



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

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

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL PARA EL
ROBOT AEC APLICACIÓN AUTOMÁTICA, UTILIZADO EN EL
TRANSPORTE DE PIEZAS PLÁSTICAS DE LA EMPRESA ECUAMATRIZ”.**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

Presentado por

**MARLON EDUARDO ENCALADA VIVANCO.
FAUSTO RICARDO TRUJILLO SUQUILANDA.**

Riobamba –Ecuador

2012

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento profundo a toda mi familia que de una u otra manera depositaron en mí su confianza, a mi padre por darme la vida y su ejemplo, en especial a todos mis hermanos que con su apoyo incondicional tanto moral, económico y espiritual, lograron forjar en mí a una persona de bien, agradezco el empeño y enseñanza inculcada desde niño que fue el detonante para la búsqueda de la superación y la realización como persona.

A mi esposa Miriam Jaramillo y a mi hija Alina que son fuente de inspiración al momento de cumplir objetivos de la vida, agradezco por tenerlas a mi lado y ser mi prioridad más grande de mí ser.

Agradezco a la escuela superior politécnica de Chimborazo, en especial a la escuela de ingeniería electrónica en control y redes industriales, al Ing. Lenin Aguirre, al Ing. Paúl Romero y al Ing. Pablo Guevara quienes nos ayudaron en el desarrollo y fortalecimiento de nuestros conocimientos para el desarrollo del presente trabajo.

RICARDO

DEDICATORIA

*A mis HERMANOS: Angelo, Rodrigo, Nancy y Martha,
Porque siempre he contado con ellos para todo, gracias a la
confianza que siempre nos hemos tenido; por el apoyo y amistad.*

*A mi ESPOSA Miriam, que ha estado a mi lado dándome
cariño, confianza y apoyo incondicional para que pueda seguir
adelante y levantarme de las caídas que se me presentaron
durante este proceso de superación.*

*A mi HIJA Alina, que es el motivo y la razón que me ha llevado
a seguir luchando día a día, para alcanzar mis ideales de
realización, por demostrarme en los momentos más difíciles su
amor e inspiración.*

A mis AMIGOS.

*Que gracias al equipo que formamos logramos llegar hasta el
final del camino y que hasta el momento, seguimos siendo
amigos.*

RICARDO

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a DIOS, que ha sido un soporte fundamental en alcance de mis metas particulares por haberme dado la perseverancia, inteligencia y salud para alcanzar este objetivo.

Agradezco a mi familia de manera muy particular a mi mami Olga quien en vida hizo que se me facilitaran las cosas para poder llegar a este objetivo Y a mi papá Víctor que siempre creyeron en mí y juntos supieron apoyarme incondicionalmente siempre en todo momento moral y económicamente, a mis hermanos que han sido ejemplo para cada día seguir adelante y a mis sobrinos que con su ternura son la razón de superación y de inspiración.

El más sincero agradecimiento a la escuela superior politécnica de Chimborazo, en especial a la escuela de ingeniería electrónica en control y redes industriales, al Ing. Lenin Aguirre, al Ing. Paúl romero quienes nos ayudaron en el desarrollo de la presente tesis.

MARLON

DEDICATORIA

Dedico esta victoria a mi madre Olga Vivanco quien me ayudo y apoyo demostrándome su ternura y confianza depositada en mí. Y a mi padre Víctor Encalada por creer de la misma manera en mí, de ellos y para ellos es esta victoria.

A mis hermanos, que con sus sabios consejos y apoyo moral supieron incentivar me para alcanzar este objetivo y por haberme enseñado el valor de la vida en la familia.

A todos mis amigos que me acompañaron en los buenos y malos momentos

MARLON

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

“Nosotros, **Marlon Eduardo Encalada Vivanco** y **Fausto Ricardo Trujillo Suquilanda** somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y, el patrimonio intelectual de esta Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”

.....

.....

Marlon Eduardo Encalada Vivanco

Fausto Ricardo Trujillo Suquilanda

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL	8
ÍNDICE DE FIGURAS	11
INDICE DE TABLAS	15
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	16
INTRODUCCIÓN	17
CAPÍTULO I	18
1.1. ANTECEDENTES	18
1.2. JUSTIFICACIÓN	19
1.3. OBJETIVOS	19
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	19
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
CAPÍTULO II	21
FUNDAMENTO TEÓRICO	21
2.1. MANIPULADOR.	21
2.2. ELEMENTOS DE SUJECCIÓN	22
2.2.1. PINZAS	22
2.3. MOTORES	23
2.3.1. MOTOR SPLIT PERMANENT CAPACITOR	23
2.3.2. CONEXIONES	24
2.3.3. FUNCIONAMIENTO	25
2.4. VARIADOR DE FRECUENCIA.	26
2.4.1. ACELERACIÓN CONTROLADA	27
2.4.2. VARIACIÓN DE VELOCIDAD	27
2.4.3. DECELERACIÓN CONTROLADA	27
2.4.4. INVERSIÓN DEL SENTIDO DE GIRO	28
2.4.5. FRENADO	28
2.4.6. PROTECCIONES INTEGRADAS	28
2.4.7. SIEMENS MICROMASTER 440	28

2.5.	ACTUADORES	30
2.5.1.	ELEMENTOS QUE CONFORMAN UN ACTUADOR	30
2.5.2.	ACTUADORES ELÉCTRICOS.	30
2.5.3.	ACTUADORES NEUMÁTICOS	32
2.6.	SEÑALES DE ENTRADA	40
2.6.1.	LOS ACTIVADORES MANUALES	41
2.6.2.	LUCES PILOTO	42
2.6.3.	PULSADORES	42
2.6.4.	LOS SENSORES.	43
2.7.	CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE.	46
2.7.1.	DEFINICIÓN DE CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE	47
2.7.2.	CICLO DE OPERACIÓN	47
2.7.3.	FUNCIONAMIENTO DEL CPU	48
2.7.4.	ESTRUCTURA DEL PLC	49
2.7.5.	ESTRUCTURA EXTERNA	51
2.7.6.	ESTRUCTURA INTERNA	52
2.7.7.	PROGRAMACIÓN DE PLC SIEMENS	54
2.7.8.	HERRAMIENTAS DE AUTOMATIZACIÓN: GRAFCET	55
2.7.9.	LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN	61
CAPÍTULO III		67
DESARROLLO		67
3.1.	INTRODUCCION.	67
3.2.	VERIFICACIÓN DE PARTES Y PIEZAS DEL ROBOT	68
3.2.1.	ACOMETIDA DE ENERGÍAS	68
3.2.2.	COMPONENTES DE CONTROL	70
3.3.	DISEÑO SISTEMA DE CONTROL	74
3.3.1.	CONFIGURACIÓN DE TRANSFORMADOR	75
3.3.2.	PROTECCIÓN ELÉCTRICA	76
3.3.3.	ACOMETIDA DE VOLTAJE DC	78
3.3.4.	ELEMENTOS PARA EL DISEÑO DE CABLEADO	79
3.3.5.	ADAPTACIÓN PLC SIEMENS S7-1200	80
3.3.6.	ADAPTACIÓN VARIADOR DE FRECUENCIA SIEMENS MM440	81
3.3.7.	GRAFCET DE CICLO AUTOMÁTICO	82
3.3.8.	SIMULACIÓN DEL DISEÑO ELECTRONEUMÁTICO	84
3.4.	IMPLEMENTACIÓN SISTEMA DE CONTROL	87
3.4.1.	VERIFICACIÓN DE COMPONENTES DESDE PLC SIEMENS S7-1200	88
3.4.2.	PROGRAMACIÓN EN EL PLC	89
3.4.3.	PROGRAMACIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA	92

3.5. MANUAL DE USUARIO AEC APLICACIÓN AUTOMÁTICA	94
CAPÍTULO IV	95
PRUEBAS Y RESULTADOS	95
4.1. EVALUACIÓN DEL SISTEMA FINAL Y RESULTADOS	95
CONCLUSIONES	101
RECOMENDACIONES	102
RESUMEN	103
ABSTRACT	104
GLOSARIO	105
BIBLIOGRAFIA	106
BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET	106
ANEXOS	110

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA II. 1. PARTES DE UN MANIPULADOR MECÁNICO	21
FIGURA II.2. HERRAMIENTAS DE SUJECCIÓN TIPO PINZA	22
FIGURA II.3. PINZA UTILIZADA EN EL PROYECTO	22
FIGURA II.4. TIPO DE ESQUEMA INTERNO DE CONEXIÓN PARA UN MOTOR PSC	23
FIGURA II.5. MOTORES PSC	24
FIGURA II.6. ESQUEMA ELÉCTRICO DE MOTOR PSC	24
FIGURA II.7. MOTOR MONTADO EN EL PROYECTO	26
FIGURA II.8. DIAGRAMA DE UN SISTEMA DE VARIACIÓN DE FRECUENCIA	26
FIGURA II.9. VARIADOR EMPLEADO EN EL PROYECTO	29
FIGURA II.10. RELÉS UTILIZADOS EN EL PROYECTO	32
FIGURA II.11. PARTES DE UN CILINDRO NEUMÁTICO	34
FIGURA II.12. CILINDRO DE SIMPLE EFECTO.	35
FIGURA II.13. TRANSICIONES DEL CILINDRO DE DOBLE EFECTO	36
FIGURA II.14. CILINDRO DE DOBLE EFECTO	36
FIGURA II.15. SOLENOIDE DE LA ELECTROVÁLVULA UTILIZADA EN EL PROYECTO	38
FIGURA II.16. VÁLVULA UTILIZADA EN PROYECTO	39
FIGURA II.17. ELECTROVÁLVULA 5/2 UTILIZADA EN PROYECTO	39

FIGURA II.18. ELECTROVÁLVULA 5/3 UTILIZADA EN PROYECTO	40
FIGURA II.19. ACTIVADORES MANUALES EN EL PROYECTO	41
FIGURA II.20. LUZ PILOTO UTILIZADA EN PROYECTO.	42
FIGURA II.21. PULSADOR UTILIZADO EN PROYECTO	42
FIGURA II.22. SENSOR FIN DE CARRERA UTILIZADO EN PROYECTO	44
FIGURA II.23. SENSOR OMRON TL-Q5MC1-5	46
FIGURA II.24. CICLO DEL PLC	49
FIGURA II.25. ESTRUCTURA DE UN PLC.	50
FIGURA II.26. ESTRUCTURA EXTERNA DEL PLC S7-1200	51
FIGURA II.27. ESTRUCTURA INTERNA DEL PLC	52
FIGURA II.28. ETAPA	56
FIGURA II.29. ETAPA ACTIVA	57
FIGURA II.30. REAGRUPACIÓN DE ETAPAS	57
FIGURA II.31. TRANSICIÓN QUE UNE LA ETAPA 1 CON LA 2	58
FIGURA II.32. DIVERGENCIA EN O	58
FIGURA II.33. DIVERGENCIA EN Y	59
FIGURA II.34. SECUENCIA ÚNICA	60
FIGURA II.35. SECUENCIAS SIMULTÁNEAS	61
FIGURA II.36. REPRESENTACIÓN DE LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN	61
FIGURA II.37. ERROR FLUJO INVERTIDO	62

FIGURA II.38. ERROR CORTOCIRCUITO.	62
FIGURA II.39. TEMPORIZADOR TON	65
FIGURA II.40. COMUNICACIÓN CON LA PROGRAMADORA	66
FIGURA III.41. TABLERO DE CONTROL ESTADO ANTERIOR DEL ROBOT	68
FIGURA III.42. UNIDAD DE MANTENIMIENTO PARA AIRE COMPRIMIDO	69
FIGURA III.43. SENSORES ENCONTRADOS EN EL ROBOT	71
FIGURA III.44. ELECTROVÁLVULA EVALUADA	71
FIGURA III.45. MOTOR EVALUADO PARA EL PROCESO	72
FIGURA III.46. RELÉS UTILIZADOS EN EL PROYECTO	73
FIGURA III.47. PLC ALLEN BRADLEY	73
FIGURA III.48. TABLERO DE CONTROL DEL ROBOT	74
FIGURA III.49. CONFIGURACIÓN ANTERIOR DE TRANSFORMADOR	75
FIGURA III.50. CONEXIÓN ACTUAL PARA ACOMETIDA 220V	75
FIGURA III.51. TRANSFORMADOR CON SUS DATOS DE PLACA	76
FIGURA III.52. FUSIBLES DIMENSIONADOS PARA EL PROYECTOR	77
FIGURA III.53. PROTECCIÓN PUESTA A TIERRA	78
FIGURA III.54. ACOMETIDA DE 24VDC	79
FIGURA III.55. CABLEADO DE BOTONES	79
FIGURA III.56. BORNERAS DE CONEXIÓN	80

FIGURA III.57. BORNERAS DE DISTRIBUCIÓN DE CABLES	80
FIGURA III.58. PLC UTILIZADO EN EL DIO	81
FIGURA III.59. VARIADOR Y GUARDAMOTOR PARA EL MOTOR PSC	82
FIGURA III.60. GRAFCET DE PROGRAMACIÓN ROBOT AEC	83
FIGURA III.61. PROGRAMA DE SIMULACIÓN ELECTRO NEUMÁTICA	84
FIGURA III.62. SIMULACIÓN DE HERRAMIENTA TIPO PINZA	85
FIGURA III.63. SIMULACIÓN DE HERRAMIENTA TIPO VENTOSA	86
FIGURA III.64. DISEÑO NUEVO IMPLEMENTADO.	87
FIGURA III.65. CREACIÓN DEL PROYECTO DE PROGRAMACIÓN	90
FIGURA III.66. IDENTIFICACIÓN DEL PLC Y ACCESORIOS ADQUIRIDOS	90
FIGURA III.67. PROGRAMACIÓN DEL PLC	90
FIGURA III.68. ELABORACIÓN DEL LADDER DEL PROCESO	91
FIGURA III.69. CARGA DEL PROGRAMA CON CONEXIÓN ETHERNET	91
FIGURA III.70. BORNERAS DEL VARIADOR PARA MODO REMOTO	92
FIGURA III.71. MODO OPERANDO DEL VARIADOR MM440	93
FIGURA IV.72. MONITOREO EN TIEMPO REAL DE ENTRADAS Y SALIDAS	96
FIGURA IV.73. MONITOREO ONLINE KOP	97
FIGURA IV.74. NIVELES DE ACEPTACIÓN DEL SENSOR OMRON	98

INDICE DE TABLAS

TABLA II.1. CONTACTOS KOP	63
TABLA II.2. SALIDAS DE RELÉ	64
TABLA II.3. TEMPORIZADOR TON	64
TABLA III.4. ENTRADAS OPCIÓN AUTOMÁTICO ROBOT AEC	88
TABLA III.5. SALIDAS DEL PLC EMPLEADAS EN EL PROCESO	89
TABLA III.6. ENTRADAS DE LA OPCIÓN MANUAL DEL PROCESO	89
TABLA III.7. MEMORIAS UTILIZADAS EN LA PROGRAMACIÓN	92
TABLA IV.8. EVALUACIÓN DE ELEMENTOS DEL PANEL DE CONTROL	98
TABLA IV.9. EVALUACIÓN DE RESPUESTA DEL SENSOR OMROM CON TIPOS DE METAL	99
TABLA IV.10. EVALUACIÓN Y RESULTADO DE VELOCIDAD MOTOR PSC.	99
TABLA IV.11. RESULTADO DE PRUEBAS REALIZADAS AL ROBOT EN FUNCIONAMIENTO	100

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

SPC:	Split Permanent Capacitor motor
MAC:	Media Access Control o control
LAN:	red de área local
TCP:	Protocolo de control de transmisión
NA:	Normalmente Abierto
NC:	Normalmente Cerrado
PLC:	Control lógico programable
CPU:	Unidad central de procesamiento.
DC:	Corriente Directa
EEPROM:	Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory
EPROM:	Erasable Programmable Read-Only Memory
FBD:	Diagrama de bloques funcionales
GRAFCET:	GRAphe Fonctionnel de CommandeEtapes-Transitions
LD:	Diagrama Ladder
Rpm:	Revoluciones por minuto
IP:	Protocolo internet
RAM:	Random Access Memory
PROM:	Programmable Read Only Memory

INTRODUCCIÓN

Con el avance de la tecnología actual, los procesos industriales han sufrido grandes cambios y quienes están involucrados de manera directa o indirecta, deben estar permanentemente informados acerca de los nuevos métodos y procesos de producción, sistemas de control, automatización de procesos etc.

En Ecuador, la industria se encuentra condicionada en gran parte por limitaciones tecnológicas, es por esto que se debe fomentar el desarrollo de tecnologías que permitan un incremento en la productividad y mejoras en la calidad, cumpliendo siempre las normas de control.

Los automatismos dentro de los procesos industriales son en particular el trabajo o labor que desempeña un dispositivo de manera automática de acuerdo a los parámetros con los cuales ha sido configurado. Con un sistema automático principalmente se pretende aumentar la eficiencia del proceso incrementando la velocidad, la calidad y la precisión, y disminuyendo los riesgos que normalmente se tendrían en la tarea si fuese realizada en forma manual como se ha ido haciendo actualmente ya que el peligro es inminente debido a la gran peligrosidad de manipulación de las piezas plásticas dentro de la inyectora.

La neumática y electroneumática son herramientas de automatización que tienen como objetivo incrementar la competitividad de la industria por lo que es necesaria la utilización de nuevas tecnologías; la capacitación en estas áreas es fundamental en toda persona que se encuentre en contacto con la producción industrial. Los dispositivos neumáticos brindan soluciones sencillas y rentables, es por ello que cada vez una mayor cantidad de máquinas modernas lo utilizan.

El beneficio que implica la utilización de estas técnicas no solo puede favorecer a grandes empresas sino también a la pequeña industria, sustituyendo la fuerza y habilidades manuales por procedimientos mecánicos de precisión.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

La empresa Ecuamatrix Cia. Ltda. Se dedica en una de sus áreas a la elaboración de productos plásticos, en esta área existe un robot inglés de denominación AEC application automation inhabilitado, que servía para el transporte de las piezas plásticas que salen del molde de la máquina inyectora de plástico hacia un depósito. Actualmente se lo viene realizando de manera manual debido a la falta de mantenimiento y de conocimiento para la habilitación y puesta en funcionamiento del mismo, ver [ANEXO 1].

El robot cuenta con varias adaptaciones que se han realizado en el transcurso de los años dependiendo de las necesidades de cada empresa al que ha sido adquirido, en cuanto a su parte electro neumática, eléctrica y de control se realizó un diagnóstico para verificar su estado.

Los elementos neumáticos se encuentran con fallas leves, como por ejemplo fugas de aire comprimido; dentro de la parte de control se ha visto el fallo en cuanto a hardware y software del PLC que se encontraba instalado; los elementos de control como son pulsadores, indicadores, borneras para conexiones y controles del proceso se encuentran funcionales.

Debido a las necesidades de la industria y el desarrollo tecnológico, se ha difundido el uso del PLC para realizar procesos de Automatización y Control, ya que sus prestaciones ofrecen confiabilidad, flexibilidad y seguridad. Por lo cual, muchas industrias han optado por sustituir sus elementos de control mecánicos por las facilidades que ofrece el PLC al momento de controlar.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Se creará el control del robot AEC en la empresa, ya que existe la necesidad de utilizar un proceso automatizado para la transportación de las piezas plásticas de la máquina inyectora, de manera que se integre los elementos actualmente disponibles y funcionales en la empresa optimizando recursos humanos y económicos.

Debido a la competencia productiva dentro de las empresas productoras de piezas plásticas que existe en la actualidad, en cuanto a la utilización de tecnología en el control de procesos, se ha visto la necesidad de que esta empresa precise de automatismos dentro del área de fabricación de productos plásticos, particularmente en el proceso de transporte, de manera que permita renovar la calidad en sus operaciones.

Por las razones antes expuestas, se justifica el diseño e implementación de un sistema de control del robot que permitirá una mayor flexibilidad y versatilidad en el proceso de transportación de los productos plásticos, a fin de evitar la manipulación manual de estos productos, de manera que se minimicen los riesgos de lesiones físicas al elemento humano, y que se pueda realizar el transporte de una manera automática.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Diseñar e implementar el sistema de control para el robot AEC aplicación automática, utilizado para el transporte de piezas plásticas dentro de la empresa Ecuamatrix de la ciudad de Ambato

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar los elementos eléctricos, neumáticos, electroneumáticos y de control que constituyen partes funcionales del proceso de transporte.
- Diagnosticar el comportamiento de cada uno de los elementos, sensores y actuadores que integran la máquina para el proceso de transporte mediante elementos de medición electrónicos.
- Diseñar y simular el circuito electroneumático para cumplir con la necesidad del transporte.
- Programar el PLC siemens para realizar el funcionamiento físico e integral del proceso de transporte.
- Desarrollar un manual de usuario para el personal calificado encargado de la manipulación del proceso.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. MANIPULADOR.

