciones automatizadas a estos procesos solo pueden ser desarrollados en un laboratorio donde se pueda simular soluciones multimodales en la cual intervengan áreas multidisciplinarias tales como: mecatrónica, tecnología de procesos, tecnología apoyada por sistemas TICs aplicados que desarrollen potentes programas que den soluciones estándar o personalizados a los diferentes problemas planteados.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Implementar y automatizar un módulo didáctico para la simulación de un proceso de mecanizado con mesa de indexación controlado por un PLC siemens S7-1200 para el laboratorio de control de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales.

1.2.2 Objetivos específicos

- Investigar y estudiar los sistemas de indexación para la realización de multitareas.
- Realizar el montaje de la mesa giratoria en el módulo de simulación de un proceso de mecanizado de piezas de duralon y/o madera.
- Realizar el montaje de los sensores y actuadores de las tres estaciones de trabajo del módulo de simulación de un proceso de mecanizado.
- Controlar los sistemas electromecánicos y electro neumáticos por medio de un PLC siemens S7-1200.
- Realizar un manual de prácticas para la utilización del módulo para la simulación de un proceso de mecanizado con mesa de indexación.

1.3 Justificación

Todos quienes formamos parte de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales sabemos que contamos con un buen prestigio, y sentimos la necesidad de que ese prestigio vaya en crecimiento, y que mejor manera de lograr ese objetivo que dotar de la mejor infraestructura en los laboratorios de control y redes industriales, donde los estudiantes podrán complementar sus conocimientos teóricos adquiridos en las aulas con las prácticas de laboratorio con módulos que asemejen la realidad y tendencia de las plantas de producción de la industria Ecuatoriana.

Entonces debido a la incorporación de nuevas tecnologías para la automatización de procesos en la industria y viendo la necesidad que los estudiantes de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales, se familiaricen con estas tecnologías de forma práctica, se desarrolló este proyecto que tiene como objetivo implementar y automatizar un módulo didáctico para la simulación de un proceso de mecanizado con mesa de indexación controlado por un PLC siemens S7-1200, con el cual los estudiantes podrán adiestrar en este tipo de control de procesos ganando así una mayor experiencia para poder dar soluciones adecuadas a las necesidades de las industrias.

1.4 Hipótesis

La implementación y automatización de un módulo didáctico para la simulación de un proceso de mecanizado con meza de indexación controlado por un PLC siemens S7-1200 ayudara a los estudiantes de la escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales a tener un mejor aprendizaje sobre procesos automatizados basados en este módulo y otros procesos que utilizan este tipo de tecnología.

CAPITULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 PROCESO DE MECANIZADO SOBRE MESA DE INDEXACIÓN

Uno de los métodos alternativos de automatización de procesos son las mesas indexadoras, sobre todo en los procesos de mecanizado de piezas.

2.1.1 Definición de proceso de mecanizado

El mecanizado es el proceso de fabricación mediante varias operaciones para dar una determinada forma a una pieza cualesquiera que fuera su material (1).

2.1.2 Estaciones de trabajo

Una estación de trabajo es un sitio donde se da lugar a un determinado proceso, en donde se realiza una determinada actividad.

2.1.3 Aplicaciones de la mesa de indexación

Una mesa de indexación puede ser utilizada en varios procesos, tales como en la fabricación de piezas mecánicas, estampadoras en serie, envasado de productos en recipientes, procesos de ensamblaje de piezas, etc.

2.2 SENSORES

Los seres vivos podemos subsistir solo si reaccionamos a lo que sucede en nuestro entorno, y esto lo logramos gracias a nuestros órganos de los sentidos.

El hombre a través de la tecnología ha tratado de imitar estos sentidos de los que gozamos los seres vivos para insertar en varios campos tecnológicos como la microelectrónica, la genética, en los sectores industriales y sobre todo en la robótica. Por ende los sensores se han convertido en una tecnología clave para las innovaciones tecnológicas.

En la actualidad, los sensores se utilizan para obtener casi cualquier tipo de datos, por lo que tienen una importancia especial en numerosas aplicaciones de automatización industrial. Los sensores permiten que los sistemas de control sean capaces de “sentir”, informando sobre estados y posiciones de componentes de máquinas para que puedan reaccionar, en cierto sentido, de modo “inteligente”. En ese sentido, toman decisiones y se ocupan de funciones de vigilancia en sustitución del ser humano (2).

2.2.1 Definición de Sensores

Los sensores se utilizan para medir magnitudes físicas o electroquímicas y transformarlas en señales eléctricas. El concepto “sensor” proviene del latín “sensus” que significa sentir o percibir.

En la fig. II.1 se muestra un esquema que explica el funcionamiento general de un sensor. Se puede apreciar que, por regla general, es necesario procesar de alguna manera las señales antes de que la información llegue a un sistema ejecutor constituido por actuadores.

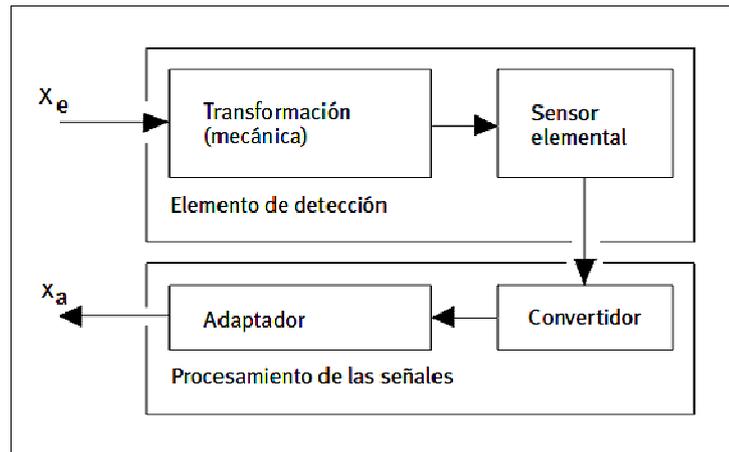


Fig. II.1 Principio de funcionamiento de un sensor

X_e Magnitud medida

X_a Señal de Salida

Si el procesamiento de las señales es más complejo, el sensor se conecta a un microprocesador. En ese caso (y más bien por razones de marketing) se utiliza el término de sensor “inteligente” (del término en Inglés “smart sensor”) (2).

2.2.2 Tipo de sensores

Los sensores pueden clasificarse de tres maneras, por la señal de salida en función de la forma de energía y por su principio de funcionamiento.

2.2.2.1 Por la señal de salida

- a) **Analógico.**- cuando la señal puede tomar un número infinito de valores bien diferenciados dentro de un margen o lo que es mismo, que la señal varía en forma continua dentro de dicho intervalo. Normalmente presenta problemas relacionados con la presencia de ruido, interferencias y distorsión (3).
- b) **Digital.**- cuando la señal solo puede tener un número finito de valores bien diferenciados dentro de un margen, es decir, que la función varía de forma discreta. Cada vez es más común que los sensores tengan una salida numérica (3).

- c) **Todo o Nada.**- Los sensores Todo-Nada son aquellos en los que la salida solo presenta dos estados, los cuales están separados por un valor umbral de la variable detectada, ON u OFF.

2.2.2.2 Por su funcionamiento u operación

- a) **Activos.**- los sensores activos generan la señal de salida sin la necesidad de una fuente de alimentación externa (4).
- b) **Pasivos.**- los pasivos requieren de esta alimentación para poder efectuar su función (4).

2.2.2.3 Por el principio de funcionamiento

- a) **Sensor mecánico.**- son sensores sencillos, pasivos, su principio básico de funcionamiento es el contacto que abre o cierra el circuito (paso corriente o no pasa). Necesitan muy poco procesamiento a nivel electrónico, y dependiendo de su aplicación su estado normal será abierto o cerrado.

- b) **Sensor resistivo.**- los sensores basados en la variación de la resistencia eléctrica de un dispositivo son probablemente los más abundantes. Ello se debe a que son muchas las magnitudes físicas que afectan al valor de la resistencia eléctrica de un material.

En consecuencia, ofrecen una solución válida para numerosos problemas de medida.

- c) **Sensor inductivo.**- los sensores inductivos son una clase especial de sensores que sirven para detectar materiales metálicos ferrosos. Son de gran utilización en la industria, tanto para aplicaciones de posicionamiento como para detectar la presencia o ausencia de objetos metálicos en un determinado contexto: detección de paso, de atasco, de codificación y de conteo.

Estos son los bloques (Fig. II.2) que habitualmente constituyen un sensor inductivo, aunque en algunos modelos el amplificador de salida puede estar implementado en otro dispositivo con carcasa independiente, para reducir el tamaño del sensor.

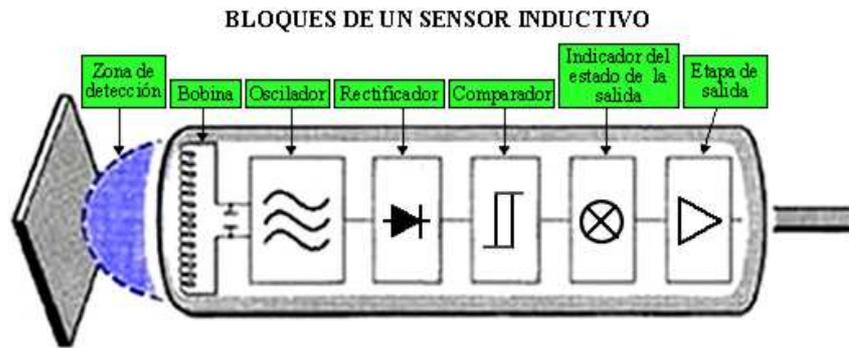


Fig. II.2 Bloque de un sensor inductivo.

Los sensores inductivos hacen uso de las propiedades magnéticas de diversos materiales, y de las variaciones de diferentes parámetros asociados a los circuitos magnéticos (longitudes o secciones de núcleos, entrehierros,...), para alterar la inductancia de bobinas normalmente fijas, consiguiendo variar la geometría del circuito magnético, permitiéndole detectar la presencia de objetos metálicos.



Fig. II.3 Sensor inductivo.

Si el sensor tiene una configuración "Normal Abierta", este activará la salida cuando el metal a detectar ingrese en la zona de detección. Lo opuesto ocurre cuando el sensor tiene una configuración "Normal Cerrada". Estos cambios de estado son evaluados por unidades externas tales como: PLCs, relés, PCs, etc.

d) Sensor capacitivo.- los sensores de proximidad capacitivos son similares a los inductivos. La principal diferencia entre los dos tipos es que los sensores capacitivos producen un campo electrostático en lugar de un campo electromagnético.

Los interruptores de proximidad capacitivos sensan objetos metálicos también como materiales no metálicos tal como papel, vidrio, líquidos y tela.

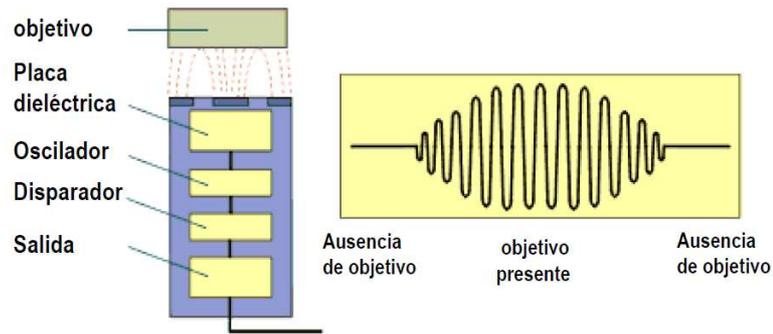


Fig. II.4 Bloques y operación de un sensor capacitivo.

Cuando un objeto se aproxima a la superficie de sensado y éste entra al campo electrostático de los electrodos, cambia la capacitancia en un circuito oscilador.

Los sensores capacitivos dependen de la constante dieléctrica del objetivo. Mientras más grande es la constante dieléctrica de unos materiales más fácil de detectar

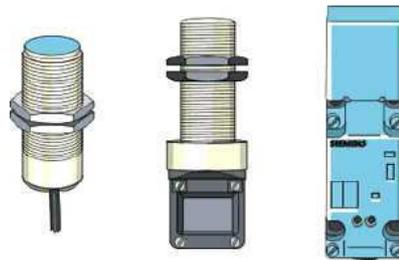


Fig. II.5 Modelos de sensores capacitivos.

Existen en el mercado versiones de sensores de corriente directa y corriente alterna.

Los de corriente directa los hay de 2,3 y 4 hilos de salida.

Con distancias de sensados desde 5 mm hasta 20 mm.

Ejemplos de aplicación de sensores de proximidad capacitivos.

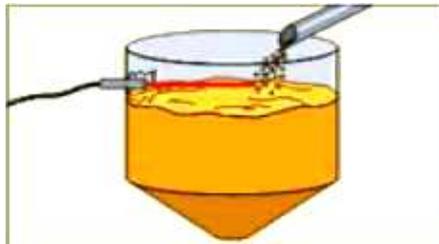


Fig. II.6 Control de nivel de llenado de sólidos en un recipiente

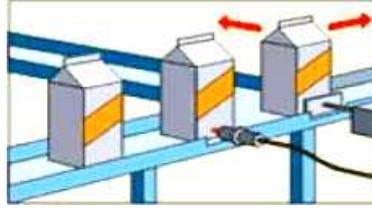


Fig. II.7 Detección de fluidos en contenedores tal como leche en botes de cartón.

Una aplicación para los sensores de proximidad capacitivos es la detección de nivel a través de barreras.



Fig. II.8 Detección de nivel a través de barrera.

Por ejemplo el agua tiene una constante dieléctrica mucho más alta que el plástico.

Esto le da al sensor la habilidad de “ver a través” del plástico y detectar el agua.

e) Sensor óptico.- cuando hablamos de sensores ópticos nos referimos a todos aquellos que son capaces de detectar diferentes factores a través de un lente óptico. Para que podamos darnos una idea de lo que nos referimos, debemos decir que un buen ejemplo de sensor óptico es el de los mouse de computadora, los cuales mueven el cursor según el movimiento que le indicamos realizar.

Un sensor óptico se basa en el aprovechamiento de la interacción entre la luz y la materia para determinar las propiedades de ésta. Una mejora de los dispositivos sensores, comprende la utilización de la fibra óptica como elemento de transmisión de la luz.

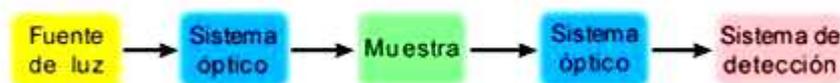


Fig. II.9 Principio de funcionamiento de un sensor óptico.

Los sensores ópticos, presentan importantes ventajas cuando lo que se desea es determinar propiedades físicas o químicas:

- Es un método no destructivo y no invasivo.
- Ofrece posibilidades de integración en sistemas más complejos.
- Bajo coste y tecnología bien establecida.
- Posibilidades de control a distancia de lugares poco accesibles físicamente.
- Capacidad de conformar redes espaciales de sensores para el control de parámetros en grandes superficies.

Sus desventajas son:

- distancia de detección corta.
- son muy sensibles a factores ambientales como la humedad.
- no selecciona el objeto a detectar.



Fig. II.10 Sensor óptico siemens.

- f) **Sensor magnético.**-Los sensores magnéticos detectan imanes a través de todos los materiales no magnetizables incluyendo el acero inoxidable, los metales no ferrosos, el aluminio, el plástico, la madera y el vidrio. Ofrecen una alta sensibilidad. Entre las aplicaciones se incluyen brújulas, control remoto de vehículos, detección de vehículos, realidad virtual, sensores de posición, sistemas de seguridad e instrumentación médica.



Fig. II.11 Sensor magnético marca ifm.

g) Sensor ultrasonido.- Los ultrasonidos son antes que nada sonido, exactamente igual que los que oímos normalmente, salvo que tienen una frecuencia mayor que la máxima audible por el oído humano. Ésta comienza desde unos 16 Hz y tiene un límite superior de aproximadamente 20 KHz, normalmente tiene un sonido con una frecuencia de 40 KHz. A este tipo de sonidos es a lo que llamamos Ultrasonidos.

Los sensores ultrasonido son usados fundamentalmente para medir distancias, el emisor emite un “chirrido” y se capta en un micrófono el reflejo. El Ultrasonidos viajan aproximadamente 35 cm por milisegundo (a 20° Celsius).

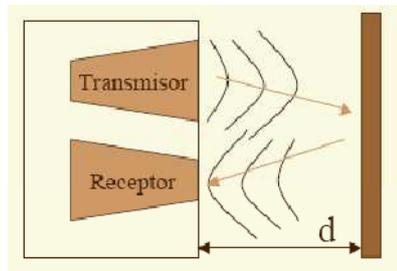


Fig. II.12 El funcionamiento básico de los ultrasonidos como medidores de distancia.

Los principales problemas con estos sensores son: La posición real del objeto es desconocida (cualquier posición del cono a distancia d). Reflejos especulares (la dirección del reflejo depende del ángulo de incidencia. Cuanto menor sea el ángulo, mayor es la probabilidad de perderse y producir falsas medidas de gran longitud.

Las superficies pulidas agravan el problema (las rugosas producen reflejos que llegan antes). En conclusión, medidas de objetos lejanos pueden ser muy erróneas.

h) Sensor infrarrojo.- son sensores pasivos (emisor y receptor), probablemente uno de los sensores de no-contacto más extendidos, este tipo de sensor de luz utiliza parte del espectro del infrarrojo modulada usualmente a 100Hz para distinguir la reflexión del infrarrojo ambiente. Se usan profusamente porque hay menos interferencias, son fácilmente modulables y no son visibles. Se usan de la misma forma que los sensores de luz: barrera y reflexión. El problema que se presenta con

estos sensores es con los objetos que no reflejan el IR. (Rango máximo 50 - 75 cm.)

- i) **Sensor laser.**- Mismo principio que en los ultrasonidos: medir tiempo de eco. Mucho más precisos que los ultrasonidos.

El Sick de la figura proporciona medidas en 180 grados, cada medio grado, a 20 Hz, con resolución de 1-2 cm. Inconveniente: precio, debido que son muy costosos.

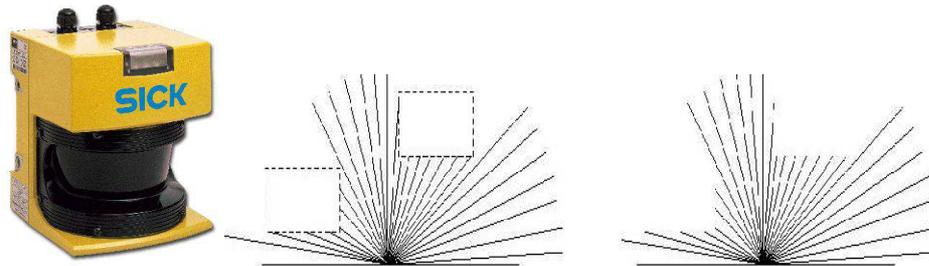


Fig. II.13 Sensor laser marca Sick.

2.3 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

2.3.1 Introducción a PLC

Los controladores lógicos programables o PLC (*Programmable Logic Controller* en sus siglas en inglés) son dispositivos electrónicos muy usados en automatización industrial.

Su historia se remonta a finales de la década de 1960, cuando la industria buscó en las nuevas tecnologías electrónicas una solución más eficiente para reemplazar los sistemas de control basados en circuitos eléctricos con relés, interruptores y otros componentes comúnmente utilizados para el control de los sistemas de lógica combinatoria.

Como su mismo nombre lo indica, se ha diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real. Por lo general, es posible encontrar este tipo de equipos en ambientes industriales.

Los PLC sirven para realizar automatismos, se puede ingresar un programa en su disco de almacenamiento, y con un microprocesador integrado, corre el programa, se tiene que saber que hay infinitas de tipos de PLC, los cuales tienen diferentes propiedades, que ayudan a facilitar ciertas tareas para las cuales se los diseñan.

Dentro de las funciones que un PLC puede cumplir se encuentran operaciones como las de detección y de mando, en las que se elaboran y envían datos de acción a los pre-accionadores y accionadores. Además cumplen la importante función de programación, pudiendo introducir, crear y modificar las aplicaciones del programa.

Dentro de las ventajas que estos equipos poseen se encuentra que, gracias a ellos, es posible ahorrar tiempo en la elaboración de proyectos, pudiendo realizar modificaciones sin costos adicionales. Por otra parte, son de tamaño reducido y mantenimiento de bajo costo, además permiten ahorrar dinero en mano de obra y la posibilidad de controlar más de una máquina con el mismo equipo. Sin embargo, y como sucede en todos los casos, los controladores lógicos programables, o PLC's, presentan ciertas desventajas como es la necesidad de contar con técnicos calificados y adiestrados específicamente para ocuparse de su buen funcionamiento.

2.3.2 Estructura básica de un PLC

Sus partes fundamentales son la Unidad Central de Proceso (CPU), la Memoria y el Sistema de Entradas y Salidas (E/S).

2.3.2.1 Unidad Central de Proceso

La CPU se encarga de todo el control interno y externo del PLC y de la interpretación de las instrucciones del programa. En base a las instrucciones almacenadas en la memoria y en los datos que lee de las entradas, genera las señales de las salidas.

2.3.2.2 Memoria

La memoria se divide en dos, la memoria de solo lectura o ROM y la memoria de lectura y escritura o RAM.

La memoria ROM almacena programas para el buen funcionamiento del sistema.

La memoria RAM está conformada por la memoria de datos, en la que se almacena la información de las entradas y salidas y de variables internas y por la memoria de usuario, en la que se almacena el programa que maneja la lógica del PLC.

2.3.2.3 Sistema de Entradas y Salidas.

El sistema de Entradas y Salidas recopila la información del proceso (Entradas) y genera las acciones de control del mismo (salidas). Los dispositivos conectados a las entradas pueden ser; pulsadores, interruptores, finales de carrera, termostatos, detectores de nivel, detectores de proximidad, contactos auxiliares, etc. Al igual, los dispositivos de salida son también muy variados: Pilotos, relés, contactores, Drives o variadores de frecuencia, válvulas, etc.

Las entradas y salidas (E/S) de un PLC son digitales, analógicas o especiales. Las E/S digitales se identifican por presentar dos estados diferentes: on u off, presencia o ausencia de tensión, contacto abierto o cerrado, etc. Los niveles de tensión de las entradas más comunes son 5

VDC, 24 VDC, 48 VDC y 220 VAC. Los dispositivos de salida más frecuentes son los relés.

Las E/S análogas se encargan de convertir una magnitud analógica (tensión o corriente) equivalente a una magnitud física (temperatura, flujo, presión, etc.) en una expresión binaria. Esto se realiza mediante conversores analógico-digitales (ADC's). Por último, las E/S especiales se utilizan en procesos en los que con las anteriores E/S vistas son poco efectivas, bien porque es necesario un gran número de elementos adicionales, bien porque el programa necesita de muchas instrucciones o por protocolos especiales de comunicación que se necesitan para poder obtener el dato requerido por el PLC (HART, Salidas de trenes de impulso, motores paso a paso).

2.3.3 PLC Siemens S7-1200 (5).

El controlador lógico programable (PLC) S7-1200 ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización.

Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones.

La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y salida en una carcasa compacta, conformando así un potente PLC.

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

Numerosas funciones de seguridad protegen el acceso tanto a la CPU como al programa de control:

- Toda CPU ofrece protección por contraseña que permite configurar el acceso a sus funciones.

- Es posible utilizar la "protección de know-how" para ocultar el código de un bloque específico.

La CPU incorpora un puerto PROFINET para la comunicación en una red PROFINET. Los módulos de comunicación están disponibles para la comunicación en redes RS485 o RS232.

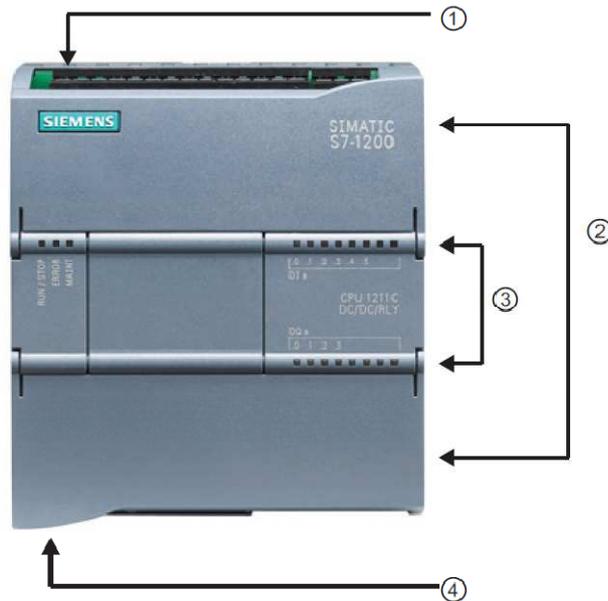


Fig. II.14 PLC S7-1200

- ① Conector de corriente
- ② Conectores extraíbles para el cableado de usuario (detrás de las tapas)
- ② Ranura para Memory Card (debajo de la tapa superior)
- ③ LEDs de estado para las E/S integradas
- ④ Conector PROFINET (en el lado inferior de la CPU).

2.3.3.1 Modelos de CPUs del S7-1200

Los diferentes modelos de CPUs ofrecen una gran variedad de funciones y prestaciones que permiten crear soluciones efectivas destinadas a numerosas aplicaciones.

