

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BRAZO ROBOT DIDÁCTICO
PROGRAMABLE**

ROLANDO JOSÉ BELEÑO PIANETA

CARLOS ALBERTO CORRAL VILLARREAL

ALEX ERNESTO ESCUDERO BRAVO

TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

ÁREA DE SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE PRODUCCIÓN

CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.

2001

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BRAZO ROBOT DIDÁCTICO
PROGRAMABLE**

ROLANDO JOSÉ BELEÑO PIANETTA

CARLOS ALBERTO CORRAL VILLARREAL

ALEX ERNESTO ESCUDERO BRAVO

Anteproyecto de trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de
Ingeniero Mecánico.

Director
MIGUEL ANGEL ROMERO.
Ingeniero Mecánico

TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

ÁREA DE SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE PRODUCCIN

CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.

2001

Nota de Aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Cartagena, Junio 2 del 2001

Cartagena, Abril 26 del 2001

Señores
COMITÉ DE GRADUACIÓN
Facultad de Ingeniería Mecánica
Tecnológica de Bolívar institución universitaria
Ciudad

Respetados señores :

La presente es para manifestarles que a petición de los estudiantes **ROLANDO JOSÉ BELEÑO PIANETA, CARLOS ALBERTO CORRAL VILLARREAL Y ALEX ERNESTO ESCUDERO BRAVO**, de la facultad de ingeniería mecánica, he decidido aceptar la dirección de su proyecto de trabajo de grado titulado "**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BRAZO ROBOT DIDÁCTICO PROGRAMABLE**" como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico.

Atentamente

MIGUEL ÁNGEL ROMERO

Ingeniero Mecánico

Cartagena, Abril 26 del 2001

Señores
COMITÉ DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS
Facultad de Ingeniería Mecánica
Tecnológica de Bolívar institución universitaria
Ciudad

Respetados señores.

Por medio de la presente, nos permitimos poner a su consideración, el estudio y aprobación del anteproyecto de grado, titulado **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BRAZO ROBOT DIDÁCTICO PROGRAMABLE”** como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico.

Agradeciendo de antemano la atención prestada y en espera de su decisión

Atentamente

ROLANDO J. BELEÑO P. CARLOS A. CORRAL V. ALEX E. ESCUDERO B.

*A mis Padres, a mi hermana, sobrinos y
amigos que siempre me apoyaron
para realizar este proyecto,
y nunca dejaron que cediera ante los problemas,
pero especialmente a DIOS
por bendecirme y darme la
oportunidad de ser un profesional*

ROLANDO

*A Dios, a mis padres, hermanos,
familiares y amigos
que me brindaron su apoyo
durante el transcurso de la carrera*

CARLOS

*A mis padres, hermana, sobrina, y
fundamentalmente a Dios
quienes me dieron fuerzas
para seguir adelante y no desfallecer
en el logro de esta meta.*

ALEX

ARTICULO 105. La Corporación se reserva el derecho de propiedad intelectual de todos los trabajos de grado aprobados, los cuales no pueden ser explotados comercialmente sin su autorización.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a :

Antony Coneo. Ingeniero Electrónico. Por su ayuda, tiempo e información que suministro en lo referente a control

Carlos Cuadro. Encargado de los talleres de la Institución Universitaria Tecnológica de Bolívar. Por toda la colaboración prestada y por haber sudado la camiseta con nosotros.

José Joaquín Gómez: Asesor de proyectos (FESTO). Por toda su colaboración, consejos y asesoramiento técnico en la parte electro neumática

CONTENIDO

	Pág.	.
0. INTRODUCCIÓN		
1. AUTOMATIZACIÓN	1	
1.1 DEFINICIÓN	1	
1.2 PROCESOS CONTINUOS	2	
1.3 PROCESOS DISCONTINUOS	3	
1.4 VENTAJAS DE LA PROGRAMACIÓN	5	
1.5 PRINCIPIOS DE LA AUTOMATIZACIÓN	5	
1.6 FASES DE ESTUDIO PARA AUTOMATIZAR	6	
1.7 OPCIONES TECNOLÓGICAS	8	
2. CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES	9	
2.1 DEFINICIÓN	9	
2.2 CAMPOS DE APLICACIÓN	10	
2.3 COMPONENTES BÁSICOS	11	
2.3.1 Secuenciador	11	
2.3.2 Unidades de entrada y salida	12	
2.3.3 Memorias	14	
2.3.4 Acumuladores y registros	16	
2.3.5 Medios de comunicación interna	17	

2.3.6 Unidad de procesamiento central	17
2.3.7 Programador	21
2.3.8 Periféricos	24
2.4 VENTAJAS E INCONVENIENTES DE UN PLC	24
2.4.1 Ventajas de un PLC	25
2.4.2 Inconvenientes de un PLC	26
2.5 TAMAÑO DE LOS AUTOMATAS PROGRAMABLES	26
2.6 ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN UN SISTEMA MANEJADO POR PLC	27
2.6.1 Hardware	27
2.6.2 Software	27
2.6.3 Sensores	28
2.6.4 Actuadores	28
2.6.5 Equipo programador	28
2.7 SELECCIÓN DE UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE	28
2.7.1 Criterios de selección	28
2.8 RELÉS	31
2.8.1 Definición	31
2.8.2 Clasificación de los relés	31
3. ROBÓTICA	33
3.1 HISTORIA Y AVANCES DE LA ROBÓTICA	33
3.2 TIPOS DE ROBOTS	38
3.3 ROBOTS INDUSTRIALES	39
3.3.1 Clasificación de los robots industriales	39

3.3.2 Estructura de un robot industrial	42
3.3.3 Configuración de robots industriales	47
3.3.4 Características de robots industriales	53
3.3.5 Ventajas de la robótica industrial	57
3.3.6 Aplicaciones de la robótica industrial	57
3.3.7 Consideraciones en el manejo de materiales por robots	63
4. NEUMÁTICA Y ENERGÍA NEUMÁTICA	66
4.1 CRITERIOS DE APLICACIÓN	67
4.1.1 Fuerza	67
4.1.2 Velocidad	68
4.1.3 Tiempo	69
4.1.4 Recorrido	69
4.1.5 Costo	70
4.1.6 Comodidad	71
4.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE LA NEUMÁTICA	71
4.2.1 Influencia del ambiente	72
4.2.2 Lubricidad y corrosión.	73
4.2.3 Presión del sistema	73
4.2.4 Elasticidad	74
4.2.5 Velocidad de respuesta	75
4.2.6 Energía almacenada	75
4.2.7 Fiabilidad	76
4.3 APLICACIONES GENERALES DE LA NEUMÁTICA EN PROCESOS DE AUTOMATIZACIÓN.	77

4.4 CILINDROS NEUMÁTICOS	78
4.4.1 Clasificación de los cilindros neumáticos	79
4.4.2 Construcción, partes y funcionamiento de los cilindros neumáticos	84
4.4.3 Simbología de los cilindros neumáticos	89
4.5 DISTRIBUIDORES Y VÁLVULAS NEUMÁTICAS	91
4.5.1 Clasificación de las válvulas neumáticas	92
4.5.2 Tipos de accionamiento de válvulas	96
4.6 ACCESORIOS NEUMÁTICOS	101
4.6.1 Unidades de mantenimiento	101
4.6.2 Válvulas reguladoras (reguladores)	102
5. EL PROYECTO	103
5.1 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA	103
5.1.1 Diseño de la pinza	104
5.1.2 Calculo del elemento vertical que conecta la pinza con el resto del sistema	113
5.1.3 Calculo de las guías horizontales	114
5.1.4 Análisis de fuerzas del bloque del cuerpo	118
5.1.5 Determinación del peso de la estructura apoyada al bloque	119
5.1.6 Calculo del sistema piñón – corredera	120
5.2 DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRONEUMÁTICO	122
5.2.1 Selección de los cilindros	124
5.2.2 Selección reguladores de caudal	127
5.2.3 Cálculo del consumo de aire	127
5.2.4 Selección de conducciones neumáticas	132

5.2.5 Selección de válvulas distribuidoras	133
5.2.6 Selección de la unidad de mantenimiento	134
5.3 TIPO DE CONTROL	136
5.3.1 Selección del controlador	136
5.4 CARACTERISTICAS TECNICAS DEL ROBOT	137
5.4.1 Configuración del robot diseñado	137
5.4.2 Grados de libertad y movimiento	138
5.4.3 Volumen de trabajo	138
5.4.4 Velocidad de movimiento	139
5.4.5 Capacidad de carga	141
5.4.6 Precisión	142
5.5 CONTROL Y PROGRAMACIÓN DEL ROBOT	143
5.5.1 Identificación de variables	144
5.5.2 Inicio del equipo	148
5.5.3 Programación del equipo y puesta en marcha	151
5.6 SELECCIÓN DEL RODAMIENTO	153
5.7 LIMITACIONES DE LA PIEZA	156
5.8 RESULTADOS DEL PROYECTO	157
5.9 RECOMENDACIONES	158
6. CONCLUSIONES	160
BIBLIOGRAFÍA	163
ANEXOS	165

LISTA DE CUADROS

	Pág
Cuadro 1 .Comparación entre sistemas de control continuo y discontinuo.	4
Cuadro 2. Opciones tecnológicas generales de la automatización	8
Cuadro 3. Tipos de memorias semiconductoras.	16
Cuadro 4. Proporción entre diámetro de embolo y carrera máxima en un cilindro	70
Cuadro 5 - Materiales para la fabricación de cilindros neumáticos.	86

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Automatismos	5
Figura 2. Configuración cartesiana de un robot	48
Figura 3. Configuración cilíndrica de un robot	49
Figura 4. Configuración polar de un robot	50
Figura 5. Configuración angular de un robot	51
Figura 6. Robot de configuración SCARA	52
Figura 7. Ejemplo de carga y descarga de materiales en sistemas tipo AS/RS	59
Figura 8. Ejemplo de robots de empaque en tarimas o pallets (paletización)	59
Figura 9. Ejemplo de transporte de materiales	60
Figura 10. Ejemplo de operaciones ensamble automatizado	61
Figura 11. Aplicación de robots en tipos de soldadura (de puntos, soldadura de arco), pintura y otros	62
Figura 12. Rangos de fuerzas obtenidas por cilindros (diámetro, presión de aire)	68
Figura 13. Cilindro de simple efecto normalmente en retracción.	79
Figura 14. Cilindro de simple efecto normalmente en extensión	80
Figura 15. Cilindro de doble efecto de un solo vástago	80

Figura 16. Cilindro de doble efecto con vástago doble (o pasante)	81
Figura 17. Cilindro tándem con conexión por delante	81
Figura 18. Cilindro tándem con conexión por detrás	82
Figura 19. Montaje y funcionamiento de los interruptores de proximidad.	83
Figura 20. Componentes de un cilindro amortiguado	87
Figura 21. Símbolo de cilindro de simple efecto, retorno por fuerza externa	90
Figura 22. Símbolo de cilindro de simple efecto y retorno por muelle	90
Figura 23. Símbolo de cilindro de doble efecto con vástago simple	90
Figura 24. Símbolo de cilindro de doble efecto con vástago doble (pasante)	90
Figura 25. Símbolo de cilindro de doble efecto con amortiguación regulable en los extremos (finales de carrera)	91
Figura 26. Símbolo válvula de dos vías (2/2)	93
Figura 27. Símbolo válvula de tres vías dos posiciones (3/2)	94
Figura 28. Símbolo válvula de cuatro vías y dos posiciones (4/2)	95
Figura 29. Símbolo válvula de cinco vías y dos posiciones (5/2)	95
Figura 30. Esquema de trabajo de una válvula cinco vías y dos posiciones	96
Figura 31. Accionamientos de válvulas neumáticas	97
Figura 32. Accionamiento mecánico – Depresión directo	97
Figura 33. Accionamiento eléctrico - Electroimán con un solo arrollamiento	98
Figura 34. Accionamiento eléctrico -Electroimán con dos arrollamientos opuestos	98
Figura 35. Control de un cilindro de doble efecto por una válvula 5/2 vías de simple solenoide y retorno por muelle	99

Figura 36. Diagrama de fuerzas de la pinza	105
Figura 37. Diagrama de fuerzas de la guía de la pinza	107
Figura 38. Elemento vertical de soporte de la pinza	113
Figura 39. Diagrama cuerpo libre de las guías horizontales	114
Figura 40. Diagrama de fuerzas actuantes en el bloque	119
Figura 41. Dimensiones de la corredera	122
Figura 42. Volumen de trabajo del robot diseñado	139
Figura 43. Control de una electroválvula por medio del PLC y relé	146
Figura 44. Diagrama LADDER de la secuencia programada	149

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Coeficientes de fricción estática y por deslizamiento

Anexo B. Propiedades mecánicas de algunas aleaciones de aluminio

Anexo C. Especificaciones mecánicas métricas para pernos, tornillos comunes y tornillos de presión o prisioneros de acero.

Anexo D. Características y propiedades mecánicas a la tensión de algunos aceros rolados en caliente y estirados en frío

Anexo E. Propiedades mecánicas nominales de aceros inoxidables AISI.

Anexo F. Tabla de especificaciones del cilindro DSNU-16-50PPV-A

Anexo G. Tabla de especificaciones del cilindro DSNU-20-200PPV-A

Anexo H. Tabla de especificaciones del cilindro DSNU-16-100PPV-A

Anexo I. Descripción y gráfica de los cilindros DSNU-XX-XXPPV-A

Anexo J. Caudal máximo admisible por tubos estándar de peso medio

Anexo K. Tabla de especificaciones de las electroválvulas CPE10-M1H-5JS-M

Anexo L. Descripción y gráfica de la electroválvula CPE10-M1H-5JS-M

Anexo M. Tabla de especificaciones de la unidad de mantenimiento FRC-1/8-D-MINI

Anexo N. Descripción y gráfica de la unidad de mantenimiento FRC-1/8-D-MINI

Anexo Ñ. Descripción y gráfica de la válvula de corredera W-3-1/8

Anexo O. Tabla de especificaciones de los sensores SMEO-4-K-LED-230

Anexo P. Descripción del producto de los sensores SMEO-4-K-LED-230

Anexo Q. Tabla de controladores EASY (MOELLER)

Anexo R. Factores de cálculo dinámico

Anexo S. Tabla de selección de rodamientos

Anexo T. Ficha Técnica

RESUMEN

La consecución de este trabajo de grado se lleva a cabo mediante el desarrollo de los objetivos propuestos; consiguiendo así, el planteamiento de la problemática y sus respectivas soluciones.

La estructura del trabajo consta de las siguientes actividades:

Descripción de las generalidades de automatización, robótica y neumática. Estas constituyen la fundamentación teórica básica con la que se debe contar para el entendimiento del proyecto, así como también para desarrollar la tarea de diseño y construcción de un robot didáctico que muestre las características de un manipulador industrial, el cual se diseña teniendo en cuenta muchos factores que son definidos por la función específica que vaya a cumplir. Varios de estos factores son los grados de libertad, su campo de trabajo, capacidad de carga y su comportamiento estático y dinámico.

Diseño y cálculo de la estructura mecánica, sistema neumático, sistema de control y programación.

Establecimiento de las características del robot deseado como capacidad de carga, volumen de trabajo y configuración fundamentalmente, procediendo después del diseño a la selección de los elementos neumáticos y electrónicos para la aplicación

escogida, robot de carga y descarga. Estos elementos se seleccionaron en base a su aplicabilidad, sencillez de manejo y economía, ya seleccionado todo se ejecutó la construcción, dando como resultado un brazo robot programable.

Conjuntamente se realizaron tareas como:

Elaboración de un guía de laboratorio que consta de las prácticas que se han de realizar buscando relacionar lo práctico con la teoría vista en clase.

Elaboración de un manual de operación del brazo que ilustra la manera adecuada de manipular el robot junto con las recomendaciones a seguir.

Elaboración del manual de mantenimiento, el cual especifica una serie de pasos para lograr el correcto funcionamiento del banco.

0. INTRODUCCIÓN

La industria en general va encaminada a buscar nuevos mecanismos tecnológicos para la realización de las operaciones y mejorar su productividad.

De esta forma la robótica y la automatización industrial han servido de gran ayuda para la consecución de estos objetivos y son los pilares que ayudan al desarrollo tecnológico mundial.

Pero este desarrollo tecnológico no solo se ve en la industria, sino que también en todas las actividades que el hombre realiza, es así como se han desarrollado tanto manipuladores industriales, como robots domésticos que ayudan en las labores del hogar, los vehículos espaciales, robots de juguete, robots didácticos, entre otros más que han nacido según las necesidades de cada sector.

En cuanto a la automatización se han producido desde una simple lavadora hasta las más modernas máquinas en las que no hay una intervención directa de la mano del hombre.

La automatización busca utilizar todos los tipos de tecnologías existentes, relacionarlas y así sacarles el mejor provecho para la realización de tareas ya sean de tipo industrial o no.

La robótica industrial comenzó con industrias de tipo manufacturero, más específicamente en la industria del ensamble de autos y surgió con el objeto de agilizar los procesos en forma segura y fácilmente, reduciendo los errores.

El diseño de un brazo robot es una tarea en la cual se deben tener en cuenta infinidad de factores, debido a las características que determinan un dispositivo de este tipo. Una técnica que brinda mucha aplicabilidad en este campo es la neumática, esta es muy utilizada industrialmente en tareas donde no se necesiten fuerzas elevadas, esta tecnología de automatización representa una posibilidad económica y versátil que debe tenerse muy en cuenta a la hora de automatizar un proceso.

Con este proyecto queremos que los estudiantes se familiaricen con este tipo de tecnología y despierten su interés en ella.

1. AUTOMATIZACIÓN

1.1 DEFINICIÓN

La automatización es la realización de tareas y funciones mediante máquinas de funcionamiento autónomo, sin la intervención del hombre. También se puede definir como la conjunción de recursos tecnológicos tendientes a lograr que una serie de funciones, operaciones o actos se realicen en determinada secuencia sin la intervención humana.

La importancia de la automatización proviene del hecho de asumir la máquina la parte más dura del trabajo, la menos inteligente y por lo tanto, la menos humana; como el esfuerzo, el desgaste físico y la repetición sin variaciones. Con la automatización el hombre se reserva para sí la actividad creadora y el empleo de la inteligencia.

La automatización puede dividirse en cuatro fases:

1. Trabajo manual: Es la fase inferior de un proceso de manufactura, en donde se elaboran las piezas sin recurrir a las maquinas, el hombre es el encargado de aplicar la energía necesaria para la mecanización de la pieza.

2. Mecanización: En esta fase la maquina es la encargada de realizar el trabajo manual, aportando la energía de accionamiento. Sin embargo, en cada etapa del proceso de elaboración, el hombre es el que determina que operación tiene que realizar la maquina.

3. Automatización parcial: Es la tercera fase, en donde la maquina realiza varios pasos parciales en la mecanización de una pieza que se repiten constantemente.

4. Automatización Total: Es la última fase, el autómeta se encarga de la secuencia completa de mecanización.

La automatización puede introducirse prácticamente en todas las tareas industriales, aplicándose particularmente a dos tipos de procesos: continuos y discontinuos.

1.2 PROCESOS CONTINUOS

Los procesos continuos son aquellos donde se trabaja en forma continua ó por “coladas”. Generalmente las variables son del tipo físico-químicas, y se miden y

regulan en forma continua. Los equipos se diseñan para responder a variaciones del tipo analógico.

En los procesos continuos se busca que el valor de las variables del proceso se mantengan en un valor deseado fijo o variable en forma predeterminada. Los materiales que se manipulan son generalmente gases o líquidos. Las variables a controlar son por lo regular: presión, temperatura, humedad, nivel, caudal y velocidad.

1.3 PROCESOS DISCONTINUOS

Son aquellos donde se trabaja sobre piezas discretas e independientes pero que interactúan entre sí para la obtención de un producto determinado. Se les conoce también como “procesos de fabricación ó manufactura”.

Las variables a controlar son del tipo digital y responden a una determinada secuencia, combinación o temporización determinada. Se trabaja individualmente sobre cada pieza ó unidad del sistema, realizando tareas discretas basadas fundamentalmente en el control de la posición o movimientos. Por ejemplo: el control de máquinas embotelladoras, estaciones de bombeo, ascensores, semáforos, etc

Cuadro 1 .Comparación entre sistemas de control continuo y discontinuo.

CARACTERISTICAS	PROCESOS CONTINUOS	PROCESOS DISCONTINUOS
Fuente primaria de información	Sensores analógicos automáticos. Las entradas son manuales.	Sensores digitales automáticos y manuales.
Consigna	Valor de las variables: fijo ó variable en el tiempo.	Lógica de variables discreta.
Técnica de control	Realimentación	Manipulación
Equipo de control	Reguladores (PID, etc.)	Controladores (PLA, PLC, etc.)
Modelaje	Matemático (ec. Diferenciales), diagramas de bloques, gráficos de flujo de señal, etc.	Diagramas funcionales de etapas y transiciones, de escalera, ec. Booleanas, etc.
Cálculos	Orientados hacia el diseño de la estructura del sistema y del regulador.	Orientados hacia el diseño de sistemas secuenciales y combinacionales, incluida la solución de automatismos lógicos.
Naturaleza de los equipos.	Sistemas electromecánicos, neumáticos, hidráulicos y electrónicos.	Sistemas electromagnéticos, neumáticos, hidráulicos y electrónicos.
Elementos finales de control.	Válvulas reguladoras de presión, motoválvulas, servomotores, etc.	Electroválvulas, contactores, relés, lámparas, etc.
Época de desarrollo formal.	Electrónica análoga de semiconductores discretos, desde 1960 hasta 1975.	Electrónica digital de microprocesadores, desde 1972 hasta la
Impacto socioeconómico	Modesto	desde 1972 hasta la

		<p>fecha.</p> <p>Muy grande, ya que en las actividades de manufactura se invierten muchas horas - hombre</p>
--	--	--

1.4 VENTAJAS DE LA AUTOMATIZACION

- Asume la parte más dura del trabajo y por consiguiente la menos inteligente.
- Aumenta la homogeneidad y calidad de los productos.
- Disminuye los tiempos muertos y los costos de producción. El trabajo se realiza en forma continua y en serie, se racionalizan los recursos y las materias primas.

El resultado de todo esto es una industria más productiva y competitiva

1.5 PRINCIPIO DE AUTOMATIZACION

Todo sistema automático por simple que éste sea se basa en el concepto de bucle o lazo. Como se representa en la figura1:

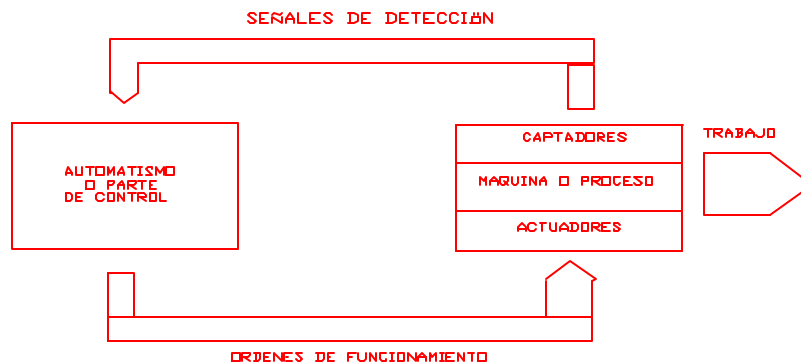


Figura 1. Automatismos

1.6 FASES DE ESTUDIO PARA AUTOMATIZAR

Para el desarrollo y elaboración correcta de un automatismo, por el técnico o equipo encargado de ello, es necesario conocer previamente los siguientes datos:

- Especificaciones técnicas del proceso que se quiere automatizar
- La parte económica que se tiene asignada, para lograr realizar una buena opción que sea viable económicamente hablando
- Los materiales, aparatos, etc., existentes en el mercado que se van a utilizar en la realización del automatismo.

Las fases más utilizadas para el estudio de los automatismos son:

1. Estudio Previo: Es importante conocer en mayor detalle posible las características, el funcionamiento, las distintas funciones, etc., de la maquina o del proceso que se quiere automatizar; esto se obtiene de las especificaciones funcionales. Es decir, estudiar cuales son los elementos más idóneos para la construcción del automatismo.

2. Estudio Técnico-económico. Es la parte técnica de las especificaciones del automatismo, relación de aparatos, materiales, su adaptación al sistema y al entorno en que se haya inscrito, etc. También se tiene en cuenta la parte operativa del comportamiento del automatismo en todos sus aspectos, como mantenimiento, fiabilidad, etc.

3. Decisión Final. En el paso anterior se debe estudiar las dos opciones tecnológicas posibles: lógica cableada y lógica programada. Con esta información y previa elaboración de los parámetros que se necesitan, se procede al análisis del problema.

Los parámetros que se deben valorar para una decisión correcta pueden ser muchos y variados, algunos serán específicos en función del problema que se va a resolver, pero otros serán comunes, tales como:

- Ventajas e inconvenientes que se le asignan a cada opción con relación a su fiabilidad, vida media y mantenimiento.

- Posibilidades de ampliación y de aprovechamiento de lo existente en cada caso.

- Posibilidades económicas y rentabilidad de la inversión realizada en cada opción.

- .

- Ahorro desde el punto de vista de necesidades para su manejo y mantenimiento.

1.7 OPCIONES TECNOLÓGICAS

El siguiente cuadro nos muestra las opciones tecnológicas derivadas de las dos generales: Lógica cableada y lógica programada

Cuadro 2. Opciones tecnológicas generales de la automatización

Tipo	Familia tecnológica	Subfamilias específicas	
Lógica Cableada	Eléctrica	Relés electromagnéticos	
		Electroneumática	
		Electrohidráulica	
	Electrónica	Electrónica Estática	
Lógica Programada	Electrónica	Sistemas informáticos	Microordenadores
			Miniordenadores
		Microsistemas(universales específicos)	
		Autómatas Programables	

2. CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES

2.1 DEFINICION

Se entiende por controlador lógico programable (PLC) o autómata programable, a toda maquina electrónica diseñada par controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales.

Su manejo e instalación puede ser realizada por un personal técnico o con conocimientos informáticos. Realiza funciones lógicas: serie, paralelos, temporizaciones, conteos, unas especiales como, cálculos, regulaciones, etc.

También se le puede definir como una caja negra en la que existen unos terminales de entrada que procesan señales binarias a lo que se les conectan: pulsadores, finales de carrera, sensores, detectores, etc. Y Las terminales de salida en la que se les conectan: electroválvulas, contactores, lámparas, etc., de tal manera que la acción de estos últimos está en función de Las señales de entrada que estén activadas en cada momento, según el programa.

2.2 CAMPOS DE APLICACIÓN

Los PLC por sus especiales características tienen un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo par poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Por sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como: espacios reducidos, procesos de producción periódicamente cambiantes, procesos secuenciales, maquinaria de procesos variables, instalaciones de procesos complejos y amplio, chequeo de programación centralizada de Las partes del proceso.

Los PLC tienen infinidad de aplicaciones en la industria, entre ellas se pueden destacar las siguientes:

- Control de movimientos en máquinas – herramientas (avanzar, retroceder, girar, doblar, plegar).
- En prensas, estampadoras, trefiladoras, embutidoras, máquinas de soldadura.