Mecanismo formado generalmente por elementos en serie, articulados entre sí, destinado al agarre y desplazamiento de objetos. Es multifuncional y puede ser gobernado directamente por un operador humano o mediante dispositivo lógico. Existen muchas operaciones básicas que pueden ser realizadas óptimamente mediante manipuladores, por lo que se debe considerar seriamente el empleo de estos dispositivos, cuando las funciones de trabajo sean sencillas y repetitivas.

Las partes que conforman el manipulador reciben, entre otros, los nombres de: cuerpo, brazo, muñeca y actuador final (o elemento terminal). A este último se le conoce habitualmente como aprehensor, garra, pinza o gripper (Figura II.1).

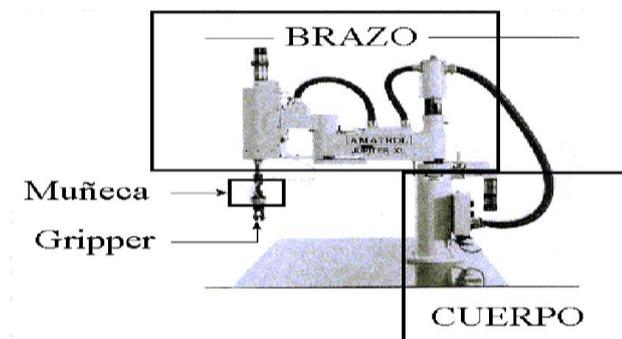


Figura II. 1. Partes de un manipulador mecánico

2.2. ELEMENTOS DE SUJECIÓN

El actuador final es un dispositivo que se une a la muñeca del brazo del robot con la finalidad de activarlo para la realización de una tarea específica. La razón por la que existen distintos tipos de elementos terminales es, precisamente, por las funciones que realizan. Los diversos tipos podemos dividirlos en dos grandes categorías: pinzas y herramientas.

2.2.1. PINZAS

Se utilizan para tomar un objeto, normalmente la pieza de trabajo, y sujetarlo durante el ciclo de trabajo del robot. Hay una diversidad de métodos de sujeción que pueden utilizarse, además de los métodos mecánicos obvios de agarre de la pieza entre dos o más dedos. Estos métodos suplementarios incluyen el empleo de casquillos de sujeción, imanes, ganchos, y cucharas.



Figura II.2. Herramientas de sujeción tipo pinza

El elemento utilizado en el proyecto de tesis es una pinza gobernada por una bobina eléctrica de una electroválvula cuya fuerza es proporcionada por un pistón neumático para realizar la respectiva sujeción de la pieza plástica como se muestra en la figura siguiente.



Figura II.3. Pinza utilizada en el proyecto

2.3. MOTORES

El tipo de motor utilizado es de tipo SPC (SPLIT PERMANENT CAPACITOR), se detalla a continuación:

2.3.1. MOTOR SPLIT PERMANENT CAPACITOR

Estos motores se aplican donde se requiere un bajo par de arranque, y que la corriente de línea se disminuya lo más posible, esto se logra colocando un capacitor de marcha como lo indica la (Figura II.4).

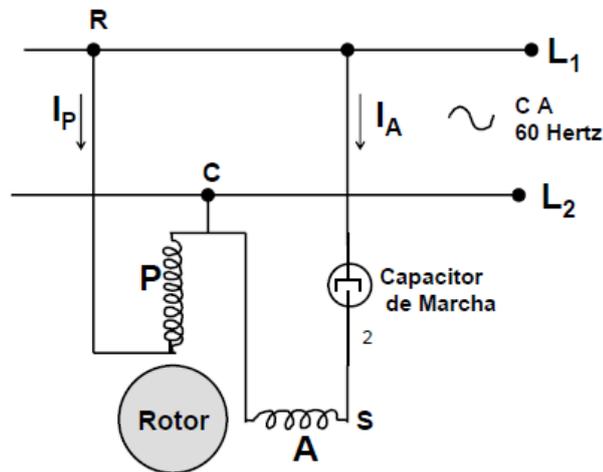


Figura II.4. Tipo de esquema interno de conexión para un motor PSC

La permanente división-condensador (PSC) del motor sólo utiliza un condensador de marcha para proporcionar el cambio de fase necesaria para arrancar el motor. En los diagramas en cuenta que el condensador de funcionamiento se conecta entre el largo y bobinas de inicio y no dispone de interruptor de desconexión o relé tiene la obligación de CC-energizar la bobina de arranque de la tensión aplicada cuando el motor ha comenzado. También tenga en cuenta que el condensador de funcionamiento es de forma ovalada. El condensador de funcionamiento tiene una carcasa metálica, lo que le permite disipar el calor adicional que se acumula en el condensador, ya que permanece en el circuito en todo momento.

2.3.2. CONEXIONES

Ejemplos de condensador permanente dividida (PSC) motores. Observe el condensador de funcionamiento montado en el segundo motor.

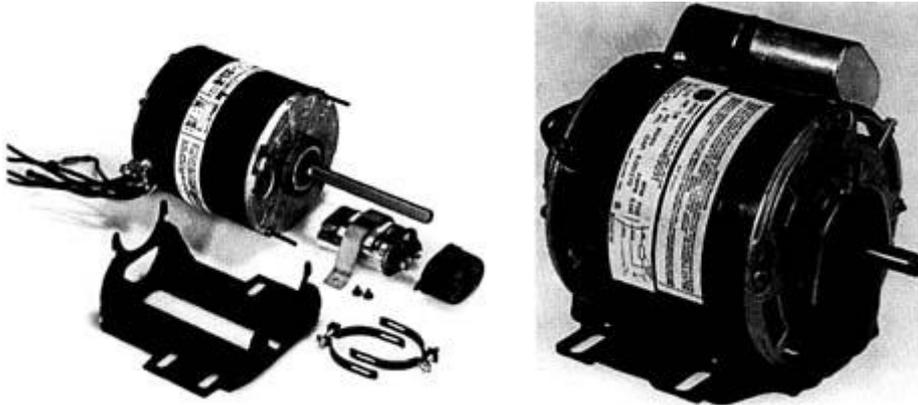


Figura II.5. Motores PSC

(A)Esquema eléctrico de un motor PSC. (B) Esquema eléctrico de un motor de varias velocidades PSC.

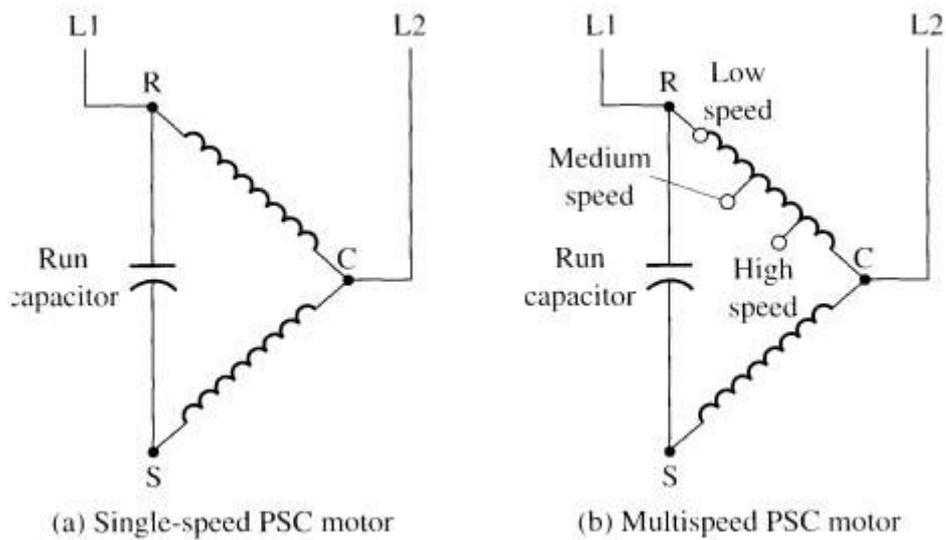


Figura II.6. Esquema eléctrico de motor PSC

2.3.3. FUNCIONAMIENTO

Cuando se aplica voltaje al motor, la corriente fluirá a través de la ejecución de liquidación a la terminal común. En este mismo tiempo, la corriente fluirá a través del condensador de funcionamiento de la bobina de arranque. Cuando la corriente fluye a través del condensador de funcionamiento proporciona un cambio de fase que es lo suficientemente grande como para arrancar el motor. La pequeña cantidad de corriente en la bobina de arranque cuando el motor está funcionando a toda velocidad es lo suficientemente pequeño para que no haga que la bobina de arranque se sobrecaliente.

Cuando el eje del motor prevé un incremento en su carga, se reducirá ligeramente. La disminución de rpm del rotor produce una disminución en la fuerza contra electromotriz lo que hace una diferencia más grande entre ella y el potencial de la tensión aplicada.

Un motor con condensador permanente (PSC) (figura II.7), no tiene ni un conmutador de arranque, ni un condensador estrictamente para el arranque. Por el contrario, tiene un condensador de tipo permanente conectado en serie con la bobina de arranque. Los típicos pares de arranque de los motores PSC son bajos, de 30 a 150% de la carga nominal, por lo que estos motores son difíciles de iniciar en aplicaciones. Sin embargo, a diferencia de los motores de fase partida, motores PSC tienen una baja corriente de arranque, por lo general menos de 200% de la corriente de carga nominal.

Los motores PSC tienen varias ventajas. No tienen necesidad de mecanismo de arranque y por lo tanto se puede revertir fácilmente. Los diseños pueden ser fácilmente modificados para el uso con variadores de velocidad. También pueden ser diseñados para una óptima eficiencia y alto factor de potencia a la carga nominal. Y son considerados como los más fiables de los motores monofásicos, sobre todo porque ningún interruptor de partida es necesario.



Figura II.7. Motor montado en el proyecto

De acuerdo a lo anteriormente expuesto este motor puede ser manipulado y programado mediante un variador de velocidad, cuya ventaja es la eliminación del capacitor que ayudaba al arranque, ya que el control de la corriente inyectada se la puede dimensionar desde el variador, lo que obtendremos como resultado un arranque suave del motor.

2.4. VARIADOR DE FRECUENCIA.

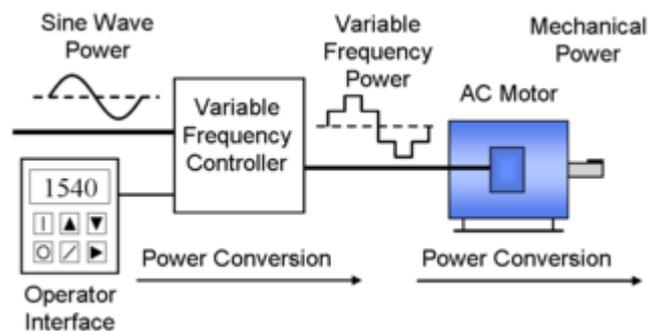


Figura II.8. Diagrama de un sistema de variación de frecuencia

Dispositivo que permite realizar un control sobre la frecuencia de funcionamiento de un motor, y en el que se puede manipular lo siguiente:

2.4.1. ACELERACIÓN CONTROLADA

La aceleración del motor se controla mediante una rampa de aceleración lineal o en «S». Generalmente, esta rampa es controlable y permite por tanto elegir el tiempo de aceleración adecuado para la aplicación.

2.4.2. VARIACIÓN DE VELOCIDAD

Un variador de velocidad no puede ser al mismo tiempo un regulador. En este caso, es un sistema, rudimentario, que posee un mando controlado mediante las magnitudes eléctricas del motor con amplificación de potencia, pero sin bucle de realimentación: es lo que se llama «en bucle abierto».

La velocidad del motor se define mediante un valor de entrada (tensión o corriente) llamado consigna o referencia. Para un valor dado de la consigna, esta velocidad puede variar en función de las perturbaciones (variaciones de la tensión de alimentación, de la carga, de la temperatura). El margen de velocidad se expresa en función de la velocidad nominal.

2.4.3. DECELERACIÓN CONTROLADA

Cuando se desconecta un motor, su deceleración se debe únicamente al par resistente de la máquina (deceleración natural).

Los arrancadores y variadores electrónicos permiten controlar la deceleración mediante una rampa lineal o en «S», generalmente independiente de la rampa de aceleración. Esta rampa puede ajustarse de manera que se consiga un tiempo para pasar de la velocidad de régimen fijada a una velocidad intermediaria o nula.

2.4.4. INVERSIÓN DEL SENTIDO DE GIRO

La mayoría de los variadores actuales tienen implementada esta función. La inversión de la secuencia de fases de alimentación del motor se realiza automáticamente o por inversión de la consigna de entrada, o por una orden lógica en un borne, o por la información transmitida a mediante una red.

2.4.5. FRENADO

Este frenado consiste en parar un motor pero sin controlar la rampa de desaceleración. Con los arrancadores y variadores de velocidad para motores asíncronos, esta función se realiza de forma económica inyectando una corriente continua en el motor, haciendo funcionar de forma especial la etapa de potencia. Toda la energía mecánica se disipa en el rotor de la máquina y, por tanto, este frenado sólo puede ser intermitente.

2.4.6. PROTECCIONES INTEGRADAS

Los variadores modernos aseguran tanto la protección térmica de los motores como su propia protección. A partir de la medida de la corriente y de una información sobre la velocidad (si la ventilación del motor depende de su velocidad de rotación), un microprocesador calcula la elevación de temperatura de un motor y suministra una señal de alarma o de desconexión en caso de calentamiento excesivo. Además, los variadores, y especialmente los convertidores de frecuencia, están dotados de protecciones contra: los cortocircuitos entre fases y entre fase y tierra, las sobretensiones y las caídas de tensión, los desequilibrios de fases, el funcionamiento en monofásico.

2.4.7. SIEMENS MICROMASTER 440

De acuerdo al proyecto de tesis el variador empleado es un Siemens micromaster 440 del rango de 0.12KW a 200KW (Figura IV.10).

Para realizar la programación o el ingreso de parámetros se observó y se constató la placa técnica de datos que viene en el motor a conectar, de acuerdo a estos en el instructivo de operación de este tipo de variador podemos observar los pines o bornes de conexión para el cambio de giro, para el accionamiento o paro del motor, pines de conexión de la red trifásica y las del motor a funcionar, puesta a tierra, seguridades, entre otras utilidades.



Figura II.9. Variador empleado en el proyecto

2.5. ACTUADORES

Los actuadores son los dispositivos encargados de efectuar acciones físicas ordenadas por algún sistema de control. Esta acción física puede ser un movimiento lineal o un movimiento circular según sea el caso.

En robótica los actuadores son los encargados de generar el movimiento de los diferentes mecanismos o elementos que conforman el robot. Los actuadores eléctricos se utilizan principalmente en robots que no demanden de altas velocidad ni potencia. Son usados en aplicaciones que requieran de exactitud y repetitividad.

Los actuadores son elementos de potencia que deben poseer la energía suficiente para vencer a las variables físicas que se están controlando, y de esta manera poder manipularlas.

2.5.1. ELEMENTOS QUE CONFORMAN UN ACTUADOR

- **SISTEMA DE ACCIONAMIENTO.** Es el encargado de producir el movimiento.
- **SISTEMA DE TRANSMISIÓN.** Es el encargado de transmitir el movimiento del actuador a otros elementos.
- **SISTEMA REDUCTOR.** Encargado de adecuar el torque y la velocidad del actuador a los valores requeridos.
- **SISTEMA DE CONTROL.** Encargado de enviar las órdenes al actuador para que se mueva de cierta manera.

2.5.2. ACTUADORES ELÉCTRICOS.

Un actuador eléctrico es un dispositivo capaz de transformar energía eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso

automatizado. Este recibe la orden de un regulador o controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control como, por ejemplo, una válvula. Se le da el nombre de actuadores eléctricos cuando se usa la energía eléctrica para que se ejecuten sus movimientos.

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

2.5.2.1. UTILIZACIÓN DE LOS ACTUADORES ELÉCTRICOS

Los actuadores eléctricos se utilizan para robots de tamaño mediano, pues estos no requieren de tanta velocidad ni potencia como los robots diseñados para funcionar con actuadores hidráulicos.

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

De hecho, hay actuadores que dependen de una etapa previa realizada por un accionamiento eléctrico, como son los actuadores neumáticos o hidráulicos.

En nuestro proyecto disponemos del actuador eléctricos en el robot AEC como es el motor Split Permanent Capacitor (Figura II.7)

2.5.2.2. PRE-ACCIONAMIENTOS ELÉCTRICOS

- **RELÉS Y CONTACTORES.** Dispositivos electromagnéticos que conectan o desconectan un circuito eléctrico de potencia al excitar un electroimán o bobina de mando.

Los relés están previstos para accionar pequeñas potencias del orden de 1kW.



Figura II.10. Relés utilizados en el proyecto

2.5.2.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE ACTUADORES ELÉCTRICOS

VENTAJAS

- Precisos y fiables.
- Silenciosos.
- Su control es sencillo.
- Son de una instalación.

DESVENTAJAS

- Potencia limitada

2.5.3. ACTUADORES NEUMÁTICOS

El aire comprimido es una de las formas de energía más antiguas que conoce el hombre y aprovecha para reforzar sus recursos físicos.

El aire al ser de fácil captación y abunda en la tierra no posee propiedades explosivas y no existen riesgos de chispas. Los actuadores pueden trabajar a velocidades razonablemente altas y fácilmente regulables, no ocasiona daños a los componentes de un circuito por efecto de golpes de ariete, es por eso que a este fluido se le ha dado buena utilidad en el campo industrial.

En los actuadores neumáticos se comprime el aire abastecido por un compresor, el cual viaja a través de mangueras. El robot en el cual trabajamos en el proyecto está diseñado para funcionar por medio de actuadores neumáticos. Los robots que funcionan con actuadores neumáticos están limitados a operaciones como la de tomar y situar ciertos elementos. La exactitud se puede incrementar mediante paros mecánicos y los robots accionados en forma neumática son útiles para las aplicaciones ligeras que involucran las operaciones de recoger-colocar.

Los actuadores neumáticos consisten tanto en cilindros lineales como en actuadores rotatorios proveedores del movimiento. Los actuadores neumáticos son menos costosos y más seguros que otros sistemas, sin embargo, es difícil controlar la velocidad o la posición debido a la compresibilidad del aire que se utiliza.

2.5.3.1. PRE-ACCIONAMIENTOS NEUMÁTICOS

Se consideran los siguientes tipos:

2.5.3.1.1. VÁLVULAS DISTRIBUIDORAS.

Dispositivos que permiten establecer o cortar la conexión hidráulica o neumática entre dos o más vías

2.5.3.1.2. SERVO VÁLVULAS.

Válvulas proporcionales capaces de regular la presión o el caudal siguiendo una cierta magnitud de consigna de tipo eléctrico.

2.5.3.1.3. CILINDROS.

Permiten obtener un movimiento aplicando una presión hidráulica o neumática a uno u otro lado del émbolo.

Los cilindros neumáticos producen un trabajo: transforman la energía neumática en trabajo mecánico de movimiento rectilíneo, que consta de carrera de avance y carrera de retroceso.

- **PARTES DE UN CILINDRO NEUMÁTICO**

Antes de explicar cada tipo de cilindro hay que tener claras los elementos que componen un cilindro.



Figura II.11. Partes de un cilindro neumático

Generalmente, el cilindro neumático está constituido por un tubo circular cerrado en los extremos mediante dos tapas, entre las cuales se desliza un émbolo que separa dos cámaras. Al émbolo va unido a un vástago que saliendo a través de unas ambas tapas, permite utilizar la fuerza desarrollada por el cilindro gracias a la presión del fluido al actuar sobre las superficies del émbolo.

- **PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO**

La fuerza de empuje es proporcional a la presión del aire y a la superficie del pistón:

$$F = P \cdot A$$

Dónde:

F: Fuerza

P: Presión Manométrica.

A: Área del embolo o pistón.

La fuerza disponible de un cilindro crece con mayor presión y con mayor diámetro.

La determinación de la fuerza estática en los cilindros está sustentada por la siguiente fórmula:

$$F = 10 \cdot p \cdot \pi(d^2/4)$$

$$F = 7.85 \cdot p \cdot d^2$$

Dónde:

P: Presión (bar).

D: Diámetro de la camisa del cilindro (cm).

- **CILINDROS DE SIMPLE EFECTO**

El cilindro de simple efecto realiza el trabajo en un solo sentido, el émbolo se desplaza por la presión del aire comprimido, Después retorna a su posición inicial por medio de un muelle recuperador o bien mediante fuerzas exteriores.

