

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

AUTOMATIZACIÓN DE UNA SOLDADORA DE TANQUES DE TRANSFORMADORES UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

Profesor Guía : Ingeniero Tamara Pérez
Tutor Industrial: Ingeniero Alejandro Andrade

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Sanabria E. Rafael A.
para optar al Título
de Ingeniero Electricista

Caracas, 2009

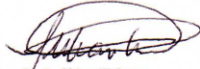
CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Caracas, 04 de noviembre de 2009


Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Rafael A. Sanabria E., titulado:

“AUTOMATIZACIÓN DE UNA SOLDADORA DE TANQUES DE TRANSFORMADORES UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Industrial, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.


Prof. Julián Pérez
Jurado

Prof. Noel Díaz
Jurado


Prof. Tamara Pérez
Prof. Guía

DEDICATORIA

A mis padres Ingeniero Rafael Sanabria y Licenciada Dulce E. de Sanabria.

A mis hermanos Ingeniero Diana C. Sanabria de Miliani , Licenciada Dulce M. Sanabria de Luyo y Licenciada Militza Dugarte .

A mi amiga la Sra. Rosa Dugarte.

A mis abuelos Ostilio , Ana Clorys , José Ignacio y Bárbara que desde el cielo me bendicen.

AGRADECIMIENTOS

Antes que nada agradezco a Dios. Agradezco a la profesora Tamara Pérez por haberme dado la base didáctica que necesitaba para cumplir con los objetivos y formarme profesionalmente en el área de control y así ser capaz de desenvolverme como ingeniero. Agradezco al Ingeniero Alejandro Andrade por haberme guiado durante todo el proceso de elaboración de esta tesis. Agradezco a la Corporación Iadiexport, CA por haberme brindado la oportunidad de realizar este proyecto. Agradezco a la Universidad Central de Venezuela por haberme formado como Ingeniero.

Sanabria E. Rafael A.

**AUTOMATIZACIÓN DE UNA SOLDADORA DE TANQUES DE
TRANSFORMADORES UTILIZANDO UN CONTROLADOR
LÓGICO PROGRAMABLE**

Profesor Guía: Ingeniero Tamara Pérez. Tutor Industrial: Ingeniero. Alejandro Andrade. Pasantía. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Industrial. Institución: Corporación Iadiexport C.A. 2009. 90 pag. + anexos.

Palabras claves: Automatización de soldadora; controlador lógico programable, transformadores, tablero de Control.

Resumen. Este trabajo de grado surge de la necesidad del Departamento de Metalmecánica de la Corporación Iadiexport, C.A; en la planta Santa Teresa, para simplificar en una sola línea de producción, varios procesos de soldadura y así mejorar la fabricación de los tanques de transformadores de 15kVA, 25kVA, 37.5kVA, por lo tanto se planteó la automatización de esta línea de producción, haciendo uso de un controlador lógico programable. Este diseño se realizó con el fin de soldar piezas que conllevan a la elaboración de los tanques de transformadores usando como referencia el sistema existente en el momento. La selección de los controladores se hizo identificando los diferentes tipos de controladores lógicos programables PLCs existentes en el mercado según las características necesarias y el costo de los mismos, eligiendo así el siemens S7-200 - CPU 206, luego se programó el controlador lógico (PLCs) bajo la plataforma de Siemens STEP 7, implementando los algoritmos de control para el accionamiento de cada uno de los motores y el control de velocidad de los mismos; obteniendo un sistema que realiza la soldadura de los diferentes tipos de tanques de transformadores en un solo proceso, mejorando los tiempos de producción, traduciéndose en ganancias económicas y tecnológicas. Se diseñó el tablero de fuerza tomando en cuenta las normas del código eléctrico nacional y dimensiones de los dispositivos. Finalizada la automatización se logró un sistema capaz de soldar tanques de transformadores, manejado por un operador mediante un panel de control, basándose en un dispositivo de control (PLC).

ÍNDICE GENERAL

CONSTANCIA DE APROBACIÓN	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
LISTA DE TABLAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
ACRÓNIMOS Y SIGLAS.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	
JUSTIFICACIÓN Y ANTECEDENTES.....	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
OBJETIVOS.....	5
CAPÍTULO II	
MARCO REFENCIAL TEÓRICO.....	7
2.1 SINTESIS HISTÓRICO DE LA EMPRESA.....	7
2.2 PROCESO DE SOLDADURA EXISTENTE EN LA EMPRESA.....	8
2.3 BASES TEORICAS.....	12
2.3.1 LA AUTOMATIZACION.....	12
2.3.2 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES.....	14
2.3.2.1 ESTRUCTURA DE UN PLC.....	15
2.3.2.2 MODULO DE ENTRADA / SALIDA.....	16
2.3.2.3 UNIDAD CENTRAL DE PROCESAMIENTO (CPU) (CENTRAL PROCESSOR UNIT).....	16
2.3.2.4 MEMORIA	16
2.3.2.5 FUENTE DE ALIMENTACION ELÉCTRICA.....	17

2.3.2.6	DISPOSITIVOS DE PROGRAMACIÓN.....	17
2.3.2.7	INTERFAZ CON EL OPERADOR.....	17
2.3.2.8	VENTAJAS DEL PLC.....	17
2.3.2.9	DESVENTAJAS DEL PLC.....	18
2.3.3	VARIADOR DE FRECUENCIA	19
2.3.4	DEFINICION Y GENERALIDADES DE LOS CONTACTORES.....	20
2.3.5	ELEMENTOS DE PROTECCIÓN.....	21
2.3.5.1	PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITOS.....	22
2.3.5.2	FUSIBLES O CORTACIRCUITOS.....	22
2.3.5.3	INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS, MAGNETOTÉRMICO.....	24
2.3.5.4	PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS.....	27
2.3.5.5	GUARDAMOTORES.....	27
2.3.5.6	SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA ELECTROCUCIÓN.....	28
 CAPÍTULO III		
	DESCRIPCIÓN DEL CONTROLADOR.....	30
3.1	SELECCIÓN.....	30
3.2	PLC S7-200 (CPU 226).....	31
3.2.1	CARACTERÍSTICAS BÁSICAS.....	32
3.2.2	EL CPU DEL PLC SIEMENS S7-200.....	33
3.3	PAQUETE DE PROGRAMACIÓN V4.0 STEP MICROWIN.....	33
3.4	LENGUAJE DE PROGRAMACION DEL S7-200.....	34
3.4.1	ESQUEMA DE CONTACTOS (KOP).....	34
3.4.2	LISTA DE INSTRUCCIONES (AWL).....	35
3.4.3	DIAGRAMA DE FUNCIONES (FUP).....	36
 CAPÍTULO IV		
	DESARROLLO.....	38
4.1	ALCANCE DEL PROYECTO.....	38
4.2	DIAGNOSTICO DEL PROCESO ACTUAL DE SOLDADURA DE LOS TANQUE DE TRANSFORMADORES.....	38
4.3	DISEÑO DE LA AUTOMATIZACION DE LA MAQUINA SOLDADORA	

DE TANQUES DE TRANSFORMADORES.....	39
4.3.1 PARTE MECANICA.....	39
4.3.2 PARTE ELECTRICA.....	41
4.4 VARIABLES FISICAS A CONTROLAR EN EL SISTEMA.....	43
4.5 MOTORES Y ACTUADORES.....	43
4.6 EQUIPOS, INSTRUMENTOS, SENSORES Y CONDUCTORES.....	45
4.6.1 VARIADOR DE FRECUENCIA.....	48
4.6.2 INSTRUMENTOS Y SENSORES (MICROSWITCH Y FINALES DE CARRERA).....	50
4.6.3 LUCES PILOTO.....	51
4.6.4 SELECTORES.....	51
4.6.5 PULSADORES.....	51
4.6.6 CONTACTORES.....	52
4.6.7 RELÉS.....	52
4.6.8 FUSIBLES.....	53
4.6.9 BORNERAS.....	53
4.6.10 GUARDAMOTORES Y CONTACTO AUXILIAR.....	53
4.6.11 INTERRUPTORES MAGNÉTOTERMICO.....	54
4.6.12 ELECTROVÁLVULA.....	54
4.7 DISEÑO E IMPLEMENTACION DE LOS TABLEROS DE FUERZA Y PANEL DE CONTROL.....	54
4.8 NUMERO DE ENTRADAS Y SALIDAS.....	59
4.9 MODOS DE OPERACIÓN.....	61
4.10 LOGICA DE CONTROL DEL PROCESO DE SOLDADURA.....	62
4.10.1 PROCESO DE INICIO.....	64
4.10.2 ETAPA DE COLOCACIÓN Y AJUSTE DEL TANQUE DE TRANSFORMADORES.....	65
4.10.3 PROCESO AUTOMÁTICO DE SOLDADURA	67
4.11 DETECCIÓN DE FALLAS.....	70

4.12 PROTECCIONES DEL SISTEMA.....	71
4.13 PROTECCION DE LOS MOTORES.....	72
4.14 PROTECCION DEL PLC.....	72
4.15 CIRCUITO DE CONTROL.....	72
4.16 RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD DEL EQUIPO.....	73
CAPÍTULO V	
PRUEBA Y RESULTADOS FINALES.....	75
5.1 PRUEBAS DEL SISTEMA.....	75
5.1.1 PRUEBA DE CORRECTA PROGRAMACION.....	75
5.1.2 PRUEBA DE MODO DE FUNCIONAMIENTO.....	76
5.1.3 PRUEBA DE SOLDADURA.....	77
5.1.4 PRUEBAS DE RAPIDEZ DE PRODUCCION.....	77
CONCLUSIONES.....	79
RECOMENDACIONES.....	82
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	83
BIBLIOGRAFÍA.....	86
GLOSARIO.....	87
ANEXOS.....	89

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Dimensiones de los Tanques	8
Tabla 2.	Comparación de los diferentes PLC ofertados	30
Tabla 3.	Variadores de frecuencia	48
Tabla 4.	Comparación de finales de carreras.	50
Tabla 5.	Comparación de contactores	52
Tabla 6.	Comparación de guardamotores y accesorios	53
Tabla 7.	Comparación de las velocidades de los motores (M1 y M2)	56
Tabla 8.	Entradas del PLC Siemens S7-200.	59
Tabla 9.	Salidas del PLC Siemens S7-200	60
Tabla 10.	Posibles errores referentes a los sensores	71
Tabla 11.	Verificación de programación	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Láminas de hierro cortados para el cuerpo y fondo del tanque	8
Figura 2.	Máquina cortadora circunferencial	9
Figura 3.	Troquel para darle forma al disco	9
Figura 4.	Fondo de los Tanques	9
Figura 5.	Calandria	10
Figura 6	Cilindros punteados con soldadura	10
Figura 7.	Máquina rebordeadora	11
Figura 8	Tanque rebordeado	11
Figura 9.	Máquina de soldadora Transversal	12
Figura10.	Máquina soldadora circular del fondo del tanque	12
Figura 11	Estructura de un PLC	15
Figura 12	Conexión de fusible	23
Figura 13	Cartuchos de fusibles	24
Figura 14	Curvas de fusión	24
Figura 15	Vista frontal del PLC	32
Figura 16	Programa de ejemplo KOP	35
Figura 17	Programa de ejemplo AWL	36
Figura 18	Programa de ejemplo FUP	36
Figura19	Vista de la maquina soldadora de tanques de transformadores	39
Figura20	Brazo 1	40
Figura21	Brazo 2	40

Figura22	Disco de la máquina	41
Figura23	Brazo autocentrante	41
Figura 24	Automatización de la maquina	43
Figura 25	Variador de frecuencia	49
Figura 26	Tablero de fuerza N°1	57
Figura 27	Panel de control	58
Figura 28	Tablero de fuerza N°2	58
Figura 29	Diagrama del proceso de soldadura de los tanques	63
Figura 30	Posición de inicio de la maquina	65
Figura 31	Diagrama de flujo de la colocación y ajuste de tanque de transformadores	66
Figura 32	Pulsador luminoso pistón adelante	67
Figura 33	Posición de la antorcha sobre el tanque y microswiches n6 y n7	67
Figura 34	Microswiches n2, n3, n4	68
Figura 35	Posición de brazo 2 para comienzo de la soldadura del fondo del tanque	69
Figura 36	Microswiches n8, n9, n10	69
Figura 37	Tanque ya soldado	70

ACRONIMOS Y SIGLAS

AC:	Corriente Alterna.
AUT:	Modo Automático.
Br:	Bachiller.
C.A:	Compañía Anónima.
CEI:	Comité Electrotécnico Internacional.
CEN	Código Eléctrico Nacional.
CPU:	Unidad Central de Procesamiento.
I/O:	Entrada/ Salida.
ICP-M:	Interruptor de Control de Potencia con Reenganche Manual.
LEDS:	Light-Emitting Diode. (Diodo Emisor de Luz)
MAN:	Modo Manual
NA	Contacto Normalmente Abierto.
NFPA:	Nacional Fire Protection Association (Asociación Nacional de Protección contra Incendios)
PIA:	Pequeño Interruptor Automático.
PLC:	Programmable Logia Controller (Controlador Lógico Programable).
PU	Unidad de Parámetros.
RAM:	Memoria de Acceso Aleatorio.
RPM:	Revoluciones Por Minutos.
UCV:	Universidad Central de Venezuela.
VAC	Tensión de Corriente Alterna.

INTRODUCCIÓN

Los procesos industriales ocupan el mayor porcentaje de los diseños y aplicaciones de la empresa Corporación Iadiexport C.A, pero se observa un creciente interés en todas las áreas donde es crucial el control de las actividades. En estos procesos se requiere de la automatización, el cual es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos. Esto se aplica en todo proceso donde se exige un control de calidad, producción y optimización del servicio.

La Corporación Iadiexport C.A, empresa de manufactura dedicada al diseño, fabricación y comercialización de materiales para alta y baja tensión, requiere la automatización de una máquina diseñada mecánicamente para soldar tanques de transformadores, teniendo como objetivo la integración de varios procesos de soldadura, mediante la elección y diseño del sistema de control usando un controlador lógico programable, para así proporcionar beneficios de productividad a la empresa.

Los siguientes capítulos tratan con profundidad, la investigación, metodología, tecnología y el razonamiento que fue aplicado para desarrollar la automatización de la máquina.

En el capítulo I se presenta la justificación y antecedentes, el planteamiento del problema y los objetivos; el capítulo II muestra el marco referencial teórico principal y fundamental para el desarrollo de este proyecto como también el proceso actual de soldadura de tanques de transformadores en la empresa; el capítulo III plantea el modelo del Controlador Lógico Programable (PLC) a utilizar y los aspectos básicos del sistema en el cual se implementa la programación; el capítulo IV trata del desarrollo y diseño del proyecto, metodología y detalles del sistema; en el capítulo V se presentan los resultados obtenidos. Finalmente se exponen las conclusiones y recomendaciones de este trabajo así como algunos anexos.

CAPÍTULO I

JUSTIFICACIÓN Y ANTECEDENTES

Los sistemas de control y automatización forman parte importante de la cadena productiva de procesos, aumentando la eficiencia de estos; de ahí la importancia de una correcta integración de los sistemas a las diferentes actividades dentro de una empresa. Debido a esto se hace necesario implementar un sistema capaz de mejorar las condiciones de funcionamiento de la máquina de soldadura de tanques de transformadores, buscando características tales como, incrementar el nivel de seguridad del operario, posibilidad de mantenimiento del sistema y rendimiento automático de dicha máquina.

Corporación Iadiexport C.A es una empresa manufacturera dedicada al diseño, fabricación, comercialización de materiales para alta y baja tensión, en un ambiente de trabajo seguro; su visión es ser líderes de producción de materiales eléctricos, servicios de recubrimiento de metales, satisfaciendo los requerimientos de los clientes [1].

La Corporación Iadiexport C.A desea mejorar la capacidad de producción específicamente en la elaboración de los tanques de transformadores de 15 kVA, 25 kVA y 37, 5 kVA, lo cual se realiza con la ayuda de una máquina de soldadura transversal y una soldadura circular para el fondo del tanque, siendo esto poco eficiente ya que se requiere mayor esfuerzo físico y tiempo para el operario lograr colocar y ajustar correctamente el tanque pre-armado en dichas máquinas.

Debido a esto se hace necesario realizar esta producción más eficiente mediante la automatización del proceso, utilizando un Controlador Lógico Programable (PLC), ya que éste es uno de los dispositivos usados en el control de sistemas secuenciales, considerado confiable y resultando así una buena alternativa.

En este orden de ideas se originó la realización de este trabajo de grado. Para fortalecer el contenido se encontró información referida a la automatización de procesos de producción de envases electrosoldados en el trabajo de pregrado “Automatización de una máquina de producción de envases electrosoldados” presentada por Alfonso José Helguera Montes ante la Universidad Central de Venezuela (UCV) [2], lo cual se relaciona con este proyecto de automatización, ya que en ambos casos se utilizan Controladores Lógicos Programables.

Con relación a la parte de control de un proceso controlado con un PLC se encuentra en la UCV la tesis de pregrado “Automatización de esterilizadores para productos alimenticios enlatados”, presentada por Rigel N. Rangel B. [3], dicho trabajo utiliza un Controlador Lógico Programable para su automatización, como también se diseña el tablero de control según normas.

Por otra parte, Misle S, Juan G. (2004), en su trabajo de pregrado titulado “Modernización del Sistema de Control de un Generador de Vapor (Caldera) en la empresa Agroindustrias Lesmi utilizando un Controlador Industrial” ante la Universidad Central de Venezuela, Caracas; plantea un sistema integral de monitoreo y control de la operación de calderas que permite incrementar la eficiencia operativa y reducir el impacto ambiental en la operación de la misma haciendo uso de Controladores Lógicos Programables (PLCs). El sistema permite modernizar las instalaciones actuales utilizando en la medida de lo posible la infraestructura de instrumentación disponible como son los sensores, válvulas y actuadores. [4]

Asimismo, el trabajo de pregrado de Cárdenas L, Dave B. (2007), “Instalación y mantenimiento de sistemas de automatización utilizando controladores de motores”. Trabajo de grado realizado en la Universidad Simón Bolívar, Caracas, describe una serie de visitas de naturaleza técnica y consultiva realizada a diversas empresas ubicadas en el territorio Nacional, con los conocimientos adquiridos previamente respecto al uso de los variadores de velocidad de la marca Control Techniques, se

desarrollaron soluciones para los clientes de la empresa Digimex Sistema, C.A. [5]

Por su parte, Díaz. E, Domingo A. (2006). [6], desarrolló el trabajo “Automatización de Etiquetadora de Botellas Krones bajo PLC Siemens”. Trabajo de grado realizado en la Universidad Simón Bolívar, Caracas y presentó este trabajo especial de grado debido a la necesidad detectada en el Departamento Eléctrico de la Empresa Cervecería Regional, Planta Cagua, puesto que el funcionamiento poco eficiente de la etiquetadora #1 de la línea de producción # 1, de marca Krones, modelo StarMatic, fué cayendo en deterioro y obsolescencia del PLC original, y por ende de su lógica de control, se planteó la automatización y restitución de las funcionalidades originales utilizando un PLC Siemens de la serie S7-300.

Por último, Bermúdez. S. Juan, D. (2004). [7], “Automatización de máquina troqueladora de liner”. Trabajo de grado publicado en la Universidad Simón Bolívar, Caracas. La finalidad de este proyecto fue la automatización de una máquina troqueladora de liner (foie de aluminio), la cual se encontraba en un proceso de remodelación con el que se deseaba introducir foil dentro de tapas de 38 mm de diámetro.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los productos de la empresa Corporación Iadiexport, CA deben responder a un mercado exigente con un alto grado de calidad, esto implica la utilización de tecnología vanguardista y mejoramiento continuo del capital humano para satisfacer las necesidades de los clientes, y se tiene como visión participar en la comercialización de los productos, tanto en el mercado nacional como en el internacional, explotando las oportunidades que se le presentan, tomando en cuenta las habilidades se deben desarrollar para lograrlo.

En este sentido, se hace necesario mejorar el proceso de producción en el área

de soldadura de tanques de transformadores ya que éste se realiza mediante el uso de varias máquinas y procesos independientes, requiriendo más tiempo y dedicación de personal. Es por ello que la empresa necesita la implementación de una máquina automatizada para soldar y elaborar los tanques de los transformadores y poder integrar los procesos para así suplir la demanda del producto que actualmente posee la empresa y a su vez mejorar la productividad generando así mayores beneficios para ella.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Automatización de una máquina soldadora de piezas para la producción de tanques de transformadores eléctricos en la empresa Corporación Iadiexport C.A utilizando un controlador lógico programable.

OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Diagnosticar el proceso actual de soldadura de los tanques de transformadores.
- Recopilar información bibliográfica acerca de los controladores lógicos programables y los sistemas usados para la automatización de máquinas soldadoras.
- Identificar las variables físicas a controlar en el sistema.
- Evaluar según criterios operativos y económicos el tipo de PLC a seleccionar para el desarrollo de la automatización
- Seleccionar los equipos de instrumentación necesarios para el desarrollo de la automatización, usando criterios operativos y económicos.
- Programar el controlador.
- Diseñar e implementar el tablero de control de la máquina según normas nacionales.

- Proponer las recomendaciones pertinentes a los parámetros de seguridad del equipo.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. SINTESIS HISTÓRICA DE LA EMPRESA

La Empresa Corporación Iadiexport C.A, se encuentra ubicada en El Cujial, Santa Teresa del Tuy, Estado Miranda. Esta es una empresa bien posicionada en el mercado de la comercialización de materiales eléctricos de alta, media y baja tensión, productos de primera necesidad para el alumbrado público en general.

La planta la Raiza fue fundada el 01 de Junio de 1998, inicialmente su actividad principal era la distribución y venta de materiales eléctricos. Para el año 2000 los socios de la Empresa decidieron expandir sus actividades con la compra de la Planta en El Cujial, para desarrollar nuevas actividades y cambiar su objetivo principal. Igualmente en el año 2002, invirtieron en la compra de la Planta ubicada en Guatire. Hoy la Empresa cuenta con tres plantas productivas: El Cujial, encargada de la producción de luminarias, herrajes, postes hexagonales, brazos de alumbrado público, servicio de recubrimiento de metales y almacén de distribución de productos; la Raiza donde se realiza la fabricación de postes tubulares y estructuras soportes de alumbrado público y la Planta Guatire destinada a la producción de transformadores de distribución y potencia.

La empresa está dedicada a la fabricación y distribución de luminarias de uso vial, ornamental e industrial y herraje, cubriendo algunas de las necesidades de la industria y la población, en cuanto a electrificación de alta, media y baja tensión se refiere. [1]

2.2. PROCESO DE SOLDADURA EXISTENTE EN LA EMPRESA

La empresa Iadiexport C.A realiza desde hace 3 años, la soldadura de los tanques de transformadores de 15, 25 y 37.5 kVA, mediante dos procesos, los cuales corresponden a la soldadura transversal del cuerpo y el fondo del mismo. A continuación se explican dichos procesos.

La producción de los tanques de transformadores comienza por el corte de las láminas que forman el cuerpo y el fondo de los mismos (ver figura N° 1), el cual se realiza utilizando una guillotina hidráulica que corta las láminas de acuerdo a las dimensiones del tanque como se observa en la tabla N° 1.

Tabla N° 1. Dimensiones de los tanques.

	Descripción	15kVA	25kVA	37,5kVA
Lámina para cuerpo del tanque [mm]	<i>Altura</i>	530	664	725
	<i>Longitud</i>	1186	1369	1451
	<i>Espesor</i>	2	2	2
Lámina para fondo del tanque [mm]	<i>Longitud</i>	419	483	504
	<i>Altura</i>			
	<i>Espesor</i>	1,9	1,9	1,9



Figura N° 1. Láminas de hierro cortadas para el cuerpo y fondo del tanque.

Para realizar el fondo de los tanques, se toma una lámina que se coloca en la máquina cortadora circular para crear el disco que servirá de fondo una vez que haya sido troquelado por una prensa de 400 Tn la cual dará la forma al disco. (Ver figuras N° 2, 3 y 4)



Figura N° 2. Máquina cortadora circular



Figura N° 3. Troquel para darle forma al disco



Figura N° 4. Fondo de los tanques

Simultáneamente, un operador procede a darle forma a las láminas cortadas para realizar el cuerpo del tanque del transformador mediante una calandria y así darle forma cilíndrica (ver figura N° 5). Una vez realizado este procedimiento se inicia el punteado de las uniones de la lámina ya moldeada. Es importante destacar que este proceso es ejecutado por un operador utilizando una soldadora microwire, para luego esmerilar el exceso y así obtener un mejor acabado en la fabricación del tanque (ver figura N° 6), para posteriormente lograr exitosamente el rebordeado del mismo.



Figura N° 5. Calandria.



Figura N° 6. Cilindros punteados con soldadura

En este sentido, el cuerpo antes mencionado se acopla al fondo ejerciendo presión dentro del mismo para unir estas dos piezas, continuando con la colocación de este conjunto en la máquina rebordeadora (ver figura N° 7), para obtener un reborde en la cara opuesta al fondo que sirve de base para la hermeticidad del tanque,

así como también darle mayor rigidez y fortaleza al cuerpo. (ver figura N° 8).



Figura N° 7. Máquina rebordeadora



Figura N° 8. Tanque rebordeado

El tanque se coloca en la máquina de soldadura transversal, soportado y fijado mediante una barra de cobre, y usando un dispositivo móvil por medio de un riel al cual está adosada la antorcha de la soldadora microwire, se ajusta así la velocidad deseada para obtener una soldadura óptima a lo largo del cuerpo. (ver figura N° 9).

Finalmente, el tanque se coloca en la máquina de soldadura circular para fijar el fondo del tanque, dicha máquina está compuesta por una base circular, donde se ajusta el tanque, que gira mientras una antorcha de soldadura fijada a un extremo va realizando la costura del fondo y así dar por terminado el producto final que sería el tanque del transformador (ver figura N° 10). Cabe señalar, que estos dos últimos

procesos son los que la empresa requería automatizar.



Figura N° 9. Máquina de soldadura transversal



Figura N° 10. Máquina de soldadura circular para el fondo del tanque

El control del proceso se venía haciendo con lógica cableada por medio de contactores y relés. Al operador que se encontraba a cargo de este tipo de instalaciones, se le exigía tener altos conocimientos técnicos para poder operarlas y posteriormente mantenerlas. Además, cualquier variación en el proceso supone modificar físicamente gran parte de las conexiones de los montajes, siendo necesario para ello un gran esfuerzo técnico y económico.

2.3. BASES TEÓRICAS

2.3.1. La automatización:

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción,

realizadas por operadores humanos, hacia equipos mecánicos, eléctricos o sistemas con el fin de optimizar los recursos existentes y la continuidad de los procesos. [8]

Un sistema automatizado mejora la productividad de la empresa, reduciendo los costos de la producción, optimizando la calidad de la misma, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad, realizando las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente, mejorando las condiciones de trabajo del personal. Por otra parte estos sistemas simplifican el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo. [8]

Estas automatizaciones se realizan en gran cantidad de aplicaciones con autómatas programables industriales o Controladores Lógicos Programables (PLC), que son equipos electrónicos, programables en lenguaje no informático, diseñados para controlar procesos secuenciales en tiempo real y en ambiente de tipo industrial. Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.

Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

1.-*La Parte Operativa* es la que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, sensores, finales de carrera, etc. [9]

2.-*La Parte de Mando* suele ser un autómata programable (tecnología programada), sin embargo todavía se utilizan relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes del sistema automatizado. [9]

2.3.2. Controladores lógicos programables

Se entiende por Controlador Lógico Programable (PLC), “a todo dispositivo electrónico diseñado para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales y así usar la capacidad de las máquinas para llevar a cabo determinadas tareas, controlando las secuencias de las operaciones sin intervención humana”. [10]

Para que el sistema realice correctamente las funciones requeridas por el proceso, el PLC debe poseer un programa interno realizado por un usuario o programador el cual usualmente lo ingresa vía el software (programa) propietario, que en la mayoría de los casos es particular en cada marca y/o modelo de PLC, revisando sus entradas y dependiendo del estado de éstas y las condiciones impuestas por los controles accesibles al operador, manipula el estado de sus salidas ejecutando así las funciones previstas. [10]

Existen muchas marcas y modelos de PLC's en el mundo de la industria, estos a su vez, a pesar de tener prestaciones similares, tienen diferencias que los hacen adaptables a diferentes sistemas dependiendo de las necesidades que se deseen cubrir como número de entradas y salidas analógicas y digitales, reloj de tiempo real, puertos de comunicación, alimentación, capacidad de expansión, etc.