Tabla. II.1 Modelos de CPUs del S7-1200

Función	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C
Dimensiones físicas (mm)	90 x 100 x 75		110 x 100 x 75
Memoria de usuario			
• Memoria de trabajo	• 25 KB		• 50 KB
• Memoria de carga	• 1 MB		• 2 MB
• Memoria remanente	• 2 KB		• 2 KB
E/S integradas locales			
• Digitales	• 6 entradas/4 salidas	• 8 entradas/6 salidas	• 14 entradas/10 salidas
• Analógicas	• 2 entradas	• 2 entradas	• 2 entradas
Tamaño de la memoria imagen de proceso	1024 bytes para entradas (I) y 1024 bytes para salidas (Q)		
Área de marcas (M)	4096 bytes		8192 bytes
Ampliación con módulos de señales	Ninguna	2	8
Signal Board	1		
Módulos de comunicación	3 (ampliación en el lado izquierdo)		
Contadores rápidos	3	4	6
• Fase simple	• 3 a 100 kHz	• 3 a 100 kHz 1 a 30 kHz	• 3 a 100 kHz 3 a 30 kHz
• Fase en cuadratura	• 3 a 80 kHz	• 3 a 80 kHz 1 a 20 kHz	• 3 a 80 kHz 3 a 20 kHz
Salidas de impulsos	2		
Memory Card	SIMATIC Memory Card (opcional)		
Tiempo de respaldo del reloj de tiempo real	Típico: 10 días / Mínimo: 6 días a 40 °C		
PROFINET	1 puerto de comunicación Ethernet		
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales	18 µs/instrucción		
Velocidad de ejecución booleana	0,1 µs/instrucción		

Fuente: Manual de sistema SIEMENS SIMATIC S7 Controlador Programable S7-1200

2.3.3.2 Módulos de señales y Signal Boards

La gama S7-1200 ofrece una gran variedad de módulos de señales y Signal Boards que permiten ampliar las prestaciones de la CPU. También es posible instalar módulos de comunicación adicionales para soportar otros protocolos de comunicación.

Tabla. II.II Módulos de señales y SBs del S7-1200

Módulo		Sólo entradas	Sólo salidas	Entradas y salidas
Módulo de señales (SM)	Digital	8 entradas DC	8 salidas DC 8 salidas de relé	8 entradas DC/8 salidas DC 8 entradas DC/8 salidas de relé
		16 entradas DC	16 salidas DC 16 salidas de relé	16 entradas DC/16 salidas DC 16 entradas DC/16 salidas de relé
	Analógico	4 entradas analógicas 8 entradas analógicas	2 salidas analógicas 4 salidas analógicas	4 entradas analógicas/2 salidas analógicas
Signal Board (SB)	Digital	-	-	2 entradas DC/2 salidas DC
	Analógico	-	1 salida analógica	-
Módulo de comunicación (CM)				
<ul style="list-style-type: none"> • RS485 • RS232 				

Fuente: Manual de sistema SIEMENS SIMATIC S7 Controlador Programable S7-1200

2.3.3.2.1 Signal Boards

Una Signal Board (SB) permite agregar E/S a la CPU. Es posible agregar una SB con E/S digitales o analógicas. Una SB se conecta en el frente de la CPU.

- SB con 4 E/S digitales (2 entradas DC y 2 salidas DC)
- SB con 1 entrada analógica

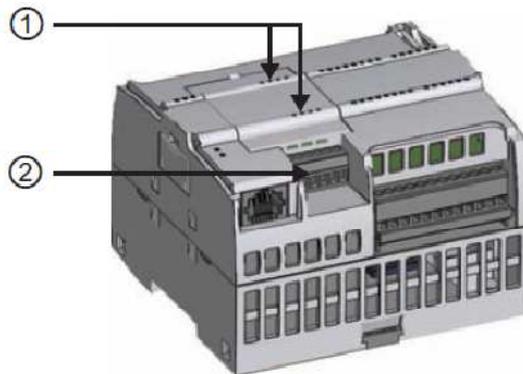


Fig. II.15 SB del S7-1200.

- ① LEDs de estado en la SB
- ② Conector extraíble para el cableado de usuario

2.3.3.2 Módulos de señales

Los módulos de señales se pueden utilizar para agregar funciones a la CPU. Los módulos de señales se conectan a la derecha de la CPU.

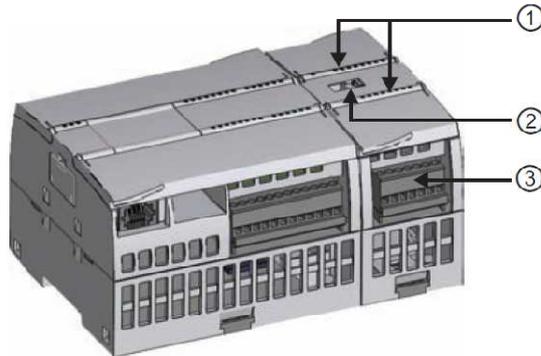


Fig. II.16 Módulo de señal del S7-1200.

- ① LEDs de estado para las E/S del módulo de señales
- ② Conector de bus
- ③ Conector extraíble para el cableado de usuario

2.3.3.3 Módulos de comunicación

La gama S7-1200 provee módulos de comunicación (CMs) que ofrecen funciones adicionales para el sistema. Hay dos módulos de comunicación, a saber: RS232 y RS485.

- La CPU soporta como máximo 3 módulos de comunicación
- Todo CM se conecta en lado izquierdo de la CPU (o en lado izquierdo de otro CM)

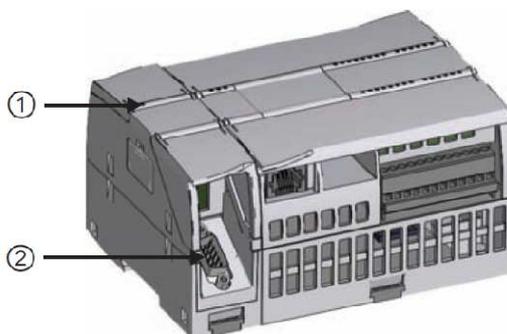


Fig. II.17 Módulo de comunicación del S7-1200.

- ① LEDs de estado del módulo de comunicación.
- ② Conector de comunicación.

2.3.4 Software del PLC (STEP 7 Basic) (5).

El software STEP 7 Basic ofrece un entorno amigable que permite desarrollar, editar y observar la lógica del programa necesaria para controlar la aplicación, incluyendo herramientas para gestionar y configurar todos los dispositivos del proyecto, tales como PLCs y dispositivos HMI. STEP 7 Basic ofrece dos lenguajes de programación (KOP y FUP) que permiten desarrollar el programa de control de la aplicación de forma fácil y eficiente.

Asimismo, incluye las herramientas para crear y configurar los dispositivos HMI en el proyecto.

Para poder encontrar la información necesaria, STEP 7 Basic ofrece un completo sistema de ayuda en pantalla.

Para instalar STEP 7 Basic, inserte el CD en la unidad de CDROM del equipo. El asistente de instalación arranca automáticamente y le guía por el proceso de instalación. Encontrará más información en el archivo Léame.

Para instalar el software STEP 7 Basic en un equipo con el sistema operativo Windows2000, Windows XP o Windows Vista, es preciso iniciar la sesión con derechos de administrador.

2.3.4.1 Diferentes vistas que facilitan el trabajo

Para aumentar la productividad, el Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) ofrece dos vistas diferentes de las herramientas disponibles, a saber: distintos portales orientados a tareas organizados según las funciones de las herramientas (vista del portal) o una vista orientada a los elementos del proyecto (vista del proyecto). El usuario puede seleccionar la vista que considere más apropiada para trabajar eficientemente. Con un solo clic es posible cambiar entre la vista del portal y la vista del proyecto.

La vista del portal ofrece una vista funcional de las tareas del proyecto y organiza las funciones de las herramientas según las tareas que deban realizarse, p.ej. configurar los componentes de hardware y las redes.

Es posible determinar fácilmente el procedimiento y la tarea que debe seleccionarse.

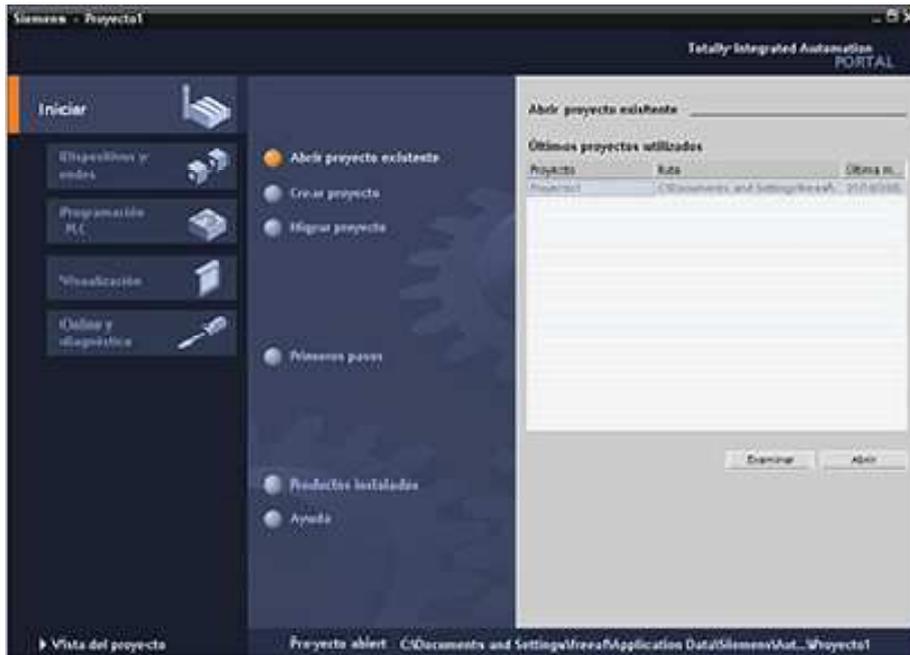


Fig. II.18 Pantalla principal del TIA Portal v10.

La vista del proyecto proporciona acceso a todos los componentes del proyecto. Puesto que todos estos componentes se encuentran en un solo lugar, es posible acceder fácilmente a todas las áreas del proyecto. El proyecto contiene todos los elementos que se han creado o finalizado.

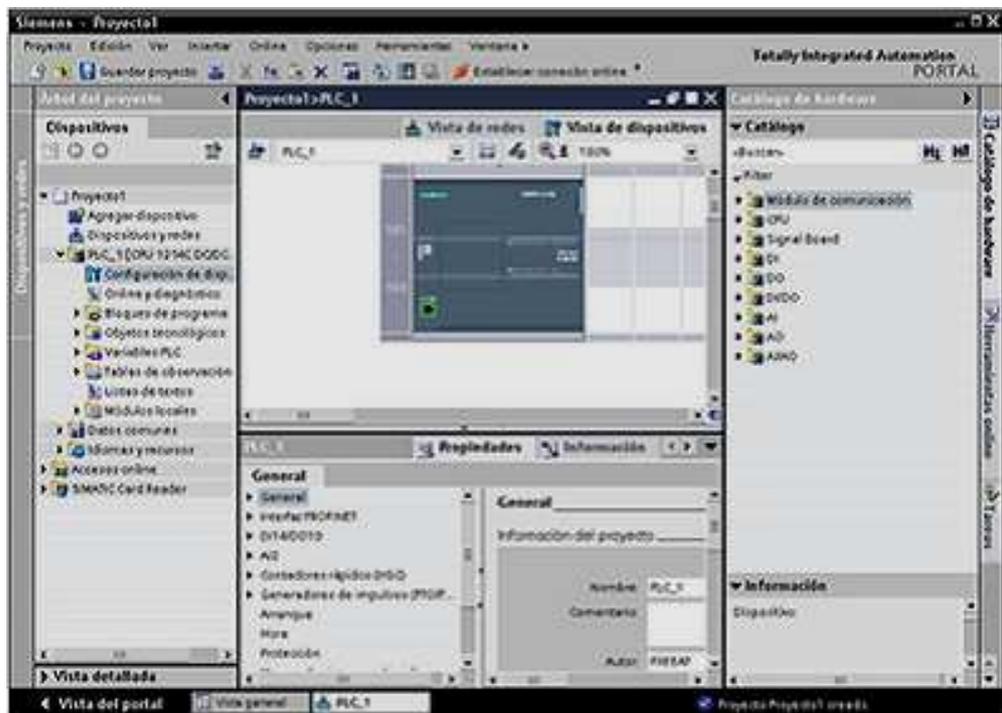


Fig. II.19 Vista del proyecto en el TIA Portal V10.

2.4 ACTUADORES NEUMÁTICOS Y ELÉCTRICOS.

2.4.1 Introducción a los actuadores.

Un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado. Este recibe la orden de un regulador o controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control como, por ejemplo, una válvula.

Existen varios tipos de actuadores como son:

- Electrónicos
- Hidráulicos
- Neumáticos
- Eléctricos

Los actuadores hidráulicos, neumáticos y eléctricos son usados para manejar aparatos mecatrónicos. Por lo general, los actuadores hidráulicos se emplean cuando lo que se necesita es potencia, y los neumáticos son simples posicionamientos. Sin embargo, los hidráulicos requieren mucho equipo para suministro de energía, así como de mantenimiento periódico. Por otro lado, las aplicaciones de los modelos neumáticos también son limitadas desde el punto de vista de precisión y mantenimiento.

2.4.2 Actuadores neumáticos.

Los actuadores neumáticos son equipos que transforman la energía neumática en un movimiento o energía mecánica.

2.4.2.1 Clasificación de los actuadores neumáticos (6).

El trabajo realizado por un actuador neumático puede ser lineal o rotativo. El movimiento lineal se obtiene por cilindros de émbolo (éstos también proporcionan movimiento rotativo con variedad de ángulos por medio de actuadores del tipo piñón-cremallera).

También encontramos actuadores neumáticos de rotación continua (motores neumáticos), movimientos combinados e incluso alguna transformación mecánica de movimiento que lo hace parecer de un tipo especial.

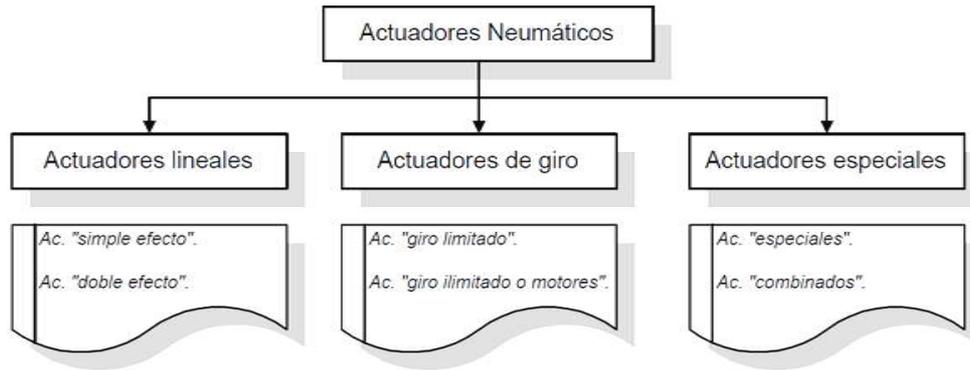


Fig. II.20 Clasificación genérica de actuadores.

2.4.2.2 Actuadores lineales

Los cilindros neumáticos independientemente de su forma constructiva, representan los actuadores más comunes que se utilizan en los circuitos neumáticos. Existen dos tipos fundamentales de los cuales derivan construcciones especiales.

- **Cilindros de simple efecto**, con una entrada de aire para producir una carrera de trabajo en un sentido.
- **Cilindros de doble efecto**, con dos entradas de aire para producir carreras de trabajo de salida y retroceso.

a) **Cilindro de simple efecto.**- Un cilindro de simple efecto desarrolla un trabajo sólo en un sentido. El émbolo se hace retornar por medio de un resorte interno o por algún otro medio externo como cargas, movimientos mecánicos, etc. Puede ser de tipo normalmente dentro o normalmente fuera.

Los cilindros de simple efecto se utilizan para sujetar, marcar, expulsar, etc. Tienen un consumo de aire algo más bajo que un cilindro de doble efecto de igual tamaño. Sin embargo, hay una reducción de impulso debida a la fuerza contraria del resorte, así que puede ser necesario un diámetro interno algo más grande para conseguir una misma fuerza. También la adecuación del resorte tiene como consecuencia una longitud global más larga y una longitud de carrera limitada, debido a un espacio muerto.

La variedad constructiva de los cilindros de simple efecto es muy importante, pero todos ellos presentan la misma mecánica de trabajo.



Fig. II.21 Simple efecto “tradicional”, normalmente dentro.

- b) **Cilindro de doble efecto.**- Los cilindros de doble efecto son aquellos que realizan tanto su carrera de avance como la de retroceso por acción del aire comprimido. Su denominación se debe a que emplean las dos caras del émbolo, por lo que estos componentes sí que pueden realizar trabajo en ambos sentidos.

El campo de aplicación de los cilindros de doble efecto es mucho más extenso que el de los de simple, incluso cuando no es necesaria la realización de esfuerzo en ambos sentidos. Esto es debido a que, por norma general, los cilindros de siempre contienen aire en una de sus dos cámaras, por lo que será seguro el posicionamiento.

Para poder realizar un determinado movimiento (avance o retroceso) en un actuador de doble efecto, es preciso que entre las cámaras exista una diferencia de presión. Por norma general, cuando una de las cámaras recibe aire a presión, la otra está comunicada con la atmósfera, y viceversa. Este proceso de conmutación de aire entre cámaras nos ha de preocupar poco, puesto que es realizado automáticamente por la válvula de control asociada (disposiciones de 4 ó 5 vías con 2 ó 3 posiciones).

En definitiva, podemos afirmar que los actuadores lineales de doble efecto son los componentes más habituales en el control neumático. Esto es debido a:

- Se tiene la posibilidad de realizar trabajo en ambos sentidos (carreras de avance y retroceso).
- No se pierde fuerza en el accionamiento debido a la inexistencia de muelle en oposición.

- Para una misma longitud de cilindro, la carrera en doble efecto es mayor que en disposición de simple, al no existir volumen de alojamiento.

No debemos olvidar que estos actuadores consumen prácticamente el doble que los de simple efecto, al necesitar inyección de aire comprimido para producir tanto la carrera de avance como la de retroceso.

En los actuadores lineales de doble efecto, se produce un desfase entre la fuerza provocada a la salida y a la entrada del vástago, y lo mismo ocurre con la velocidad. Este efecto se debe a la diferencia que hay entre los volúmenes de las cámaras formadas (en consecuencia, del volumen ocupado por el vástago del cilindro).



Fig. II.22. Diferencia entre las secciones efectivas de un cilindro.

- c) **Cilindros de doble vástago.**- Este tipo de cilindros tiene un vástago corrido hacia ambos lados. La guía del vástago es mejor, porque dispone de dos cojinetes y la distancia entre éstos permanece constante. Por eso, este cilindro puede absorber también cargas laterales pequeñas. Los emisores de señales, pueden disponerse en el lado libre del vástago. La fuerza es igual en los dos sentidos (las superficies del émbolo son iguales), al igual que sucede con la velocidad de desplazamiento. Este tipo de cilindros recibe también la denominación de cilindro compensado y es importante recordar el equilibrio entre fuerzas y velocidad de lo que puede considerarse como “teóricos” avances y retornos de vástago. Evidentemente, para cumplirse esta corrección de desfases los diámetros de los vástagos han de ser iguales.

2.4.2.3 Actuadores de giro

Los actuadores rotativos son los encargados de transformar la energía neumática en energía mecánica de rotación. Dependiendo de si el móvil de giro tiene un ángulo limitado o no, se forman los dos grandes grupo:

- a) **Actuadores de giro limitado**, que son aquellos que proporcionan movimiento de giro pero no llegan a producir una revolución (exceptuando alguna mecánica particular como por ejemplo piñón – cremallera). Existen disposiciones de simple y doble efecto para ángulos de giro de 90° , 180° ..., hasta un valor máximo de unos 300° (aproximadamente).
- b) **Motores neumáticos**, que son aquellos que proporcionan un movimiento rotatorio constante. Se caracterizan por proporcionar un elevado número de revoluciones por minuto.

2.4.2.4 Cilindros especiales.

- a) **Cilindros multiposicionales**, con dos o más cilindros se logran varias posiciones. El número de posiciones finales de un cilindro por el exponente del número de cilindros acoplados nos da el número de posiciones. Por ejemplo con dos cilindros, tenemos cuatro posiciones posibles.

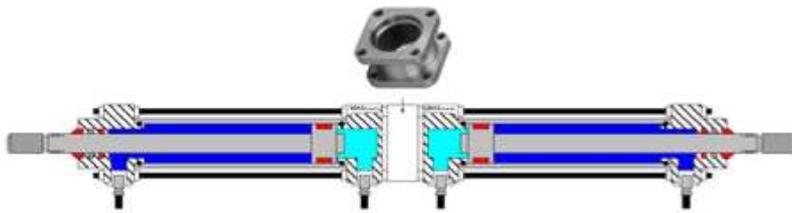


Fig. II.23 Montaje multiposicional.

- b) **Cilindros tándem**, con dos o más cilindros acoplados en un solo cuerpo, disponemos con el mismo diámetro una fuerza mayor.



Fig. II.24 Cilindro tándem.

2.4.2.5 Válvulas neumáticas

Las válvulas son dispositivos que controlan, mandan o regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección, así como la presión o el caudal de un fluido, en este caso de aire comprimido.



Fig. 2.25 Electroválvulas FESTO.

a) Válvulas mecánicas

Son las válvulas las cuales para su accionamiento se necesita una fuerza mecánica

b) Válvulas eléctricas

Son válvulas las cuales integran un solenoide para su accionamiento, esto permite con mayor facilidad comandar desde un controlador o un PLC.

2.4.3 Actuadores eléctricos

2.4.3.1 Definición de actuador eléctrico



Fig. II.26 Motor eléctrico.

Los actuadores son los dispositivos encargados de efectuar acciones físicas ordenadas por algún sistema de control. Esta acción física puede ser un movimiento lineal o un movimiento circular según sea el caso. Se le da el nombre de actuadores eléctricos cuando se usa la energía eléctrica para que se ejecuten sus movimientos.

Los sistemas que usan la energía eléctrica se caracterizan por una mayor exactitud y repetitividad.

2.4.3.2 Funcionamiento

La estructura de un actuador eléctrico es simple en comparación con la de los actuadores hidráulicos y neumáticos, ya que sólo se requieren de energía eléctrica como fuente de poder. Como se utilizan cables eléctricos para transmitir electricidad y las señales, es altamente versátil y prácticamente no hay restricciones respecto a la distancia entre la fuente de poder y el actuador.

Existe una gran cantidad de modelos y es fácil utilizarlos con motores eléctricos estandarizados según la aplicación. En la mayoría de los casos es necesario utilizar reductores, debido a que los motores son de operación continua.

2.4.3.3 Motor de corriente continua (7).

a) Características

- Desde potencias fraccionarias hasta el millar de KW
- En tareas de regulación de velocidad o par
- Regula desde cero rpm a velocidad nominal con muy buena precisión
- Regulación de par
- Con par a cero rpm

b) Aplicaciones

b.1) Aplicaciones de regulación de velocidad en general

- Máquinas de envase y embalaje
- Cintas transportadoras

b.2) Aplicaciones que requieren precisión

- Posicionamiento

b.3) Regulación de par y par a cero rpm

- Enrolladoras
- Elevación

b.4) Regulación de motores de potencias grandes

- Laminadoras
- Extrusoras

2.4.3.4 Motor de corriente alterna (asíncrono) (7).

a) Características

- De potencias fraccionarias hasta centenas de KW
- Coste motor bajo
- Arranque por contactores, arrancadores con contactores
- Coste arranque con contactores bajo
- Regulación de velocidad hasta la decena de KW
- Buena precisión entre 10 y 100% Velocidad nominal
- Par nominal en ese tramo
- Coste variador alto
- Coste variador + motor más caro que otras alternativas

b) Aplicaciones

- Accionamientos directos con contactores
- Accionamientos con arrancadores electrónicos
- Variadores de velocidad de poca potencia y precisión
- Aplicaciones sin regulación

2.4.3.5 Motor de paso a paso (7)

a) Características

- Potencias pequeñas
- Velocidades bajas
- Posicionamientos con precisión

b) Aplicaciones

Posicionamientos precisos en:

- Industria Textil
- Máquinas de Envase - Embalaje
- Equipos médicos

2.4.3.6 Servomotor (7)

a) Características

- Motor síncrono con rotor de imanes permanentes.

- Potencias pequeñas con pares de hasta 70 Nm.
- Velocidades de hasta 6000 rpm.
- Trabaja con un amplificador que controla su funcionamiento.
- Las órdenes de posicionamiento se generan en:
 - Control Numérico
 - Equipo dedicado
 - Autómata con tarjeta de control de ejes
- Gran precisión de posicionado.
- Estabilidad de velocidad.
- Alta estabilidad de par.
- Repetitividad del movimiento.
- Elevada respuesta dinámica.

b) Aplicaciones

- Maquinas – Herramientas.
- Robótica.

2.4.3.7 Relés

Los Relés son interruptores o dispositivos de conmutación activados por señales, lo cual los hace extremadamente funcionales para que controlen cosas cuando se les manda una señal.

Los relés están formados por un contacto móvil o polo y por un contacto fijo, pero también hay relés que funcionan como un conmutador, porque disponen de un polo (contacto móvil) y dos contactos fijos. Pueden ser de tipo electromecánico o totalmente electrónico, en cuyo caso carece de partes móviles.

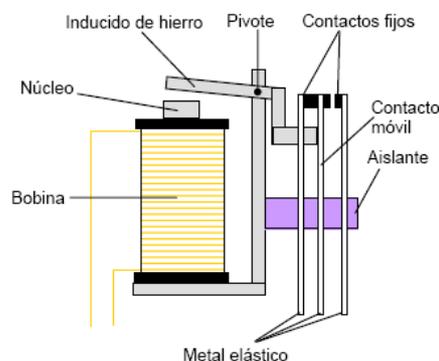


Fig. II.27 Estructura de un Relé.