- En procesos de manufactura como: embotellado, embalaje, etiquetado, pesaje, dosificación.
- En diferentes aplicaciones en donde se requiere el control de automatismo lógicos, tales como: ascensores, bombas, compresores, hornos industriales, señalización (semáforos), grupos electrógenos, manejo de materiales (metalurgia, siderurgia), calderas, programación de energía, lavadoras, control de motores, etc.
- En subestaciones eléctricas, actuadores, seccionadores, interruptores y en coordinación de protección en fallas de alta tensión.
- Para regulación, en procesos fisicoquímicos, cuando el controlador programable está configurado con bloques funcionales PID.

2.3 COMPONENTES BASICOS

2.3.1 Secuenciador: El secuenciador realiza operaciones de tiempo (retardo y temporización), de secuencia, de combinación, de automantenimiento o retención, etc. El secuenciador emplea códigos binarios para actuar. Al interior del mismo podemos encontrar: las interfaces I/O, las memorias, los acumuladores y registros, los medios de comunicación interna (bus de control, de datos, de dirección, de comunicación) y la unidad de procesamiento central (CPU).

2.3.2 Unidades de entrada y salida: Son los dispositivos básicos por donde se toma la información de captadores, en el caso de las entradas, y por donde se realiza la activación de los actuadores, en las salidas.

En los autómatas compactos, las E / S están situadas en un solo bloque junto con el resto del autómata.

En los modulares, las E / S son módulos o tarjetas independientes con varias E/S, y que se acoplan al bus de datos por medio de su conductor y conector correspondiente, o bien a un bastidor o rack, que le proporciona dicha conexión al bus y su soporte mecánico.

2.3.2.1 Funciones de las unidades E / S: Las funciones principales son el adaptar las tensiones e intensidades de trabajo de los captadores y actuadores a las de trabajo de los circuitos electrónicos del autómata; realizar una separación eléctrica entre los circuitos lógicos de los de potencia, generalmente a través de optoacopladores, y proporcionar el medio de identificación de los captadores y actuadores ante el procesador.

2.3.2.2 Entradas: Las entradas son fácilmente identificables, ya que se caracterizan físicamente por sus bornes para acoplar los dispositivos de entrada o captadores, por su numeración, y por su identificación INPUT o ENTRADA; llevan además una señal luminosa de activado por medio de un diodo LED.

En cuanto a su tensión, las entradas pueden ser de tres tipos:

- Libres de tensión
- A corriente continua
- A corriente alterna.

En cuanto al tipo de señal que reciben, estas pueden ser: analógicas y digitales.

a- Entradas analógicas: Cuando la magnitud que se acopla a la entrada corresponde a una medida de, por ejemplo, presión, temperatura, velocidad, etc., esto es, analógica. Su principio de funcionamiento es la conversión de la señal analógica a código binario mediante un convertidor analógico digital (A/D).

b- Entradas digitales: Son las más utilizadas y corresponden a una señal de entrada todo o nada, esto es, a un nivel de tensión o a la ausencia de la misma. Ejemplo de elementos para este tipo son los finales de carrera, interruptores, pulsadores, etc.

2.3.2.3 Salidas: La identificación de las salidas se realiza igual que en las entradas, figurando en este caso la indicación de OUTPUT o SALIDA. Es en las salidas en donde se conectan o acoplan los dispositivos de salida o actuadores, e incluye un indicador luminoso LED de activado.

Tres son los tipos de salidas que se pueden dar:

- A relé
- A triac
- A transistor

a- Salidas a relés: Pueden trabajar a corriente continua o alterna; este tipo de salida suele utilizarse cuando el consumo tiene cierto valor (del orden de amperios) y donde las conmutaciones no son demasiado rápidas. Estas son empleadas en cargas de contactores, electroválvulas, etc.

b- Salidas a triacs: Son a corriente continua o corriente alterna, se utilizan en conmutaciones muy rápidas en donde el relé no es capaz de realizarla o su vida se hace corta, su vida es más larga que la del relé, en cuanto al valor de intensidad, suele tener valores similares al del relé.

c- Salidas a transistores: Son manejadas solamente con corriente continua y cuando las cargas son del tipo de poco consumo, rápida respuesta y alto número de operaciones, como es el caso de los circuitos electrónicos en donde se debe utilizar este tipo de salidas. Su vida es superior a la de las salidas por relés.

2.3.3 Memorias: Son dispositivos que contienen en forma binaria las instrucciones que constituyen el programa y los datos que deberán utilizarse durante la ejecución del mismo.

Existen muchos tipos de memorias:

- **Memorias de sólo lectura (Read Only Memory – ROM):** Son memorias que sólo pueden ser leídas. El usuario tiene acceso a la información, pero no la puede modificar. Son memorias que no se borran ante un corte de energía. Hacen que el PLC actúe de la forma que ha sido diseñado y que ejecute correctamente lo contenido en la memoria.

- **Memorias de lectura y escritura (Random Access Memory – RAM):** Son conocidas como memorias de usuario, es donde el programador crea y deposita su programa. En ellas se puede tanto leer como escribir, se puede entrar y/o sacar y/o modificar datos. Son memorias volátiles, es por ello que se requiere de una batería para no correr riesgos y una posible pérdida de la información.

- **Memorias PROM (programmable Read Only Memory):** Son memorias ROM programables por el usuario pero no son borrables, una vez el usuario introduce los datos solo puede leerlas.

- **Memorias EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory):** Son memorias PROM borrables y reprogramables. Su borrado se hace con rayos ultravioletas.

- **Memorias EEPROM:** Son memorias PROM borrables eléctricamente y reprogramables.

-Memorias EAPROM: Este tipo de memorias son alterables eléctricamente, y pueden borrarse por sectores o secciones y no en su totalidad

Cuadro 3. Tipos de memorias semiconductoras.

Tipo de memoria	Sistema de programación	Sistema de borrado	Ante el corte de tensión la memoria
RAM o memoria de lectura-escritura	Eléctrica	Eléctrico	Se pierde, es volátil
ROM o memoria de solo lectura	Durante su proceso de fabricación	Es imposible su borrado	Se mantiene
PROM o memoria programable	Eléctrica	Es imposible su borrado	Se mantiene
EPROM o memoria modificable	Eléctrica	Por rayos UV	Se mantiene
EEPROM o memoria modificable	Eléctrica	Eléctrico	Se mantiene

2.3.4 Acumuladores y registros: En los acumuladores registros se guardan y memorizan por un momento datos antes y después del tratamiento.

Los datos que se van a procesar se extraen de la memoria central ó principal y se llevan a los acumuladores y a los registros, los cuales van proporcionando los datos que necesita la unidad de procesamiento central (CPU). Estos datos se van entregando en forma ordenada. Para lograr un almacenamiento prolongado se emplea la memoria central.

2.3.5 Medios de comunicación interna: Los medios de comunicación interna están conformados por: el bus de control, el bus de datos, el bus de direcciones y el bus de comunicación.

- **Bus de control:** es la conexión mediante la cual la unidad de procesamiento central (CPU) envía las instrucciones a los demás componentes y recibe de ellos la señal de respuesta.

- **Bus de datos:** Es la conexión física mediante la cual se transmiten los datos entre el procesador, la memoria, las interfaces I/O y el programador.

-**Bus de dirección:** es la conexión por donde van las señales que constituyen la dirección, es decir, la localización de la memoria ó la puerta I/O en la que deben ser escritos ó leídos los datos.

-**Bus de comunicación:** Es el bus que sirve para la comunicación con otros periféricos ó sistemas computarizados.

2.3.6 Unidad de procesamiento central (cpu): Es el elemento más complejo del controlador programable. Está constituida por los siguientes elementos: Procesador, memoria y circuitos auxiliares asociados.

2.3.6.1 Procesador: Está constituido por el microprocesador, μP , el generador de impulsos de onda cuadrada o reloj y algún chip auxiliar.

a- Microprocesador: Es el circuito integrado (chip) a gran escala de integración (LSI) que realiza una gran cantidad de operaciones, que podemos agrupar en:

- Operaciones de tipo lógico
- Operaciones de tipo aritmético
- Operaciones de control de la transferencia de la información dentro del autómata.

Los circuitos internos del μP son de tres tipos:

1. Circuitos de la unidad aritmética y lógica o ALU: Es la parte del microprocesador donde se realizan los cálculos y las decisiones lógicas para controlar el autómata.

2. Circuitos de unidad de control o UC: Es el encargado de organizar las tareas. Así por ejemplo, cuando una instrucción del programa codificada en código maquina (ceros y unos) llega al μP , la UC sabe, mediante una pequeña memoria ROM que incluye, que secuencia de señales tiene que emitir para que se ejecute la instrucción.

3. Registros: Los registros del μP son memorias en la que se almacenan de forma temporal datos, instrucciones o direcciones mientras necesitan ser utilizados por el μP .

4. Buses: No son circuitos en sí, sino zonas conductoras en paralelo que transmiten datos, direcciones, instrucciones, y señales de control entre las diferentes partes del μP . Se puede hacer una diferencia entre buses internos y externos. Los primeros unen entre sí las diferentes partes del μP , mientras que los segundos son pistas de circuito impreso que unen chips independientes.

2.3.6.2 Funciones de la cpu: En la memoria ROM del sistema, el fabricante ha grabado una serie de programas ejecutivos fijos, firmware o software del sistema y es a estos programas a los que accederá el μP para realizar las funciones ejecutivas que correspondan en función del tiempo en que trabaje.

El software de sistema de cualquier Autómata consta de una serie de funciones básicas que realiza en determinados tiempos de cada ciclo: en el inicio o conexión, durante el ciclo o ejecución del programa y a la desconexión.

Este software o programa del sistema es ligeramente variable para cada Autómata, pero, en general, contiene las siguientes funciones:

- Supervisión y control de tiempo de ciclo (watchdog), tabla de datos, alimentación, batería, etc.
- Autotest en la conexión y durante la ejecución del programa.
- Inicio del ciclo de exploración de programa y la configuración del conjunto.
- Generación del ciclo base de tiempo.
- Comunicación con periféricos y unidad de programación.

Hasta que el programa del sistema no ha ejecutado todas las acciones necesarias que le corresponden, no se inicia el ciclo de programa de usuario.

2.3.6.3 Ciclo básico de trabajo de la cpu: El ciclo básico de trabajo en la elaboración del programa por parte de la CPU es el siguiente:

Antes de iniciar el ciclo de ejecución, el procesador, a través del bus de datos, consulta el estado 0 ó 1 de la señal de cada una de las entradas y las almacena en los registros de la memoria de entradas, esto es, en la zona de entradas de la memoria de la tabla de datos.

Esta situación se mantiene durante todo el ciclo del programa. A continuación, el procesador accede y elabora las sucesivas instrucciones del programa, realizando

las concatenaciones correspondientes de los operandos de estas instrucciones. seguidamente asigna el estado de señal a los registros de las salidas de acuerdo a la concatenación anterior, indicando si dicha salida ha o no de activarse, situándola en la zona de salida de la tabla de datos.

Al final del ciclo, una vez concluida la elaboración del programa, asigna los estados de las señales de entrada a los terminales de entrada y los de salida a las salidas, ejecutando el estado 0 ó 1 en estas últimas. Esta asignación se mantiene hasta el final del siguiente ciclo, en el que se actualizan las mismas.

2.3.7 Programador: Es un dispositivo mediante el cual es posible programar y controlar la operación del secuenciador. Es el medio que tiene el usuario para comunicarse con el procesador. Contiene un teclado con comandos lógicos y de servicio. Desde el programador también es posible monitorear los estados y el funcionamiento de todos los dispositivos de entrada y salida.

La operación del programador es del tipo instruccional y se efectúa por lo que se denomina “pasos de programación”. Una vez se tiene todo el sistema configurado, se puede desmontar el programador.

2.3.7.1 Funciones principales del programador:

a. Programación

- Introducción de funciones (programa).

- Búsqueda de instrucciones o posiciones de memoria.
- Modificación del programa:
 - Borrado de instrucciones.
 - Inserción de instrucciones.
 - Modificación de instrucciones.
- Detección de errores de sintaxis o de formato.
- Visualización del programa de usuario o parte del mismo, contenido en la memoria de usuario.
- Forzamiento del estado de marcas, registros, contadores, temporizadores, etc.

b. Grabación de programas

- En cinta casete.
- En chip de memoria EPROM o EEPROM.
- En papel mediante impresora.
- En disquete mediante PC.

c. Visualización y verificación dinámica del programa

- Del programa o parte de él.
- De entradas y salidas.
- De temporizadores, contadores, registros, etc.

d. Modos de servicio

- STOP (off-line), o salidas en reposo.
- RUN (on-line), o ejecutando el programa.

2.3.7.2 Tipos de programador: Desde el punto de vista constructivo, podemos distinguir tres tipos principales:

a- Unidades tipo calculadora: Son las más comúnmente utilizadas en los autómatas de la gama baja: constan del correspondiente teclado, conmutador de modos, display de cristal líquido o siete segmentos de dos o más líneas, así como de las entradas para la grabación del programa de usuario.

b- Consola de programación: Está en una posición intermedia entre la unidad tipo calculadora y el PC. Consta de pantalla de plasma o tipo similar y tamaño suficiente para 20 –30 líneas y 60 – 80 caracteres por línea, así como el teclado. Al igual que el PC que se describe a continuación, utiliza el software de programación preciso para los lenguajes utilizados en el PLC, almacenando los programas en disquete.

c- Unidad con PC: Esta unidad que se adapta al Autómata mediante el interfaz correspondiente lleva incorporado un monitor de tubo de rayos catódicos (TRC), y realizan la misma función que la unidad de programación normal, pero con mayores prestaciones, permitiendo visualizar los esquemas o diagramas completos o partes importantes de los mismos.

2.3.8 Periféricos: Son dispositivos que ayudan a documentar los programas ó para hacer supervisión de los procesos. Son aquellos que no forman parte de los circuitos internos, tales como:

- Cinta magnética (“cassette”).
- Impresora.
- Pantalla monitor (vídeo).
- Graficadores (“plotters”).
- Unidad de disco.
- Pantallas alfanuméricas (LCD).
- Led.
- Teclado
- Teletipo, telefax.
- Perforadora de cinta.
- Puerto de salida para comunicación con otros equipos.
- Otros sistemas.

2.4 VENTAJAS E INCONVENIENTES DE UN PLC

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

obligan a hacer referencia de Las ventajas que proporciona un autómata de tipo medio.

2.4.1 Ventajas de un PLC: Las consideraciones favorables que presenta un PLC son las siguientes:

1. Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:
 - No es necesario dibujar el esquema de contactos.
 - No es necesario simplificar Las ecuaciones lógicas ya que por lo general la capacidad de almacenamiento del modulo de memoria es lo suficientemente grande.
 - La lista de materiales queda sensiblemente reducida.
2. Posibilidades de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
3. Mínimo espacio de ocupación.
4. Menor costo de la mano de obra de la instalación.
5. Economía de mantenimiento y detectar averías.
6. Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.

7. Menor tiempo par la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo de cableado.
8. Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata queda siendo útil par otra máquina.

2.4.2 Inconvenientes de un PLC: Uno de los inconvenientes principales es un programador, lo que obliga a adiestrar a uno de los técnicos en tal sentido. Pero hay otro factor importante, como el costo inicial, que puede o no ser un inconveniente según Las características del automatismo en cuestión. Dado que el PLC cubre ventajosamente de un amplio espacio entre la lógica cableada y el microprocesador, es preciso que el proyectista lo conozca tanto en su amplitud como en sus limitaciones.

Por tanto aunque el costo inicial debe ser tenido en cuenta a la hora de decidirnos por uno o por otro sistema, conviene analizar todos los demás factores para asegurarse de una decisión acertada.

2.5 TAMAÑO DE LOS AUTOMATAS PROGRAMABLES

La clasificación de los PLC en cuanto a su tamaño se realiza en función del número de sus entradas-salidas; son admitidos los tres grupos siguientes:

1. Gama baja: Hasta un máximo de 128 entradas-salidas. La memoria de usuario que disponen suele alcanzar hasta un máximo de 4 K instrucciones.
2. Gama media: De 128 a 512 entradas-salidas. La memoria de usuario que disponen suele alcanzar un valor máximo de hasta 16 K instrucciones.
3. Gama alta: Más de 512 entradas-salidas. Su memoria de usuario supera en algunos de ellos los 100K instrucciones.

2.6 ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN UN SISTEMA MANEJADO POR PLC

Según el problema técnico que se tenga que resolver con un PLC la configuración de este puede ser mas o menos compleja. Independientemente del grado de complejidad de la aplicación, el equipo consta siempre de los siguientes componentes esenciales:

2.6.1 Hardware: Por hardware se entiende los grupos electrónicos. Estos se encargan de activar o desactivar las funciones controlables de la instalación o maquinaria en función de una secuencia lógica determinada.

2.6.2 Software: Por software se entienden los programas. Estos determinan los enlaces lógicos y por consiguiente la activación o desactivación.

2.6.3 Sensores: La técnica de los sensores abarca todos los grupos o dispositivos sobre la instalación o maquinaria controlable que se encarga de comunicar al PLC la información sobre el estado de las maquinas. Los elementos sensores pueden ser: conmutadores o detectores de proximidad.

2.6.4 Actuadores: Estos abarcan todos los grupos sobre la instalación o maquinaria controlable, cuya actuación modifica los estados del PLC, es decir, modifica los procesos o indica alteraciones de estados. Los elementos actuadores: sirenas, zumbadores o electroválvulas.

2.6.5 Equipo programador: Con este se elabora el software y se lo memoriza en el PLC. En la mayoría de los casos sirve para la comprobación de programas.

2.7 SELECCIÓN DE UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

2.7.1 Criterios de selección: Existen diferentes criterios generales para la escogencia de un controlador lógico programable (PLC):

-Criterios funcionales: según sea la tarea a realizar.

-Criterios tecnológicos: permiten adecuar correctamente el equipo con el entorno

-Criterios operacionales: dependen de las limitaciones del equipo (espacio, evolución, producción, mantenimiento).

Para seleccionar correctamente un (PLC) se deben comparar diferentes modelos y considerar los siguientes aspectos:

- Ficha de identidad: documento donde se incluye la marca, el modelo, el tipo, el fabricante, el representante en el respectivo país, el año de aparición en el mercado y la documentación técnica disponible.

-Tecnología empleada: se debe considerar el tipo y tamaño de la memoria que posee, la extensión de la palabra que maneja la memoria (número de bits), la naturaleza de los circuitos integrados (TTL o CMOS) que utiliza, el tipo de alimentación que requiere, su consumo de energía, las condiciones ambientales para las cuales está fabricado, el tamaño de sus tarjetas o módulos, y su forma física de presentación (compacta o modular).

-Órganos de comunicación externa: se deben tener en cuenta las especificaciones de las entradas y de las salidas (I/O) del PLC, es decir, el número mínimo y máximo que posee, las características de éstas (optoacopladas, por relé, por SCR o TRIAC, etc.), la rapidez con que responden, el tipo de acopladores con que cuentan (con o sin aislamiento), si tienen o no entradas y salidas análogas normalizadas (0-20mA, 4-20mA, 0-10V, etc.), las I/O especiales con que cuenta

(conexión a periféricos, conexión con otros PLC o con un computador determinado, etc.).

-Lenguaje de programación: se debe saber que lenguaje de programación emplea el PLC: lógico, booleano, literal, escalera (“ladder”), graficet, de flujo, de etapas (“step”), etc.

--Tipo de programador: es importante considerar el tipo de instrucciones que recibe y la forma en que ejecuta el programa, el ciclo de tratamiento que emplea, el juego de instrucciones que recibe y la forma en que ejecuta el programa, el ciclo de tratamiento que emplea, el juego de instrucciones básicas y especiales que acepta, las funciones lógicas, aritméticas y de salto que puede hacer, el manejo de palabra (texto), el tipo de comandos (teclado) que posee, el manejo de códigos de error, de acceso y de borrado que pueda tener, la posibilidad de alteración, búsqueda, monitoreo, chequeo de errores, y forzado de datos, etc.

-Soporte lógico: el soporte lógico es de suma importancia puesto que permite conocer el número de elementos que pueden configurarse con el PLC, a saber: relés, auxiliares comunes (retenidos o no), relés especiales, temporizadores, contadores ascendentes, descendentes y de conteo diferencial, registros de desplazamientos y de datos, bloques funcionales PID, secuenciadores, comparadores, etiquetas (“label”) para identificación de tareas, etc.

-Medios de diálogo con el operador (periféricos): es importante analizar los periféricos que permite interconectar: unidad de disco, impresora, consola, monitor de video, “plotter”, fax, teletipo, “display”, etc. También los puertos para comunicación con otros PLC o computadores y la unidad de comprobación y de puesta a punto que dispone.

-Consideraciones económicas: son de gran relevancia, en ellas influyen varios factores: el precio del equipo incluyendo los periféricos, el costo de la capacitación del personal, del mantenimiento y de la mano de obra necesarios, y el extracosto por la capacidad de reserva para futuras ampliaciones.

A parte de los controladores lógicos programables también encontramos, a los relés que son muy útiles para el control de sencillos automatismos.

2.8 RELÉS

2.8.1 Definición: Se define como relés a los dispositivos accionados por una variación en las características de funcionamiento de otros dispositivos en el mismo circuito eléctrico o en otros u otros circuitos eléctricos distintos. Estos dispositivos pueden ser de tipo mecánico, eléctrico, neumático y otros.

2.8.2 Clasificación de los relés

Los relés se clasifican de acuerdo al objeto de su instalación, esta clasificación es la siguiente:

2.8.2.1 Relés de protección: Destinados a proteger un circuito eléctrico contra las condiciones anormales de funcionamiento (sobrecargas, sobretensiones, etc).

2.8.2.2 Relés de mando: Su misión es el mando de las diversas partes de una instalación eléctrica.

2.8.2.3 Relés de medida y regulación: Destinados a determinar una modificación de las características de funcionamiento de un circuito eléctrico.

Por lo general los relés de protección y de mando son de funcionamiento “por todo o nada”, mientras que los relés de medida son de funcionamiento continuo, es decir, los primeros se establecen para funcionar, ya sea con aplicación brusca, dentro de amplios límites de magnitud de utilización , ya sea por efecto de la supresión brusca de dicha magnitud de instalación. Y en los segundos, su funcionamiento dependen, con cierta precisión, del valor de la magnitud medida.

3. ROBOTICA

3.1 HISTORIA Y AVANCES DE LA ROBÓTICA

Desde épocas muy antiguas el hombre concibió la idea de crear autómatas que imitaran tanto a los animales como al mismo hombre. De tal manera que esta idea se ha ido gestando y para el día de hoy todos esos conocimientos se juntan en una tecnología llamada robótica.

El desarrollo de esta tecnología tomó fuerza a partir del año de 1917, sin duda alguna con la contribución de la ciencia ficción, ya que esta implanto ideas en las mentes de las generaciones jóvenes que se vieron atraídos por la robótica y creó deseos de conocimientos entre el publicó acerca de esta tecnología. Se pueden distinguir cinco fases relevantes en el desarrollo de la robótica industrial

Primera fase. El laboratorio ARGIONNE diseña, en 1950, manipuladores amo-esclavo para manejar materiales radioactivos.

Segunda fase. Unimation, fundada en 1958 por Engelberger y hoy absorbida por Westinghouse, realiza los primeros proyectos de robots industriales, a principio de la década de los 60 de nuestro siglo, instalando el primero en 1961 y

posteriormente, en 1967, un conjunto de ellos en una factoría de GENERAL MOTORS. Tres años después, se inicia la implantación de los robots en Europa, especialmente en el área de los automóviles. Japón no comenzó a interesarse por el tema hasta 1968.

Tercera fase. Los laboratorios de la universidad de Stanford y del MIT acometen, en 1970, la tarea de controlar un computador por medio de computador.

Cuarta fase. En el año 1975, la aplicación del microprocesador, transforma la imagen y las características del robot, hasta entonces grandes y caros.

En esta fase que dura desde 1975 hasta 1980, la conjunción de los efectos de la revolución de la microelectrónica y la revitalización de las empresas automovilísticas, produjo un crecimiento acumulativo del parque de robots, Cercano al 25 %.

Quinta fase. A partir de 1980, el fuerte impulso en la investigación, por parte de las empresas fabricantes de robots, otras auxiliares y diversos departamentos de universidades de todo el mundo, sobre la informática aplicada y la experimentación de sensores, cada vez más perfeccionados, potencian la configuración del robot inteligente capaz de adaptarse al ambiente y tomar decisiones en tiempo real, adecuadas para cada situación.

Además de todos los pertenecientes al listado existen algunos de los primitivos desarrollados en el campo de los autómatas que merecen mención aparte. Entre estos están:

Durante los siglos XVII y XVIII en Europa fueron construidos muñecos mecánicos muy ingeniosos que tenían algunas características de robots.

Jacques de Vaucansos construyó varios músicos de tamaño humano a mediados del siglo XVIII. Esencialmente se trataba de robots mecánicos diseñados para un propósito específico: la diversión.

En 1805, Henri Mailardert construyó una muñeca mecánica que era capaz de hacer dibujos. Una serie de levas se utilizaban como ' el programa ' para el dispositivo en el proceso de escribir y dibujar. Éstas creaciones mecánicas de forma humana deben considerarse como inversiones aisladas que reflejan el genio de hombres que se anticiparon a su época. Hubo otras invenciones mecánicas durante la revolución industrial, creadas por mentes de igual genio, muchas de las cuales estaban dirigidas al sector de la producción textil. Entre ellas se puede citar la hiladora giratoria de Hargreaves (1770), la hiladora mecánica de Crompton (1779), el telar mecánico de Cartwright (1785), el telar de Jacquard (1801), y otros.

El desarrollo en la tecnología, donde se incluyen las poderosas computadoras electrónicas, los actuadores de control retroalimentados, transmisión de potencia a través de engranes, y la tecnología en sensores han contribuido a flexibilizar los mecanismos autómatas para desempeñar tareas dentro de la industria. Son varios los factores que intervienen para que se desarrollaran los primeros robots en la década de los 50's. La investigación en inteligencia artificial desarrolló maneras de emular el procesamiento de información humana con computadoras electrónicas e inventó una variedad de mecanismos para probar sus teorías.

No obstante las limitaciones de las máquinas robóticas actuales, el concepto popular de un robot es que tiene una apariencia humana y que actúa como tal.

Este concepto humanoide ha sido inspirado y estimulado por varias narraciones de ciencia ficción.

Una obra checoslovaca publicada en 1917 por Karel Kapek, denominada Rossum's Universal Robots, dio lugar al término robot. La palabra checa 'Robota' significa servidumbre o trabajador forzado, y cuando se tradujo al inglés se convirtió en el término robot. Dicha narración se refiere a un brillante científico llamado Rossum y su hijo, quienes desarrollan una sustancia química que es similar al protoplasma. Utilizan ésta sustancia para fabricar robots, y sus planes consisten en que los robots sirvan a la clase humana de forma obediente para

realizar todos los trabajos físicos. Rossum sigue realizando mejoras en el diseño de los robots, elimina órganos y otros elementos innecesarios, y finalmente desarrolla un ser ' perfecto '. El argumento experimenta un giro desagradable cuando los robots perfectos comienzan a no cumplir con su papel de servidores y se rebelan contra sus dueños, destruyendo toda la vida humana.