El PLC revisa paso a paso cada una de las instrucciones del programa, y es al final de la corrida del programa (scan timer), cuando éste realiza las actualizaciones de las salidas, temporizadores, relés auxiliares y otras instrucciones que aparezcan en el programa. Es necesario ser muy cuidadoso cuando dos o más instrucciones diferentes activan o desactivan una misma salida, ya que al finalizar la corrida del programa, solo será actualizada la última lectura de ésta. [7]

Internamente el programa es capaz de manejar lo que se conoce como

contactos auxiliares que funcionan como las entradas, timers, contadores y una gran cantidad de instrucciones que hacen del PLC una herramienta poderosa, como en la mayoría de los PLC's, la programación es con Diagrama de Escalera (Ladder programming), aunque es posible programar también en lenguaje de instrucciones.

2.3.2.1. Estructura de un PLC

Este se compone esencialmente de seis bloques según se observa en la figura N° 11 [9]:

- Sección de entradas /salidas.
- Unidad central de procesos o CPU (Central Processing Unit).
- Memoria para almacenamiento de programas y datos.
- Fuente de alimentación eléctrica (interna o externa).
- Dispositivo de programación.
- Interfaces con el operador.

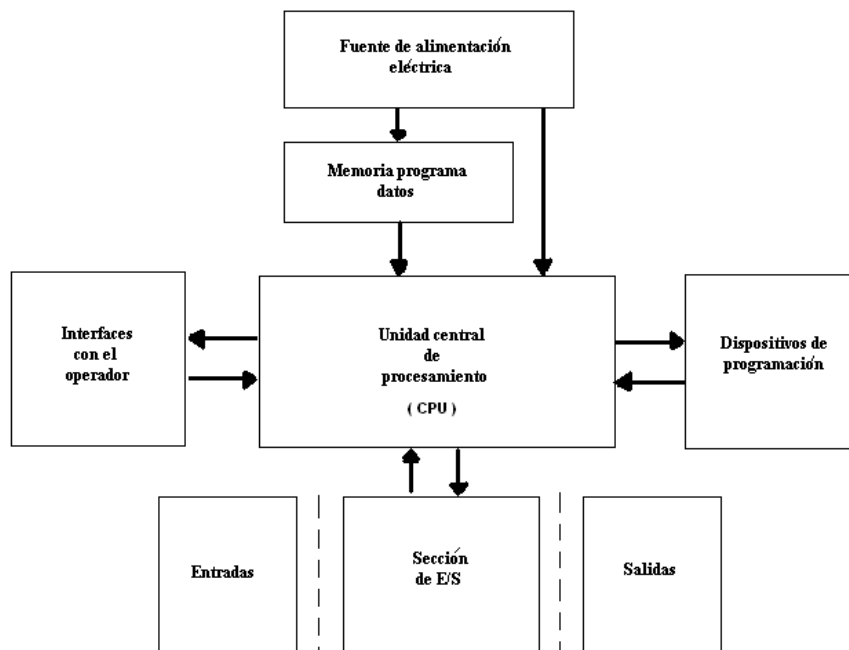


Figura N° 11. Estructura de un PLC

2.3.2.2 Módulo de Entrada/Salida

Este forma la interfaz mediante la cual los dispositivos de campo se conectan a la unidad central de procesamiento. Las entradas pueden ser análogas o discretas, al igual que las salidas. A las entradas discretas se conectan botones, pulsadores, selectores, etc. Todos estos son dispositivos discretos que proporcionan un estado activo / inactivo (ON-OFF). Entradas analógicas (señales de corriente y tensión variables) tales como las provenientes de sensores de temperatura y presión que arrojan rangos de operaciones, son usadas como señal de comparación para activar o desactivar algún actuador.[9]

A las salidas, tanto analógicas como digitales, se conectan aquellos dispositivos eléctricos tales como relés, contactores, arrancadores de motores, etc. Usualmente al igual que las entradas, las señales provenientes del CPU pasan a través de una barrera de aislamiento antes de activar los circuitos de salida para proteger de sobrecorriente o sobrecarga este equipo de control.[9]

2.3.2.3 Unidad Central de Procesamiento (CPU, Central Processing Unit)

El CPU, componente principal del PLC, consta de un microprocesador y un sistema de memoria, que lee las entradas, ejecuta la lógica según lo indique el programa de la aplicación, realiza cálculos y controla las salidas según corresponda. Se encarga además de coordinar las funciones internas del PLC. [9]

2.3.2.4. Memoria

Tiene memoria programable no volátil (ROM, PROM, EPROM, EEPROM, FLASH, CACHE, VIRTUAL) donde se almacenan los archivos del programa y datos, puede ser modificada por el usuario y a su vez memorias volátiles como la RAM.

2.3.2.5. Fuente de alimentación eléctrica

Convierte el nivel de tensión de entrada, a niveles apropiados para la operación de sus circuitos. Esta protege al equipo de los picos de tensión y está diseñada para mantener la operación normal aunque la tensión de entrada varíe del 10 al 15 por ciento.

2.3.2.6. Dispositivos de programación

Puede ser un computador, a partir del software diseñado para esta aplicación, o con un programador manual.

2.3.3.6. Interfaz con el operador

El panel de control posee una serie de luces indicadoras lógicas las cuales proporcionan información al operador sobre el estado de la alimentación, fallas, entradas y salidas. Como también botones de acción, selectores y otros elementos para el control del sistema.

Por otra parte, existen pantallas gráficas o alfanuméricas y paneles de control, que proporcionan datos y muestran mensajes sobre el estado del sistema que se esté controlando.

2.3.2.6. Ventajas del PLC

Las condiciones favorables que presenta un PLC son las siguientes:

1. Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:
 - No es necesario dibujar el esquema de contactos.
 - No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que por lo general,

la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.

- La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente, se elimina parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega, etc.

2. Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.

3. Mínimo espacio de ocupación.

4. Menor costo de mano de obra en la instalación

5. Economía de mantenimiento. Además de aumentar la confiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos PLC`s pueden detectar e indicar sus fallas.

6. Posibilidad de controlar varios procesos con un mismo PLC.

7. Menor tiempo para la puesta en servicio del proceso, al quedar reducido el tiempo de cableado.

8. Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el PLC sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

9. En el caso de los PLC modulares, si se llega a dañar alguna entrada o salida, se puede sustituir fácilmente cambiando el modulo afectado, sin tener que reemplazar el dispositivo completo.[11]

2.3.2.7. Desventajas del PLC

Como desventaja se puede establecer que hace falta un programador, lo que obliga a entrenar a uno de los técnicos en tal sentido.

Dado que el PLC cubre ventajosamente un amplio espacio entre la lógica cableada y el microprocesador, es preciso que el proyectista lo conozca tanto en su amplitud como en sus limitaciones. Por tanto, aunque el costo inicial debe ser tenido en cuenta a la hora de decidir por uno u otro sistema, conviene analizar todos los

demás factores para asegurarse de una decisión acertada.[11]

2.3.3. Variador de frecuencia

El control de la velocidad se puede lograr mediante un dispositivo electrónico que permite precisión, confiabilidad, fácil acceso, que limita las velocidades y que brinda la posibilidad de operar varias velocidades deseadas predeterminándolas en el equipo. La introducción de un control de velocidad, permite la obtención de un sistema más robusto.

“Es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Un variador de frecuencia es un caso especial de un variador de velocidad”. [12]

Los dispositivos variadores de frecuencia operan bajo el principio de la ecuación (1) donde la velocidad síncrona de un motor de corriente alterna (AC) está determinada por la frecuencia de AC suministrada y el número de polos en el estator, de acuerdo con la relación a continuación expuesta [12]:

$$\text{rpm} = \frac{120 \times f}{p} \quad (1)$$

Donde

rpm= Revoluciones por minuto

f = frecuencia de suministro AC (Hertz)

p = Número de polos

2.3.4. Definición y generalidades de los contactores

Se puede definir un contactor como un aparato de conexión y desconexión eléctrica, el cual es capaz de soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales de circuito, con capacidad de ser accionados a distancia, comúnmente a través de un electroimán o por medios mecánicos. [13].

Estos funcionan conectando sus contactos principales al circuito que se quiere gobernar. Asegurando el establecimiento y cortes de las corrientes principales y según el número de vías de paso de corriente, será bipolar, tripolar, tetrapolar, etc. realizándose las maniobras simultáneamente en todas las vías.

Los contactos auxiliares son de dos clases; abiertos y cerrados. Estos forman parte del circuito auxiliar del contactor y aseguran las autoalimentaciones, los mandos, enclavamientos de contactos y señalizaciones en los equipos de automatismo.

Cuando la bobina del contactor queda excitada por la circulación de la corriente, mueve el núcleo en su interior y arrastra los contactos principales y auxiliares, estableciendo a través de los polos el circuito entre la red y el receptor. Cuando la bobina deja de ser alimentada, abre los contactos por efecto del resorte de presión de los polos y del resorte de retorno de la armadura móvil. Según sea el fabricante, se dispone de una extensa gama de tensiones de accionamiento, tanto en continua como en alterna.

Cuando el fabricante establece la corriente característica de un contactor, lo hace para cargas puramente óhmicas y con ella garantiza un determinado número de maniobras, pero si el factor de potencia de la carga que se alimenta a través del contactor es menor que uno, el contactor ve reducida su vida como consecuencia de los efectos destructivos del arco eléctrico, que naturalmente aumentan a medida que

disminuye el factor de potencia ($\cos \delta$).

Por lo general, los contactores que se utilizan refieren sus características a las que establecen los siguientes tipos de cargas [13]:

AC-1 Para cargas resistivas o débilmente inductivas.

Factor de potencia ($\cos \delta = 0,95$)

AC-2 Para cargas inductivas ($\cos \delta = 0.65$). Arranque e inversión de marcha de motores de anillos rozantes.

AC-3 Para cargas fuertemente inductivas ($\cos \delta = 0.35$ a 0.65). Arranque y desconexión de motores de jaula.

AC-4 Para motores de jaula: Arranque, marcha a impulsos y frenado por inversión.

2.3.5. Elementos de Protección

Toda instalación eléctrica tiene que estar conformada por una serie de protecciones que la hagan segura, tanto desde el punto de vista de los conductores y los aparatos a ellos conectados, como de las personas que han de trabajar en ella.

“Existen muchos tipos de protecciones, que pueden hacer a una instalación eléctrica completamente segura ante cualquier contingencia, pero hay tres que deben usarse en todo tipo de instalación: de alumbrado, domesticas, de fuerza, redes de distribución, circuitos auxiliares, etc., ya sea de baja o alta tensión” [14]. Estas tres protecciones eléctricas, se describen con detalle a continuación son:

- a) *Protección contra cortocircuitos.*
- b) *Protección contra sobrecargas.*
- c) *Protección contra electrocución.*

2.3.5.1. Protección contra cortocircuitos

Cortocircuito es la unión de dos conductores o partes de un circuito eléctrico, con una diferencia de potencial o tensión entre si, sin ninguna impedancia eléctrica entre ellos.

Este efecto, se refiere a que si la impedancia es cero, hace que la intensidad tienda a infinito, con lo cual pelagra la integridad de conductores y máquinas debido al calor generado por dicha intensidad, por el efecto Joule. En la práctica, la intensidad producida por un cortocircuito, siempre queda disminuida por la resistencia de los propios conductores que, aunque muy pequeña, nunca es cero.

$I = V / Z$ (si Z es cero, $I =$ infinito)".[14]

En el origen de todo circuito debe colocarse un dispositivo de protección, de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en la instalación. No obstante se admite una protección general contra cortocircuitos para varios circuitos derivados. [14]

Los dispositivos mas empleados para la protección contra cortocircuitos son:

- *Fusibles calibrados (también llamados cortacircuitos), o*
- *Interruptores automáticos magnetotérmicos*

2.3.5.2. Fusibles o cortacircuitos

Los fusibles o cortacircuitos, según se muestra en la figura N°12, no son más que una sección de hilo más fino que los conductores normales, colocado en la

entrada del circuito a proteger, para que al aumentar la corriente, debido a un cortocircuito, sea la parte que más se calienta, y por tanto la primera en fundirse. Una vez interrumpida la corriente, el resto del circuito ya no sufre daño alguno.

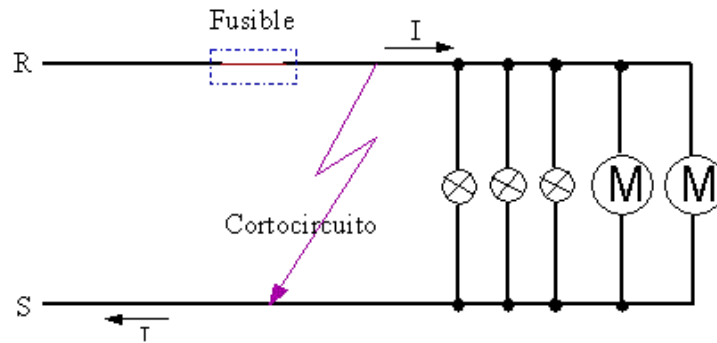


Figura N°12. Conexión de fusible

Actualmente la parte o elemento fusible suele ser un fino hilo de cobre o aleación de plata, o bien una lámina metálica para fusibles de gran intensidad, colocados dentro de unos cartuchos cerámicos llenos de arena de cuarzo, con lo cual se evita la dispersión del material fundido; por tal motivo también se denominan cartuchos fusibles. Los cartuchos fusibles son protecciones desechables, cuando uno se funde se sustituye por otro en buen estado. [15]

Los cartuchos fusibles también pueden mejorarse aplicándole técnicas de enfriamiento o rapidez de fusión, para la mejor protección de los diferentes tipos de circuitos que puede haber en una instalación, por lo cual y dentro de una misma intensidad, atendiendo a la rapidez de fusión, los cartuchos fusibles se clasifican en fusibles rápidos; fusibles lentos; fusibles de acompañamiento. [15]

Si llamamos I_f a la intensidad a la cual ha de fundirse un fusible, los tres tipos antes mencionados, se diferencian entre sí en la intensidad que ha de atravesarlos para que fundan en un segundo. [14]

Los *fusibles lentos* funden en un segundo para $I = 5 I_f$.

Los *fusibles rápidos* funden en un segundo para $I = 2,5 I_f$.

Los de *acompañamiento* funden en un segundo para $I = 8 I_f$.

Los fusibles de acompañamiento se fabrican especialmente para la protección de motores, debido a que soportan sin fundirse las puntas de intensidad que estos absorben en el arranque. Su nombre proviene de que han de ir acompañados de otros elementos de protección, como son generalmente los relés térmicos.

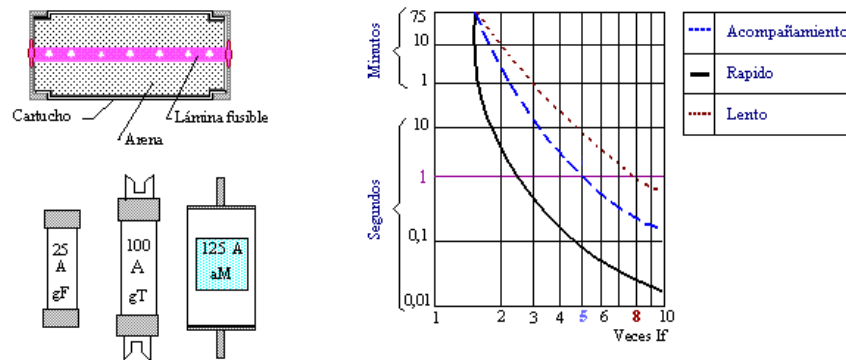


Figura N°13. Cartuchos de fusibles [14] Figura N°14. Curvas de fusión [14]

En la figura N°13 y N°14, se muestran algunos tipos de cartuchos fusibles, así como curvas de fusión orientativas, de los tres tipos existentes. Los fusibles lentos son los menos utilizados, empleándose para la protección de redes aéreas de distribución generalmente, debido a los cortocircuitos momentáneos que los árboles o el viento pueden hacer entre los conductores. Los fusibles rápidos se emplean para la protección de redes de distribución con cables aislados y para los circuitos de alumbrado generalmente.

2.3.5.3. Interruptores automáticos magnetotérmico

Estos dispositivos, se emplean para la protección de los circuitos eléctricos, contra cortocircuitos y sobrecargas, en sustitución de los fusibles, ya que tienen la

ventaja de que no hay que reponerlos; cuando desconectan debido a una sobrecarga o un cortocircuito, se rearman de nuevo y siguen funcionando. [15]

Estos aparatos constan de un disparador o desconectador magnético, formado por una bobina, que actúa sobre un contacto móvil, cuando la intensidad que la atraviesa supera el valor nominal (I_n). Éste es el elemento que protege la instalación contra cortocircuitos, por ser muy rápido su funcionamiento.

También poseen un desconectador térmico, formado por una lámina bimetalica, que se dobla al ser calentada por un exceso de intensidad, y aunque mas lentamente que el dispositivo anterior. “Esta es la protección contra sobrecargas y su velocidad de desconexión es inversamente proporcional a la sobrecarga. Cuando la desconexión es por efecto de una sobrecarga, debe de esperarse a que enfríe la bimetalica y cierre su contacto, para que la corriente pase de nuevo a los circuitos protegidos”. [14]

Existen varios tipos de estos interruptores automáticos magnetotérmico, definidos por sus características de desconexión tiempo-intensidad, en cuanto a la desconexión contra cortocircuitos se refiere (desconexión magnética), para una mejor protección de los distintos tipos de circuitos a proteger. A continuación se presentan las diferentes curvas que los caracterizan, estudiando para cada una de ellas la forma que presentan y las aplicaciones en las que se utilizan. [14].

-Curva B

Esta curva permite que estos interruptores magnetotérmicos actúen entre 1,1 y 1,4 de intensidad nominal I_n en la zona térmica y en su zona magnética entre un $3 I_n$ y $5 I_n$, o $3,2 I_n$ y $4,8 I_n$, según el tipo de aparato. Permiten realizar la protección de las personas para longitudes mayores que con la curva C, siendo indicado para instalaciones de líneas y generadores. Siendo estos usados en circuitos residenciales

(para influencias de transitorias de arranque) o con gran longitud de cables hasta el receptor.

-Curva C

Esta curva permite que estos interruptores actúen entre 1,13 y 1,45 I_n en su zona térmica y en su zona magnética entre 5 I_n y 10 I_n , o 7 I_n y 10 I_n , según el tipo de aparato. Se aplican para evitar los disparos intempestivos, en el caso de la protección de receptores, que presentan, una vez en servicio, puntas de corriente de cierta consideración. Se utilizan en cargas mixtas y motores normales en categoría AC3 (protección típica en el ámbito residencial).

-Curva D

Esta curva permite que estos interruptores magnetotérmicos actúen en la zona térmica con sobrecargas comprendidas entre 1,1 y 1,4 I_n y en su zona magnética actúan entre 10 I_n y 14 I_n . Son adecuados para instalaciones que alimentan receptores con fuertes puntas de arranque motores de arranques prolongados, o gran cadencia de maniobras.

Referente al poder de corte de los magneto-térmicos, se exige un poder de corte superior a los 4500 A., valor superado ampliamente por la mayoría de las casas fabricantes de estos aparatos.

Otra característica a tener en cuenta, cuando hemos de seleccionar un interruptor magnetotérmico, es su poder de corte en carga, que puede ser distinto dentro de un mismo tipo de curva de desconexión.

2.3.5.4. Protección contra sobrecargas

Entendemos por sobrecarga al exceso de intensidad en un circuito, debido a un defecto de aislamiento o bien, a una avería o demanda excesiva de carga de la máquina conectada a un motor eléctrico.

Una instalación se debe proteger de las sobrecargas, ya que estas pueden dar lugar a la destrucción total de los aislamientos, de una red o de un motor conectado a ella. Una sobrecarga no protegida degenera siempre en un cortocircuito. Los dispositivos más empleados para la protección contra sobrecargas son:

- Fusibles calibrados, tipo rápidos o lentos (nunca de acompañamiento)
- Interruptores automáticos magnetotérmicos
- Relés térmicos

Para los circuitos domésticos, de alumbrado y para pequeños motores, se suelen emplear los dos primeros, al igual que para los cortocircuitos, siempre y cuando se utilice el tipo y la calibración apropiada al circuito a proteger. Por el contrario para los motores trifásicos se suelen emplear los llamados relés térmicos.
[14]

2.3.5.5. Guardamotores

Los guardamotores son una solución compacta adecuada para el arranque de motores a tensión plena, ofreciendo protección a los motores, a menos que se requiera incrementar la capacidad interruptiva para la que fueron diseñados.

Poseen elevada capacidad de interrupción, permitiendo su empleo incluso en instalaciones con elevado nivel de corrientes de cortocircuito. Asegura total protección al circuito eléctrico y al motor a través de su disparador térmico (ajustable para protección contra sobrecargas y tiene un mecanismo diferencial con sensibilidad

contra falla de fases) y magnético (pre ajustado para protección contra cortocircuitos). Su accionamiento permite al operador la visualización de la desconexión manual del guardamotor y de su disparo por el mecanismo de protección. [16]

Otras ventajas que ofrecen estos dispositivos son:

- Fáciles de instalar.
- Alambrado simplificado.
- Posibilidad de instalar en cualquier gabinete.
- Amplio rango de ajuste de disparo térmico.

2.3.5.6. Sistemas de protección contra electrocución

Frente a los peligros de la corriente eléctrica, la seguridad de las personas ha de estar fundamentada en que nunca puedan estar sometidas involuntariamente a una tensión peligrosa. Por tal motivo, para la protección contra electrocución deben seguir los diferentes lineamientos necesarios para que esto nunca ocurra.

Las protecciones contra contactos indirectos, pueden dar dos clases de electrocución:

Clase A: Esta clase consiste en tomar medidas que eviten el riesgo en todo momento, de tocar partes en tensión, o susceptibles de estarlo, y las medidas a tomar son [14]:

- Separación de circuitos.
- Empleo de pequeñas tensiones de seguridad (50, 24 o 15 V) .
- Separación entre partes con tensión y masas metálicas, por medio de aislamientos.
- Inaccesibilidad simultánea entre conductores y masas.

- Recubrimiento de las masas con elementos aislantes.
- Conexiones equipotenciales.

Clase B: Este sistema, que es el más empleado tanto en instalaciones domésticas como industriales, consiste en la puesta a tierra de las masas, asociada a un dispositivo de corte automático (relé o controlador de aislamiento), que desconecte la instalación defectuosa. [14] Por ello se emplean principalmente dos tipos de protecciones diferentes, a saber:

1. Puesta a tierra de las masas
2. Relés de control de aislamiento, que a su vez pueden ser interruptores diferenciales, para redes con neutro a tierra, o relés de aislamiento, para redes con neutro aislado.

La protección mas empleada, tanto doméstica como industrial, es la puesta a tierra de las masas que consiste en la unión eléctrica, entre todas las masas metálicas de una instalación y un electrodo, que suele ser generalmente una barra de cobre o hierro galvanizado (o un conjunto de ellos), enterrados en el suelo, con el fin de conseguir una perfecta unión eléctrica entre masas y tierra con la menor resistencia eléctrica posible. Con esto se consigue que en el conjunto de la instalación no puedan existir tensiones peligrosas entre masas y tierra. [14]

Con la puesta a tierra se trata que las corrientes de defecto a tierra (**I_d**), tengan un camino más fácil, que el que ofrecería el cuerpo de una persona que tocara la carcasa metálica bajo tensión. Por tanto, como la red de tierras ha de tener una resistencia mucho menor que la del cuerpo humano, la corriente de defecto circulará por la red de tierra, en vez de hacerlo por el cuerpo de la persona. En las instalaciones industriales deben realizarse tomas de tierra independiente para las masas metálicas de los aparatos eléctricos.

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DEL CONTROLADOR

3.1. SELECCIÓN

La selección del PLC usado para la automatización de la máquina soldadora de tanques, fue realizada por la empresa, tras un estudio de controladores de diferentes casas comerciales, consiguiendo así varias marcas y modelos que cumplen con lo requerido para el sistema, como son 24 entradas digitales y 16 salidas digitales. Ver tabla N° 2

Tabla N° 2. Comparación de diferentes PLC ofertados.

Características			
Marca	Siemens	Unitronics	Telemecanique
Modelo	6ES7216-2BD23-0XB0	V120-22-t38	TWDLCAA40DRF
Familia	S7-200	VISION 120	TWIDO
CPU	226	-----	-----
N° de entradas Digitales	24 A RELE	22 A TRANSISTOR + 2 A FUNCION PWM	24 A RELE
N° de salidas digitales	16 A RELE	16 A TRANSISTOR	16 A RELE
Expansiones de salidas	112	128 ENTRADAS Y	7 MODULOS DE
Expansiones de entrada	104	SALIDAS	ENTRADAS Y SALIDAS
Alimentación	5-24VDC / 110- 230VAC	24VDC	19.2-30VDC / 100- 240VAC
Interfaz de comunicación	PROFIBUS, ETHERNET, Internet MODEM	MODbus, CAMbus, GSM / SMS	ETHERNET
Costo (Bsf)	2900	1560	1320

Este estudio mostró que el PLC mas económico y a su vez viable referido a las necesidades para el proyecto era el Twido, modelo: TWDLCAA40DRF, marca: TELEMECANIQUE, sin embargo la empresa decidió la adquisición del Siemens familia S7-200, con CPU 226, como unidad de control ya que consideran que esta marca es una de las más confiables en instrumentos de control industrial y además ofrecen soporte técnico en Venezuela.

Cabe destacar que solamente aparecen 3 cotizaciones debido a que se realizaron por medio del correo de la empresa a diferentes casas comerciales dando respuesta inmediata sólo tres de estas, de la cuales se seleccionó el modelo ya descrito. Por otra parte, la empresa adquirió la licencia del software y el cable para dicho dispositivo que es necesario para su manejo.

3.2. El PLC S7-200 (CPU 226)

Este controlador lógico programable miembro de la familia S7 de Siemens brinda una buena alternativa para la automatización de la máquina ya que contiene el CPU, fuente de alimentación, entradas y salidas como un todo, integradas en una sola unidad; capaces de manejar la información requerida para la aplicación.

El mismo posee 24 entradas digitales y 16 salidas digitales. Puede ser programado a partir de diagramas lógicos de escalera, y otros como listado de instrucciones y por programación estructurada, usando el software V4.0 STEP MicroWIN SP5.

Las entradas del PLC están denominadas bajo el nombre **Ij**, con j representando la dirección del byte de una memoria específica, donde se almacena la información, representando el último dígito el bit del byte siendo el rango de este entre (0-7) enumerándose estos como se indica a continuación, **I0.0** a **I0.7**, de **I1.0** a **I1.7**, de **I2.0** a **I2.7**, hasta enumerar la cantidad de entradas del PLC como se observa en la parte

inferior de la figura N°15; de igual forma las salidas, están determinadas bajo la letra Q, estas están acotadas entre Q0.0 a Q1.7 dado al número de salidas que posee.

Una vista frontal del PLC seleccionado se puede observar en la figura N° 15.