2.5 ACCESORIOS ELÉCTRICOS Y NEUMÁTICOS

2.5.1 Accesorios eléctricos

- a) **Borneras.**- las borneras son utilizadas para facilitar las conexiones entre los actuadores eléctricos y los dispositivos de control.
- b) **Pulsadores.**- Son dispositivos utilizados para el mando de los procesos, este permite el paso o interrupción de la corriente eléctrica, permitiendo tener una señal ON/OFF.
- c) **Luz piloto.**- son accesorios que permiten conocer el estado del proceso mediante la emisión de luz.
- d) **Cable.**- es el medio por el cual fluye la energía eléctrica desde la fuente de poder hasta los actuadores eléctricos.

2.5.2 Accesorios neumáticos

- a) **Rácores.**- los rácores son elementos de conexión instantánea y segura a prueba de fugas. Estos elementos presentan considerables ventajas, debido a que se fabrican en diversos materiales; sus aplicaciones típicas son los sistemas de control neumático.
- b) **Manguera.**- Las mangueras son accesorios utilizados para conducir el aire comprimido de los sistemas neumáticos, en líneas de señal y trabajo de instrumentación y control, en donde se requiere un medio de conducción seguro, ligero, resistente y flexible, de aire comprimido.



Fig. II.28 Racores y Mangueras Neumáticas.

Tanto los rácores como las mangueras neumáticas reducen los tiempos de ensamble y mantenimiento, en las líneas de aire comprimido.

NOTAS

(1) <http://es.wikipedia.org/wiki/Mecanizado>

(2) <http://es.scribd.com/doc/25376746/Sen-Sores>

(3)

<http://www.cnad.edu.mx/sitio/matdidac/md/control/SENSORESPARTE1.pdf>

(4) <http://instrumentacionbustos.blogspot.com/2008/09/clasificacion-de-los-sensores.html>

(5) Toda la información respecto al PLC S7-1200 y del software de programación STEP7 TIA PORTAL V10 tiene como fuente: *Manual de sistema SIEMENS SIMATIC S7 Controlador Programable S7-1200.*

http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/aut_simatic/Documents/Manual%20de%20sistema%20SIMATIC%20S7-1200%20Ed.2009-11.pdf

(6) Toda la información sobre la clasificación de los actuadores neumáticos tiene como fuente: <http://es.scribd.com/doc/2684435/ACTUADORES-NEUMATICOS>

(7) Toda la información sobre los tipos de motores eléctricos tiene como fuente: http://tv.uvigo.es/uploads/material/Video/1709/ISAD_Tema7_2.pdf

CAPÍTULO III

3 DISEÑO DEL MODULO Y ESTUDIO ECONÓMICO

El diseño es una parte muy importante de los proyectos, ya que con esto podemos hacer una proyección de cómo quedará el producto final.

En este capítulo se detalla los parámetros de diseño, materiales utilizados, dimensiones, y el estudio económico.

El diseño de las piezas que conforman el módulo de proceso se lo realizó en el software SolidWorks 2010, el cual es un programa que permite el diseño tanto 2d y 3d.

3.1 DISEÑO DE LA BASE

Para el diseño de la base se tomó las dimensiones en base a los elementos que serán montados sobre ella, tales como el motor, estaciones de trabajo y los elementos que conforman el panel de control.

El diseño se lo realiza con perfiles de 31x31mm, similares a los existentes en el mercado.

A continuación se muestra el diseño de la base del módulo de proceso con sus dimensiones.

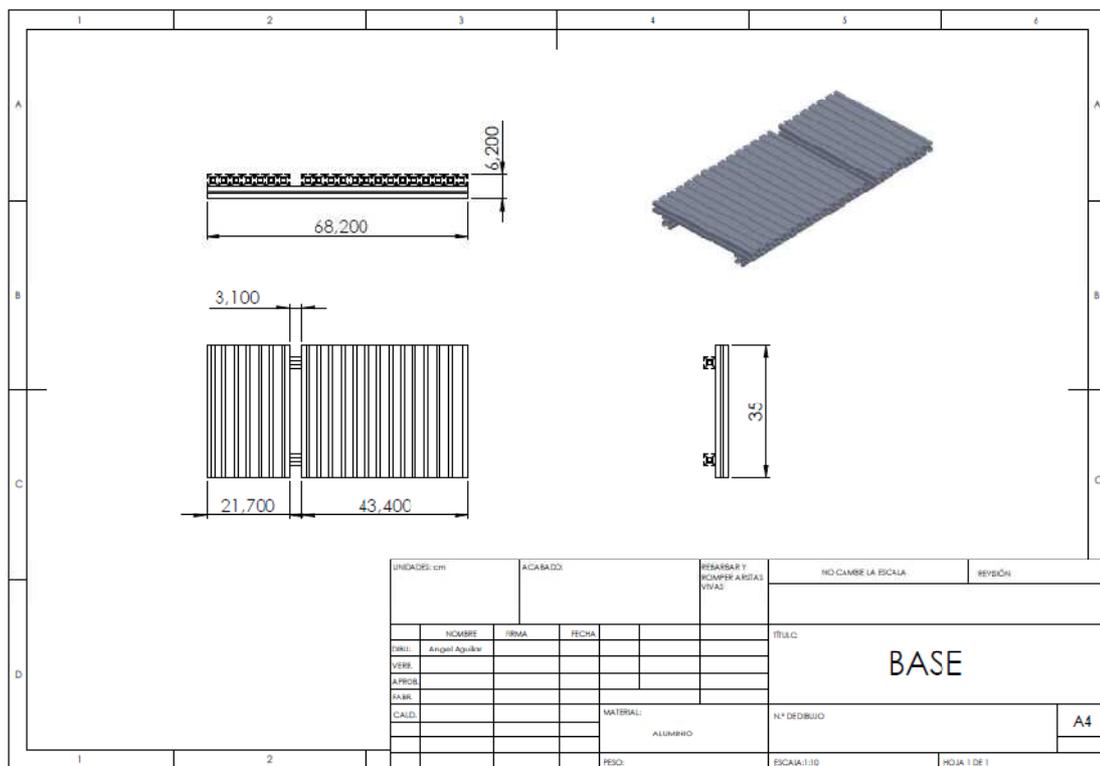


Fig. III.1 Diseño de la base del módulo de proceso.

Como podemos observar en la fig. III.1, la base tiene dos secciones, la sección con dimensiones 21.7x35 cm sobre la cual irá montado el panel de control, y la sección con dimensiones de 43.4x35 cm, sobre la cual irá montado la estación de proceso.

3.2 DISEÑO DE LA MESA INDEXADA

En el diseño de la mesa indexada se realiza tomando en cuenta la cantidad de estaciones que conformarán la estación de proceso, así como las dimensiones de las piezas a mecanizar, para este caso en particular son piezas de madera redondas de un diámetro de 38mm y una altura de 23mm.

Para mejorar el rendimiento y por cuestiones de diseño mecánico se establece una mesa con 6 índices.

A continuación se muestra su diseño.

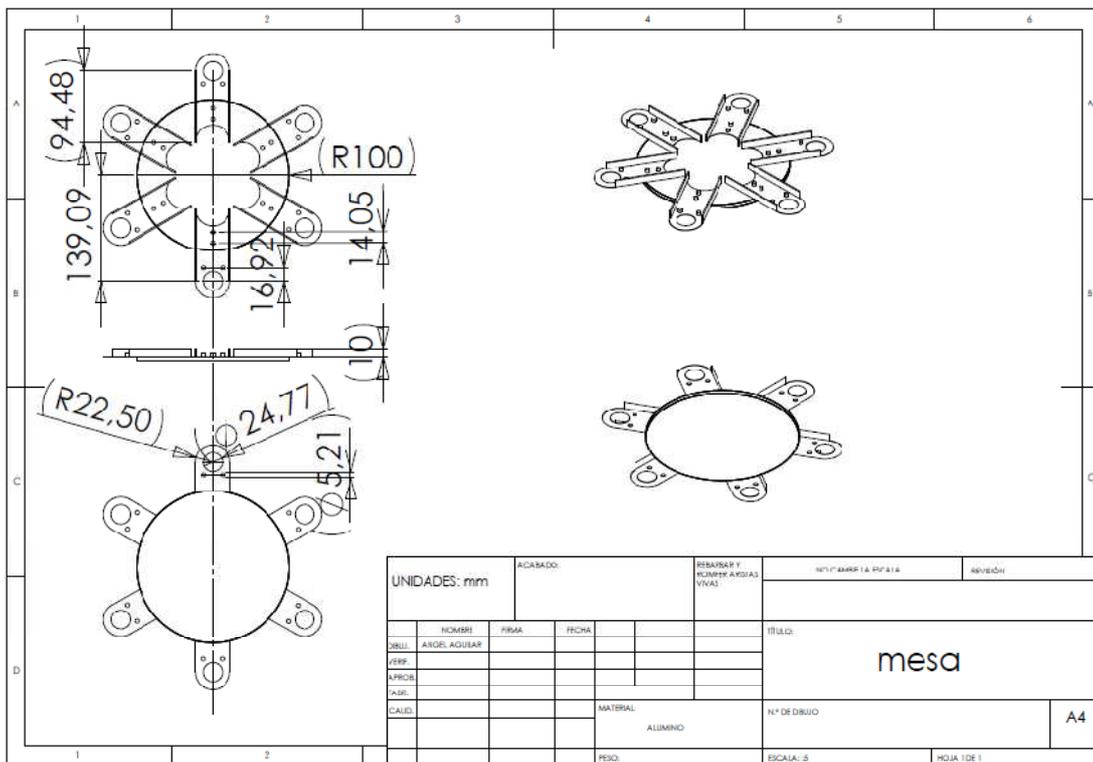


Fig. III.2 Diseño de la mesa indexada de 6 posiciones.

3.3 DISEÑO DEL MARCO CENTRAL

El marco central servirá como soporte para la estación de avellanado y para la estación de expulsión, sus dimensiones son tomadas en base a la altura de la mesa indexadora y el radio de la misma.

El diseño del marco central está hecho en base a las dimensiones de los perfiles modulares de aluminio comerciales de 31x31mm.

A continuación se muestra el diseño con sus dimensiones.

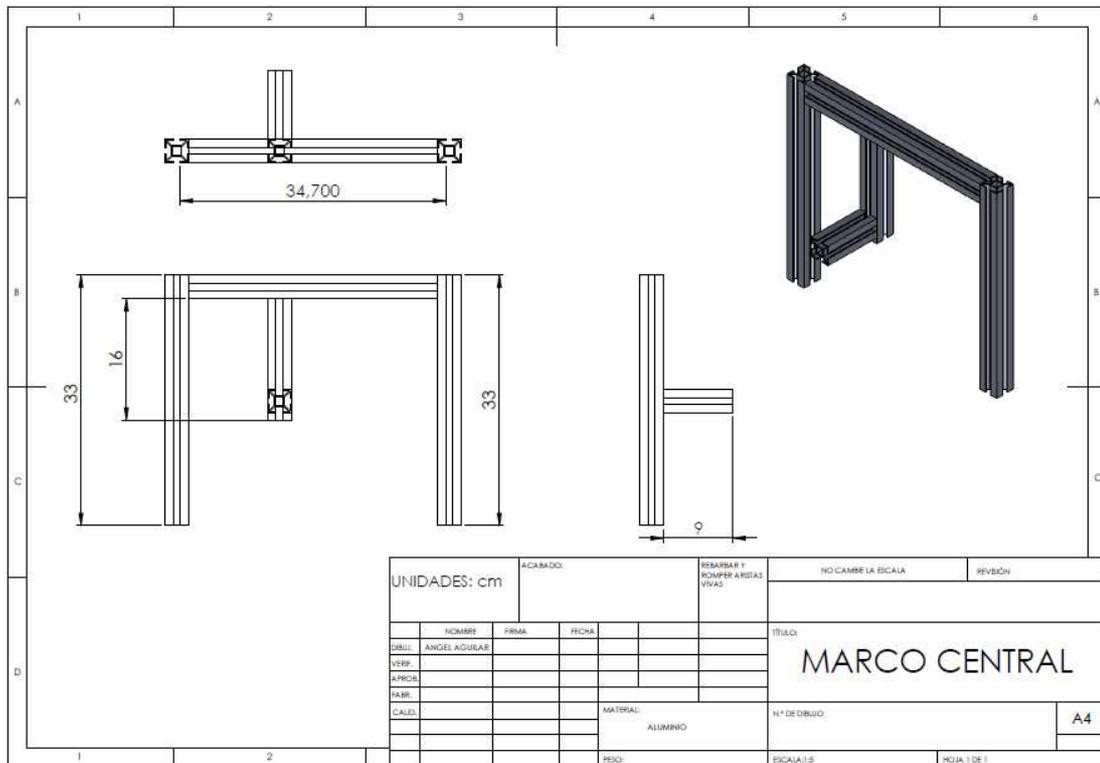


Fig. III.3 Diseño del marco central.

3.4 DISEÑO DEL MARCO PARA TALADRO

El marco para taladro, servirá para el soporte de los elementos que constituyen la estación de taladrado, es decir en este marco se ensamblará el cilindro de para el taladrado junto con el taladro, además servirá de soporte para el cilindro de sujeción.

El diseño del marco para taladro está hecho en base a las dimensiones de los perfiles modulares de aluminio comerciales de 31x31mm. Sus medidas dependen de la carrera del cilindro de taladrado y de la altura de la mesa de indexación.

A continuación se muestra el diseño con sus dimensiones.

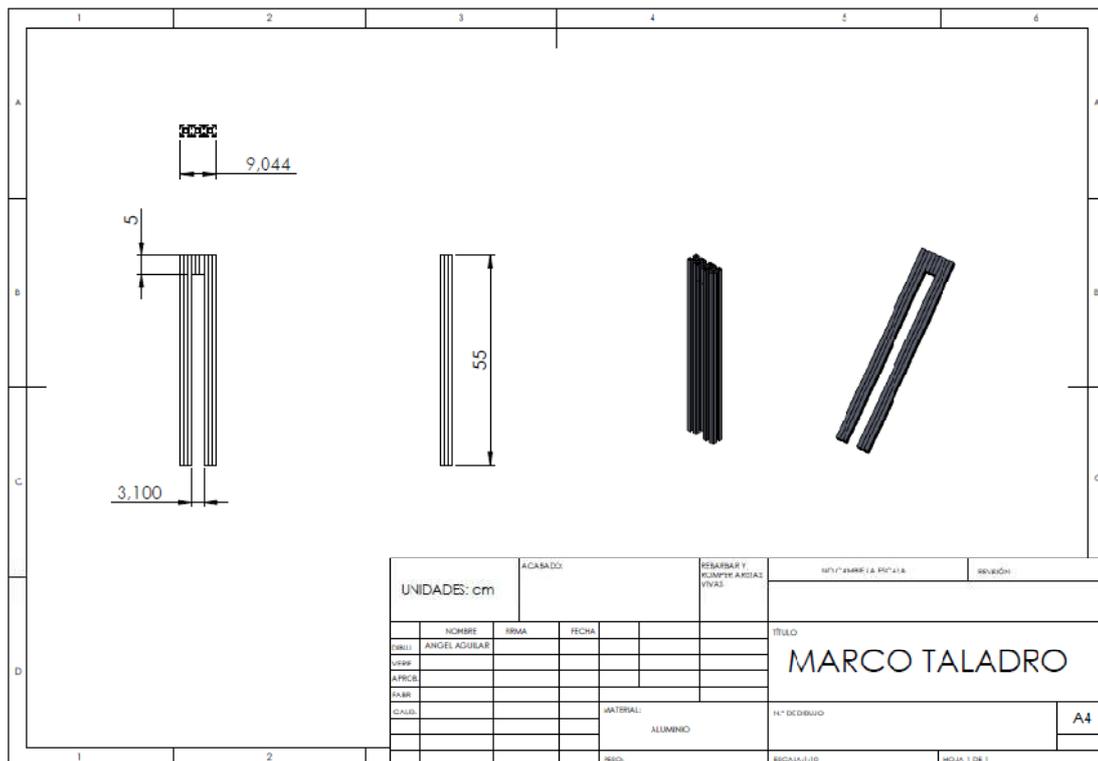


Fig. III.4 Diseño del marco para taladrado.

3.5 DISEÑO DE LOS SOPORTES

Los soportes servirán para el montaje de los sensores, inductivo y óptico, y también para el montaje del shunt de salida de las piezas en la estación de expulsión.

El diseño de los soportes está hecho en base a las dimensiones de los perfiles modulares de aluminio comerciales de 31x31mm. Sus medidas dependen de la altura de la mesa indexadora.

El diseño no son más que cortes del perfil de aluminio de diferentes tamaños.

A continuación se muestra el diseño de los soportes para los diferentes elementos con sus respectivas dimensiones.

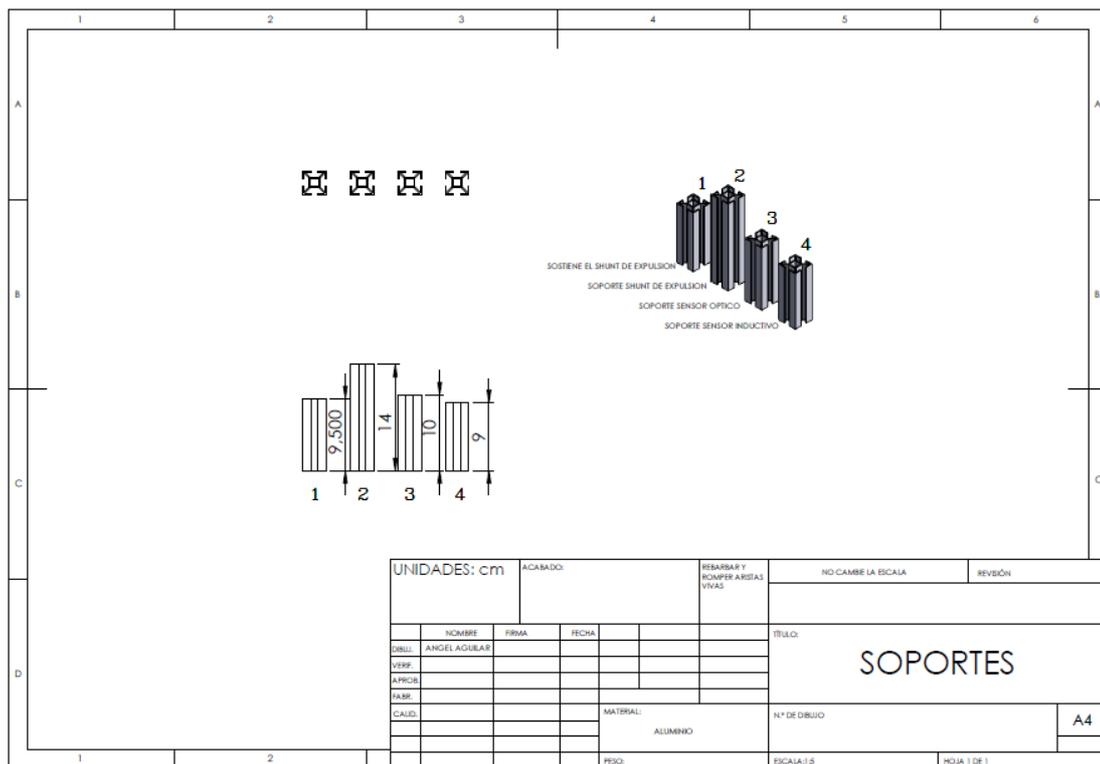


Fig. III.5 Diseño de los soportes.

3.7 ESTUDIO ECONÓMICO.

Dentro del estudio económico contempla, los gastos ocasionados por el diseño del módulo, adquisición de componentes y herramientas necesarias para la implementación del módulo de proceso.

Tabla. III.I Detalle de Gastos

ITEM	CANT	DETALLE	PU	PT
MATERIALES Y ELEMENTOS				
1	4	Perfile modular 31x31mm	\$ 68,00	\$ 272,00
2	0,5	Perfil angular de 2mm	\$ 30,00	\$ 15,00
3	50	Tapas para perfil	\$ 0,50	\$ 25,00
4	1	Aluminio Circular 4mm Ø100mm	\$ 18,00	\$ 18,00
5	15	Conectores de perfil	\$ 8,00	\$ 120,00
6	20	Tuercas cabeza de martillo	\$ 5,00	\$ 100,00
7	1	Motor reductor	\$ 120,00	\$ 120,00
8	1	Taladro eléctrico	\$ 50,00	\$ 50,00
9	1	Caja pulsador/selector	\$ 15,00	\$ 15,00
10	18	Borneras	\$ 1,20	\$ 21,60
11	1	Relay 3p	\$ 15,00	\$ 15,00
12	1	Relay 1p	\$ 13,00	\$ 13,00
13	2	led 24vdc	\$ 2,00	\$ 4,00
14	10	cable 18AWG (metros)	\$ 0,80	\$ 8,00
15	2	Bloque de borneras	\$ 3,00	\$ 6,00
16	1	canaleta	\$ 18,00	\$ 18,00
17	1	Riel DIM	\$ 25,00	\$ 25,00
18	1	Cilindro DE 80mm Ø 20mm	\$ 50,00	\$ 50,00
19	1	Cilindro DE 10mm Ø 25mm	\$ 30,00	\$ 30,00
20	1	Cilindro DE 50mm Ø 25mm	\$ 35,00	\$ 35,00
21	1	Cilindro DE 25mm Ø 16mm	\$ 45,00	\$ 45,00
22	5	Válvulas reguladoras de caudal	\$ 2,50	\$ 12,50
23	11	Rácores 6mm	\$ 1,50	\$ 16,50
24	1	Rácores 1/4	\$ 1,75	\$ 1,75
25	5	metros de manguera neumática 6mm	\$ 1,25	\$ 6,25
26	1	Bloque de distribución neumático	\$ 10,00	\$ 10,00
27	4	Electroválvulas	\$ 25,00	\$ 100,00
28	4	silenciadores neumáticos	\$ 2,50	\$ 10,00
29	1	Tapón neumático	\$ 1,25	\$ 1,25
30	1	Sensor inductivo	\$ 80,00	\$ 80,00
31	1	Sensor óptico	\$ 75,00	\$ 75,00
32	5	Sensores magnéticos	\$ 30,00	\$ 150,00

Tabla. III.I Detalle de Gastos (Continuación)

HERRAMIENTAS				
33	1	Funda amarras plásticas	\$ 1,80	\$ 1,80
34	1	Herramientas	\$ 200,00	\$ 200,00
OTROS GASTOS				
35	1	Movilización	\$ 50,00	\$ 50,00
36	1	Útiles de oficina	\$ 60,00	\$ 60,00
37	1	Mano de obra	\$ 600,00	\$ 600,00
38	1	Impresiones	\$ 60,00	\$ 60,00
39	100	Horas de internet	\$ 0,60	\$ 60,00
40	1	copias	\$ 30,00	\$ 30,00
41	1	Gastos Varios	\$ 100,00	\$ 100,00
TOTAL			\$ 2.630,65	

Fuente: Realizado por Angel Bladimir Aguilar Aldas (Autor)

La tabla III.I refleja los gastos ocasionados por la construcción del módulo de proceso desde su diseño hasta su implementación final.

Estos gastos ascienden a un total de **2.630,65** dólares americanos, es un costo menor al presupuesto inicial asignado que fue de **2.938**, esto se debe al costo reducido en los diferentes elementos de construcción.

Dentro de los gastos no se incluye el costo del PLC, debido a que el mismo está en calidad de préstamo, pero se podría adquirir uno similar a un precio de 350 USD, con esto el costo final quedaría en 2.980,65 USD.

Con esto se concluye que es muy factible implementar este tipo de módulo de proceso con un presupuesto reducido, frente a la adquisición de módulos ya fabricados que pueden llegar a costar entre 3.000 y 5.000 USD.

Cabe mencionar, que los costos variarán de acuerdo al diseño y tamaño del módulo de proceso.

CAPÍTULO IV

4 IMPLEMENTACIÓN DEL MODULO

4.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se detallara la implementación y partes que conforman el módulo para la simulación de un proceso de mecanizado con mesa de indexación utilizando el PLC S7-1200 para su automatización.

Básicamente en este módulo tenemos las tres partes principales de la automatización los cuales lo conforma los sensores, la parte de control (PLC) y los actuadores, todos ellas agrupándose y conformando cada una de las estaciones de trabajo.

4.2 MÓDULO DEL PROCESO

El módulo para la simulación de un proceso de mecanizado con mesa de indexación, está conformado por cuatro estaciones de trabajo; las cuales son:

- Estación de alimentación de piezas a mecanizar.
- Estación de taladrado.
- Estación de avellanado, y,
- Estación de expulsión de piezas mecanizadas.

La transferencia de las piezas a través de cada una de las estaciones de trabajo se la realiza con una mesa indexadora giratoria de seis posiciones.

Todo el modulo está comandado por un PLC S7-1200, a través de un bloque de electroválvulas para la parte neumática y relés para la parte eléctrica, así, también las señales de entrada al PLC son tomados de sensores que indican la posición o estado del proceso.