Como por regla general la longitud de la carrera no supera los 10 cm, que el diámetro de los cilindros es pequeño y el consumo aire es muy poco entonces se suelen aplicar: como elementos auxiliares en las automatizaciones

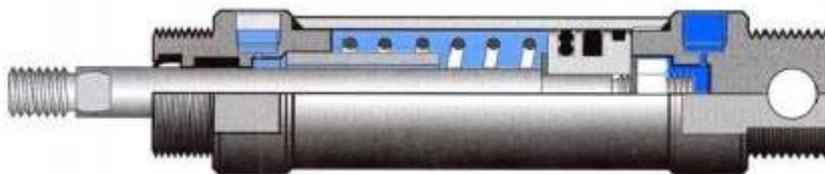


Figura II.12. Cilindro de simple efecto.

- **CILINDROS DE DOBLE EFECTO**

Los cilindros de doble efecto se emplean especialmente en los casos en que el émbolo tiene que realizar una misión también al retornar a su posición inicial, ya que hay un esfuerzo neumático en ambos sentidos. Se dispone de una fuerza útil en ambas direcciones.

De 1 a 2 de la (Figura II.13) el aire comprimido empuja el émbolo hacia fuera.

De 2 a 1 de la (Figura II.13) el aire comprimido empuja el émbolo hacia dentro.



Figura II.13. Transiciones del cilindro de doble efecto

Para entender bien el cilindro de doble efecto explicaremos como funciona y como se aplica cada tipo de este actuador.

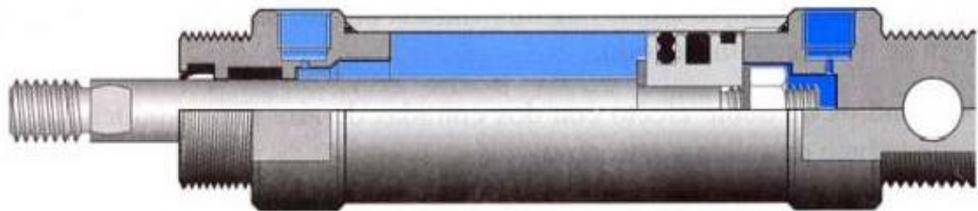


Figura II.14. Cilindro de doble efecto

- **PISTÓN CON IMÁN INCORPORADO**

Ciertos cilindros incorporan un imán en el pistón, a efectos de actuar un interruptor magnético del tipo Reed-Switch o similar, montado en el exterior del cilindro, durante o al final de su carrera. Esta señal eléctrica es utilizada para gobernar a otros órganos componentes del sistema, actuadores, contadores, emitir señales luminosas, actuar contactores, relés, PLC, o bien para controlar su propio movimiento. A los

efectos de la incorporación del elemento señalizador, éste puede ser de funcionamiento magnético e ir colocado en los cilindros en ranuras específicas para tal fin.

2.5.3.2. VÁLVULAS ELECTRO NEUMÁTICAS

La Electro neumática es una de las técnicas de automatización que en la actualidad viene cobrando vital importancia en la optimización de los procesos a nivel industrial. Su evolución fue a partir de la neumática, disciplina bastante antigua que revolucionó la aplicación de los servomecanismos para el accionamiento de sistemas de producción industrial. Con el avance de las técnicas de electricidad y la electrónica se produjo la fusión de métodos y dando así el inicio de los sistemas electroneumáticos en la industria, los cuales resultaban más compactos y óptimos a diferencia de los sistemas puramente neumáticos.

2.5.3.3. ELECTROVÁLVULAS

Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para dirigir el aire comprimido hacia varias vías en el arranque, parada y el cambio del sentido del movimiento del pistón dentro del cilindro, la válvula está controlada por una corriente eléctrica a través de una bobina solenoidal.

Los sistemas más utilizados son las válvulas distribuidas, las válvulas reguladoras de flujo, y las válvulas reguladoras de presión.

Las electroválvulas resultan del acoplamiento de un sistema electromecánico, solenoide electroimán de accionamiento a una válvula de distribución neumática elemental convirtiéndola a una de accionamiento eléctrico.

2.5.3.3.1. ELEMENTOS Y FUNCIONAMIENTO DE LA ELECTROVÁLVULA

Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula.

- **EL SOLENOIDE.** Convierte energía eléctrica en energía mecánica para actuar la válvula, existen varios tipos de electroválvulas.

En algunas electroválvulas el solenoide actúa directamente sobre la válvula proporcionando toda la energía necesaria para su movimiento.

Es común que la válvula se mantenga cerrada por la acción de un muelle y que el solenoide abra venciendo la fuerza del muelle; esto quiere decir que el solenoide debe estar activado y consumiendo energía mientras la válvula deba estar abierta.

Las electroválvulas pueden ser cerradas en reposo o normalmente cerradas lo cual quiere decir que cuando falla la alimentación eléctrica quedan cerradas o bien pueden ser del tipo abiertas en reposo o normalmente abiertas que quedan abiertas cuando no hay alimentación. En la siguiente figura se ilustra las electroválvulas que se utilizarán en proceso de automatización



Figura II.15. Solenoide de la electroválvula utilizada en el proyecto

- **VÁLVULA.** Las válvulas distribuidas dirigen el aire comprimido hacia varias vías en el arranque, la parada y el cambio del sentido del pistón dentro del cilindro. La figura que se presenta corresponde a otra electroválvula.

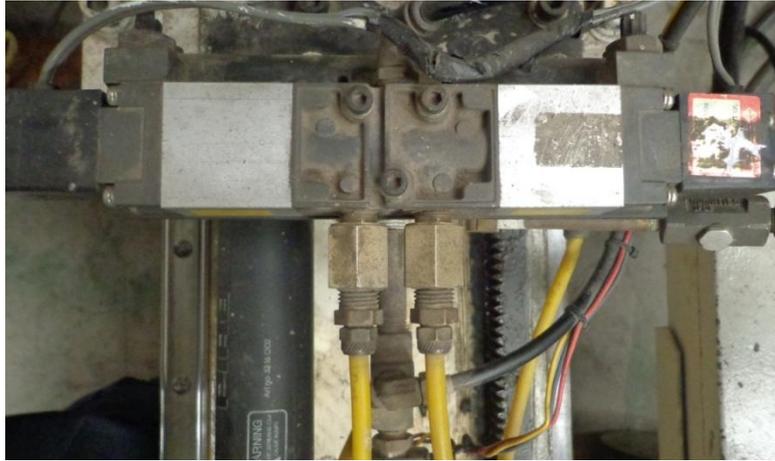


Figura II.16. Válvula utilizada en proyecto

En nuestro proyecto utilizamos las válvulas TACO para lo cual detallamos en el [ANEXO 2]

2.5.3.3.2. ELECTROVÁLVULA 5/2 VÍAS MONOESTABLE

Cumple las mismas funciones que la de 4/2 vías y simplemente tiene otro sistema constructivo. Este tipo es de tipo corredera a diferencia de las de tipo asiento. Con la ilustración siguiente podemos ver cuál es la estructura interna del tipo de electroválvula empleada.

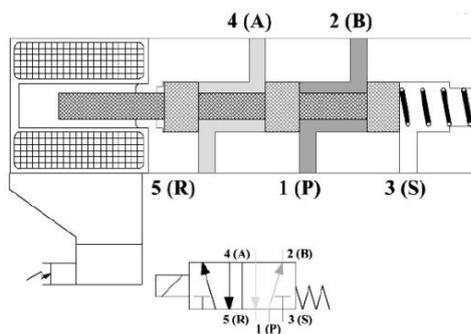


Figura II.17. Electroválvula 5/2 utilizada en proyecto

2.5.3.3.3. ELECTROVÁLVULA 5/3 VÍAS BIESTABLE

A diferencia de las válvulas 5/2 con retorno por muelle, esta ya no posee el muelle y en su lugar se tiene otro accionamiento eléctrico.



Figura II.18. Electroválvula 5/3 utilizada en proyecto

2.6. SEÑALES DE ENTRADA

Un robot es, por definición, una máquina capaz de interactuar con su entorno. Si es móvil, a menos que se mueva en un espacio absolutamente acotado y preparado para él, deberá ser capaz de adaptar sus movimientos y sus acciones de interacción en base a las características físicas de los ambientes con los que se encuentre y los objetos que hay en ellos.

Para lograr esta capacidad de adaptación, lo primero que necesitan los robots es tener conocimiento del entorno. Esto es absolutamente clave. Para conocer el entorno, los seres vivos disponemos de un sistema sensorial.

Los robots no pueden ser menos: deben poseer sensores que les permitan saber dónde están, cómo es el lugar en el que están, a qué condiciones físicas se enfrentan, dónde están los objetos con los que deben interactuar, sus parámetros físicos, etc.

Para esto se utilizan diversos tipos de sensores o captadores, con un rango de complejidad y sofisticación que varía desde algunos bastante simples a otros con altos niveles de sofisticación de hardware y más aún de complejidad de programación.

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas.

Un sensor diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable de instrumentación con lo que puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo.

Los sensores a su vez pertenecen a los elementos de entrada de datos de un sistema de control automático, por lo que la clasificación de los elementos de entrada queda como sigue:

- Activadores Manuales
- Sensores

2.6.1. LOS ACTIVADORES MANUALES

Son elementos que se emplean para iniciar las actividades de un proceso de producción, o para detenerlo. Los activadores manuales son botones que pueden poseer contactos normalmente abiertos (N/A) o normalmente cerrados (N/C) o inclusive uno de cada uno. Estos botones pueden ser pulsadores o interruptores que una vez que fueron activados requieren de una llave especial para poder desactivarlos.

Los activadores manuales son elementos de entrada que generan una señal de tipo discreto, esto es se encuentra pulsado (“1 lógico”) o se encuentra en reposo (“0 lógico”).



Figura II.19. Activadores manuales en el proyecto

Los activadores manuales son elementos indispensables que no pueden omitirse de los procesos industriales automatizados, porque siempre hace falta la intervención humana en por ejemplo al accionar por medio de un botón los mecanismos al inicio de la jornada laboral, o detener el proceso cuando algún suceso inesperado ocurra, o simplemente para detener los procesos porque se terminó la jornada laboral.

2.6.2. LUCES PILOTO

Estos dispositivos son muy utilizados para determinar la señalización de los diferentes actuadores, utilizados en la industria. Dependiendo de su utilización se clasifican por sus colores y voltajes, los más utilizados en la industria tenemos los de 24V DC (Figura II.20).



Figura II.20. Luz piloto utilizada en proyecto.

2.6.3. PULSADORES

Los pulsadores se usan en mandos generales de arranque y de parada, también en mandos de circuito de seguridad (paro de emergencia). Pueden ser metálicos cromados para ambientes de servicio intensivo.



Figura II.21. Pulsador utilizado en proyecto

2.6.4. LOS SENSORES.

Los sensores ayudan a trasladar los atributos del mundo físico en valores que la controladora de un robot puede usar; En general, la mayoría de los sensores pueden ser divididos en dos grandes grupos:

- Sensores analógicos
- Sensores digitales

2.6.4.1. SENSOR ANALÓGICO

Es aquel que puede entregar una salida variable dentro de un determinado rango.

Un Sensor analógico, como por ejemplo una Fotorresistencia, estos componentes miden intensidad de luz, puede ser cableado en un circuito que pueda interpretar sus variaciones y entregar una salida variable con valores entre 0 y 5 volts con respecto al tiempo.

2.6.4.2. SENSOR DIGITAL

Es aquel que entrega una salida del tipo discreta Es decir, que el sensor posee una salida que varía dentro de un determinado rango de valores, pero a diferencia de los sensores analógicos, esta señal varía de a pequeños pasos pre-establecidos.

Estos indican si se encuentran detectando algún objeto o no, esto genera un “1” lógico si detectan, o un “0” lógico si no detectan, esta información es originada principalmente por presencia de voltaje o por ausencia de este, aunque en algunos casos la información nos la reportan por medio de un flujo de corriente eléctrica.

- **SENSOR FIN DE CARRERA**

Estos sensores tienen la tarea de detectar un final de carrera o límite de área, es porque se encuentran trabajando en conjunto con un actuador que produce un desplazamiento mecánico, y por lo tanto cuando esa parte mecánica haya llegado a su límite se debe detener su recorrido, para no dañar alguna parte del proceso automático. Cuando el actuador se encuentra en su límite de desplazamiento permitido, acciona los contactos de un interruptor que bien los puede abrir o cerrar (Figura II.22).



Figura II.22. Sensor fin de carrera utilizado en proyecto

- **SENSOR INDUCTIVO**

Este tipo de sensor por su naturaleza de operación se dedica a detectar la presencia de metales. El sensor inductivo (Figura II.23.) [ANEXO 3] internamente posee un circuito electrónico que genera un campo magnético, el cual está calibrado para medir una cierta cantidad de corriente eléctrica sin la presencia de metal alguno en el campo magnético, pero cuando se le acerca un metal, el campo magnético se altera provocando que la corriente que lo genera cambie de valor, lo que a su vez el sensor responde al sistema de control indicándole la presencia del metal. Una aplicación de este sensor es por ejemplo en las bandas transportadoras en donde van viajando una serie de materiales metálicos, como pueden ser latas y en los puntos donde se deben colocar estas latas, se instalan los sensores, y sin necesidad de un contacto físico el sensor reporta cuando una lata se encuentra en su cercanía.

2.6.4.3. CARACTERÍSTICAS DE UN SENSOR

- **RANGO DE MEDIDA.** Dominio en la magnitud medida en el que puede aplicarse el sensor.
- **PRECISIÓN.** Es el error de medida máximo esperado.
- **OFFSET O DESVIACIÓN DE CERO.** Valor de la variable de salida cuando la variable de entrada es nula. Si el rango de medida no llega a valores nulos de la variable de entrada, habitualmente se establece otro punto de referencia para definir el *offset*.
- **LINEALIDAD.** Se refiere a la correlación lineal.
- **SENSIBILIDAD DE UN SENSOR.** Suponiendo que es de entrada a salida y la variación de la magnitud de entrada.
- **RESOLUCIÓN.** Mínima variación de la magnitud de entrada que puede apreciarse a la salida.
- **RAPIDEZ DE RESPUESTA.** Puede ser un tiempo fijo o depender de cuánto varíe la magnitud a medir. Depende de la capacidad del sistema para seguir las variaciones de la magnitud de entrada.
- **DERIVAS.** Son otras magnitudes, aparte de la medida como magnitud de entrada, que influyen en la variable de salida. Por ejemplo, pueden ser condiciones ambientales, como la humedad, la temperatura u otras como el envejecimiento (oxidación, desgaste, etc.) del sensor.
- **REPETITIVIDAD.** Error esperado al repetir varias veces la misma medida.
- **RESOLUCIÓN Y PRECISIÓN:** La resolución de un sensor es el menor cambio en la magnitud de entrada que se aprecia en la magnitud de salida. Sin embargo, la precisión es el máximo error esperado en la medida.

En el proyecto se empleó el siguiente sensor de tipo inductivo:

SENSOR OMRON TL-Q5MC1-5 PROXIMITY SWITCH



Figura II.23. Sensor OMRON TL-Q5MC1-5

Para observar su funcionamiento y características físicas y de operación de este sensor, Ver [ANEXO 3]

2.7. CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE.

El PLC es una máquina industrial susceptible de ser programada, al estar basada en un sistema de microprocesador dotado de un hardware estándar independiente del proceso a controlar. Se adapta a tal proceso mediante un programa de usuario específico, escrito en algún lenguaje de programación y que contiene la secuencia de operaciones a realizar.

Además de poder ser programados, se insiste en el término "Control Automático", que corresponde solamente a los aparatos que comparan ciertas señales provenientes de la máquina controlada de acuerdo con algunas reglas programadas con anterioridad para emitir señales de control para mantener la operación estable de dicha máquina.

2.7.1. DEFINICIÓN DE CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

De acuerdo con la definición de la "Nema" National Electrical Manufacturers Association un controlador programable es: "Un aparato electrónico operado digitalmente, que usa una memoria programable para implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas para controlar, a través de módulos de entrada/salida digitales o analógico.

La definición más apropiada es:

Sistema Industrial de Control Automático que trabaja bajo una secuencia almacenada en memoria, de instrucciones lógicas.

2.7.2. CICLO DE OPERACIÓN

Este ciclo puede considerarse dividido en tres bloques como son:

- Proceso Común
- Ejecución del programa
- Servicio a periféricos

2.7.2.1. PROCESO COMÚN

En este primer bloque se realizan los chequeos cíclicos de conexiones y de memoria de programa, protegiendo el sistema contra.

- Errores de hardware (conexiones E/S, ausencia de memoria de programa, etc.)
- Errores de sintaxis (programa imposible de ejecutar).
- El chequeo cíclico de conexiones comprueba los siguientes puntos:
- Niveles de tensión de alimentación.
- Estado de la batería si existe.
- Buses de conexión con las interfaces.

- El Chequeo de la memoria de programa comprueba la integridad de la misma y los posibles errores de sintaxis y gramática.
- Mantenimiento de los datos, comprobados en el “checksum”.
- Existencia de la instrumentación END de fin de programa.
- Estructura de saltos y anidamiento de bloque correctas.
- Código de instrucciones correctas.

2.7.2.2. EJECUCIÓN DEL PROGRAMA

En este segundo bloque se consultan los estados de las entradas y de las salidas y se elaboran las órdenes de mando o de salida a partir de ellos.

El tiempo de ejecución de este bloque de operaciones es la suma del:

- Tiempo de acceso a interfaces de E/S
- Tiempo de escrutación de programa.

Y a su vez esto depende, respectivamente de:

- Número y ubicación de las interfaces de E/S.
- Longitud del programa y tipo de CPU que lo procesa.

2.7.2.3. SERVICIO A PERIFÉRICOS

Este tercer y último bloque es únicamente atendido si hay pendiente algún intercambio con el exterior. En caso de haberlo, la CPU le dedica un tiempo limitado, de 1 a 2ms, en atender el intercambio de datos. Si este tiempo no fuera suficiente, el servicio queda interrumpido hasta el siguiente ciclo.

2.7.3. FUNCIONAMIENTO DEL CPU

Al comenzar el ciclo, la CPU lee el estado de las entradas. A continuación ejecuta la aplicación empleando el último estado leído. Una vez completado el programa, la CPU

ejecuta tareas internas de diagnóstico y comunicación. Al final del ciclo se actualizan las salidas. El tiempo de ciclo depende del tamaño del programa, del número de E/S y de la cantidad de comunicación requerida.

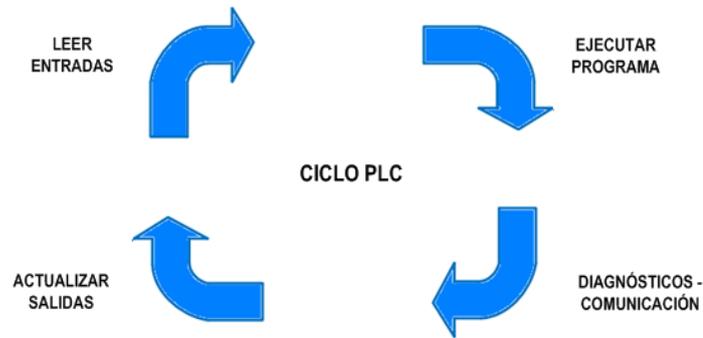


Figura II.24. Ciclo del PLC

Las ventajas en el uso del PLC comparado con sistemas basados en relé o sistemas electromecánicos son:

- Flexibilidad: Posibilidad de reemplazar la lógica cableada de un tablero o de un circuito impreso de un sistema electrónico, mediante un programa que corre en un PLC.
- Tiempo: Ahorro de tiempo de trabajo en las conexiones a realizar, en la puesta en marcha y en el ajuste del sistema.
- Cambios: Facilidad para realizar cambios durante la operación del sistema.
- Confiabilidad
- Espacio
- Modularidad
- Estandarización

2.7.4. ESTRUCTURA DEL PLC

Un controlador Lógico Programable es un dispositivo usado para controlar. Este control se realiza sobre la base de una lógica, definida a través de un programa.

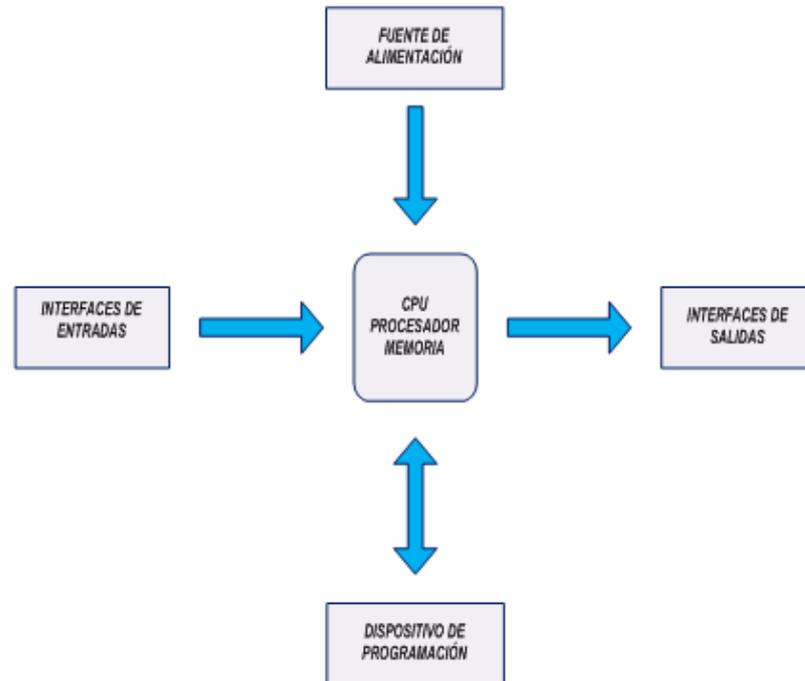


Figura II.25. Estructura de un PLC.