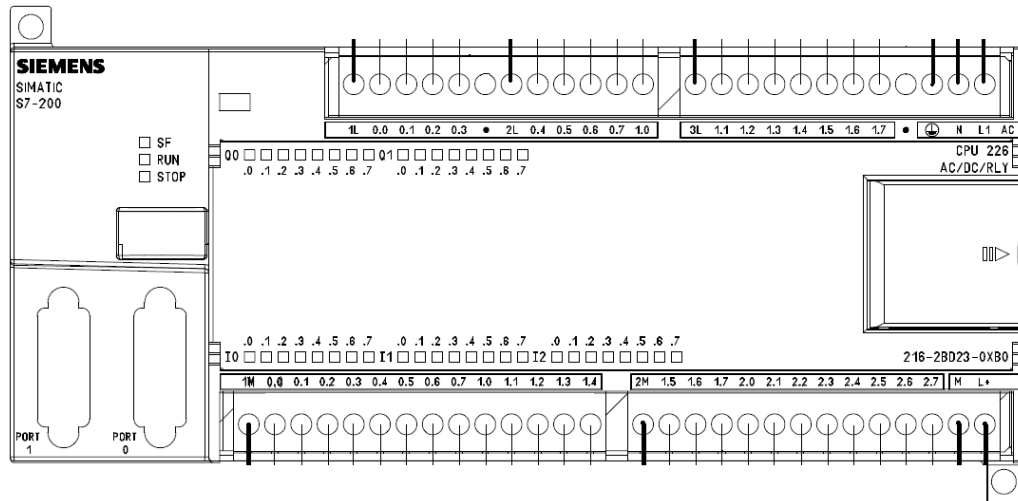


Figura N° 15. Vista frontal del PLC [17]

3.2.1. Características Básicas

Las características principales del controlador lógico programable son:

- Una función de procesador de alarma.
- Clave de protección.
- Contadores de alta velocidad.
- Cinco tipos de temporizadores.
- Compatible con el software V4.0 STEP MicroWIN SP5.
- Puerto de comunicación que soporta varios protocolos como Profinet, Ethernet, Internet modem.
- Indicador de estatus, que indica al operador el estado del CPU.
- Entradas y salidas a relé.
- Memorias o banderas.

- Funciones de diagnóstico.
- Dos puertos de comunicaciones (COM); uno de los puertos es usado como puerto de programación.

3.2.2 El CPU del PLC Siemens S7-200

Se encarga de ejecutar el programa y de la comunicación. Las características principales de funcionamiento son:

- Alimentación de 120 / 240VAC o 24VDC.
- Bloques de terminales extraíbles.
- Tensión disponible a corriente continua 400mA.
- Tamaño de programa usuario (EEPROM) soporta hasta 10240 bytes.
- 7 módulos como máximo de ampliación.
- Reloj de tiempo real.
- 2 puertos de comunicación RS-485
- Velocidad de transferencia de 1,2 kbits/s a 115,2 kbits/s

3.3. PAQUETE DE PROGRAMACIÓN V4.0 STEP MICROWIN

Este es el software que se usa para crear proyectos de control para los PLC Siemens S7-200. Su gran repertorio funcional permite resolver incluso las tareas de automatización más difíciles. Su facilidad de aprendizaje y la velocidad con que es posible programar le hacen particularmente fácil de usar.

Se utiliza para escribir, depurar, y descargar el programa de control del proceso.

Incluye cómodas funciones para las fases de un proyecto de automatización:

- Configuración y parametrización del hardware
- Definición de la comunicación
- Programación
- Pruebas, puesta en marcha y servicio técnico
- Documentación y archivado
- Funciones de operación o diagnóstico

3.4. LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN DEL S7-200

El PLC se programa a través de un programador utilizando un lenguaje o editor determinado. El lenguaje de programación de un PLC, no es más que un conjunto de instrucciones (operadores y variables) asociados a una sintaxis. STEP 7-Micro/WIN incorpora los tres editores de programas siguientes: Esquema de contactos (KOP), Lista de instrucciones (AWL) y Diagrama de funciones (FUP). Con algunas restricciones, los programas creados con uno de estos editores se pueden visualizar y editar con los demás.

3.4.1 Esquema de contactos (KOP)

Este lenguaje es usado por los fabricantes de autómatas con la idea de facilitarles la programación a los expertos en sistemas electromecánicos. El editor KOP visualiza el programa gráficamente, de forma similar a un esquema de circuitos.

Los programas KOP hacen que el programa emule la circulación de corriente eléctrica desde una fuente de alimentación, a través de una serie de condiciones lógicas de entrada que, a su vez, habilitan condiciones lógicas de salida. (ver figura N°16).

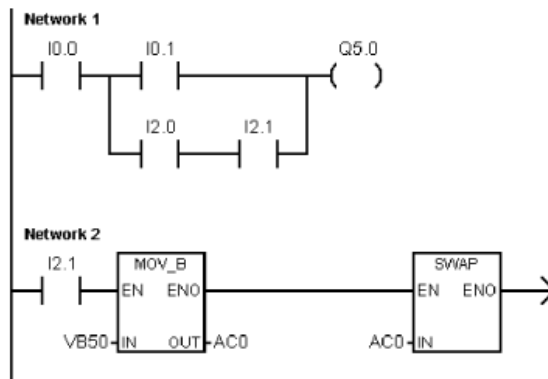


Figura N°16. Programa de ejemplo KOP [17]

Este lenguaje incluye una barra de alimentación izquierda que está energizada. Los contactos cerrados permiten que la corriente circule por ellos hasta el siguiente elemento, en tanto que los contactos abiertos bloquean el flujo de energía.

La lógica se divide en segmentos ("networks"). El programa ejecuta un segmento tras otro, de izquierda a derecha y luego de arriba a abajo. Las operaciones se representan mediante símbolos gráficos.

Los contactos representan condiciones lógicas de entrada, tales como interruptores, botones o condiciones internas. Las bobinas representan condiciones lógicas de salida, tales como lámparas, arrancadores de motor, relés interpuestos o condiciones internas de salida. [17]

3.4.2 Lista de Instrucciones (AWL)

Este tipo de lenguaje permite crear programas de control introduciendo la nemotécnica de las operaciones como se observa en la figura N°17. El editor AWL sirve para crear ciertos programas que, de otra forma, no se podrían programar con los editores KOP ni FUP. Ello se debe a que AWL es el lenguaje nativo del S7-200, a diferencia de los editores gráficos, sujetos a ciertas restricciones para poder dibujar los diagramas correctamente. Esta forma textual es muy similar a la programación en

lenguaje ensamblador, por lo tanto es el que ofrece mayores posibilidades de programación y es el más apropiado para los programadores expertos.

```
LD  I0.0 //Leer una entrada
A   I0.1 //AND con otra entrada
=   Q0.0 //Escribir el valor en
      //la salida 1
```

Figura N°17. Programa de ejemplo AWL. [17]

3.4.3 Diagrama de Funciones (FUP)

La construcción de programas con este lenguaje consiste en interconectar bloques de funciones y elementos necesarios para el diseño de la rutina de regulación que ejecutara el PLC, visualizando el programa gráficamente, de forma similar a los circuitos de puertas lógicas. En FUP no existen contactos ni bobinas como en el editor KOP, pero sí hay operaciones equivalentes que se representan en forma de cuadros. La figura N°18 muestra un ejemplo de un programa FUP.

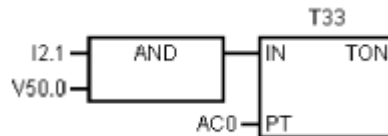


Figura N°18. Programa de ejemplo FUP [17]

El lenguaje no utiliza las barras de alimentación izquierda ni derecha. Sin embargo, el término “circulación de corriente” se utiliza para expresar el concepto análogo del flujo de señales por los bloques lógicos FUP.

El recorrido “1” lógico por los elementos FUP se denomina circulación de corriente. El origen de una entrada de circulación de corriente y el destino de una salida de circulación de corriente se pueden asignar directamente a un operando.

La lógica del programa se deriva de las conexiones entre las operaciones de cuadro. Ello significa que la salida de una operación (por ejemplo, un cuadro AND) se puede utilizar para habilitar otra operación (por ejemplo, un temporizador), con objeto de crear la lógica de control necesaria. Estas conexiones permiten solucionar numerosos problemas lógicos.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO

4.1. ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance del proyecto se basó en un sistema de control que realice la soldadura total del tanque en un solo proceso mejorando la rapidez. Para esto se seleccionó un Controlador Lógico Programable (PLC), ya que este es una unidad de control viable, de alta confiabilidad y facilidad de adaptación, para la elaboración del nuevo sistema de control. La secuencia lógica desarrollada para el control de la máquina es similar al proceso con el cual se sueldan los tanques actualmente, la diferencia radica en que esta máquina es capaz de soldar un tanque en un solo sistema además se mejoró la velocidad de producción y el suministro de información del estado de la máquina al operador, mediante luces indicadoras y LED's.

Con este proyecto se pretende la implementación de la automatización de la máquina soldadora, basándose en los parámetros y requerimientos que suministró la empresa. Adicionalmente el entrenamiento al personal operativo de la máquina.

Los requerimientos se basaron en la configuración de una máquina prototipo diseñada por la empresa, para la soldadura de tanques de transformadores la cual necesitaba la implementación, control y cableado del todo el sistema eléctrico de los elementos ya constituidos en ella, para poder automatizar el modelo.

4.2. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO ACTUAL DE SOLDADURA DE LOS TRANSFORMADORES.

Inicialmente se realizó la observación directa de todo el funcionamiento a

automatizar, mediante la asistencia al área de producción de la empresa Corporación Iadiexport C.A., haciendo recorridos, para observar en su totalidad el proceso de soldadura de los tanques de los transformadores de 15, 25 y 37.5 kVA, también se adquirieron conocimientos del personal operario de dicha máquina, los cuales aportaron la información de la descripción del proceso, ya mencionado en los antecedentes y los inconvenientes presentados en el mismo, lo que permitió conocer con claridad cada una de las partes de la máquina, sus funciones particulares y su operación como conjunto.

4.3 DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA SOLDADORA DE TANQUES DE TRANSFORMADORES

4.3.1. Parte mecánica

Para la automatización de la máquina se usó una estructura diseñada por la Corporación Iadiexport, C.A, para cumplir de forma secuencial la función de soldadura de tanques de transformadores que pueden ser ajustada para tres diferentes capacidades de tanques (15kVA, 25kVA y 37,5kVA). En la figura N° 19 se presenta una vista global de la.



Figura N° 19. Vista de la máquina soldadora de tanque de transformadores

Esta máquina se encuentra conformada por dos brazos (1 y 2) controlados por motoredutores de corriente alterna a 220VAC; uno de ellos realiza movimientos en dos sentidos, en el eje X por medio de un riel y en el eje Y mediante un tornillo sin fin (ver figura N°20), y el otro sólo es capaz de desplazarse en el eje X como se observa en la figura N°21. Estos brazos son los que tienen la función de sujetar y mover las antorchas de las soldadoras.



Figura N°20. Brazo 1



Figura N°21. Brazo 2

Por otra parte, consta de un sistema, de dos ejes completamente alineados que giran simultáneamente mediante un motor de 0,32 Hp acoplado a dos reductores.

Estos ejes fueron usados para soportar los tanques de los transformadores a soldar, siendo uno de ellos fijo donde se colocó un disco diseñado para acoplar los diferentes diámetros de los tanques y a su vez acoplado a éste una barra de cobre intercambiable de acuerdo a la capacidad de los mismos, que tiene como función servir de soporte para la soldadura transversal y como disipador de calor para evitar deformidad del tanque, (Figura N° 22).

El otro eje es dinámico, capaz de ser deslizado por un riel mediante un actuador neumático que posee un sistema para ser controlado mediante una electroválvula y un presóstato, colocando así en su extremo una pieza que consta de tres uñas para lograr sujetar el tanque de transformador, diseñada para lograr un agarre auto-centrante del

tanque (Figura N° 23). Cabe destacar que para cada tipo de tanque se debe colocar una pieza distinta con las dimensiones que se ajusten al tanque a soldar.



Figura N° 22. Disco de la máquina **Figura N° 23. Brazo autocentrante**

El diseño del disco fue realizado dentro de este proyecto (Ver Anexo N°1), según los requerimientos y alcance, en cuanto a la fabricación, por la empresa, tomando en cuenta los diámetros de los tanques.

4.3.2. Parte Eléctrica

Este diseño se realizó, siguiendo las especificaciones requeridas de la compañía y la información obtenida mediante la visualización del proceso actual de la soldadura de los tanques de los transformadores, ajustándolo a los mecanismos estructurales ya diseñados de la máquina a automatizar.

Los elementos importantes que se utilizaron para implementar la automatización fueron, un PLC que maneja la secuencia de la máquina y un variador de frecuencia para controlar la velocidad de los motores. Los elementos básicos son: como elementos de entrada al sistema se utilizó microswitches, pulsadores, selectores y presostatos; y como elementos de salida los contactores, relés, luces piloto y electroválvula.

A continuación se presenta un esquema general de la automatización de la

máquina (ver figura N° 24), el cual está estructurado en la siguiente forma:

Bloque 1, representa el panel de control (ver figura N°27), que no es más que la interfaz hombre máquina cumpliendo esto la función de un HMI, el cual es un aparato que presenta los datos a un operador y a través del cual éste controla el proceso manejando así las funciones de la máquina mediante pulsadores y selectores; y además permite una mejor visualización utilizando luces piloto indicando los diferentes modos de operación, seguridad y accionamiento de motores.

Bloque 2, representa los elementos que componen el tablero de fuerza N°1(ver figura N°26) donde se encuentran el PLC como unidad de control, un variador de frecuencia para el control de velocidad de los motores que le dan movimiento al brazo 1 y disco de la máquina, también se utilizaron contactores para manejar el circuito de fuerza de la máquina y por último, se colocaron relés para el control de las funciones del variador, como también bloqueo y desbloqueo de elementos del panel de control (pulsadores y selectores). Por otra parte el tablero N°2 (ver figura N°28) donde se encuentran los relés que controlan la electroválvula y así dar movimiento al pistón que sujeta el tanque, como también hacer llegar la información al PLC del estatus de posición del pistón.

Bloque 3, son los dispositivos que se encuentran en la estructura de la máquina, como microswitches, sensores de leva, finales de carrera y presostato que sirven de indicadores al PLC para el control de la máquina. Por otra parte existen los elementos de movimiento definidos por motores y electroválvula.

Cabe señalar, que existen 2 máquinas soldadoras externas las cuales son accionadas por medio del bloque de fuerza para soldar los tanques de los transformadores, dicha operación se realiza mediante la colocación de sus antorchas en los brazos 1 y 2 de la máquina.

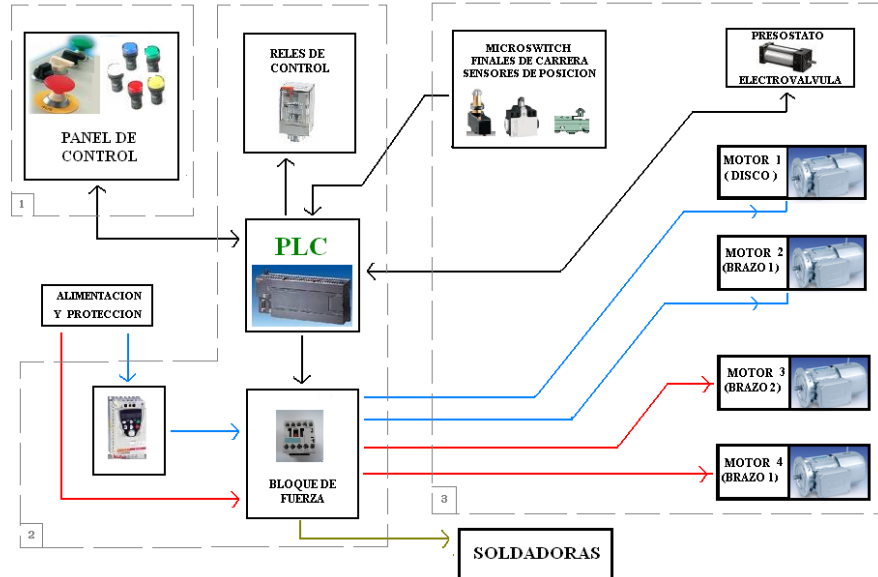


Figura N° 24. Automatización de la máquina

4.4. VARIABLES FÍSICAS A CONTROLAR EN EL SISTEMA.

Las variables a controlar son los motores, electroválvula y las máquinas de soldar, haciendo uso de la arquitectura ya predefinida de la máquina, como también estableciendo los diferentes toques de llegada de los brazos donde se sostendrán las antorchas de la soldadora para que la máquina trabaje según las piezas a soldar, y así establecer inicialmente las entradas y salidas necesarias para este sistema.

4.5. MOTORES Y ACTUADORES

Se puede destacar que los motores y actuadores que a continuación se describen, ya formaban parte de la máquina a automatizar.

Motor (M1) que da movimiento al disco de la máquina:

Marca: Mecano MET S,A

Tensión de alimentación: 220VAC , trifasico

Potencia: 0,32 Hp
Velocidad: 3600 rpm
Corriente nominal: 1 A
Tipo : ST1.8

Motor (M2) que da movimiento en el eje X al brazo 1:

Marca: Bonfiglioli
Tensión de alimentación: 220VAC , trifásico
Potencia: 0,11kW
Velocidad: 1650 rpm
Corriente nominal: 0,66 A
Factor de potencia: 0,6
Modelo: BN27C4

Motor que da movimiento en el eje X al brazo 2 (M3):

Marca: Bonfiglioli
Tensión de alimentación: 220VAC , trifásico
Potencia: 0,08 kW
Velocidad: 1620 rpm
Corriente nominal: 0,67 A
Modelo: BN27B4

Motor que da movimiento en el eje Y al brazo 1 (M4):

Marca: Bonfiglioli
Tensión de alimentación: 220VAC , trifásico
Potencia: 0,08 kW
Velocidad: 1620 rpm
Corriente nominal: 0,67 A
Modelo: BN27B4

Solenoides de la electroválvula para mover el pistón hacia atrás:

Tensión de alimentación: 220VAC

Corriente nominal: 150 mA

4.6. EQUIPOS, INSTRUMENTOS, SENSORES Y CONDUCTORES

Este proyecto requiere el uso de diversos elementos que conforman un sistema automatizado. Para ello se requiere el uso de elementos de protección que resguarden todo el cableado y actuadores; como también sensores que son usados para lograr identificar las diferentes posiciones y comportamiento de la máquina, por otra parte pre-actuadores usados para accionar o desconectar los actuadores, y por último conductores para la interfaz de los diferentes dispositivos que conforman el sistema.

La selección de estos dispositivos se realizó según cálculos, criterios de protecciones contra sobrecorriente, sobrecarga, conductores a usar para la conexión de motores y tablero en general.

Las distancias de las derivaciones de la alimentación se consideran aproximadamente nulas porque no exceden los 10 m. desde el tablero hasta los motores y actuadores; por consiguiente, la selección del conductor se hará por simple capacidad de corriente y la selección de las protecciones se hace tomando en cuenta todas las normas establecidas por el código eléctrico nacional mencionadas más adelante en el diseño del tablero. A continuación se presentan los cálculos que permitieron obtener una mejor selección de los conductores, estos se realizaron según norma del código eléctrico.

▪ Para el motor M1

Cálculo para obtener el calibre de los derivadores de alimentación:

Corriente a plena carga $I = 1 \text{ A}$

Corriente de conductor $I_c = 1 \text{ A} \times 1,25 = 1,25 \text{ A}$

- **Para el motor M2**

Cálculo para obtener el calibre de los derivadores de alimentación:

Corriente a plena carga $I = 0,66 \text{ A}$

Corriente de conductor $I_c = 0,66 \text{ A} \times 1,25 = 0,82 \text{ A}$

- **Para el motor M3 y M4**

Cálculo para obtener el calibre de los derivadores de alimentación:

Corriente a plena carga $I = 0,67 \text{ A}$

Corriente de conductor $I_c = 0,67 \text{ A} \times 1,25 = 0,84 \text{ A}$

Por razones de inventario en la empresa se seleccionó un solo modelo de conductor para las derivaciones de alimentación, para ello se utilizó el menor calibre que se encontraba en existencia con la ventaja que soportaba alta temperatura (calibre 18, PVC (105°)) ya que los cálculos arrojados permiten el uso de este, realizando así la distribución.

- **Para la selección del interruptor magnetotérmico.**

$I = 1,25 I_{pc}$ (motor mayor consumo de corriente) + $\sum I_{pc}$ (de los demás motores) + $\sum I$ (dispositivos restantes)

Corriente del Motor M1=1A

Corriente del Motor M2=0,66A

Corriente del Motor M3=0.67A

Corriente del Motor M4=0,67A

Contactores = $9 \times 100 \text{ mA} = 900 \text{ mA}$

Relés= 3 x 80 mA= 240mA

Guardamotores= 4 x150 mA= 600mA

PLC= 200 mA

Variador de Frecuencia= 0,3A

Solenoides de la electroválvula= 180 mA

Luces piloto= 11 x 10mA= 110mA

I total = 5,78 A

Según este cálculo se seleccionó el interruptor magnetotérmico con una capacidad de corriente de 6 A modelo DZ47-63 (C6), cumpliendo con la condición que la corriente de disparo del interruptor sea mayor a la corriente máxima consumida por el sistema y menor a la admitida por los conductores, como también cumple con la condición de ser usado en ambiente industrial de baja potencia ya que una de las especificaciones del fabricante en cuanto a su comportamiento se rige por la curva C realizando el corte de corriente de cortocircuito a los 10kA.

En el caso de la asignación de funciones, el sistema de la máquina soldadora requirió una instrumentación total del proceso, según la automatización deseada por la Corporación Iadiexport, CA, la cual fue costada de manera directa por esta, gracias a los convenios con diferentes casas comerciales, obteniendo así los instrumentos y sensores para el control de la máquina soldadora de tanques de transformadores.

Adicionalmente se contó con un inventario en el almacén del departamento de mantenimiento donde se encontraron instrumentos adaptables al sistema a automatizar.

Los equipos, instrumentos y sensores requeridos para este proyecto fueron adquiridos por medio del Departamento de Compras que maneja una lista de

proveedores que tienen convenios y créditos con la empresa, de acuerdo con las descripciones facilitadas, por ello no todos los instrumentos seleccionados fueron los más económicos y además se tomaron del stock de almacenamiento del departamento de mantenimiento por tanto algunos no tienen estudio económico.

4.6.1. Variador de frecuencia

En la tabla N° 3 se presentan diversos variadores de frecuencia encontrados en el mercado.

Tabla N° 3. Variadores de frecuencia

VARIADORES DE FRECUENCIA (Funciones de multi-velocidad), que manejen motores trifásicos de 220VAC – 0,5hp				
Marca	Modelo-Referencia	POTENCIA	TENSION	COSTO BsF
Siemens	MM420/6SE6420-2UC13-7AA1	0,5HP	200-240 TRIFASICO	3372
Siemens	MM420/6SE6440-2UC13-7AA1	0,5HP	200-240 TRIFASICO	4518
Mitsubishi	S500/FR-S540-0,4K	0,5HP	200-240 TRIFASICO	2940
Telemecanique	ATV31HU037N4A	0,5HP	200-240 TRIFASICO	4350

El variador de frecuencia utilizado en el desarrollo del proyecto fue un FR-S500 de marca Mitsubishi, capaz de manejar motores hasta de 0,5 hp y un máximo de corriente de 5A. Este variador puede ser operado de tres maneras diferentes, la primera denominada operación externa, la segunda con la Unidad de Parámetros (PU) y la tercera forma de operaciones que combina ambas.

La operación externa combina, switches, potenciómetros y relés para manipular mediante estos, la velocidad con el potenciómetro, dirección de rotación (hacia delante o hacia atrás), parada, arranque, resistencia de frenado y otras aplicaciones. La operación bajo la unidad de parámetros es digitalizada, es decir, mediante

instrucciones simples que se ejecutan desde la unidad, puede ponerse en marcha el motor, detenerlo, variar su velocidad, establecer límites de velocidad, modificar o ajustar tiempos de frenado o aceleración y hacer cambios de varios parámetros que influyen en el funcionamiento del variador. La combinación de la operación externa y la operación por la unidad de parámetros es un poco más flexible puesto que brinda al usuario la comodidad de aprovechar las ventajas de ambas modalidades.

El variador de frecuencia, en principio, es alimentado por tres fases de 220 VAC en los pines R, S, T y se obtiene una salida controlada por los pines U, V, W (figura N°25), que van hacia los guardamotores y a su vez a los contactores que accionan los dos motores que realizan, uno el movimiento transversal del brazo que sostiene una de las antorchas y el otro el movimiento circular del tanque. Si se utiliza únicamente la PU, no es necesario la inclusión de relés, switches o potenciómetros para manejar el variador, pero al combinar la PU con la operación externa, es necesario alguno de estos elementos. La combinación de las dos modalidades exige de manera obligatoria la utilización de dispositivos externos para controlar diferentes instrucciones, cómo puesta en marcha del motor, selección de velocidad, y otros; como también la variación de la frecuencia y parámetros directamente desde la PU.



Figura N°25. Variador de frecuencia.

En virtud de que el sistema debe ser automatizado, se utilizó la combinación antes mencionada, de manera que mediante la PU, se pudiese cambiar las cinco velocidades; dos de ellas correspondientes a la marcha hacia adelante y hacia atrás

del motor (M1), y tres correspondientes al motor (M2), una de marcha atrás y dos hacia adelante, que están relacionadas directamente con la soldadura, como también los parámetros de aceleración y desaceleración de dichos motores.

Por otra parte se utilizaron los contactos auxiliares de los contactores para seleccionar las diferentes velocidades mediante la función multi-speed del variador siendo estas las señales que conforman la operación externa. Además se uso un relé para elegir una de las dos velocidades del motor (M2) vinculado a la soldadura del fondo del tanque que depende del tamaño del mismo, usando como medio de control una salida del PLC. Esto se realizó debido a la diferencia de velocidad angular entre el diámetro de uno de los tanques (15 kVA), con respecto a los otros dos (25 kVA, 37.5 kVA).

4.6.2. Instrumentos y sensores (microswitch y finales de carrera)

Como se puede observar en la tabla N° 4, se realizó un estudio de los finales de carrera ya que los demás sensores o microswitch se tomaron del almacén.

Tabla N° 4. Comparación de Finales de Carrera

FINALES DE CARRERA (De Palanca y Rodillo) 2009			
Marca	Modelo-Referencia	Descripción	Costo bsf
Siemens	3SE3-100-1EA	PALANCA RODILLO	412
Telemecanique	XCK-M115	PALANCA + RODILLO PLASTICO	307
Lovato	E100.00.BI	PISTON Y RODILLO	158
ERSCE	E400.00.EM	CON RODILLO GIRATORIO	193

Estos son dispositivos mecánicos que generan una señal dependiendo de parámetros de posición, para detectar donde se encuentran los brazos que sostienen las antorchas utilizando los microswitch de micro leva corta y los finales de carrera son usados para detectar el final o tope de movimiento de dichos brazos. Estos

generan una señal en función de la red a que estén conectados, el PLC suministra 24V para indicar un estado de encendido, y 0V para un estado de apagado actuando así como un contacto normalmente abierto (NA).

4.6.3. Luces piloto

Son once (11) luces pilotos de neón de 12mm (verde, rojo), para la indicación visual del estado de la máquina, de las cuales cinco (5) son accionadas mediante las salidas del PLC indicando modo de funcionamiento, señal de emergencia y error de funcionamiento y 6 mediante los contactores que activan los motores indicando si estos se encuentran en movimiento.

4.6.4. Selectores

Son aquellos utilizados por los operadores de marca TELERGON. Se utilizó uno, para seleccionar el encendido o apagado de la máquina, otro selector MAN-0-AUT para seleccionar el modo de funcionamiento ya sea manual, inicio o automático del sistema, otro para seleccionar el transformador a soldar (0-1-2) y dos más para encendido o apagado en modo manual de las soldadoras tipo switches. Cabe destacar que el PLC detecta la activación de estos selectores, cuando percibe continuidad en la entrada correspondiente.

4.6.5. Pulsadores

Son once (11) pulsadores utilizados para el manejo del sistema los cuales se dividen en: ocho (8) pulsadores rasantes para el funcionamiento manual de los motores; dos (2) tipo luminosos, para seleccionar el start y stop del sistema y uno (1) tipo hongo para la parada de emergencia. Estos pulsadores son detectados por el controlador en la entrada correspondiente.

4.6.6. Contactores

A continuación, en la tabla N° 5 se presenta un estudio de algunos contactores comerciales.

Tabla N° 5. Comparación de Contactores.