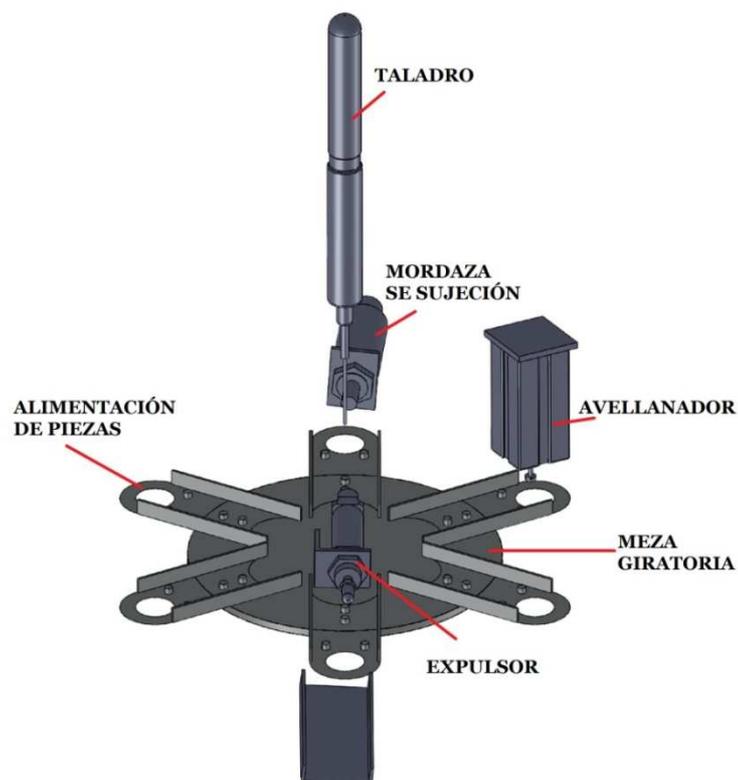


Fig. IV.1 Esquema general del módulo del proceso.

4.3 MONTAJE DEL MÓDULO

Para el montaje se la hace por partes, iniciando con la parte mecánica, actuadores eléctricos y neumáticos, sensores, y finalmente el montaje del PLC y el respectivo cableado.

4.3.1 Montaje mecánico

La estructura del módulo está fabricada en perfiles modular de aluminio de 31x31mm de cuatro canales.

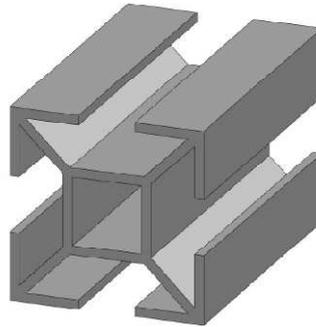


Fig. IV.2 Perfil modular de aluminio.

Para unir los diferentes piezas para construir la estructura se utilizó accesorios como los conectores de perfil perpendicular, tuerca cabeza de martillo, ángulos de sujeción, y tornillos en general.

4.3.1.1 Conectores de perfil perpendicular

Este herraje de acero zancado se utiliza para unir a fuerza dos perfiles modulares. La forma del cabezal y el avellanado donde se introduce la punta del tornillo se bloquea y obliga a colocar la embocadura en la parte frontal del perfil. El cabezal se puede introducir en la ranura en cualquier momento del montaje, solo hay que girar un cuarto de vuelta. (Fig. IV.3).



Fig. IV.3 Conector de perfiles perpendicular.

4.3.1.2 Tuerca cabeza de martillo

Este tipo de tuerca se utiliza para fijar cualquier accesorio a los perfiles modulares. Se introduce frontalmente, se desliza por el canal de los perfiles y al girar un cuarto de vuelta este queda bloqueado.

4.3.1.3 Ángulos de sujeción

Este accesorio es un ángulo de aluminio que es utilizado como soporte para varios elementos y accesorios que van acoplados en sus respectivos marcos hechos a medida para cada elemento. En este caso se lo utiliza para:

- Acoplar el sensor óptico SOP para detectar si la pieza está lista para empezar el proceso de mecanizado.
- Acoplar el cilindro CSUJ usado para la sujeción de la pieza en la estación de taladrado.
- Acoplar el cilindro CAVE de la estación de avellanado.
- Acoplar el cilindro CEXP de la estación de expulsión.
- Acoplar el sensor inductivo SIN de posicionamiento de la mesa giratoria.

4.3.1.4 Tapas laterales

Como medio de protección y seguridad se utiliza las tapas laterales, que además da un mejor acabado a la estructura.

Estas tapas laterales son accesorios fabricados en materiales de PVC opacos y transparentes.

4.3.1.5 Canaletas y riel DIN

Y para terminar con el montaje mecánico se utilizaron las canaletas y rieles DIN que posteriormente serán utilizadas para el cableado eléctrico y montaje de los elementos de control y mando.

4.3.2 Montaje eléctrico.

4.3.2.1 Motor eléctrico

El motor eléctrico (MOT) es un motor de 110V de corriente alterna, está ubicado en la parte inferior de la mesa de indexación, el mismo que va acoplado a su estructura de soporte mediante una placa de sujeción.

Es un motor reciclado de una cama de vigilancia, el cual lo hace óptimo para el movimiento de la mesa indexadora ya que gira a 1.2 RPM.



Fig. IV.4 Motor para la mesa giratoria.

El motor es accionado mediante un relé K1 de 24VDC (ver fig. IV.6), el cual recibe la señal directamente de la salida Q.4 del PLC.

4.3.2.2 Taladro eléctrico

El taladro es un actuador eléctrico que trabaja con 2.4 V de corriente continua.

El taladro está ubicado en la parte frontal superior de la estación de taladrado, está sujeta mediante una placa a la guía del vástago del cilindro CTAL, el cual sube y baja al taladro eléctrico.



Fig. IV.5 Taladro eléctrico.

El taladro es accionado mediante un relé K2 (ver fig. IV.6) de 24VDC, el cual recibe la señal directamente de la salida Q.0 del PLC.

4.3.2.3 Panel de control

El panel de control está ubicado en la parte izquierda del módulo (Fig. IV.6), en este se encuentran los elementos de maniobra como:

- Selector S1, sirve para el encendido y apagado general del modulo.
- Pulsador P1, funciona como botón de inicio y paro, al pulsar una vez, este inicia la secuencia de trabajo, y al pulsar por segunda vez, este detiene la secuencia de trabajo.
- Luz led de señalización H1, indica que la pieza está siendo expulsada luego de haber pasado por el proceso.
- Luz led de señalización H2, indica que el módulo de proceso está trabajando.
- PLC, este es muy importante ya que es el que emite las señales de control a partir de los estados de las entradas que los toma del pulsador y de los sensores.

El PLC está sujeto a un riel DIN, junto con los relés K1 y K2, y a las borneras de conexión.

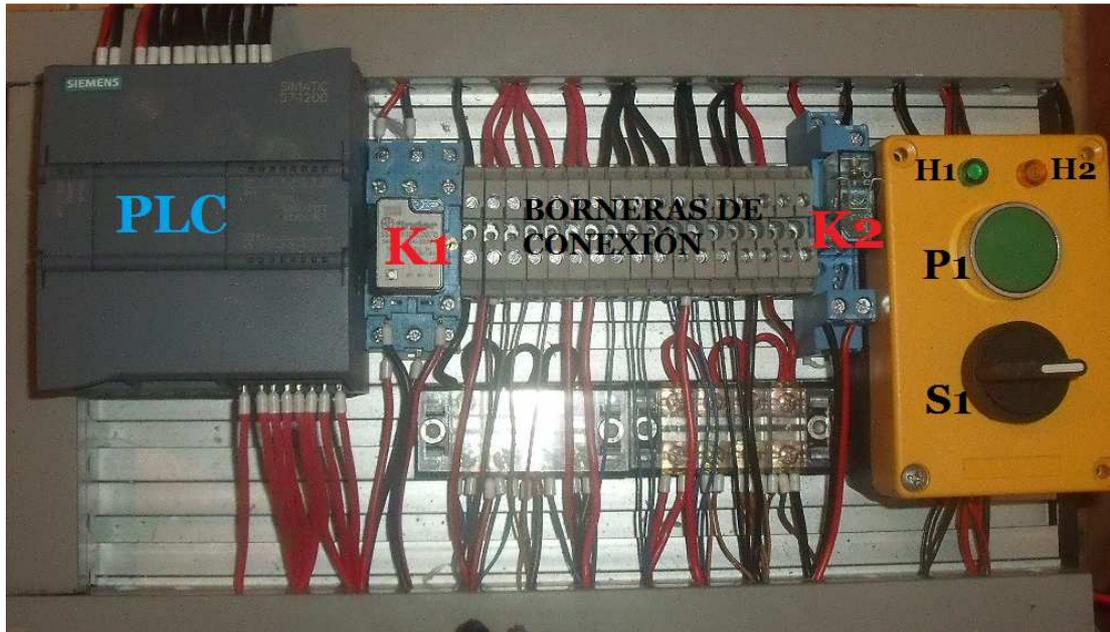


Fig. IV.6 Panel de control.

4.3.3 Montaje neumático

Uno de los sistemas necesarios para el funcionamiento del módulo, es el sistema neumático. Este sistema permite el funcionamiento de los diferentes elementos neumáticos de la estación de taladrado y mordaza de sujeción, estación de verificación y la estación de expulsión, todo esto acompañado del bloque de distribución y las electroválvulas, durante el proceso de trabajo.

Se debe tener mucho cuidado al momento de realizar el montaje neumático, principalmente se debe tener en cuenta las distancias de la carrera de los actuadores neumáticos.

El sistema puede trabajar con presión de aire de hasta 6 bares según las características de los elementos, para evitar daños se recomienda trabajar con 3 bares de presión.

Los cilindros neumáticos van montados en unos ángulos de sujeción de aluminio, los mismos que se acoplan mediante pernos y tuercas cabeza de martillo, cada uno en su estructura de soporte. Los cilindros vienen con una guía roscada en los extremos, la misma que se introduce en el agujero del ángulo de sujeción y se aseguran mediante la tuerca de ajuste.

4.3.3.1 Para el desplazamiento del taladro

Se tiene un cilindro neumático de doble efecto CTAL que opera el desplazamiento vertical del taladro con un alcance de movimiento de 80mm.

El cilindro se encuentra montado en la parte interior superior de su estructura de soporte. La punta del vástago esta acoplado en el soporte de desplazamiento vertical del módulo de taladrado.



Fig. IV.7 Montaje del cilindro del taladro CTAL.

La velocidad de desplazamiento del vástago del cilindro puede ser regulada a través de las válvulas reguladoras de caudal VQ0 y VQ1.

La posición inicial del cilindro está monitoreada por un sensor magnético de posición SP1 y la posición final del cilindro está monitoreada por un sensor magnético de posición SP0.

4.3.3.2 Para la mordaza de sujeción

Se tiene un cilindro neumático de doble efecto CSUJ con una carrera de 10mm.

El cilindro está montado en la parte trasera inferior de su estructura de soporte del módulo de taladrado (a la altura de la mesa de indexación), va

sujeto a un ángulo de aluminio y acoplado al marco portaherramientas del módulo de taladrado mediante un perno y tuerca de sujeción.



Fig. IV.8 Montaje del cilindro de sujeción CSUJ.

La velocidad de avance del vástago es controlada por una válvula reguladora de caudal VQ2.

La posición final del cilindro esta monitoreada por un sensor magnético de posición SP2.

4.3.3.3 Para el módulo de avellanado

Se tiene un cilindro neumático de doble efecto CAVE que opera el desplazamiento vertical del módulo con una carrera de 50mm.

El cilindro se encuentra montado en la parte superior derecha de su estructura de soporte.



Fig. IV.9 Montaje del cilindro de avellanado CAVE.

La velocidad de desplazamiento del vástago del cilindro puede ser regulada a través de la válvula reguladora de caudal VQ3.

La posición final del cilindro está monitoreada por un sensor magnético de posición SP3.

4.3.3.4 Para el módulo de expulsión

Se tiene un cilindro neumático de doble efecto CEXP que opera el desplazamiento horizontal del vástago en el módulo con un alcance de movimiento de 25mm.

El cilindro se encuentra montado en su estructura de soporte, la misma que está acoplada casi al centro del marco de sujeción destinado al montaje tanto del módulo de expulsión como al módulo de verificación.



Fig. IV.10 Montaje del cilindro de expulsión CEXP.

La velocidad de avance del vástago es controlada por una válvula reguladora de caudal VQ4.

La posición final del cilindro está monitoreada por un sensor magnético deposición SP4.

4.3.3.5 Bloque de válvulas de distribución

Va montado en la parte izquierda, sobre la estructura base del módulo de proceso.

Está compuesto por un bloque neumático con sistema de silenciadores, sobre este bloque de distribución van acopladas 4 electroválvulas 5/2 (5 vías, 2 posiciones), monoestables, los impulsos de las bobinas de estas electroválvulas son de 24 VDC.



Fig. IV.11 Montaje del bloque de válvulas de distribución.

1. Electroválvula EV1 controla el accionamiento del cilindro CSUJ de la mordaza de sujeción.
2. Electroválvula EV2 controla el accionamiento del cilindro CTAL en el módulo de taladrado.
3. Electroválvula EV3 controla el accionamiento del cilindro CAVE en el módulo de avellanado.

4. Electroválvula EV4 controla el accionamiento del cilindro CEXP en el módulo de expulsión.
5. Bloque de distribución.
6. Silenciadores.
7. Toma de alimentación de aire.

La línea de alimentación de aire comprimido, se conecta al bloque de las válvulas de distribución y de aquí hacia las electroválvulas 5/2 a la posición de reposo, el bloque de válvulas de distribución contienen dos silenciadores, los cuales cumplen la función de disminuir el ruido producido por el aire comprimido.

En caso de presentarse cortes del suministro de energía en el sistema, las electroválvulas retornan a la posición de reposo a través del accionamiento de su resorte interno.

4.3.3.6 Para las mangueras y rácores

Las conexiones de aire entre los diferentes elementos neumáticos se realizan de acuerdo al siguiente diagrama neumático.

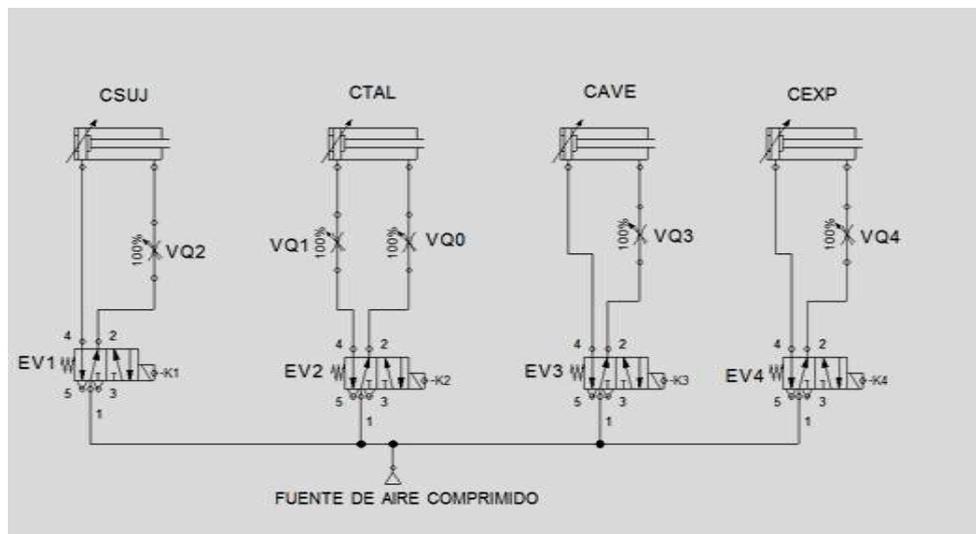


Fig. IV.12 Diagrama de conexión neumático.

Para este caso las conexiones están hechas mediante el uso de manguera flexible y acoples rápidos de tecnopolímero, lo que facilita la rápida instalación del sistema de alimentación de aire en el equipo.

No se requiere de herramienta alguna para la inserción o remoción de la manguera en la conexión, lo cual simplifica las tareas de ensamble, reparación o modificación en la instalación del módulo de proceso.

4.3.4 Montaje de sensores

Al realizar el montaje de los sensores, es importante asegurar una buena sujeción en su estructura de soporte, para evitar futuros errores en el funcionamiento de los mismos.

No hay que tirar ni apretar el cable y es importante evitar movimientos continuos entre el cable y el sensor.

No se debe superar los límites de la temperatura indicada y no se puede someter estos dispositivos a vibraciones fuertes o a golpes que pueden causar daño al sensor o comprometer su impermeabilidad.

El montaje de los diferentes tipos de sensores que van acoplados a los dispositivos que se utilizan en el Módulo de Proceso se detalla a continuación:

4.3.4.1 Sensor inductivo

El sensor inductivo SIN (Fig. IV.13) se ubica debajo del plato de la mesa de indexación y está situado en la parte frontal sobre la estructura base del módulo de proceso, el sensor va sujeto a un ángulo de aluminio, que está montado en su estructura de soporte.

Tiene la función de detectar las seis posiciones finales de la mesa de indexación, las cuales están definidas por los tornillos de posicionado, los mismos que están ubicados en la parte inferior de la mesa indexadora.

El procedimiento de ajuste del sensor se lo realiza, moviendo el sensor en su soporte mediante la tuerca de regulación que tiene incorporada, hasta que el tornillo de posicionamiento del plato, ingrese en el campo de detección del sensor y esté en el rango de distancia adecuado de operación, en ese momento se prendera la luz LED del sensor que indica que está activado.

Se debe tener cuidado al apretar las tuercas del sensor, haciendo solamente la fuerza necesaria para fijar el detector, pues podría estropearse al ejercer una fuerza excesiva.

A continuación se detallan los elementos utilizados en el montaje del sensor inductivo.

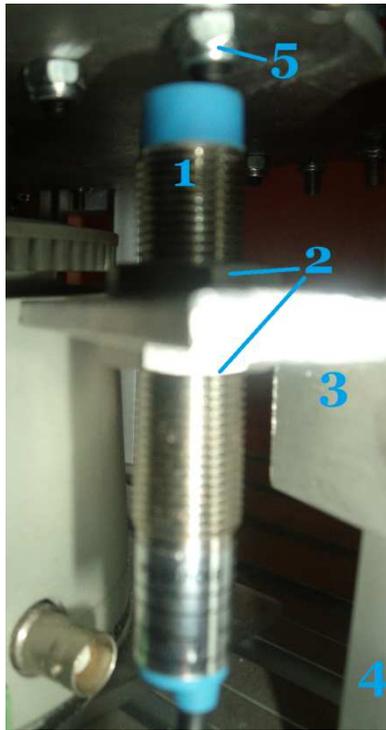


Fig. IV.13 Montaje del sensor inductivo SIN.

1. Sensor Inductivo.
2. Tuercas de ajuste y regulación.
3. Ángulo de sujeción.
4. Estructura de soporte.
5. Tornillo de posicionamiento del plato.

4.3.4.2 Sensor óptico

El sensor óptico SOP (Fig. IV.14) se ubica debajo del plato de la mesa de indexación, en la parte posterior sobre la estructura base del módulo de proceso, va acoplado a un ángulo de aluminio, que está montado en su estructura de soporte.

Tiene la función de detectar la existencia de la pieza a mecanizar en el retenedor semicircular ubicados en el plato giratorio de la mesa de indexación, para iniciar el ciclo de trabajo.

A continuación se detallan los elementos utilizados en el montaje del sensor óptico.

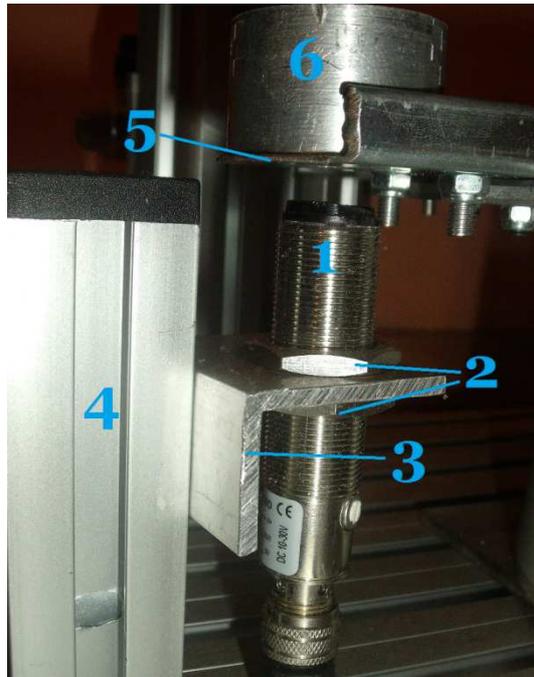


Fig. IV.14 Montaje del sensor óptico SOP.

1. Sensor óptico SOP.
2. Tuercas de ajuste y regulación.
3. Ángulo de sujeción.
4. Estructura de soporte.
5. Retenedor.
6. Pieza de trabajo.

El procedimiento de ajuste del sensor se lo realiza, moviendo el sensor en su soporte mediante la tuerca de regulación que tiene incorporada, hasta que la pieza de trabajo corte el haz de luz emitido por el sensor y esté en el rango de distancia adecuado de operación, en ese momento se prendera la luz LED del sensor que indica que está activado.

Se debe tener cuidado al apretar las tuercas del sensor, haciendo solamente la fuerza necesaria para fijar el detector, pues podría estropearse al ejercer una fuerza excesiva.

4.3.4.3 Sensores magnéticos

Los sensores magnéticos de posición son utilizados en los cilindros neumáticos y sirven para monitorear la posición final de los vástagos en los cilindros.

Los sensores magnéticos de posición van directamente montados sobre los cilindros neumáticos, al extremo de la salida de cada cilindro y sujetos con bridas (ver fig. IV.7, IV.8, IV.9 y IV.10).

La regulación se la realiza moviendo suavemente el sensor sobre la carcasa del cilindro y desplazando el vástago hasta que el sensor se encuentran dentro del campo magnético generado por el imán del pistón en el cilindro, entonces la luz LED del sensor se prendera indicando que el sensor está activado.

4.4 PROGRAMACIÓN DEL PLC

Previo al desarrollo de la programación del PLC, para el efecto se elabora toda la documentación necesaria, consistente de etapas de funcionamiento y sus transiciones, que pongan a prueba las operaciones individuales del módulo de la Estación de Proceso.

La programación de los diferentes subsistemas de la instalación, se ejecuta de manera que se pueda implementar las funciones básicas para la operación del módulo.

Se debe tener cuidado cuando se programe la secuencia de funcionamiento del módulo de la Estación de Proceso, con la finalidad de evitar en lo posible los errores involuntarios.

4.4.1 Determinación del funcionamiento del módulo.

A continuación se detalla el funcionamiento del módulo, se hace una comparación de su secuencia en serie con la secuencia en paralelo de los procesos. La más óptima de las secuencias será utilizada para la programación utilizando el método Grafcet.

4.4.1.1 Secuencia en serie

Esta secuencia ejecuta un proceso a la vez, es decir, se trabajará en una sola pieza hasta terminar su proceso, y luego de que termine de mecanizar una pieza, podrá entrar al proceso la siguiente pieza.

Para esto tenemos dos opciones; una secuencia serie simple y otra utilizando un contador.

a) Secuencia serie simple

Para la secuencia serie simple tenemos los siguientes pasos que debe ejecutar el PLC:

Dar el pulso de inicio

1. Esperar cargar la pieza a mecanizar.
2. Motor gira hasta llegar a la siguiente estación de trabajo.
3. Accionar la mordaza de sujeción.
4. Accionar el taladro y bajar para realizar el agujero.

5. Apagar taladro y subir.
6. Soltar la mordaza de sujeción.
7. Motor gira hasta llegar a la siguiente estación de trabajo.
8. Baja el avellanador.
9. Esperar un tiempo hasta subir el avellanador.
10. Motor gira hasta llegar a la siguiente estación de trabajo.
11. Motor gira hasta llegar a la siguiente estación de trabajo.
12. Accionar el expulsor.
13. Esperar que retorne el expulsor

De aquí retornaría al inicio para continuar con la secuencia.

Como podemos observar esta secuencia ocupa 13 pasos.

b) Secuencia serie utilizando un contador.

En vista de que la secuencia anterior utiliza 13 pasos para su ejecución, se optó por utilizar al sensor inductivo SIN como contador y utilizarlo a manera de encoder, esto reduce el número de pasos, por ende reduce el número de memorias a utilizar, y en una industria lo que buscan es optimizar al máximo todos los recursos posibles.

Para esta secuencia tenemos los siguientes pasos:

Dar pulso de inicio

1. Esperar a cargar la pieza y luego espera un tiempo.

Si el contador está en 0 ó en 3

Continúa al paso 8

Si el contador está en 1

2. Accionar mordaza de sujeción.
3. Accionar y bajar el taladro.
4. Apagar y subir taladro.

Continúa al paso 5

5. Espera que todas las unidades estén en su posición inicial.

Continúa al paso 8

Si el contador está en 2

6. Bajar avellanador.

Pasa al paso 5.

Si contador esta en 3

7. Accionar el expulsor.

Pasa al paso 5

8. Motor gira

Vuelve al paso 1 para iniciar nuevamente la secuencia.

Como podemos observar esta secuencia ocupa menos pasos y como lo dije anteriormente, ocupará menos memoria en el PLC, pero a pesar de eso esta secuencia al igual que la anterior, trabaja una sola pieza a la vez, lo que no resulta muy productivo para el proceso.

4.4.1.2 Secuencia en paralelo

Esta secuencia permite que varias piezas sean mecanizadas al mismo tiempo, esto se logra haciendo trabajar a todas las estaciones de trabajo al mismo tiempo esto ayuda a ahorrar tiempo, ya que cada estación de trabajo estará procesando una pieza.

Esta secuencia al igual que la segunda secuencia en serie, utiliza el sensor inductivo SIN cómo contador y posicionador de la mesa indexadora.

A continuación se expone la secuencia de pasos:

Pulso de inicio.

1. Espera para la carga de pieza y luego espera un tiempo

Si el contador es 0 continua al paso 12

Si el contador es 1

2. Acciona la mordaza de sujeción.

3. Acciona y baja el taladro.

4. Apaga y sube el taladro

De aquí continua al paso 11.

Si el contador es 2 ó 3

5. Acciona la mordaza de sujeción.

6. Acciona y baja el taladro, y al mismo tiempo baja la unidad de avellanado.

7. Apaga y sube el taladro, al mismo tiempo que sube la unidad de avellanado.

Y de aquí se salta al paso 11.