Un controlador lógico programable está constituido por un conjunto de tarjetas o circuitos impresos, sobre los cuales están ubicados dispositivos electrónicos.

El controlador Programable tiene la estructura típica de muchos sistemas programables, como por ejemplo una microcomputadora.

La estructura básica del hardware de un controlador Programable propiamente dicho está constituido por:

- Fuente de alimentación.
- Unidad de procesamiento central (CPU).
- Módulos de interfaces de entradas/salidas (E/S).
- Módulo de memorias.
- Unidad de programación.
- En algunos casos cuando el trabajo que debe realizar el controlador es más exigente, se incluyen Módulos Inteligentes.

2.7.5. ESTRUCTURA EXTERNA

Se refiere al aspecto físico exterior del PLC o autómatas programables. Actualmente en el mercado existen dos tendencias:



Figura II.26. Estructura externa del PLC S7-1200

2.7.5.1. DISEÑO COMPACTO

En un solo bloque residen todos sus elementos como la fuente, CPU, entrada /salida, interfaces, etc. Tienen la ventaja de ser generalmente más baratos y su principal desventaja es que no siempre es posible ampliarlos.

2.7.5.2. DISEÑO MODULAR

Los distintos elementos se presentan en módulos con grandes posibilidades de configuración de acuerdo a las necesidades del usuario. Una estructura muy popular es tener en un bloque la CPU, la memoria, interfaces y la fuente. En bloques separados las unidades de entradas/salidas que pueden ser ampliadas según necesidades.

2.7.5.3. UNIDADES DE ENTRADA DIGITALES

Son las más utilizadas y corresponde a señales todo/nada. O sea la presencia o no de una tensión (por ejemplo de fines de carrera, termostatos, pulsadores, etc.). Esta tensión puede ser alterna (0–220V, 0 – 110) o continua (generalmente 0 - 24).

2.7.5.4. UNIDADES DE SALIDA

Son el bloque básico que excitaran los actuadores

- Led's indicadores del estado del PLC.
- Puerto de extensión.
- Terminales de conexión de entradas.
- Puerto de comunicación

2.7.6. ESTRUCTURA INTERNA

Para poder interpretar el funcionamiento de un PLC presentamos la siguiente figura, donde se muestra un esquema de su estructura interna. En este caso podemos distinguir cinco bloques en la estructura interna de los Autómatas programables.

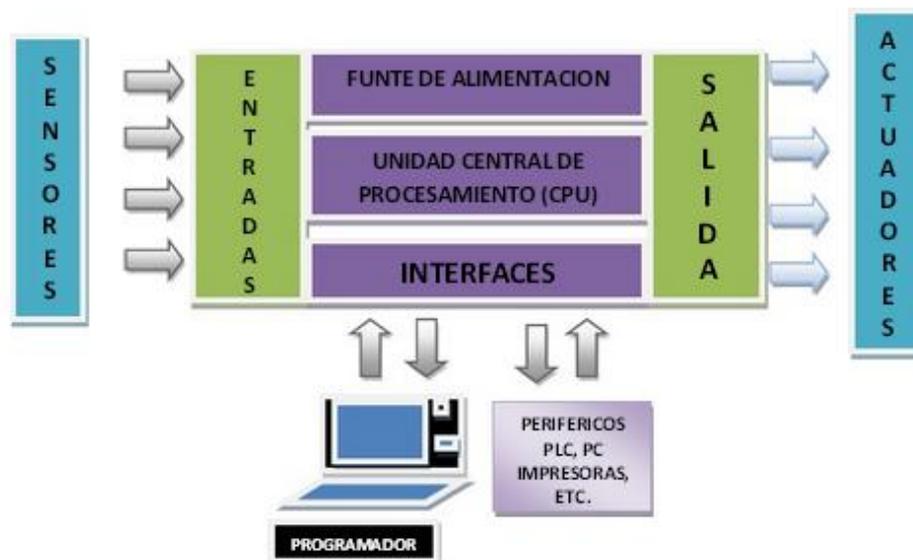


Figura II.27. Estructura interna del PLC

2.7.6.1. BLOQUE DE ENTRADAS

En él se reciben las señales que proceden de los sensores. Estas son adaptadas y codificadas de forma tal que sean comprendidas por la CPU. También tiene la misión de proteger los circuitos electrónicos internos del PLC, realizando una separación eléctrica entre estos y los sensores.

2.7.6.2. BLOQUE DE SALIDAS

Trabaja de forma inversa al anterior. Este interpreta las órdenes de la CPU, las descodifica y las amplifica para enviarlas a los actuadores. También tiene una interface para aislar la salida de los circuitos internos.

2.7.6.3. UNIDAD CENTRAL DE PROCESAMIENTO CPU

En ella reside la inteligencia del sistema. En función de las instrucciones del usuario (programa) y los valores de las entradas, activa las salidas.

2.7.6.4. FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Su emisión es adaptar la tensión de red (120V/60Hz) a los valores necesarios para los dispositivos electrónicos internos (generalmente 24Vcc y 5Vcc).

2.7.6.5. INTERFACES

Son los canales de comunicación con el exterior. Por ejemplo con:

- Los equipos de programación.
- Otros autómatas.
- Computadoras

2.7.7. PROGRAMACIÓN DE PLC SIEMENS

Por su condición de programable, es necesaria la intervención de un operador humano que defina cómo ha de evolucionar el proceso y que intercambie información con el autómata.

El lenguaje de programación puede definirse como "el conjunto de símbolos y textos, entendibles por la unidad de programación, que utiliza el usuario para codificar sobre un autómata las leyes de control que desea". Asimismo, el lenguaje de explotación se definiría como "el conjunto de comandos y órdenes que, desde la CPU u otro terminal adecuado, puede enviar el usuario para conocer el estado del proceso, y en su caso para modificar alguna variable".

En la tarea de programación del autómata, han de seguirse los siguientes pasos:

1. Establecer mediante un diagrama de flujo, una descripción literal o gráfica (GRAFCET, RdP, etc.) que indique qué es lo que se quiere que haga el sistema y en qué orden.
2. Identificar las señales de E/S del autómata.
3. Representar de forma algebraica (instrucciones literales o de textos) o gráfica (símbolos gráficos) un modelo del sistema de control con las funciones que intervienen, con las relaciones entre las mismas y con la secuencia a seguir.
4. Asignar a cada uno de los elementos que figuran en el modelo direcciones de E/S internas.
5. Codificar la representación del paso 3 en instrucciones o símbolos entendibles por la unidad de programación, lenguaje de programación. Cada instrucción del programa consta de dos partes: el código de operación, que dice qué se ha de hacer y el código de los operandos identificados por su dirección que dicen sobre qué variables, o constantes, se ha de operar.

6. Transferir el conjunto de instrucciones escrito en la unidad de programación a la memoria del autómata.
7. Depurar, poner a punto el programa y guardar una copia de seguridad.

En cuanto a los lenguajes de programación a utilizar: literales o gráficos ha de decirse que depende de la aplicación a que se destina e incluso de la costumbre o hábito del programador. No obstante seguidamente se comentan las características fundamentales de ambos:

2.7.7.1. LENGUAJES LITERALES

Formados por instrucciones elementales del programa, cada una de las cuales es una secuencia de textos. Las instrucciones disponibles dependen de la complejidad del lenguaje y van desde muy sencillas funciones lógicas (AND, OR, NOR) hasta las estructuras complejas de programación de alto nivel (FOR ... NEXT, DO, WHILE, etc.), o instrucciones de manipulación de textos y valores numéricos, o instrucciones de acceso a bloques secuenciales (TIM, CNT, etc.).

2.7.7.2. LENGUAJES GRÁFICOS

Tienen su origen en los esquemas eléctricos de relés y utilizan símbolos de contactos y bobinas para las instrucciones básicas y símbolos de bloques lógicos para las extensiones al lenguaje, con una potencia similar a la de los lenguajes literales de alto nivel y con la ventaja de visión de conjunto que proporciona la representación gráfica.

2.7.8. HERRAMIENTAS DE AUTOMATIZACIÓN: GRAFCET

Este diagrama funcional permite describir los comportamientos del automatismo en relación a las informaciones que recibe, imponiendo un funcionamiento riguroso, evitando de esta forma incoherencias, bloqueos o conflictos en el funcionamiento. En

cada nivel de descripción, este diagrama puede ser modificado o corregido, sin necesidad de volver a partes ya estudiadas.

El Grafcet se compone de un conjunto de:

- Etapas o Estados a las que van asociadas acciones.
- Transiciones a las que van asociadas receptividades.
- Uniones Orientadas que unen las etapas a las transiciones y las transiciones a las etapas.

2.7.8.1. ETAPAS

Una etapa se caracteriza por un comportamiento invariable en una parte o en la totalidad de la parte de mando.

En un momento determinado, y según sea la evolución del sistema:

- Una etapa puede estar activa o inactiva.
- El conjunto de las etapas activas definen la situación de la parte de mando.
- Las etapas se representan por un cuadrado con un número en su parte superior como identificación. La entrada y salida de una etapa aparece en la parte superior e inferior, respectivamente, de cada símbolo.

El conjunto formado por el cuadrado y la extensión de las entradas y salidas constituye el símbolo completo de la etapa:

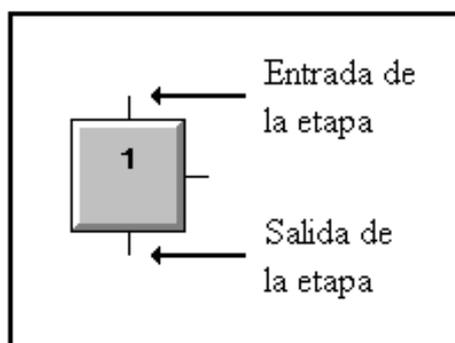


Figura II.28. Etapa

Cuando es necesario determinar la situación del Grafcet en un momento determinado, es muy cómodo identificar todas las etapas activas en ese momento, mediante un punto en la parte inferior de los símbolos de las etapas activas.

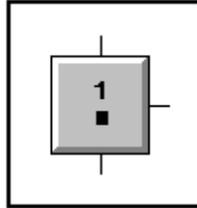


Figura II.29. Etapa activa

Cuando varias transiciones van unidas a una misma etapa, las uniones orientadas correspondientes se reagrupan antes o después de la etapa.

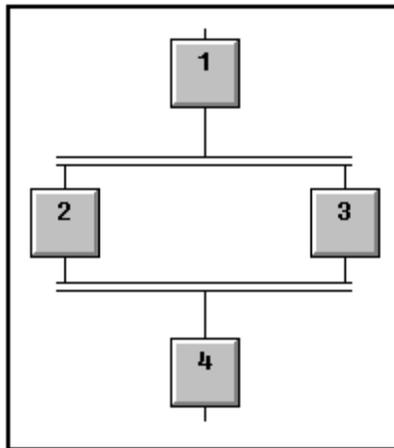


Figura II.30. Reagrupación de etapas

2.7.8.2. TRANSICIÓN

Una transición indica la posibilidad de evolución entre etapas. Esta evolución se presenta al producirse el franqueo de la transición. El franqueo de una transición provoca el paso en la parte de mando de una situación a otra situación.

Una transición puede estar validada o no validada.

- Validada.- Es cuando todas las etapas inmediatamente unidas a esta transición están activas.

- Una transición entre dos etapas se representa mediante una línea perpendicular a las uniones orientadas, también puede llevar una línea paralela a las uniones orientadas. Para facilitar la comprensión del Grafcet cada transición puede ir numerada a la izquierda de la línea perpendicular.

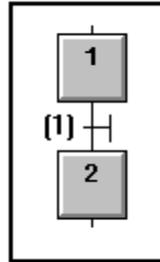


Figura II.31. Transición que une la etapa 1 con la 2

2.7.8.3. REGLAS DE ESTRUCTURAS DE USO FRECUENTE

Entre las reglas de uso frecuente en la elaboración del grafcet de un proceso tenemos las siguientes:

- **DIVERGENCIA EN O**

Se representa mediante el esquema siguiente:

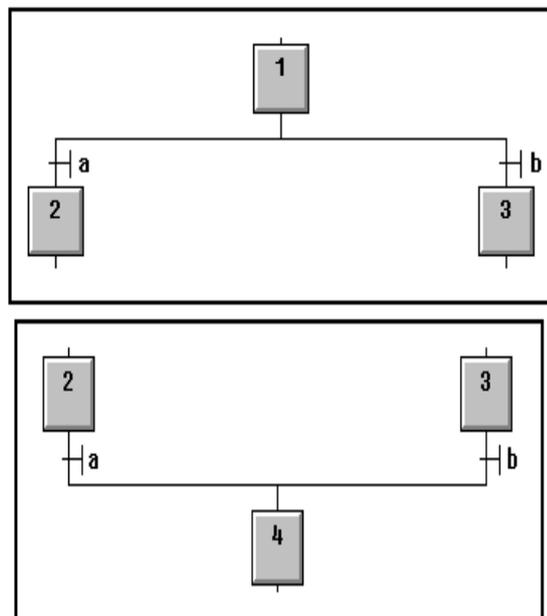


Figura II.32. Divergencia en O

Cuando la etapa 1 está activa, según se cumpla la receptividad asociada a la transición a o la receptividad asociada a la transición b, pasará a ser activa la etapa 2 o bien la etapa 3 respectivamente.

Si la etapa activa es la 2 debe cumplirse la receptividad asociada a la transición a para pasar a la etapa 4 a activa. Si la etapa activa es la 3 debe cumplirse la receptividad asociada a la transición b, para que la etapa 4 pase a estar activa.

- **DIVERGENCIA EN Y**

Viene dada por el esquema que se representa:

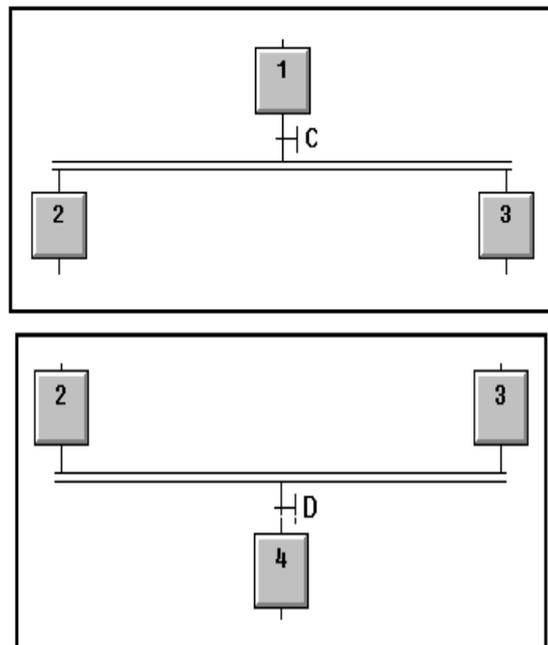


Figura II.33. Divergencia en Y

Estando activa la etapa 1 y si se cumple la receptividad asociada a la transición C, pasan a estar activas las etapas 2 y 3.

Y ara que se activa la etapa 4 deben estar activas las etapas 2 y 3 y cumplirse la receptividad asociada a la transición D.

2.7.8.4. ESTRUCTURAS PRINCIPALES

Las estructuras de base más utilizadas se describen a continuación. Pueden combinarse entre ellas, siendo esta enumeración no limitativa.

- **SECUENCIA ÚNICA**

Una secuencia única se compone de una sucesión de etapas que son activadas una a continuación de otra. A cada Etapa le sigue solamente una transición y cada transición es validada por una sola etapa.

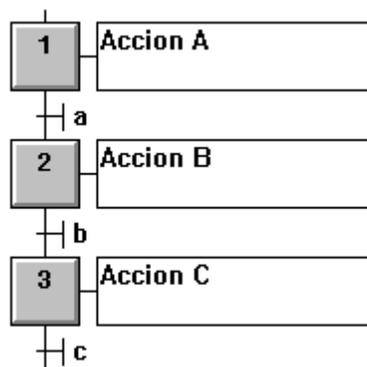


Figura II.34. Secuencia única

Se dice que la secuencia está activa si al menos lo está una etapa. Por el contrario se dice que está inactiva si todas las etapas están inactivas.

- **SECUENCIAS SIMULTÁNEAS O PARALELISMO**

Cuando el franqueo de una transición conduce a la activación de varias secuencias al mismo tiempo, se dice que son secuencias simultáneas. Después de la activación de estas secuencias, las evoluciones de las etapas activas en cada una de las secuencias son independientes. Para asegurar la sincronización de la desactivación de varias secuencias al mismo tiempo, generalmente se ponen etapas de espera recíproca.

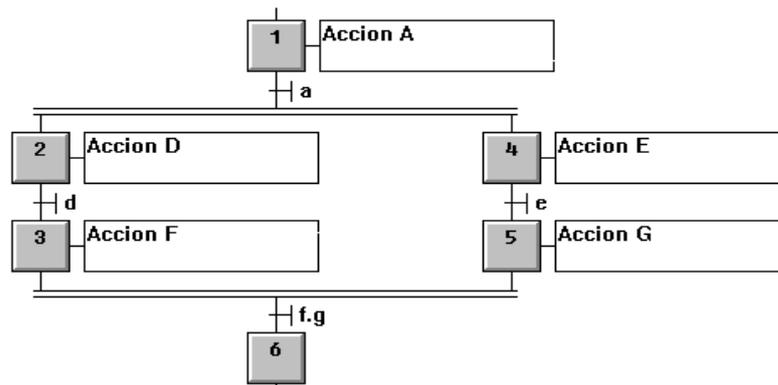


Figura II.35. Secuencias Simultáneas

2.7.9. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

STEP 7 ofrece los lenguajes de programación estándar siguientes para S7-1200.

2.7.9.1. KOP (ESQUEMA DE CONTACTOS)

Es un lenguaje de programación gráfico. Su representación se basa en esquemas de circuitos.

Los elementos de un esquema de circuitos, tales como los contactos normalmente cerrados y normalmente abiertos, así como las bobinas, se combinan para formar segmentos.

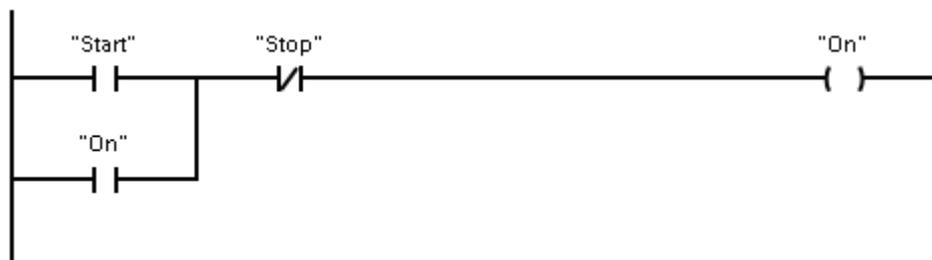


Figura II.36. Representación de lenguaje de programación

Para crear la lógica de operaciones complejas, es posible insertar ramas para los circuitos paralelos. Las ramas paralelas se abren hacia abajo o se conectan directamente a la barra de alimentación. Las ramas se terminan hacia arriba.

KOP ofrece instrucciones con cuadros para numerosas funciones, p. ej. Matemáticas, Temporizadores, contadores y transferencia.

STEP 7 no limita el número de instrucciones (filas y columnas) de un segmento KOP. Tenga en cuenta las reglas siguientes al crear segmentos KOP:

No se permite programar ramas que puedan ocasionar un flujo invertido de la corriente.

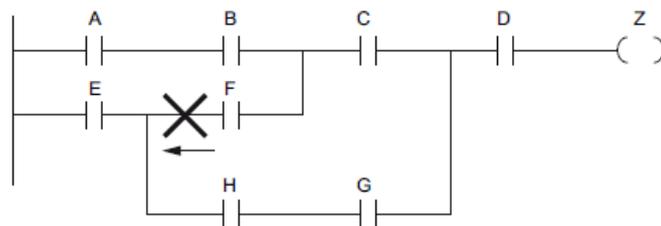


Figura II.37. Error flujo invertido

No se permite programar ramas que causen cortocircuitos.