CONTACTORES Y/O MINICONTACTORES PARA MOTORES TRIFASICOS JAULA DE ARDILLA, DE BOBINA 220VAC Y CORRIENTE MINIMA DE 1ª			
Marca	Referencia-Modelo	Tipo	Costo
Telemecanique	LC1-D097	AC3 (9A)	306
Telemecanique	LC1-K0610	AC3 (6A-12A)	148
Siemens	3RT-10251AP00	AC2-AC3 (17A)	235

Se usaron nueve (9) contactores de los cuales, ocho (8) para el encendido o apagado de los motores como también el sentido de giro de estos, accionados mediante las salidas del PLC, y uno obtenido del almacén para dar o no continuidad de corriente al sistema, controlado por el selector de apagado o encendido de la máquina. Los contactores son accionados mediante la energía magnética proporcionada por una bobina alimentada por 220VAC, los cuales son marca Siemens, teniendo como capacidad máxima 17A.

4.6.7. Relés

Seis (6) relés de ocho (8) pines marca RELPOL, de los cuales tres (3) son accionados por tres salidas del controlador, teniendo como función: uno, la desactivación o activación de los pulsadores usados para el funcionamiento en modo manual de los motores, otro para el manejo de las dos velocidades predeterminadas del movimiento del giratorio del tanque y, el último, para activar o desactivar los selectores de modo manual de las soldadoras. Ellos son activados mediante la energía

magnética generada por una bobina de 220VAC, estos soportan 10A. Los tres (3) últimos que se encuentran en el tablero de fuerza N°2, son usados para realizar la lógica de control del manejo del pistón que ajusta el tanque.

4.6.8. Fusibles

Se utilizaron cinco (5) fusibles de acción rápida; tres de 3A, modelo Gg para ser colocados en cada porta fusibles y así proteger las 3 fases que controla el variador de frecuencia ya que dicha corriente es la máxima que este soporta, y dos de 0.2 A, de rápida acción, que actúan sobre la alimentación de 220VAC del PLC debido a que este puede consumir 200mA a su capacidad máxima.

4.6.9. Borneras

Se colocaron borneras para diferenciar de forma rápida, los conductores de los motores, y los sensores o microswitch, esto para hacer una distribución más organizada a la hora de un cambio o reparación en el sistema.

4.6.10. Guardamotores y Contacto auxiliar

A continuación se describen las características. ver la tabla N° 6.

Tabla N° 6. Comparación de Guardamotores y Accesorios.

GUARDAMOTORES Y ACCESORIOS PARA TENSIONES TRIFASICAS (220VAC)						
MARCA	MODELO - REFERENCIA	RANGO DE AJUSTE	COSTO BSF	ACCESORIO AUX (REFERENCIAS)	TIPO	COSTO BSF
Siemens	3RV10-11-0jA10	0,7-1 A	609	3RV19-01-1A	NO-NC Lateral	117
Telemecanique	GV2-ME05	0,63-1 A	541	GV-A1N11	P/GV2-Lateral	108
AEG	MBS25/201-204	0,63-1 A	195	HS9-11/ 293-130	NO-NC Lateral	56

Se usaron cuatro (4) guardamotores que poseen un ajuste entre 0,63A y 1A, colocando estos al valor nominal de corriente. Protegiendo a los motores de sobrecorriente y sobrecarga, interrumpiendo la corriente; y a su vez dando una señal al PLC mediante un contacto auxiliar (NA) que se cierra cuando ocurre alguna falla en el motor.

4.6.11. Interruptores Magnetotérmico

Interruptor magnetotérmico de 6 A marca AEG, este se seleccionó según los criterios realizados anteriormente en la sección 4.6, colocándose al comienzo de la alimentación para proteger el sistema de sobrecarga y cortocircuito.

4.6.12. Electroválvula

Una (1) Electroválvula marca API Modelo A1E251, alimentación del solenoide de 220 V AC 3W con conductor de TPU 7,5 x 10 Polyurethane SH.98 Lot. El solenoide convierte la energía eléctrica en energía mecánica para accionar la válvula proporcionando la energía necesaria para su movimiento, esto quiere decir que el solenoide debe estar energizado para que la válvula se mantenga abierta.

Esta electroválvula es usada para activar el movimiento del actuador (pistón) en dos sentidos uno para sujetar el tanque y el otro para liberarlo.

4.7. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS TABLEROS DE FUERZA Y PANEL DE CONTROL DE LA MÁQUINA.

Se esquematizó la circuitería y cableado necesario para la puesta en marcha del sistema, siguiendo el Código Eléctrico Nacional revisión 0200-04 en cuanto a cálculos y criterios para la selección de los dispositivos y protección a la envolvente

tales como grados de protección proporcionados por las envolventes utilizados en media y baja tensión 540:1998 (1.5); tableros eléctricos de media y baja tensión instalación y puesta en servicio 2800:1998(4.6, 5.2.2; 5.2.8; 5.2.9); tableros eléctricos de media y baja tensión documentación técnica 2811:1998 (4.5, 4.6, 7.1.2, 7.2, 7.4).

Al especificar todos los elementos necesarios tanto de control como de potencia (sensores, cables, contactores, relés, guardamotors, variador de frecuencia, PLC, fusibles, porta fusibles, breaker y borneras) se diseñó el tablero de fuerza N°1 (ver figura N° 26), según las dimensiones necesarias para que todos estos elementos se fijen dentro de éste, respetando algunos requerimientos de ventilación que especifican los fabricantes; por otra parte se ubicó cada elemento de control separado de los de fuerza obteniendo una mejor distribución para futuros cambios y mantenimiento, y evitando así que los conductores de potencia fueran canalizados junto con los de mando, minimizando posibles interferencia en los equipos de control, esto se realizó bajo las siguientes normas, tableros eléctricos de control y señalización 3831:2003 (7.2.8, 7.2.9, 7.2.10, 9.3.3.1, 9.3.3.2, 11).

El tablero de fuerza N°1 se realizó mediante la implementación de varios diagramas unifilares y trifilares, diseñados para lograr la automatización de la máquina, tomando en cuenta los elementos de control, fuerza y protecciones necesarios; uno de ellos especifica las conexiones de fuerza detallando cada uno de los actuadores, elementos de control y de protección que integran el sistema (Ver Anexo N°2).

Por otra parte se diseñó el circuito encargado de desactivar y activar la botonera que compone el modo manual en el panel de control evitando así fallas o discrepancias en su funcionamiento cuando la máquina se encuentra en modo automático (Ver Anexo N°3); como también el encargado de la desactivación de los switches B1 y B2 que accionan las soldadoras 1 y 2 en forma manual cuando el

sistema se encuentra en modo automático (Ver anexo N°4).

Se implementó un esquema de conexiones que controla 5 diferentes velocidades de los motores (M1 y M2) (Ver Anexo N°5), usando los contactos auxiliares de los contactores que accionan dichos motores y el relé R3 para generar dos velocidades en una misma acción ; las velocidades V1 y V2 actúan sobre el motor M1 (movimiento en el eje X del Brazo 1) mediante los contactores C4 y C5 respectivamente logrando así controlar la velocidad de soldadura transversal de los tanques, como también el posicionamiento inicial de dicho brazo; por otra parte se controla el motor M2 que mueve el disco donde se ajustara el tanque, logrando manejar la velocidad del movimiento en sentido anti horario (V3) mediante el contactor C2, usándose este sentido de giro para lograr posicionamientos del disco, sin embargo, el giro horario se realiza en dos velocidades diferente mediante el contactor C3 y el relé R3 ya que este movimiento está ligado a la soldadura del fondo del tanque, pudiendo así configurar una velocidad V4 para los tanques de 15kVA y una segunda velocidad para los tanques de 25kVA y 37,5kVA ya que el diámetro del tanque de menor kVA difiere considerablemente con respecto a los otros dos modelos de tanques, y así tener mayor control de la velocidad angular del disco.

Estas velocidades son definidas mediante la configuración del variador de frecuencia, tomando como referencia la velocidad con que se sueldan los tanques en el sistema actual. A continuación se presenta la tabla N° 7.

Tabla N° 7. Comparación de las velocidades de los motores (M1 y M2).

Velocidad	Frecuencia Hz	parámetro del variador	Motor	Movimiento	Entradas físicas del variador					
					SD	STF	STR	RH	RM	RL
V1	105	P85	M1	Transversal	1	1	1	1	0	1
V2	65	P82	M1	Transversal	1	1	1	0	1	0
V3	30	P83	M2	Circunferencial	1	1	1	0	1	1
V4	5	P87	M2	Circunferencial	1	1	1	0	0	1
V5	3	P84	M2	Circunferencial	1	1	1	1	0	0

El tablero N°2 tiene como función todo lo referente al control y accionamiento del pistón, para así lograr el ajuste del tanque por medio de los pulsadores pistón adelante y pistón atrás; como también hacerle llegar el estatus del pistón al PLC (ver figura N°28). El circuito se realizó con 3 relés (ver anexo N° 6) que controlan el accionamiento de la electroválvula, y a su vez el pistón que sujeta el tanque, los cuales se ubicaron de forma separada ya que la colocación de este se realiza de modo manual, y solo interviene en el sistema automático la señal indicadora de final de ajuste de tanque.

En cuanto al panel de control (ver figura N°27) se organizaron todos los pulsadores, indicadores y selectores necesarios para obtener la interfaz hombre-máquina, y así ubicarlos en un espacio reducido con el fin que este sea de fácil manejo por el operario.

El tablero de fuerza N°1 está conformado por cuatro partes interconectadas físicamente entre sí, protección, control, potencia y borneras y el panel de control conformado por secciones (modo manual, modo automático e indicadores de funcionamiento).



Figura N°26. Tablero de Fuerza



Figura N27. Panel de Control



Figura N28. Tablero de fuerza N°2

Se inspeccionó detalladamente la máquina soldadora de tanques, verificando cada una de las señales eléctricas desde el panel de control hasta el tablero de fuerza como también las señales que llegan al PLC provenientes de los diferentes microswitches y presostatos integrados en el sistema. Una vez chequeadas cada una de las señales de entrada, se fue conectando el cableado de las salidas del sistema,

habilitando gradualmente cada una de las funciones, con la debida supervisión de su correcta operación.

4.8. NÚMERO DE ENTRADAS Y SALIDAS

Para el PLC seleccionado y descrito en el capítulo III, se presentan las Tablas N° 8 y N° 9 donde se visualizan todas las entradas y salidas digitales del PLC Siemens S7-200, CPU 226 requeridas para la automatización y control de la máquina soldadora de tanques de transformadores.

Tabla N° 8. Entradas del PLC Siemens S7-200

<i>NOMBRE SIMBÓLICO</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>DIRECCIÓN</i>
<i>Comienzo</i>	Pulsador de arranque y selector de modo de operación (Start)	I0.0
<i>Parada</i>	Pulsador de parada (Stop)	I0.1
<i>Emergencia</i>	Pulsador de emergencia	I0.2
<i>AUT</i>	Selector de Modo de operación automático	I0.3
<i>MAN</i>	Selector de Modo de operación Manual	I0.4
<i>Trans_15kVA</i>	Selector indicador para transformador de 15kVA	I0.5
<i>Trans_25kVA</i>	Selector indicador para transformador de 25kVA	I0.6
<i>Electroval_ON</i>	Sensor de pistón adelante (Presostato)	I0.7
<i>Electroval_OFF</i>	Sensor de pistón atrás	I1.0
<i>n8</i>	Sensor de leva	I1.1
<i>n9</i>	Sensor de leva	I1.2
<i>n10</i>	Sensor de leva	I1.3
<i>n11</i>	Sensor de pistón atrás	I1.4
<i>n1</i>	Sensor de posición en el eje X - final de carrera DER (n1)	I1.5
<i>n2</i>	Sensor de posición en el eje X del transformador 15KVA (n2)	I1.6
<i>n3</i>	Sensor de posición en el eje X del transformador 25KVA (n3)	I1.7

<i>n4</i>	Sensor de posición en el eje X del transformador 37,5KVA (n4)	I2.0
<i>n5</i>	Sensor de posición en el eje X - final de carrera IZQ (n5)	I2.1
<i>n6</i>	Sensor de posición en el eje Y - final de carrera IZQ (n6)	I2.2
<i>n7</i>	Sensor de posición en el eje Y - final de carrera DER (n7)	I2.3
<i>Sobrecorriente</i>	Entrada de señal de sobre corriente de los motores	I2.4

Tabla N° 9. Salidas del PLC Siemens S7-200

<i>NOMBRE SIMBÓLICO</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>DIRECCIÓN</i>
<i>Y_I_motor2</i>	Motor (M4) Movimiento Atrás en eje Y del brazo que solda transversalmente	A0.0
<i>Y_D_motor2</i>	Motor (M4) Movimiento al transformador en eje Y del brazo que solda transversalmente	A0.1
<i>A_I_motor2</i>	Motor (M3) Movimiento del brazo que solda el fondo, hacia el tanque	A0.2
<i>A_D_motor2</i>	Motor (M3) Movimiento del brazo que solda el fondo, hacia atras	A0.3
<i>X_I_motor2</i>	Motor (M2) Movimiento (Izq-Der) en el eje X sobre la costura del tanque a soldar	A0.4
<i>X_D_motor2</i>	Motor (M2) Movimiento (Der-Izq) en el eje X	A0.5
<i>X_I_motor2</i>	Motor (M1) Movimiento del disco en sentido horario	A0.6
<i>X_D_motor2</i>	Motor (M1) Movimiento del disco en sentido anti horario	A0.7
<i>CTTOL_Velo_C</i>	Salida a relé para control de las dos velocidades del disco	A1.0
<i>Bombillo_stop</i>	Luz indicadora de stop	A1.1
<i>Electrova_atras</i>	Electroválvula para mover hacia atrás piston	A1.2
<i>Error</i>	Luz indicadora de error en funcionamiento	A1.3
<i>Salida emergenc</i>	Luz indicadora de pulsador de emergencia	A1.4
<i>Bombillo_AUT</i>	Luz indicadora de modo automático	A1.5
<i>Bombillo_MAN</i>	Luz indicadora de modo Manual	A1.6
<i>Bombillo_Inicio</i>	Luz indicadora de modo Inicio	A1.7

4.9 MODOS DE OPERACIÓN

Una vez encendida la máquina, el PLC sensa las entradas provenientes del panel de control, si el selector se encuentra en modo automático la entrada correspondiente del PLC se activa, de igual forma para el modo manual e inicio, dando comienzo al modo deseado cuando el operador presiona posteriormente el pulsador (start o comienzo).

Antes de realizar cualquier funcionamiento se debe definir qué tanque de transformador se va a soldar ya sea de 15, 25 o 37.5 kVA y esto debe ser seleccionado en el panel de control mediante el selector de tanques. Es así como el PLC controla correctamente la parada y llegada de los brazos según la dimensión del tanque seleccionado y la velocidad de giro del disco.

Es importante afianzar que dicha máquina realiza la soldadura de los tanques en forma automática si estos son de la misma capacidad, ya que si se requiere soldar otro modelo de tanque se debe realizar diversas modificaciones mecánicas, tales como el cambio de la barra de cobre acoplada en el disco, movimiento del bloque que soporta el pistón y el cambio de la pieza de tres uñas según el tanque a soldar, como también realizar el ajuste correcto de la posición de los brazos que sostienen las antorchas de las soldadoras.

- *Modo Inicio:* En este modo el PLC activa la salida de la luz indicadora en el panel de control (INICIO), comenzando así el proceso para que la máquina se posicione en las condiciones necesarias para poder activar el modo automático, señalando el fin de éste mediante el intermitente de la luz (INICIO).

- *Modo Manual:* El PLC activa la salida correspondiente al encendido de una luz en el panel (MAN), y a su vez energiza un relé de 8 pines (R1), que desvía la continuidad de los cables de control de funcionamiento de las soldadoras para ser

encendido mediante los switches existentes en el panel de control ya que en modo automático estas se activan mediante los contactos auxiliares de los contactores (C2, C4).

Este modo es manejado manualmente por medio de 8 pulsadores y dos switches (ON-OFF), controlando con estos los movimientos de los brazos y las dos soldadoras. Estos están activos solamente en este modo de operación.

- *Modo Automático:* En este modo el PLC energiza la salida de la luz piloto, del panel denominada (AUT) y a su vez la bobina del relé (R3), encargado de bloquear la continuidad de corriente por la línea común de los pulsadores del modo manual, comenzando así el proceso de soldadura del tanque, siempre que no se cambie el modo de operación. Finalizando este proceso con la liberación del tanque de transformador ya soldado e inicializando los componentes de la máquina, indicando fin del proceso mediante la intermitente de la luz (INICIO) y el apagado de la luz (AUT).

Los modos inicio y automático se explican detalladamente en las secciones 4.10.1 y 4.10.3.

4.10. LÓGICA DE CONTROL DEL PROCESO DE SOLDADURA.

La programación de la lógica de control se realizó usando el software creado por Siemens, para programar estos dispositivos llamado V4.0 STEP 7 MicroWIN SP5, mediante el lenguaje KOP (ver anexo N°7). Este proceso se realizó con la ayuda del manual de operaciones de S7-200.

El funcionamiento del proceso de soldadura se observa en el diagrama que a continuación se presenta (ver figura N°29), siendo este secuencial.

Iniciándose, una vez que el operador energiza la máquina, mediante un selector OFF-ON el cual activa la bobina del contactor C1, alimentando así a todos los elementos del sistema.

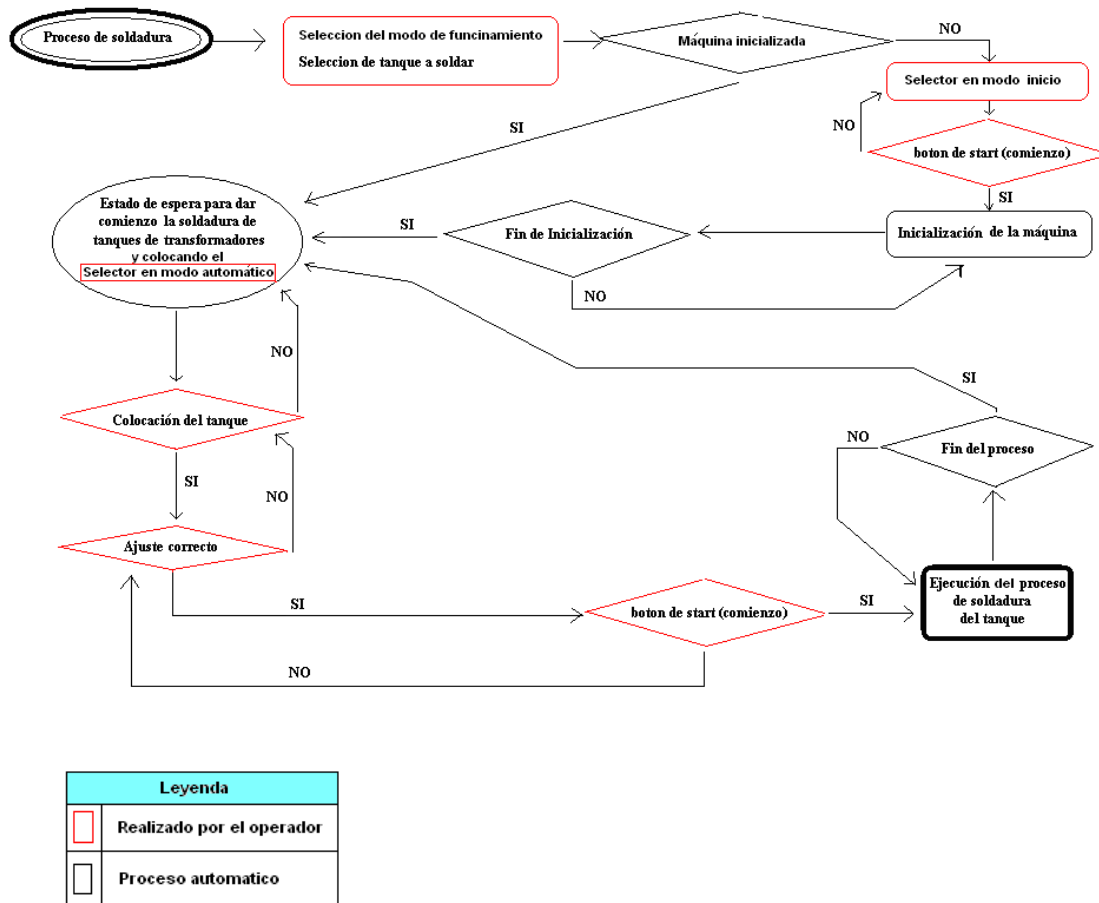


Figura N° 29. Diagrama del proceso de soldadura de los tanques

Para realizar el proceso se debe seleccionar en el panel de control de la máquina el modo en que se desea operar ésta, es decir, en modo manual o en modo automático y la capacidad del tanque del transformador a soldar. Para que el modo automático funcione es necesario que tanto los brazos, el disco y el pistón, estén en posición correcta de inicialización mediante la activación de los sensores correspondientes, siendo sensados por el PLC, indicando esto en el panel de control

por medio de la Luz de INICIO en forma intermitente, en caso de no ser así, se logra por medio de la puesta en marcha del modo inicio, dando continuidad a la etapa de colocación y ajuste correcto del tanque previamente armado y punteado; al realizar correctamente estas operaciones, el operador podrá dar continuidad al proceso de modo automático de soldadura del tanque pulsando el botón start (comienzo). En caso que el operador intente dar continuidad a la soldadura del tanque sin que alguna condición antes mencionada no se cumpla, la máquina no efectuará ningún movimiento.

Luego de finalizar el proceso de soldadura, la máquina se posiciona en condiciones iniciales para continuar nuevamente con el proceso.

Es importante acotar, que para que los modos de operación de la máquina se pongan en funcionamiento, el PLC debe recibir la señal seleccionada y esto se realiza eligiendo por medio del selector (AUT, 0, MAN), y presionando el botón start (comienzo), para dar inicio al proceso deseado.

4.10.1. Proceso de inicio

Este proceso se inicia con la verificación de los sensores n1, n5, n6, (ver anexo N°8) si alguno de estos no están accionados, el PLC enciende, de ser necesario, simultáneamente, los motores, para que éstos por medio de sus movimientos accionen mediante los brazos, el o los sensores que tienen correspondencia con los motores M2, M3, M4. Colocando el brazo 1 totalmente a la izquierda en el eje (X) y hacia atrás en sentido del eje (Y) de la máquina y el brazo 2 a la derecha.

Por otra parte, al estar accionado el sensor n1, se procede a verificar la selección del tanque a soldar para posicionar el disco según sea la correspondencia mediante los sensores (n8, n9 o n10) en caso que este no de señal al controlador, activa el motor M1 hasta hacer lectura de dicho sensor. Logrando que la barra de

cobre esté en un ángulo de 90 grados con respecto al centro del eje horizontal del disco.

Cuando el controlador lógico programable tenga lectura de los 4 sensores n1, n5, n6 y (n8, n9 o n10) da fin a este proceso quedando así la máquina como se muestra en la figura N° 30.



Figura N° 30. Posición de inicio de la máquina

4.10.2. Etapa de colocación y ajuste de tanque de transformadores.

A continuación se presenta la figura N° 31, que identifica el proceso de colocación y ajuste del tanque de transformadores, realizado por el operario.

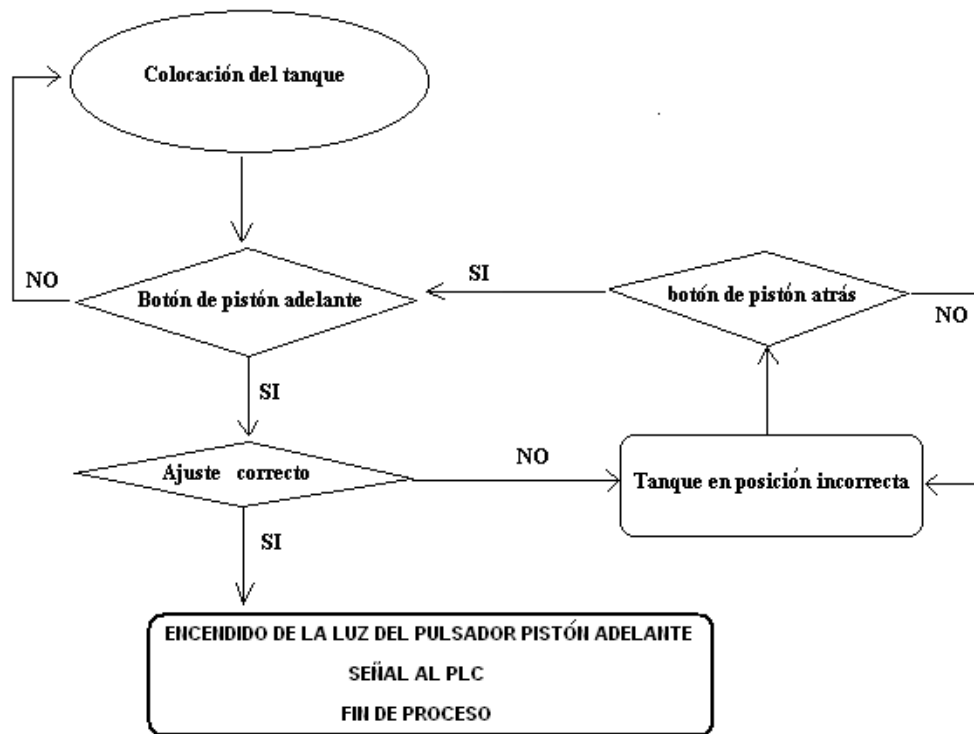


Figura N° 31. Diagrama de flujo de la colocación y ajuste de tanque de transformadores.

El operador coloca el tanque ya armado y punteado que se desea soldar sobre la barra de cobre que se encuentra acoplada al disco, para luego pulsar el botón de pistón adelante, y a medida que este actúa, el operador debe posicionar el tanque, con el fin que la unión de la lámina punteada coincida con la guía indicadora que se encuentra en el disco cuando el pistón haya apretado totalmente el tanque. Finalizado este proceso, encendiendo la luz del pulsador pistón adelante (ver figura N° 32), creando así la posibilidad del funcionamiento de soldadura en modo automático logrando que la costura se realice sobre el área deseada.

En caso de no lograr el ajuste, el operador debe presionar el botón de pistón atrás, para realizar nuevamente el proceso.



Figura N° 32. Pulsador luminoso pistón adelante

4.10.3. Proceso automático de soldadura

Este modo de funcionamiento es posible si primero se encuentra la máquina en posición inicial (indicado esto con la luz intermitente de (INICIO) en el panel de control) y luego se detecta la colocación del tanque a soldar (indicado esto con la luz del pulsador de pistón adelante).

Este proceso se realiza siguiendo el esquema del anexo N°9, el cual se inicia con la activación del motor M4 en sentido horario dándole movimiento al brazo 1 hacia adelante (eje Y), colocando así la punta de la antorcha de la soldadora 1 en la posición exacta para el comienzo de la costura (Ver figura N° 33)



Figura N° 33. Posición de la antorcha sobre el tanque y microswitches n6 y n7

Luego el controlador activa la salida que acciona el motor M2 en sentido horario y a su vez la soldadora 1, moviendo el brazo 1 hacia la derecha en el (eje X) a la velocidad predefinida (V1) en el variador de frecuencia, obteniendo una buena costura transversal del tanque, culminando cuando el PLC detecta la señal de los microswitches n2, n3 o n4 dependiendo de la selección del tanque a soldar. (ver figura N° 34)



Figura N° 34. Microswitches n2,n3,n4

Inmediatamente el PLC apaga la soldadora 1, e invierte el sentido de movimiento del brazo1 en el eje (Y) y a su vez a la velocidad (V2) el brazo en el eje (X), deteniéndose al activarse respectivamente las entradas correspondientes a los microswitches n6 y n1, quedando este en su posición inicial.