Si el contador es mayor o igual a 4

8. Acciona la mordaza de sujeción y el expulsor.

9. Acciona y baja el taladro, al mismo tiempo baja la unidad de avellanado, y retorna el expulsor.

10. Apaga y sube el taladro, al mismo tiempo que sube la unidad de avellanado.

11. Espera que todas las unidades estén en su posición inicial.

12. Motor gira

Vuelve al paso 1 para continuar con la secuencia.

Esta secuencia, es la más óptima, debido a que, como se dijo anteriormente las estaciones trabajan al mismo tiempo, es decir cada estación está realizando su tarea al mismo tiempo que otra, dando lugar a una mayor producción en menos tiempo. Por lo tanto esta secuencia es la que se programa en el PLC para el funcionamiento del Módulo.

4.4.2 Señales de Entradas/Salidas

La identificación de las entradas y salidas que se asignaran al PLC, de los diferentes dispositivos utilizados en este módulo, se detallan en la tabla IV.I.

Tanto las entradas así como las salidas deben estar correctamente identificadas y numeradas, para poder realizar la conexión respectiva al PLC, así como para poder asignar las direcciones correctas de cada una de las entradas y salidas, al desarrollar el programa en el software que se vaya a utilizar para el efecto.

Tabla IV.I Asignación de Entradas/Salida en el PLC.

ASIGNACIÓN DE DIRECCIONES			
E/S	DIRECCIÓN FÍSICA	TAG	DESCRIPCIÓN
Entrada	I0.0	S0	Sensor de posición del taladro CTAL+
Entrada	I0.1	S1	Sensor de posición del taladro CTAL-
Entrada	I0.2	S2	Sensor de posición del sujetador CSUJ+
Entrada	I0.3	S3	Sensor de posición del avellanador CAVE+
Entrada	I0.4	S4	Sensor de posición del expulsor CEXP+
Entrada	I0.5	SIN	Sensor inductivo para el posicionamiento de la mesa
Entrada	I0.6	PUL	Pulsador inicio y paro del ciclo
Entrada	I0.7	SOP	Sensor óptico para verificar la pieza a mecanizar en el inicio del proceso.
Salida	Q0.0	CTAL	Electroválvula para accionar cilindro del taladro y Relé del taladro.
Salida	Q0.1	CSUJ	Electroválvula para accionar la mordaza de sujeción.
Salida	Q0.2	CAVE	Electroválvula para accionar el cilindro de avellanado.
Salida	Q0.3	CEXP	Electroválvula para accionar cilindro de expulsión.
Salida	Q0.4	MOT	Relé para accionar el motor de la mesa indexadora.
Salida	Q0.5	LED	Indicador de proceso en ejecución.

Fuente: Realizado por Angel Bladimir Aguilar Aldas (Autor)

4.4.3 Grafcet

Identificadas las señales de entradas y salidas, se aplica el método de programación Grafcet para determinar la secuencia de funcionamiento del módulo. Este método es simple y de fácil aprendizaje, que a su vez viene a

ser muy didáctico para los laboratorios de aprendizaje de automatización industrial.

Este método se basa en que una etapa se ejecuta a la vez, es decir para ejecutar una etapa debe apagar la anterior y debe estar inactiva la siguiente. Y para lograr que una etapa se quede encendida u operando se recurre al método Grafcet de segundo nivel, el cual consiste en utilizar el SET y RESET de las memorias.

4.4.3.1 Grafcet de primer nivel

a) Secuencia en serie

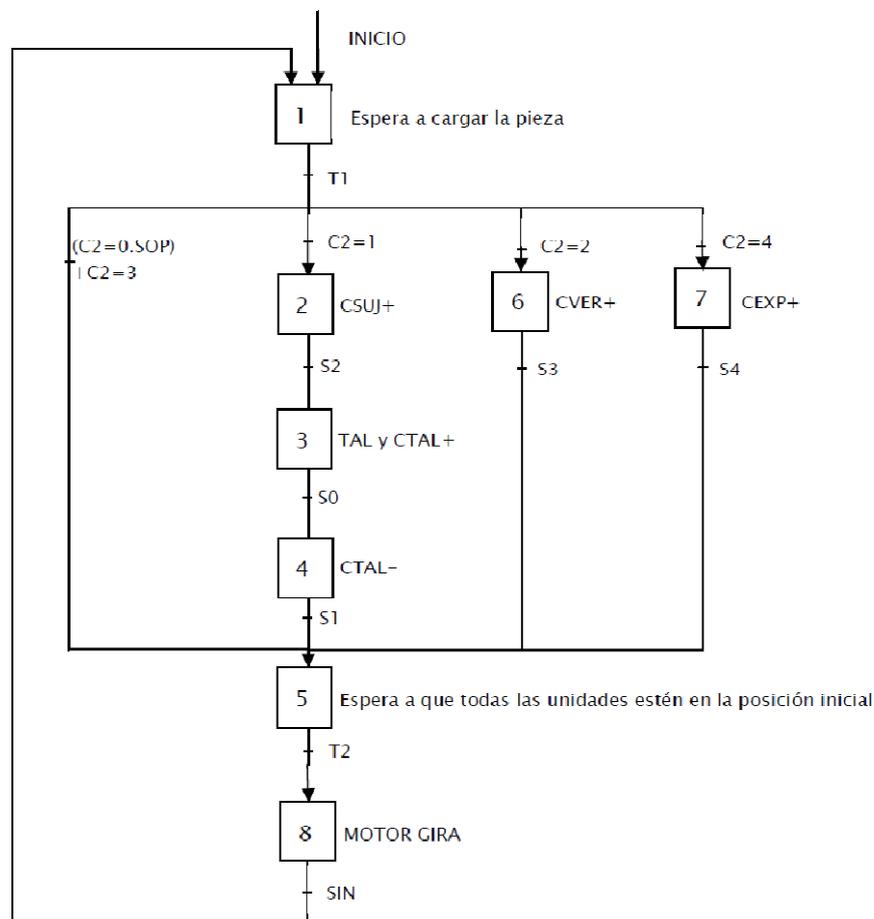


Fig. IV.15 Grafcet de primer nivel para secuencia serie.

b) Secuencia en paralelo

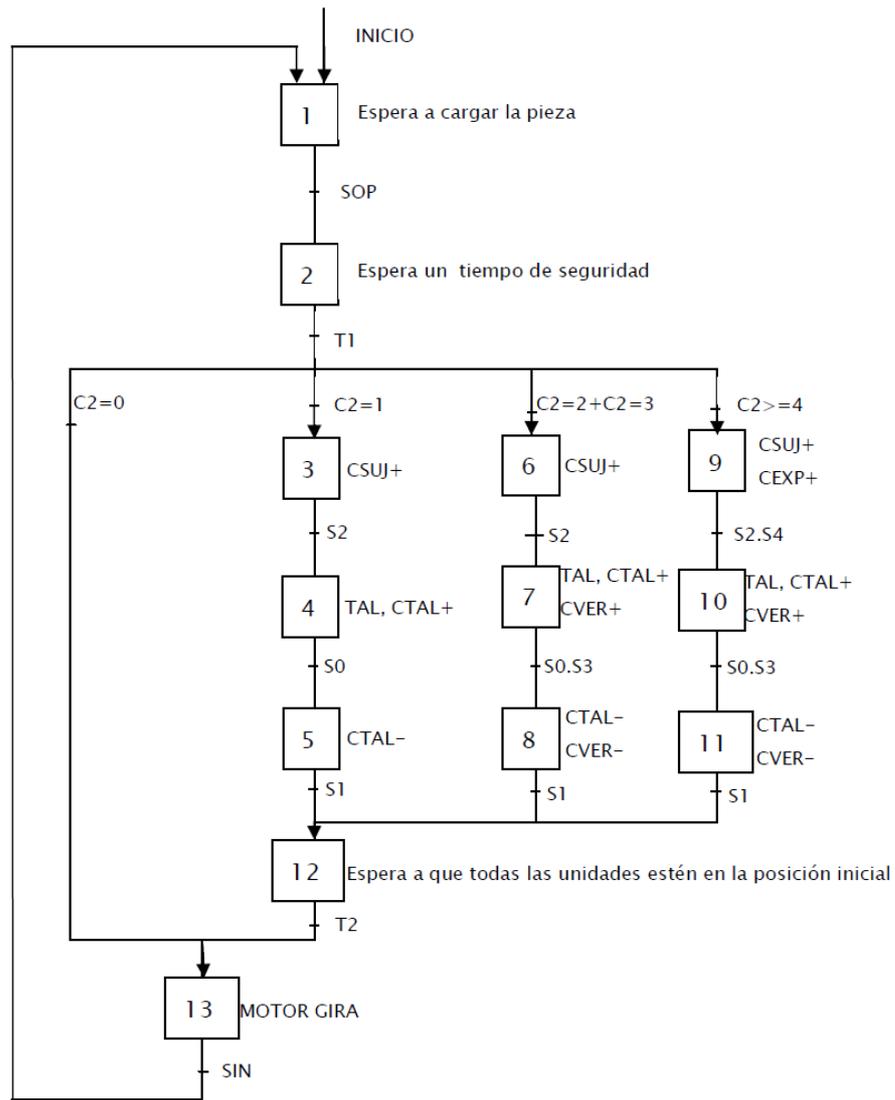


Fig. IV.16 Grafcet de primer nivel para secuencia paralelo.

4.4.3.2 Grafcet de segundo nivel

Grafcet de segundo nivel se usa cuando queremos mantener un actuador accionado con una electroválvula monoestable, durante la ejecución de otros procesos. Esto se logra con el SET y RESET de una memoria.

a) Secuencia en serie.

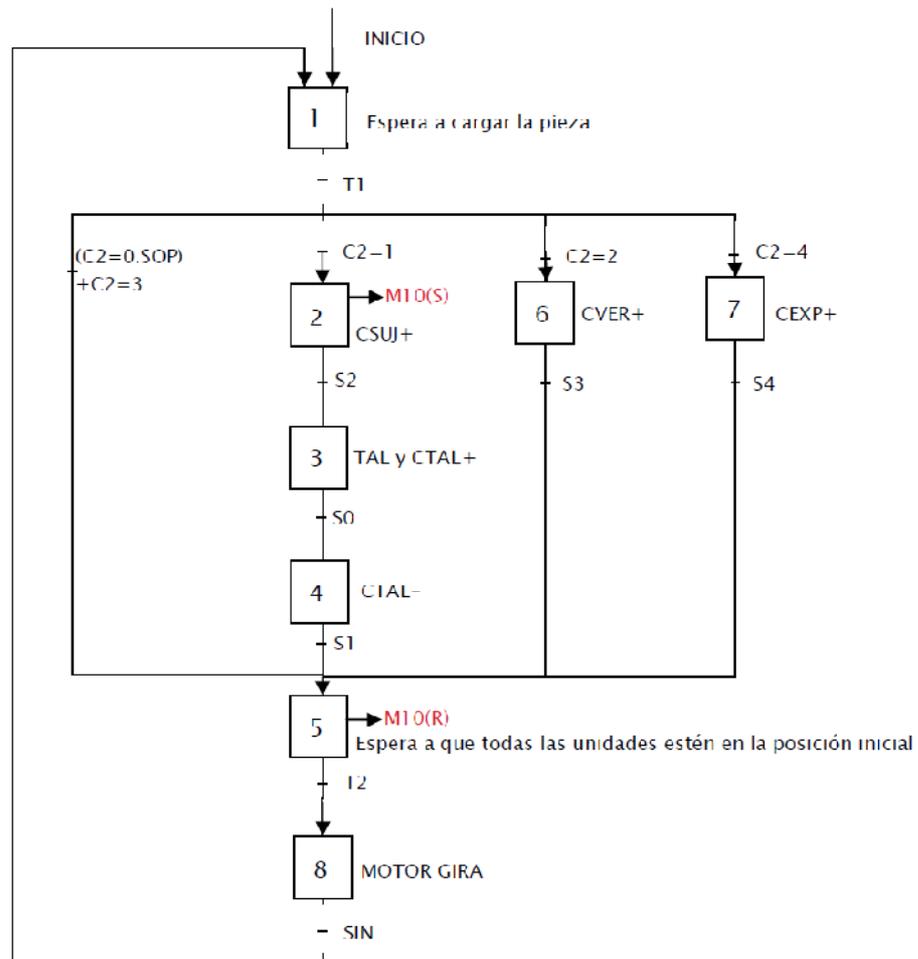


Fig. IV.17 Grafcet de segundo nivel para secuencia serie.

b) Secuencia en paralelo.

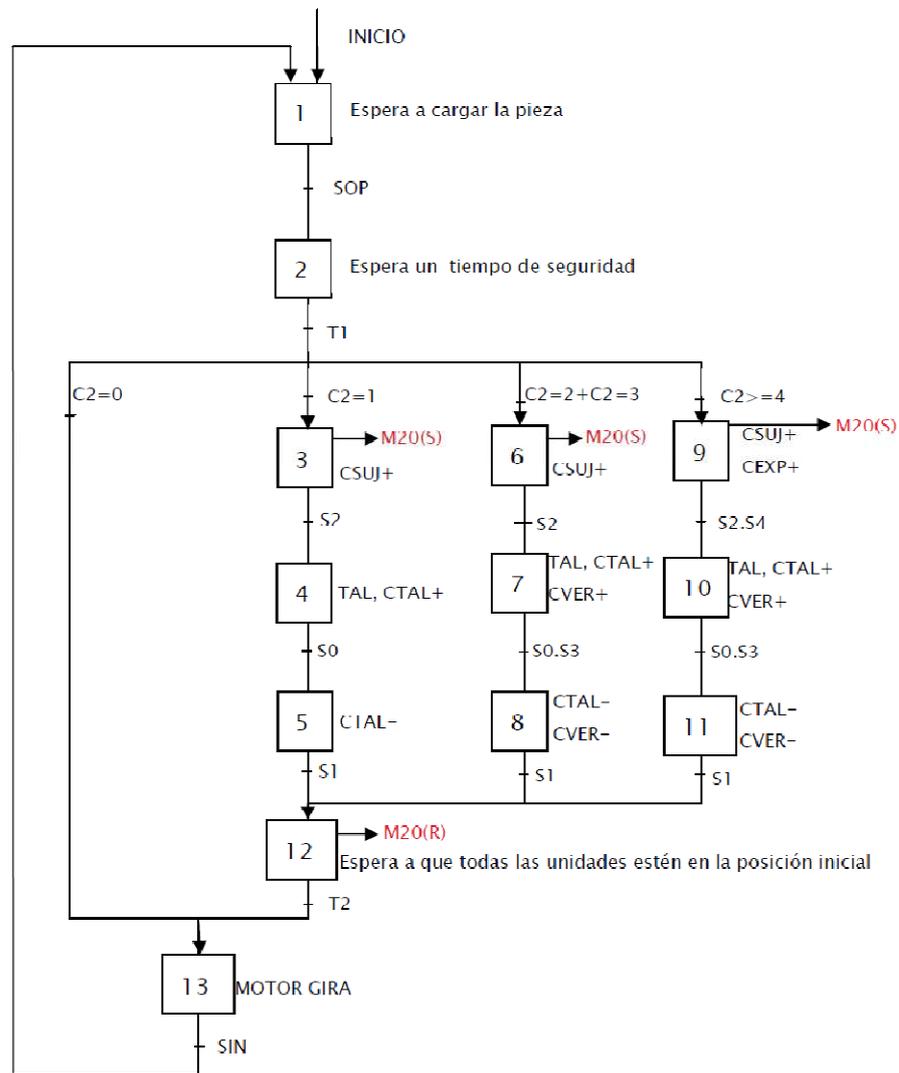


Fig. IV.18 Grafcet de segundo nivel para secuencia paralelo.

4.4.3.3 Determinación de ecuaciones

Como se dijo anteriormente, la secuencia en paralelo es la más óptima para el proceso de mecanizado de las piezas, entonces es esta secuencia la que se programa en el PLC.

Tabla IV.II Ecuaciones para la secuencia paralelo.

ETAPA	DIRECCIÓN FÍSICA	TAG	ECUACIÓN
E1		M1	$= (C1=1) + M13.SIN + M1.M2$
E2		M2	$= M1.SOP + M2.M3.M6.M9.M13$
E3		M3	$= M2.T1.(C2=1) + M3.M4$
E4		M4	$= M3.S2 + M4.M5$
E5		M5	$= M4.S0 + M5.M12$
E6		M6	$= M2.T1.(C2=2 + C2=3) + M6.M7$
E7		M7	$= M6.S2 + M7.M8$
E8		M8	$= M7.S0.S3 + M8.M12$
E9		M9	$= M2.T1.(C2 \geq 4) + M9.M10$
E10		M10	$= M9.S2.S4 + M10.M11$
E11		M11	$= M10.S0.S3 + M11.M12$
E12		M12	$= S1.(M5 + M8 + M11) + M12.M13$
E13		M13	$= M2.T1.(C2=0) + M12.T2 + M12.M1 + T3 (1).$
		M20(S)	$= M3 + M6 + M9$
		M20(R)	$= M12$
		T1	$= M2$
		T2	$= M12$
		M51	$= T1.Q$
		M52	$= T2.Q$
		CONT1	$= PULSADOR$
		CONT2	$= SIN$
	Q0.0	CTAL TAL	$= M4 + M7 - M10$
	Q0.1	CSUJ	$= M20$
	Q0.2	CAVE	$= M7 + M10$
	Q0.3	CEXP	$= M9$
	Q0.4	MOTOR	$= M13$

Fuente: Realizado por Angel Bladimir Aguilar Aldas (Autor)

(1). El tiempo T3 se le asigna para asegurar que cuando el motor empiece a girar el sensor inductivo SIN no detecte el perno de indexado hasta pasar del área de detección de este. Con esto se evita que la mesa se quede estacionaria.

4.4.4 Implementación de la secuencia en el STEP 7-Basic TIA Portal V10 V10

El software utilizado para la programación ha sido el STEP 7-Basic TIA Portal V10 (versión 10.5 SP2)

Para instalar el software de programación STEP 7-Basic se necesita de un PC o una unidad de programación Siemens (PG) con un sistema operativo de Microsoft. El software corre tanto bajo el sistema operativo Windows 95/98, 2000, Windows XP o Vista.

La rutina de instalación encuentra el programa de Setup en el CD de STEP 7-Basic. El asistente de instalación arranca automáticamente al insertar el CD en el PC, a continuación se debe seguir las instrucciones del programa de instalación.

Teniendo bien en claro las secuencias de trabajo y realizado el Grafcet correspondiente, se procede con la programación en el TIA Portal V10. Para esto debemos seguir los siguientes pasos;

Primero.- Ejecutar el software TIA Portal V10, para inicial el software TIA Portal V10, no vamos a **inicio, todos los programas**, y nos dirigimos a la carpeta **Siemens Automation**, el cual contiene el ejecutable **Totally Integrated Automation Portal V10**. Con un simple clic se arranca el programa.

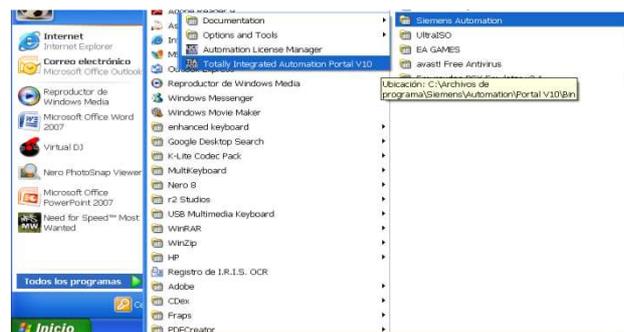


Fig. IV.19 Iniciar del software de programación TIA Portal V10.

Segundo.- Una vez en el TIA Portal V10, se procede a crear un nuevo proyecto, donde especificamos un nombre de proyecto, ruta para guardar, autor, y un comentario.



Fig. IV.20 Crear un proyecto en el TIA Portal V10.

Tercero.- Creado el proyecto vamos a agregar los dispositivos, en este caso agregamos el PLC S7-1200 con CPU1212C 6ES7 212-1BD30-0XB0, que es el PLC que se utiliza en este módulo (Ver anexo). Lo seleccionamos dando doble click sobre el dispositivo indicado, como resultado nos muestra una imagen del PLC seleccionado.

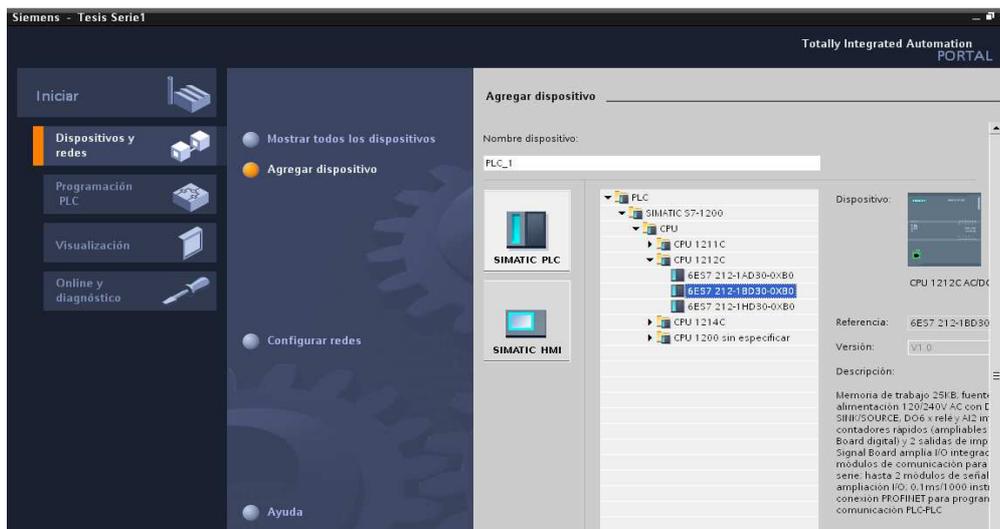


Fig. IV.21 Agregar un dispositivo en el TIA Portal V10.

Cuarto.- Procedemos a configurar una red entre el PLC y la PC donde se está programando, para esto damos click en la imagen del puerto RJ45 del PLC, el cual nos muestra en la parte inferior de la pantalla para la configuración de la red, entonces en Dirección Ethernet procedemos a poner la IP 192.168.0.1 con máscara de subred 255.255.255.0, y en la PC ponemos otra dirección IP, como la 192.168.0.2 con la misma máscara de subred.

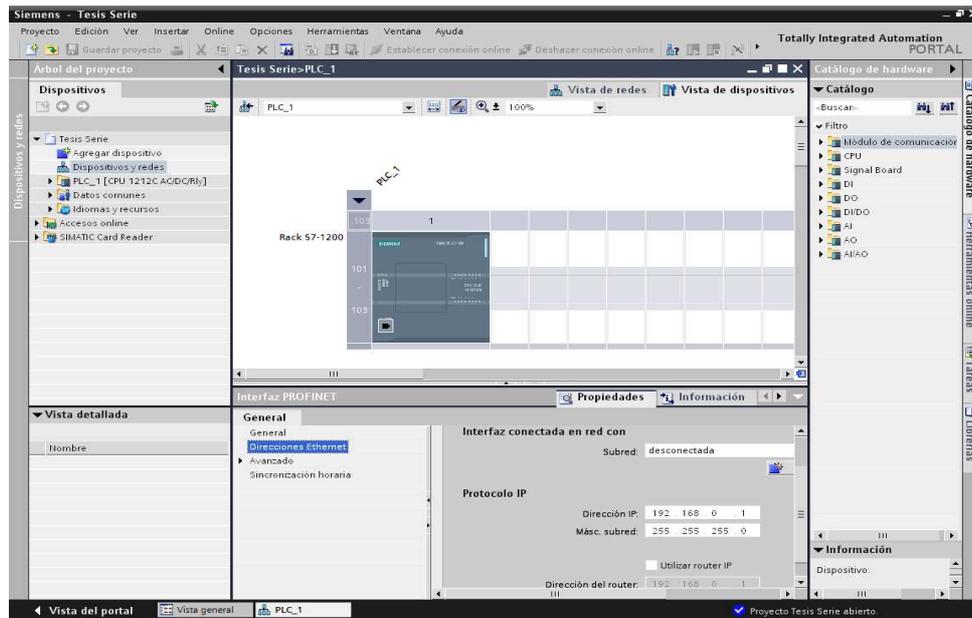


Fig. IV.22 Configurar IP del dispositivo en el TIA Portal V10.

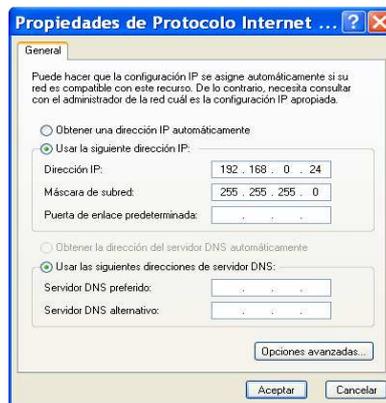


Fig. IV.23 Configuración de dirección IP del PC.

Quinto.- luego de realizado las configuraciones necesarias, se proceda a asignar las variables de E/S del PLC como se indica anteriormente en la tabla IV.I, así como también de las memorias (ver anexo 5).

Para esto nos dirigimos al **árbol del proyecto** y nos vamos a **Variables del PLC**.