Entre los escritores de ciencia ficción, Isaac Asimov contribuyó con varias narraciones relativas a robots, comenzó en 1939, a él se atribuye el acuñamiento del término Robótica. La imagen de robot que aparece en su obra es el de una máquina bien diseñada y con una seguridad garantizada que actúa de acuerdo con tres principios.

Estos principios fueron denominados por Asimov las Tres Leyes de la Robótica, y son:

- 1.- Un robot no puede actuar contra un ser humano o, mediante la inacción, que un ser humano sufra daños.
- 2.- Un robot debe de obedecer las ordenes dadas por los seres humanos, salvo que estén en conflictos con la primera ley.
- 3.- Un robot debe proteger su propia existencia, a no ser que esté en conflicto con las dos primeras leyes.

Consecuentemente todos los robots de Asimov son fieles sirvientes del ser humano, de ésta forma su actitud contraviene a la de Kapek.

3.2 TIPOS DE ROBOTS

En la actualidad existen numerosos tipos de robots, los cuales los cuales básicamente son:

- **Robots “ pick and place”** : Son versiones simples no programables de robots de dos ejes. Se emplean en tareas de transferencia de material que no requiere cambios de ruta.
- **Robots Gantry:** Estos robots tienen 3 ejes (o más) y son capaces de servir cualquier estación de trabajo o lugar alrededor de una celda grande. Una ventaja considerable es que cuando llegan a fallar el brazo vertical puede moverse fuera del área de trabajo y se pueden terminar las operaciones manualmente.
- **Robots de brazo articulado:** Estos robots son los mas apropiados cuando se necesitan movimientos complejos tridimensionales (cuatro, cinco o seis ejes) en

la celda o área de trabajo. Otras aplicaciones incluyen máquinas y estaciones de trabajo verticales, donde el acceso es limitado.

- **Robots cilíndricos:** Estos robots combinan la capacidad de acceso a las máquinas de los robots de brazo articulado con una zona de trabajo más amplia y práctica. Estos robots son de la misma capacidad de carga y velocidad que los robots de brazo articulado, además de que son más simples de programar y más baratos.

- **Robots Scara:** Estos trabajan en un área pequeña y limitada, y por tanto, no son considerados para manejo de materiales en una celda de manufactura.

- **Robots Cartesianos:** Estos se adecuan mejor a los productos prismáticos grandes que los robots Scara y pueden acceder a más lugares en su espacio de trabajo rectangular.

3.3 ROBOTS INDUSTRIALES

3.3.1 Clasificación de los robots industriales: La maquinaria para la automatización rígida dio paso al robot con el desarrollo de controladores rápidos, basados en el microprocesador, así como el empleo de series en bucle cerrado, que permiten establecer con exactitud la posición real de los elementos del robot y establecer el error con la posición deseada. Esta evolución ha dado origen a una serie de tipos de robots, mencionados a continuación.

3.3.1.1 Propuesta Japonesa

- a. Manipulador manual: Manipulador que es operado por el hombre.
- b. Manipulador de secuencia: Manipulador que ejecuta cada paso de una operación dada, de acuerdo con un programa de movimientos que no puede ser cambiado sin ninguna alteración física.
- c. Robot operacional: Un robot que teniendo un controlador y actuador para su movilidad o manipulación, es remotamente controlado por un operador.
- d. Robot con secuencia controlada: Robot que opera secuencialmente de acuerdo con una información preestablecida.
- e. Robot de aprendizaje: Robot capaz de repetir una tarea programable, entrada a través de enseñanza.
- f. Robot CNC: Robot que puede ejecutar la operación encomendada de acuerdo con la información cargada numéricamente, tanto en secuencias, condiciones y posición, sin ser movido el robot.

- g. Robot inteligente: Robot capaz de determinar sus acciones a través de sus inteligencia.
- h. Robot controlado adaptativamente: Robot con un esquema de control que ajusta los parámetros de control del sistema a condiciones detectadas durante el proceso.
- i. Robot controlado por aprendizaje: Robot con un esquema de control en donde la experiencia es automáticamente utilizada para cambiar los parámetros o algoritmos de control.

3.3.1.2 Otra propuesta

a. Manipuladores: Son sistemas mecánicos multifuncionales, con un sencillo sistema de control, que permite gobernar el movimiento de sus elementos de los siguientes modos:

- ◆ Manual -Cuando la manipulación es realizada por medio de un operador en forma directa.

- ◆ De secuencia fija -Cuando se repite, de forma invariable, el proceso de trabajo preparado previamente.

◆ De secuencia variable -Se pueden alterar algunas características de los ciclos de trabajo.

b. Robots de repetición o aprendizaje: Son manipuladores que se limitan a repetir una secuencia de movimientos, previamente ejecutada por un operador humano, haciendo uso de un controlador manual o un dispositivo auxiliar.

c. Robots con control por computador: Son manipuladores o sistemas mecánicos multifuncionales, controlados por computador, que habitualmente suele ser un microordenador.

d. Robots inteligentes: Son muy similares a los robots inteligentes, teniendo además la capacidad de relacionarse con el mundo que los rodea a través de sensores y tomar decisiones en tiempo real (autoprogramable).

e. Micro-robots: En el mercado existen numerosos robots de formación o micro-robots creados con fines educacionales, de entrenamiento o investigación.

La clasificación de los robots industriales varía con el progreso de esta tecnología, y lo que hoy se considera un robot avanzado, pasara a ser un bello recuerdo histórico al pasar de los días.

3.3.2 Estructura de un robot industrial

3.3.2.1 Manipulador: Recibe el nombre de manipulador o brazo de un robot, el conjunto de elementos mecánicos que propician el movimiento del elemento terminal. Dentro de la estructura interna del manipulador se alojan, en muchas ocasiones, los elementos motrices, engranajes y transmisiones que soportan el movimiento de las cuatro partes que, generalmente, suelen conformar el brazo (Base o pedestal, cuerpo, brazo, antebrazo).

Estos cuatros elementos rígidos del brazo están relacionados entre sí mediante articulaciones, las cuales pueden ser giratorias, cuando el movimiento permitido es de rotación o prismáticas, en las que existe un movimiento de translación entre elementos que relacionan.

3.3.2.2 Controlador: Recibe este nombre el dispositivo que se encarga de regular el movimiento de los elementos del manipulador y todo tipo de acciones, cálculos y procesado de información, que se realiza.

La complejidad del control varía según los parámetros que se gobiernan, pudiendo existir las siguientes categorías:

a- Controlador de posición: Sólo interviene en el control de la posición del elemento terminal. Puede actuar en modo punto a punto, o bien, en modo continuo, en cuyo caso recibe el nombre de control continuo de trayectoria.

b- Control cinemático: Cuando además de la posición se regula la velocidad.

c. Control dinámico: Se tienen en cuenta, también, las propiedades dinámicas del manipulador, motores, y elementos asociados.

d. Control adaptativo: Además de lo indicado en los anteriores controles, también se considera la variación de las características del manipulador al variar la posición.

Refiriéndose a otro aspecto, el control puede llevarse a cabo en lazo abierto o lazo cerrado.

-Lazo abierto: Se produce una señal de consigna que determina el movimiento. Pero no se analiza, si se producen errores o con que grado de exactitud se realizó la tarea. Por ejemplo: Motores paso a paso, en los cuales las señales que generan un paso del mismo, dan lugar al giro de un determinado ángulo del eje.

-Lazo cerrado: Este tipo de control es el más utilizado en los sistemas de robots industriales. Este control hace uso de un transductor o sensor de posición real de la articulación o del elemento terminal, cuya información se compara con el valor de la señal de mando o consigna que indica la posición deseada. El error entre estas dos magnitudes, se trata de diversas formas para obtener una señal final, que aplicada a los elementos motrices, varíe la posición real hasta hacerla coincidir con la deseada.

3.3.2.3 Elementos motrices o actuadores: Los elementos motrices son los encargados de producir el movimiento de las articulaciones, bien directamente o a través de poleas, cables, cadenas, etc. Se clasifican en tres grandes grupos, atendiendo a la energía que utilizan:

a- Neumáticos

b- Hidráulicos

c- Eléctricos

Los actuadores neumáticos emplean aire comprimido como fuente de energía y son muy indicados en el control de movimientos rápidos, pero de precisión limitada.

Los motores hidráulicos son recomendables en los manipuladores que tienen una gran capacidad de carga, junto a una precisa regulación de velocidad.

Finalmente, los motores eléctricos son los más utilizados, por su fácil y preciso control, así como por otras propiedades ventajosas que reporta su funcionamiento, como consecuencia del empleo de la energía eléctrica.

3.3.2.4 Elementos terminales

A la muñeca del manipulador se acopla una garra o una herramienta, que será la encargada de materializar el trabajo previsto.

Por lo general, la problemática del elemento terminal radica en que ha de soportar una elevada capacidad de carga y al mismo tiempo conviene que tenga reducido peso y tamaño.

Como consecuencia de la amplia variedad de tareas a las que se destinan los robots, el elemento terminal adopta formas muy diversas. En bastantes ocasiones es necesario diseñar el elemento terminal a medida de la operación en la que se aplica.

3.3.2.5 Sensores de información: Los robots de la última generación tienen capacidad para relacionarse con el entorno y tomar decisiones en tiempo real, para adaptar sus planes de acción a las circunstancias exteriores. Estos lo hacen autoprogramables, ya que alteran su actuación en función de la situación externa.

Los factores manejados básicamente por estos sensores son la posición, velocidad, aceleración, fuerzas, temperaturas, entre otros. Estos dispositivos posibilitan un tratamiento de información más exacto y apropiado al ser humano.

3.3.3 Configuración de robots industriales

Los robots industriales están disponibles en una amplia gama de tamaños, formas y configuraciones físicas.

El brazo del manipulador puede presentar cuatro configuraciones clásicas: la cartesiana, la cilíndrica, la polar y la angular, y también se conoce otra configuración llamada SCARA.

3.3.3.1 Configuración cartesiana: Posee tres movimientos lineales, es decir, tiene tres grados de libertad, los cuales corresponden a los movimientos localizados en los ejes X, Y y Z.

Los movimientos que realiza este robot entre un punto y otro son con base en interpolaciones lineales. (Figura 2)

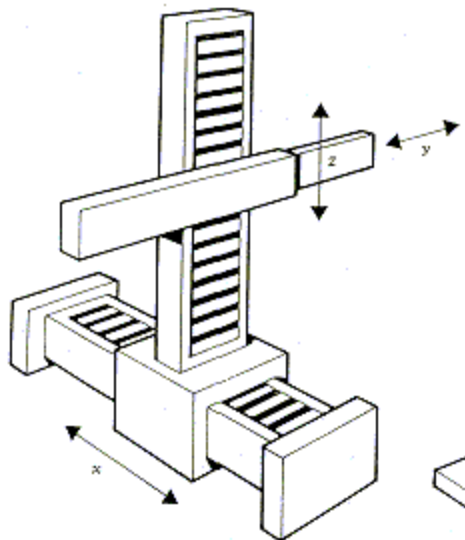


Figura 2 - Configuración cartesiana de un robot.

Interpolación, en este caso, significa el tipo de trayectoria que realiza el manipulador cuando se desplaza entre un punto y otro.

A la trayectoria realizada en línea recta se le conoce como interpolación lineal y a la trayectoria hecha de acuerdo con el tipo de movimientos que tienen sus articulaciones se le llama interpolación por articulación.

3.3.3.2 Configuración cilíndrica: Este tipo de configuración utiliza una columna vertical y un dispositivo de deslizamiento que puede moverse hacia arriba o abajo a lo largo de la columna. El brazo del robot está unido Al dispositivo deslizante de modo que puede moverse en sentido radial con respecto a la columna. Haciendo girar la columna, el robot es capaz de conseguir espacio de trabajo que se aproxima a un cilindro.

El robot de configuración cilíndrica está diseñado para ejecutar los movimientos conocidos como interpolación lineal e interpolación por articulación. Puede realizar dos movimientos lineales y uno rotacional, o sea, que presenta tres grados de libertad.

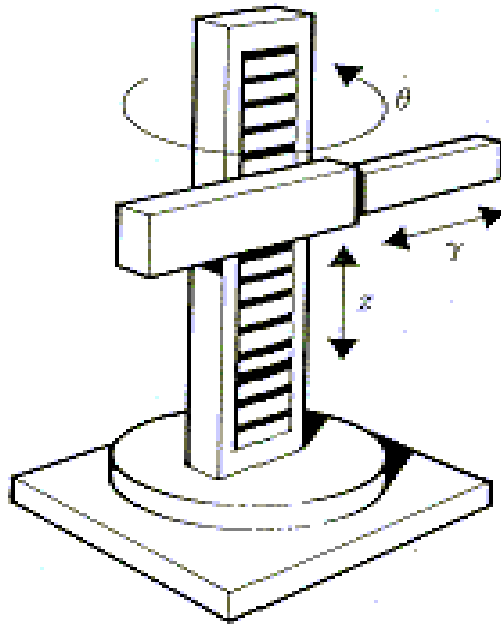


Figura 3 - Configuración cilíndrica de un robot.

La interpolación por articulación se lleva a cabo por medio de la primera articulación, ya que ésta puede realizar un movimiento rotación. (Figura 3)

3.3.3.3 Configuración polar: Este tipo de configuración (mostrada en la figura 4), consiste en un brazo telescópico que se eleva ó baja alrededor de un pivote horizontal. Este pivote a la vez va montado sobre una base giratoria. Todo esto permite al robot la capacidad de desplazar su brazo dentro de un espacio esférico, y de aquí la denominación de robot de “ coordenadas esféricas “ que comúnmente suele aplicarse a este tipo.

Tiene varias articulaciones. Cada una de ellas puede realizar un movimiento distinto: rotacional, angular y lineal.

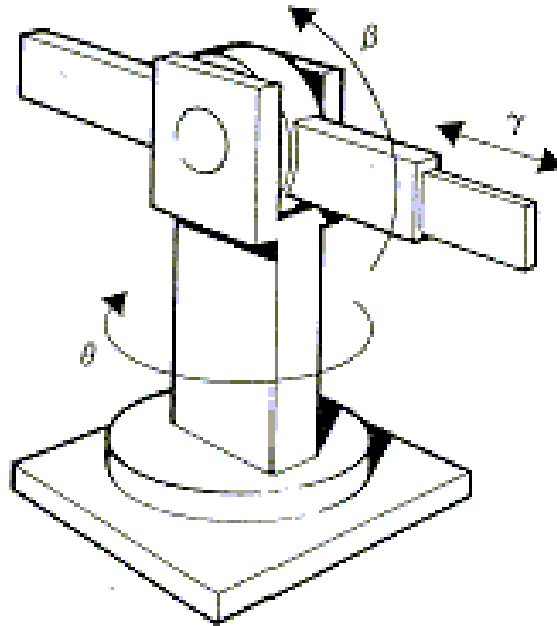


Figura 4 - Configuración polar de un robot.

Este robot utiliza la interpolación por articulación para moverse en sus dos primeras articulaciones y la interpolación lineal para la extensión y retracción.

3.3.3.4 Configuración angular (o de brazo articulado): Su configuración es similar a la del brazo humano. Está constituido por dos componentes rectos, que corresponden al antebrazo y al brazo humanos, montado sobre un pedestal vertical. Estos componentes están conectados por dos articulaciones giratorias que corresponden al hombro y al codo. Y una muñeca se une al extremo del antebrazo, con lo que se proporcionan varias articulaciones suplementarias.

Presenta una articulación con movimiento rotacional y dos angulares.(Figura 5)

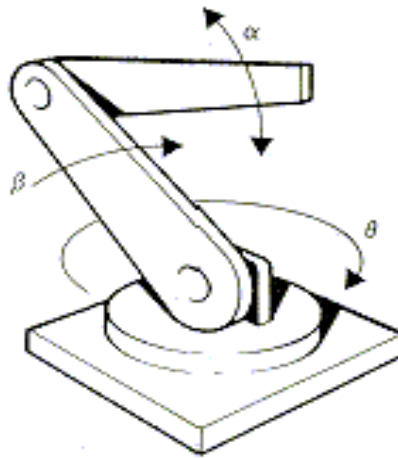


Figura 5 - Configuración angular (o poliarticulado) de un robot

Aunque el brazo articulado puede realizar el movimiento llamado interpolación lineal (para lo cual requiere mover simultáneamente dos o tres de sus articulaciones), el movimiento natural es el de interpolación por articulación, tanto rotacional como angular.

3.3.3.5 Configuración tipo SCARA: Además de las cuatro configuraciones clásicas mencionadas, existen otras configuraciones llamadas no clásicas.

El ejemplo más común de una configuración no clásica lo representa el robot tipo SCARA (Figura 6), cuyas siglas significan: *Selectiva appliance arm robot for assembly*.

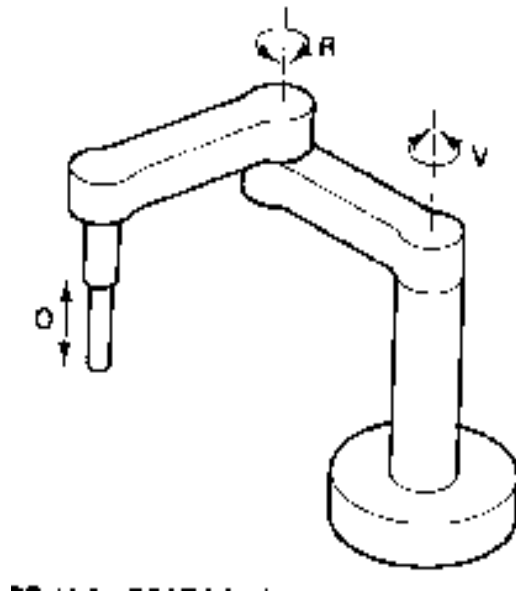


Figura 6 - Robot de configuración SCARA

Este brazo puede realizar movimientos horizontales de mayor alcance debido a sus dos articulaciones rotacionales. El robot de configuración *SCARA* también puede hacer un movimiento lineal (mediante su tercer articulación).

3.3.4 Características de los robots industriales: Dentro de las características más importantes que determinan un robot industrial se encuentran:

3.3.4.1 Grados de libertad: Son los parámetros que se precisan para determinar la posición y la orientación del elemento terminal del manipulador. También puede considerarse como los posibles movimientos básicos (giros y desplazamientos) independientes.

El número de grados de libertad lo que determina es la flexibilidad que posee el manipulador en el posicionamiento de su elemento terminal. En la industria la mayoría de las aplicaciones requieren de grados de libertad que van comúnmente de 3 a 6 de ellos, esto dependiendo de la complejidad de estas tareas.

Los movimientos de la herramienta o dispositivo de aprehensión no se incluyen en los grados de libertad del robot.

3.3.4.2 Volumen de trabajo: Para acercarnos más al conocimiento de los robots industriales, es preciso tocar el tema que se refiere al volumen de trabajo y la precisión de movimiento.

Entre las características que identifican a un robot se encuentran su volumen de trabajo y ciertos parámetros como el control de resolución, la exactitud y la repetibilidad.

El volumen de trabajo de un robot se refiere únicamente al espacio dentro del cual puede desplazarse el extremo de su muñeca. Para determinar el volumen de trabajo no se toma en cuenta el efector final.

La razón de ello es que a la muñeca del robot se le pueden adaptar grippers de distintos tamaños.

Para ilustrar lo que se conoce como volumen de trabajo regular y volumen de trabajo irregular, tomaremos como modelos varios robots.

El robot cartesiano y el robot cilíndrico presentan volúmenes de trabajo regulares.

El robot cartesiano genera una figura cúbica.

El robot de configuración cilíndrica presenta un volumen de trabajo parecido a un cilindro(normalmente este robot no tiene una rotación de 360 grados)

Por su parte, los robots que poseen una configuración polar, los de brazo articulado y los modelos SCARA presentan un volumen de trabajo irregular.

Para determinar el volumen de trabajo de un robot industrial, el fabricante generalmente indica un plano con los límites de movimiento que tiene cada una de las articulaciones del robot.

3.3.4.3 Capacidad de carga: Recibe como nombre de capacidad de carga a el peso en kilogramos que puede transportar la garra del manipulador. Esta se fija como un máximo a no ser sobrepasado ya que ésta afecta profundamente a todas las otras características, pues para cada carga habrá flexiones, velocidades, aceleraciones y otras, distintas.

La capacidad de carga es una de las características que más se tienen en cuenta en la selección de un manipulador, según la tarea a la que se destine.

3.3.4.4 Velocidad: La velocidad determina la rapidez con la que el robot puede realizar un ciclo de trabajo determinado. Esta velocidad se ve afectada por factores tales como la exactitud con la que debe situarse la muñeca (efector final), el peso del objeto que se manipula y las distancias a recorrer.

Suele existir una relación inversa entre la exactitud y la velocidad de los movimientos del robot, ya que cuando se incrementa la exactitud requerida, el tiempo que el robot necesita para realizar la tarea debe ser mayor con el fin de reducir errores de localización en sus diversas articulaciones para conseguir la posición final deseada.

El peso del objeto desplazado influye también sobre la velocidad operativa, puesto que objetos mas pesados significa mayor inercia y cantidad de movimiento y el robot debe accionar con mas lentitud para tratar con seguridad estos factores.

Por ultimo la influencia de la distancia a recorrer por el manipulador del robot afecta la velocidad debido a problemas de aceleración y desaceleración, un robot es capaz de desplazarse en una distancia larga en menos tiempo que una secuencia de distancias cortas, cuya suma sea igual a la distancia larga. Las distancia cortas pueden no permitir al robot alcanzar la velocidad operativa programada.

3.3.4.5 Precisión: La precisión es una de las características por medio de la cual se mide el rendimiento del manipulador.

Se define como el grado en que se ajusta la posición del punto medio (en una serie de movimientos en ciclos repetidos) del punto de referencia del elemento terminal respecto a la posición programada, con carga nominal y temperatura normal.

3.3.4.6 Repetibilidad: La repetibilidad esta relacionada con las capacidades del robot para situar su muñeca o un efector final unido a su muñeca, en un punto en el espacio que se hubiera “ enseñado” con anterioridad. Esta se puede definir como el radio polar máximo de la envolvente de los distintos puntos alcanzados por el punto de referencia del elemento terminal en ciclos repetidos, en las mismas condiciones de carga y temperatura.

Existen otras características que no son mencionadas aquí debido a que no son tan relevantes como las anteriores, mas bien se derivan de ellas.

3.3.4 Ventajas de la robótica industrial.

- Aumento en la velocidad de los procesos
- Elevado tiempo de funcionamiento sin fallas, que repercute en un trabajo uniforme e ininterrumpido

- Optimización en el empleo del equipo y/o la maquinaria atendida por el robot
- Flexibilidad en la producción de series cortas y medianas
- Rápida amortización de la inversión inicial

3.3.6 Aplicaciones de la robótica industrial: Los robots industriales generalmente trabajan con otras máquinas-herramientas como son los transportadores, las máquinas de control numérico, los dispositivos de fijación, alimentadores de piezas.

De esta forma se integran células de trabajo. En estas células los robots pueden realizar operaciones de carga y descarga a máquinas-herramientas.

A continuación se muestran algunas de las aplicaciones más comunes de la robótica en la industria

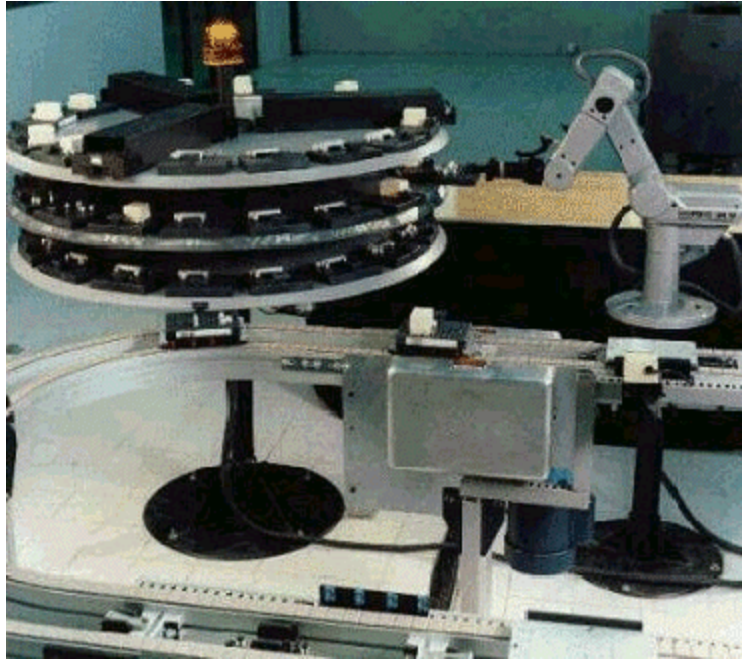


Figura 7. Ejemplo de carga y descarga de materiales en sistemas tipo AS/RS.

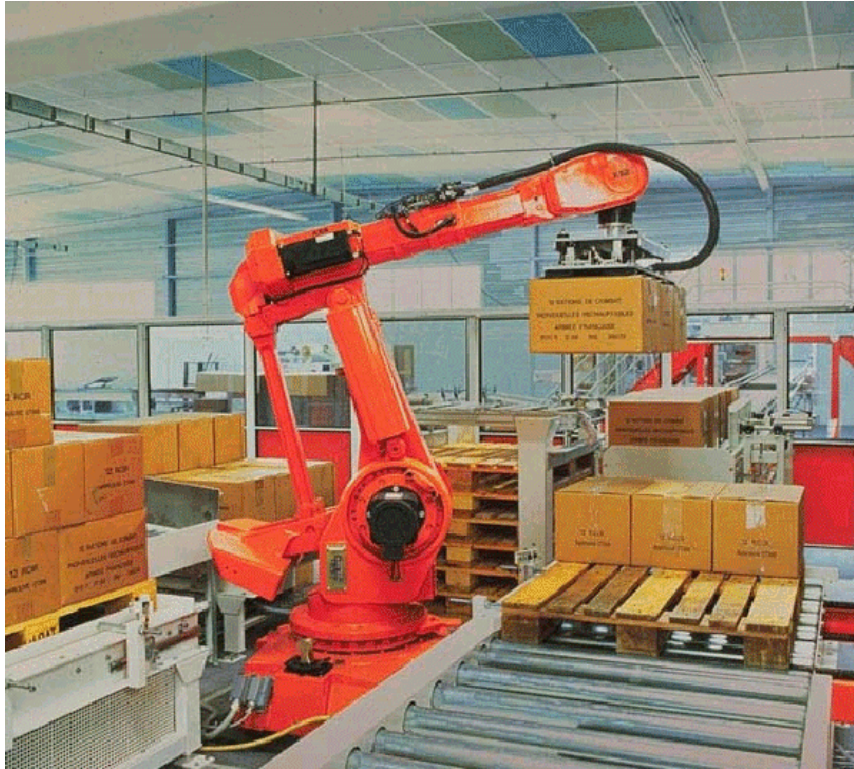


Figura 8. Ejemplo de robots de empaque en tarimas o pallets (paletización).