Al cabo de 2 segundos después de haberse activado la inversión del brazo 1, se acciona el motor M3 la cual mueve el brazo 2 hacia la izquierda hasta activarse el microswitch correspondiente a la dimensión del tanque a soldar (n2, n3 o n4), (este tiempo se ajustó para que los dos brazos no vayan a chocar ya que el brazo 2 se mueve a una velocidad mayor que el brazo 1) colocando así en posición la antorcha de la soldadora 2 para soldar el fondo del tanque. (ver figura N° 35)

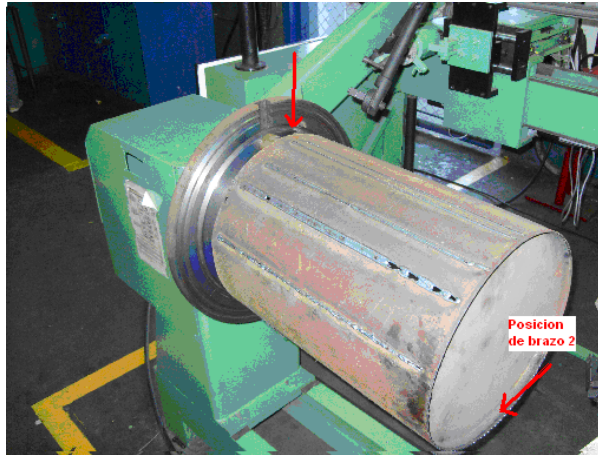


Figura N° 35. Posición del brazo 2 para comienzo de la soldadura del fondo del tanque

Una vez posicionada la antorcha 2, el PLC activa el motor M1 en sentido horario accionando el giro a la velocidad predefinida (V3 o V4) del disco dependiendo de la capacidad del tanque a soldar y a su vez la soldadora 2, realizando un giro de 360 grados, y así activarse el microswitch n8, n9 o n10 (ver figura N° 36), dependiendo esto del tanque que se seleccionó, esta señal inicia un temporizador de 1 segundo y así se logra una sobre costura del fondo del tanque.



Figura N° 36. Microswitches n8, n9 y n10

Al culminar el tiempo, el PLC apaga la soldadora 2 y activa el motor M1 en sentido contrario a una velocidad (V5) para posicionar el disco en su condición inicial, como también el brazo 2 hacia la derecha, hasta llegar a activar el sensor (final de carrera n5). Finalizando el proceso con la activación de la salida del PLC que coloca el pistón atrás y así liberar el tanque ya soldado (ver figura N° 37), indicando esto mediante la intermitencia de la luz de (INICIO) y apagado de la luz (AUT), mostrando con esto la posibilidad para iniciar un nuevo ciclo de soldadura de tanques.



Figura N° 37. Tanque ya soldado

4.11. DETECCIÓN DE FALLAS

En el proceso, pueden ocurrir fallas debido a desajustes eléctricos o mecánicos, estos son detectados por el PLC, encendiendo el indicador de “ERROR”.

A continuación se describen.

Falla N° 1: Durante el proceso de funcionamiento del equipo puede ocurrir que algún sensor se quede activado o desactivado cuando no es el caso por desperfecto del mismo. Como también debido a la desconexión o daño en el cableado referido a dicho instrumento. A continuación se presenta la tabla N° 10 de los posibles errores.

Tabla N° 10. Posibles errores referentes a los sensores

	SENSORES ACTIVOS			SEÑAL
1	n2	n3		ERROR
2	n2	n4		
3	n3	n4		
4	n2	n3	n4	
5	n8	n9		
6	n9	n10		
7	n8	n9	n10	
8	n6	n7		
9	presostato	n11		

Falla N° 2: En el caso que la secuencia de encendido y apagado de los diferentes elementos eléctricos no sea el correcto en un momento no predefinido en el programa, por falla de alguna salida del PLC, esto es detectado por el diagnóstico de una bandera especial (SM2.8) en la lógica de control.

Falla N° 3: Cuando ocurre sobrecorriente o cortocircuito en alguno de los motores, por falla del motor o cableado, siendo detectado por los guardamotores.

4.12. PROTECCIONES DEL SISTEMA

La protección se efectuó, colocando un interruptor magnetotérmico de capacidad 6A denominado B1. Para proteger de sobrecorriente a todo el sistema.(ver anexo N°10)

4.13. PROTECCIÓN DE LOS MOTORES

Ésta se realizó mediante los guardamotors referidos en el Anexo N°11 como G1, G2, G3, G4, dichos dispositivos fueron ajustados para la corriente nominal de cada motor, y así evitar daños por sobrecarga, sobrecorriente y cortocircuito.

4.14. PROTECCIÓN DEL PLC

Según lo especificado en el manual de instalación del equipo se colocó un fusible de acción rápida de 200 mA que interrumpe la alimentación al PLC cuando existan fallas de sobrecorriente, de esta manera se protege de los posibles daños en el equipo de control producidos en la línea de alimentación.

4.15. CIRCUITO DE CONTROL

Al realizar la selección de los conductores para el circuito de control de los microswitches al tablero de fuerza, se tomó en cuenta las recomendaciones en los manuales del PLC usando cables apantallados de instrumentación calibre 22, sin embargo el cable que se utilizó internamente para las demás conexiones en el tablero fue el AWG calibre #18 de cobre, 105°C ya que en el almacén de la empresa éste es el conductor más cercano al ideal que sería cable con aislamiento calibre 24 utilizando así un solo calibre de conductor en todo el circuito de control (Interno) para evitar complicaciones a la hora de reparar alguna falla. De igual forma cubre los requerimientos de todos los instrumentos. En cuanto al costo, para la empresa es viable ya que este conductor es distribuido por ellos y le sale más económico, en cambio si se compra por fuera el otro conductor de calibre más pequeño, así sea más barato, tendría que pagarlo al precio del mercado.

4.16. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD DEL EQUIPO.

Además de los peligros propios de la electricidad existen otros riesgos, por ejemplo los efectos de las radiaciones de rayos ultravioletas. Para evitar este peligro el operario de la máquina debe utilizar pantalla protectora con cristales absorbentes. Es conveniente comprobar que la pantalla no presente roturas que permitan el paso de la luz, y que el cristal contra radiaciones sea el conveniente de acuerdo a la intensidad o diámetro del electrodo. [14]

Hay que tener presente que no sólo el operador es el que está expuesto a los peligros de las radiaciones, los ayudantes también deben utilizar las pantallas protectoras. Tomar en cuenta que los rayos ultravioletas pueden producir ampollas cuando actúan durante mucho tiempo sobre la piel, por este motivo se aconseja nunca trabajar con las mangas arremangadas y una vez iniciado el proceso de soldadura, retirarse a una distancia prudencial aproximadamente a un metro y medio. [14]

Para proteger los puestos de trabajo cercanos deben utilizarse pantallas metálicas protectoras que encierren la máquina. [19]

El equipo de protección personal debe estar compuesto por [14]:

- Pantalla de protección de cara y ojos.
- Guantes de manga larga.
- Polainas de apertura rápida.
- Calzado de seguridad.
- Delantal de cuero.
- Protección respiratoria.

Se debe evitar manejar esta máquina con la ropa manchada con grasa, solvente, o cualquier sustancia inflamable. Además hay que tener presente que la ropa húmeda

se convierte en conductora.

Los humos de soldadura contienen sustancias tóxicas cuya inhalación puede ser nociva, por este motivo se debe colocar esta máquina siempre en lugares bien ventilados de no ser así colocar extractores de aire en el área.

Para mantener la máquina en perfecto estado, se requiere una revisión periódica por parte de personal especializado. Este control puede realizarse mediante supervisión a cargo de jefes de grupo o equipo. Los brazos y los ejes deben ser engrasados para evitar su oxidación. La reparación o instalación, operación y mantenimiento de la máquina soldadora de tanques debe ser siempre ejecutada por personal calificado. [19]

Desde el punto de vista eléctrico las medidas a adoptar serian, conectar a tierra todos los aparatos, instalaciones, equipos y máquinas accionados por electricidad como también instalar interruptores diferenciales que corten la corriente en caso de fallo del aislamiento y por último utilizar equipos y máquinas provistos de doble aislamiento.

CAPITULO V

PRUEBAS Y RESULTADOS FINALES

5.1. PRUEBAS DEL SISTEMA

Para verificar el correcto funcionamiento del sistema implementado se realizaron diversas pruebas para descartar posibles fallas en éste, las cuales se mencionan a continuación:

5.1.1. PRUEBA DE CORRECTA PROGRAMACION

Para determinar, si se realizó una correcta programación se procedió a colocar la máquina en modo automático y mientras esto ocurría, de forma manual se activaron los distintos sensores que no deberían interferir en el movimiento que se estaba realizando en ese momento y así verificar que el funcionamiento del sistema es totalmente secuencial, a continuación se presenta la tabla N°11, la cual muestra las pruebas realizadas.

Tabla N°11. Verificación de programación

Movimiento Automático	Sensor(es) activados Manualmente	Afecta el movimiento del sistema
Brazo 1 en sentido n6 a n7	n6	NO
Brazo 1 en sentido n7 a n6	n7	NO
Brazo 1 en sentido n1 a n2 (Para tanque de 15 kVA)	n1, n3, n4	NO
Brazo 1 en sentido n2 a n1 (Para tanque de 15 kVA)	n3, n4	NO
Brazo 1 en sentido n1 a n3 (Para tanque de 25 kVA)	n1, n2, n4	NO
Brazo 1 en sentido n3 a n1 (Para tanque de 25 kVA)	n2, n4	NO
Brazo 1 en sentido n1 a n4 (Para tanque de 37,5 kVA)	n1, n2, n3	NO
Brazo 1 en sentido n4 a n1 (Para tanque de 37,5 kVA)	n2, n3	NO
Brazo 2 en sentido n5 a n2 (Para tanque de 15 kVA)	n5, n3, n4	NO

Brazo 2 en sentido n2 a n5 (Para tanque de 15 kVA)	n3, n4	NO
Brazo 2 en sentido n5 a n3 (Para tanque de 25 kVA)	n5, n2, n4	NO
Brazo 2 en sentido n3 a n5 (Para tanque de 25 kVA)	n2, n4	NO
Brazo 2 en sentido n5 a n4 (Para tanque de 37,5 kVA)	n5, n2, n3	NO
Brazo 2 en sentido n4 a n5 (Para tanque de 37,5kVA)	n2, n3	NO
Disco en cualquier sentido (Para tanque de 15 kVA)	n9,n10	NO
Disco en cualquier sentido (Para tanque de 25 kVA)	n8,n10	NO
Disco en cualquier sentido (Para tanque de 37,5 kVA)	n8,n9	NO

Como también se comprobó la correcta detección de errores por falla en los sensores, esto se efectuó realizando la activación de sensores que debieron haberse desactivado mientras ocurría el proceso automático de la máquina, indicando la señal de error y parada de la máquina, realizando las pruebas según la tabla N°11 (sección 4.11) de posibles errores en los sensores.

5.1.2. PRUEBA DE MODO DE FUNCIONAMIENTO

Para comprobar el buen funcionamiento del modo manual y automático se procedió a poner en funcionamiento estos modos de operaciones, verificando así que cada uno de los movimientos sea el deseado. Por otra parte, se aseguró que en el momento que el modo automático permanecía activo, los pulsadores para manejar la máquina en modo manual estaban deshabilitados, para evitar así señales contradictorias para la máquina. En cuanto a la inicialización del modo automático se confirmó que es necesario que la máquina haya sido colocada en posición inicial indicando esto con el encendido intermitente de la luz piloto (INICIO) como también en esta misma secuencia de ideas se halla ajustado el tanque a soldar indicando esto con el encendido del pulsador luminoso (señal indicadora de pistón adelante), por lo contrario la máquina no dará inicio al modo automático.

5.1.3. PRUEBA DE SOLDADURA

Esta prueba se realizó mediante ensayos, soldando tanques de transformadores, ajustando las velocidades de los motores como también los parámetros de la máquina de soldar, que son la corriente y la cantidad de material de aporte. Logrando la calidad de soldadura deseada con respecto a la continuidad y grosor de la misma, esto con la ayuda de los soldadores que realizan el proceso actual en la empresa, y la visualización de los tanques ya soldados, consiguiendo una costura de 0,5 cm aproximadamente.

Cabe destacar que las pruebas de soldadura se realizaron solamente para los tanques de transformadores de 15kVA, ya que la empresa solo fabricó la uña de ajuste de este tanque, queda por analizar el comportamiento de la máquina en una producción completa y así verificar que el diseño mecánico sea el más adecuado, para luego proceder a fabricar las otras dos uñas correspondientes a los tanques de 25kVA y 37,5kVA

5.1.4. PRUEBAS DE RAPIDEZ DE PRODUCCIÓN

Esta prueba se basó en tomar el tiempo desde el momento de la colocación del tanque de transformador en la máquina soldadura, hasta la extracción del mismo ya soldado, para ser comparado con el tiempo que tarda actualmente el sistema existente en la empresa.

Dando como resultado un tiempo de soldadura para el tanque de 15kVA en la máquina en proyecto de 3,17 minutos y en el sistema actual de 4,30 minutos aproximadamente (sin problemas de ajuste del tanque), obteniendo así una ganancia de tiempo de soldadura de un 26,28 %, siendo esto satisfactorio para la empresa dado que si tomamos estos tiempos de forma ideal podemos decir que si en un día con el proceso actual se sueldan 88 transformadores, con el sistema automatizado se

soldarán 120 tanques de esta capacidad, viéndose un incremento en la producción bastante elevado.

Por otra parte podemos decir que esta ganancia de tiempo va a ser directamente proporcional a las dimensiones de los tanques, esto quiere decir que mientras el tanque sea más grande y por consiguiente más pesado el tiempo de colocación en el sistema actual será mayor ya que se requiere más esfuerzo de manipulación para el operario dado que es necesario colocar el tanque en dos máquinas diferentes para lograr la soldadura completa del tanque, sin embargo en la máquina automatizada el tiempo de colocación del mismo se mantendrá relativamente estable ya que solo se ajusta una vez.

CONCLUSIONES

Se pudo diagnosticar el procedimiento actual de soldadura de los tanques, logrando constatar que dicho proceso no es del todo eficiente ya que para soldar el tanque en su totalidad es necesario realizar dos procesos en dos máquinas, los cuales son la soldadura transversal y la costura del fondo del tanque, llevando esto más tiempo y esfuerzo al operario en la manipulación del mismo.

Con el desarrollo de este proyecto se logra la simplificación del proceso con la integración de ambas soldaduras en una sola máquina.

En este sentido, se identificaron las variables físicas involucradas en el proceso a automatizar y dispositivos necesarios, como son los brazos (con sus respectivos motores) que sostienen las antorchas de las soldadoras que realizarán la costura del tanque, también el sistema neumático que ajusta el mismo, sensores, microswitches, relés, guardamotores y demás equipos de instrumentación que ayudan a la automatización de la máquina.

Aunado al hecho de que la velocidad no puede llegar a su máximo nivel, fue de carácter obligatorio el uso de un mecanismo que permitiera controlar la velocidad de los motores, por lo que se seleccionó un variador de frecuencia; que permitió ajustar la velocidad de los dispositivos móviles. Logrando la rapidez de inicialización del proceso como también de manera tajante una buena costura transversal y del fondo del tanque, y así tener mayor cantidad de producción.

Además se evaluó tanto operativa como económicamente la implementación de un controlador lógico programable para el control de todo el sistema, seleccionándose el PLC Siemens modelo S7-200, con CPU 226, como unidad de control ya que se consideró que esta marca es una de las más confiables en instrumentos de control industrial, además ofrecen soporte técnico en Venezuela y cumple con lo requerido

para el sistema, como son 24 entradas digitales y 16 salidas digitales.

La programación de este dispositivo permitió controlar los motores que integran la máquina, mediante el uso de Diagramas de Contactos, lo que hizo posible los movimientos secuenciales necesarios para la soldadura de los tanques de transformadores en un solo proceso, usando las señales que emiten los sensores, microswitch, presostato, y demás equipos de instrumentación como ayuda para la correcta coordinación de la programación, Se diseñó e implementó un panel de control donde el operario manejará la máquina según los requerimientos deseados.

Con esto se logra aumentar la producción en un 26,28% con respecto al tiempo actual de soldadura del tanque de 15kVA, simplificando este proceso. Se consigue la mejora del proceso de la fabricación de transformadores, siendo esto un ejemplo para la Corporación Iadiexport, C.A de la factibilidad de mejoras continuas en las líneas sus procesos y líneas de producción. Cabe señalar que la supervisión y control del sistema a través del panel de control genera múltiples ventajas en la detección de fallas, teniendo así mayor control del proceso.

El diseño e implementación del tablero y canalización del sistema, se realizó según normas nacionales descritas en el Código Eléctrico Nacional, lo que permitió una mejor instalación y ubicación de los diferentes dispositivos y así evitar riesgos eléctricos y fallas que llevan al mal funcionamiento del sistema, esto se logró separando la parte de control y potencia mediante su distribución y canalización aislada, por otra parte se usaron elementos de protección eléctricos evitando así daños en los equipos y cables instalados.

Se hizo un estudio para proponer las recomendaciones pertinentes de los parámetros de seguridad del equipo, entre ellas se encuentran: pantalla protectora con cristales absorbentes que protegen los puestos de trabajo cercanos, deben además utilizar pantallas metálicas protectoras que encierren la máquina y ubicarla en lugares

bien ventilados, equipos de protección personal, revisión periódica por parte del personal especializado de la máquina.

El desarrollo, diseño e implementación del sistema de control automático de la máquina de soldadura de tanques de transformadores fue satisfactoria, ya que la misma se encuentra realizando el proceso de soldadura de los tanques de transformadores en forma transversal y del fondo de manera automática.

RECOMENDACIONES

Tomando en cuenta que al momento de iniciar el proyecto de automatización el diseño mecánico de la máquina prototipo se encontraba realizado y ejecutado, se proponen las siguientes mejoras al diseño final:

Cambiar el pistón que ajusta los tanques por uno más largo (60cm) para evitar mover el eje derecho y así minimizar modificaciones a la máquina realizadas por el operario cada vez que se vaya a cambiar el tipo de tanque a soldar.

Colocar el elemento de tres uñas de forma retráctil y automático mediante el uso de un sistema neumático y así evitar el cambio de ésta, cada vez que se vaya a cambiar la línea de producción.

Mejorar el engranaje por donde se mueven los brazos 1 y 2 ya que éste no está diseñado para movimientos de precisión dado que sus dientes son muy grandes ocasionando algunas perturbaciones en el movimiento a bajas velocidades y así mejorar la calidad de soldadura transversal.

Acoplar a la máquina un sistema de prueba de vacío para corroborar al culminar la soldadura del tanque que éste no tenga ninguna fuga por mala soldadura y así agregar a este sistema las variables calidad y rapidez.

Incorporar al sistema otro variador de frecuencia para controlar independientemente los motores M1 y M2, y así lograr el tiempo de ciclo de soldadura, dado que se podría mover simultáneamente dicho motores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Corporación Iadiexport C.A. [en línea]. <http://www.iadiexport.com/>. [Consulta 08/2008].

[2] Helguera M., Alfonso J. *Automatización de una máquina de producción de envases electrosoldados*. (Tesis). Caracas: Universidad Central de Venezuela, 1999. p.2-12 y 24-30.

[3]Rangel B., Rigel N. *Automatización de esterilizadores para productos alimenticios enlatados*. (Tesis). Caracas: Universidad Central de Venezuela, 2008. p.3-4; 28-31 y 45-48.

[4] Misle S., Juan G. *Modernización del sistema de control de un generador de vapor (caldera) en la empresa agroindustrias Lesmi utilizando un controlador industrial*. (Tesis). Caracas: Universidad Central de Venezuela, 2005. p. 57-63.

[5] Cárdenas L., Dave B. *Instalación y mantenimiento de sistemas de automatización utilizando controladores de motores*. (Tesis). Caracas: Universidad Simón Bolívar, 2007. p. 5-16.

[6] Díaz E., Domingo A. *Automatización de etiquetadora de botellas Kronas bajo PLC Siemens*. (Tesis). Caracas: Universidad Simón Bolívar, 2006. p. 2-7 y 30-37.

[7] Bermúdez S., Juan D. *Automatización de máquina troqueladora de liner*. (Tesis).--Caracas: Universidad Simón Bolívar, 2004. p. 24-28; 33-38; 42-49 y 60-61.

[8] Pérez R., Lisbeth C. *Modelos de automatización*. (Tesis). Mérida: Universidad de los Andes, 2006, p. 1-2.

- [9] Delgado M., Enrique. Instrumentación y Automatización Venezolana, Intrave C.A. *Introducción a los PLC's Controladores Lógicos Programables*. 2005. p. 3-11 y 46-72.
- [10] Hugo, Jack. *Automating Manufacturing Systems with PLCs*; (Libro). Canada: Quinta Edición, 2007. p. 20-88 y 596-612.
- [11] Ventajas y Desventajas de los PLCs. [en línea] <http://www.ingeniaste.com/ingenias/telcom/ventajas-desventajas-plc-html>. [Consulta: 2008].
- [12] Variador de frecuencia. [en línea]. http://es.wikipedia.org/wiki/variador_de_frecuencia. [Consulta: 2008].
- [13] ¿Que son los contactores de corriente?. [en línea]. http://www.quiminet.com.mx/arg/ar_%2524%25b3%25A9%258B%2521%25DB%25E.2htm. [Consulta: 2008].
- [14] Martínez D., Fernando. *Tecnología Eléctrica.*, (Libro).--Madrid: España: Ed. Paraninfo, 2003. p. 206-230.
- [15] Martínez D., Fernando. *Instalaciones Eléctricas de Alumbrados e Industrial.*, (Libro).--Madrid: España: Ed. Paraninfo, 2003. p. 56-67.
- [16] Guardamotor. [en línea]. http://www.bticino.com.ve/bticino/box_VE/contents/Techlibrary/es_VE/files/C-5_Techlibrary/_226_document_EN.pdf. [Consulta: 2008].
- [17] Manual de referencia: Versión (4.0). Sistema de automatización S7-200.para STEP 7-Micro/WIN. / España, 2005. 540 p.
- [18] Soldadura Electrica1. [en línea]. <http://www.ugr.unsl.edu.ar>. [Consulta: 2008].

[19] Producciones. [en línea]. [http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp? Id Entrega=143](http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?IdEntrega=143). [Consulta: 2009].

BIBLIOGRAFIAS

- Berger, Hans. Automatización con S5-115U. Berlín: Editorial Siemens S.A,1987.
- CEN (200:2004). Código Eléctrico Nacional.__Caracas: Comité de Electricidad. 956 p.
- Delgado M, Enrique. Instrumentación y Automatización Venezolana, Intrave C.A. Control de procesos, Caracas: 2005.
- Enríquez H, Gilberto. Manual de Instalaciones Eléctricas residenciales e industriales. México: Editorial Limusa S.A, 2007.
- Manual de referencia: Versión (4.0). Instruction Manual (Basic) MITSUBISHI FR-S500, Tokio, 2004.__76 p.
- Manual de referencia: Versión (4.0). Manuales y Documentación del funcionamiento y programación de PLC S7-200. N° Pedido 6ES7216. Siemens, España, 2006.__540 p.
- Simón, Andrés. Automatas Programables, Madrid: Editorial Paraninfo S.A, 1991.

GLOSARIO

Acoplar: Unir entre si dos piezas de modo que ajusten exactamente.

Ampér: Nombre del amperio en la nomenclatura internacional. Se mide con un amperímetro, se conecta en serie y su símbolo es (A).

Avería: Daño que por cualquier causa se pueda dar en el proceso de la automatización. Fallas debido a desajustes eléctricos o mecánicos.

Breaker: Dispositivos con unidades magnéticas ajustables en la parte frontal del frame, no tienen unidad térmica, no son termomagnéticos. La aplicación principal es en circuitos de motores donde la protección magnética es proporcionada por estos breakers y la térmica por el relé de sobrecarga del arrancador esto mejora notoriamente la coordinación selectiva y adecuada de un motor muchas personas usan erróneamente breakers termo magnéticos en aplicación de protección de motores. Cada breaker tiene un selector donde se provee un ajuste fino del disparo magnético.

Circuito eléctrico: Se define con el conjunto de elementos (fuente de poder, conductores, protección, receptor, elemento de comando, etc.) conectados entre si por el cual puede circular una corriente eléctrica.

Código eléctrico: Cuerpo de leyes dispuestas según un plan metódico y sistemático que rigen el manual del Código Eléctrico Nacional.

Conductores: Son los elementos capaces de transportar la corriente eléctrica desde la fuente de poder hasta el receptor. Un buen conductor posee baja resistencia. A mayor diámetro menos resistencia y viceversa.

Contactador: Es un aparato mecánico de conexión y desconexión eléctrica, accionado por cualquier forma de energía, menos manual, capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito, incluso las de sobrecarga.

Controlador: Es aquel dispositivo que se utiliza para revisar, comprobar, intervenir, examinar, dirigir y dominar cualquier proceso.

Corriente eléctrica: Flujo de electrones que pasan o atraviesan un circuito a través de un conductor.

Dispositivo: Mecanismo dispuesto para obtener un resultado automático.

El receptor: Elemento que consume la corriente y la transforma (calor, movimiento, etc.)

Elemento de comando: Es el encargado de abrir o cerrar el circuito.

Elementos de protección: Son los elementos encargados de limitar la corriente eléctrica, protegiendo la instalación eléctrica o circuito.

Fuente eléctrica: Es el elemento que proporciona la corriente.

Guarda motor: Son los dispositivos adecuados para el arranque de motores, ofreciendo protección contra sobrecargas y cortos circuitos, por lo que no requiere de fusibles o interruptores adicionales.

Intensidad de corriente: Flujo de electrones que pasan por un conductor en un segundo.

Los aislantes: Son elementos que ofrecen gran resistencia al paso de la corriente.

Luces piloto: son juegos de luces que se encuentran en el tablero para indicar los estados del proceso, encendido o apagado de la máquina, estado de emergencia, algún error, etc.

Magnético: Campo de fuerza creado por un imán.

PLC: Controlador Lógico Programable

Sensor: Es el instrumento que produce una señal, usualmente eléctrica.

Soldadura: Es una operación que permite la unión de dos piezas.

Soldar: Es la zona de unión donde hubo solubilización.

Switch: Llamado conmutador, es un dispositivo de la subred que realiza una labor principal similar a la de un enrutador, su trabajo consiste en crear circuitos virtuales o enlazar circuitos permanentes para transmitir un flujo de información más o menos constante.

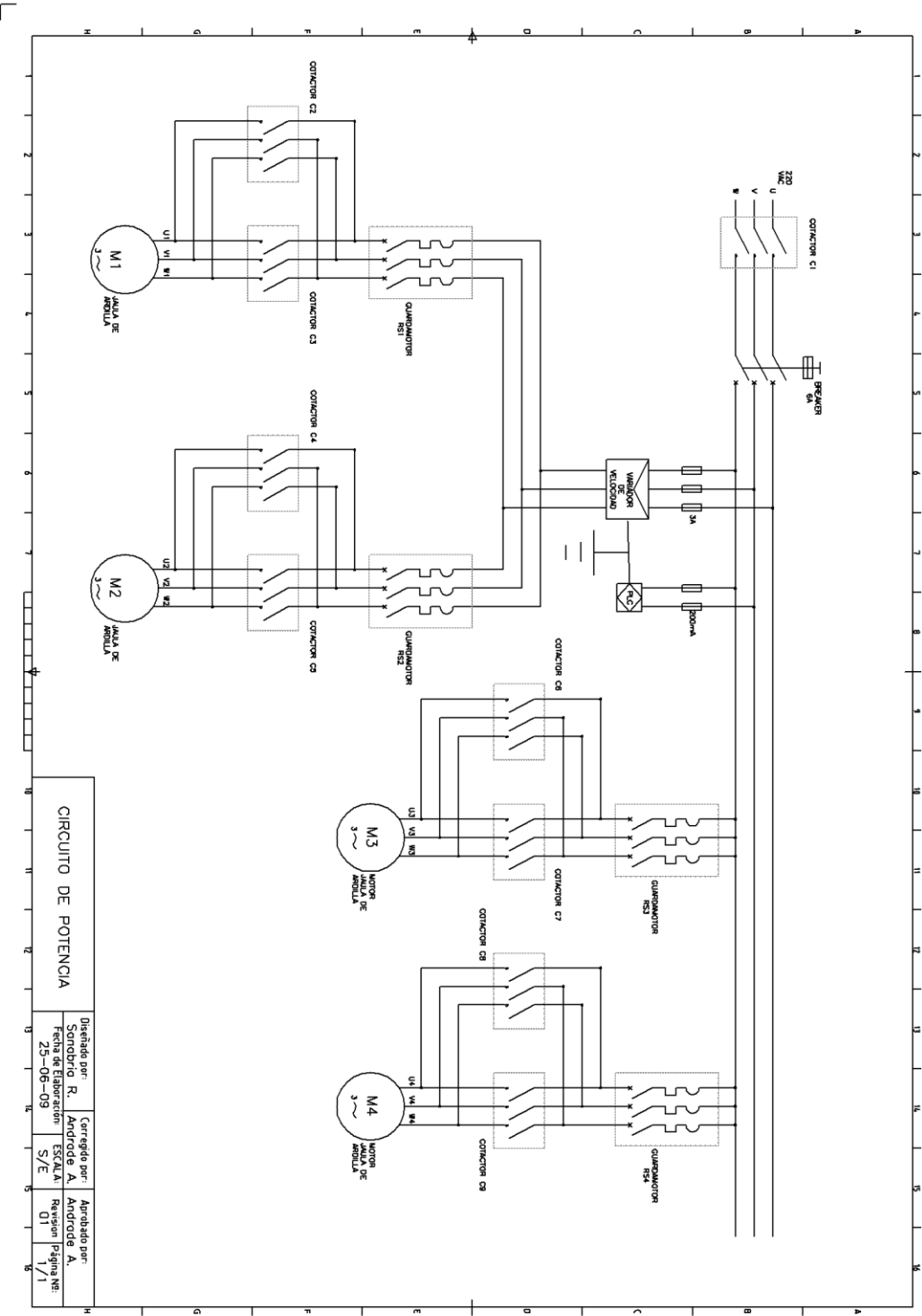
Transformador: Aparato eléctrico para convertir la corriente de alta tensión y débil intensidad en otra de baja tensión y gran intensidad o viceversa.