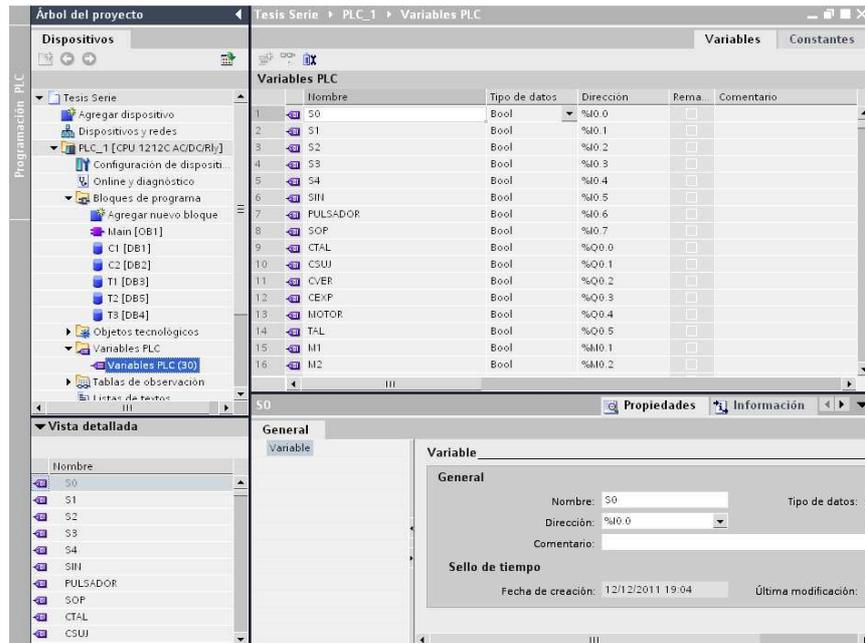


Fig. IV.24 Asignación de E/S y memorias en el TIA Portal V10.

Sexto.- Declaradas las variables es hora de programar, en el **árbol del proyecto** nos vamos **Bloques de programa**, ahí encontramos a nuestro Main [OB1], que es nuestro programa principal, damos doble click, y nos aparece nuestro primer segmento donde se empieza a programar de forma lineal en lenguaje ladder, de manera que sea sencillo el diagnóstico de posibles errores, así como las posteriores modificaciones que puedan realizarse, esta forma de programación es la más utilizada en la automatización de procesos (Ver Anexo6).

Se usa una programación lineal debido a que son pocas las líneas de programación, esto no quita que se puede hacerlo de manera estructurada, o estructurada en áreas, que son las otras opciones de programación que ofrece el S7-1200 junto a su software de programación TIA Portal V10.

Una vez terminado el programa lo compilamos para verificar que no existan errores, con el botón  de la barra de herramientas.

4.4.5 Cargar el programa en el PLC S7-1200

Para cargar el programa en el PLC, primero hay que asegurar que:

- PLC este alimentado.
- El cable de red esté conectado.

- Probar la conexión de red, para esto vamos a la opción Online, Dispositivos accesibles, esto nos muestra todos los dispositivos que están dentro de la red, si el dispositivo no se encuentra en la lista que se muestra vuelva a configurar la red y verifique que las IPs estén correctas, o verifique que el cable de red es el correcto (Cruzado).

4.4.5.1 Transmisión de datos PC – PLC

Para cargar el programa de control desde el PC al PLC, tenemos varias opciones;

- En la barra de herramientas tenemos el ícono .
- En el menú Online encontramos la opción cargar en dispositivo.
- a su vez presionamos Ctrl+L.

Ejecutando cualquiera de las opciones anteriores nos muestra una ventana **Cargar vista preliminar** la cual es una comprobación del programa antes de cargar.

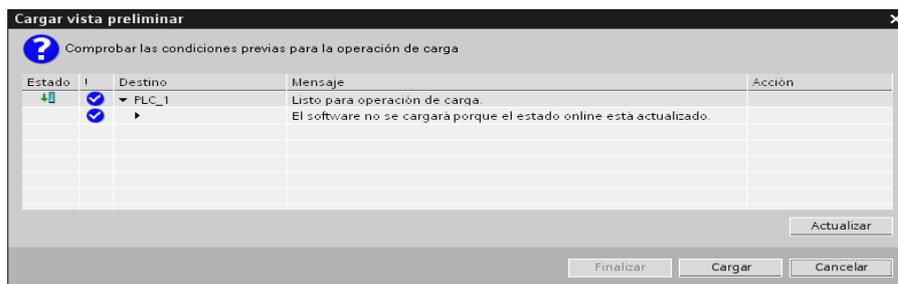


Fig. IV.25 Vista preliminar de la carga del programa.

En esta ventana damos click en cargar, lo cual carga el programa y lleva a otra ventana **Cargar resultados**, la cual permite o da la opción de arrancar todos los módulos del PLC, es decir, poner en marcha. Seleccionamos en Arrancar todos, y damos click en finalizar.

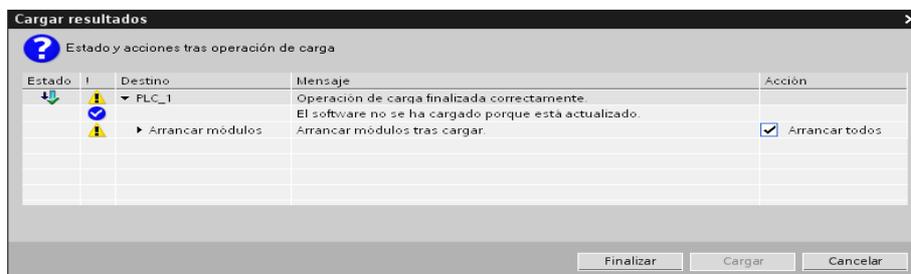


Fig. IV.26 Finalizar la carga y arrancar todos los módulos del dispositivo.

Luego de esto el led RUN/STOP del PLC, se pondrá en verde, indicando que el programa está cargado y listo para ejecutar el proceso.

CAPITULO V

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 INTRODUCCIÓN

Como resultados de la investigación se obtuvo la implementación y automatización de un módulo para la simulación de un proceso de mecanizado con mesa de indexación, el cual cuenta con un manual de prácticas y una hoja guía donde se detallan todos los pasos y procedimientos que hay que seguir para poner en operación de una manera segura y correcta el módulo de simulación de un proceso de mecanizado con mesa de indexación, por lo tanto una copia de este documento debe permanecer junto al módulo de proceso, ya que además contiene las especificaciones técnicas de cada dispositivo instalado en el módulo.

5.2 MÓDULO DE PROCESO.

Luego de variar pruebas y corrigiendo errores tanto de programación como de la parte mecánica, se obtuvo como resultado la implementación y automatización de un módulo para la simulación de un proceso de mecanizado con mesa de indexación, utilizando un PLC S7-1200.



Fig. V.1 Módulo de proceso.

Para la secuencia paralelo tenemos el siguiente funcionamiento.

1. Dar pulso de inicio, pulsando una vez el PULSADOR P1 de inicio/parada.
2. Cargar la pieza a mecanizar y espera un tiempo de seguridad.
3. La meza indexadora gira hasta la unidad de taladrado.
4. Espera a cargar la siguiente pieza.
5. En la unidad de taladrado, la mordaza de sujeción sujeta a la pieza a mecanizar, una vez sujeta, se enciende el taladro y baja para perforar.
6. Una vez perforado el taladro se detiene y sube a su posición inicial.

7. La mordaza de sujeción suelta a la pieza, dejando libre para que la meza indexadora pueda girar hacia la próxima estación de trabajo que es la de avellanado.
8. Espera a cargar la siguiente pieza.
9. Posicionado la mesa indexadora en la unidad de avellanado, acciona la unidad de avellanado bajando el avellanador, pero al mismo tiempo también baja trabaja el módulo de taladrado (Paso 5) y luego sube el avellanador nuevamente a su posición inicial, junto al taladro (Paso 6).
10. La mesa indexadora avanza una posición y espera a cargar la siguiente pieza.
11. En la posición actual acciona la unidad de taladrado y el módulo de avellanado (Paso 9).
12. La mesa indexadora avanza una posición más y espera a cargar la próxima pieza.
13. Desde este índice en adelante empiezan a trabajar todas las estaciones, es decir, acciona la unidad de taladrado, la unidad de avellanado y la unidad de expulsión.
14. Se repite el ciclo desde el paso 12 hasta que el operador pulse nuevamente el PULSADOR P1 de inicio/parada, con el cual detendrá el proceso.

Una vez parado la ejecución de la secuencia se debe retirar todas las piezas a mecanizar del módulo de trabajo para iniciar nuevamente el proceso.

5.3 MANUAL

(Ver anexo 1)

5.4 HOJA GUÍA

(Ver anexo 2)

5.5 RESULTADOS DE LA ENCUESTA

La encuesta realizada con el objetivo de conocer las necesidades de los estudiantes con respecto a los módulos de prácticas en el laboratorio de control de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales, arrojó resultados que se muestran a continuación. Cabe aclarar

que la encuesta se la realizó luego de una demostración de prueba del módulo que simula un proceso de mecanizado de piezas con una mesa indexadora a un total de 30 estudiantes pertenecientes al octavo, noveno y décimo semestre de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales de la ESPOCH.

Pregunta 1.- ¿Qué semestre está cursando?

Tabla V.I Tabulación datos de pregunta 1 de la encuesta

	Estudiantes	%
OCTAVO	8	27
NOVENO	10	33
DÉCIMO	12	40

Fuente: Realizado por Angel Bladimir Aguilar Aldas (Autor)

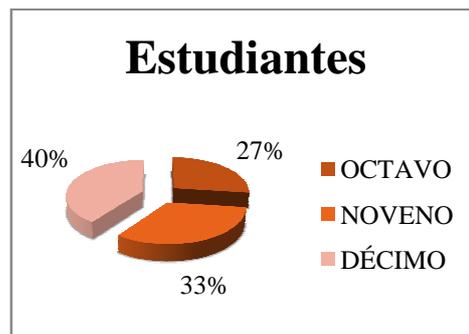


Fig. V.2 Representación de Datos de la pregunta 1 de la encuesta.

De los 30 estudiantes encuestados, el 27% son de octavo, el 33% de noveno, y el 40 % de décimo.

Pregunta 2.- ¿Cree usted que es necesaria las prácticas de laboratorio?

Tabla V.II Tabulación datos de pregunta 2 de la encuesta

	Estudiantes	%
SI	30	100
NO	0	0

Fuente: Realizado por Angel Bladimir Aguilar Aldas (Autor)



Fig. V.3 Representación de Datos de la pregunta 2 de la encuesta.

De los 30 estudiantes encuestados, el 100% de los estudiantes necesitan de prácticas de laboratorio.

Pregunta 3.- Luego de ver operando el módulo que simula un proceso de mecanizado de piezas con una mesa indexadora, ¿Le ve útil el módulo para realizar sus prácticas de laboratorio?

Tabla V.III Tabulación datos de pregunta 2 de la encuesta

	Estudiantes	%
SI	30	100
NO	0	0

Fuente: Realizado por Angel Bladimir Aguilar Aldas (Autor)



Fig. V.4 Representación de Datos de la pregunta 3 de la encuesta.

De los 30 estudiantes encuestados, el 100% de los estudiantes ven como una gran utilidad el módulo de proceso expuesto.

Pregunta 4.- ¿El módulo de proceso expuesto ayuda a complementar sus conocimientos teóricos?

Tabla V.IV Tabulación datos de pregunta 2 de la encuesta

	Estudiantes	%
SI	30	100
NO	0	0

Fuente: Realizado por Angel Bladimir Aguilar Aldas (Autor)



Fig. V.5 Representación de Datos de la pregunta 4 de la encuesta.

De los 30 estudiantes encuestados, el 100% de los estudiantes aseguran que el módulo de proceso ayuda a complementar sus conocimientos teóricos adquiridos en las aulas.

5.6 Análisis de resultados en los procesos de prueba

El avance tecnológico, permite la automatización de procesos en diferentes áreas cada vez más complejos, es por esto que dentro de los procesos productivos se encuentran sistemas de procesamiento de diferentes tipos y modelos, por lo que se ha desarrollado un módulo de Proceso que es una variante de muchos sistemas de procesamiento el mismo que contribuye a la simulación de un proceso productivo, específicamente al mecanizado de piezas.

Según una encuesta realizado, el 100% de los estudiantes del octavo, noveno y décimo semestre del al Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales de la Escuela Superior Politécnica de

Chimborazo, requieren de módulos semejantes a los reales para realizar sus prácticas, que permitan complementar los conocimientos en un campo nuevo como es la mecatrónica, ya que este equipo integra sistemas mecánicos, neumáticos, eléctricos y electrónicos, lo que junto a los mecanismos propios del equipo generan una máquina cuyo trabajo necesita controlarse y verificarse con lógica programada para disminuir el tamaño, los tiempos de operación y optimizar los recursos, los cuales son muy aplicables y exigentes en la industria.

Los sistemas de programación lógica controlada representan actualmente el factor clave de la automatización industrial, su utilización permite flexibilidad, adaptación a varios procesos, junto con la factibilidad de detectar fallas y errores con facilidad, por lo que se convierten en sistemas confiables y de fácil mantenimiento, con tableros de control pequeños, mayor comunicación con el elemento de control y su proyección a poder operar a distancia como en los sistemas ESCADA. Es así que el módulo de Proceso podría ser controlado y monitoreado remotamente ya que el PLC S7-1200 cuenta con comunicación ETHERNET.

Para el desarrollo de este módulo se utilizó el PLC SIEMENS SIMATIC S7-1200, el cual permite una programación sencilla y las facilidades de su configuración en salidas de relé permite el trabajo del módulo de una forma didáctica y fácil de instalar, que es también lo que se busca en el sector industrial.

CONCLUSIONES

- El módulo de proceso desarrollado en este proyecto, posibilita que los alumnos de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales de la ESPOCH accedan a un prototipo muy real en dónde pueden complementar con la práctica sus conocimientos adquiridos en las aulas.
- El módulo de proceso, básicamente representa un sistema mecatrónico, dónde se utiliza componentes de sistemas electrónicos, eléctricos, informáticos, mecánicos y neumáticos, por lo que representa una buena aproximación a diseños de equipos reales.
- El modulo de proceso, resulta ser muy didáctico para la enseñanza y el aprendizaje, ya que se pone a prueba todos los conocimientos y destrezas adquiridos por el estudiante, llevando al desarrollo de su propio conocimiento.
- El avance tecnológico, la digitalización de la información, y desarrollo de software especializados, facilitan la automatización de procesos productivos complejos, con lo cual se logra disminuir el tamaño de instalación de líneas productivas, disminuir los tiempos de operación, optimizar los recursos, y sobre todo dar espacio a la seguridad industrial, los cuales hoy en día son muy importantes en la industria.

RECOMENDACIONES

- Tomar en cuenta las instrucciones detalladas en el manual de prácticas, que se ha desarrollado en esta tesis, pues la falta de observación de las mismas en la manipulación, almacenamiento, montaje, puesta a punto, programación, funcionamiento, y preparación del equipo, puede crear situaciones de riesgo, las cuales pueden ocasionar daños físicos y lesiones al usuario o a terceras partes, así como al propio equipo.
- Se recomienda que la programación del módulo se lo realice en distintos tipos de PLC, esto garantizara que los estudiantes se familiaricen con estos dispositivos, cabe mencionar también que la secuencia programada en este proyecto no es la única solución para realizar la tarea del modulo.
- Utilizar una unidad de mantenimiento en el sistema de aire, pues así se protegerán y se asegurará el correcto funcionamiento los diferentes elementos neumáticos de este equipo y de los demás módulos instalados en el Laboratorio.
- Para cualquier duda sobre el manejo del módulo de proceso, remitirse a este documento, esto evitara malograr el equipo.

RESUMEN

Se implementó y automatizó un módulo para la simulación de un proceso de mecanizado con mesa de indexación para el laboratorio de control de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Para recopilación de información se utilizó el método analítico, haciendo la revisión de varios documentos y páginas web. Además se utilizó el ensayo y error para determinar el posicionamiento final de los elementos componentes del módulo y la programación de la secuencia de trabajo. Para la implementación y automatización del proceso que simula el mecanizado de piezas de duralon y/o madera, se utilizó; perfil modular de aluminio; un sensor inductivo para el posicionamiento de la mesa, un sensor óptico para verificar la posición de la pieza a mecanizar, y sensores magnéticos para el posicionamiento de los cilindros neumáticos; el control del proceso se realiza mediante un PLC Siemens SIMATIC S7-1200 CPU1212, también, en el panel de control integran un pulsador de inicio/paro, un selector ON/OFF para paro de emergencia y luces LED que indican el estado del proceso; entre los actuadores se utilizó un motor reductor de 110VAC para girar la mesa, un taladro de 2.4VDC, estos dos últimos accionados mediante relés, y cilindros neumáticos de doble efecto comandados por un bloque de electroválvulas; para las conexiones eléctricas se utilizó cable 18AWG y para las conexiones neumáticas manguera, racores y válvulas reguladoras de caudal.

El 100% de los estudiantes necesitan de módulos que asemejen a procesos reales para realizar las prácticas.

Concluyo que la implementación de este módulo sirve para que los estudiantes realicen prácticas dando como resultado un mejor aprendizaje, poniendo a prueba sus conocimientos y destrezas adquiridos en las aulas.

Recomiendo hacer uso del manual de prácticas, la hoja guía así como las especificaciones técnicas y características de cada elemento componente del módulo, para su correcto funcionamiento.

SUMARY

A module for simulating a machining process with an indexing table for the control laboratory of the School of Electronic Engineering in Industrial Control and Networks from Escuela Superior Politécnica de Chimborazo was implemented and automated.

For the collection of information the analytical method was used, making the revision of several documents and web pages. The trial and error technique was also used to determine the final positioning of the elements making up the module and the programming of the work sequence. For the implementation and automation of the process which simulates the machining of duralon and / or wood, was used; modular aluminum profile; an inductive sensor for the positioning of the table, an optical sensor for checking the position of the workpiece and magnetic sensors for the positioning of the pneumatic cylinders, the control of the process is performed by a Siemens SIMATIC S7-1200 CPU1212 PLC in the control panel there are a start / stop push-button , an ON / OFF switch for emergency stop and LED lights that indicate the status of the process; among the actuators we used a geared 110VAC motor to rotate the table, a 2.4VDC drill, these two ones are powered by relays, and double-acting pneumatic cylinders controlled by a block of electro valves, for the electrical connections 18AWG wire was used and for the pneumatic connections, hose, fittings and flow control valves.

100% of the students need modules that resemble real processes for practice.

I conclude that the implementation of this module is for students to engage in practices resulting in better learning, testing their knowledge and skills acquired in the classroom.

I recommend the use of the manual of practice, the guide as well as the technical specifications and characteristics of each element which constitutes the module so it can work properly.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- BOLTON.**, W., Mecatrónica: sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica.,4ª. ed., México D.F – México., Alfaomega., 2010., Pp. 22-58-150-171-192-216

2.- PROCESO DE MECANIZADO

<http://es.wikipedia.org/wiki/Mecanizado>

11-10-2011

<http://materias.fi.uba.ar/6717/Tecnicas%20Modernas%20de%20Mecanizado%20l.pdf>

20 -10- 2011

3.- SENSOR FOTOELÉCTRICO

<http://www.ibestchina.com> <lish/ViewProduct.asp?ID=241>

16-01-2012

4.- SENSOR INDUCTIVO

<http://www.ibestchina.com/english/ViewProduct.asp?ID=404>

16-01-2012

5.- MANUAL DEL S7-1200 PASO A PASO

http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/aut_simatic/Documents/S7-1200_Paso_a_Paso_v1.0.pdf
17-01-2012

6.- MANUAL DEL SISTEMA SIMATIC S7-1200

http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/aut_simatic/Documents/Manual%20de%20sistema%20SIMATIC%20S7-1200%20Ed.2009-11.pdf
17-01-2012

7.- ACTUADORES NEUMÁTICOS

<http://es.scribd.com/doc/2684435/ACTUADORES-NEUMATICOS>
20-10-2011

<http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT2/UNI3300.pdf>
20-10-2011

8.- MOTORES ELÉCTRICOS

http://tv.uvigo.es/uploads/material/Video/1709/ISAD_Tema7_2.pdf
21-10-2011

9.- GRAFCET

<http://www.fing.edu.uy/iimpi/academica/grado/instindustrial/teorico/06ProgramacionBajoGrafcet.pdf>
21-10-2011

<http://isa.uniovi.es/genia/spanish/publicaciones/grafcet.pdf>
21-10-2011

<http://materias.fi.uba.ar/7206/grafcet%20v2.pdf>

21-11- 2011

10.- ELECTROVÁLVULA AIRTAC

<http://es.airtac.com/upload/201108291030469216.PDF>

16-01-2012

11.- CILINDROS AIRTAC

http://es.airtac.com/pro_det.aspx?c_kind=4&c_kind2=19&c_kind3=41&c_kind4=52&c_kind5=111&id=50

16-01-2012

http://es.airtac.com/pro_det.aspx?c_kind=4&c_kind2=19&c_kind3=41&c_kind4=52&c_kind5=114&id=85

16-01-2012

12.- SENSOR PARA CILINDRO AIRTAC

http://es.airtac.com/pro_det.aspx?c_kind=4&c_kind2=19&c_kind3=41&c_kind4=55&c_kind5=126&id=53

16-01-2012

ANEXOS

ANEXO 1

Manual de Prácticas para el módulo de simulación de un proceso de mecanizado con mesa indexadora.

ANEXO 2

Hoja guía de prácticas.

ANEXO 3

Asignación de variables de E/S y memorias en el STEP 7 TIA Portal V10.

ANEXO 4

Programación en el TIA Portal V10.

ANEXO 5

Especificaciones técnicas de los elementos que componen el módulo de proceso.

ANEXO 6

Simbología neumática.

ANEXO 7

Diagrama eléctrico.

ANEXO 8

Encuesta.

ANEXO 9

Planos del diseño.

Anexo 1

Manual de Prácticas para el módulo de simulación de un proceso de mecanizado con mesa indexadora.

MANUAL DE PRÁCTICAS

MÓDULO PARA LA SIMULACIÓN DE UN PROCESO DE MECANIZADO CON MEZA INDEXADORA.

1. Introducción

En este documento se detalla todos los pasos y procedimientos que hay que seguir para poner en operación de una manera segura y correcta el módulo de simulación de un proceso de mecanizado con mesa de indexación, por lo tanto una copia de este documento debe permanecer junto al módulo de proceso, ya que además contiene las especificaciones técnicas de cada dispositivo instalado en el módulo.

2. Normas de seguridad

El personal que vaya a trabajar con este equipo debe tener conocimientos técnicos, ya que de esto depende el correcto funcionamiento y la vida útil del módulo.

El módulo de la Estación de Proceso debe ser utilizado exclusivamente con fines didácticos y en condiciones absolutamente seguras.

Se deben observar y seguir siempre las recomendaciones y normas fundamentales sobre seguridad. Cualquier persona que trabaje con este equipo debe:

- Observar con especial atención las recomendaciones de seguridad.
- Deben respetarse las normas y regulaciones sobre prevención de accidentes.

El responsable del funcionamiento debe comprometerse en asegurar que el equipo es utilizado solamente por personas que:

- Estén familiarizadas y medianamente habituados a trabajar con las normas básicas relacionadas con la seguridad operativa y prevención de accidentes.
- Hayan recibido instrucción suficiente en el manejo del equipo.

La falta de observación de las instrucciones de operación, transporte, almacenamiento, montaje, puesta a punto, funcionamiento, mantenimiento y preparación del equipo, puede crear situaciones

riesgosas las mismas que pueden ocasionar daños físicos o lesiones al usuario o a terceras partes, así como la integridad del equipo.

3. Recomendaciones a tener en cuenta antes de operar el módulo

- El documento de la Tesis, es un Manual con toda la información técnica necesaria, por lo que es parte esencial de éste sistema, por lo tanto debe conservarse y permanecer junto al módulo de la Estación de Proceso.
- Los alumnos sólo deben trabajar en el equipo bajo la supervisión de un instructor capacitado.
- Observar los datos de las fichas técnicas de los componentes individuales del módulo de proceso.
- Verificar el estado del módulo, de presentarse anomalías avisar a la persona encargada.
- Las conexiones eléctricas entre los diferentes dispositivos del módulo de proceso, deben establecerse y desconectarse sólo cuando la tensión principal esté cortada.
- Utilizar sólo la tensión requerida para el funcionamiento de los elementos.
- No sobrepasar la presión admisible de operación de los elementos neumáticos del módulo.
- No aplicar el aire comprimido hasta que no se hayan establecido y asegurado todas las uniones neumáticas.
- No desconectar conductos de aire que estén bajo presión.
- Hay que tener especial cuidado al aplicar el aire comprimido. Los cilindros pueden avanzar o retroceder tan pronto se aplique el aire comprimido.
- Montar todos los componentes en su sitio de forma segura.
- No intervenir manualmente a no ser que la máquina se halle parada.
- Evitar la manipulación excesiva del cableado de sensores para evitar averías.
- No se debe retirar las protecciones instaladas en el equipo.

- Cualquier modificación o intervención que altere la estructura, el ciclo de funcionamiento deberá ser autorizado por el departamento correspondiente y realizado por el personal especializado.
- La sustitución de partes, elementos o componentes en el equipo debe hacerse en correspondencia con los originales.
- Para la realización de trabajos de mantenimiento en el módulo, se deberá desconectar la alimentación eléctrica y neumática con el fin de evitar accidentes personales y averías al equipo.
- Realizar una limpieza minuciosa y adecuada de la Estación, para evitar la presencia de polvo y partículas extrañas que pueden afectar todos los componentes.
- No hay que utilizar los sensores en presencia de solventes orgánicos, líquidos o ácidos de cualquier tipo.
- Es importante la sujeción de los sensores, para evitar futuros errores en el funcionamiento de los mismos.

4. Suministro de energía eléctrica

El PLC tiene su propia fuente de alimentación interna, este se conecta directamente a la línea de 110V AC y la salida es de 24V DC la cual sirve para alimentación de las bobinas de las electroválvulas, relés, sensores, pulsador y lámpara.