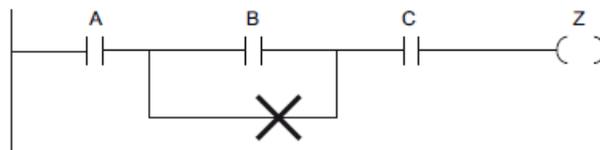


Figura II.38. Error cortocircuito.

- **CONTACTOS KOP**

Normalmente abiertos y normalmente cerrados

<i>KOP</i>	<i>Descripción</i>
"IN" 	Contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados: Los contactos se pueden conectar a otros contactos, creando así una lógica combinacional propia. Si el bit de entrada indicado utiliza el identificador de memoria I (entrada) o Q (salida), el valor de bit se lee de la memoria
"IN" 	

	<p>imagen de proceso. Las señales de los contactos físicos del proceso controlado se cablean con los bornes de entrada del PLC. La CPU consulta las señales de entrada cableadas y actualiza continuamente los valores de estado correspondientes en la memoria imagen de proceso de las entradas. La lectura inmediata de una entrada física se indica introduciendo ":P" después del offset I (p. ej. "%I3.4:P"). En una lectura inmediata, los valores de datos de bit se leen directamente de la entrada física y no de la memoria imagen de proceso. La lectura inmediata no actualiza la memoria imagen de proceso.</p>
--	---

Tabla II.1. Contactos KOP

2.7.9.2. FUP (DIAGRAMA DE FUNCIONES)

Es un lenguaje de programación que se basa en los símbolos lógicos gráficos empleados en el álgebra booleana.

Al crear un bloque lógico, se debe seleccionar el lenguaje de programación que empleará dicho bloque. El programa de usuario puede emplear bloques lógicos creados con cualquiera de los lenguajes de programación

2.7.9.3. BOBINA DE RELÉ (KOP) Y CUADRO DE ASIGNACIÓN DE SALIDA (FUP)

La instrucción "Bobina de salida, relé" escribe un valor en un bit de salida. Si el bit de salida indicado utiliza el identificador de memoria Q, la CPU activa o desactiva el bit de salida en la memoria imagen de proceso, poniendo el bit especificado al correspondiente estado de flujo de corriente. Las señales de salida de los actuadores de control se cablean con los terminales Q de la CPU. En el modo RUN, el sistema de la CPU explora las señales de entrada continuamente, procesa los estados de entrada acorde con la lógica del programa de usuario, y a continuación reacciona aplicando nuevos estados lógicos de salida en la memoria imagen de proceso de las salidas. Tras cada ciclo del

programa, la CPU transfiere el nuevo estado de las salidas almacenado en la memoria imagen de proceso a los bornes de salida cableados.

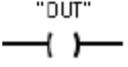
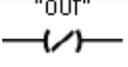
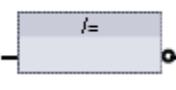
KOP	FUP	Descripción
		<p>En la programación FUP, las bobinas KOP se transforman en cuadros de asignación (= y /=), en los que se indica una dirección de bit para la salida del cuadro. Es posible conectar las entradas y salidas del cuadro con otros cuadros lógicos, o bien introducir una dirección de bit.</p> <p>La escritura inmediata en una salida física se indica introduciendo ":P" después del offset Q (p. ej. "%Q3.4:P"). En una escritura inmediata, los valores de datos de bit se escriben en la memoria imagen de proceso de las salidas y directamente en la salida física.</p>
		
		

Tabla II.2. Salidas de relé

2.7.9.4. TEMPORIZADORES

Las instrucciones con temporizadores se utilizan para crear retardos programados. El número de temporizadores que pueden utilizarse en el programa de usuario está limitado sólo por la cantidad de memoria disponible en la CPU. Cada temporizador utiliza una estructura de DB del tipo de datos IEC_Timer de 16 bytes para guardar la información del temporizador especificada encima de la instrucción de cuadro o bobina. STEP 7 crea automáticamente el DB al introducir la instrucción.

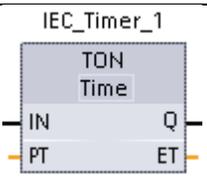
KOP	FUP	Descripción
		<p>El temporizador TON pone la salida Q a ON tras un tiempo de retardo predeterminado.</p>

Tabla II.3. Temporizador TON

TON: Temporizador como retardo a la conexión El temporizador TON pone la salida Q a ON tras un tiempo de retardo predeterminado.

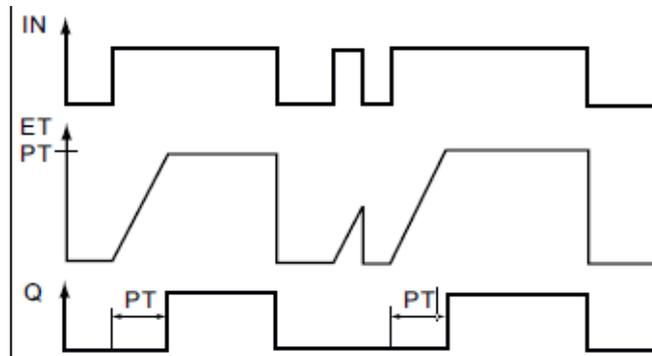


Figura II.39. Temporizador TON

Cuando se arranca un temporizador debido a un flanco en la entrada de una instrucción TP, TON, TOF o TONR, el valor del temporizador de funcionamiento continuo interno de la CPU se copia en el miembro START de la estructura del DB asignado a esta instrucción de temporizador. Este valor de arranque permanece inalterado mientras el temporizador continúa funcionando, y se vuelve a utilizar cada vez que el temporizador se actualiza. Cada vez que el temporizador arranca se carga un nuevo valor en la estructura de temporizador del temporizador interno de la CPU.

Cuando se actualiza un temporizador, el valor de arranque arriba descrito se resta del valor actual del temporizador interno de la CPU para determinar el tiempo transcurrido.

El tiempo transcurrido se compara entonces con el predeterminado para determinar el estado del bit Q del temporizador. Los miembros ELAPSED y Q se actualizan en la estructura de DB asignada a este temporizador. Recuerde que el tiempo transcurrido se detiene en el valor predeterminado (el temporizador no continúa acumulando tiempo transcurrido una vez que se ha alcanzado el valor predeterminado).

Una actualización de temporizador se realiza única y exclusivamente cuando:

- Se ejecuta una instrucción de temporizador (TP, TON, TOF o TONR)

- El miembro "ELAPSED" de la estructura del DB se referencia directamente con una instrucción
- El miembro "Q" de la estructura de temporizador del DB se referencia directamente con una instrucción

2.7.9.5. COMUNICACIÓN CON UNA PROGRAMADORA

Una CPU puede comunicarse con una programadora con STEP 7 en una red.

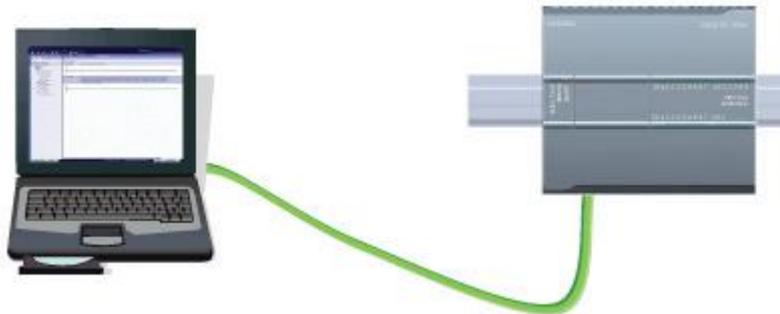


Figura II.40. Comunicación con la programadora

Al configurar la comunicación entre una CPU y una programadora debe considerarse lo siguiente:

- Configuración/instalación: Es preciso configurar el hardware.
- Para la comunicación entre dos interlocutores no se requiere un switch Ethernet. Un switch Ethernet se requiere sólo si la red comprende más de dos dispositivos.

CAPÍTULO III

DESARROLLO

3.1. INTRODUCCION.

En el transcurso de prácticas pre profesionales dentro de la empresa Ecuamatrix, se identificó que el área de elaboración de piezas plásticas existía un componente de este proceso que se encontraba inhabilitado; la idea se fundamento en retomar o diseñar un nuevo sistema para el funcionamiento del mismo, exponiendo que de acuerdo a los aprendizajes obtenidos, podíamos realizar una repotenciación de este componente llamado Robot AEC Application Automation. El proyecto de tesis consiste en un nuevo diseño de funcionamiento, estableciendo nuevos componentes si el caso fuese necesario, con el compromiso de realizar un manual de usuario para su respectiva manipulación dentro de la empresa.

Por parte de la entidad Ecuamatrix, la idea se aprobó por medio de sus autoridades, el facilitarnos el acceso a esta fábrica fue de mucha ayuda para podernos desenvolver en el transcurso de la elaboración del proyecto de tesis.

3.2. VERIFICACIÓN DE PARTES Y PIEZAS DEL ROBOT

Cada elemento o componente, como son sensores, actuadores, elementos de protección, etc., del robot AEC fueron sometidos a pruebas de funcionamiento, elaborando de esta manera costos de inversión para el nuevo diseño a implementarse.

Para la detección de cada componente se realizó la revisión de acuerdo a aéreas identificadas en el robot, esto se detalla a continuación:

3.2.1. ACOMETIDA DE ENERGÍAS

Para un mejor panorama de la situación que se verificó se expone una fotografía del estado anterior del robot, cuya revisión se la hizo en el tablero de control.



Figura III.41. Tablero de Control estado anterior del robot

Esta área comprende todo el poder de energía que el robot tenía instalado para su funcionamiento, identificando de esta manera tres tipos de energías:

3.2.1.1. ENERGÍA ELÉCTRICA AC

Se realizó la revisión de la acometida con la que el robot se encontraba funcionando, se identificó que se trataba de una red trifásica, debido a que no existía ningún plano o manual del robot AEC por parte de la fábrica, se procedió a alimentar el tablero con 220V de corriente alterna, y de acuerdo a la placa del transformador y las mediciones realizadas con un Multímetro, se concluyó que el robot funcionaba a 440V; y la necesidad de la empresa es que el robot funcionara con 220V, lo que implicaba realizar un nuevo diseño.

3.2.1.2. TOMA DE AIRE COMPRIMIDO

Ya que el robot contenía elementos de accionamiento mediante el aire comprimido se identificó la unidad de mantenimiento que realiza la distribución del aire hacia todo el robot, mediante la perilla de paso de aire comprimido se constató que la presión necesaria era de 4 kgf/cm³ a 6 kgf/cm³ de acuerdo a componentes que admitían como máximo esta capacidad de presión.



Figura III.42. Unidad de mantenimiento para aire comprimido

3.2.1.3. ENERGÍA ELÉCTRICA DC

La instalación de energía en corriente directa (DC) se encontraba dotada por una fuente de transformación simétrica que alimentaba al sistema de +24V y -24V, que eran distribuidos a componentes del tablero, como por ejemplo al PLC Allen Bradley instalado y una placa electrónica que se desconocía en si su función en el robot.

Con esta verificación pudimos cerciorarnos de que componentes conectados con esta fuente podían ser quitados o cambiados, debido a que demostraban errores en su funcionamiento.

3.2.2. COMPONENTES DE CONTROL

Primeramente se identificó todos los componentes de control que contenía el robot, para luego proceder a su verificación de funcionamiento. Se especifica a continuación:

3.2.2.1. SENSORES

Se realizó un conteo y clasificación, según el tipo, de todos los sensores identificados en el robot, se procedió a realizar las pruebas de funcionamiento luego de haber consultado y verificado su hoja de datos técnicos, tal fue el caso de los sensores inductivos OMRON TL-Q5MC1-5 de 3 hilos. Ver Anexo 3.

De un total de 9 sensores OMRON, se verificó que 7 de estos se encontraban en estado operativo, los 2 restantes no emitían ninguna señal, por lo que se realizó un nuevo diseño en la distribución de estos sensores.

Para los demás sensores, que eran muy conocidos y de 2 hilos, de acuerdo a las pruebas realizadas todos se encontraban en buen estado, lo que permitió de la misma manera mantenerlos para el nuevo proceso.



Figura III.43. Sensores encontrados en el robot

3.2.2.2. ACTUADORES

De los actuadores identificados, que en su mayoría se encontró electroválvulas, se verifico luego de alimentarlas con 24V dc, que estas se encontraban en perfectas condiciones.



Figura III.44. Electroválvula evaluada

Por parte del motor PSC al alimentarlo con 200V según sus datos técnicos de la placa encontrados, se verificó que no arrancaba de inmediato, se tenía que proporcionarle un poco de impulso al eje para poder romper el torque de arranque, lo cual no nos ayudaba para la implementación del proceso; el motor contenía un capacitor de arranque, de ahí su nombre o grupo de pertenencia, pero existía el problema de cómo debe ser conectado ya que no había información alguna sobre la identificación de las bobinas del motor.

Lo importante del caso es que el motor demostraba que podía ser puesto en operación considerando otras opciones para el arranque del mismo, y teniendo en cuenta los datos técnicos de la placa ya que se contaba con la acometida de 220V y el motor funcionaba a 200V. Para un mejor panorama se presenta la siguiente ilustración del motor.



Figura III.45. Motor evaluado para el proceso

3.2.2.3. RELÉS

En la evaluación de los relés, primeramente identificamos el papel que desempeñaban estos en un sistema automatizado, de la misma manera se verifica la hoja de datos respectiva con el fin de conectarlos y verificar su funcionamiento. En sí los relés encontrados servían para fusionar el desempeño de los sensores a larga distancia del cableado desde el tablero de control hasta cada uno de los sensores en el robot.

Se realizó la alimentación de 24V y se comprobó que los 8 relés del robot funcionaban a la perfección. A continuación se presenta la figura:



Figura III.46. Relés utilizados en el proyecto

3.2.2.4. PLC ALLEN BRADLEY

El análisis de este dispositivo nos dio como resultado que a más de ser un PLC antiguo, el cable de datos, el controlador y lenguaje de programación del mismo, la empresa no lo tenía. De la misma manera al momento de alimentar estos dispositivos y realizar unas pruebas de funcionamiento, los errores de comunicación entre PLC y módulos de expansión eran muy notorios y complicados de ser corregidos, es por esta razón que se necesitaba realizar una nueva inversión en otro PLC que reemplace y tenga mejores facilidades de operación. El PLC reemplazado se presenta en la siguiente ilustración.

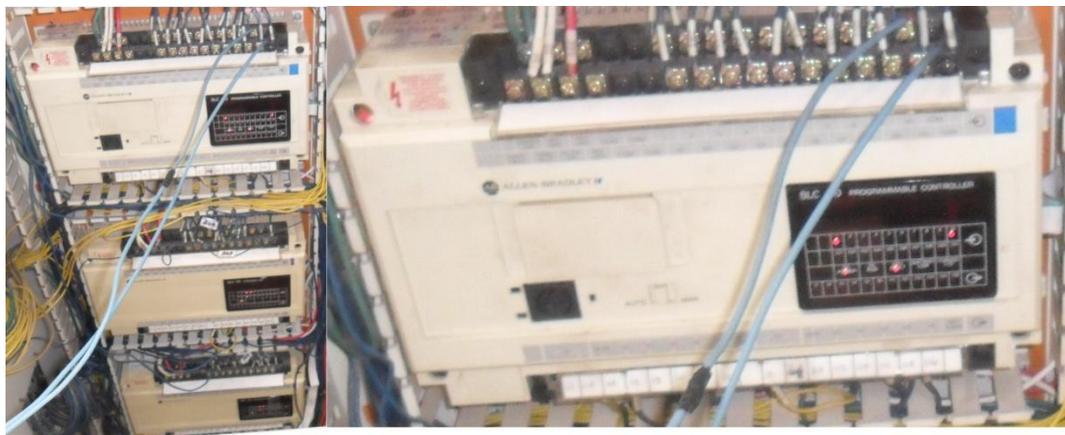


Figura III.47. PLC Allen Bradley

3.2.2.5. CABLEADO Y TABLERO DE CONTROL

En el diagnóstico del cableado se decidió reemplazar absolutamente todo debido a que realizaríamos un nuevo diseño, pero en las pruebas realizadas a los componentes, como son los botones y luces piloto de verificó que estos funcionaban en su mayoría, lo que hizo que se consideraran para el nuevo diseño.



Figura III.48. Tablero de Control del robot

3.3. DISEÑO SISTEMA DE CONTROL

En base al mantenimiento preventivo que se realizó a cada componente del robot AEC, y de acuerdo a los resultados del mismo, se estableció un nuevo diseño para el funcionamiento del ciclo automático y manual del robot, tomando en cuenta requerimientos que la empresa sugirió para la elaboración del proyecto. Se detalla cada uno de los escenarios considerados.

3.3.1. CONFIGURACIÓN DE TRANSFORMADOR

Se estableció el funcionamiento de todo el sistema ya no con una acometida de 440V que se tenía inicialmente, de acuerdo a requerimientos de la empresa, se realizó un nuevo diseño que consistía en realizar la adaptación del proceso a una acometida de 220V, para lo cual se realizó la identificación de cada una de los devanados del transformador disponible para el diseño, de acuerdo a la placa de datos del transformador, pudimos percatarnos que si soportaba una entrada de 220V y con tabs de salida de 28V, 120V y 200V de corriente alterna. A continuación presentamos el anterior y el nuevo diseño de conexión del transformador según lo requerido.

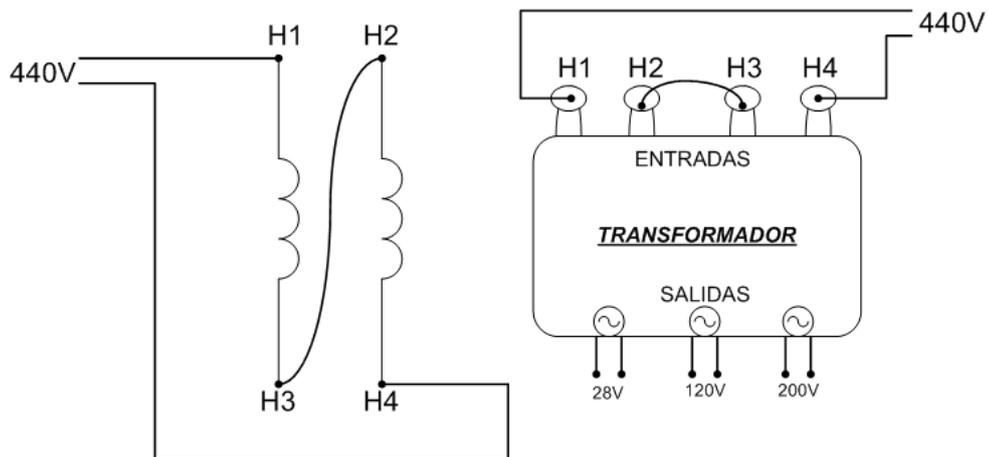


Figura III.49. Configuración anterior de transformador

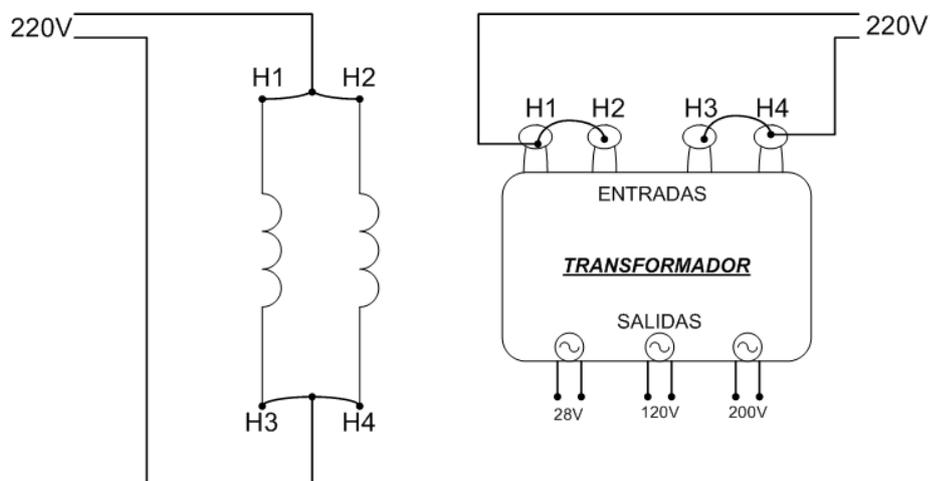


Figura III.50. Conexión actual para acometida 220V

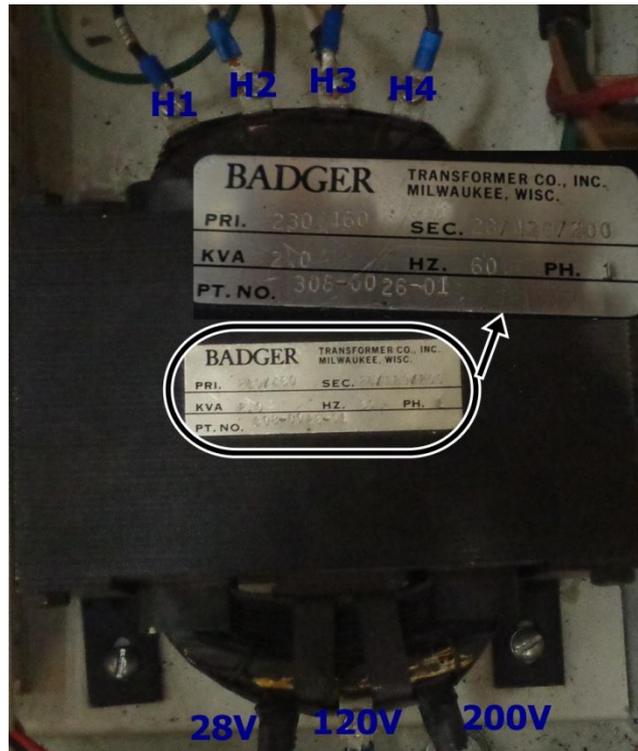


Figura III.51. Transformador con sus datos de placa

De esta manera es como se realizó el nuevo diseño de conexión del transformador y se lo aprovecho para establecer con energía al sistema de control.