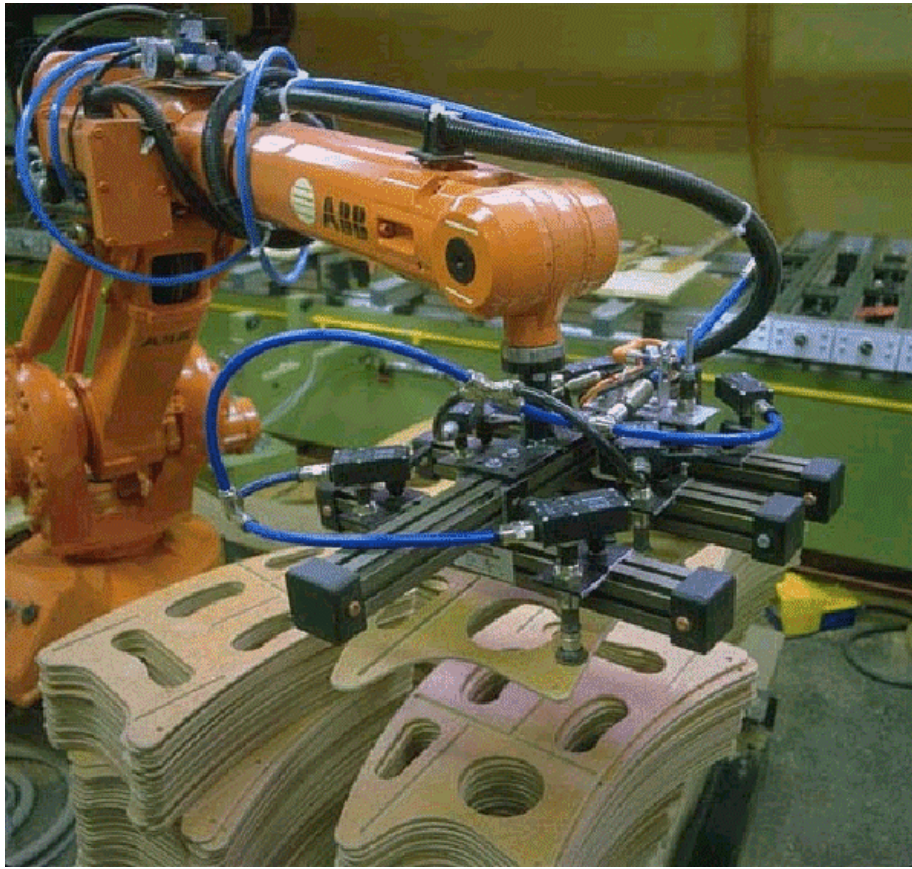


Figura 9. Ejemplo de transporte de materiales.

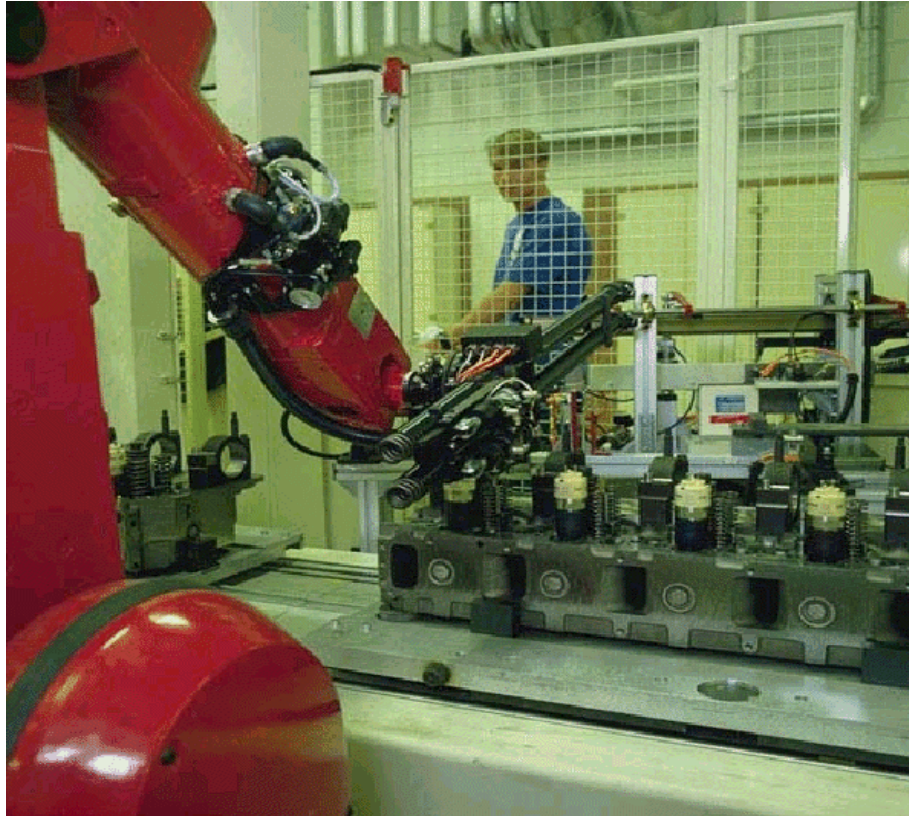


Figura 10. Ejemplo de operaciones de ensamble automatizado.

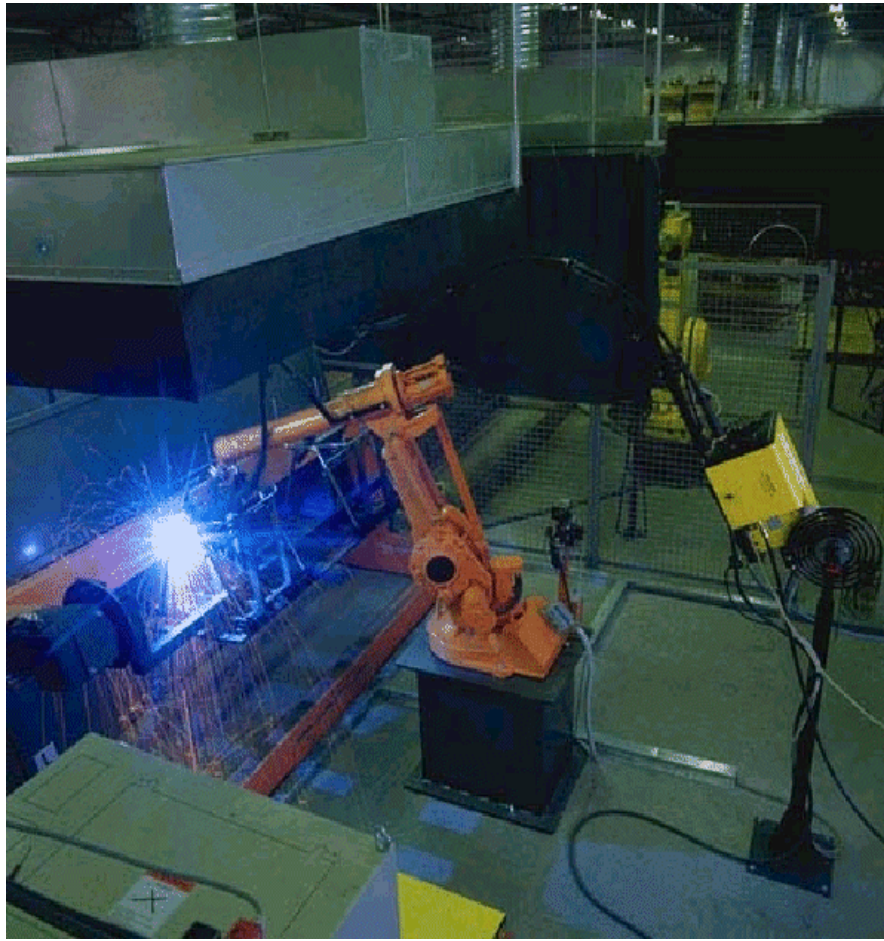


Figura 11. Aplicación de robots en tipos de soldadura (de puntos, soldadura de arco), pintura y otros

También ciertas operaciones de mecanizado tales como la eliminación del exceso de material de una pieza utilizando para ello una herramienta de corte y otras aplicaciones.

Los prototipos de robots que están actualmente en proceso de desarrollo en centros de investigación se caracterizan por presentar un mayor número de articulaciones así como diferentes tipos de configuraciones y controles inteligentes que les permitirán tomar sus propias decisiones.

3.3.7 Consideraciones en el manejo de materiales por robot

Existen algunas consideraciones que se deben de tomar en cuenta en el momento de planificar una aplicación en la que se utilizara un robot para transferir piezas, cargar una máquina u otras operaciones análogas.

Estas son las siguientes:

◆ Orientación y posicionamiento de la pieza

En la gran mayoría de las aplicaciones de manejo de piezas estas se deben presentar al robot en una posición y orientación conocida. Los robots utilizados en estas aplicaciones no poseen generalmente sensores altamente sofisticados que les permita buscar una pieza e identificar su orientación antes de cogerla.

◆ **Diseño de la pinza**

Para que el robot pueda coger y mantener la pieza de trabajo durante la operación de manejo se deben diseñar efectores finales dependiendo de la aplicación a realizar.

◆ **Distancias mínimas recorridas**

La aplicación del manejo de material se debe planificar de manera que se minimicen las distancias que debe recorrer la pieza. Esto se puede conseguir mediante un diseño adecuado de la estructura de la célula de trabajo, por un buen diseño de la pinza y mediante un estudio cuidadoso del ciclo del movimiento del robot.

◆ **Volumen de trabajo del robot**

La estructura de la célula se debe diseñar con consideraciones adecuadas dada la capacidad del robot para alcanzar las posiciones extremas requeridas en la célula y todavía tener sitio para maniobrar la pinza.

◆ **Capacidad de peso del robot**

Existe una limitación obvia sobre la operación de manejo de material de la que la capacidad de carga del robot no se debe exceder. Se debe especificar un robot con suficiente capacidad de transportar carga para la aplicación.

◆ **Precisión y repetibilidad**

Algunas aplicaciones requieren que los materiales se manejen con muy alta precisión.

◆ **Configuración grados de libertad y control del robot**

Muchas operaciones de transferencia de piezas son bastantes simples para que se puedan realizar por un robot con de dos a cuatro articulaciones de movimiento. Las aplicaciones de carga de máquina a menudo necesitan más grados de libertad. Los requisitos de control del robot son poco sofisticados para al mayoría de las operaciones de manejo de material. Las operaciones de paletización y de recogida de piezas desde un transportador móvil son ejemplos donde los requisitos de control son más exigentes.

4. NEUMÁTICA Y ENERGÍA NEUMÁTICA

Dentro del campo de la producción industrial, la neumática tiene una aplicación creciente en las más variadas funciones.

En la actualidad, la automatización de procesos de grande y mediana producción no afecta únicamente a las empresas de mayor tamaño, sino también, a la pequeña industria. La energía humana, transmitida por sus músculos y la destreza manual está siendo reemplazada por la fuerza y precisión mecánica. La fuerza neumática puede realizar muchas funciones mejor y más rápidamente y de forma más regular y sobre todo durante mucho mas tiempo sin sufrir los efectos de la fatiga, y esto por supuesto muestra una inferioridad del trabajo humano respecto al neumático.

La industria de hoy en día se basa en la producción de buena calidad al mas bajo costo, y si analizamos este aspecto, realizando consultas a diferentes autores vemos que la proporción aproximada de costo es 1:50 (neumática : humana).

Cabe anotar que la energía neumática no es utilizable en todos los casos de automatización ya que las posibilidades técnicas de la neumática están sometidas a ciertas limitaciones en lo que se refiere a fuerza, espacio, tiempo y velocidad en el proceso de la información. La tecnología neumática tiene su ventaja más importante en la flexibilidad y variedad de aplicaciones.

4.1 CRITERIOS DE APLICACIÓN.

La elección de la energía neumática como principio de trabajo, depende de muchos factores, pero fundamentalmente de la rentabilidad. La utilización adecuada del aire a presión se conseguirá aprovechando las propiedades físicas que posee y estas mismas propiedades son las que conducen a los límites de utilización de los sistemas neumáticos, debido a la misma compresibilidad del aire.

A parte de la rentabilidad, los otros factores que determinan la escogencia de la neumática como medio de trabajo son: la fuerza, velocidad, tiempo, recorrido, comodidad y coste, entre las más destacadas.

4.1.1 Fuerza: La neumática trabaja en un rango de fuerzas muy amplio, pero se ve limitada cuando estas fuerzas son excesivas. Recordemos que la fuerza para un elemento neumático (cilindro) viene dada por el producto de la superficie del émbolo y la presión del aire.

$$F = A \cdot p_a$$

En donde A es el área del émbolo y p_a la presión de aire aplicada.

Con esto tenemos que la fuerza aplicada tiene un rango que varía con la presión del aire y el diámetro del cilindro. Considerando el aspecto económico, se utilizan accionamientos lineales neumáticos hasta una fuerza de 30000 N trabajando a una presión de 6 a 7 bar.

Como se puede ver en la figura 12, a pesar de aumentar la presión y el diámetro de los cilindros neumáticos la fuerza está limitada a rangos menores de 30000N

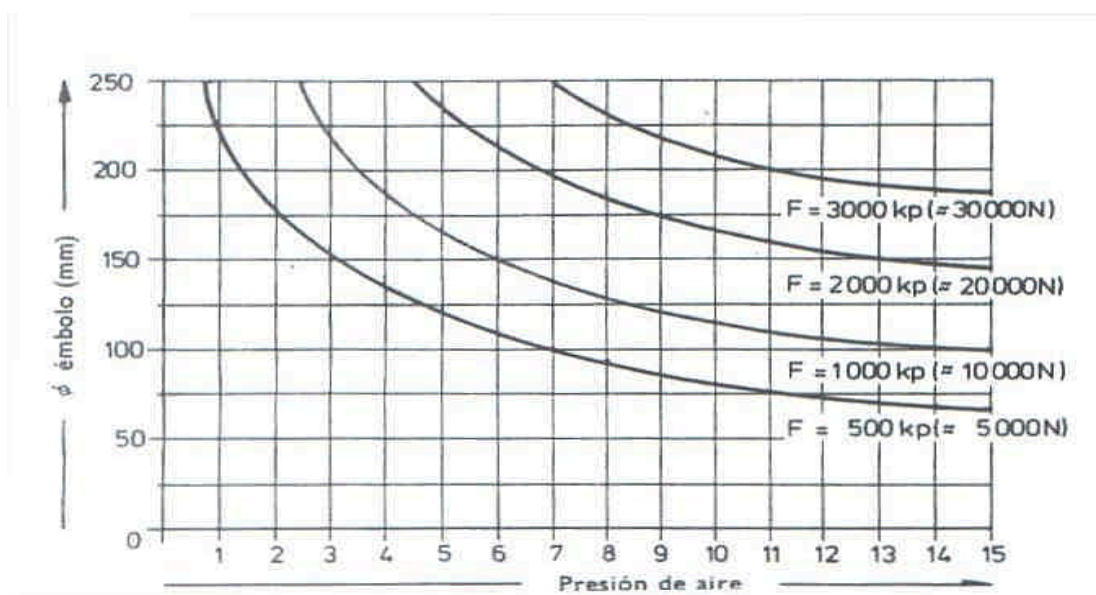


figura 12. Rangos de fuerzas obtenidas por cilindros (diámetro, presión de aire)

El límite de aplicación del esfuerzo neumático es generalmente por motivos económicos, ya que el consumo de aire es demasiado grande con valores superiores.

4.1.2 Velocidad: Debido a su condición de aire comprimido, la neumática provee a los sistemas de una gran velocidad, que puede ser perjudicial si no se controla. Esta gran velocidad se presenta tanto en movimientos rotativos como lineales llegando a presentarse 500 000 rpm en motores neumáticos y 10m/s en cilindros de impacto. El aire comprimido entonces es uno de los medios de trabajo más rápidos utilizables en la industria.

La velocidad máxima de un cilindro neumático depende de la presión del aire, el diámetro del émbolo y la sección mínima de paso del conducto que une la válvula y el cilindro.

Para el total control de la velocidad de trabajo de utilización en cualquier proceso se tienen una serie de accesorios y dispositivos que mencionaremos mas adelante.

4.1.3 Tiempo: Cuando mencionamos al tiempo, nos referimos al tiempo de respuesta de los sistemas neumáticos. El factor tiempo es un parámetro que se considera integrante de proceso de tratamiento de la información y en la mayoría de los casos se trata de tiempos exigidos por el proceso de trabajo, más allá de

los tiempos de respuesta propios de cada elemento, los cuales varían según la tecnología de los componentes.

4.1.4 Recorrido: En un movimiento lineal neumático el recorrido máximo posible queda limitado por la carrera máxima del cilindro, ya que viene influenciada por el diámetro del émbolo y afectada por el pandeo del vástago, ya sea por cargas externas o por el mismo peso del vástago.

También en este aspecto existen valores estándar en la práctica y a continuación se indican las carreras máximas para diferentes diámetros de embolo. La proporción entre el diámetro del embolo y la carrera máxima es solamente un valor orientativo, en casos especiales es posible encontrar valores diferentes.

Cuadro 4. Proporción entre diámetro de embolo y carrera máxima en un cilindro

Diámetro de émbolo (mm)	8	12	16	25	35	50	70	100	140	200	250
Carrera máxima (mm)	100	250	500	500	2000	2000	2000	2000	2000	1000	1000

Con grandes carreras y diámetro de embolo, el consumo de aire es un factor importante a la hora de tomar decisiones. Debido a esto, es usual una limitación de carreras hasta 2000 m y unos diámetros máximos de cilindro de 200 y 250 mm.

La limitación de la carrera de un cilindro viene condicionada por el efecto de pandeo en el vástago y por la fijación del cilindro. En casos especiales pueden utilizarse vástagos reforzados, o de mayor diámetro.

4.1.5 Costo: Un sistema neumático, en general, es el menos caro de la instalación cuando se requieren movimientos lineales.

Es único por su adecuación a cierto tipo de herramientas y compite directamente con los motores eléctricos, en el accionamiento de pequeñas herramientas. Las piezas son mucho más baratas que las hidráulicas de empleo similar.

4.1.6 Comodidad: Es muy frecuente, que la plantas de producción cuenten con una instalación de aire comprimido en su equipo.

La ampliación de las utilidades de la red neumática es sencilla y económica, si se dispone de un compresor de la capacidad adecuada. Por lo general, resulta más económico aumentar la capacidad de aire comprimido (tal vez con un segundo compresor), que instalar un sistema de accionadores independientes que supondría el coste de bombas hidráulicas.

Otro factor importante que cabe anotar es la consecuencia de considerar la futura expansión de la demanda al proyectar una instalación de aire comprimido, y sobre todo al dimensionar la red.

4.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE LA NEUMÁTICA.

En la automatización de procesos industriales, sabemos que existen tres ramas definidas como son: la neumática, la hidráulica y la electricidad y cada una de estas provee de ventajas y desventajas claras. A continuación mencionaremos las más importantes ventajas y desventajas de la energía y el uso de sistema neumáticos.

Las características de los sistemas de aire comprimido ofrecen ventajas sobre otros sistemas capaces de combinar velocidad, esfuerzo y control.

4.2.1 Influencia del ambiente

- Ventajas

Los sistemas neumáticos pueden utilizarse a temperaturas o en condiciones incompatibles con el uso de equipo hidráulico o eléctrico, por ejemplo, a temperaturas superiores a las del intervalo de trabajo de los fluidos hidráulicos convencionales, o en trabajos peligrosos que impliquen el uso de fluidos especiales, o de aislamientos caros y de protección de los aparatos eléctricos.

- Desventajas

La neumática puede tener serios inconvenientes cuando hablamos de temperaturas bajas. A menos que el aire se acondicione especialmente mediante secadores capaces de eliminar la mayor parte del vapor de agua presente, la congelación interna y el bloqueo son el problema de los sistemas expuestos a temperaturas ambientes inferiores a la del punto de congelación.

4.2.2 Lubricidad y corrosión.

- Ventajas

La escasez de lubricidad del aire comprimido como fluido activo de trabajo es una de las ventajas con respecto a los fluidos hidráulicos que de por sí, son lubricantes. A pesar de todo la lubricación de un compresor no es tan crítica de una bomba hidráulica y es fácil que la propia máquina la provea.

La lubricación de los acondicionadores y demás aparatos neumáticos se efectúa por inyección de lubricante en el suministro de aire comprimido después de la comprensión.

- Desventajas

El principal problema de corrosión es que el aire comprimido, normalmente, está saturado de vapor de agua que inevitablemente va a parar al sistema. Esto va a favor del uso de metales no férreos para las líneas y los componentes o de

metales férreos con tratamientos anticorrosivos para las superficies expuestas al aire húmedo.

4.2.3 Presión del sistema

- Ventajas

En los sistemas neumáticos generalmente se trabaja a presiones que son diez veces menores que las de los sistemas hidráulicos, reduciéndose considerablemente los costes de bombeo y las tensiones en las líneas y componentes sometidos a presión interna. La neumática se adapta mejor a la producción de fuerzas bajas o moderadas.

- Desventajas

Las fuerzas conseguidas con un tamaño de cilindro hidráulico, son mucho mayores que las obtenidas con un cilindro neumático del mismo tamaño.

4.2.4 Elasticidad

- Ventajas

La principal ventaja ofrecida por la elasticidad del aire como fluido activo, es la amortiguación de los choques, lo cual, junto con la baja presión de trabajo inherente, significa que casi todos los accionadores neumáticos pueden quedar bloqueados por una descarga sin riesgo de deterioro.

- Desventajas

La falta de rigidez de la columna de fluido puede ser un claro inconveniente cuando se requieren avances precisos o si se han de mantener regímenes constantes contra cargas fluctuantes.

4.2.5 Velocidad de respuesta.

- Ventajas.

La velocidad de respuesta de un sistema neumático puede llegar a ser muy alta. Esto se traduce en la posibilidad de un control y de movimientos de los accionadores en forma rápida. Las velocidades de mando no son tan altas como las que admite la electrónica, que teórica y potencialmente serían las de la luz, pero en realidad, así como los circuitos eléctricos se basan en la inducción o en principios magnéticos, la neumática puede ser varias veces más rápida en un circuito comparable.

4.2.6 Energía almacenada

- Ventajas

El aire comprimido generado por un compresor, casi siempre se almacena en un depósito, cuyas dimensiones se determinan teniendo en cuenta una demanda dentro de unos niveles de presión establecidos.

Con el volumen de aire comprimido no se ejerce ningún trabajo si este no está en movimiento que inicie una demanda y debido a esto los ocasionadores pueden mantener su esfuerzo sin gastar energía.

- Desventajas

Frecuentemente es un problema la necesidad del compresor para tener el fluido de trabajo, pero es más sencillo, en muchos casos, comparando con un sistema hidráulico, en donde se necesitan bombeos y retorno del fluido a un depósito.

4.2.7 Fiabilidad.

- Ventajas

Los sistemas de aire comprimido son muy fiables y las fallas repentinas son poco frecuentes.

A causa de la baja presión en la neumática, la aparición de fallos tiende a provocar una caída de presión muy importante, con lo que se detectan antes por un funcionamiento vacilante, por pérdida de fuerza, etc., aunque el sistema siga funcionando.

- Desventaja

Debido al continuo funcionamiento de los sistemas aun con fallas, se tiende a olvidar las técnicas de mantenimiento, como el rutinario y el preventivo. Mas bien se opta por el reemplazo de los elementos.

4.3 APLICACIONES GENERALES DE LA NEUMÁTICA EN PROCESOS DE AUTOMATIZACIÓN.

Es muy probable que la neumática se presta más que cualquier otro medio a la automatización de máquinas o instalaciones. Si una operación o una serie de ellas deben realizarse regularmente, ya sea por una o dos personas, se presenta una clara opción de automatizarla por medio de la neumática. Y así como la energía hidráulica ofrece a los sistemas de una fuerza teóricamente ilimitada, la neumática sirve para sustituir al operador directo; por lo tanto, según el uso, reduce la fatiga, acelera la operación o la automatiza parcial o totalmente.

A continuación se mencionan algunas aplicaciones corrientes que dan la idea del alcance de la energía neumática:

- Accionamientos de puertas y ventanas
- Contado

- Llenado de recipientes
- Máquinas para la fundición
- Guillotinas
- Energía atómica
- Cajas de cartón
- Maquinaria para la madera
- Máquinas herramientas (en general)
- Montaje
- Zonas de riego por gases
- Robótica

4.4 CILINDROS NEUMÁTICOS

Un cilindro neumático es un accionador lineal que transforma la presión de un suministro de aire comprimido en movimiento lineal y fuerza lineal, y esta fuerza es función de la presión del aire y el área de la sección del embolo.

Por su morfología (explicada mas adelante), los cilindros tienen dos constantes principales, las cuales son: La sección (área del émbolo) y la carrera (o recorrido lineal).

El trabajo mecánico realizado por un cilindro neumático está definido por:

$$T = P \cdot S \cdot L$$

En donde

P = Presión del aire S = Superficie del émbolo L = Carrera del cilindro

Sabiendo que la superficie del émbolo es

$$S = \frac{p D^2}{4}$$

Podemos decir que la fuerza (F) que ejerce un cilindro está definida como

$$F = \frac{p D^2}{4} * p$$

La Carrera del cilindro viene definida por la diferencia de posición entre las dos situaciones extremas del cilindro.

4.4.1. Clasificación de los cilindros neumáticos: Podemos clasificar a los cilindros neumáticos en tres grandes grupos según su disposición física.

4.4.1.1 Cilindro de simple efecto: Son cilindros que tienen solo una lumbrera de admisión y un sólo sentido de actuación. La carrera de retorno se efectúa por gravedad o por un muelle interior.

Estos cilindros se pueden subdividir en:

a- Normalmente en retracción: en cuyo caso la carrera útil es la de salida o de extensión. El cilindro sirve para empujar.(figura 13)

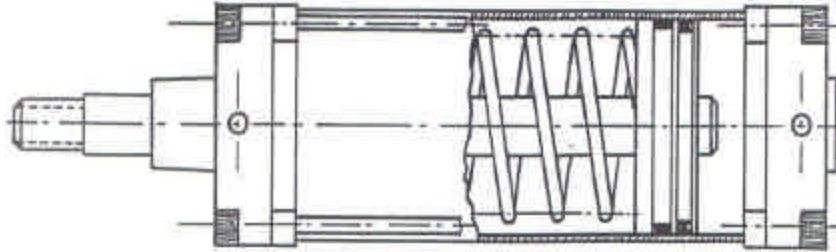


figura 13. Cilindro de simple efecto normalmente en retracción.

b- Normalmente en extensión: La carrera útil es la de retracción y el cilindro tira o hala la carga.(figura 14)

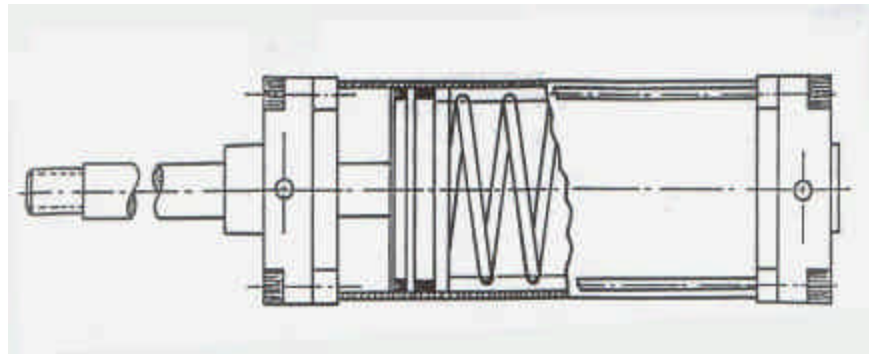


figura 14. Cilindro de simple efecto normalmente en extensión

4.4.1.2 Cilindro de doble efecto: Estos cilindros constan de dos lumbreras (una en cada extremo). El cilindro actúa en ambos sentidos al admitir aire comprimido alternativamente por una lumbrera, mientras la otra se comunica al escape.