Voltaje: Tensión eléctrica, diferencia de potencial, expresada en voltios.

ANEXOS

ANEXO N°2

CIRCUITO DE POTENCIA DEL TABLERO N°1

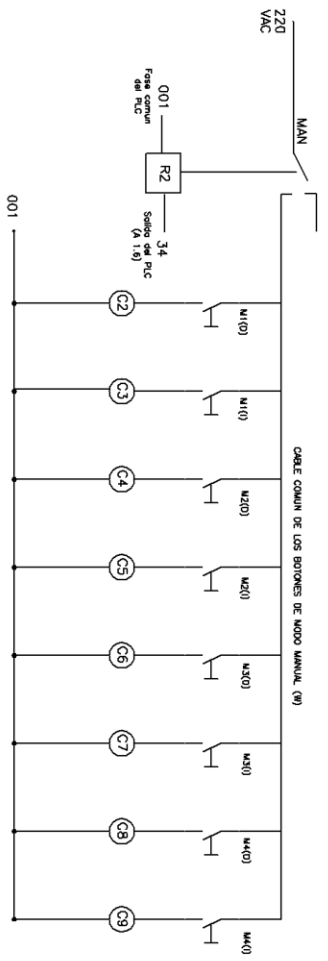


CIRCUITO DE POTENCIA

Diseñado por:	Sorobiro R.	Cargado por:	Androde A.	Aprobado por:	Androde A.
Fecha de Elaboración:	25-06-09	ESCALA:	S/E	Revisión:	01
				Página N°:	1/1

ANEXO N°3

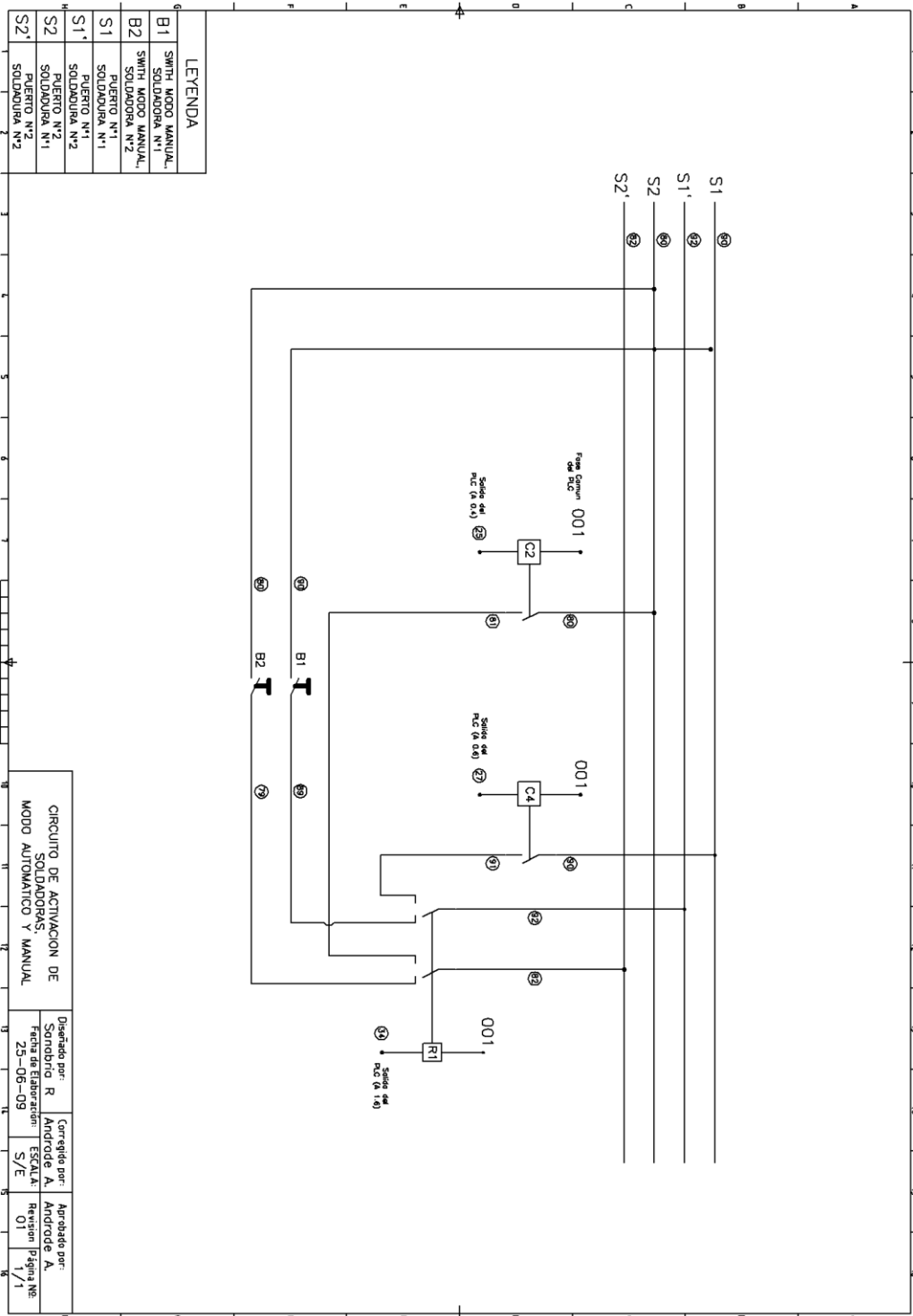
**CIRCUITO DE DESACTIVACION DE BOTONERA MANUAL DE LOS
MOTORES**



CIRCUITO DE DESACTIVACION DE BOTONERA MANUAL			
Diseñado por:	R	Corregido por:	A
Sonbría:	Androde	ESCALA:	Revisión
Fecha de Elaboración:	25-06-09	S/E	01
Aprobado por:		A	
Página No:		1/1	

ANEXO N°4

**CIRCUITO DE ACTIVACION DE SOLDADURAS, MODO AUTOMATICO Y
MANUAL**

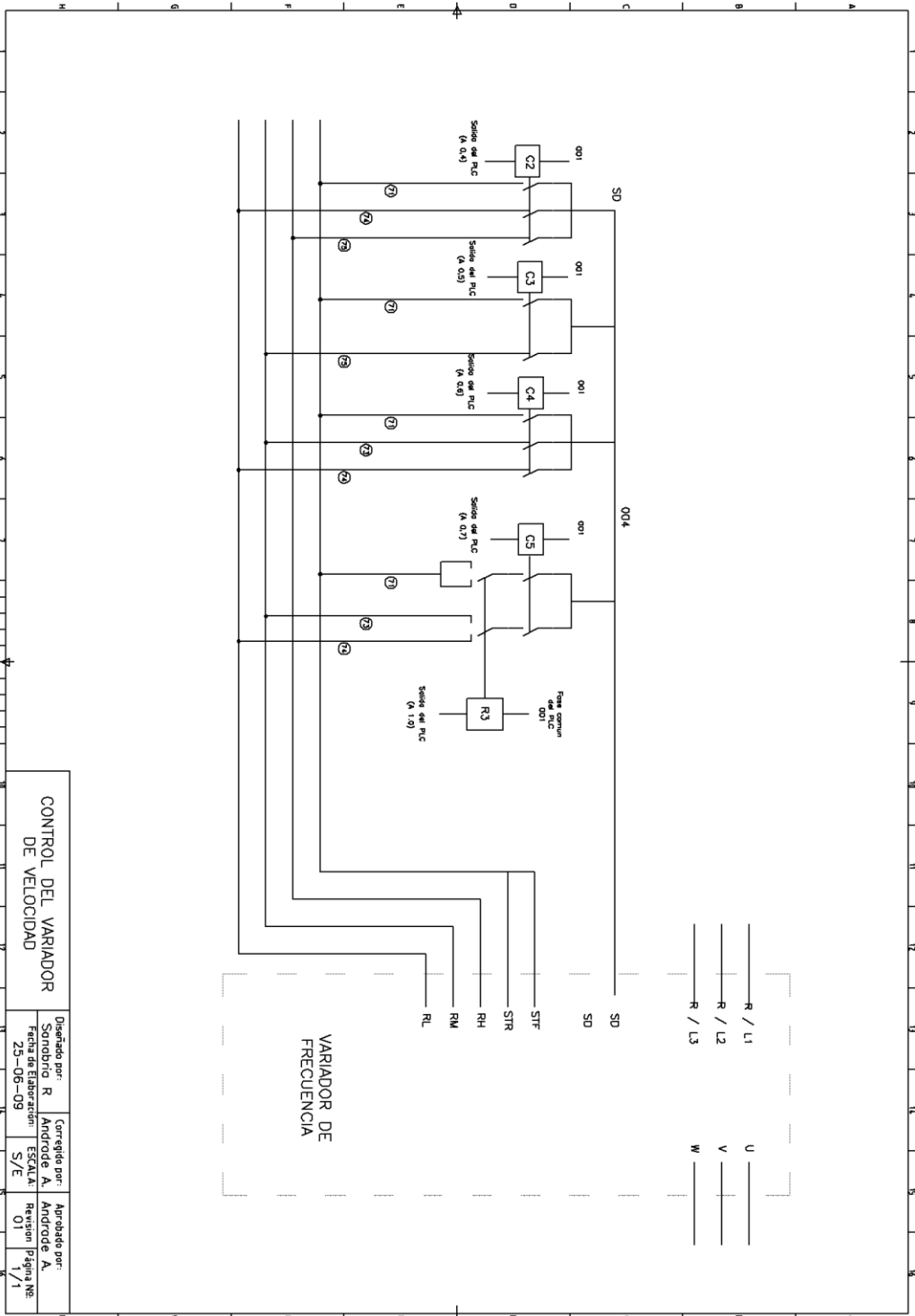


LEYENDA	
B1	SWITCH MANUAL SOLDADORA N°1
B2	SWITCH MANUAL SOLDADORA N°2
S1	PUERTO N°1 SOLDADORA N°1
S1'	PUERTO N°1 SOLDADORA N°2
S2	PUERTO N°2 SOLDADORA N°1
S2'	PUERTO N°2 SOLDADORA N°2

CIRCUITO DE ACTIVACION DE SOLDADORAS, MODO AUTOMATICO Y MANUAL		Diseñado por: Sonobria R	Corregido por: Andrade A	Aprobado por: Andrade A
		Fecha de Elaboración: 25-06-09	ESCALA: S/E	Revision: 01
				Página No: 1/1

ANEXO N°5

CIRCUITO DE POTENCIA DEL VARIADOR DE VELOCIDAD

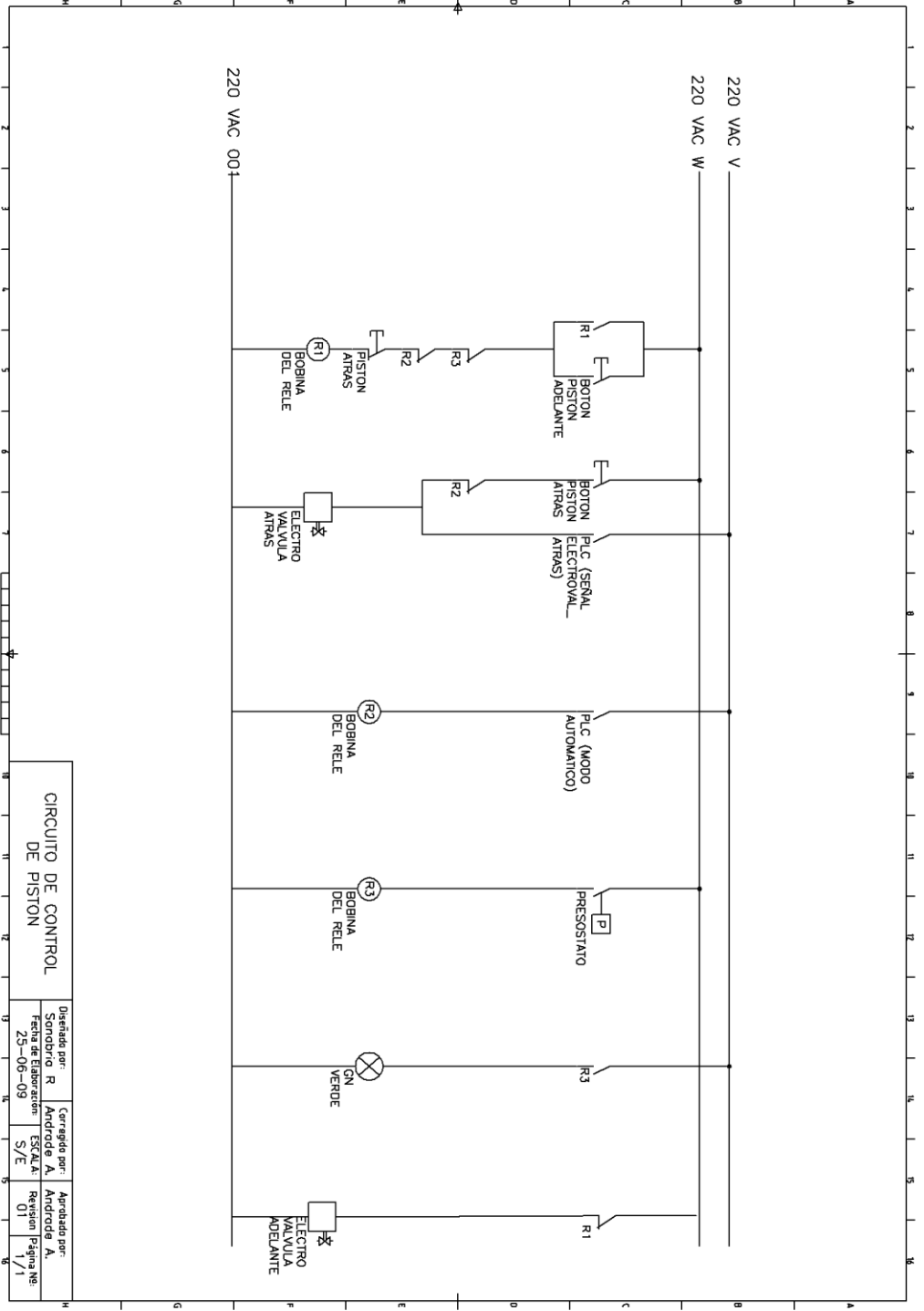


CONTROL DEL VARIADOR DE VELOCIDAD

Diseñado por:	Corregido por:	Aprobado por:
Sonobria R	Androde A	Androde A
Fecha de Elaboración:	ESCALA:	Revision:
25-06-09	S/E	01
		Página No:
		1/1

ANEXO N°6

CIRCUITO DE CONTROL DE PISTON



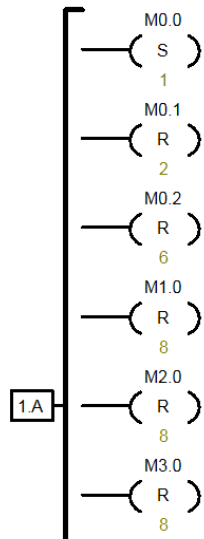
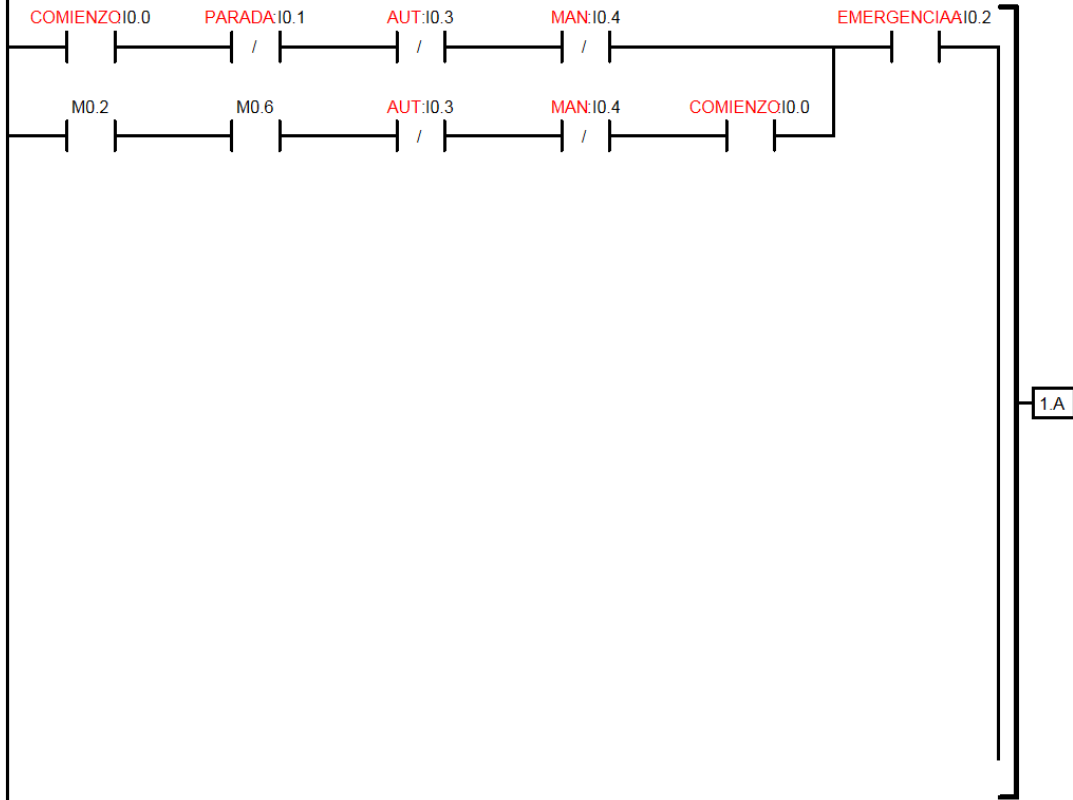
CIRCUITO DE CONTROL DE PISTON

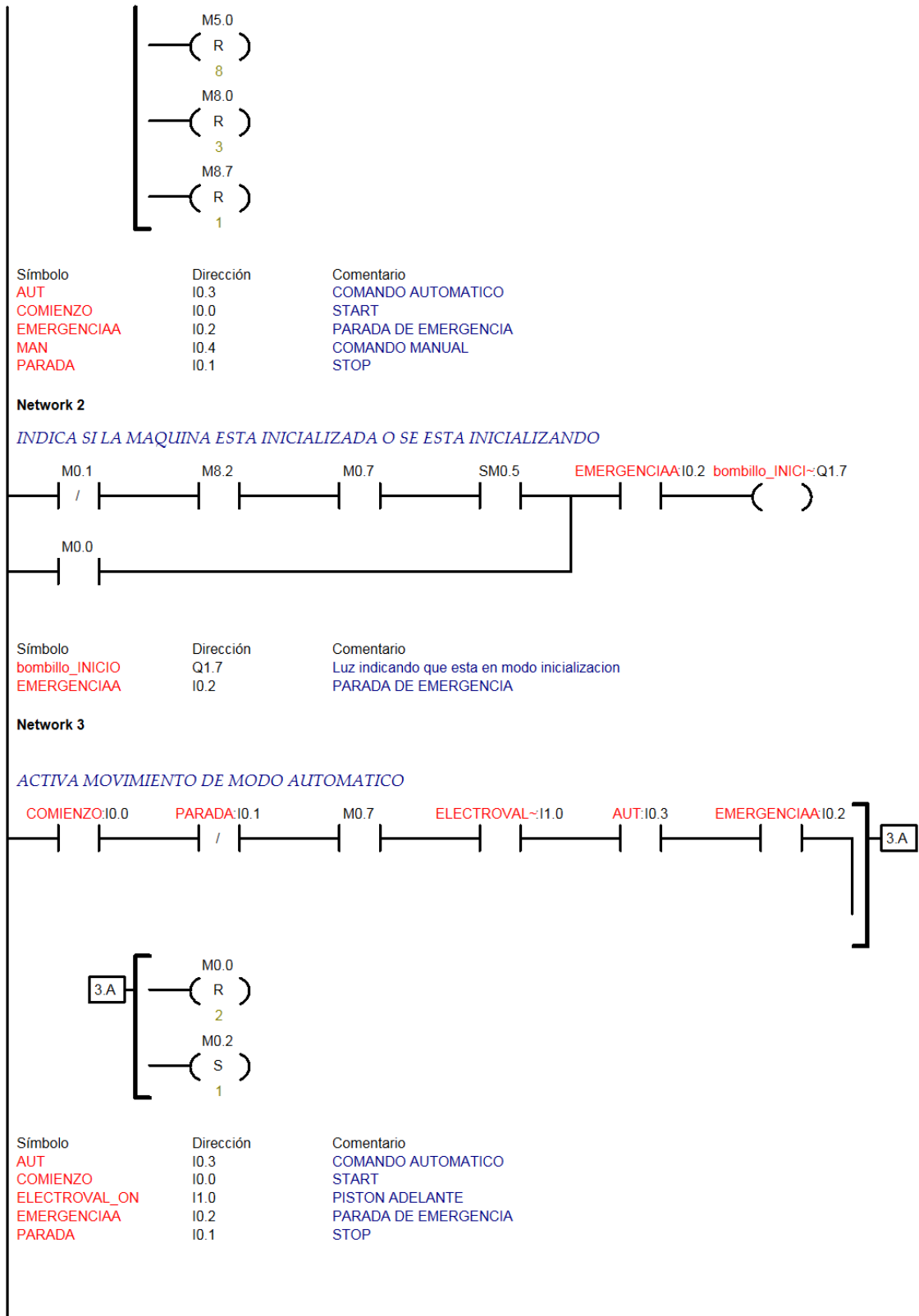
Diseñado por: Sonoberto R.	Corregido por: Andrade A.	Aprobado por: Andrade A.
Fecha de Elaboración: 25-06-09	Escala: S/E	Revisión: 01
		Página No: 1/1

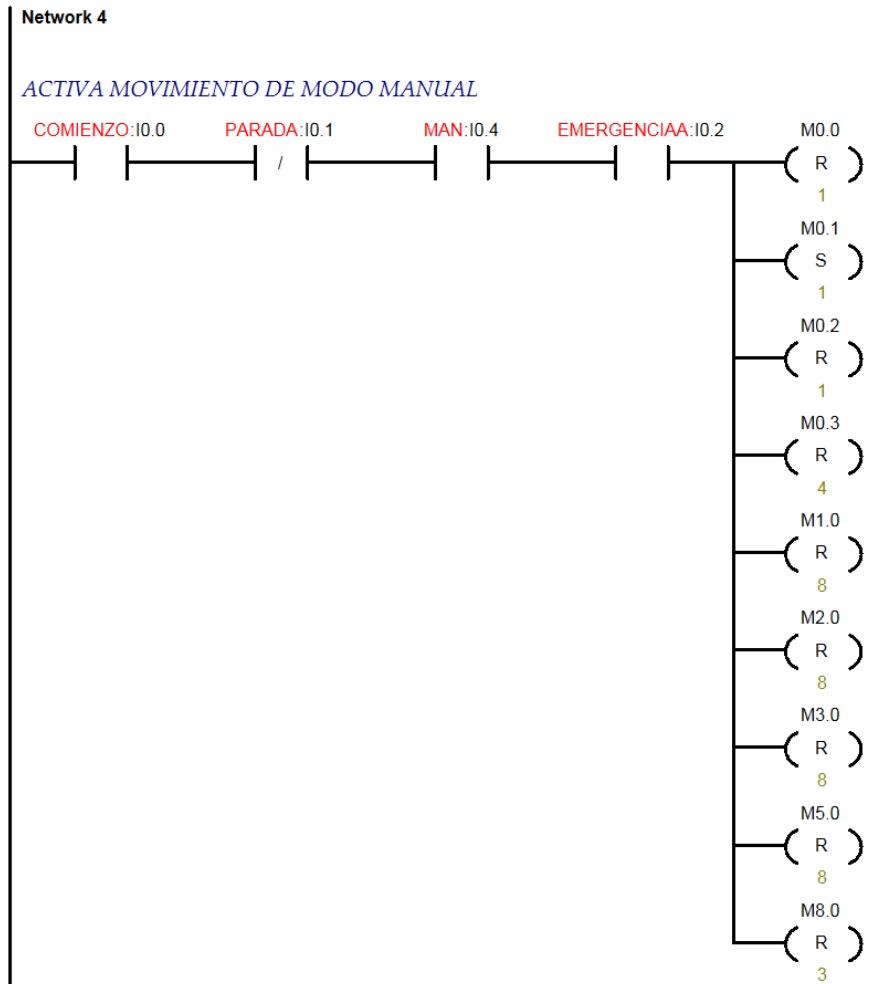
PROGRAMA SOLDADORA DE TANQUES

Network 1

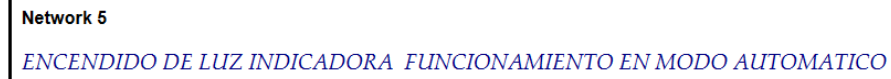
ACTIVA MOVIMIENTO DE INICIALIZACION







Símbolo	Dirección	Comentario
COMIENZO	I0.0	START
EMERGENCIAA	I0.2	PARADA DE EMERGENCIA
MAN	I0.4	COMANDO MANUAL
PARADA	I0.1	STOP