3.3.2. PROTECCIÓN ELÉCTRICA

El sistema anterior a 440V, contaba con sus respectivas protecciones mediante fusibles dimensionados para esa acometida; para el nuevo diseño empleado a 220V se realizó el dimensionamiento utilizando la siguiente fórmula:

$$P = Vi, \text{ siendo } P: \text{ la potencia; } V: \text{ voltaje; e } i: \text{ amperaje}$$

De esta manera se hizo el dimensionamiento para cada uno de los equipos a proteger, calculando el amperaje que soportaban, como por ejemplo: sabíamos según la placa de datos del transformador que su potencia es de 2KW con un voltaje a funcionar de 220V,

entonces se realizó el despeje de la fórmula para encontrar el amperaje obteniendo el valor del fusible a comprar para su respectiva protección del equipo.

$$i = \frac{P}{V} = \frac{2000W}{220V} = 10A$$

De la misma manera se realizó el cálculo para los demás dispositivos a proteger, quedando de la siguiente manera distribuidos los fusibles en el proceso.

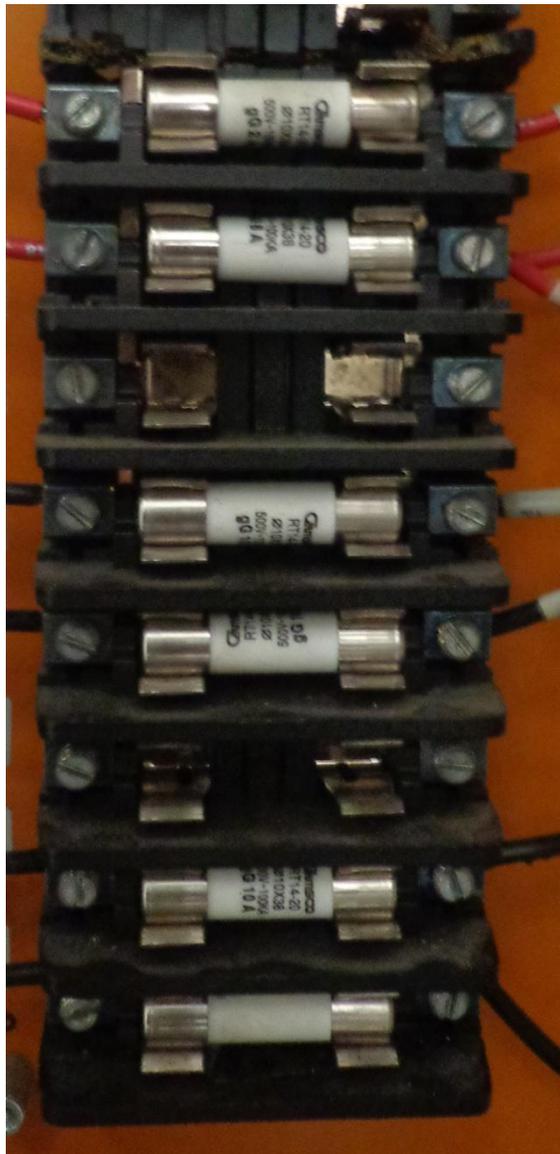


Figura III.52. Fusibles dimensionados para el proyector

En el tablero de control se estableció como protección la puesta a tierra del tipo de aterrizaje a neutro del transformador, este es otro tipo de protección para cuando no se tiene en la acometida de alimentación protección a tierra, en este caso se generó quedando de esta forma.

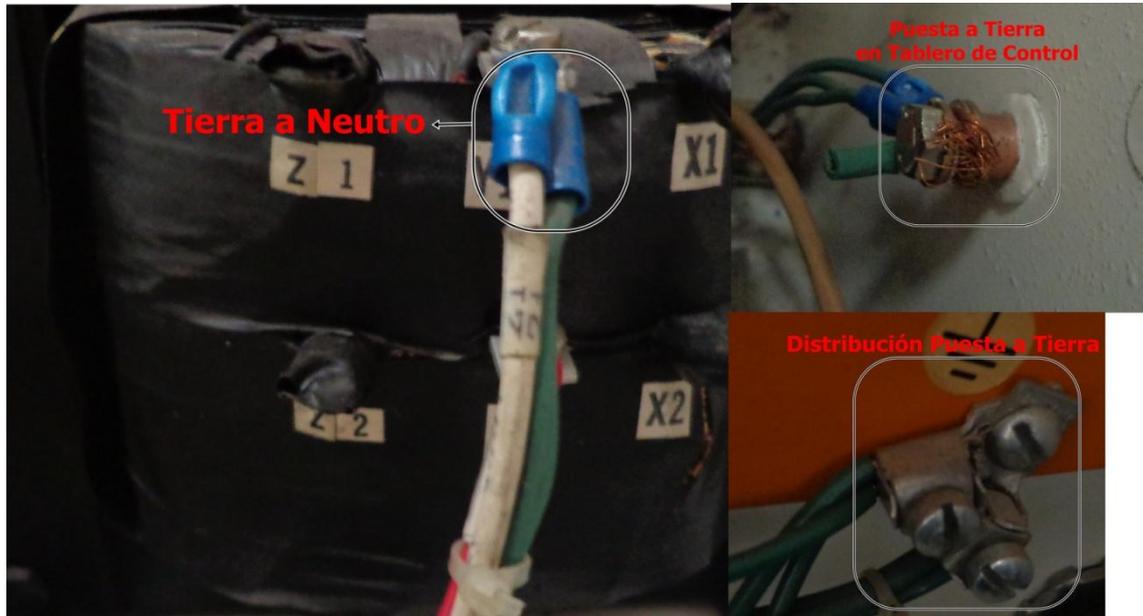


Figura III.53. Protección Puesta a Tierra

3.3.3. ACOMETIDA DE VOLTAJE DC

De la salida del transformador se aprovechó los 120V de corriente alterna, estos atraviesan por una fuente de transformación de corriente alterna a corriente continua, abasteciendo al sistema de control con un voltaje de 24Vdc. Cabe recalcar que esta fuente utilizada fue evaluada en sus capacidades de entrega de energía, debido a que de acuerdo a lo requerido, la corriente que se necesitaba para todo el proceso de control, era de un mínimo de 2A, siendo la fuente de 4.5A. En la siguiente figura se muestra la fuente utilizada.

También el PLC utilizado posee una fuente interna de transformación de 24Vdc que fue aprovechada. Se especificará más adelante.

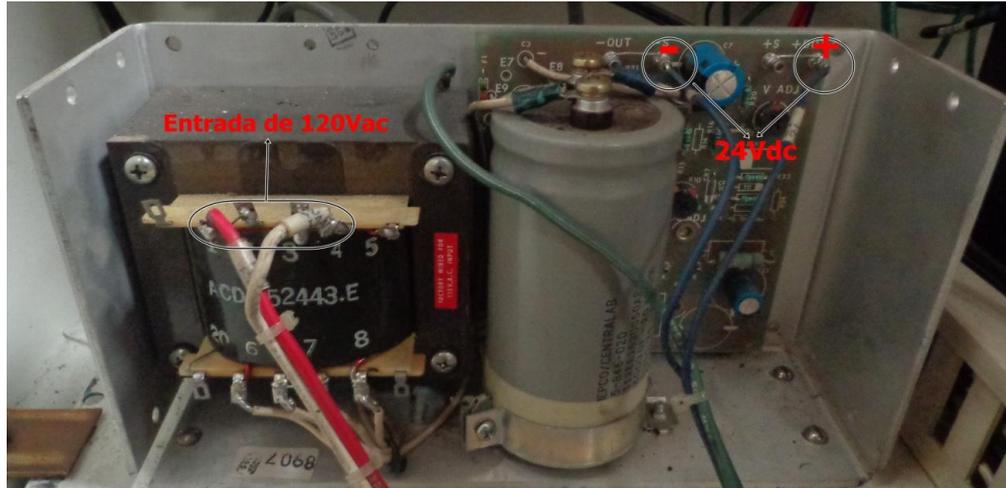


Figura III.54. Acometida de 24Vdc

3.3.4. ELEMENTOS PARA EL DISEÑO DE CABLEADO

Como se trata de un nuevo diseño, el tendido de cable que se realizó se basó en un nuevo planteamiento, cambio de conexión y distribución de los conductores desde el tablero de control hasta el robot, utilizando borneras de conexión, elementos de distribución y calibre de cables acordes a los elementos de control a conectar. De acuerdo a lo diseñado damos a conocer cada una de las etapas de tendido realizados:

- **Cableado de los botones del panel control.**

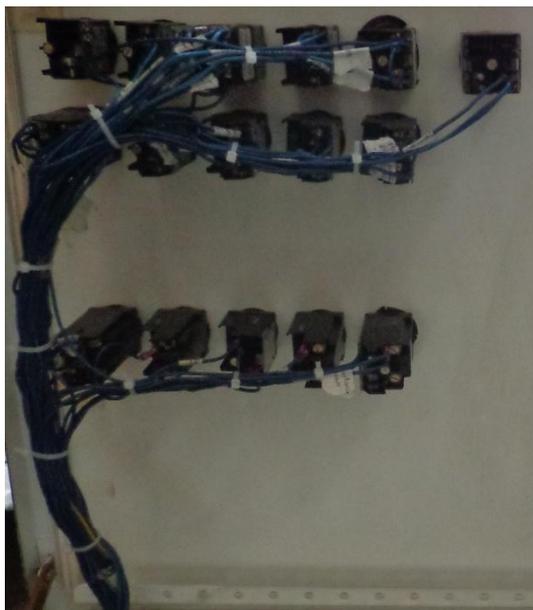


Figura III.55. Cableado de botones

- **Borneras de conexión**

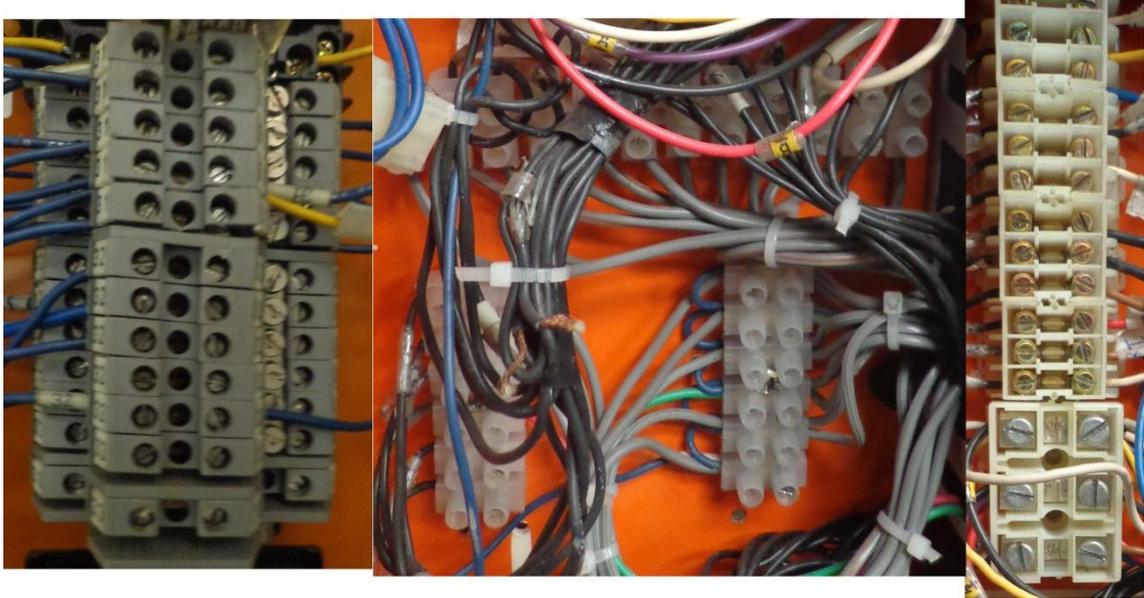


Figura III.56. Borneras de Conexión

- **Distribución de cables**



Figura III.57. Borneras de distribución de cables

3.3.5. ADAPTACIÓN PLC SIEMENS S7-1200

El PLC Allen Bradley que inicialmente comandaba al proceso, fue cambiado según el diagnóstico realizado, se hizo la adquisición de un nuevo PLC, que de acuerdo a lo requerido de entradas y salidas dimensionado por los sensores y actuadores que se encontraban prestos para el proceso automático, se optó por el Siemens S7-1200

CPU1212C AC/DC/RLY y un módulo de expansión de entradas y salidas digitales SM1223/DC/RLY.

Con este dispositivo adaptado y según el nuevo diseño planteado para la distribución y conexión de los elementos de control, se logró cubrir con los requerimientos del proceso a realizar el robot. En la siguiente figura se presenta el PLC utilizado.



Figura III.58. PLC utilizado en el diseño

Para la verificación de datos técnicos, instalación, conexión, programación y puesta en marcha de este dispositivo se tomo de referencia los manuales que la empresa Siemens aporta en la Internet, además de un manual de usuario dotado en digital al momento de la adquisición del mismo.

3.3.6. ADAPTACIÓN VARIADOR DE FRECUENCIA SIEMENS MM440

Debido a que se necesitaba controlar el movimiento horizontal del robot mediante un motor trifásico PSC, se identificó que para realizar dicha acción, la opción fue la de adquirir un Variador de Frecuencia, de la misma manera dimensionado de acuerdo a lo necesario para el proceso de control, puesto que existen una gran variedad de frecuenciómetros en el mercado; en base a la placa de datos del motor se observó la

dimensión de potencia que se iba a controlar siendo la opción de adquisición del variador de frecuencia Siemens Micromaster 440. (Ver Anexo 4). Como protección al motor PSC se optó por la adquisición de un guardamotor, cuya función es la de proteger al motor de intensidades fuera de lo soportado por el mismo, asegurando la integridad del equipo en el funcionamiento de acuerdo a sus parámetros. En la siguiente ilustración se presentan estos dispositivos utilizados.



Figura III.59. Variador y guardamotor para el motor PSC

3.3.7. GRAFCET DE CICLO AUTOMÁTICO

Luego de haber establecido el diseño físico de cada componente del proceso automático, se procedió a elaborar el ciclo de operación que realizaría el robot de acuerdo a especificaciones y requerimientos de funcionamiento, haciendo uso del planteamiento del grafcet que el robot ejecutará por medio de la programación realizada

en el PLC y demás dispositivos. El graficet resultante para el sistema de control es el siguiente:

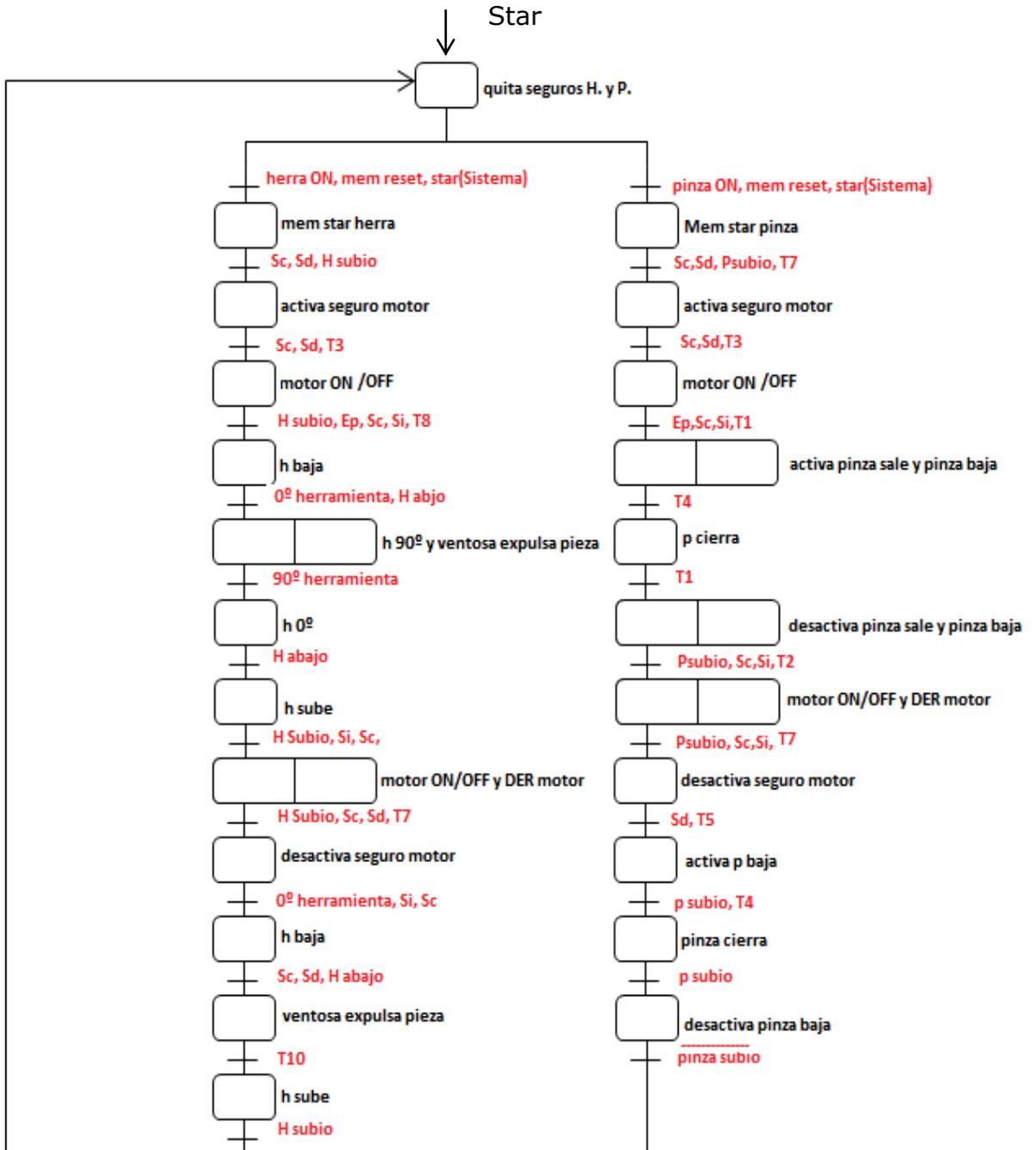


Figura III.60. Graficet de Programación robot AEC

3.3.8. SIMULACIÓN DEL DISEÑO ELECTRONEUMÁTICO

Cada uno de los elementos electro neumáticos del robot AEC fueron simulados mediante la herramienta FluidSim, el nuevo diseño de control está reflejado en esta simulación, asegurando de esta manera el ciclo a programar en el PLC, la simulación fue un parámetro determinante para tomar las directrices de programación y ejecución del proyecto automático. Para un mejor manejo de la simulación y funcionamiento del robot se elaboró por separado las funciones del robot.

En el programa FluidSim nos permite trabajar en forma gráfica escenarios de automatización, es muy importante realizar estos tipos de esquemas antes de ejecutar un proyecto de control, ya que nos permite elaborar alternativas de corrección, como son: la dirección de conexión de las válvulas neumáticas, ubicación de sensores, tipos de accionamiento y mandos, vías de acceso para alimentación de aire y energía eléctrica, entre otros parámetros más, según como sea el esquema real del proceso. Se muestra la versión y entorno del programa utilizado.