Podemos subdividir en:

a- De simple vástago: Son los más utilizados y tienen la ventaja de solo necesitar una empaquetadora.(figura 15)

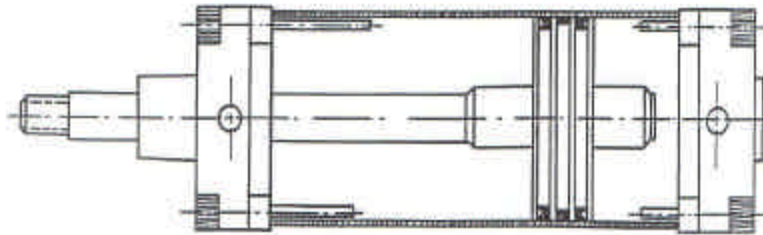


figura 15. Cilindro de doble efecto de un solo vástago

b- De doble vástago (o de vástago pasante): Se extiende por ambos extremos del cilindro. Tiene la ventaja de ofrecer la misma fuerza teórica para los dos extremos, y es más rígido. Se emplea en sistemas que precisan la regulación exacta de la carrera con tope exterior ajustable. (figura 16)

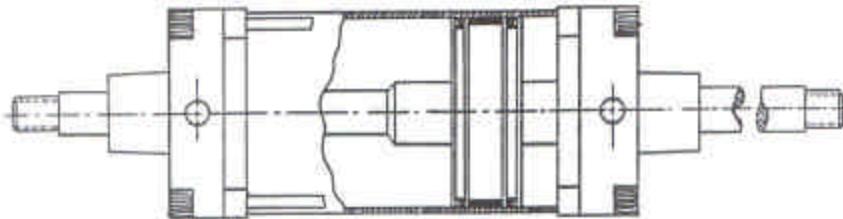


figura 16. Cilindro de doble efecto con vástago doble (o pasante)

4.4.1.3 Cilindros gemelos o en tándem: A su vez se clasifican en

a- Cilindro tándem con conexión por delante: Es un tipo de cilindro que tiene un vástago común. Se puede dar suministro de aire comprimido a cada cilindro por separado, pero el movimiento es común.

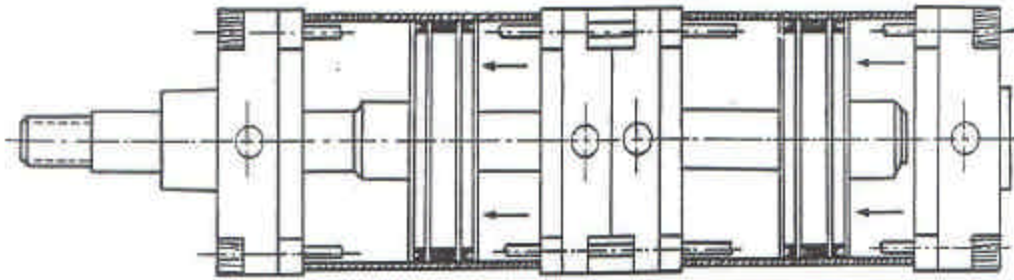


figura 17. Cilindro tándem con conexión por delante

b- Cilindros tándem con conexión por detrás: Se puede decir que es lo opuesto al anterior; ya que los vástagos son independientes al igual que sus movimientos y suministros de presión de aire.(figura 18)

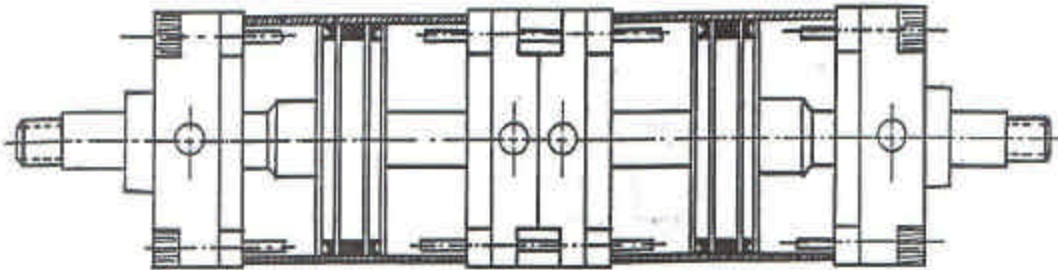


figura 18. Cilindro tándem con conexión por detrás

4.4.1.4 Cilindros especiales: En los sistemas neumáticos a veces se presentan situaciones en las cuales se hacen necesarios cilindros que son construidos con propósitos definidos y a veces muy particulares y a continuación mencionaremos algunos de ellos.

- **Cilindros magnéticos:** Los cilindros magnéticos constan de una aro de material magnético dispuesto alrededor de la circunferencia del pistón. La camisa del cilindro

está hecha de un material no magnético, lo cual permite al campo magnético creado por el pistón extenderse formando un área circular móvil alrededor de la propia camisa.

El sensor reed switch consiste en dos láminas de baja reductancia ferromagnética que están herméticamente colocadas en un tubo de vidrio o plástico que contiene un gas inerte. Cuando el anillo magnético del cilindro colocado en el pistón pasa por debajo del sensor creando el campo magnético hace unir las dos láminas y envía la señal de posición del pistón del cilindro.

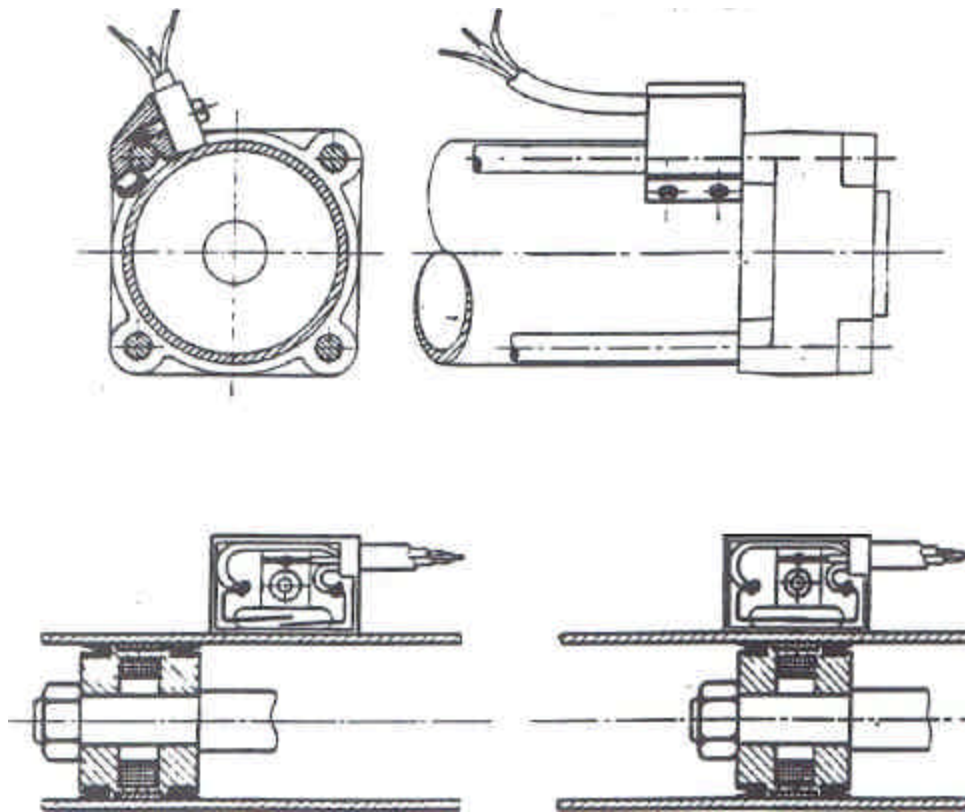


Figura 19. Montaje y funcionamiento de los interruptores de proximidad.

Los interruptores de proximidad van montados en la parte externa del cilindro (ver figura 19), por medio de grampas de sujeción o abrazaderas, lo cual evita la implementación de montajes especiales sobre el vástago y la colocación de los clásicos finales de carrera eléctricos o neumáticos.

4.4.2 construcción, partes y funcionamiento de los cilindros neumáticos:

Básicamente, un cilindro neumático consta de un cilindro propiamente dicho, de extremos cerrados. Dentro del cilindro va el émbolo con sus juntas y un vástago. En algunos modelos, el pistón lleva un aro que actúa como cojinete y soporta el conjunto. La tapa del lado del vástago se prolonga para incorporar un cojinete al vástago y las juntas de éste.

Los cilindros suelen fabricarse a partir de un tubo metálico estirado en frío, pulidos interiormente. Entre los materiales se incluyen: el aluminio, el latón de cobre y el acero. Los cilindros grandes pueden ser moldeados de aluminio, latón, bronce, hierro o acero.

Las tapas normalmente son de aluminio, latón o acero mecanizadas en bloque o bien, moldeadas de los mismos materiales o de fundición. Es preferible que el material de la tapa sea el mismo que el de cilindro para eliminar la posibilidad de corrosión electrolítica de las uniones entre metales.

Los émbolos suelen hacerse de aluminio, pero los hay de latón, moldeados, forjados o soldados. La forma del pistón depende de las juntas que se empleen. Las juntas de anillo se adoptan a los pistones mecanizados con ranuras adecuadas.

Los vástagos se fabrican de acero dulce, rectificadas, pulidos y cromados; de acero inoxidable rectificado y pulido. La elección depende, en gran parte, de las preferencias de cada fabricante y también de la aplicación.

Los cojinetes del vástago suelen ser de bronce sinterizado en forma de casquillo, o de simple apoyo en la tapa posterior si el material de ésta se adapta.

En el siguiente cuadro se muestra un resumen de los materiales con los que se fabrican los elementos de un cilindro neumática.

Los cilindros neumáticos, tienen una gran cantidad de aplicaciones y debido a esto varían bastante en su construcción y partes. Podemos encontrar cilindros sin vástago, de giro, etc; pero los principales componentes para las aplicaciones mas comerciales se detallan en la figura 20.

Cuando diseñamos un sistema neumático, en donde las fuerzas de los actuadores son parámetros críticos de funcionamiento no podemos caer en un error muy grave con estas fuerzas; ya que la fuerza de un cilindro se calcula normalmente en base a la teórica y como magnitud estática.

Para el cálculo del esfuerzo del trabajo o dinámico se deben tener en cuenta las pérdidas totales de presión.

Cuadro 5 - Materiales para la fabricación de cilindros neumáticos.

Componente	Cilindros ligeros	Cilindros medios	Cilindros pesados
Tubo	Plástico aluminio estirado duro latón estirado duro	Latón estirado duro Moldeado de aluminio	Latón estirado duro Acero estirado duro Acero soldado Latón, Bronce, Hierro o acero moldeado
Tapas	Aluminio soldado Latón soldado Moldeado de aluminio	Aluminio soldado Latón soldado Bronce soldado Moldeados de: Aluminio, latón, hierro y acero.	Piezas moldeadas de alta resistencia
Pistón	Aluminio	Aluminio (moldeado). Latón (soldado). Bronce (soldado). Moldeados de latón, bronce, hierro y acero.	Moldeados de aluminio Aluminio forjado Latón (soldado) Bronce (soldado) Moldeados de latón, bronce, hierro y acero
Vástago	Acero dulce (rectificado y	Acero o acero templado	Acero templado

	pulido) Acero cromado	(rectificado y pulido) Acero cromado Acero inoxidable Stainless steels	(Rectificado y pulido) Acero cromado Acero inoxidable
Juntas del pistón	Tóricas o de vaso	De vaso o tóricas	De vaso en U o en C
Juntas del vástago	Tóricas de sombrero y en U	En U	En U o en V

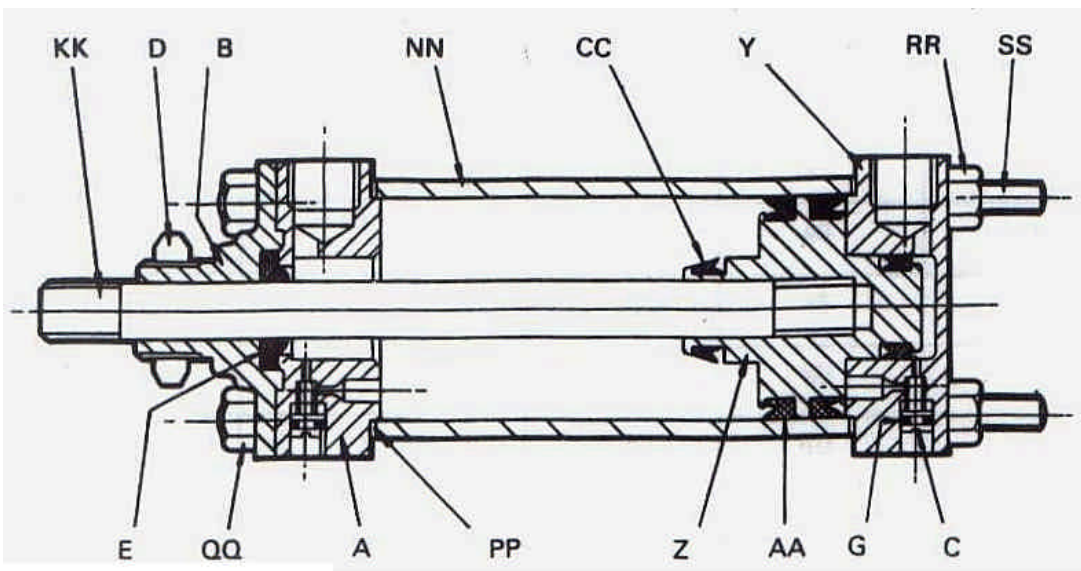


figura 20. Componentes de un cilindro amortiguado

AA -Juntas del pistón

CC – Juntas amortiguadoras

KK – Vástago del pistón

NN – Tubo

PP – Guarniciones

QQ – Tuercas del vástago (delantera)

RR – Tuercas del vástago (trasera)

SS – Tirantes

A – Tapas delanteras

B – Cojinetes del vástago

C – Tornillos de ajuste

D – Tuerca de fijación

E – Empaquetadura del vástago

G – Juntas de ajuste de amortiguación

Y – Tapas traseras

Z – Pistón

En un cilindro neumático, la fricción cuenta por el 5% al 15% de las pérdidas según el tamaño y diversos factores (por ejemplo el tipo de juntas). La presión efectiva del aire sobre el pistón será menor que la nominal, es decir, la suministrada por el compresor a la línea de aire comprimido. Habrá una caída de presión en las conducciones hasta el cilindro y otra caída a través de las lumbreras. En la línea se supone un 10% de caída de presión, y en las lumbreras depende del diámetro de estas y del caudal a través de ellas. Cuanto más rápido sea el pistón, mayor es el caudal y mayor la pérdida de presión. El valor del 20% adoptado, generalmente, como pérdida total, o un esfuerzo disponible del 80% del teórico pueden hacer insuficiente el cilindro para determinadas aplicaciones de diseño.

Por lo tanto conviene sobre-diseñar el cilindro más que calcularlo exactamente. El comportamiento de un cilindro sobredimensionado es fácil de controlar con reguladores de presión, pero suele ser imposible aumentar la presión de suministro a un cilindro subdimensionado para mejorar sus prestaciones. De todos modos, la elección queda sujeta a una gama limitada de medidas normalizadas de cilindros, y lo normal es tomar el tamaño inmediato superior al calculado según las necesidades.

En los cilindros de doble efecto y vástago simple, la fuerza del movimiento del retroceso (retracción) es inferior a la obtenida en la carrera de salida, porque parte del área del pistón queda inaccesible al aire por causa del vástago. Normalmente, esta diferencia es despreciable porque la relación entre diámetro de vástago y pistón es bastante pequeña, puede ser considerable si el vástago es grueso, en el caso de cilindros pequeños cuyo vástago es, proporcionalmente, más grande o en

aplicaciones en que las fuerzas de tracción del cilindro sea crítica. Entonces se calcula el esfuerzo obtenible en la carrera retorno según los principios básicos – teóricos si no viene especificado por el fabricante.

4.4.3 Simbología de los cilindros neumáticos: Así como en la electricidad, hidráulica, soldadura, tipografía y construcción, existen símbolos para representar elementos en forma resumida, sin recurrir a dibujos detallados, en la neumática también los hay. Estos símbolos hacen más fáciles de comprender los sistemas neumáticos.

La simbología utilizada actualmente en la neumática es la implantada por CETOP (Comité Europeo de Transmisiones Oleohidráulicas y Pneumáticas), que reúne y unifica en lo posible las técnicas afines como son la neumática y la oleohidráulica.

Hoy en día la difusión de los símbolos ISO como revalidación de los símbolos CETOP, al parecer, crearon una simbología estándar. Los símbolos ISO – CETOP, están reunidos en la norma ISO 1219 – 1 (1991). En estos símbolos no están representados todos los componentes presentes en la industria, pero están estudiados de tal manera que agrupando elementos se puedan representar en la práctica todos los componentes posibles.

Los cilindros neumáticos están representados de la siguiente manera.

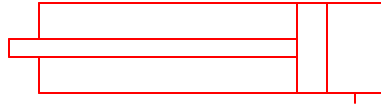


figura 21. Símbolo de cilindro de simple efecto, retorno por fuerza externa.

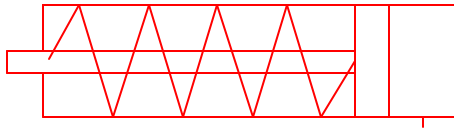


figura 22. Símbolo de cilindro de simple efecto y retorno por muelle

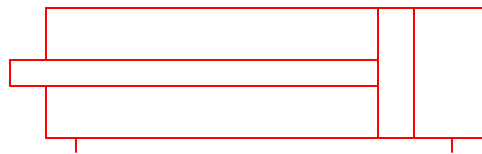


figura 23. Símbolo de cilindro de doble efecto con vástago simple

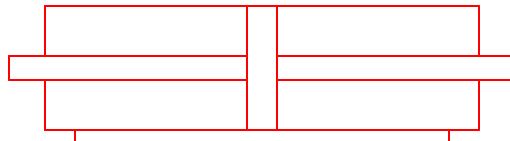


figura 24. Símbolo de cilindro de doble efecto con vástago doble (pasante)

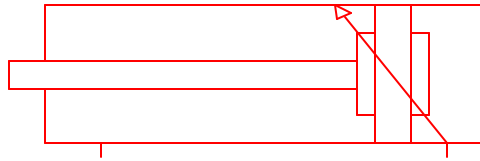


figura 25. Símbolo de cilindro de doble efecto con amortiguación regulable en los extremos (finales de carrera)

4.5 DISTRIBUIDORES Y VÁLVULAS NEUMÁTICAS

Los distribuidores y electrodistribuidores neumáticos son los puntos sensibles del sistema nervioso formado por el conjunto de la instalación del automatismo neumático. Son estos los que controlan los impulsos que hacen moverse a los cilindros. Realizan una función amplificadora del nivel de potencia de las señales precedentes de los sistemas gestores centrales (autómatas), secuenciadores electrónicos o mando repartido lógico.

Los distribuidores, con sus diferentes sistemas de mando, conducen el aire comprimido hacia los cilindros, actuadores de giro, etc., para que estos efectúen dentro del automatismo, la función encomendada.

En la neumática hay muchos tipos de válvulas, con formas diferentes de función, disposición, accionamientos, etc., lo cual hace difícil clasificarlas de manera específica.

Los tipos de válvulas se dividen según la función, en tres grandes grupos que son:

- a) Válvulas de control direccional.
- b) Válvulas de control de presión.
- c) Válvulas de control de flujo.

4.5.1 Clasificación de las válvulas neumáticas: Para la clasificación general se suele describir la función de flujo de una válvula en función del número de lumbreras externas o de “vías” y el número de posiciones. Esto rige particularmente en el caso de válvulas de control direccional. Otros tipos se describen por su función específica. La terminología de estas definiciones es variable y no hay una norma de común aceptación.

4.5.1.1 Válvulas de control direccional

a. Simbología: Para descubrir las funciones de válvulas gráficamente se emplean símbolos normalizados creados por CETOP (Comité Europeo de Transmisiones Oleohidráulicas y Pneumáticas). El símbolo de una válvula consta de un cuadrado en el que se señalan las lumbreras y los pasos de fluido. Si la válvula puede tener varias

posiciones, cada una se indica con un cuadro adyacente con sus correspondientes pasos de fluido. La posición normal (no accionada) de la válvula se indica por líneas fuera del cuadro, o sea, las que definen el paso del fluido cuando la válvula no se ha accionado.

En la simbología de la norma británica BS 2917, se añade información por código literal para designar la lumbrera, así:

P = Entrada de Presión

E = Escape

A = Primera Salida

B = Segunda Salida

b. Tipos de válvulas de control direccional

- **Válvulas de dos vías:** En la figura 26 vemos el símbolo normalizado (CETOP) para una válvula de dos vías. Tiene dos lumbreras (VIAS) y trabaja a manera de interruptor en una sola línea (on - off).

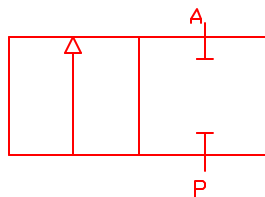


figura 26. Símbolo válvula de dos vías (2/2)

En la posición normalmente cerrada actúa como interruptor para cualquier dispositivo conectado en A. Al accionar la válvula, se suministra aire al dispositivo

conectado, y al volverla a la posición inicial se corta dicho suministro, solo se utiliza para actuadores de escape libre.

- **Válvulas de tres vías y dos posiciones (válvulas 3/2):** Se muestra en la figura 27

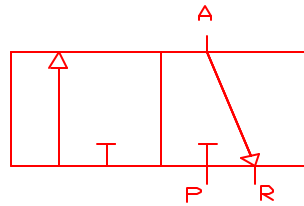


figura 27. Símbolo válvula de tres vías dos posiciones (3/2)

Con una válvula 3/2 normalmente cerrada se corta el suministro de aire a presión, quedando la salida conectada a la tercera lumbrera para que el aire a favor de corriente pueda escapar por la válvula. Al accionar la válvula, se conecta la entrada de presión en P y se cierra la lumbrera de escape.

Son generalmente usadas como control cierre apertura.

- **Válvulas de cuatro vías y dos posiciones (válvulas 4/2):** Como su símbolo lo indica (figura 28) , este dispositivo consta de dos conexiones pasantes. En una posición, P está conectado con A, y B puede enviar al escape al aire a favor de corriente por E. En la segunda posición P queda conectado con B y A, puede enviar al escape el aire a favor de corriente por E. Entonces una válvula de cuatro vías y dos posiciones, servirá para accionar un cilindro de doble efecto o cualquier otro dispositivo que requiera presión y escape alternos en dos líneas de conexión.

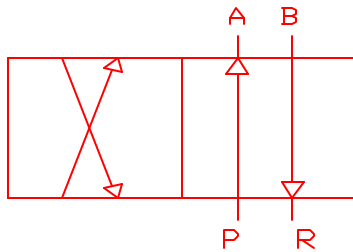


figura 28. Símbolo válvula de cuatro vías y dos posiciones (4/2)

- **Válvulas de cinco vías y dos posiciones:** En la figura 29 se muestra el símbolo y el funcionamiento de las válvulas 5/2. Estas válvulas son similares a las válvulas 4/2 pero con otra lumbrera de escape.

La manera más práctica de accionar un cilindro de doble efecto es con distribuidores 5 vías dos posiciones.

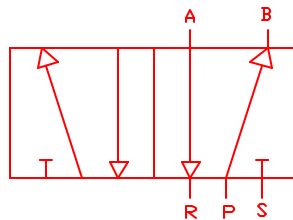


figura 29. Símbolo válvula de cinco vías y dos posiciones (5/2)

En la parte izquierda de la figura 30, vemos que el depósito de aire comprimido, comunica a través del anillo hueco central del carrete, con la cámara del cilindro correspondiente al vástago, estando la cara opuesta conectada con la atmósfera.

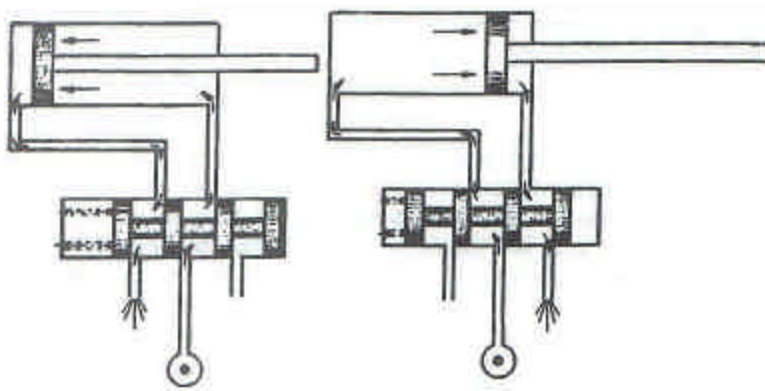


Figura 30. Esquema de trabajo de una válvula cinco vías y dos posiciones

Si mediante cualquier procedimiento desplazamos el carrete hacia la izquierda, comprobamos que el depósito queda conectado con la cámara opuesta al vástago y, al estar la otra cámara en comunicación con la atmósfera, el vástago es impelido hacia afuera, desarrollando el trabajo.

4.5.2 Tipos de accionamiento de válvulas: Hasta este momento hemos dicho que las válvulas tienen un carrete que se desplaza, pero no se ha explicado como se produce el desplazamiento. El desplazamiento del carrete se realiza por medios manuales, mecánicos (incluyendo neumáticos), o por solenoide (eléctricos).

En la figura 31 vemos algunos de los símbolos que se describen para el accionamiento de las válvulas.