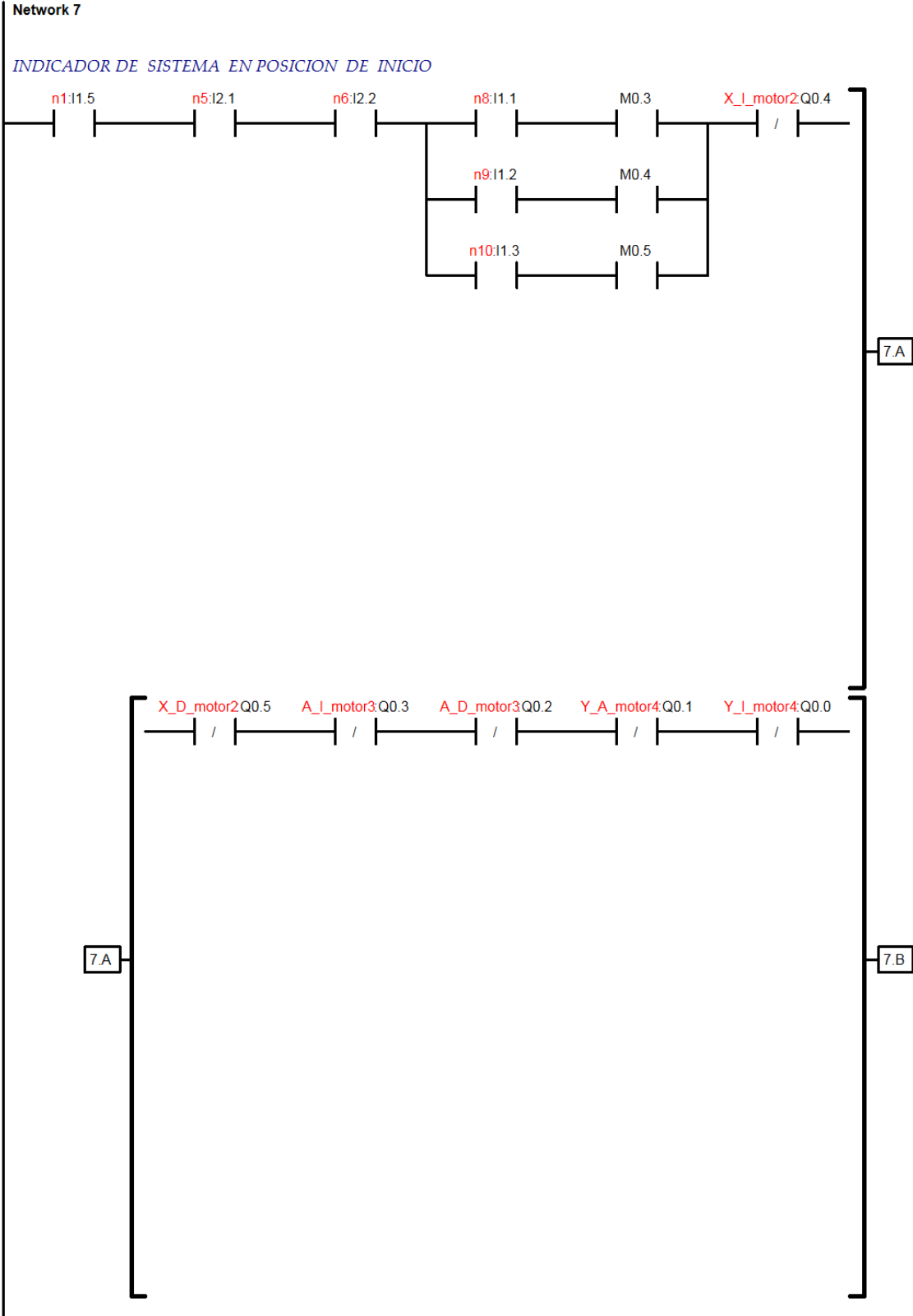
Símbolo	Dirección	Comentario
bombillo_AUT	Q1.5	Luz indicando que esta en modo automatico
EMERGENCIAA	I0.2	PARADA DE EMERGENCIA

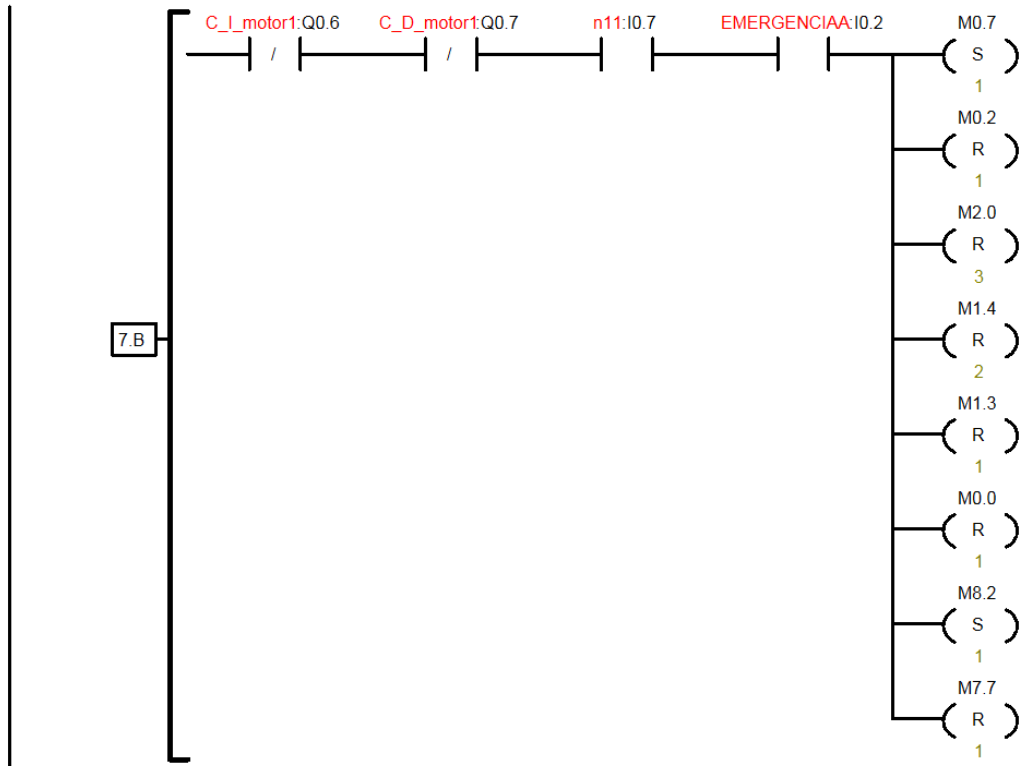
Network 6

ENCENDIDO DE LUZ INDICADORA FUNCIONAMIENTO EN MODO MANUAL



Símbolo	Dirección	Comentario
bombillo_MAN	Q1.6	Luz indicando que esta en modo manual
EMERGENCIAA	I0.2	PARADA DE EMERGENCIA

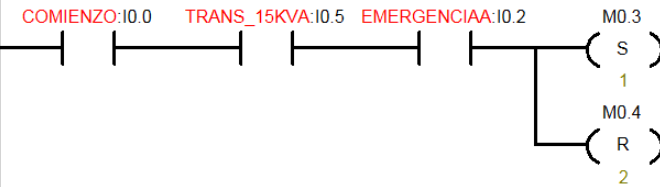




Símbolo	Dirección	Comentario
A_D_motor3	Q0.2	
A_I_motor3	Q0.3	
C_D_motor1	Q0.7	
C_I_motor1	Q0.6	
EMERGENCIAA	I0.2	PARADA DE EMERGENCIA
n1	I1.5	FINAL DE CARRERA 1
n10	I1.3	SENSOR 10
n11	I0.7	PISTON ATRAS
n5	I2.1	FINAL DE CARRERA 5
n6	I2.2	SENSOR EN EJE (Y)
n8	I1.1	SENSOR LEVA
n9	I1.2	SENSOR 9
X_D_motor2	Q0.5	
X_I_motor2	Q0.4	
Y_A_motor4	Q0.1	
Y_I_motor4	Q0.0	

Network 8 SELECCION DE SOLDAR TRNSFORMADOR DE 15KVA

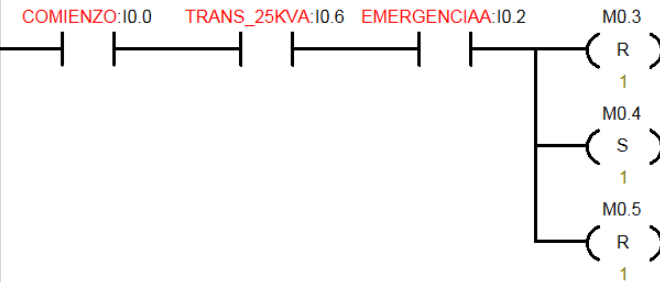
SELECCION DEL TRANSFORMADOR DE 15KVA



Símbolo	Dirección	Comentario
COMIENZO	I0.0	START
EMERGENCIAA	I0.2	PARADA DE EMERGENCIA
TRANS_15KVA	I0.5	SELECCION PARA SOLDAR TRANS DE 15KVA

Network 9 ELECCION DE SOLDAR TRNSFORMADOR DE 25KVA

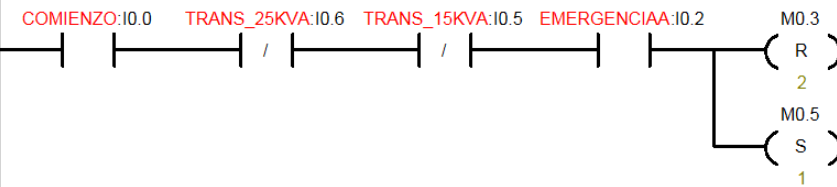
SELECCION DEL TRANSFORMADOR DE 25KVA



Símbolo	Dirección	Comentario
COMIENZO	I0.0	START
EMERGENCIAA	I0.2	PARADA DE EMERGENCIA
TRANS_25KVA	I0.6	SELECCION PARA SOLDAR TRANS DE 25KVA

Network 10 ELECCION DE SOLDAR TRNSFORMADOR DE 37,5 KVA

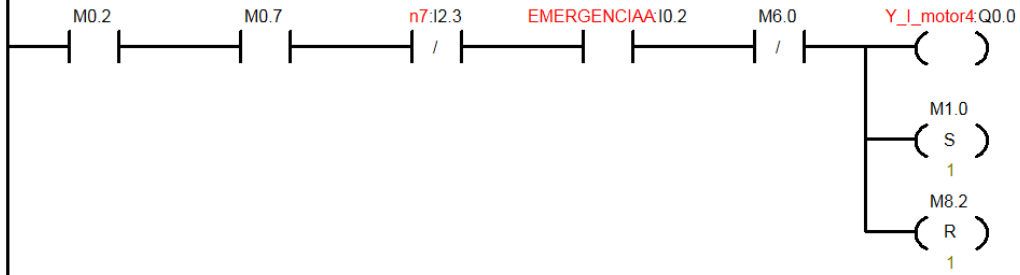
SELECCION DEL TRANSFORMADOR DE 37,5KVA



Símbolo	Dirección	Comentario
COMIENZO	I0.0	START
EMERGENCIAA	I0.2	PARADA DE EMERGENCIA
TRANS_15KVA	I0.5	SELECCION PARA SOLDAR TRANS DE 15KVA
TRANS_25KVA	I0.6	SELECCION PARA SOLDAR TRANS DE 25KVA

Network 11

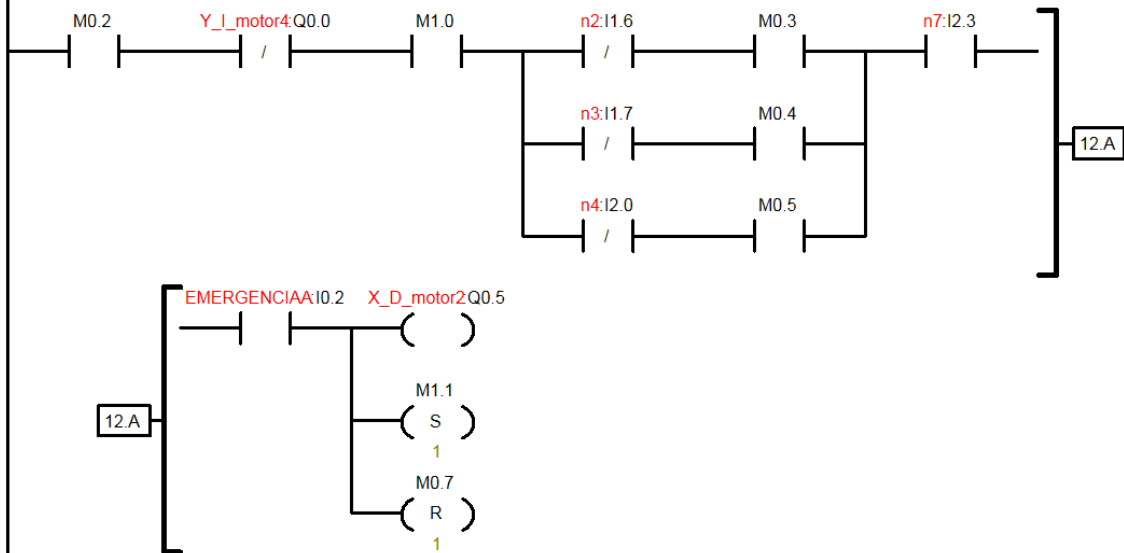
MOVIMIENTO DE BRAZO AL TANQUE EL EJE (Y)



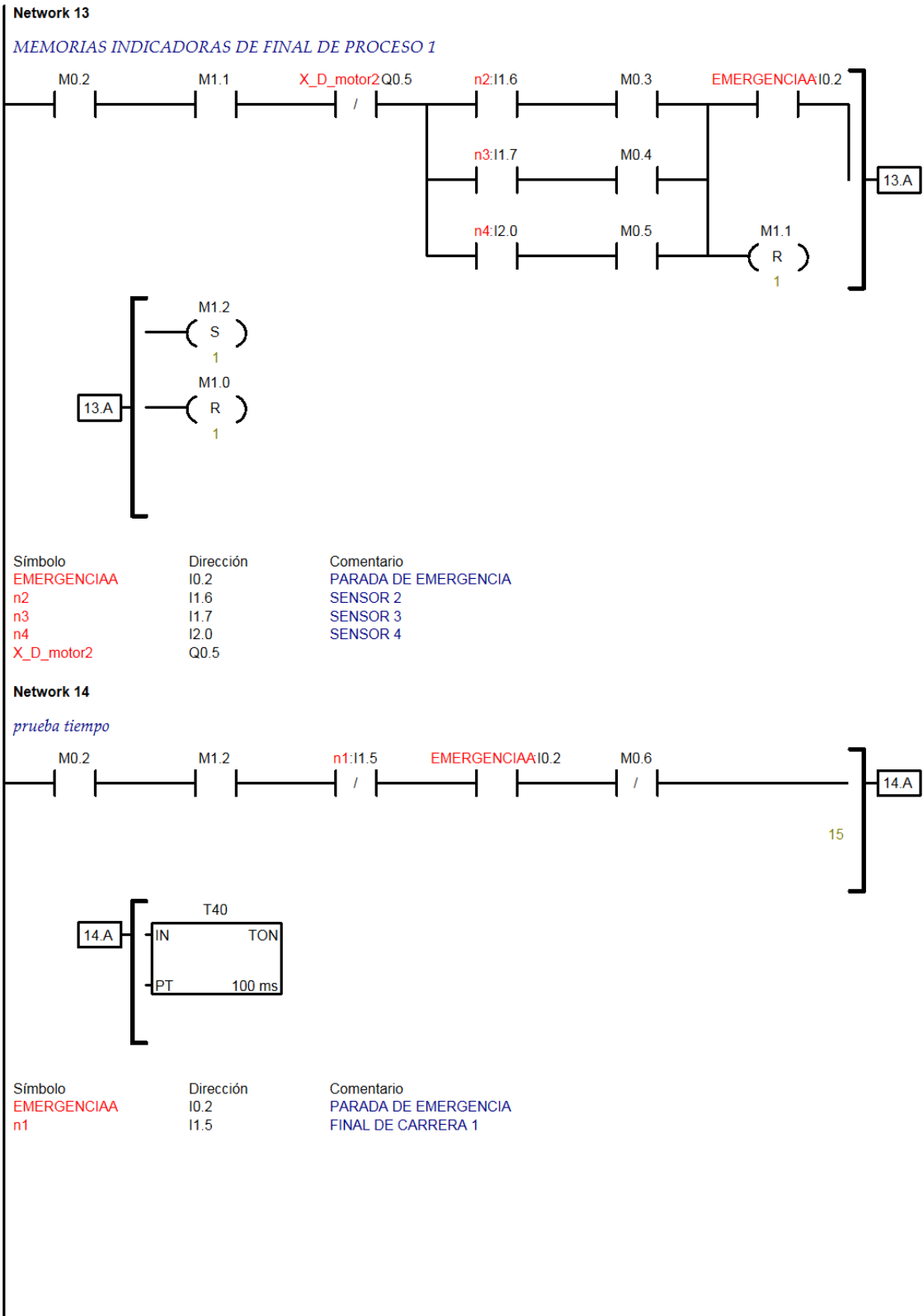
Símbolo	Dirección	Comentario
EMERGENCIAA	I0.2	PARADA DE EMERGENCIA
n7	I2.3	SENSOR 7
Y_I_motor4	Q0.0	

Network 12

MOVIMIENTO DE BRAZO SOLDANDO DE IZQ-DER

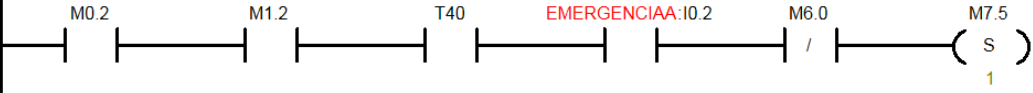


Símbolo	Dirección	Comentario
EMERGENCIAA	I0.2	PARADA DE EMERGENCIA
n2	I1.6	SENSOR 2
n3	I1.7	SENSOR 3
n4	I2.0	SENSOR 4
n7	I2.3	SENSOR 7
X_D_motor2	Q0.5	
Y_I_motor4	Q0.0	



Network 15

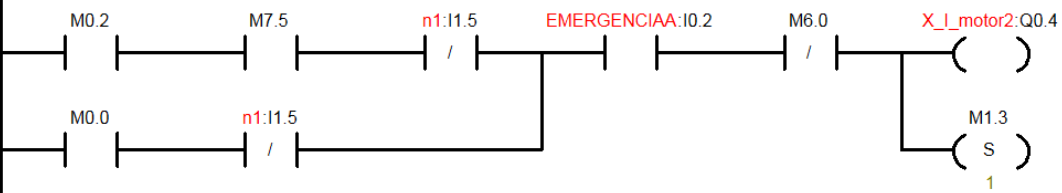
prueba tiempo



Símbolo	Dirección	Comentario
EMERGENCIAA	I0.2	PARADA DE EMERGENCIA

Network 16

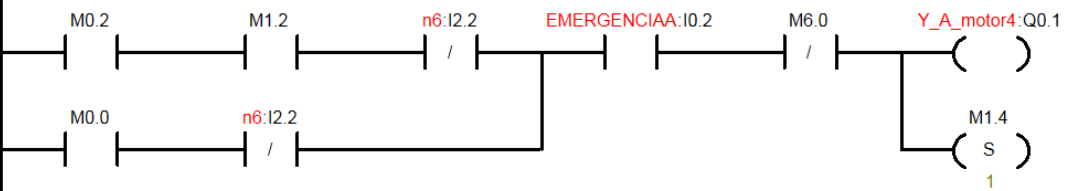
MOVIMIENTO DE (RETORNO) DE BRAZO DER-IZQ



Símbolo	Dirección	Comentario
EMERGENCIAA	I0.2	PARADA DE EMERGENCIA
n1	I1.5	FINAL DE CARRERA 1
X_I_motor2	Q0.4	

Network 17

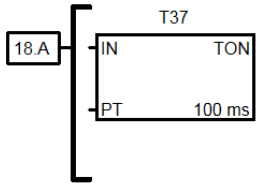
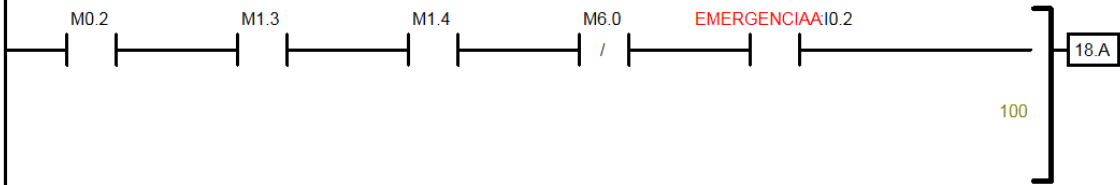
MOVIMIENTO DE (RETORNO) DE BRAZO EN EJE (Y)



Símbolo	Dirección	Comentario
EMERGENCIAA	I0.2	PARADA DE EMERGENCIA
n6	I2.2	SENSOR EN EJE (Y)
Y_A_motor4	Q0.1	

Network 18

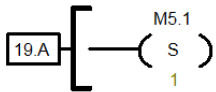
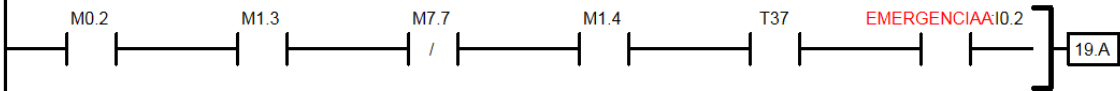
TIEMPO NECESARIO PARA QUE EMPIECE A MOVERSE EL CONJUNTO(A) EN EL EJE (X) PARA NO CHOCAR



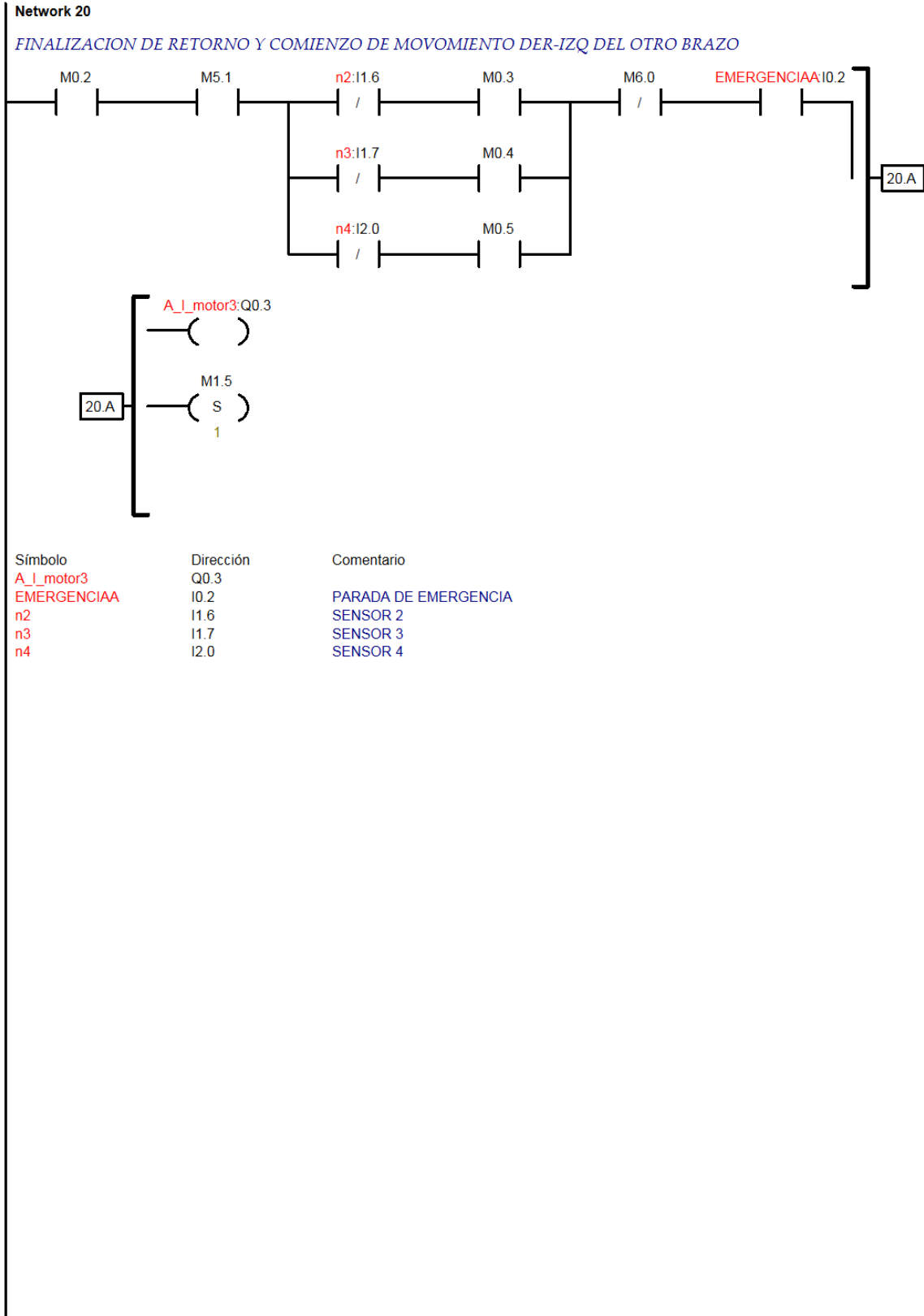
Símbolo	Dirección	Comentario
EMERGENCIAA	I0.2	PARADA DE EMERGENCIA

Network 19

MEMORIA INDICADORA QUE YA EL CONJUNTO(A) SE PUEDE EMPEZAR A MOVER

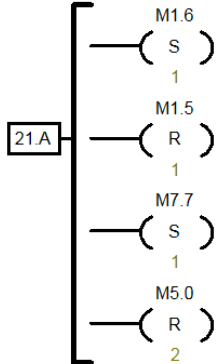
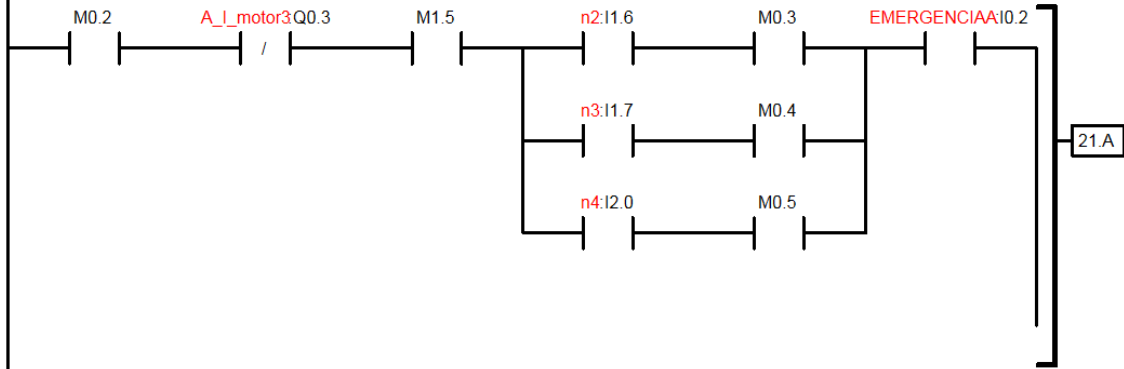


Símbolo	Dirección	Comentario
EMERGENCIAA	I0.2	PARADA DE EMERGENCIA



Network 21

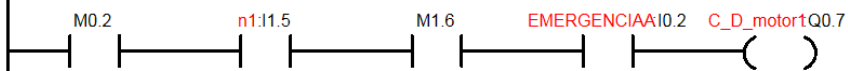
MEMORIA INDICADORA DE FIN DE MOVIMIENTO DEL BRAZO EN SENTIDO DER - IZQ



Símbolo	Dirección	Comentario
A_I_motor3	Q0.3	
EMERGENCIAA	I0.2	PARADA DE EMERGENCIA
n2	I1.6	SENSOR 2
n3	I1.7	SENSOR 3
n4	I2.0	SENSOR 4

Network 22

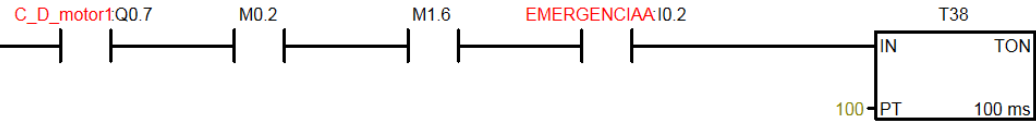
MOVIMIENTO DE DISCO SOLDANDO EL FONDO DEL TANQUE



Símbolo	Dirección	Comentario
C_D_motor1	Q0.7	
EMERGENCIAA	I0.2	PARADA DE EMERGENCIA
n1	I1.5	FINAL DE CARRERA 1

Network 23

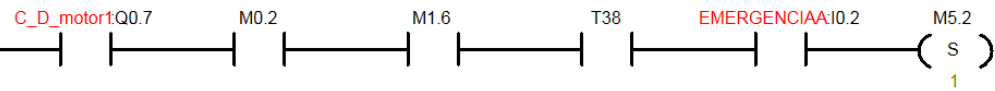
TIEMPO PARA SACAR DE ACTIVIDAD EL SENSOR n8 PARA REALIZAR LUEGO LA SOBRECOSTURA



Símbolo	Dirección	Comentario
C_D_motor1	Q0.7	
EMERGENCIAA	I0.2	PARADA DE EMERGENCIA