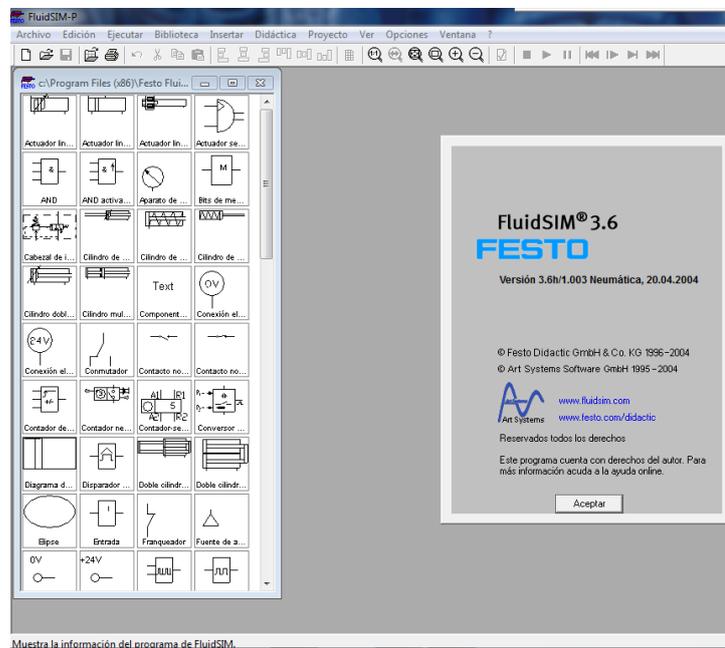


Figura III.61. Programa de simulación electro neumática

A continuación se presenta la simulación electro neumática de la herramienta tipo pinza y luego la herramienta tipo ventosa.

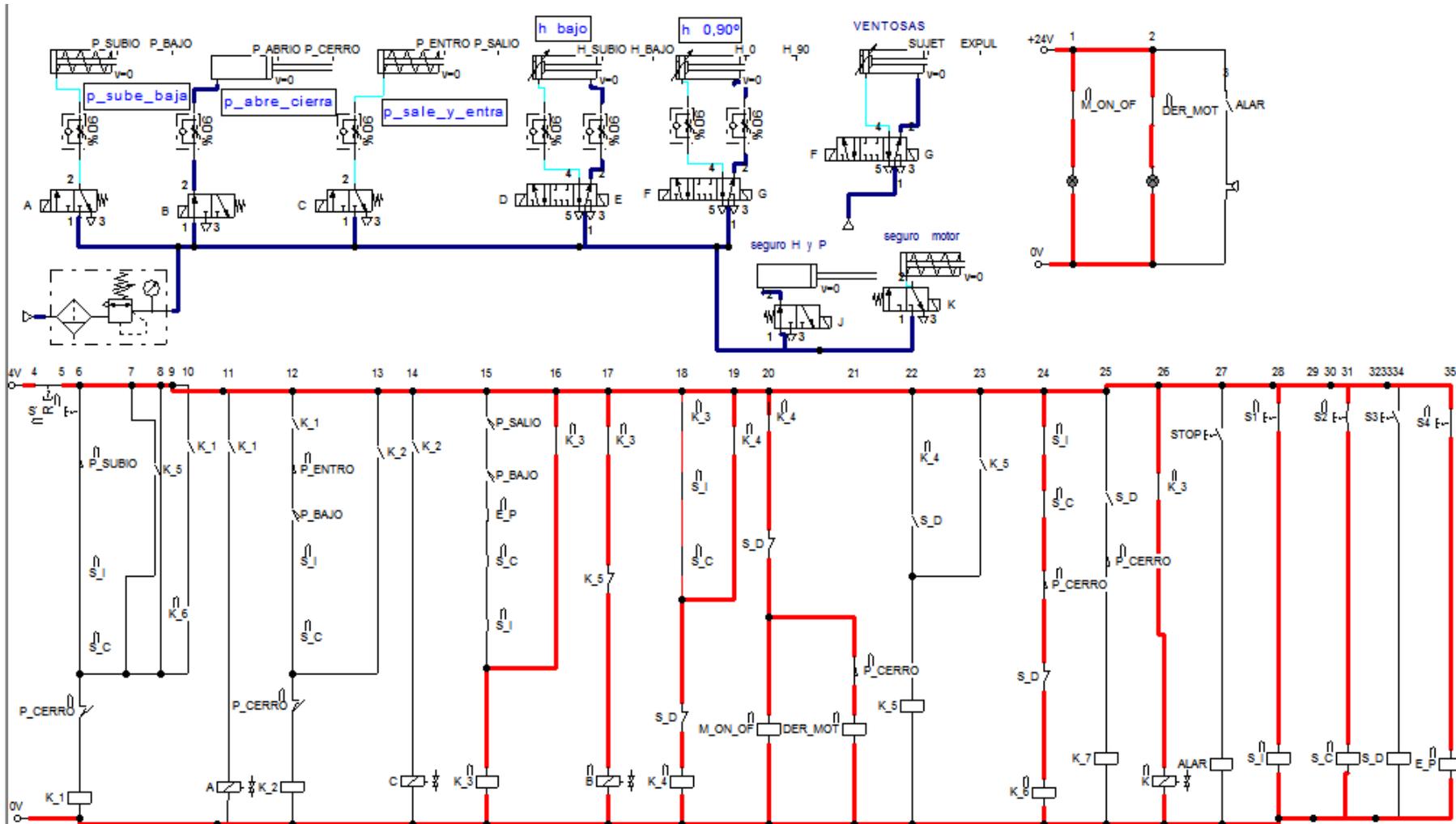


Figura III.62. Simulación de herramienta tipo pinza

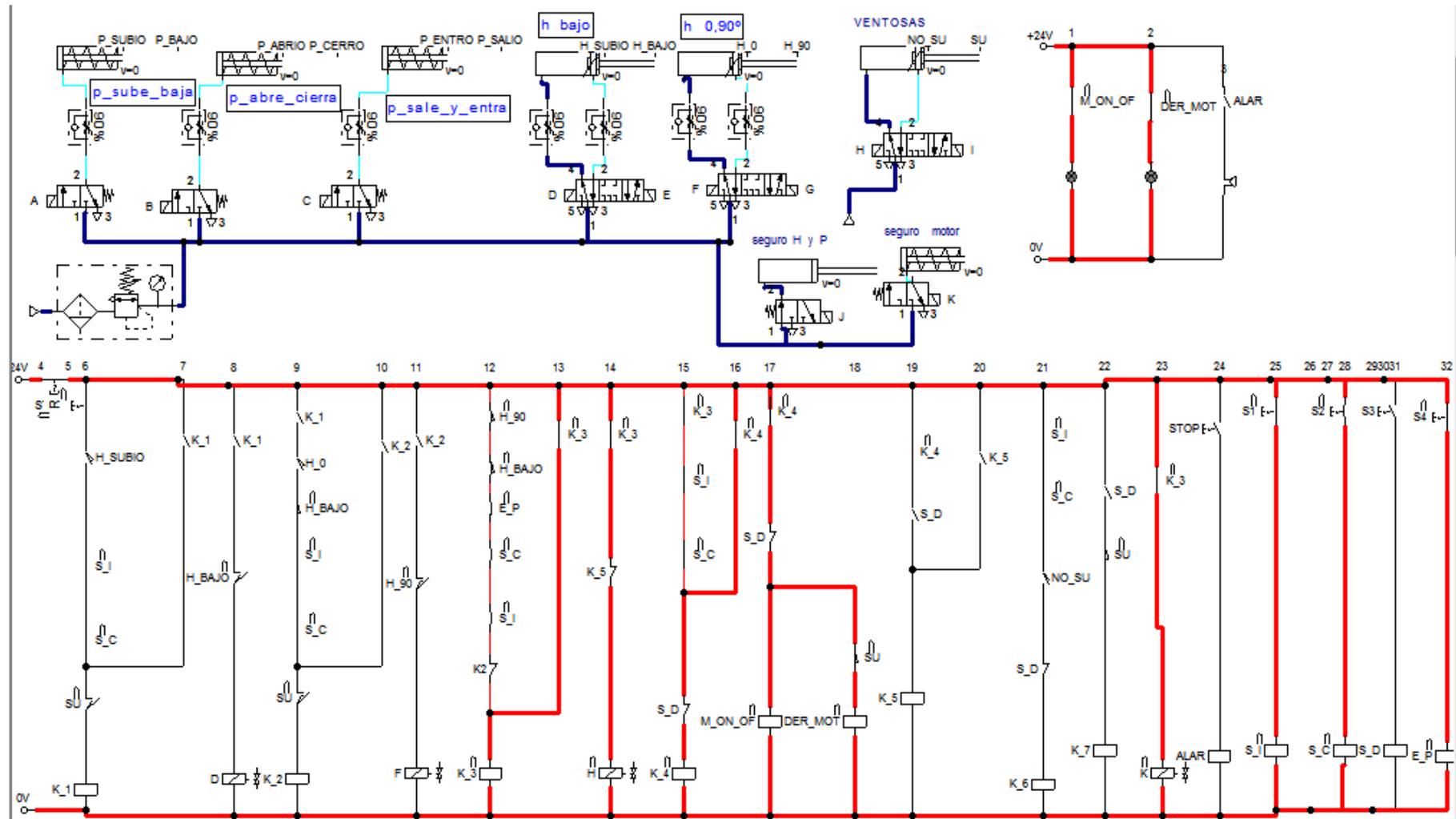


Figura III.63. Simulación de herramienta tipo ventosa

3.4. IMPLEMENTACIÓN SISTEMA DE CONTROL

Todo el esquema de diseño considerado se ve reflejado en esta etapa del proyecto. Es aquí donde se realizaron pruebas de conexión de todo el robot, siguiendo paso a paso el nuevo diseño planteado, con la finalidad de corregir errores que perturben el ciclo de funcionamiento del robot, o inclusive afecten la integridad del ser humano debido a un mal funcionamiento. También nos permite considerar esquemas de protección de acuerdo al nuevo diseño, obtener un mejor panorama de la programación de los equipos necesarios para el proceso, o donde se establece cada uno los componentes que trabajan dentro de un proceso manual y de un proceso automático. Se presenta el esquema del tablero de control adoptando el nuevo diseño de control en la siguiente figura.

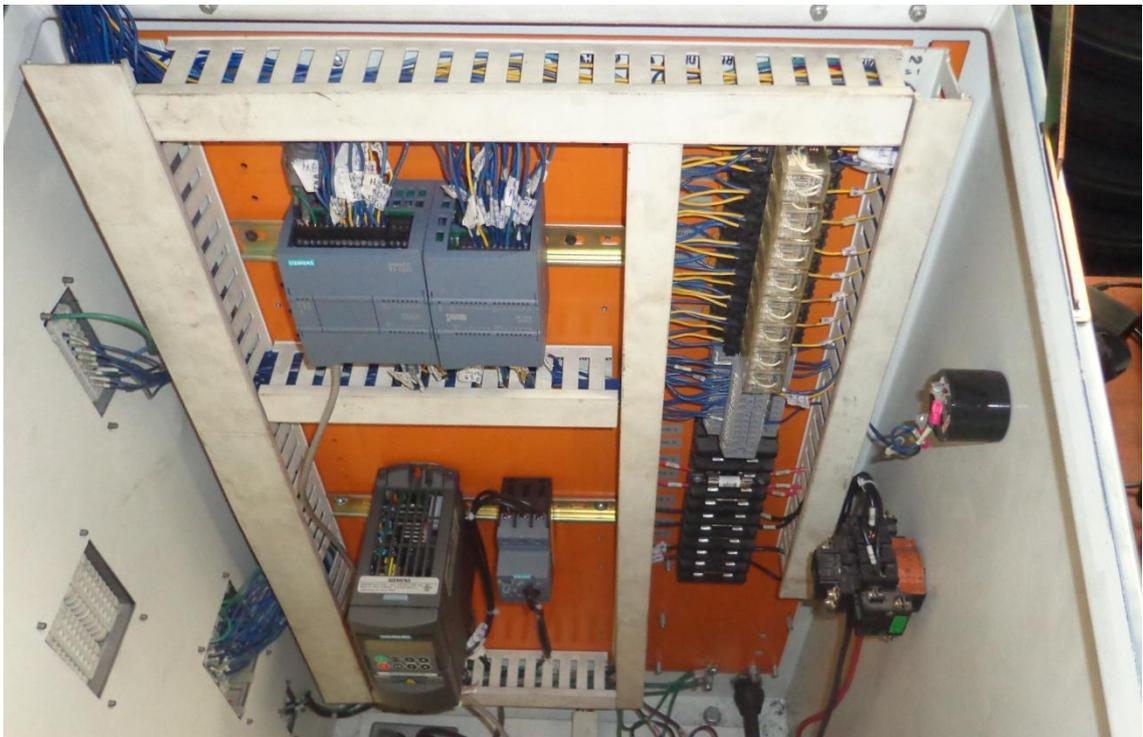


Figura III.64. Diseño nuevo implementado.

Los pasos que se establecieron en este segmento son los siguientes:

3.4.1. VERIFICACIÓN DE COMPONENTES DESDE PLC SIEMENS S7-1200

El paso realizado en este segmento fue la de probar las conexiones que van desde el PLC hacia los demás componentes de control, mediante el lenguaje de programación STEP 7, propio y adquirido con el PLC, con este proceso nos cercioramos del estado e identificación de conexión de cada entrada y salida que luego sirve para la realización de la programación en el PLC.

Como resultado de la verificación tenemos las siguientes entradas y salidas del PLC distribuidas por el robot AEC:

- Entradas utilizadas en la opción automático.

Entradas	Designación
I0.0	ESTA EN IZQUIERDA
I0.1	ESTA EN DERECHA
I0.2	SEN CEN MOT
I0.4	HERRAMIENTA ABAJO
I0.5	HERRAMIENTA SUBIO
I0.6	PINZA SUBIO
I8.0	EXISTE PIEZA
I8.3	0° HERRAM
I8.4	90° HERRAM
I9.0	STAR(SISTEMA)
I9.1	AUTO ON
I9.3	RESET
I9.5	HERRAMIENTA ON
I9.6	MANUAL ON
I9.7	STOP

Tabla III.4. Entradas opción automático robot AEC

- Salidas

Q0.0	H SUBE
Q0.1	H BAJA
Q0.3	H 90°
Q0.4	H 0°
Q8.2	P SALE
Q8.3	P CIERRA
Q8.4	QUITA SEGUROS H. Y P.

Q8.5	SIRENA
Q8.7	VENTOSA EXPULSA PIEZA
Q9.0	VENTOSA SUJETA PIEZA
Q9.1	SEGURO MOTOR
Q9.2	ALIMENTACION BOTONES MANUAL
Q9.4	DER MOTOR
Q9.5	MOTOR ON/OFF

Tabla III.5. Salidas del PLC empleadas en el proceso

- Entradas utilizadas en la opción manual.

Entradas	Designación
I0.0	H BAJA
I0.1	H 90°
I0.3	P CIERRA
I0.4	VENTOSA SUJETA PIEZA
I0.5	H 0°
I0.6	H SUBE
I0.7	DER MOTOR MAN
I8.0	MOTOR ON/OFF
I8.7	VENTOSA EXPULSA PIEZA
I9.2	P SALE
I9.6	SEGURO MOTOR

Tabla III.6. Entradas de la opción manual del proceso

3.4.2. PROGRAMACIÓN EN EL PLC

El PLC Siemens S7-1200, contiene la documentación necesaria para la puesta en funcionamiento del equipo dentro de un disco en formato digital, o también se puede encontrar toda esta documentación en la página web de la empresa Siemens, es importante revisar todos los requerimientos que el lenguaje de programación necesita del sistema en donde se instalará, porque de esto dependerá el correcto funcionamiento y se podrá realizar la programación en el PLC, entre los escenarios más relevantes a seguir para la programación se presenta a continuación:

- Entornos del Lenguaje de Programación STEP 7

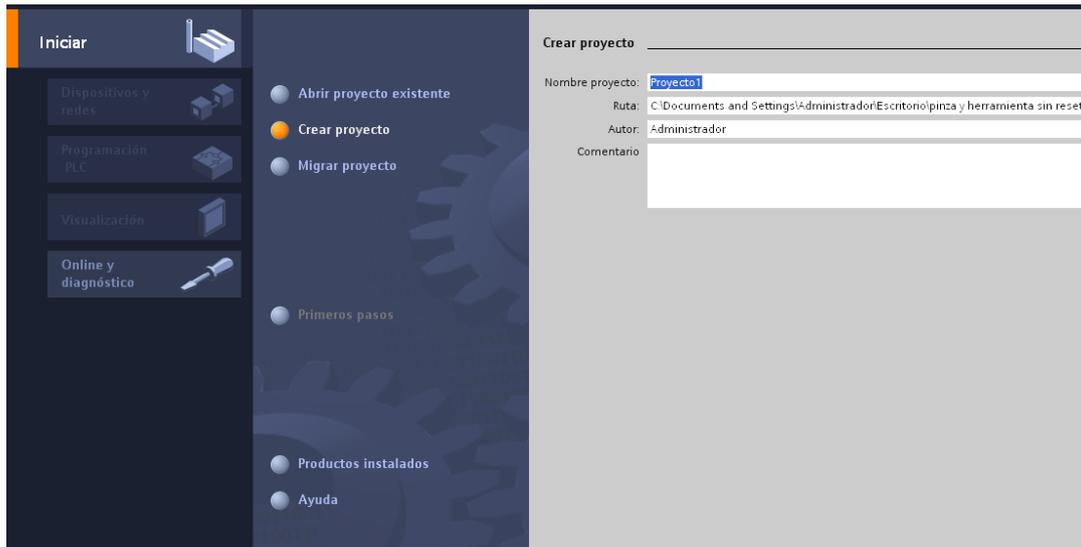


Figura III.65. Creación del proyecto de programación

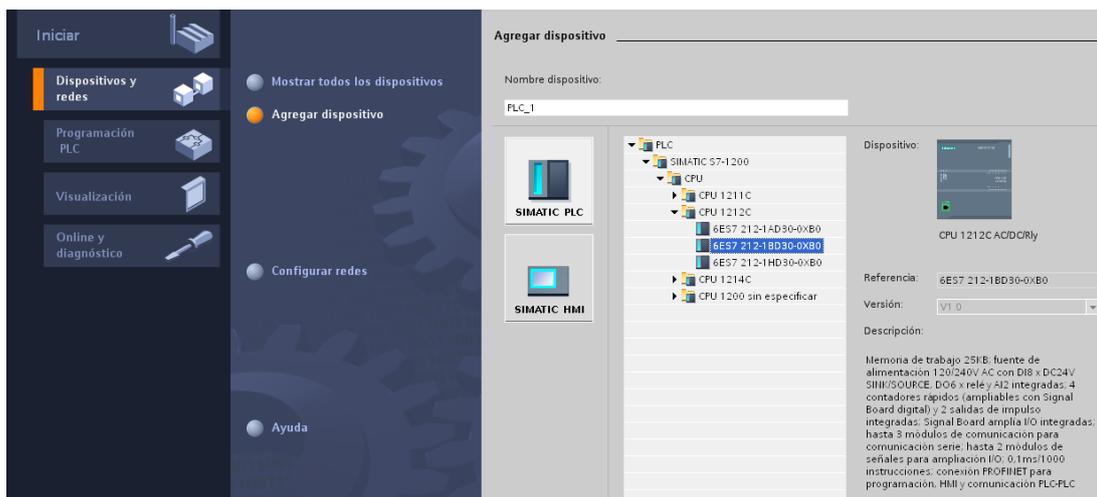


Figura III.66. Identificación del PLC y accesorios adquiridos

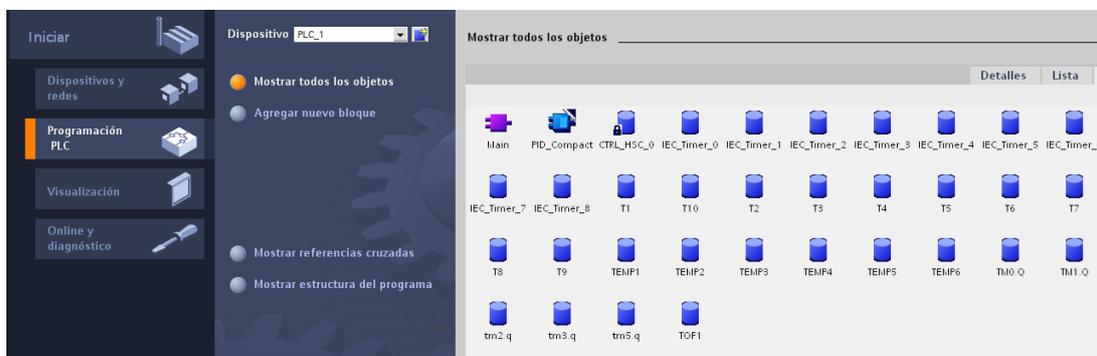


Figura III.67. Programación del PLC

- Memorias utilizadas en la programación.