Una fuente de alimentación que suministra 2.4V DC para operar el motor del taladro.

5. Suministro de aire

La alimentación de aire se lo hace desde la toma principal hacia el módulo a través de una unidad de mantenimiento, en la misma se puede regular la presión de operación del módulo de proceso.

El sistema puede trabajar con presión de aire de hasta 6bar según las características de los elementos, para evitar daños se recomienda trabajar con 3barde presión.

6. Puesta a punto del módulo

La puesta a punto se limita normalmente a una verificación visual para asegurar que los cables, mangueras y alimentaciones sean los correctos, y que todos los componentes del equipo funcionen adecuadamente.

Todos los componentes, sensores, válvulas, actuadores, relés, y cables están claramente marcados de forma que puedan establecerse fácilmente todas las conexiones.

Las instrucciones para la puesta a punto del módulo se describen a continuación.

- Asegurar que la alimentación del aire comprimido y voltaje hacia el módulo se encuentren apagados.
- Revisar y realizar los ajustes necesarios de la estructura y demás componentes del módulo.
- Pasar los actuadores a la posición de inicio de acuerdo con el ciclo de operación establecido.
- Ajustar manualmente la posición de sensores en los actuadores de los cilindros neumáticos.
- Preparar el PLC de acuerdo a las designaciones detalladas en el manual de operación.
- Conectar el suministro de aire comprimido y regular gradualmente la presión de operación.
- Identificar y eliminar posibles fugas de aire en rácores, válvulas y mangueras flexibles.
- Conectar y verificar que el suministro de voltaje para cada uno de los elementos sea el requerido, para el buen funcionamiento del módulo de proceso.
- Verificar que funcionen las entradas y salidas mediante la observación de los leds indicadores del PLC.
- Verificar el ajuste y calibración del sensor inductivo para el posicionamiento de la mesa de indexación.
- Verificar el ajuste y calibración del sensor óptico para la detección de la pieza de trabajo.

- Correr el programa y comprobar que se encuentra con los tiempos de operación correctos.
- Comprobar que todas las funciones del panel de control se encuentren operando correctamente, para asegurarse de que no exista errores que puedan causar daños al personal y al equipo.

7. Programación de la secuencia

Para la programación de la secuencia del proceso, el estudiante debe seguir los siguientes pasos;

7.1. Establecer las entradas y salidas.

Para esto hay que remitir al siguiente cuadro;

ASIGNACIÓN DE DIRECCIONES			
E/S	DIRECCIÓN FÍSICA	TAG	DESCRIPCIÓN
Entrada	I0.0	S0	Sensor de posición del taladro CTAL+
Entrada	I0.1	S1	Sensor de posición del taladro CTAL-
Entrada	I0.2	S2	Sensor de posición del sujetador CSUJ+
Entrada	I0.3	S3	Sensor de posición del avellanador CAVE+
Entrada	I0.4	S4	Sensor de posición del expulsor CEXP+
Entrada	I0.5	SIN	Sensor inductivo para el posicionamiento de la mesa
Entrada	I0.6	PUL	Pulsador inicio y paro del ciclo
Entrada	I0.7	SOP	Sensor óptico para verificar la pieza a mecanizar en el inicio del proceso.
Salida	Q0.0	CTAL	Electroválvula para accionar cilindro del taladro y Relé del taladro.
Salida	Q0.1	CSUJ	Electroválvula para accionar la mordaza de sujeción.
Salida	Q0.2	CAVE	Electroválvula para accionar el cilindro de avellanado.
Salida	Q0.3	CEXP	Electroválvula para accionar cilindro de expulsión.
Salida	Q0.4	MOTOR	Relé para accionar el motor de la

			mesa indexadora.
Salida	Q0.5	LED	Indicador de proceso en ejecución.

7.2. Definir la secuencia;

De este depende la manera de trabajar del módulo de proceso.

- Secuencia en serie
- Secuencia en paralelo

7.3. Realizar el Grafcet de primer y segundo nivel.

Si el estudiante tienes dudas acerca del Grafcet de cualquiera de las secuencias puede remitirse al Documento de la Tesis Titulada “Implementación y automatización de un módulo para la simulación de un proceso de mecanizado con mesa de indexación”, la parte correspondiente al capítulo 3, la sección Programación del PLC Pág. 65-69.

7.4. Pasar la secuencia en lenguaje ladder del Software de programación TIA Portal V10 del S7-1200.

Si el estudiante tienes dudas acerca de la programación en el software de cualquiera de las secuencias puede remitirse al Documento de la Tesis Titulada “Implementación y automatización de un módulo para la simulación de un proceso de mecanizado con mesa de indexación”, el anexo 4 Programación en el TIA Portal V10.

7.5. Cargar el programa en el PLC

Este paso es muy importante, ya que con este indicaremos al PLC, que instrucciones debe ejecutar para realizar el proceso.

Si el estudiante tienes dudas acerca del Grafcet de cualquiera de las secuencias puede remitirse al Documento de la Tesis Titulada “Implementación y automatización de un módulo para la simulación de un proceso de mecanizado con mesa de indexación”, la parte correspondiente al capítulo IV, la sección Programación del PLC Pág. 75-77.

8. Operación del modulo

Una vez verificado el buen estado del módulo, programado el PLC, el próximo paso es la operación del módulo de proceso.

Este paso consiste en poner en funcionamiento el módulo de proceso. Si el estudiante tienes dudas acerca del Graficet de cualquiera de las secuencias puede remitirse al Documento de la Tesis Titulada “Implementación y automatización de un módulo para la simulación de un proceso de mecanizado con mesa de indexación”, la parte correspondiente al capítulo IV, la sección Programación del PLC, sub sección, Resultado de funcionamiento del modulo de proceso Pág. 77-79.

9. Lista de fallas, causas y soluciones

Durante la ejecución del montaje, calibración, programación y puesta a punto del equipo, se pueden producir problemas que pueden llevar al mal funcionamiento del módulo de la Estación de Proceso.

En la siguiente tabla, se detallan los diferentes tipos de fallas y sus posibles causas y soluciones.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	POSIBLES CAUSAS	SOLUCIÓN
1	Mesa no gira	Motor no acciona	Verificar alimentación del motor
		Relé no conmuta	Verificar la asignación de la salida en el programa del PLC.
2	Taladro no funciona.	Ausencia de energía	Verificar el correcto suministro de energía hacia el taladro.
3	No se activan los sensores	Ausencia de energía	Verificar el suministro de energía en el circuito eléctrico.
		Sensores descalibrados	Calibrar la distancia del sensor
4	Cilindros neumáticos no accionan.	Falta de alimentación de aire comprimido al sistema	Revisar alimentación de aire al sistema.
		Fuga de aire por mangueras y acoples	Chequear y corregir problema
		Electroválvulas no permiten el paso de aire al cilindro	Revisar alimentación eléctrica a electroválvulas
		Válvulas reguladoras de caudal no permiten paso de aire	Revisar y reajustar regulación de aire de las válvulas reguladoras hacia los cilindros
5	PLC no funciona	Ausencia de energía	Verificar el suministro de energía al PLC
		Señales de entrada y salidas mal asignadas o conectadas	Verificar y corregir conexión de entradas y salidas en PLC
		Programación incorrecta	Chequear y corregir programación del sistema en PLC

Anexo 2

Hoja guía de prácticas.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

HOJA GUÍA

LABORATORIO DE CONTROL

Alumno:			Practica N°:		Calificación:	
Fecha:			Título de la práctica:			
Tutor:						
1.- Entradas/Salidas						
DIR	PERTENENCIA	Verificación		DIR	PERTENENCIA	Verificación
I0.0				Q0.0		
I0.1				Q0.1		
I0.2				Q0.2		
I0.3				Q0.3		
I0.4				Q0.4		
I0.5				Q0.5		
I0.6						
I0.7						
Observaciones:						

2.- Secuencia

3.- Graficet

4.- Ecuaciones

5.- Conclusiones

6.- Recomendaciones

7.- Observaciones Generales

Anexo 3

**Asignación de variables de E/S y
memorias en el STEP 7 TIA Portal V10**

Anexo 4

Programación en el TIA PORTAL V10.

Anexo 5

Especificaciones técnicas de los elementos que componen el módulo de proceso.

Sensor



Serie CS1-J(N, P, X)

■ Especificación

Artículo/Modelo	CS1-J	CS1-JX	CS1-JN	CS1-JP
Cambiar la lógica	Tipo de STSP normalmente abierto		Transistor sin contacto, tipo normalmente abierto	
Tipo de sensor	Interruptor de lengüeta sin contacto		Tipo de NPN	Tipo de PNP
Voltaje de funcionamiento (V)	5-240V AC/DC		5-30V DC	
Max. Comutación de corriente (mA)	100		200	
Cambio de clasificación (W)	Máx. 10		Máx. 6	
Consumo de corriente	NO		15mA Max. @24V	
Caida de voltaje de	2.5V Max. @100mA DC		0.5V Max. @200mA DC	
Cable	φ 3.3, 2C, el petróleo resistente de gris PVC (llama retardada)		φ 3.3, 3C, PVC petróleo resistente Negro PVC (llama retardada)	
Indicador	LED rojo	NO	LED rojo	
Fuga de corriente	NO		0.01mA Max.	
Sensibilidad (Gauss)	60-70		60-70	
Max. Frecuencia (Hz)	200		1000	
Shock (m/s ²)	300		500	
Vibración (m/s ²)	90		90	
Rango de temperatura °C ①	-10-70		-10-70	
Caja de clasificación	IP67(NEMA6)		IP67(NEMA6)	
Circuito de protección	NO		Protección reversa de polaridad de alimentación, protección de absorción de onda	

① Nota: Póngase en contacto con nosotros para la resistencia de la temperatura alta (125 ~ 150 °C), la resistencia a la temperatura baja (-40 ~ -25 °C) y la prueba de explosiones interruptor del sensor. Número del interruptor de sensor.

■ Código de ordenamiento

CS1	J	X	020
①			
Número del sensor		Método de conexión	
Especificación del sensor		C08: M8 conjunta rápida, longitud de cable es de 150 mm	
J: J Tipo (Aplicado a TWH(M) ACQ32-100 TWQ32-50 series)		C12: Articulación rápida M12, longitud de cable es de 150 mm	
		020: longitud del cable es 2 m	
		030: longitud del cable es 3 m	
		050: longitud del cable es 5 m	
		100: longitud del cable es 10 m	

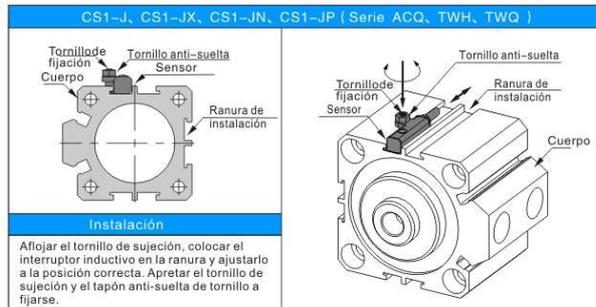
Model del sensor

En blanco: Tubería magnética de resorte de dos líneas de con contacto / normalmente abierto
N: NPN de tres líneas sin contacto (la corriente fluye hacia al dentro) / normalmente abierto
P: PNP de tres líneas sin contacto (la corriente fluye hacia afuera) / normalmente abierto
X: Tubería de resorte de dos líneas con el contacto magnético, sin la luz indicadora / normalmente abierto

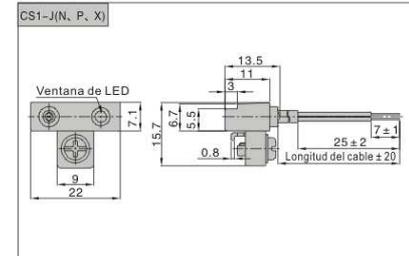
① Nota: La articulación rápida que se adjunta al extremo del cable es el tipo de hilo de tronillo de tres agujas masculina de conjunta lineal giratoria. El enchufe hembra de conjunta tiene que ser ordenada adicionalmente. Por favor, consulte a PVI-44 para los datos específicos.

■ Montaggio

No accesorios de instalación son necesarios para el interruptor del sensor de CS1-J (N,P e X) en series. Se puede fijar directamente en el cilindro, cual es conveniente y rápido.



■ Dimensiones

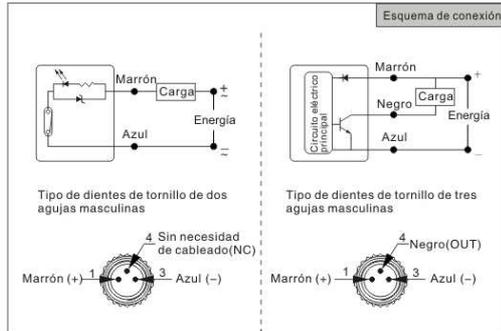
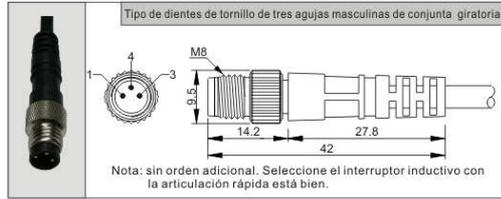


Sensor



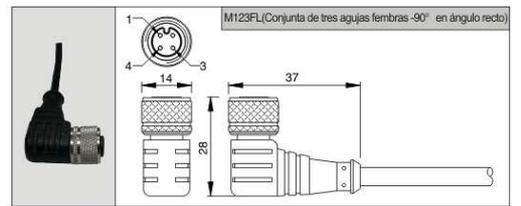
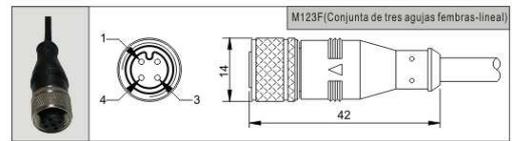
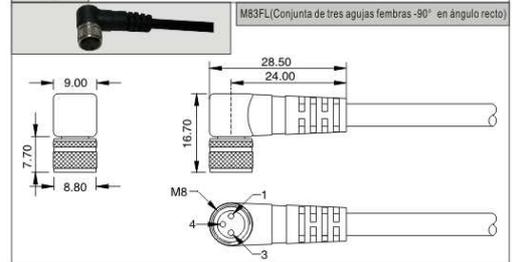
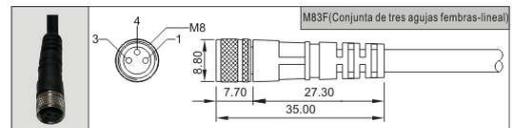
Conjunta adjuntada al interruptor inductivo

Conjunta masculina adjuntada al interruptor inductivo



Conjunta fembra adjuntada a la conjunta masculina

Código de ordenamiento	
M83F	4 B 02 PVC
Nudillo tipo	Material de cable
M83F: M8 x 1,0 conjunta de tres agujas fembras (lineal)	PVC: material de la cubierta exterior de PVC
M83FL: M8 x 1,0 conjunta de tres agujas fembras (en ángulo recto)	PUR: material de la cubierta exterior de PUR
M123F: M12 x 1,0 conjunta de tres agujas fembras (lineal)	
M123FL: M12 x 1,0 conjunta de tres agujas fembras (en ángulo recto)	
Diámetro exterior del cable	Longitud del cable
2.9: diámetro exterior es de 2.9mm	02: Longitud del cable 2m
3.3: diámetro exterior es de 3.3mm	03: Longitud del cable 3m
4.0: diámetro exterior es de 4.0mm	05: Longitud del cable 5m
4.5: diámetro exterior es de 4.5mm	10: Longitud del cable 10m
5.2: diámetro exterior es de 5.2mm	
Colore del filo	
B: Nero (tre cavi)	
G: Marrone (due cavi)	





Sensor inductivo

Code

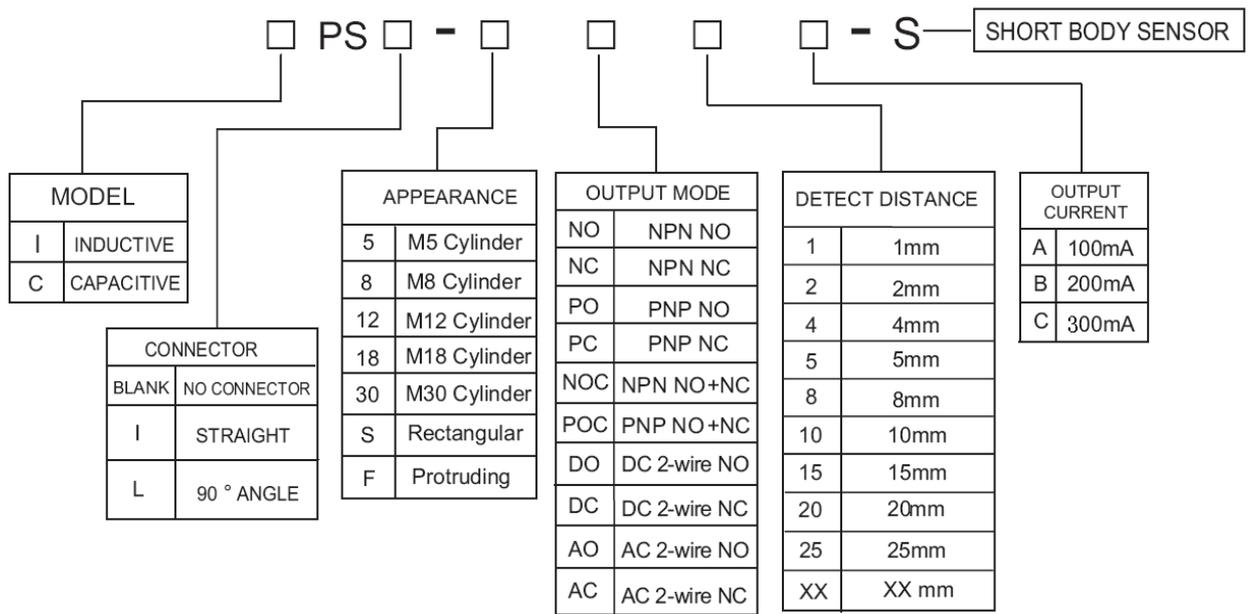
M12 Short Housing Inductive Sensor

:

Features :

- *Diameter: 12mm; short body.
- *DC 3-wire(10-30V DC); DC 4-wire(10-30V DC)
- *Connection mode: 3 wire or 3 pin connector ; 4 wire or 4 pin connector
- *Mounting distance: shielded (2mm), unshielded(4mm)
- *With LED operation indicate lamp, easily identifiable
- *Brass chrome plated, proof of oil, water acid, alkaline
- *Standard sensing object: iferrous metals;
- *Protection rate: IP67, water resistant
- *Over-current protection
- *Widely applied in measuring, Counting, Rpm measuring in mechanism, chemical, paper manufacture light industry, etc

1. Product model is named:



For special request of sensors (e.g. 24V AC, appearance,function), please indicate when order.

2. Ordering Code:

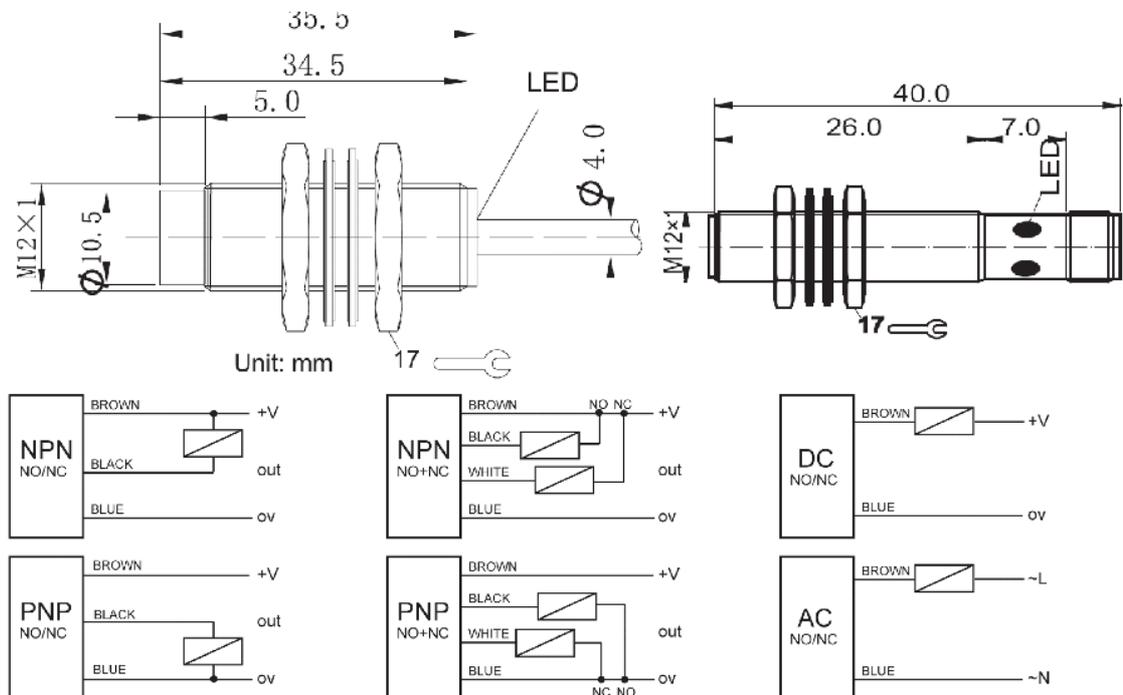
Model and Type	Output type	Mounting distance	Current output	Power supply	Connector model
IPS-12PO4A-S	PNP NO	4mm,unshielded	≤100mA	DC 10~30V	DC 3 Wire
IPS-12PC4A-S	PNPNC	4mm,unshielded	≤100mA	DC 10~30V	DC 3 Wire
IPS-12POC4A-S	PNPNO+NC	4mm,unshielded	≤100mA	DC 10~30V	DC 4 Wire
IPS-12NO4A-S	NPN NO	4mm,unshielded	≤100mA	DC 10~30V	DC 3 Wire
IPS-12NC4A-S	NPNNC	4mm,unshielded	≤100mA	DC 10~30V	DC 3 Wire
IPS-12NOC4A-S	NPNNO+NC	4mm,unshielded	≤100mA	DC 10~30V	DC 4 Wire
IPS-12PO2A-S	PNP NO	2mm,shielded	≤100mA	DC 10~30V	DC 3 Wire
IPS-12PC2A-S	PNPNC	2mm,shielded	≤100mA	DC 10~30V	DC 3 Wire
IPS-12POC2A-S	PNPNO+NC	2mm,shielded	≤100mA	DC 10~30V	DC 4 Wire
IPS-12NO2A-S	NPN NO	2mm,shielded	≤100mA	DC 10~30V	DC 3 Wire
IPS-12NC2A-S	NPNNC	2mm,shielded	≤100mA	DC 10~30V	DC 3 Wire
IPS-12NOC2A-S	NPNNO+NC	2mm,shielded	≤100mA	DC 10~30V	DC 4 Wire
IPS/L-12PO2A-S	PNP NO	2mm,shielded	≤100mA	DC 10~30V	M12 Connector (I:straight/L:90 degree)
IPS/L-12PC2A-S	PNPNC	2mm,shielded	≤100mA	DC 10~30V	M12 Connector (I:straight/L:90 degree)
IPS/L-12POC2A-S	PNPNO+NC	2mm,shielded	≤100mA	DC 10~30V	M12 Connector (I:straight/L:90 degree)

IPSI/L-12NO2A-S	NPN NO	2mm,shielded	≤100mA	DC 10~30V	M12 Connector (I:straight/L:90 degree)
IPSI/L-12NC2A-S	NPNC	2mm,shielded	≤100mA	DC 10~30V	M12 Connector (I:straight/L:90 degree)
IPSI/L-12NOC2A-S	NPNO+NC	2mm,shielded	≤100mA	AC 10~30V	M12 Connector (I:straight/L:90 degree)
IPSI/L-12PO4A-S	PNP NO	4mm,unshielded	≤100mA	DC 10~30V	M12 Connector (I:straight/L:90 degree)
IPSI/L-12PC4A-S	PNPNC	4mm,unshielded	≤100mA	DC 10~30V	M12 Connector (I:straight/L:90 degree)
IPSI/L-12POC4A-S	PNPNO+NC	4mm,unshielded	≤100mA	DC 10~30V	M12 Connector (I:straight/L:90 degree)
IPSI/L-12NO4A-S	NPN NO	4mm,unshielded	≤100mA	DC 10~30V	M12 Connector (I:straight/L:90 degree)
IPSI/L-12NC4A-S	NPNC	4mm,unshielded	≤100mA	DC 10~30V	M12 Connector (I:straight/L:90 degree)

3. Technical Specifications:

Propertyproject	Specificparameter
Mountingdistance	shielded (2mm)/unshielded(4mm)
Sensingdistance	shielded(0-1.8mm)/unshielded(0-3.6mm)
Powersupply	DC 10-30V
Frequency	≤600Hz
Current output	≤100mA
Ambienttemperature	-20°C-70°C
Protection	over-current/againstpolarity
IP rating	IP67

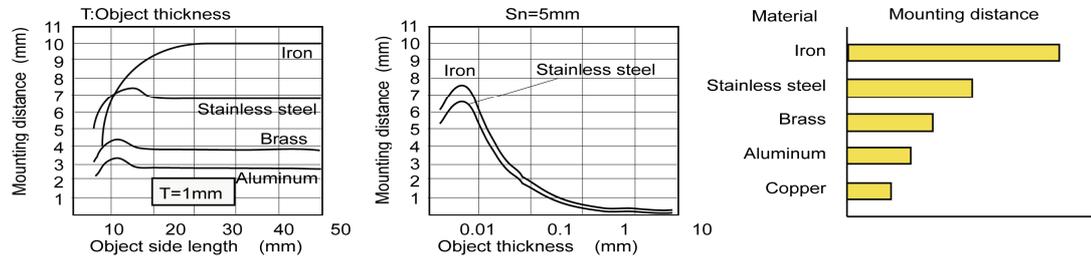
4. Electrical Connection Drawing:



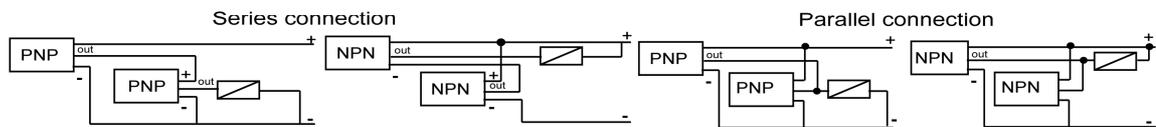
5. The picture of product mix:

IPS INDUCTIVE PROXIMITY APPLICATION DIRECTION

- You had better set mounting distance equal 80% sn.
- Please set mounting distance equals 50%sn,when sensor applies in measuring mounting frequency or operating in high speed circum stance.
- Mounting distance varies with measuring object(iron, stainless steel ,brass, copper and aluminum) .