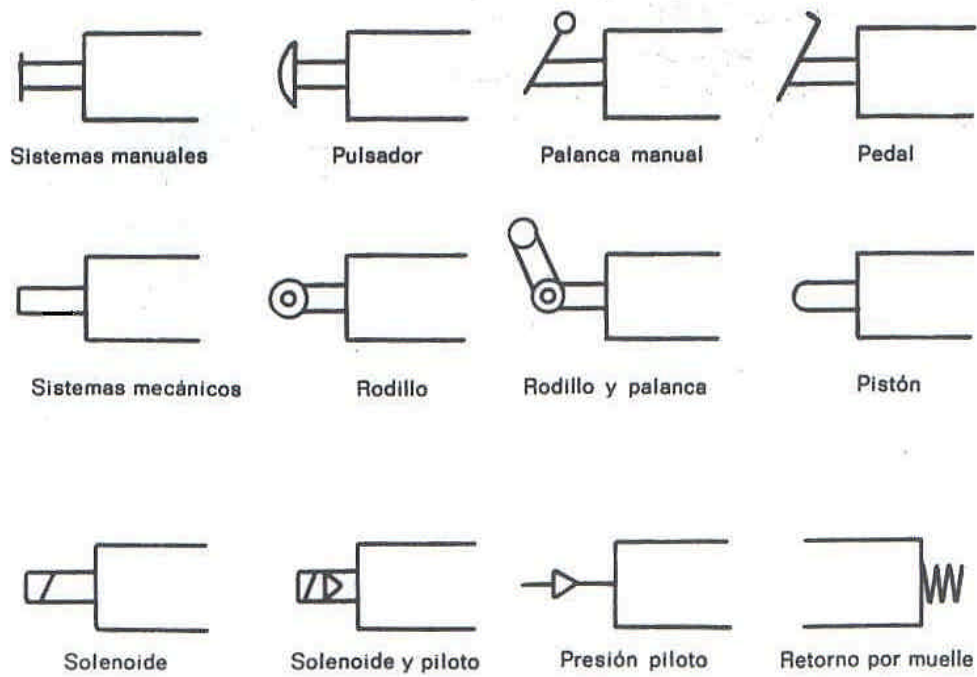


Figura 31. Accionamientos de válvulas neumáticas

Otros símbolos de los accionamientos de válvulas son:

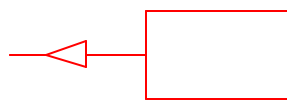


Figura 32. Accionamiento mecánico – Depresión directo

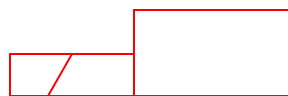


figura 33. Accionamiento eléctrico - Electroimán con un solo arrollamiento

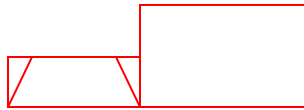


figura 34. Accionamiento eléctrico -Electroimán con dos arrollamientos opuestos

4.5.2.1 Válvulas de solenoide: En las primeras válvulas accionadas por solenoide, se utilizaba una bobina de armadura recta para el movimiento del elemento de la válvula. En las válvulas de gran tamaño, es un problema accionarla por solenoide, ya que se consume mucha corriente para poder alcanzar el esfuerzo lineal para mover el carrete.

Pero en válvulas de tamaño pequeño, el solenoide no presenta problemas y además es una ventaja, ya que las ordenes de mando del controlador pueden estar a grandes distancias.

Cuando en los circuitos neumáticos de automatismo se necesita efectuar movimientos con multitud de cilindros, controles remotos, autómatas programables, etc., es preciso utilizar distribuidores de mando eléctrico o electropilotado como enlace entre ambas energías.

Las electroválvulas y los electrodistribuidores son, por tanto, los encargados de transformar señales eléctricas en señales neumáticas.

En la actualidad, la forma más utilizada en la industria para accionar las válvulas distribuidoras, para el control de cilindros de doble efecto, es con servopiloto. En estas válvulas servopilotadas el movimiento del carrete es realizado por una señal neumática controlada por un solenoide.

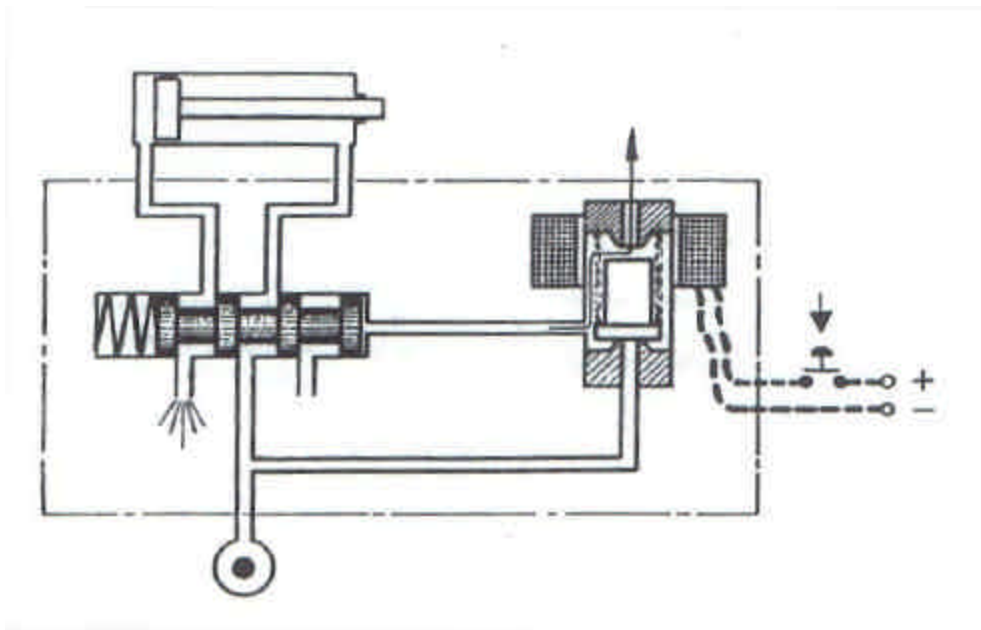


figura 35. Control de un cilindro de doble efecto por una válvula 5/2 vías de simple solenoide y retorno por muelle

En la figura 35 se muestra el bosquejo de un cilindro de doble efecto controlada por una válvula 5/2 vías accionada por solenoide y piloto y con retorno por muelle.

Puede observarse que el piloto del distribuidor principal está sin aire al haber escapado por el orificio superior del electropiloto, y el carrete está posicionado de tal manera que el cilindro se encuentra posicionado con el vástago retraído.

Al accionar el pulsador eléctrico y pasar corriente por la bobina, se genera un campo magnético que levanta el núcleo, cerrándose el orificio superior y permitiendo que el aire pase a pilotar el carrete, que se desplaza hacia el lado izquierdo, con lo cual el cilindro neumático sale, realizando el trabajo encomendado.

Cuando cortamos el paso de corriente eléctrica, el núcleo vuelve a cerrar la entrada de aire comprimiendo al piloto, y el aire de éste escapa a la atmósfera por el orificio superior, con lo cual el resorte del carrete recupera la posición derecha, que hace retomar el cilindro a la posición retraída.

Si en vez de utilizar un distribuidor de simple piloto para el mando del cilindro, hubiéramos utilizado uno de memoria o biestable, entonces con el auxilio de dos electropilotos, obtendríamos un electrodistribuidor también biestable o de memoria con accionamiento eléctrico. En este caso solo bastaría dar un pequeño impulso de corriente a cada bobina para que se verifique el cambio de estado a la posición opuesta.

4.6 ACCESORIOS NEUMÁTICOS

4.6.1 Unidades de mantenimiento: La seguridad de funcionamiento y la duración de una instalación neumática dependen considerablemente del acondicionamiento del aire comprimido.

Se hace necesario eliminar de cualquier circuito neumático, las suciedades en el aire, cascarillas, óxido y polvo, así como también partículas líquidas, como agua condensada.

Las oscilaciones de presión provocadas por la conexión y desconexión del compresor perjudican de manera dramática las instalaciones neumáticas.

Por las razones explicadas anteriormente se hace necesario el uso de unidades de mantenimiento F.R.L (Filtro, regulador y lubricador), las cuales reducen ostensiblemente muchos de los problemas debido al aire mal acondicionado y los cambios bruscos de presión.

Las unidades de mantenimiento F.R.L son unidades compactas las cuales filtran y lubrican el aire y también estabilizan y controlan la presión de trabajo.

4.6.2 Válvulas reguladoras (reguladores): Estos dispositivos son un tipo de válvula compactas que se encargan de estrangular el paso de aire, y pueden ser desde simples orificios fijos (en donde el grado de estrangulamiento es fijo y predeterminable con precisión), hasta válvulas de aguja, graduables.

5. EL PROYECTO

5.1 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA

Para el diseño de la estructura mecánica se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- a- La estructura a diseñar será para un robot de configuración cilíndrica.
- b- Los elementos de trabajo deberán ir montados sobre la estructura mecánica, y mostrarán de manera sencilla y didáctica los elementos de control.
- c- El peso de los elementos a manipular por el robot didáctico serán de 50 Newton y cada elemento de la estructura debe ser sobre diseñado, para evitar fallas eventuales a corto plazo.
- d- Se seleccionarán elementos mecánicos resistentes, pero con una masa lo suficientemente baja para reducir el peso total del robot.

e- La fricción entre los elementos de unión y movimiento no deberá ser exagerada para impedir el libre movimiento de la estructura.

Ahora procederemos a hacer el cálculo de la estructura mecánica más apropiada para lograr nuestros objetivos; Cada uno de los elementos a continuación diseñados se describen en el plano 1:

5.1.1 Diseño de la pinza: **Ya hemos establecido que la pinza será del tipo paralela, ya que nos proporciona una mayor facilidad en el momento de agarrar la pieza.**

Primero debemos determinar que fuerza de apriete debe aplicar la pinza para

$$\sum F_x = 0$$

$$F = N$$

$$\sum F_y = 0$$

$$2 * F_R - W = 0$$

$$F_R = \frac{W}{2}$$

luego

$$F_R = \mathbf{m} * N$$

Entonces

$$F_R = \mathbf{m} * F$$

$$F = \frac{W}{2 * \mathbf{m}}$$

lograr una buena sujeción de la pieza de trabajo:

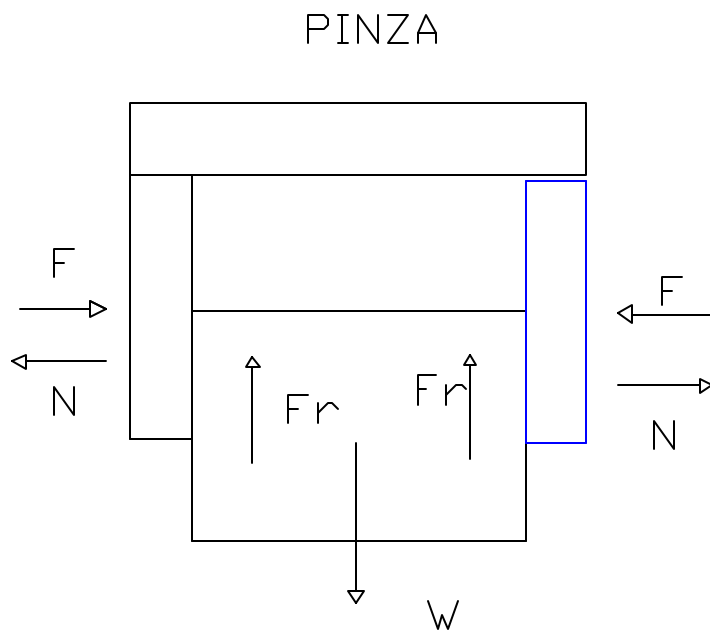


Figura 36. Diagrama de fuerzas de la pinza

Si queremos que nuestro sistema cargue una pieza de 5 Kilogramos de peso, y tomando el mínimo valor dado del coeficiente de fricción entre dos superficies, teniendo en cuenta que una de ellas es de Aluminio, el cual se da entre el aluminio y el acero y es de 0.47, (ver anexo 1) tenemos:

$$F = \frac{5Kg}{2 * (0.47)}$$

$$F = 5.32Kg$$

$$F = 52.18N$$

Esta es la mínima fuerza de apriete que se debe aplicar para lograr la sujeción de la pieza con una fuerza de fricción $F_R = 26.25 N$

Según este dato y calculando del mínimo diámetro que debe tener el cilindro neumático con la siguiente formula:

$$F = 0.8 * p * A$$

$$F = 0.8 * p * \left(\frac{p * d^2}{4} \right)$$

luego

$$d = \sqrt{\frac{4 * F}{0.8 * p * p}}$$

Si tenemos que la máxima presión que vamos a utilizar es de 6 bar (600000 Pa)

Y reemplazando en la ecuación anterior:

$$d = \sqrt{\frac{4 * (52.18N)}{0.8 * (600000Pa) * p}}$$

$$d = 11.76mm \approx 12mm$$

Este diámetro proporciona una fuerza óptima de agarre, pero tomamos un diámetro mayor, teniendo un factor de seguridad de 1.33 tenemos

Diámetro del cilindro = 16mm, debido a que es un diámetro estandarizado

Y tomando una carrera de 50 mm para asegurar un correcto agarre de la pieza seleccionamos un cilindro neumático cuyo diámetro sea de 16mm y 50mm de carrera

5.1.1.1 Calculo de la guía de la pinza: **Es necesario colocar una guía paralela al cilindro debido a que el vástago del cilindro no está diseñado para soportar cargas a flexión.**

Teniendo en cuenta que la máxima fuerza de flexión se produce cuando la pinza está abierta tenemos:

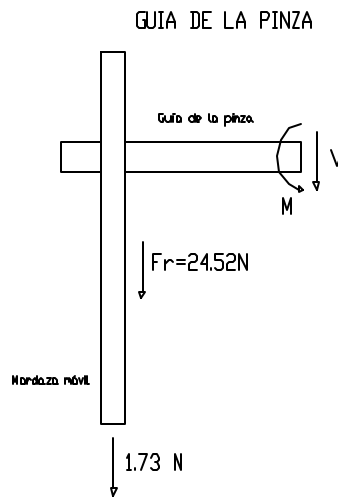


Figura 37. Diagrama de fuerzas de la guía de la pinza

Datos:

$$F_R = 26.25 \text{ N}$$

Distancia de apoyo entre las mordazas = 195mm

$$M = (26.25 \text{ N}) * (0.195 \text{ mm})$$

$$M = 5.119 \text{ N*m}$$

Esfuerzo normal

$$s = \frac{M * c}{I}$$

Tomando un diámetro de 5/16 in = 7.9375 mm

Donde el momento de inercia es:

$$I = \frac{p * d^4}{64}$$

$$I = \frac{p * (7.9375mm)^4}{64}$$

$$I = 194.85199mm^4$$

$$I = 1.9485 * 10^{-10}$$

Entonces el esfuerzo normal, con c = 3.9675 mm, es:

$$s = \frac{(5.12N * m) * (3.96875 * 10^{-3}m)}{1.9485 * 10^{-10}m^4}$$

$$s = 104285347.7Pa$$

$$s = 104.28MPa$$

Esfuerzo cortante

$$t = \frac{V * Q}{I * t}$$

Donde

$$Q = \left(\frac{p * r^2}{2} \right) * \left(\frac{4 * r}{3 * p} \right) = \frac{d^3}{12}$$

$$Q = \frac{(7.9375 * 10^{-3})^3}{12}$$

$$Q = 4.16744 * 10^{-8} \text{ m}^3$$

Entonces el esfuerzo cortante es

$$t = \frac{(26.25 \text{ N}) * (4.16744 * 10^{-8})}{(1.9485 * 10^{-10}) * (7.9375 * 10^{-3})}$$

$$t = 707317.68 \text{ Pa}$$

$$t = 0.707 \text{ Mpa}$$

Con la ayuda de estos datos seleccionamos el material de la guía, el cual debe tener una resistencia mínima en flexión de 104.8 Mpa que es el equivalente al esfuerzo normal

El material más adecuado es Aluminio 3003 H16 con un esfuerzo permisible de fluencia de 165 Mpa (ver anexo 2)

Que proporciona un factor de seguridad 1.57

- Calculo del esfuerzo de aplastamiento

$$s = \frac{F_{total}}{A}$$

Donde el área de aplastamiento equivale al diámetro de la guía multiplicado por el espesor de la placa fija, sobre la que va montada la guía. Y la fuerza total equivale a la suma de las fuerzas en el área donde está la guía.

$$s = \frac{(24.52 + 1.73)}{(12.7 * 10^{-3}) * (7.9375 * 10^{-3})}$$

$$s = 260400.52 Pa$$

$$s = 0.2604 MPa$$

- Calculo del tornillo que sujeta la pinza

Este calculo lo hacemos con la sumatoria de todas las fuerzas a las que está sometido el tornillo y sabiendo que el tornillo tendrá 10mm de diámetro, hacemos el calculo del esfuerzo cortante máximo que debe aguantar el tornillo:

$$F = (24.52N + 1.73N)2 = 52.5N$$

Y el área es:

$$A = \frac{P * (d)^2}{4} = \frac{P * (10 * 10^{-3} m)^2}{4}$$

$$A = 7.853981 * 10^{-5} m^2$$

El esfuerzo cortante es:

$$t = \frac{F}{A} = \frac{52.5 N}{7.853981 * 10^{-5} m^2}$$

$$t = 668450.81 Pa$$

$$t = .668450 MPa$$

Entonces seleccionamos un tornillo M10 clase 4.6 (ver anexo 3):

$$S_p = 225 \text{ Mpa}, S_u = 400 \text{ Mpa}, S_y = 240 \text{ MPa}$$

- Cálculo de los esfuerzos en la mordaza fija

Teniendo en cuenta que el máximo esfuerzo se presenta cuando la fuerza está aplicada en el extremo de la mordaza y haciendo el calculo con la máxima fuerza de retroceso que proporciona el cilindro, la cual es 103.7 N , entonces tenemos:

$$M = F * d = (103.7 N) * (96.6 * 10^{-3} m)$$

$$M = 10.01742 Pa$$

Esfuerzo cortante

$$t = \frac{V * Q}{I * t}$$

Donde

$$Q = \bar{y} * A = (3.1875mm) * (2) * \left(\frac{40.8mm}{2} \right) * (6.375mm)$$

$$Q = 829.0268mm^3 = 8.29065 * 10^{-7} m^3$$

$$I = \frac{(40.8 * 10^{-3}) * (12.7 * 10^{-3})^3}{12} = 6.9645 * 10^{-9} m^4$$

Entonces el esfuerzo cortante es:

$$t = \frac{V * Q}{I * t} = \frac{(103.7N) * (8.2906 * 10^{-7} m^3)}{(6.9645 * 10^{-9} m^4) * (12.75 * 10^{-3} m)}$$

$$t = 0.96820475MPa$$

Esfuerzo normal:

$$s = \frac{M * c}{I} = \frac{(10.1N * m) * (6.375 * 10^{-3} m)}{6.9645 * 10^{-9} m^4}$$

$$s = 9.245MPa$$

Seleccionamos tanto para la mordaza fija como para la móvil, Aluminio 2017 con

$S_y = 70$ Mpa (ver anexo 2)

Y proporciona un factor de seguridad de 7.5

5.1.2 Calculo del elemento vertical que conecta la pinza con el resto del sistema: Teniendo en cuenta que la carga total que estará aplicada en la placa es de 5.8516 Kilogramos, este valor está dado por la sumatoria de cargas que se presentan en la pinza y tomando un factor de seguridad de 1.5, entonces trabajamos con una carga total de 8.78Kg, que son 86.13N

ELEMENTO VERTICAL

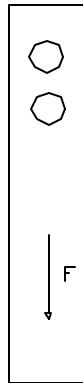


Figura 38. Elemento vertical de soporte de la pinza

Teniendo en cuenta que el área de la sección de la pieza es:

$$A = (25mm)(6mm) = 150mm^2$$

Teniendo en cuenta que el elemento va estar sometido a esfuerzos de tensión :

Esfuerzo normal

$$s = \frac{F}{A} = \frac{86.13N}{150mm^2} = 574212Pa$$

Según este dato, con un elemento de Acero AISI 1015 rolando en caliente que tiene las siguientes propiedades: (ver anexo 4)

$S_y = 190 \text{ Mpa}$, $S_u = 340 \text{ Mpa}$ es suficiente para soportar la carga

5.1.3 Calculo de las guías horizontales: Las guías serán diseñadas para soportar los esfuerzos y cargas máximas. Teniendo en cuenta que la carga total será la suma de las cargas de la pinza y el peso del elemento vertical que sostiene a la misma tenemos:

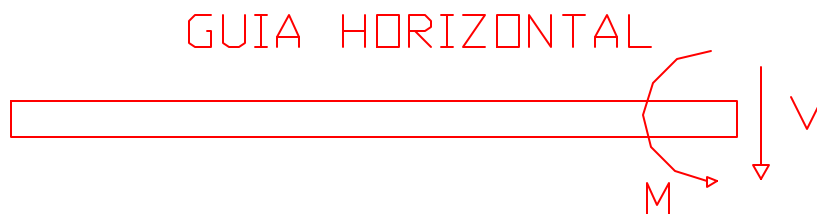


Figura 39. Diagrama cuerpo libre de las guías horizontales

$$F = 86.13 + \text{Peso elemento vertical}$$

$$\text{Peso elemento Vert.} = \text{densidad} * \text{Volumen}$$

$$\text{Peso elemento vert.} = 7.86 \text{ gr} / \text{cm}^3 * 25 \text{ mm} * 6 \text{ mm} * 350 \text{ mm} * \frac{1 \text{ cm}^3}{1000 \text{ mm}^3}$$

$$\text{Peso elemento vert.} = 412.65 \text{ grf} = 4.048 \text{ N}$$

Entonces

$$F = 86.13 \text{ N} + 4.048 \text{ N}$$

$$F = 90.178 \text{ N}$$

Calculo del momento máximo

$$M = F * d = 90.178 \text{ N} * 0.237 \text{ m}$$

$$M = 21.37221 \text{ N} * \text{m}$$

Esfuerzo cortante Máximo

$$t = \frac{V * Q}{I * t}$$

Siendo $t = d$

$$Q = \frac{d^3}{12}$$

$$I = \frac{P * d^4}{64}$$

$$t = \frac{(90.178N) * \left(\frac{d^3}{12}\right)}{\left(\frac{P * d^4}{64}\right) * (d)}$$

$$t = \frac{480.94}{d^2}$$

Si tomamos un acero AISI 302 inoxidable y recocido (ver anexo 5), cuyas propiedades son: $S_y = 260 \text{ Mpa}$, $S_u = 655 \text{ Mpa}$, $t_y = 150 \text{ Mpa}$

Remplazando obtenemos el mínimo diámetro de la guía calculamos el mínimo diámetro admisible para el esfuerzo cortante:

$$t_y = \frac{480.94}{d^2} = 150000000 \text{ Pa}$$

$$d = 1.79 \text{ mm}$$

Y ahora calculamos el mínimo diámetro admisible para el esfuerzo normal.

$$s = \frac{M * c}{I} = \frac{M * \left(\frac{d}{2}\right)}{P * \left(\frac{d^4}{64}\right)} = \frac{(21.37) * (0.5)}{P * \left(\frac{d^3}{64}\right)}$$

$$\frac{278.78}{d^3} = 260 \text{ Mpa}$$

$$d = 10.23 \text{ mm}$$

El diámetro mínimo para un acero AISI 302 es 10.23mm

Tomamos una guía de ½ in que son 12.7 mm con un factor de seguridad de 1.24

El dispositivo lleva 2 guías horizontales para así poder obtener estabilidad de la estructura. Esta segunda guía tendrá las mismas dimensiones que la primera, y estarán a 38 mm la una de la otra.

Para la selección del cilindro horizontal debemos tener en cuenta primero las cargas a la cual esta sometido y sobretodo la fuerza de fricción

Donde F está dado por la carga de todos los elementos como la pinza, elemento vertical, peso de las guías y la pieza a cargar

$$F = 90.178 + \text{Peso guías Horizontales}$$

$$\text{Pesoguiashorizontales} = 2 * (469\text{mm}) * \frac{\pi * (12.7\text{mm})^2}{4} * (8.869\text{g} / \text{cm}^3)$$

$$\text{Pesoguiashorizontales} = 935.01 \text{ gra mos}$$

$$\text{Pesoguiashorizontales} = 9.172\text{N}$$

Entonces

$$F = 90.178 + 9.172 = 99.35 \text{ N}$$

Suponiendo que el coeficiente de fricción entre el duralón y el acero es alto ($\mu = 1$) entonces tenemos que la fuerza de fricción es igual a la carga de todos los

elemento, y debemos tener en cuenta que el cilindro debe mover el brazo horizontalmente:

$$F_R = m * N$$

$$N = F$$

$$F_R = F = 99.35 N$$

Según esto seleccionamos un cilindro que tenga una mínima fuerza de retroceso de 99.35 con un factor de seguridad de 1.5

Tomamos un cilindro de 20mm de diámetro y 200mm de carrera

5.1.4 Análisis de fuerzas del bloque del cuerpo: **En la figura 40 se muestra el diagrama de las fuerzas actuantes en el bloque.**

Fuerzas de aplastamiento: Debido a que el bloque es de un polímero rígido termoestable, y que el área del mismo es suficientemente grande, se garantiza que la fuerza de aplastamiento no afecte en gran medida al bloque es decir que de esta forma aseguramos que el bloque no falle por aplastamiento.

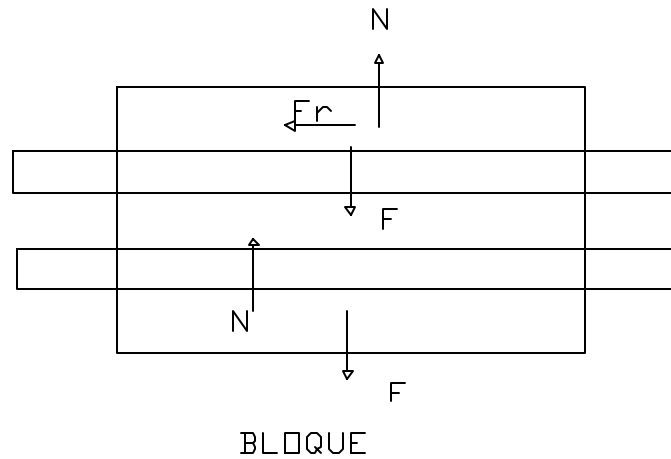


Figura 40. Diagrama de fuerzas actuantes en el bloque

$$A = 4961.28 \text{mm}^2 = 0.00496 \text{m}^2$$

5.1.5 Determinación del peso de la estructura apoyada al bloque: **La carga total**

(bloque, guías horizontales, pinza, elemento a sujetar) es

$$F = 99.35 + \text{Peso del Bloque}$$

$$\text{Peso del bloque} = 3 \text{kg} * 9.81 = 29.43 \text{ N}$$

$$F = 99.35 \text{ N} + 29.43 \text{ N}$$

$$F = 128.78 \text{ N}$$

Seleccionamos un cilindro con 20mm de diámetro y 200 de carrera

Con un factor de seguridad de 1.44

5.1.6 Calculo del sistema piñón – corredera: Primero seleccionamos un cilindro de 16mm de diámetro y 100mm de carrera , y partimos de ahí para el diseño del sistema de engranes.

Teniendo en cuenta que la carrera del cilindro es 100mm que equivale al avance longitudinal de la corredera, y que el ángulo que va a rotar el sistema es de 180°

Entonces:

$$S = r * q \quad \text{tomando el valor de } S \text{ como } 100\text{mm} \text{ hallamos } r$$

$$100 \text{ mm} = p * r$$

$$r = 31.83 \text{ mm} \approx 1.25 \text{ in}$$

entonces el diámetro externo del engranaje recto es de 2.5 in, aproximadamente 63.5 mm

Ahora calculamos el modulo

$$m = \frac{De}{(N + 2)} \quad \text{si queremos un engrane con 24 dientes, tenemos:}$$

$$m = \frac{63.5 \text{ mm}}{(24 + 2)}$$

$$m = 2.44$$

luego calculamos el diámetro primitivo:

$$Dp = m * N = (2.44) * (24)$$

$$Dp = 58.56mm$$

Ahora hallamos el paso diametral:

$$Pd = \frac{25.4}{m} = \frac{25.4}{2.44}$$

$$Pd = 10.4 / in$$

Paso circular

$$Pc = m * p = 2.44 * p$$

$$Pc = 7.66$$

y el ancho del diente es $b = 14.28$ mm aproximadamente $9/16$ in.