Entradas	Designación
M5.0	MEM RESET
M5.1	MEM QUITA SEG
M5.2	MEM STAR PINZA
M5.3	MEM STAR HERRA
M5.4	MEM CENTRO Y DER

Tabla III.7. Memorias utilizadas en la programación

3.4.3. PROGRAMACIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

Para la programación del variador de frecuencia nos basamos en su totalidad a como debía comportarse el motor y de acuerdo a la programación del PLC, para ello se configuró el variador en su forma de operación remota, es decir que para realizar acciones en el motor con el uso del PLC se debía enviar señales hacia las borneras que posee el variador, en el proceso diseñado se hace uso de estas entradas del variador para comandar el cambio de giro y el accionamiento de encendido o apagado. El esquema de borneras se presenta a continuación.



Figura III.70. Borneras del variador para modo remoto

El tipo de programación que se realizó fue la de puesta en marcha rápida, cuya configuración podemos encontrarla en el manual de usuario del propio dispositivo al momento de adquirirlo. En esta programación únicamente se introduce los parámetros de la placa de datos del motor a más de otros básicos de funcionamiento de acuerdo a fórmulas de estimación, como por ejemplo:

$$I_{arranque} = 7I_{nominal}$$

Donde, $I_{arranque}$ es la intensidad de la corriente alcanzada cuando el motor va a arrancar con carga.

Y $I_{nominal}$ es la intensidad de corriente establecida en la placa del motor.

Quedándonos de esta manera en modo de operación el variador siempre y cuando se haya realizado eficazmente el ingreso de los parámetros, tal y como se muestra a continuación.

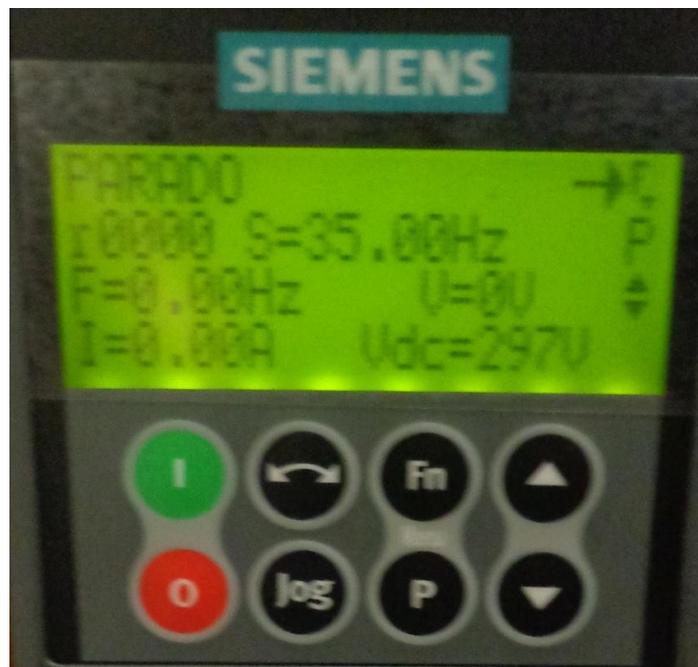


Figura III.71. Modo operando del variador MM440

3.5. MANUAL DE USUARIO AEC APLICACIÓN AUTOMÁTICA

Como elemento y parte fundamental del desarrollo del sistema de control se elaboró un manual de usuario que servirá para el manejo y manipulación del proceso automático y manual del robot AEC Aplicación Automática, requerimiento muy importante establecido por la empresa Ecuamatriz S.A. de la ciudad de Ambato.

En este manual (ver Anexo 6) se estipula las seguridades y cuidados que el operador debe considerar al momento de poner en marcha el robot AEC, y es un requisito indispensable para la entrega del proyecto a la empresa.

CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1. EVALUACIÓN DEL SISTEMA FINAL Y RESULTADOS

Las pruebas de funcionamiento fueron realizadas para determinar el comportamiento del robot y sus componentes principales.

Para que el robot AEC entre en funcionamiento se debe revisar los siguientes aspectos:

- Conectar la entrada general de aire comprimido del robot AEC al sistema de aire comprimido de la empresa.
- Conectar la alimentación eléctrica del sistema a una toma de 220 V y se procede a poner el Switch Auxiliar de potencia en la opción ON. Enseguida se energiza todo el sistema de control y de potencia.
- Se procede seleccionar en el panel de control el modo de operación del robot, ya sea en modo manual o automático.

- Se procede luego a seleccionar la herramienta de transportación del robot, de denominación pinza o herramienta.

Dentro de la interfaz de simulación online Del Software Step 7. Muestra las entradas y salidas del PLC de manera que podíamos vigilar y modificar datos de la CPU. Tal y como muestra la figura siguiente, los valores de la CPU online pueden vigilarse y modificarse.

	Nombre	Dirección	Formato visualiza	Valor de observac	Valor de forzado
1	"On"	%I0.0	Bool	<input type="checkbox"/> FALSE	
2	"Off"	%I0.1	Bool	<input type="checkbox"/> FALSE	
3	"Run"	%Q0.0	Bool	<input type="checkbox"/> FALSE	

Figura IV.72. Monitoreo en tiempo real de entradas y salidas

Utilizamos estas tablas de observación en el proyecto primero para ver el estado funcional de cada uno de los elementos sensores, relés y electroválvulas del robot, mediante sentencias básicas referidas a cada uno de estos elementos. Luego para ver cómo se comporta cada uno de estos elementos en la programación del proceso.

También vigilamos el estado de cada entrada y salida con el editor KOP a fin de probar los resultados en el proceso de programación como se ve en la siguiente figura.



Figura IV.73. Monitoreo online KOP

Se verificó que las luces piloto funcionan adecuadamente una de las dos, de manera que se la utilizo para visualizar cuando el robot se encuentra en estado automático, así también el interruptor de emergencia, los pulsadores de inicio, reset y los selectores del panel de control, funcionan en óptimas condiciones (tabla IV.8 comportamiento de elementos de panel de control).

ELEMENTOS	MANUAL		AUTOMÁTICO	
	FUNCIONAL	NO FUNCIONAL	FUNCIONAL	NO FUNCIONAL
Luces piloto				
1 auto	✓	-	✓	-
2 manual		✓		✓
Interruptor Stop	✓	-	✓	-
Pulsador inicio	✓	-	✓	-
Pulsador reset	✓	-	✓	-
selectores				-
Man/auto	✓	-	✓	-
Herra 0°/90°	✓	-	✓	-
Pinza abajo	✓	-	✓	-
Pinza adelante	✓	-	✓	-
Motor izquierda/derecha	✓	-	✓	-
Herra baja/sube	✓	-	✓	-
Herra expulsa/sujeta p	✓	-	✓	-

Pinza abre/cierra	✓	-	✓	-
Selección pinza/herra	✓	-	✓	-

Tabla IV.8. Evaluación de elementos del panel de control

También se verificó que la señal entregada del PLC hacia las electroválvulas es la correcta y que los tiempos de activación son muy rápidos.

En las pruebas realizadas a los sensores OMRON se determinó que presenta un nivel aceptable de diferencia entre sus valores medidos, como se demuestra en la tabla V.4

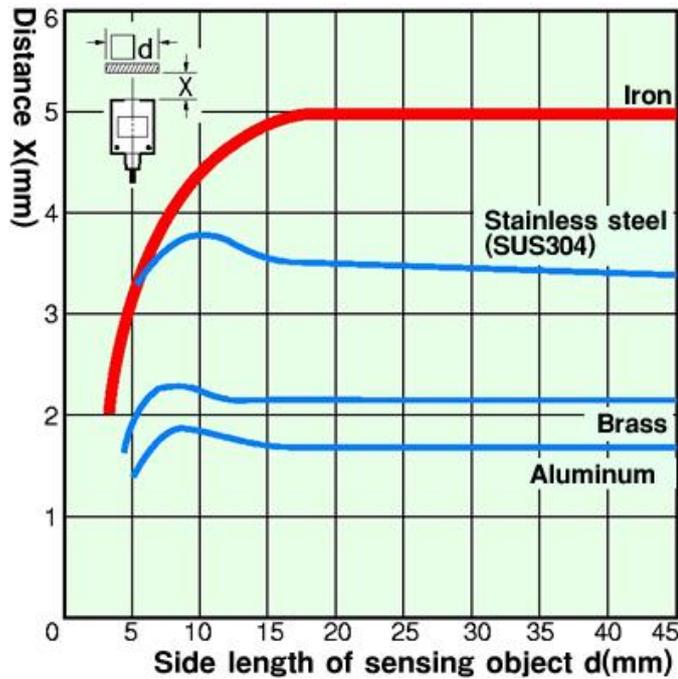


Figura IV.74. Niveles de aceptación del sensor Omron

SENSOR	24 VDC en metal aluminio				
	1mm	2mm	3mm	4mm	5mm
	ON	ON	ON	OFF	OFF

OMROM	24 VDC en metal hierro				
	1mm	2mm	3mm	4mm	5mm
	ON	ON	ON	ON	ON

Tabla IV.9. Evaluación de respuesta del sensor Omrom con tipos de metal

Se evaluó el parámetro velocidad de recorrido en el movimiento horizontal del robot ejecutado por la acción del motor Split permanente capacitor, utilizando una variador de frecuencia que permitió encontrar la frecuencia adecuada a las necesidades de movimiento horizontal de manera que no afecte el correcto funcionamiento motor ni la integridad física del mismo, además de que no sea un movimiento lento y sea adecuado a las necesidades del robot, para lo cual mostramos los resultados en la tabla siguiente.

Parámetros de evaluación				
Frecuencia(Hz)	Velocidad		Distancia(m)	Tiempo(s)
	(m/s)	(Km/h)		
20	0.23	0.82	1.7	7.44
24	0.25	0.91	1.7	6.76
28	0.27	1.01	1.7	6.09
30	0.29	1.05	1.7	5.84
35	0.41	1.46	1.7	4.18
40	0.56	2.03	1.7	3.01

Tabla IV.10. Evaluación y resultado de Velocidad motor PSC.

Encontramos como optima la frecuencia de 35 Hz para el funcionamiento del motor y por ende el movimiento horizontal del robot, ya que a esta frecuencia la velocidad a la que se desplaza el robot es relativamente alta para el proceso de transporte, de manera que si seleccionamos una de las anteriores, (30, 28, 24 o 20 Hz) resultara una demora en el proceso de transportación de piezas plásticas. Si escogemos en cambio la más alta (40 Hz) hará que se sobre esfuerce el motor y que el variador de frecuencia genere alarmas y mensajes de error.

Concluido el proyecto se realizó la entrega formal del mismo para lo cual se realizaron pruebas de funcionamiento previas, de 20 pruebas realizadas en el robot 10 se hicieron de en el modo manual y 10 en el modo automático, este último a su vez se realizaron 5 pruebas con la opción pinza y cinco con la opción herramienta, mostramos como resultado la siguiente tabla

PRUEBAS REALIZADAS	Manual									
	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Automático									
	Pinza					Herramienta				
	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tabla IV.11. Resultado de pruebas realizadas al robot en funcionamiento

CONCLUSIONES

- Se diseñó e implementó un sistema de control manual/automático para el robot manipulador de la empresa Ecuamatriz con los requerimientos impuestos por la misma.
- A cada componente, sea este eléctrico, neumático o electrónico, se realizó un mantenimiento preventivo, que nos sirvió para establecer el papel de cada componente a desempeñarse en el proceso de automatización.
- Se elaboró y se simuló un proceso electro neumático, tomando como base los componentes sensoriales y de actuación del robot AEC, para observar, diseñar y elaborar el respectivo ciclo de programación, para que luego pueda ser ejecutado cumpliendo con la tarea a realizar.
- El manual de usuario elaborado en este proyecto, juega el papel de un componente muy importante no solo para el funcionamiento y control del robot AEC, sino, para la seguridad integral de la persona encargada de la manipulación.
- De acuerdo a los conocimientos del control, se llegó a una solución de automatización debidamente simulada y probada que puede aplicarse a las industrias de transporte y peletización que existen en el país, mercado que está creciendo en la actualidad y que puede beneficiarse con un sistema de control como el descrito en el presente proyecto.

RECOMENDACIONES

- Para realizar un mantenimiento del robot AEC se debe tomar en cuenta el manual de usuario elaborado, para obtener las pautas de cómo encontrar las fallas del mismo.
- Para los accionamientos neumáticos se recomienda verificar si la fuente de aire comprimido se encuentra trabajando de forma óptima, sin que exista fuga alguna de este tipo de energía, ya que de esto dependerá el funcionamiento de este tipo de elementos.
- Los planos eléctricos del robot AEC juegan un papel muy importante al momento de identificar una avería de este tipo, considerando con mucho cuidado las advertencias que demanda la aplicación automática.
- La programación de la lógica de control de los PLC debe ser ordenada, se recomiendan poner comentarios sobre las instrucciones para que sea de fácil comprensión en caso de futuras modificaciones.
- Se recomienda involucrarse y tener un conocimiento previo de cualquier proceso que se quiera controlar. Se debe conocer el funcionamiento de los equipos que forman parte del proceso. La eficacia del rendimiento del sistema se da con un diseño adecuado, una buena implementación utilizando elementos de calidad, simulando y probando previamente el sistema.
- Se recomienda dar un mantenimiento preventivo periódico a los sensores y actuadores del robot, ya que con medidas sencillas se puede evitar que estos se deterioren rápidamente y pierdan sus funciones originales.
- Antes de poner en operación el sistema se recomienda verificar si los elementos actuadores neumáticos o eléctricos, están en perfectas condiciones, para que no sufra desperfectos físicos.

RESUMEN

Diseño e implementación del sistema de control para el robot AEC aplicación automática, utilizado en el transporte de piezas plásticas de la empresa Ecuamatrix.

En el proyecto aplicamos el método analítico que parte de la identificación del problema, su planteamiento, la formulación de la hipótesis y su aplicación.

Los materiales utilizados dentro del proyecto consta en su parte mecánica de un robot electroneumático conformado por sensores inductivos, cilindros neumáticos, electroválvulas, un motor trifásico, un guardamotor, un PLC S7-1200 CPU 1212C, un módulo de expansión SM1223, un variador de frecuencia MM440, un transformador trifásico, relés, fusibles, un panel de operación manual y automática del robot con sus respectivos pulsadores, interruptores, selectores e indicadores de estado, el software utilizado para la programación del PLC es el STEP7 y se la realizó mediante el método Grafset; además se realizó un manual de usuario completo del funcionamiento del robot, así como sus planos eléctricos, neumáticos y de control del sistema.

Los resultados obtenidos en el robot AEC utilizando el sistema manual y automático, realizado 20 pruebas de funcionamiento, las 20 demostraron el correcto funcionamiento del proceso.

Se concluye que la transportación de las piezas por medio de este robot automático a través de cilindros neumáticos proporciona seguridad reduciendo los riesgos laborales en la empresa en el proceso de transporte.

Se recomienda revisar el manual de usuario completo del robot a fin de evitar daños físicos a la integridad de la persona y materiales del robot y que sirva esta investigación como ejemplo para otras empresas.

ABSTRACT

This investigation is a Control system implementation and design for the automated AEC robot application used in the plastic-piece transport of the Ecuamatrix enterprise.

An analytical method was used in this research. It was started with the problem identification and its description, hypothesis description and its application.

The materials used in the project are in the electro-pneumatic mechanical part. It is made up of inductive sensors, pneumatic cylinder, electro valves, three-phase motor, motor protective circuit-breaker, a PLC S7-1200 cpu1212c, SM1223 expansion module, MM440 frequency drive, three phase transformer, pump relays, fuses, a manual and automated robot operating panel with its push button, switches, state indicator and selector. Besides, STEP7 is the PLC programming software. It was carried out with the Grafset method. Moreover, a user manual about not only the robot driving but also its electrical plans, pneumatic, and control system, was elaborated the automated and manual AEC Robot got the best result from 20 driving tests. They showed a right process running.

It is concluded that the piece transport by means of this automated robot with pneumatic cylinders is safe. It also decreases working risks in the enterprise during the transport process.

It is recommended to check the complete robot user manual to avoid workers get hurt. It would be a good idea to keep on with the research for other enterprises.

GLOSARIO

Proceso: Operación que conduce a un resultado determinado.

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

Sensor: Dispositivo que a partir de la energía del medio en que se la mide proporciona una salida de señal transductible que es función de la magnitud que se pretende medir.

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

PLC: Dispositivo electrónico muy usado en automatización industrial. Un PLC (Controlador Lógico Programable) controla la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industrial, procesan y reciben señales digitales y analógicas y pueden aplicar estrategias de control

Sistema neumático: Son los sistemas que funcionan en base al aire comprimido.

DIN: Regleta para sujetar dispositivos electrónicos.

KOP: Esquema de contactos

E/S: Entradas y salidas

BIBLIOGRAFÍA

1. **BLANCHARD, M.**, El graficet principios y conceptos., 4ta ed., Italia., ADEPA., 1999., pp. 14-32.
2. **BOLTON, W.**, Sistemas de Control Electrónico en la Ingeniería., 3ra. ed., Guadalajara-México., Alfaomega., 2006., Pp.96-150.
3. **OGATA, K.**, Ingeniería de Control Moderna; 3a. ed. Guadalajara-México; McGraw- Hill; 1998; Pp.2-17
4. **RAMÍREZ, R.**, Automatización Problemas Resueltos con Autómatas Programables., México D.F. – México., Paraninfo., 1996. Pp. 16-43.
5. **SCHARF, S.**, Electroneumática nivel básico., 5ta. Ed., México DF – México., Festo-didactic., 2005., pp. 16-18.

BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET

6. ACTUADORES ELÉCTRICOS

<http://solorobotica.blogspot.com/2011/08/actuadores-en-robotica.html>
2011-08-22

<Http://es.scribd.com/doc/6291040/Resumen-de-Actuadores-Electricos-y-Mecanicos>
2011-08-22

7. ACTUADORES NEUMÁTICOS

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

2011-07-15

<http://www.festo.com/argentina/104.htm>

2011-08-20

<http://www.sapiens.itgo.com/neumatica/neumatica19.htm>

2011-08-29

8. CONTROL LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

<http://www.swe.siemens.com/spain/web/es>

2012-08-17

http://es.wikipedia.org/wiki/Controlador_1%C3%B3gicoprogramable

2012-08-22

http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT3/UNI5200_1.pdf

2012-08-19

<http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT3/plc/PLC.html>

2010-09-12

<http://www.automation.siemens.com/mcms/programable-logic/controller/en/simatic-s7-controller/s7-200/cpu/pages/Default.aspx>

2011-09-21

9. ELECTROVÁLVULAS

<http://www.esapyronics.com/pdf/Catalogo/E1112S.pdf>

2012-08-21

10. MANIPULADORES

http://cfievalladolid2.net/tecno/cyr_01/robotica/sistema/terminal.htm

2012-07-26

<http://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1H2B5THKD-51F5C1->

[J48/morfologia%20de%20un%20robot.pdf](http://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1H2B5THKD-51F5C1-J48/morfologia%20de%20un%20robot.pdf)

2012-07-26

<http://formacion.faico.org/Proyectos/PALETVISIO/RobotsIndustriales.htm>

2012-07-28

11. MOTORES

http://www.industrial-electronics.com/AC-DC-motors/54_Permanent-Split-Capacitor-Motors.html

2012-07-10

<http://www.inverter-china.com/blog-es/articles/ac-motor/Permanent-Split-Capacitor-AC-Induction-Motor.html>

2012-07-25

12. PRESENTACIÓN DE GRAFCET

<http://www.lurpa.ens-cachan.fr/cgi-bin/grafcet/redirection?>

2010-08-28

<http://www.eerie.fr/~chapurla/enseignements.html>

2011-09-18

<http://artemmis.univ-mrs.fr/colleges/pcl2/grafcet.htm>

2011-09-22

13. SENSORES

<http://www.scribd.com/doc/3838277/sensores-varios-tipos>

2011-08-20

<http://proton.ucting.udg.mx/dpto/maestros/mateos>

2012-08-14

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

2012-08-02

http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens_transduct/tipos.htm

2011-09-10

14. VARIADOR DE FRECUENCIA

http://infoplcn.net/files/documentacion/motion_control/infoPLC_net_CT208

[Arrancadores y variadores velocidad electornicos.pdf](#)

2012-08-02

[http://instrumentacionycontrol.net/Descargas/Descargas/SIEMENS/Motion Control/IyCnet Siemens 00 Introduccion al micromaster MM440.pdf](http://instrumentacionycontrol.net/Descargas/Descargas/SIEMENS/Motion_Control/IyCnet_Siemens_00_Introduccion_al_micromaster_MM440.pdf)

2012-08-10

ANEXOS