- ips series connection and parallel connection





Sensor fotoeléctrico

Code

M18 Serise photoelectric sensor

:

Features :

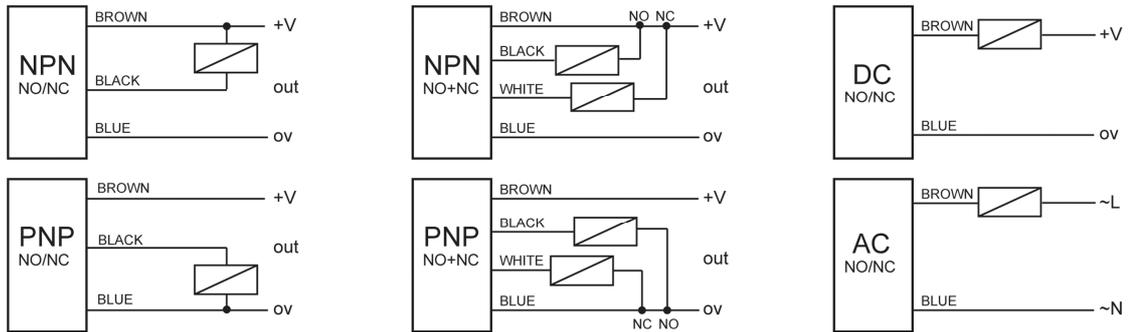
- Style: cylinder, diameter: 18mm. (through-beam type, retro-reflective type and diffused-reflective type).
- Material: brass Nickle plated or ABS
- DC 3 wire or DC 2 wire or AC 2 wire; with or without plug-in connector.
- Light resource:Infrared LED
- Strong anti-shock and anti-vibration.
- Non-contact object detect: avoid the photoelectric sensor to contact the object directly, protect the inducing component from damage
and extend the operation life of the sensor.
- Detect any objects with different materials: detect objects by the light quantities reflected and received, detect objects such as glass,
metal, plastic, wood, fluid....etc.
- Long detect distance: Retro reflective: 3m / diffused-reflective type: 10cm or 30cm / through-beam type: 10m.
- Fast response: through-beam: < 5ms / retro-reflective and diffused-reflective: < 3ms
- Identify object colors: according to the colors' reflectivity and absorptivity, the sensors detect the light that the object reflected and identify the colors.

PES-T18POC10MD	Through-beam	PNPNO+NC 4 Wire	10m	≤200mA	DC 10-30V
PES-T18DO10MD	Through-beam	DC NO 2 Wire	10m	≤100mA	DC 10-30V
PES-T18DC10MD	Through-beam	DC NC 2 Wire	10m	≤100mA	DC 10-30V
PES-T18AO10MA	Through-beam	AC NO 2 Wire	10m	≤400mA	AC 90-250V
PES-T18AC10MA	Through-beam	AC NC 2 Wire	10m	≤400mA	AC 90-250V
PES-R18NO3MD	Retro-reflective	NPN NO	3m	≤200mA	DC 10-30V
PES-R18NC3MD	Retro-reflective	NPNNC	3m	≤200mA	DC 10-30V
PES-R18PO3MD	Retro-reflective	PNP NO	3m	≤200mA	DC 10-30V
PES-R18PC3MD	Retro-reflective	PNPNC	3m	≤200mA	DC 10-30V
PES-R18DO3MD	Retro-reflective	DC NO 2 Wire	3m	≤100mA	DC 10-30V
PES-R18DC3MD	Retro-reflective	DC NC 2 Wire	3m	≤100mA	DC 10-30V
PES-R18AO3MA	Retro-reflective	AC NO 2 Wire	3m	≤400mA	AC 90-250V
PES-R18AC3MA	Retro-reflective	AC NC 2 Wire	3m	≤400mA	AC 90-250V
PES-D18NO10/(30)D	Diffused-reflective	NPN NO	10cm / 30cm	≤200mA	DC 10-30V
PES-D18NC10/(30)D	Diffused-reflective	NPNNC	10cm / 30cm	≤200mA	DC 10-30V
PES-D18PO10/(30)D	Diffused-reflective	PNP NO	10cm / 30cm	≤200mA	DC 10-30V
PES-D18PC10/(30)D	Diffused-reflective	PNPNC	10cm / 30cm	≤200mA	DC 10-30V
PES-D18DO10/(30)D	Diffused-reflective	DC NO 2 Wire	10cm / 30cm	≤100mA	DC 10-30V
PES-D18DC10/(30)D	Diffused-reflective	DC NC 2 Wire	10cm / 30cm	≤100mA	DC 10-30V
PES-D18AO10/(30)A	Diffused-reflective	AC NO 2 Wire	10cm / 30cm	≤400mA	AC 90-250V
PES-D18AC10/(30)A	Diffused-reflective	AC NC 2 Wire	10cm / 30cm	≤400mA	AC 90-250V

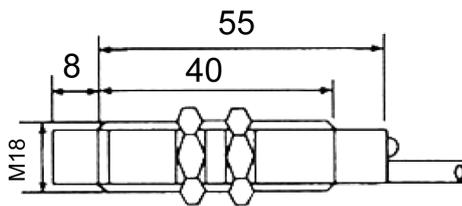
3. Technical Specifications:

Property/project	Specific parameter
Detecting distance range	Through-beam:10m / Retro-reflective: 3m/ Diffusec-reflective:10cm or30cm
Rated power supply	DC:10-30V / AC:90-250V
Current	DC 3 Wrie: ≤200mA / DC 2 Wire:≤100mA / AC 2 Wire:≤400mA
Resonse time	Through-beam:< 5ms / Retro-reflective & Diffused-reflective:< 3ms
Working angle	Through-beam:3°-20°/Retro-reflective:1°-5°
Voltage for transistor	< 1.5V
Current consumption	< 20mA
Different distance	< 15%
Polarity reverse protection	Yes
Ambient light(LUX)	Incandescent lamp:≤3000 / Sunlight:≤10000
IP ratings	IP 67
Material	Brass nickle plated or ABS

4. Electrical Connection Drawing:

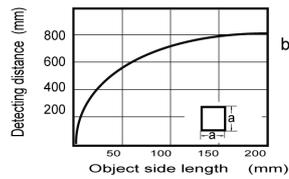


5. The picture of product mix:

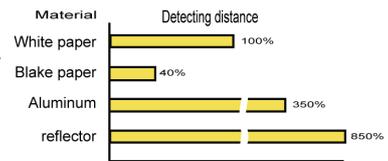


TECHNICAL INSTRUCTIONS

a. Relation between detecting distance and object size (white paper)



b. Influence of different objects to detecting distance (only for Diffused-reflective type)



c. Type instructions

	TYPE	SPECIALITY
Through-beam		<p>Detect when an object shutoff the light between the sender and the receiver</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detect long distance • Stable detecting status • Strong light beam • Detect different objects(transparent or non-transparent, different appearance/color/materials..etc.
Retro-reflective		<p>Detect when an object shutoff the light between the sender and the reflector</p> <ul style="list-style-type: none"> • The reflector can be installed in the very limited space • The connection is easy • Can adjust the (light)axis easily • Detecting longer distance than diffused-reflective sensor • Detect different objects(transparent or non-transparent, different appearance/color/materials..etc.)
Diffused-reflective		<p>The diffused-reflective sensor detect the object when the object reflect the light beam sent from the diffused-reflective sensor.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Save space (a sensor module needs to be installed only) • No need to adjust (light)axis • Can detect the reflect-light transparent object • Can detect different colors

d. Terms

	TERMS	DEFINITION
Different distance		The different distance of reflective photoelectric sensor is the difference between detecting distance and resetting distance.
Detect angle		The angle ranges for the photoelectric sensor detect objects.
Response time		The min. time that the sensor detect light beam exist and output "ON" signal or the min. time that the sensor detect no light beam and output "OFF" signal.
Ambient light		The max. ambient light for the sensor receiving face to work appropriately

e. Operation instruction

External interference	Solutions
	<p>1 Use a block to shut out the light reflected from under the object.</p> <p>2 Re-adjust the installing height</p> <p>Heighten the installing position of inducing component</p>
	<p>Re-adjust the installing height</p> <p>Adjust the installing height or change the angel of the inducing component.</p>
	<p>1 black background</p> <p>use background objects with low reflectivity like black wall to prevent the sensor from detecting the light from background objects.</p> <p>2 increase the distance</p> <p>try to increase the distance between the target object and the background object.</p>
<p>To prevent interference for through-beam photoelectric sensor, the sender and receiver need to be in crossed position as below:</p> <p>when install the sender and receiver, please avoid the light beam from one sender received by other sensors'receiver.</p>	

6. Notice:

- When the high voltage cable, power cable and photoelectric sensor cable are placed in one tube, they might affect one another and cause misworking, therefore they must use different wire tube so as to avoid mistworking.
- Power supply must be within the specified range.

-Pay attention installation in the following conditions may cause misworking:

- Dust and corrosive gas environment
- Water, oil and medicament spurt environment
- Strong sunlight irradiate environment, high ambient temperature conditions
- Vibrate and shock environment

-Do not hammer the sensor when installing, otherwise can damage water-proof parts.

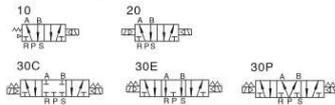
Válvula solenoide (5/2, 5/3 vías)



Serie 4V100



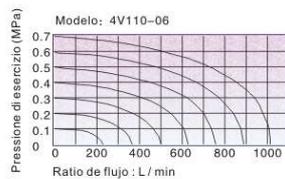
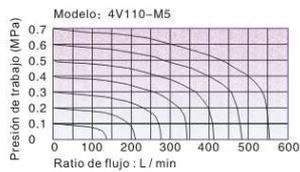
▣ Símbolo



▣ Característica del producto

1. Forma de piloto: piloto interno o externo es disponible;
2. La Estructura en modo de la columna deslizante: buena estanqueidad y reacción sensible;
3. Las válvulas solenoides de tres posiciones tienen tres tipos de la función central para su elección
4. Las válvulas solenoides de doble controles tienen la función de memoria;
5. El agujero interior adopta la tecnología de procesamiento especial que tiene un poco fricción de desgaste, presión baja de arranque y larga vida útil;
6. No hace falta a agregar el petróleo de lubricación;
7. Es disponible a formar el grupo integrado de válvula con la base para ahorrar el espacio de instalación
8. Los dispositivos manuales afiliados están equipados para facilitar la instalación y la depuración;
9. Varios grados de voltaje estándar son opcionales.

▣ Diagrama de flujo



▣ Especificación

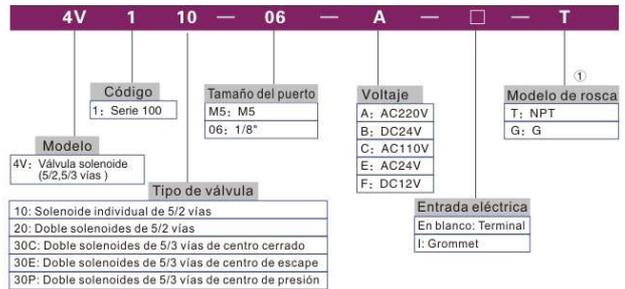
Modelo	4V110-M5 4V120-M5	4V130C-M5 4V130E-M5 4V130P-M5	4V110-06 4V120-06	4V130C-06 4V130E-06 4V130P-06
Medio	Aire (que se filtra por el elemento 40µm de filtro)			
Tipo de acción	Piloto			
Tamaño del puerto ①	Entrada= Salida =M5		Entrada=Salida =1/8"	
Área efectiva de la sección transversal	5.5mm ² (Cv=0.31)	5.0mm ² (Cv=0.28)	12.0mm ² (Cv=0.67)	9.0mm ² (Cv=0.50)
Tipo de válvula	5/2 vías	5/3 vías	5/2 vías	5/3 vías
Presión de trabajo	0.15-0.8MPa(21-114Psi)			
Presión de prueba	1.5MPa(215Psi)			
Temperatura °C	-20-70			
Material del cuerpo	Aleación de aluminio			
Lubricación ②	No requiere lubricación			
Max. Frecuencia ③	5 ciclos / seg	3 ciclos / seg	5 ciclos / seg	3 ciclos / seg
Peso	4V110-M5:120g 4V120-M5:175g	200g	4V110-06:120g 4V120-06:175g	200g

- ① Las roscas NPT y G están disponibles.
 ② No puede parar durante agrega elaceite. Los lubricantes como ISO VG32 o equivalente son recomendados.
 ③ La frecuencia máxima de actuación está en el estado sin carga.

▣ Especificación de bobina

Artículo	Especificación
Voltaje estándar	AC220V, AC110V, AC24V, DC24V, DC12V
Rango de voltaje	AC: ±15% DC: ±10%
Consumo de alimentación	AC: 2.5VA DC : 2.5W
Protección	IP65 (DIN40050)
Clase térmica	Clase B
Entrada eléctrica	Terminal, Grommet
Tiempo de activación	0.05 seg y por debajo

▣ Código de ordenamiento



- ① Cuando la rosca sea de tipo M5, el código está en blanco.
 Por favor, consulte a P1-34 para la especificación del colector y la forma de ordenamiento.



Válvula solenoide (5/2, 5/3 vías)



Serie 4V100

Estructura interna

Dimensiones

4V110

4V120

4V130C

NO.	Artículo	NO.	Artículo	NO.	Artículo
1	Conector	9	Anillo durable	17	Resorte
2	Tuerca de bobina	10	Cubierta inferior	18	Manual anulado
3	Bobina	11	Tornillo fijo	19	Porta de resorte
4	Armadura	12	Resorte	20	Resorte
5	Placa fija	13	Sello de cubierta inferior	21	Cubierta lateral
6	Pistón	14	O-anillo de carrete	22	Porta de resorte
7	Kit piloto	15	Carrete eje		
8	Cuerpo	16	O-anillo de pistón		

4V110(Terminal)

Modelo/Artículo	A	B	C	D	E	F	G
4V110-M5	M5 x 0.8	27	14.7	0	14	21.2	0
4V110-06	1/8"	28	14.2	1	16	20.2	3

4V110(Grommet)

Modelo/Artículo	A	B	C	D	E	F	G
4V110-M5	M5 x 0.8	27	14.7	0	14	21.2	0
4V110-06	1/8"	28	14.2	1	16	20.2	3

4V120(Terminal)

Modelo/Artículo	A	B	C	D	E	F	G
4V120-M5	M5 x 0.8	27	57.7	0	14	64.3	0
4V120-06	1/8"	28	57.2	1	16	63.2	3

4V120(Grommet)

Modelo/Artículo	A	B	C	D	E	F	G
4V120-M5	M5 x 0.8	27	57.7	0	14	64.3	0
4V120-06	1/8"	28	57.2	1	16	63.2	3

4V130(Terminal)

Modelo/Artículo	A	B	C	D	E	F	G
4V130-M5	M5 x 0.8	27	57.7	0	14	64.3	0
4V130-06	1/8"	28	57.2	1	16	63.2	3

4V130(Grommet)

Modelo/Artículo	A	B	C	D	E	F	G
4V130-M5	M5 x 0.8	27	57.7	0	14	64.3	0
4V130-06	1/8"	28	57.2	1	16	63.2	3

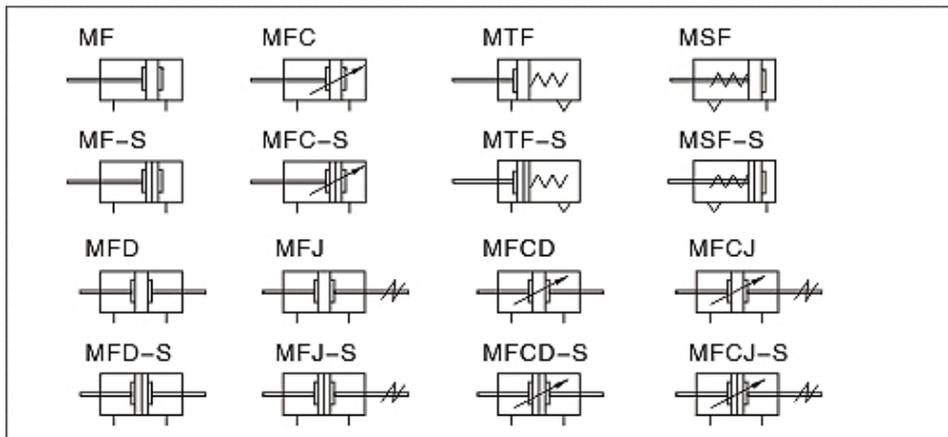




Cilindros Neumáticos

Serie MF

Bore size (mm)	20	25	32	40
Acting type	Double acting type, Double acting with cushion type Single acting-Push type, Single acting-Pull type			
Fluid	Air(to be filtered by 40um filter element)			
Operating pressure	Double acting	0.1~1.0MPa(15 ~145Psi)		
	Single acting	0.2~1.0MPa(28 ~145Psi)		
Proof pressure	1.5MPa(215Psi)			
Temperature ℃	-20~70			
Speed range	Single acting type: 50~800 mm/s Double acting type: 30~800mm/s			
Stroke tolerance	0~150 : $\begin{matrix} +1.0 \\ 0 \end{matrix}$ >150 : $\begin{matrix} +1.4 \\ 0 \end{matrix}$			
Cushion type	MFC、MFCD、MFCJ Series: Variable cushion Other series: Bumper			
Port size	1/8"		1/4"	



Motor eléctrico

Voltaje: 100-127Vac

Frecuencia: 60Hz

Corriente nominal:

RPM: 1.2

Taladro eléctrico

Destornillador inalámbrico

PRETUL DESI-2.4P

Voltaje: 2.4Vdc

Tiempo de recarga: 3-5 horas

Corriente: 300mA

Velocidad: 150 RPM

Anexo 6

Simbología neumática.

Símbolos Cilindros de simple efecto

Cilindro de simple efecto recorrido de salida		
Cilindro de simple efecto recorrido de entrada		
Cilindro de simple efecto recorrido de salida, magnetico		
Cilindro de simple efecto recorrido de entrada, magnetico		

Símbolos Cilindros de doble efecto

Cilindro de doble efecto		
Cilindro de doble efecto, velocidad ajustable		
Cilindro de doble efecto, doble recorrido, velocidad ajustable		
Cilindro de doble efecto, velocidad ajustable, magnético		

Símbolos de actuadores rotativos

Actuador de semirrotación		
Motor rotacional de un solo sentido de rotación		
Motor rotacional de dos sentidos de rotación		

Símbolos de válvulas

Válvula de 2/2 accionada por pulsador y retorno por muelle		
Válvula de 3/2 accionada por pulsador y retorno por muelle		
Válvula de 3/2 accionada por palanca con enclavamiento mecánico		
Válvula de 3/2 biestable accionada y retorno por presión		
Válvula de 5/2 accionada por pulsador y retorno por muelle		
Válvula de 5/2 accionada y retorno por presión. Posición central por muelle		

Símbolos de accionadores manuales

Manual general		Palanca	
Pulsador		Pedal	
Tirador		Pedal doble	
Pulsador/tirador		Selector rotativo	

Símbolos de operadores mecánicos

Plunger		Presión	
Muelle normalmente como retorno		Presión pilotada	
Rodillo		Presión diferencial	
Rodillo escamoteable		Enclavamiento en 3 posiciones	

Símbolos de válvulas 5/3

Todas las válvulas se muestran en posición de reposo

Tipo 1. Todas las vías bloqueadas	
Tipo 2. Salidas a escape	
Tipo 3. Presión a salidas	

Símbolos de componentes lógicos

Válvula antirretorno		
Regulador unidireccional con antirretorno		
Regulador bidireccional		
Válvula 'AND'		
Válvula 'OR'		
Silenciador		
Escape rápido con silenciador		
Accionador a presión ajustable de un interruptor eléctrico		

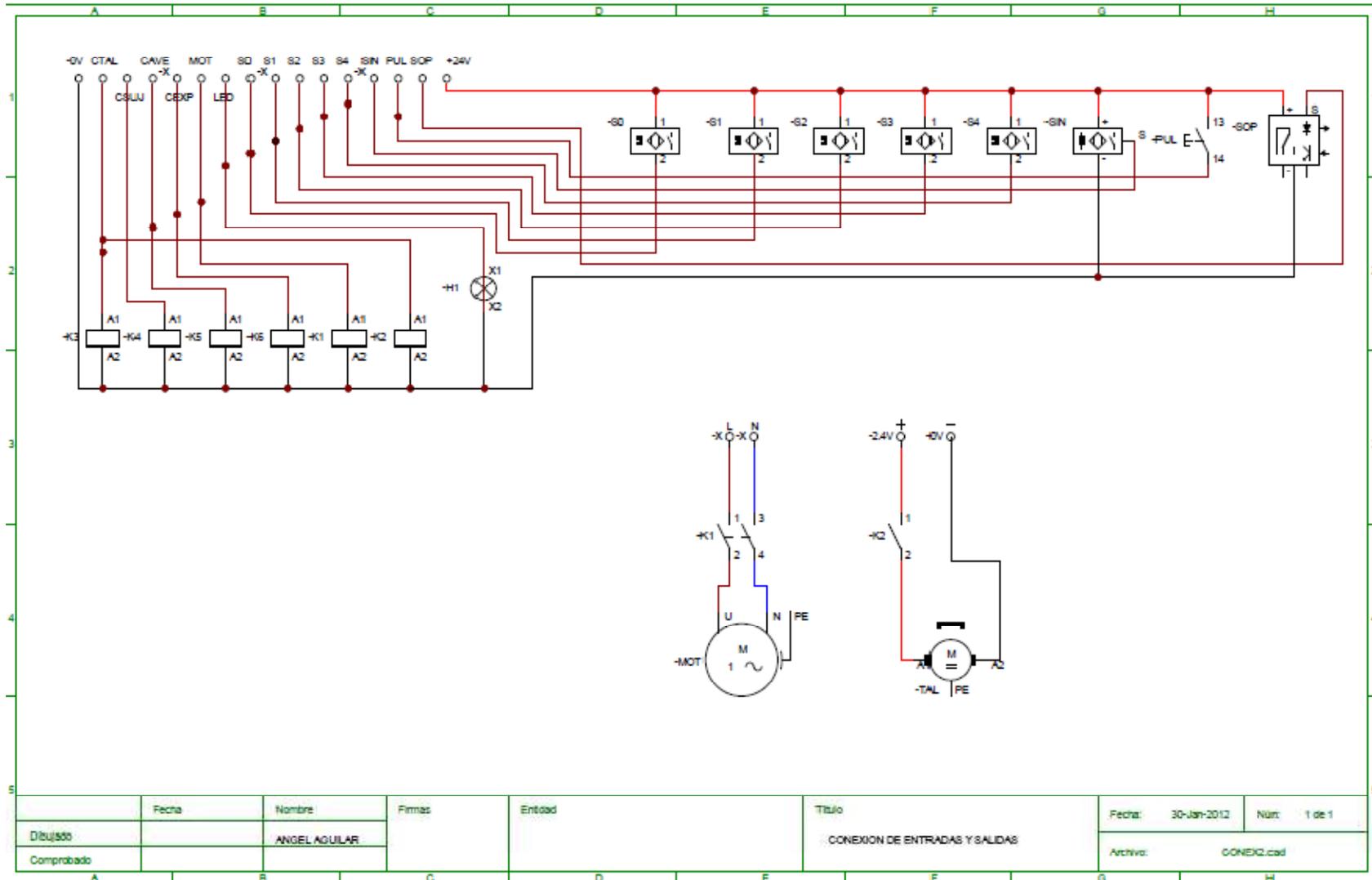
Símbolos de acondicionadores de línea

Separador de agua con drenaje automático		
Filtro con drenaje manual		
Filtro con drenaje automático		
Filtro con drenaje automático e indicador de servicio		
Lubricador		
Regulador de presión		
Unidad de acondicionamiento: filtro, regulador y lubricador		

Anexo 7

Diagrama eléctrico

CONEXIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES



Anexo 8

Encuesta

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

Esta encuesta se la realiza con el objetivo de conocer las necesidades de los estudiantes con respecto a los módulos de prácticas en el laboratorio de control de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales.

ENCUESTA

1.- ¿Qué semestre está cursando?

Octavo Noveno Décimo

2.- ¿Cree usted que son necesarias las prácticas de laboratorio?

Si No

3.- Luego de ver operando el módulo que simula un proceso de mecanizado de piezas con una mesa indexadora, ¿Le ve útil el módulo para realizar sus prácticas de laboratorio?

Si No

4.- ¿El módulo de proceso expuesto ayuda a complementar sus conocimientos teóricos?

Si No

Anexo 9

Planos del diseño