Este sistema se utilizará para transmitir el movimiento de avance del cilindro y transformarlo en movimiento rotacional y Las dimensiones de la corredera serán las siguientes:



figura 41. Dimensiones de la corredera

El cilindro proporciona un torque máximo de:

$$T_{avance} = (120.6N) * 29.28mm = 3.53N * m$$

$$T_{retroceso} = (103.7N) * 29.28mm = 3.03N * m$$

5.2 DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRONEUMÁTICO

Para el diseño del circuito electroneumático de potencia y control debemos tener en cuenta los siguientes aspectos:

- a. Los actuadores van montados sobre una estructura mecánica móvil. El movimiento de esta estructura será realizada por la presión de aire aplicada en los cilindros neumáticos.

b. La velocidad de movimiento no debe ser elevada, preferiblemente regulable y con amortiguación para que no se deteriore ninguna pieza por impacto al reducir las velocidades bruscamente.

c. Se necesita monitorear la posición de cada uno de los cilindros de manera instantánea para realizar secuencias de trabajo relacionando los actuadores entre sí.

d. El trabajo efectuado por los actuadores (cilindros neumáticos), debe ser causado por el aire a presión, tanto en retroceso como en avance.

e. La acción de cierre y apertura de los cilindros debe poder ser controlado a distancia , en un espacio que no interfiera con el volumen de trabajo del manipulador.

f. La limpieza y lubricidad del aire se necesita en todos los elementos del circuito para evitar daños internos debido a partículas abrasivas que deterioren las conducciones neumáticas.

g. Un parámetro fundamental y determinante en el circuito son los diámetros requeridos por los cilindros para soportar la carga nominal. Estos diámetros deben ir de acuerdo a las exigencias de fuerza y deben ser manejables, es decir, ni muy grandes o pequeños que vayan en contra en la disposición física del manipulador.

h. Los controles de avance y retroceso de los cilindros deben poderse manipular aún sin fluido eléctrico.

i. Es indispensable un dispositivo de despresurización instantánea, para situaciones que lo ameriten, y que aumenten la seguridad.

5.2.1 Selección de los cilindros

Cilindro de la pinza

Recordemos que la fuerza en un cilindro viene dada por la formula:

$$F: 0.8 * \frac{P}{4} * D^2 * p$$

Siendo una pinza paralela, la cual fue diseñada en el numeral 5.1.1 para levantar objetos de 50 N. Y producir una fuerza de sujeción de 52.8 N se selecciona por tanto un cilindro de doble efecto de 16 mm de diámetro y 50 mm de carrera.

Cilindro horizontal

La fuerza de fricción a vencer es 99.35 N calculada en el numeral 5.1.3. Y por tanto necesitamos un cilindro con 20 mm de diámetro y una carrera de 200 mm debido al alcance sugerido por las dimensiones requeridas.

Cilindro vertical

Según toda la carga de la estructura del brazo robot, mas la carga que debe cargar necesitamos un cilindro de 20 mm de diámetro y una carrera de 200mm

Cilindro base

La masa inercial sugiere una fuerza bastante alta así que seleccionamos un cilindro de 16 mm de diámetro y 100 mm de carrera.

Todos los cilindros seleccionados tienen amortiguación regulable, en los finales de carrera y detección magnética de posición para el respectivo control de posición y posible realización secuencias.

Los Cilindros no poseen protección antigiro en el vástago, ya que no era necesario por la forma en que van montados los vástagos a los diferentes elementos a los que se le transmite movimiento.

La detección magnética es indispensable, ya que para seguir secuencias de trabajo, por ejemplo, necesitamos saber si el cilindro de la pinza ya soltó la masa movida para retornar a la posición inicial y repetir el ciclo.

Son cilindros de doble efecto para poder tener un mayor control del trabajo realizado.

Todos los cilindros proporcionan una fuerza mayor de lo que necesita el manipulador para transportar la carga con seguridad.

La decisión de disponer al manipulador con actuadores “FESTO” obedece a que es la única empresa productora de cilindros neumáticos con detección magnética que ofrece una gama muy amplia de rangos en carrera y diámetro que es muy útil a la hora de elegir el mejor elemento.

Las letras DSNU indica el tipo de cilindro (función). Las letras PPV Indica que son cilindros de amortiguación regulable en ambos finales de carrera. Los dos primeros números indican el diámetro del cilindro. Los números siguientes indican la carrera del cilindro.

En los anexos del 6 al 9 se muestran las características técnicas de cada uno de los cilindros seleccionados y el dibujo del producto.

5.2.2 Selección reguladores de caudal: A pesar de la amortiguación proporcionada por los finales de carrera en los cilindros, se necesita otro medio para el control de velocidad e impacto. Por esto se seleccionaron las válvulas reguladoras dispuestas a las entradas de presión de los cilindros. Estas realizan el estrangulamiento de caudal al escape de aire, es decir, son unidireccionales.

El aire de admisión no es recomendable regularlo, ya que produce fluctuaciones muy notables en la velocidad del vástago. Las válvulas reguladoras fueron seleccionadas para ocupar el menor espacio posible, y por este motivo, se montan directamente sobre los cilindros.

Para evitar la diversidad de productos, se decidió instalar reguladores “FESTO” (GRLA – 1/8 – B).

5.2.3 Cálculo del consumo de aire: El consumo de aire se mide en los cilindros neumáticos en unidades de Litros / metro en condiciones normales y depende de su diámetro, de su carrera y del número de ciclos de ida y vuelta que efectúa en unidad de tiempo.

Matemáticamente, el consumo se calcula a partir de la sumatoria del consumo de aire por cilindro:

$$ConsumoTotal = \sum (V + V1) * (p + 1) * N$$

donde

V = Volumen del cilindro al avance

$V1$ = Volumen del cilindro en retroceso

N = Número de ciclos por minuto

P = Presión normal de trabajo.

A continuación calcularemos el consumo de aire para una secuencia de trabajo específica. En donde se considerará un consumo máximo de aire cuando los tres primeros cilindros trabajen al tiempo, y posteriormente se activará el cuarto cilindro.

5.2.3.1 Volúmenes de los cilindros

a. Volumen del Cilindro de la base

$$V_{bsal} = \frac{P * D^2}{4} * C = \frac{P * (16 \text{ mm})^2}{4} * 100 \text{ mm}$$

$$V_{bsal} = 20.1 \text{ cm}^3$$

$$V_{bent} = \frac{P}{4} * (D^2 - d^2) * C = \frac{P}{4} (16^2 - 6^2) \text{ mm}^2 * 100 \text{ mm}$$

$$V_{bent} = 17278.76 \text{ mm}^3 = 1.7278 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

Vbsal: Volumen de salida del cilindro de la base

Vbent: Volumen de entrada del cilindro de la base

b. Volumen de los cilindros horizontal y vertical

$$V_{hsal} = \frac{P}{4} * D^2 * C = \frac{P}{4} * (20 \text{ mm})^2 * 100 \text{ mm}$$

$$V_{hsal} = 62831 \text{ mm}^3 = 6.2831 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$V_{hent} = \frac{P}{4} * (D^2 - d^2) * C = \frac{P}{4} * (20^2 - 8^2) mm^2 * 200mm$$

$$V_{hent} = 52778 mm^3 = 5.2778 * 10^{-5} m^3$$

Vhsal: Volumen de salida del cilindro de elevación

Vhent: Volumen de entrada del cilindro de elevación.

c. Volumen del cilindro de la pinza

$$V_{psal} = \frac{P}{4} * D^2 * C = \frac{P}{4} * (16mm)^2 * 50mm$$

$$V_{psal} = 10053 mm^3 = 1.0053 * 10^{-5} m^3$$

$$V_{pent} = \frac{P}{4} * (D^2 - d^2) * C = \frac{P}{4} * (16^2 - 6^2) mm^2 * 50mm$$

$$V_{pent} = 8639.37 mm^3 = 8.639 * 10^{-6} m^3$$

Vpsal: Volumen de salida del cilindro de la pinza

Vpent: Volumen de entrada del cilindro de la pinza

5.2.3.2 Ciclaje de la secuencia

El ciclaje se calcula teniendo en cuenta las velocidades de los cilindros:

Velocidad del cilindro base = 0.05 m / s

Velocidad de elevación = 0.2 m / s

Velocidad de alcance = 0.2 m / s

Velocidad de pinza = 0.8 m / s

(Ver, El proyecto – características técnicas – Velocidad 5.4.4)

Si la secuencia es :

Paso 1: Giro - elevación - extensión

Paso 2: cierre de pinza

Paso 3: Giro – descenso – retroceso.

Paso 4: Abre pinza

Cálculo de tiempo

Paso 1:

Giro

$$t1 = \frac{0.1m}{0.05m/s} = 2seg.$$

Elevación, extensión

$$t2 = \frac{0.2m}{0.2m/s} = 1seg.$$

Paso 2

Cierre:

$$t_3 = \frac{0.05m}{0.8m/s} = 0.0625 \text{ seg.}$$

Paso 3

Giro:

Como en el paso 1 $t_3 = 4 \text{ seg}$

Paso 4:

Abre pinza:

Como en el paso 2 $t_4 = 0.0625 \text{ seg}$

Teniendo en cuenta todo lo anterior, podemos concluir que el ciclo de trabajo supuesto se cumple en 4.125seg.

Entonces el numero de ciclos por minuto, teniendo en cuenta el sobrediseño, es de 14.54cpm (ciclos por minuto)

Entonces el consumo será:

$$\text{Consumo} = (V_{ent} + V_{sal}) * (p + 1) * \text{Ciclaje}$$

$$\text{Consumo} = (249.9 \text{ cm}^3) * (7) * (14.54)$$

$$\text{Consumo} = 25.43 \text{ Litros / min}$$

5.2.4 Selección de conducciones neumáticas

Sabiendo, que la secuencia máxima de trabajo consumirá unos 25.43 l/min. de aire a presión (aproximadamente 0.898 ft³/min) y que se trabaja a 6 bar normalmente podemos decidir basándonos en el anexo 10 que la conexión mínima de 1/8 de pulgada a 90 psi (aprox. 6 bar),soporta unos 6.5 ft³/min). Es decir, con un tubo de 3.175 mm = 1/8 in, se puede trabajar satisfactoriamente.

Como se vienen seleccionando, elementos “FESTO” decidimos que la conexión neumática flexible PUN * 6 * 1 de diámetro interior igual a 4 mm ofrece un buen desempeño, incluso soportando un mayor volumen de aire en unidad de tiempo.

5.2.5 Selección de válvulas distribuidoras

La mejor forma de controlar un cilindro de doble efecto es con una válvula de 5/2 vías.

La selección de las electroválvulas CPE10 – M1H – 5JS – M (anexo 11) obedece a los siguientes factores:

- a. Tamaño: Sus dimensiones pequeñas hace fácil el montaje incluso sobre la misma estructura mecánica del robot.
- b. Accionamientos: El mando de la electroválvula por una señal neumática controlado por solenoide permite manipularlas desde una distancia que no interfiera con el volumen de trabajo del manipulador. El accionamiento es eléctrico, con solenoide y también con pulsador manual para eventuales fallas de energía eléctrica.
- c. Vida útil: Son electroválvulas que trabajan perfectamente para una vida útil de 100 millones de ciclos.

Las conexiones de los tubos de conducción de aire a presión también influyen en el tamaño.

En los anexos 11 y 12 se muestra las características técnicas y la gráfica de estas electroválvulas CPE10 – M1H – 5JS – M

5.2.6 Selección de la unidad de mantenimiento

A pesar de que los diferentes elementos hasta ahora seleccionados pueden trabajar perfectamente con aire filtrado sin lubricación, es necesario colocar una unidad FRL

(Filtro, regulador, lubricador), adecuada para el funcionamiento seguro del circuito neumático.

Es necesario también regular la magnitud de la presión aplicada al circuito.

La selección de la unidad de mantenimiento FRL – 1/8 – D – MINI, obedece a los siguientes aspectos:

- a. Necesidad de acondicionamiento del aire comprimido proveniente del compresor (filtrado y lubricación), para ratificar la seguridad de funcionamiento de la instalación neumática.
- b. Eliminación de oscilaciones de la presión que se produce por la conexión y desconexión del compresor.
- c. Aseguramiento de la presión de trabajo del lado de la salida de aire, con el regulador (la presión de entrada siempre debe ser mayor que la de trabajo)

En los anexos 13 y 14 se muestran las características técnicas y la gráfica de la unidad de mantenimiento FRL-1/8-D-MINI.

Para finalizar el diseño y la selección de los elementos en el circuito neumático, se dispuso una válvula de vías 3/2 (anexo 15) normalmente abierta para despresurizar el sistema en caso de accidentes o que alguna situación lo amerite.

Además de todos estos elementos se seleccionaron los sensores adecuados para esta aplicación (ver anexos 16 y 17)

Entonces el circuito quedaría de la siguiente manera: ver figura (plano 2)

Todos los elementos neumáticos fueron seleccionados del catálogo de productos FESTO 2000, cd interactivo

5.3 TIPO DE CONTROL

5.3.1 Selección del controlador

Basándonos en las características de los dispositivos seleccionados para el circuito electroneumático procederemos a la selección del controlador lógico programable más adecuado para la aplicación.

Para cumplir con el propósito del controlador se necesita un PLC con las siguientes especificaciones:

- Ocho entradas digitales destinadas a captar las señales emitidas por los ocho sensores magnéticos localizados en los cuatro cilindros neumáticos.

- Ocho salidas a relés que son las encargadas de enviar, por medio de los contactores, la señal a las bobinas de las electroválvulas, para así direccionar el aire a presión.}

- Tensión de 24 Voltios. Este parámetro está determinado por el voltaje requerido por las electroválvulas (24 VDC).

- Fácil programación y puesta en marcha

Considerando las especificaciones anteriores, a demás de los dispositivos existentes en el mercado, costos y facilidad de manejo, se obtuvo un microcontrolador (PLC) marca EASY referencia 412 – DC-RC, de la empresa MOELLER. (ver anexo 18).

Para el control de los distribuidores (electroválvulas), es necesario conectar cada salida a relés de mando complementarios. El controlador seleccionado no cumple el número de salidas necesarias, sólo posee la mitad de ella, pero como las bobinas de las electroválvulas trabajan independientemente, se adaptan cuatro relés de mando y con esto duplicamos el número de salidas del controlador, igualando así el número de salidas necesarias.

Las especificaciones de estos relés de mando son:

- Relés de mando marca KOHNKE, 24 VDC, 11 pines

5.4. CARACTERISTICAS TECNICAS DEL ROBOT

5.4.1 Configuración del robot diseñado: El manipulador diseñado en este proyecto obedece a un robot de configuración cilíndrica. Este representa 2 movimientos lineales (horizontal y vertical) y uno rotacional (en la base). El robot es capaz de conseguir un espacio de trabajo que se aproxima a medio cilindro hueco.

5.4.2. Grados de libertad y movimiento: De acuerdo a los dos movimientos lineales y el movimiento rotacional descritos por el robot, este posee 3 grados de libertad, los dos movimientos lineales ,uno vertical y otro horizontal, son realizados por medio de cilindros neumáticos, mientras que el movimiento rotacional se ejecuta a través de un sistema piñón-cremallera ,donde esta es impulsada por un tercer cilindro neumático. los tres movimientos son totalmente independientes

5.4.3 Volumen de trabajo: El volumen de trabajo que presenta el robot viene dada por el volumen de medio cilindro, para determinar este volumen se indica un plano con los limites de movimiento que tiene cada una de las articulaciones del robot. El volumen de trabajo aproximado del robot es de $0.014451326 M^3$. (El volumen de trabajo se representa en la figura 42)

-Calculo del volumen de trabajo

$$V_t : \frac{P}{2} * (330 \text{ mm})^2 * \left(\frac{200 \text{ mm}}{2}\right) - \frac{P}{2} * (130 \text{ mm})^2 * \left(\frac{200 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$V_t : 14451326 \text{ .}2\text{mm}^3$$

$$V_t : 0.014451326 \text{ M}^3$$

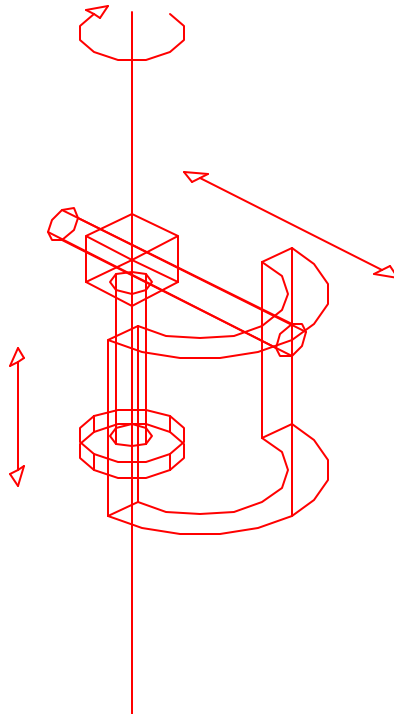


Figura 42. Volumen de trabajo del robot diseñado

Este medio cilindro se forma a partir de la rotación del sistema piñón-cremallera; esta rotación es de 180 grados y el alcance vertical determinado por la carrera máxima del cilindro ubicado verticalmente, en conjunto con el alcance horizontal determinado por la carrera del cilindro ubicado horizontalmente.

5.4.4. Velocidad de movimiento: La velocidad de movimiento del manipulador esta determinada por el grado de estrangulamiento que se aplique en los reguladores de caudal.

A pesar de que los cilindros ofrecen casi una velocidad de 1.5 m/seg, no es recomendable ponerlos a funcionar a ese rango de velocidad debido a la posibilidad de impacto en la estructura mecánica. Los cilindros tienen amortiguación regulable lo cual ayuda a frenar el movimiento del vástago en forma segura.

Entonces la velocidad del movimiento como viene determinada por los reguladores queda sujeta a cambios manuales para diferentes funcionamientos.

En los cilindros la regulación de velocidad se realiza por restricción al escape a ambas entradas de presión. El grado de control proporcionado por este método es adecuado para muchas aplicaciones incluyendo manipuladores de carga y descarga, pero el tiempo de respuesta será variable si la carga aplicada lo es, debido a que la compresibilidad del aire varia con al carga.

Sin embargo el control de la velocidad en si suele ser menos importante que la reducción de la velocidad a un nivel satisfactorio.

La velocidad del manipulador será muchas veces intermitente debido al rozamiento y la carga aplicada, así que es difícil tener un valor verdadero y único de velocidad.

Los rangos de velocidad seguros son los siguientes :

Velocidad de la base: $0.03 \text{ m/seg} = V_b = 0.06 \text{ m/seg}$

Velocidad vertical: V_v máxima : 0.2 m/seg

Velocidad horizontal: V_h máxima : 0.2 m/seg

Velocidad pinza: V_p máxima : 0.8 m/seg

En donde

V_b es la velocidad tangencial de giro de la base

V_v es la velocidad del cilindro de elevación y descenso del robot

V_h es la velocidad del cilindro de extensión y retroceso horizontal del robot

V_p es la velocidad del cilindro de la pinza

5.4.5. Capacidad de carga: En los robot y manipuladores la capacidad de carga se determina cuando estos están en su máxima extensión (alcance).

La capacidad nominal de carga del manipulador es de 3.5 Kilogramos (con velocidades moderadas).

Los elementos fueron diseñados y seleccionados para soportar una carga de 5 Kilogramos netos, pero cada uno de los elementos tienen un factor de seguridad independiente.

Debemos recordar que esta capacidad de carga se determino de acuerdo con una presión de trabajo de 6 bares (87 p.s.i).

Con un sistema de pinza mas robusta se puede llegar a triplicar la capacidad nominal de carga, trabajando a un presión un poco menos de 10 bares como parámetro inicial.

Cabe anotar que hay varios elementos de aluminio que solo soportan carga moderadas, como por ejemplo el sistema piñón-cremallera, si estos elementos fuesen de acero, la capacidad de carga fácilmente aumentaría con las velocidades bien reguladas.

5.4.6. Precisión: Normalmente en brazo robot la precisión de movimientos depende de tres factores que son: resolución espacial, exactitud y repetibilidad. En este proyecto la resolución espacial, la cual es el incremento más pequeño de movimientos que puede ejecutar el brazo; en realidad es baja, esto debido a que el menor incremento de movimiento esta determinado por los cilindros y como ya sabemos estos sólo poseen movimientos que se fijan en los extremos.

En conclusión los movimientos del robot vienen determinados por la carrera de los cilindros y son los que determinan las posiciones extremas del manipulador.

La exactitud en el brazo robot está determinada, mas que todo por la calidad de los componentes que conforman las uniones y acoples. Las tolerancias entre los acoples están en grado holgado.

La calidad de los elementos es aceptable, de acuerdo a las exigencias de un dispositivo didáctico.

Los robots de precisión necesitan otros materiales de construcción y otros procesos de maquinado y formado.

En general la exactitud es buena teniendo en cuenta que los cilindros neumáticos no son para cumplir una función de posicionamiento específica.

La repetibilidad, viendo que los cilindros tienen las posiciones finales bien definidas es confiable.

Cabe anotar que la repetibilidad depende mucho de la calidad de todos los elementos.

5.5 CONTROL Y PROGRAMACIÓN DEL ROBOT

Para la correcta programación del controlador lógico programable se hace necesario identificar correctamente todas las variables que intervienen en el proceso. Para cumplir esto, no apoyamos en los planos 2 y 3

5.5.1 Identificación de variables: En el plano neumático (PLANO 2) se muestra que el control de posición de cada pistón de cada cilindro se realiza mediante los sensores ($S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, S_8$) ubicados de la siguiente manera:

Cilindro 1: S_1 detectando cuando el vástago está retraído (cilindro cerrado)

S_2 detectando cuando el vástago está extendido (cilindro abierto)

Cilindro 2: S_3 detectando cuando el vástago está retraído (cilindro cerrado)

S_4 detectando cuando el vástago está extendido (cilindro abierto)

Cilindro 3: S_5 detectando cuando el vástago está retraído (cilindro cerrado)

S_6 detectando cuando el vástago está extendido (cilindro abierto)

Cilindro 4: S_7 detectando cuando el vástago está retraído (cilindro cerrado)

S_8 detectando cuando el vástago está extendido (cilindro abierto)

Por otra parte ya sabemos que las electroválvulas se mueven con una señal neumática controlada por una señal eléctrica. En una electroválvula 5/2 vías

CPE10 - M1H - 5JS – M hay un servopiloto para cada posición del distribuidor. Si vemos el plano eléctrico (PLANO 3) podemos decir que:

Para la electroválvula del cilindro 1: H_1 hace abrir el cilindro y H_2 hace cerrar el cilindro, y nunca estarán trabajando las señales al tiempo. El mando de estas es alternativo para cada electroválvula. (Ver figura 43) Cuando se activa la salida Q1 (una de las salidas a relé del PLC que serán explicadas más adelante) se cierra el circuito y la electroválvula cambia de posición.

Para las demás electroválvulas es muy similar, de la siguiente manera:

Para la electroválvula del cilindro 2: H_3 hace abrir el cilindro y H_4 hace cerrar el cilindro.

Para la electroválvula del cilindro 3: H_5 hace abrir el cilindro y H_6 hace cerrar el cilindro.

Para la electroválvula del cilindro 4 : H_7 hace cerrar el cilindro y H_8 hace abrir el cilindro.

Las conexiones desde H_1 hasta H_8 vienen derivadas desde Relés (R_1 , R_2 , R_3 , R_4). Estos relés se encuentran en una posición donde normalmente se activan las H pares (H_2 , H_4 , H_6 , H_8), es decir, una posición en donde los cilindros 1,2 y 3 están cerrados y el cilindro 4 abierto. Podemos llamar a esa posición reposo.

Las salidas a relé del PLC (Q_1 , Q_2 , Q_3 , Q_4), están conectadas a los relés R_1 , R_2 , R_3 , R_4 .

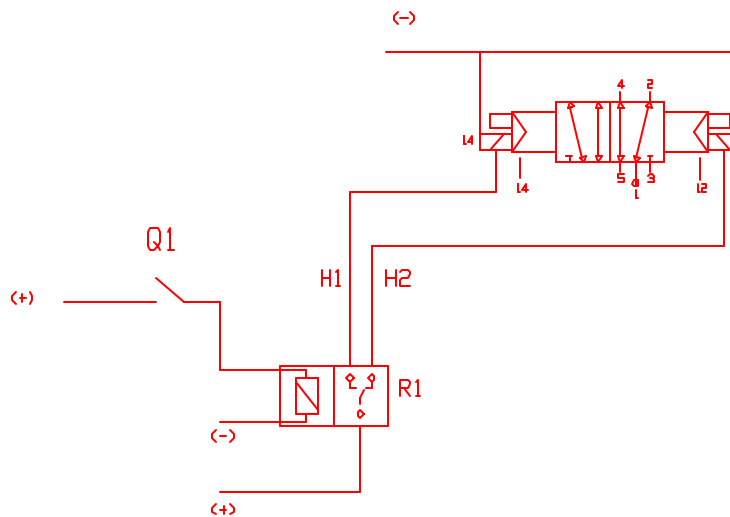


Figura 43. Control de una electroválvula por medio del PLC y relé

Si activamos por ejemplo Q_1 (cierre del relé en Q_1), enseguida el relé R_1 cambiaría de posición causando que se activará H_1 , lo cual se traduce en la apertura del cilindro 1.

Esto se repite en forma similar para las demás conexiones.

Entonces los relés R_1 , R_2 , R_3 , R_4 funcionan como módulos de ampliación de salidas para el PLC.

Por otra parte los sensores que monitorean las posiciones de los cilindros van conectados a las entradas (INPUT) desde I_1 hasta I_8 de esta manera:

S_1 conectado a I_1 , S_2 conectado a I_2 , S_3 conectado a I_3 , S_4 conectado a I_4 , S_5 conectado a I_5 , S_6 conectado a I_6 , S_7 conectado a I_7 y S_8 conectado a I_8 .

En el proceso de la identificación de variables, se hace necesario introducir algunas que son internas del PLC y facilitan aún más la programación de las secuencias de trabajo.

De esas variables internas, las más importantes son las llamadas M_1 , M_2 , M_3 , M_4 las cuales se encargan de memorizar la posición de las salidas a relé Q_1 , Q_2 , Q_3 , Q_4 así:

M_1 memoriza a Q_1 , M_2 memoriza a Q_2 , M_3 memoriza a Q_3 y M_4 memoriza a Q_4 ,

Después de haber identificado cada una de las variables que controlan al circuito electroneumático por medio del PLC podemos iniciar el proceso de programación de una secuencia de trabajo.

Es preciso para la correcta programación especificar la secuencia de trabajo deseada. Trabajemos por ejemplo en la secuencia:

Paso 1: Abre cilindro 1 (gira la base 180°)

Paso 2: Abre cilindro 2 (se eleva el bloque del manipulador)

Paso 3: Abre cilindro 3 (se extiende el dispositivo donde va montada la pinza)

Paso 4: Cierra cilindro 4 (se cierra la pinza)

Paso 5: Cierra cilindro 3 (se recoge el dispositivo donde va montada la pinza)

Paso 6: Cierra cilindro 2 (desciende el bloque principal del manipulador)

Paso 7: Cierra cilindro 1 (gira la base -180°)

Paso 8: Abre cilindro 4 (se abre la pinza)

La secuencia de trabajo efectuada por los cilindros neumáticos se muestra en el Plano 4.

Como el lenguaje que maneja el PLC es LADDER se hace necesario aplicar la lógica de la secuencia en escalera, y que da de la siguiente forma. (Ver figura 44)

Para ingresar el anterior programa o secuencia en el PLC de manera correcta se deben seguir los pasos y recomendaciones que se mencionan a continuación.

5.5.2 Inicio del equipo: Cuando se energiza el Easy 412 DC-RC aparece el menú principal

I	1	2	3	4	5	6	7	8	P
	?	?	?	?	?	?	?	?	LU
	?	?	?	?					03:07
Q	1	2	3	4					STOP

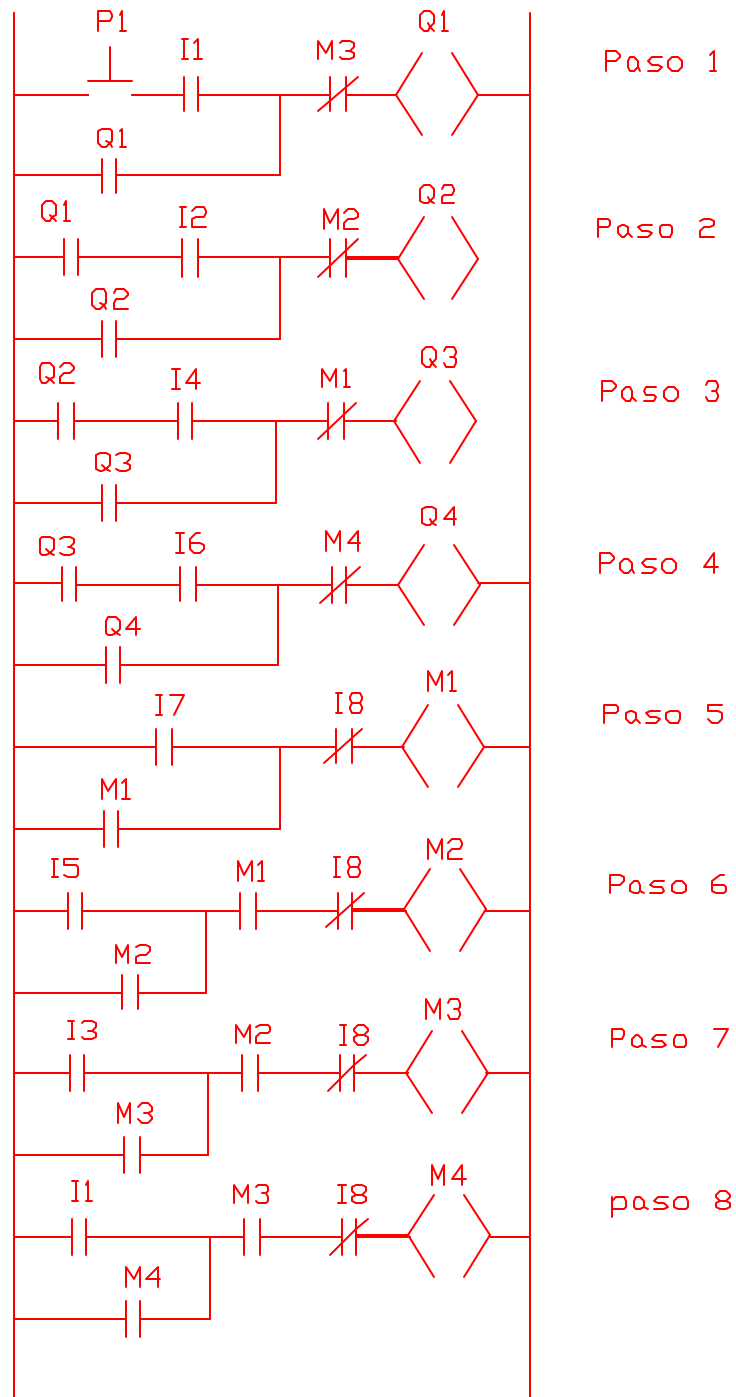


Figura 44. Diagrama LADDER de la secuencia programada

En este muestra la hora y día, las entradas I_1 hasta I_8 , las salidas Q_1 hasta Q_4 , la palabra STOP que indica que ningún programa se está ejecutando, y P que es la identificación del botón circular. Cuando algunos de los recuadros de las entradas estén sombreados significan que el sensor de dicha conexión está detectando el vástago del cilindro correspondiente. El botón P es cuádruple.

Cada una de las P funcionan como mandos ejecutables al ser presionados. Es decir que, por ejemplo el START, se puede asignar a P_1 .

El único botón que funciona en este menú es "OK", a parte de P que cuando es presionado muestra los P correspondientes. Al presionar "OK" aparece el siguiente menú

PROGRAMA....

RUN

PARAMETRO

REGUL. RELOJ

En donde la palabra programa sale intermitentemente lo cual significa que está seleccionada, luego se presiona "OK" nuevamente y aparece:

PROGRAMA

SUPRIM. PROG

Y nuevamente sale intermitentemente lo cual significa que está seleccionada, y al presionar "OK" una vez más sale una ventana en blanco. En esta ventana es donde se puede ingresar el programa o secuencia deseada.

5.5.3 Programación del equipo y puesta en marcha: Al estar ya en la ventana de programación, y al presionar "OK" aparece P1, donde la P aparece en forma intermitente. Si se presiona P2 o P4 se muestran letras diferentes tales como T, C, A, M, Q, I, que son varias variables, algunas ya explicadas.

Como P1 se comportará como START del programa, entonces Presionamos "OK", y ahora sale el 1 titilante, se confirma el 1 presionando de nuevo "OK".

Entonces ya sabemos que moviendo en P2 o P4 se seleccionan las variables, y se confirma con "OK". Para ingresar el resto de variables los pasos son los mismos.

Ahora, para negar las variables lo hacemos de la siguiente forma:

Se selecciona la variable a negar y luego se presiona "ALT", y cuando aparezca la línea de negación se presionado "OK".

Si seguimos en el proceso de ingresar el programa, vemos que la segunda línea va relacionada con la primera. Esto lo logramos de la siguiente forma:

Después de ingresar y confirma Q1 se presiona "ALT" y con el botón P funcionando como cursor se lleva hasta el sitio deseado y se presiona "ALT" nuevamente.

Para borrar una variable mal ingresada, solo se ubica encima de ella y se presiona "DEL", y se desea eliminar toda una línea de programación solo hay que colocar el cursor al principio de la línea y presionar "DEL"

Cuando se termine de ingresar el programa se presiona ESC, y se regresa al menú anterior, y al presionarlo nuevamente se llega al menú:

PROGRAMA....

RUN

PARAMETRO

REGUL. RELOJ

Si se selecciona RUN, y luego "OK", se corre el programa inmediatamente.

5.6 SELECCIÓN DEL RODAMIENTO

Al seleccionar el rodamiento, lo primero que se debe considerar es que tipo de rodamiento se va a usar, puesto que cada tipo de rodamiento tiene propiedades que lo caracterizan y lo hacen particularmente adecuado para ciertas aplicaciones.

Para nuestra aplicación se considerará los tipos de rodamientos de rodillos y los rodamientos de bolas, estos están en capacidad de soportar cargas tanto axiales como radiales.

Datos

- Mínimo diámetro del eje: 1 ½ in
- Velocidad de radianes / segundo:

$$V = W * r \text{ entonces } W = V / r$$

Siendo V la velocidad del cilindro de giro (0.05 m/s), ver numeral 5.2.3.2

Y r el radio del engranaje (58.56 mm), ver numeral 5.1.6

De donde

$$W = (50 \text{ mm/s}) / (58.56 \text{ mm}) = 0.85 \text{ rad/seg}$$

- La carga radial máxima que se ejerce sobre el cojinete viene dado por la fuerza que se produce cuando el cilindro que describe los movimientos horizontales sale y entra. De ambas fuerzas tomamos la mayor; esta es del valor de Fr: 188.5 N: 19.2kg. (ver anexo G).

- La carga axial (en la dirección vertical) es el peso de la estructura junto con la pieza. F_a : 20 kilogramos

Con los anteriores valores se calculan las cargas equivalentes tanto dinámicas como estáticas que se presentan en el rodamiento.

Carga dinámica equivalente

$$P: X \cdot v \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

Donde

x: factor radial que se da a continuación

v: factor de rotación

1.0 si el anillo interior gira con respecto a la carga

1.2 si el anillo exterior gira con respecto a la carga

Y: factor axial que se da a continuación y por último e: valor de referencia que se da en la tabla de enseguida.

Cuando $F_a/v \cdot F_r$ es menor o igual a e, utilizar X:1 y Y :o

Cuando $F_a/v \cdot F_r$ es mayor que e, utilizar X: 0.56 y Y: de la tabla anexo R

- C_o : capacidad de carga estática (tabulado en los catálogos de cojinetes)
Como todavía no sabemos el cojinete que debemos emplear, seguiremos el método de ensayo y error para obtener la constante s necesarias.
- Como sabemos que el diámetro del eje es de 1 ½", encontramos un cojinete de una sola hilera de bolas que tenga el agujero adecuado y verificamos su capacidad. Encontramos los siguientes cojinetes (anexo S)

Cojinetes(designación)	630308	362008
Agujero	40 mm	40 mm

Probemos arbitrariamente, un cojinete 630308.

Los valores dados para este cojinete son:

Co:16600 N: 1693.87 kg

C: 23600 N: 2408.16 kg

Entonces F_a/Co : $20/1693.87$: 0.0118072 que corresponde a e : 0.22

Como $F_a/v*Fr$: $20/1*19.2:1.04 \gg e$, utilizo $X:0.56$ y $Y:2$. En consecuencia

$P: X*v*Fr + Y*F_a$

$P: 0.56*1*19.2 + 2*20$

$P:50.752$

El cojinete 630308 tiene capacidad mayor que la necesaria, por lo tanto acomoda a los requerimientos .

Además de soportar las cargas nos parece muy conveniente el rodamiento, porque posee 2 prisioneros que lo aseguran al eje y nos brindan mas estabilidad.

Carga estática equivalente

$P_o: 0.6*Fr + 0.5* F_a$

$P_o: 0.6*19.2 + 0.5*20$

$P_o: 21.52$

La capacidad estática esta por encima de las cargas por tanto este cojinete cumple con los requerimientos.

5.7 LIMITACIONES DE LA PIEZA

Basándonos en la característica técnica del robot capacidad de carga igual a cinco (5) Kilogramos, se realizaron los cálculos necesarios para determinar la fuerza para sujetar y mover un pieza de esta masa, posteriormente se selecciono el cilindro neumático que supliera con estas consideraciones (DSNU – 16 – 50 PPV), ver numerales 5.1.1 y 5.2.1. Las limitaciones de las dimensiones de las piezas están determinadas por las del cilindro mencionado anteriormente, acoplada a las mordazas. La longitud entre las mordazas cuando el cilindro está cerrado es de 15 cm y cuando esta abierto la longitud es de 20 cm, por tanto, lo recomendable para garantizar una buena sujeción es que las piezas se encuentren dentro de un rango de 16 a 19 cm de longitud.

La altura está determinada por la distancia que hay entre la guia de la pinza y la parte inferior de las mordazas, esta es de 6 cm, mientras que el espesor viene dado por el ancho de las mordazas, este es 5 cm; aunque de un rango de 5 a 10 cm su funcionamiento es estable.

Considerando lo anterior, tenemos que las piezas están limitadas de la siguiente manera:

- Ancho: 16 – 19 cm
- Altura: 2 – 6 cm
- Espesor: 5 – 10 cm

A la hora de realizar una práctica se deben tener muy en cuenta las limitaciones de las piezas, puesto que la posición de entrada del cilindro cambia dependiendo del tamaño de la pieza, y el sensor que capta la señal debe localizarse de tal forma que reciba esta señal y se pueda ejecutar la secuencia programada.

5.8 RESULTADOS DEL PROYECTO

Luego de haber realizado y cumplido con el cronograma de actividades se obtuvo:

Un banco didáctico para la visualización de un proceso de carga y descarga automático, el cual es realizado por un brazo robot. Dicho brazo cuenta con 3 grados de libertad, es de configuración cilíndrica, tiene un volumen de trabajo bastante amplio y cuenta con una aceptable precisión

Una estructura mecánica robusta, apta para soportar todos los dispositivos que conforman el brazo robot neumático.

Un controlador lógico programable que, con la ayuda de dispositivos como los relés, cumple con todas las especificaciones técnicas para el control del brazo.

Todos los cálculos para el diseño y la selección de todos los elementos, tanto mecánicos como neumáticos y electrónicos, que conforman el brazo robot.

Un manual de instrucción y operaciones en donde se explica la forma de manipular el robot, comprendiendo la manera de programar las diferentes secuencias de trabajo. Este manual incluye las consideraciones a tener en cuenta para poner en funcionamiento el brazo robot.

Un manual de mantenimiento que incluye el cuidado que se debe tener con el manipulador y todos los sistemas que conforman al mismo (sistema mecánico, neumático y electrónico)

Una guía de laboratorio (anexada al final del proyecto), para que los estudiantes pongan en práctica todo lo aprendido en cuanto a dispositivos robotizados que utilizan dispositivos neumáticos, y que son controlados por PLC. Es decir que el estudiante debe tener conocimientos de robótica, neumática y control.

Un hipertexto, anexado al texto del proyecto, y una página web en donde se muestra el contenido básico de la realización del proyecto.

5.7 RECOMENDACIONES

Todos y cada uno de los elementos que conforman el manipulador son indispensables y de difícil obtención, por tanto al realizar algún desmontaje, se deben cuidar muy bien cada una de estas partes, pues en caso de pérdida sería una pena que un proyecto como este se arruinara por un descuido.

Antes de realizar la practica de laboratorio anexada al proyecto es necesario remitirse a la teoría de control y programación y al manual de operaciones, y así evitar que el manipulador se utilice en forma errada, pudiendo ocasionar fallas o errores que puedan dañar al mismo o a terceros.

Se recomienda que el banco quede localizado en un lugar libre de humedad y libre de suciedades. Hay que tener en cuenta que algunos dispositivos no permiten altas temperaturas, por lo tanto un lugar fresco sería ideal

El manipulador se encuentra diseñado con un limite de carga, fuera de este límite, los factores de seguridad disminuyen, por tanto no se recomienda sobrepasar los 5 kilogramos de peso en la pieza a manipular.

Recomendamos que para ampliar los alcances del proyecto se tuviera en cuenta la inclusión de otros controladores (con más capacidad) o en su defecto por un PC, para poder simular también el proceso y las secuencias realizada por el robot.

6. CONCLUSIONES

Luego de haber realizado este proyecto podemos decir que los controladores lógicos programables son de gran ayuda en la automatización de procesos industriales, así como también en el control de elementos, ya sean neumáticos, eléctricos o electrónicos.

Es necesario determinar el tipo de controlador más adecuado a la hora de automatizar un proceso o si queremos controlar un sistema y conocer todos los factores que se deben tener en cuenta en dicha selección.

Pudimos darnos cuenta que, a pesar de que el controlador no contaba con el número de salidas que requería el sistema, con la ayuda de dispositivos como los relés logramos subsanar este inconveniente. De ahí que ahora podemos decir que los PLC se les pueden adaptar fácilmente otros dispositivos, para así mejorar sus propiedades, y es de gran ayuda a la hora de reducir costos.

Existen diversas clases de PLCs en el mercado, según las necesidades del cliente, teniendo cada uno diversas maneras o lenguajes de programación. En nuestro caso, seleccionamos un controlador lógico programable, que maneja un

lenguaje de programación llamado “LADDER” o Escalera, el cual es un lenguaje fácil de comprender.

Inicialmente se había planteado en el anteproyecto la utilización de un PLC de mayores proporciones, pero hay que tener en cuenta que estos dispositivos se seleccionan de acuerdo a las necesidades del usuario, o más bien según las funciones a desempeñar, es decir que el controlador quedaría subutilizado en nuestro sistema.

En el caso de los cilindros neumáticos, podemos decir que estos manejan velocidades muy altas (milisegundos), y para lograr una disminución en dichas velocidades implica la utilización de otros dispositivos adicionales como los reguladores, y de esta forma lograr un mayor control de el manipulador

En el caso de la estructura mecánica podemos decir, que el soporte de brida con rodamiento utilizado como elemento que facilita el movimiento rotacional, debido a la altura del robot no garantiza una estabilidad total del sistema. El manipulador permite cierto grado de inestabilidad.

La precisión necesaria en el manipulador, implica el desarrollo de procesos de manufactura de alta precisión, por tanto, si se hubiese contado con talleres más especializados, las imprecisiones fuesen menores.

Para la manipulación del robot es necesario tener conocimientos previos de gran envergadura en neumática, electrónica y conocer muy bien el lenguaje de

programación que utiliza el sistema, para así poder programar una determinada tarea, por ello también es necesario saber identificar y conocer cada uno de los elementos que componen el manipulador.

Para la realización del proyecto fue necesario renunciar a una parte del objetivo, el cual era colocar un grado más de movimiento (otro cilindro neumático), y la colocación de un motor paso a paso en la base rotativa. Lo anterior se decidió debido a que los costos para el control de tantos dispositivos se duplicaban. Hay que recordar que estos costos fueron asumidos directamente por los autores del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

ANGÚLO, José María, Curso de robótica. Madrid: Paraninfo, 1989. 430p

_____, Guía fácil de robótica. Madrid: Paraninfo, 1986. 134p

_____, Robótica práctica. Tecnología y aplicaciones. Madrid: Paraninfo, 1996.
451p

ASM Handbook. Volume 1. Properties and selection: Irons, steel and high performance alloys. ASM international. Tenth edition.

AVALLONE, Eugene y BAUMEISTER, Theodore, Marks . Manual del ingeniero mecánico. México D.F. Mc-Graw Hill, 1997.

DEPERT, W y STOLL, K., Aplicaciones de la neumática. Barcelona: Marcombo, 1991. 135p

GROOVER, Mikell P. et al, Robótica industrial. Tecnología, programación y aplicaciones. Mexico D.F: Mc-Graw Hill, 1990. 595p

GUILLÉN, Salvador Antonio, Introducción a la neumática. Barcelona: Marcombo, 1993. 156p

HYDE, John; REGUÉ, Joseph y CUSPINERA, Albert, Control electro neumático y electrónico. Barcelona: 1998, 150p

JIMENEZ DE CISNEROS, Luis María, Manual de neumática: Barcelona. Blume, 1979. 501p

MANDADO PEREZ, Enrique; MARCOS ACEVEDO, Jorge y PEREZ LÓPEZ, Serafín Alfonso, Controladores lógicos y autómatas programables. Barcelona: Marcombo, 1992. 383p

ROMERO ROMERO, Miguel Angel, Manual de neumática Industrial. Tecnológica de Bolívar Institución Universitaria. Cartagena, 1992. 180p

SHIGLEY, Joseph Edward; MISHKE, Charles R., Diseño en ingeniería mecánica: México D.F. Mc Graw Hill, 1990. 883p

SMITH, Carlos A. y CORRIPIO, Armando, Control automático de procesos. México D.F: Limusa, 1997. 711p

VALENCIA, Hernán, Controladores lógicos programables. Medellín. Universidad pontificia bolivariana, 1992. 116p

ANEXOS

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BRAZO ROBOT DIDÁCTICO
PROGRAMABLE**

MANUAL DE OPERACIÓN

Por:

**ROLANDO JOSÉ BELEÑO PIANETA
CARLOS ALBERTO CORRAL VILLARREAL
ALEX ERNESTO ESCUDERO BRAVO**

**TECNOLÓGICA DE BOLIVAR INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
ÁREA DE SISTEMAS AUTOMATICOS DE PRODUCCION
CARTAGENA D .T. Y C**

2001

MANUAL DE OPERACIÓN

Para la mejor comprensión de este manual de instrucciones y operación se recomienda consultar el texto del proyecto, ya que todo se basa en lo allí explicado

Antes de poner en funcionamiento el manipulador neumático se deben cumplir las siguientes pautas:

1. Verificar y comprobar que todas las conexiones neumáticas y eléctricas estén correctamente adaptadas a sus respectivos dispositivos.
 - a) Cilindros:
 - Constatar que los reguladores estén debidamente enroscados, como también los racores.
 - b) Electroválvulas:
 - Asegurarse que la línea de entrada de aire sea la correspondiente especificada por el fabricante.
 - Cerciorarse que las bobinas estén bien acopladas a las electroválvulas, que los conectores que extraen las señales de el controlador estén correctamente empalmados.
 - c) Unidad de mantenimiento:

- Garantizar que las conexiones de entrada y salida sean adecuadas (recordemos que la válvula de vías 3/2 está a la entrada de la unidad de mantenimiento).

d) Compresor:

- Verificar que el voltaje suministrado sea el apropiado para su correcto funcionamiento para evitar sobrecargas.
- Comprobar que la presión máxima suministrada por el compresor no sobrepase los límites especificados para la unidad de mantenimiento (230 p.s.i)

e) Sensores:

- Confirmar que se encuentren debidamente localizados de tal forma que capte la posición del vástago del cilindro.

f) PLC (Controlador lógico Programable):

- Constatar que todas los sensores estén conectados a las entradas asignadas.
- Verificar que la fuente provea una tensión constante de 24 Voltios.
- Las salidas deben ir conectadas a los relés y a su vez se conectan a las electroválvulas.
- Cerciorarse de que ninguna conexión presente peligro de cortocircuito o cualquier anomalía eléctrica.

2. Comprobar el buen funcionamiento de toda la estructura mecánica

a) Soporte de rodamiento bridado:

- Asegurarse de que la brida esté perfectamente apretada por medio de los pernos a la mesa del banco.
- Hacer rotar la base para evaluar la suavidad de giro, y en base a esto determinar el grado de lubricidad a aplicar

b) Eje:

- Verificar que se encuentre bien ajustado al soporte de rodamiento bridado.

c) Base y guías verticales:

- Hay que asegurarse de que el tornillo central de la base esté apretado fuertemente al eje de giro.
- Los apoyos verticales deben estar bien apretados mediante las tuercas interiores y así evitar cualquier desalineamiento del manipulador.

d) Guías horizontales:

- Debido a que las guías horizontales encajan en topes con holgura en los agujeros, es necesario comprobar que el deslizamiento de estas guías paralelas sea suave y evaluar si el vástago del cilindro correspondiente tiene mucha desalineación que produzca pandeo del mismo.

- Se debe asegurar que luego de comprobar el suave deslizamiento y la alineación se aprieten las tuercas de los extremos de las guías a los soportes.

e) Pinza:

- Verificar los ajustes de los elementos roscado.

Además de todo esto se debe cumplir lo siguiente:

1. Ningún cable sensor, conexión eléctrica o neumática, debe interferir con el correcto desplazamiento del manipulador.
2. Todos los elementos roscados deben tener un apriete fuerte, conveniente para los movimientos, pero no tan excesivo que pueden interrumpir o atascar estos.
3. Nunca se debe permitir la operación del manipulador cuando se encuentren elementos ajenos del mismo dentro del volumen de trabajo del manipulador, ya que pueden ocasionar una falla en el sistema.
4. Antes de la realización de cualquier tarea por parte del manipulador hay que asegurarse que los elementos como las guías y el sistema piñón-cremallera estén lubricados de manera correcta.

PUESTA EN MARCHA

Después de haber programado la secuencia respectiva de trabajo para el circuito electroneumático y haber seguido todas las instrucciones es necesario:

1. Abrir la válvula del compresor y así permitir el paso de aire.
2. Verificar si la válvula de seguridad 3/2 se encuentra abierta y así poder permitir el acceso de aire a presión al sistema.
3. Regular la presión de aire y así establecer la presión de trabajo del sistema.

En este punto, el robot se encuentra en su posición de reposo, la cual es:

Los cilindros de giro de la base, extensión y retroceso, y el de elevación y descenso cerrados, y el cilindro de la pinza abierto.

Esta posición se encuentra ratificada ya que la presión de aire lo mantiene así.

Para comenzar a realizar la secuencia programada en el PLC, solo hay que presionar P1.

- Inicio del equipo

Cuando se energiza el Easy 412 DC-RC aparece el menú principal

	I	1	2	3	4	5	6	7	8	P
?	?	?	?	??	?	?				
										LU
?	?	?	?							03:07
Q	1	2	3	4						STOP

En este muestra la hora y día, las entradas I_1 hasta I_8 , las salidas Q_1 hasta Q_4 , la palabra STOP que indica que ningún programa se está ejecutando, y P que es la identificación del botón circular. Cuando algunos de los recuadros de las entradas estén sombreados significan que el sensor de dicha conexión está detectando el vástago del cilindro correspondiente. El botón P es cuádruple.

Cada una de las P funcionan como mandos ejecutables al ser presionados. Es decir que, por ejemplo el START, se puede asignar a P_1 .

El único botón que funciona en este menú es "OK", a parte de P que cuando es presionado muestra los P correspondientes. Al presionar "OK" aparece el siguiente menú

PROGRAMA....

RUN

PARAMETRO

REGUL. RELOJ

En donde la palabra programa sale intermitentemente lo cual significa que está seleccionada, luego se presiona “OK” nuevamente y aparece:

PROGRAMA
SUPRIM. PROG

Y nuevamente sale intermitentemente lo cual significa que está seleccionada, y al presionar “OK” una vez más sale una ventana en blanco. En esta ventana es donde se puede ingresar el programa o secuencia deseada.

- Programación del equipo

Al estar ya en la ventana de programación, y al presionar “OK” aparece P1, donde la P aparece en forma intermitente. Si se presiona P2 o P4 se muestran letras diferentes tales como T, C, A, M, Q, I, que son varias variables, algunas ya explicadas.

Como P1 se comportará como START del programa, entonces Presionamos “OK”, y ahora sale el 1 titilante, se confirma el 1 presionando de nuevo “OK”.

Entonces ya sabemos que moviendo en P2 o P4 se seleccionan las variables, y se confirma con “OK”. Para ingresar el resto de variables los pasos son los mismos.

Ahora, para negar las variables lo hacemos de la siguiente forma:

Se selecciona la variable a negar y luego se presiona "ALT", y cuando aparezca la línea de negación se presionado "OK".

Si seguimos en el proceso de ingresar el programa, vemos que la segunda línea va relacionada con la primera. Esto lo logramos de la siguiente forma:

Después de ingresar y confirma Q1 se presiona "ALT" y con el botón P funcionando como cursor se lleva hasta el sitio deseado y se presiona "ALT" nuevamente.

Para borrar una variable mal ingresada, solo se ubica encima de ella y se presiona "DEL", y se desea eliminar toda una línea de programación solo hay que colocar el cursor al principio de la línea y presionar "DEL"

Cuando se termine de ingresar el programa se presiona ESC, y se regresa al menú anterior, y al presionarlo nuevamente se llega al menú:

PROGRAMA....

RUN

PARAMETRO

REGUL. RELOJ

Si se selecciona RUN, y luego "OK", se corre el programa inmediatamente.