Network 24

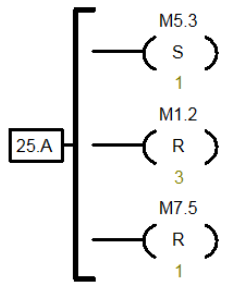
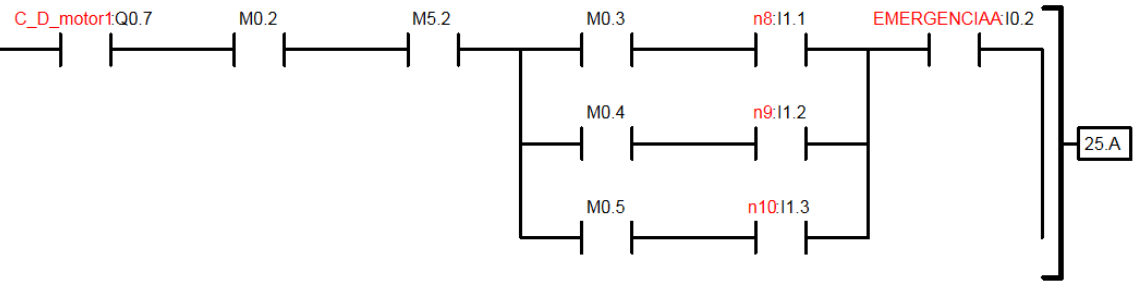
MEMORIA INDICADORA QUE YA EL SENSOR ESTA DESACTIVADO



Símbolo	Dirección	Comentario
C_D_motor1	Q0.7	
EMERGENCIAA	I0.2	PARADA DE EMERGENCIA

Network 25

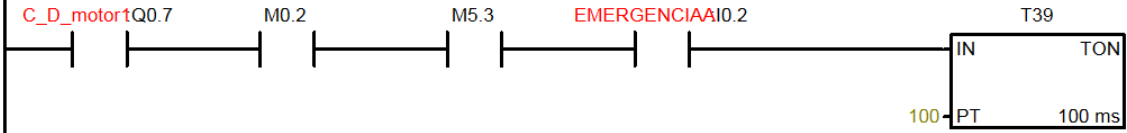
MEMORIA INDICADORA QUE YA DIO UNA VUELTA COMPLETA PASANDO POR EL SENSOR... n8



Símbolo	Dirección	Comentario
C_D_motor1	Q0.7	
EMERGENCIAA	I0.2	PARADA DE EMERGENCIA
n10	I1.3	SENSOR 10
n8	I1.1	SENSOR LEVA
n9	I1.2	SENSOR 9

Network 26

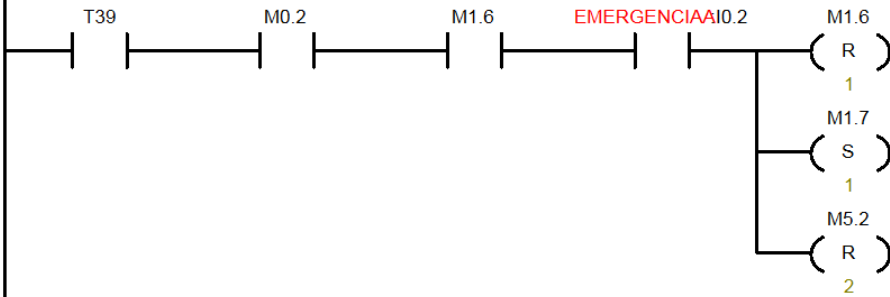
AL DAR LA VUELTA COMPLETA SE ACTIVA UN TEMPORIZADOR PARA LA SOBRE COSTURA



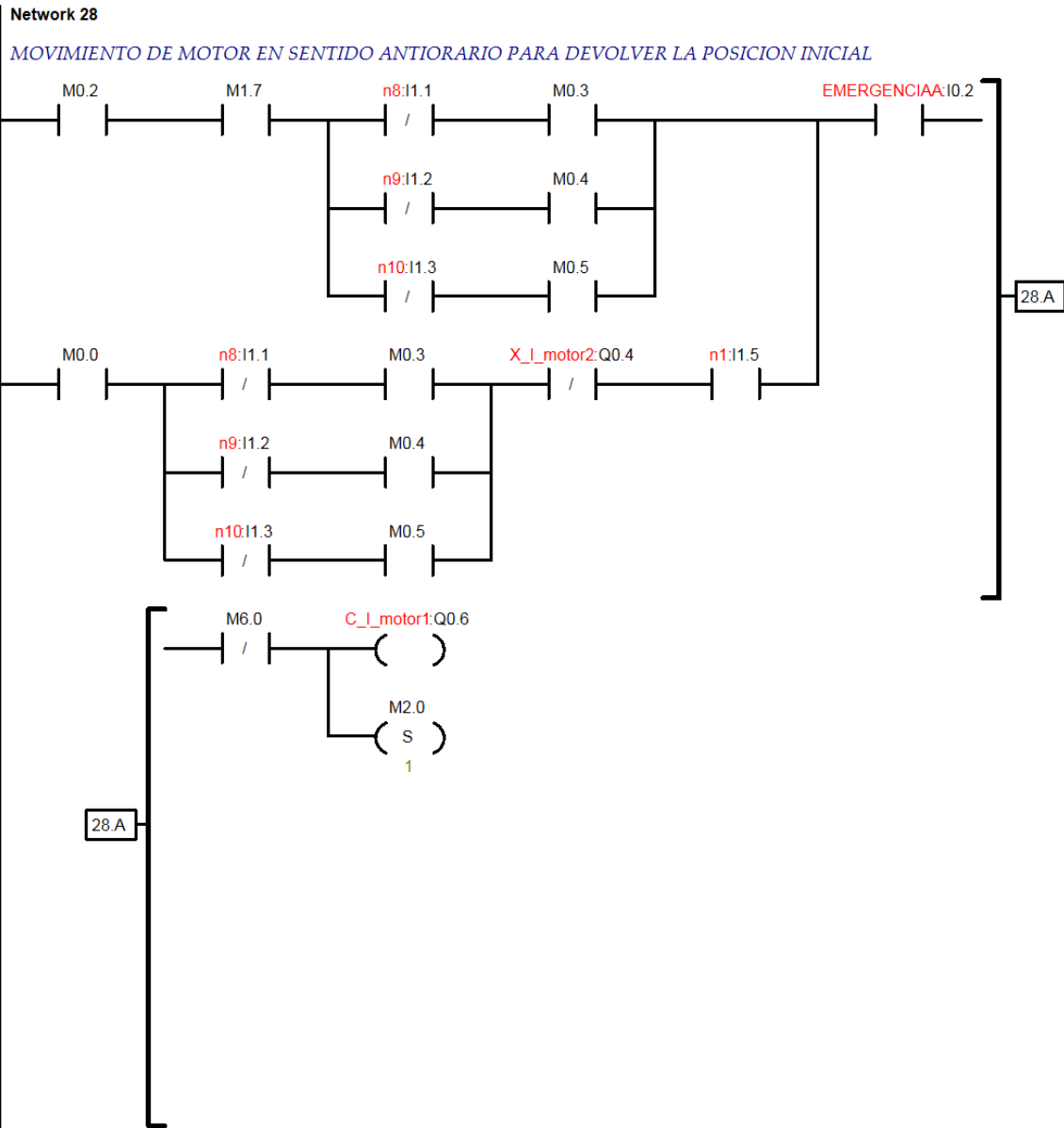
Símbolo	Dirección	Comentario
C_D_motor1	Q0.7	
EMERGENCIAA	I0.2	PARADA DE EMERGENCIA

Network 27

AL FINATIZAR LA SOBRECOSTURA SE APAGA EL MOTOR Y LA SODADORA



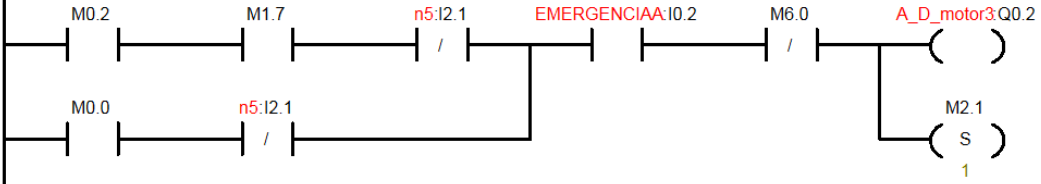
Símbolo	Dirección	Comentario
EMERGENCIAA	I0.2	PARADA DE EMERGENCIA



Símbolo	Dirección	Comentario
C_I_motor1	Q0.6	
EMERGENCIAA	I0.2	PARADA DE EMERGENCIA
n1	I1.5	FINAL DE CARRERA 1
n10	I1.3	SENSOR 10
n8	I1.1	SENSOR LEVA
n9	I1.2	SENSOR 9
X_I_motor2	Q0.4	

Network 29

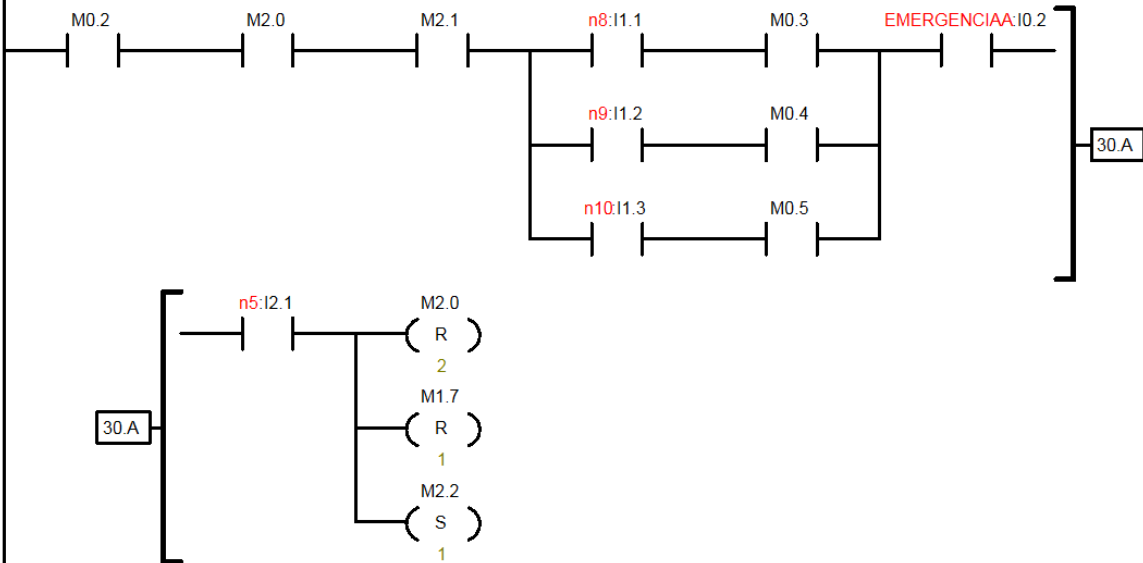
MOVIMIENTO DE RETORNO DEL SEGUNDO BRAZO A LA POSICION INICIAL IZQ-DER



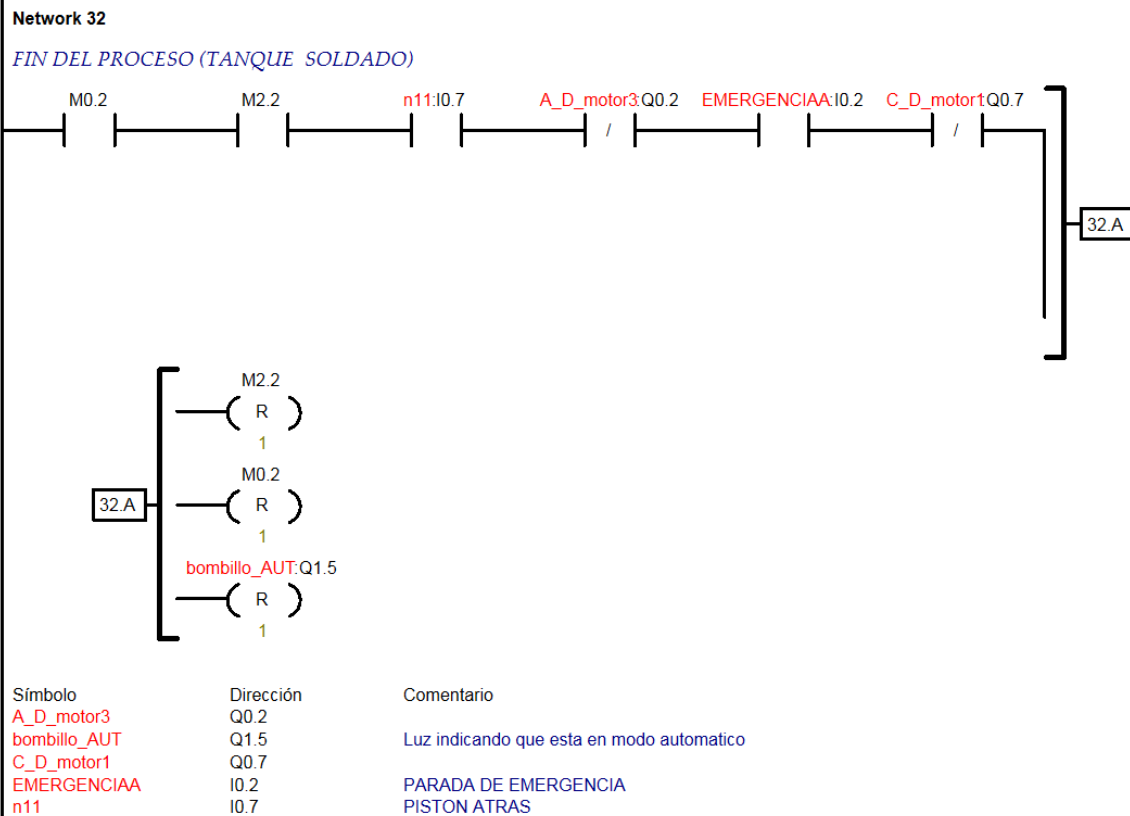
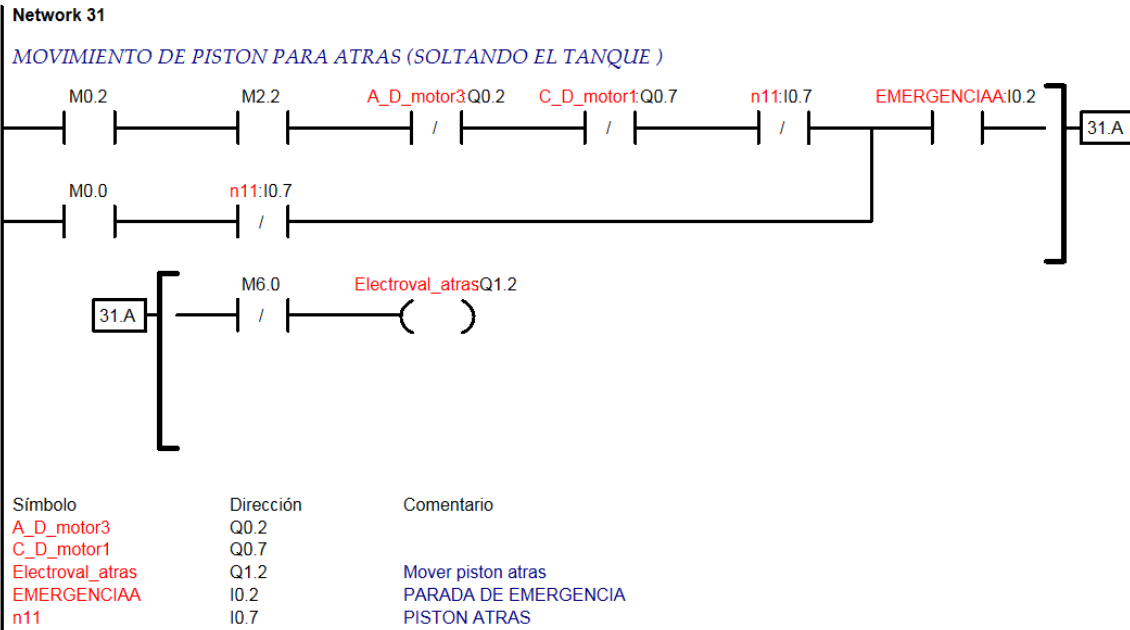
Símbolo	Dirección	Comentario
A_D_motor3	Q0.2	
EMERGENCIAA	I0.2	PARADA DE EMERGENCIA
n5	I2.1	FINAL DE CARRERA 5

Network 30

MEDIANTE LAS MEMORIA SE ASEGURA FIN DE ESTE CICLO Y COMIENZO DE PISTON ATRAS

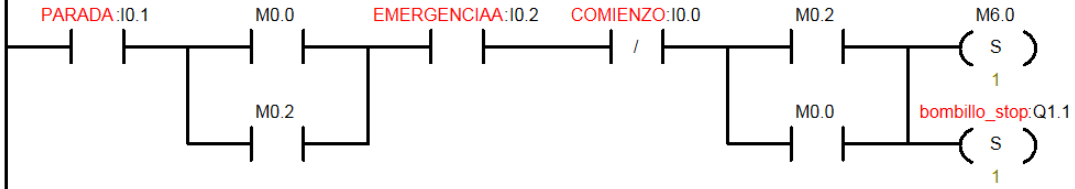


Símbolo	Dirección	Comentario
EMERGENCIAA	I0.2	PARADA DE EMERGENCIA
n10	I1.3	SENSOR 10
n5	I2.1	FINAL DE CARRERA 5
n8	I1.1	SENSOR LEVA
n9	I1.2	SENSOR 9



Network 33

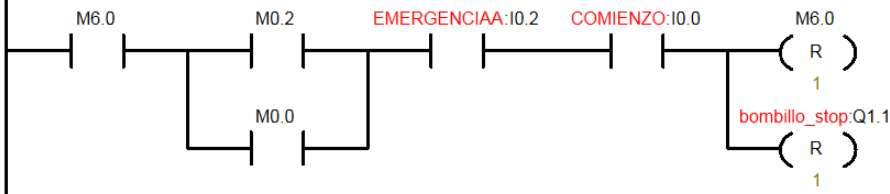
MEMORIA PARA PARADA DE STOP ---DETIENE ELMOVIMIENTO DONDE SE ENCUENTRA indicando con un bombillo



Símbolo	Dirección	Comentario
bombillo_stop	Q1.1	Luz indicando parada de stop
COMIENZO	I0.0	START
EMERGENCIAA	I0.2	PARADA DE EMERGENCIA
PARADA	I0.1	STOP

Network 34

REANUDAR MOVINIENTO SI SE ENCUENTRA EN PARADA DE STOP

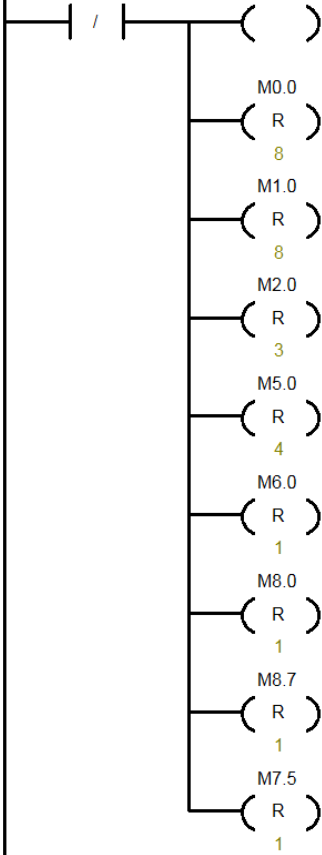


Símbolo	Dirección	Comentario
bombillo_stop	Q1.1	Luz indicando parada de stop
COMIENZO	I0.0	START
EMERGENCIAA	I0.2	PARADA DE EMERGENCIA

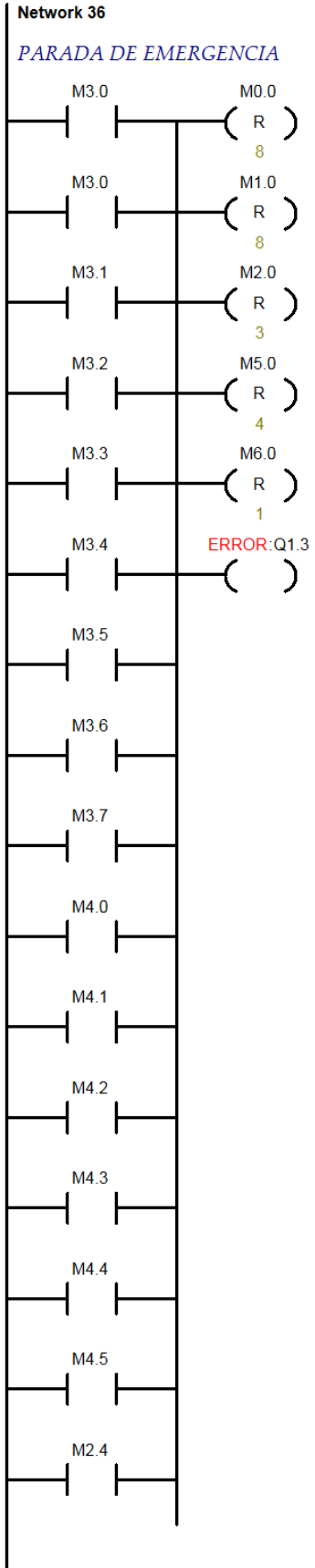
Network 35

PARADA DE EMERGENCIA CON SU RESPECTIVO INDICADOR

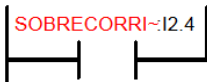
EMERGENCIAA:I0.2 SALIDA_EME~:Q1.4



Símbolo	Dirección	Comentario
EMERGENCIAA	I0.2	PARADA DE EMERGENCIA
SALIDA_EMERGENC	Q1.4	Luz de emergencia



tesis final ya con barras acomodando / Bloque_de_programa (OB1)



Símbolo	Dirección	Comentario
ERROR	Q1.3	Error de funcionamiento
SOBRECORRIENTE1	I2.4	SOBRECORRIENTE_ M1

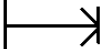
Bloque: SBR_0
Autor:
Fecha de creación: 02.03.2009 18:37:49
Fecha de modificación: 14.04.2009 22:46:33

Símbolo	Tipo var.	Tipo de datos	Comentario
EN	IN	BOOL	
	IN		
	IN_OUT		
	OUT		
	TEMP		

COMENTARIOS DE LA SUBROUTINA

Network 1 ***Título de segmento***

Comentario de segmento



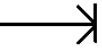
Bloque: INT_0
Autor:
Fecha de creación: 02.03.2009 18:37:49
Fecha de modificación: 14.04.2009 22:46:33





Símbolo	Tipo var.	Tipo de datos	Comentario
	TEMP		
	TEMP		
	TEMP		
	TEMP		

COMENTARIOS DE LA RUTINA DE INTERRUPCIÓN


Network 1 *Título de segmento*

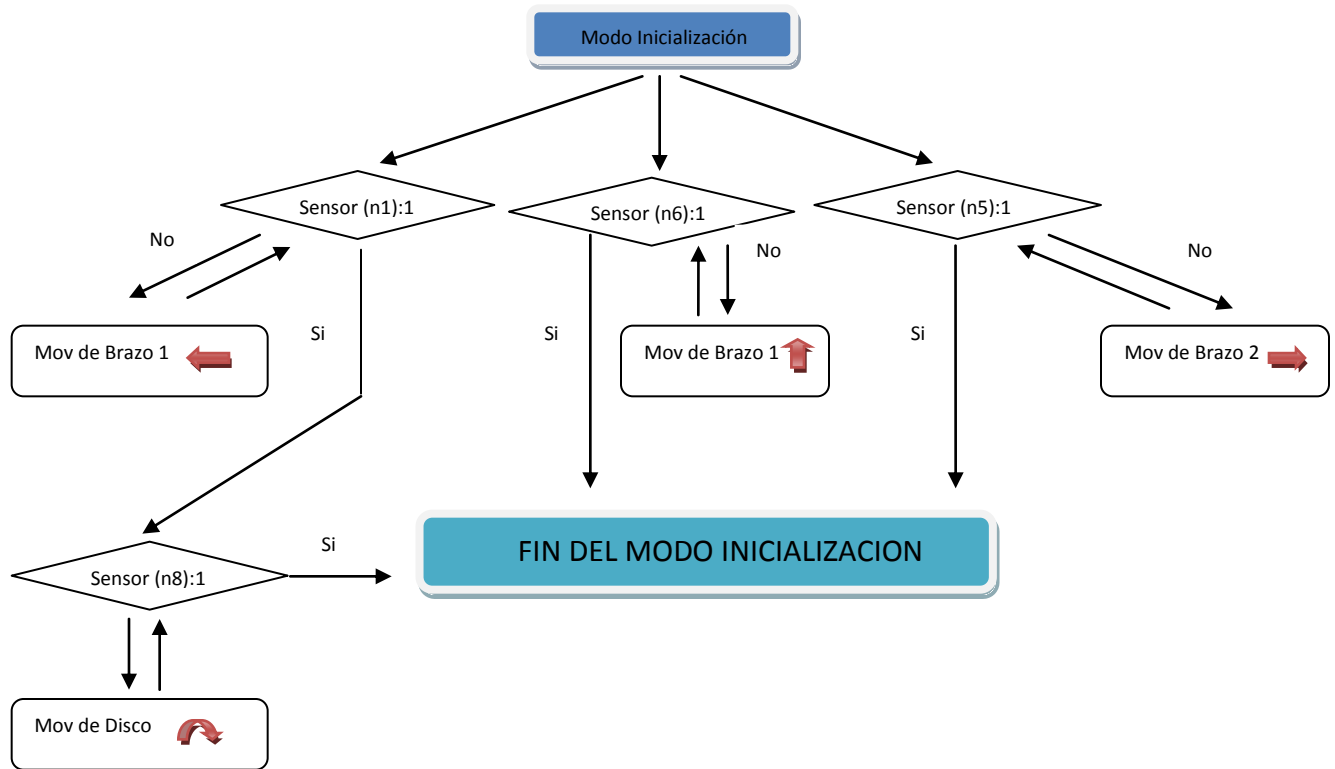
Comentario de segmento

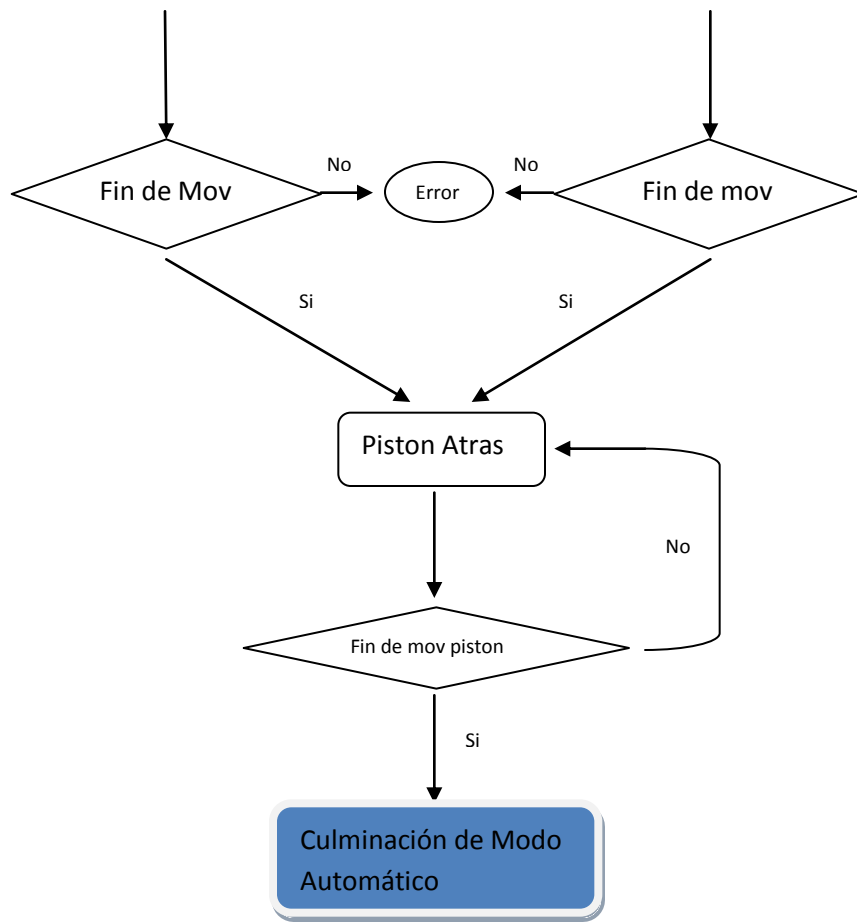


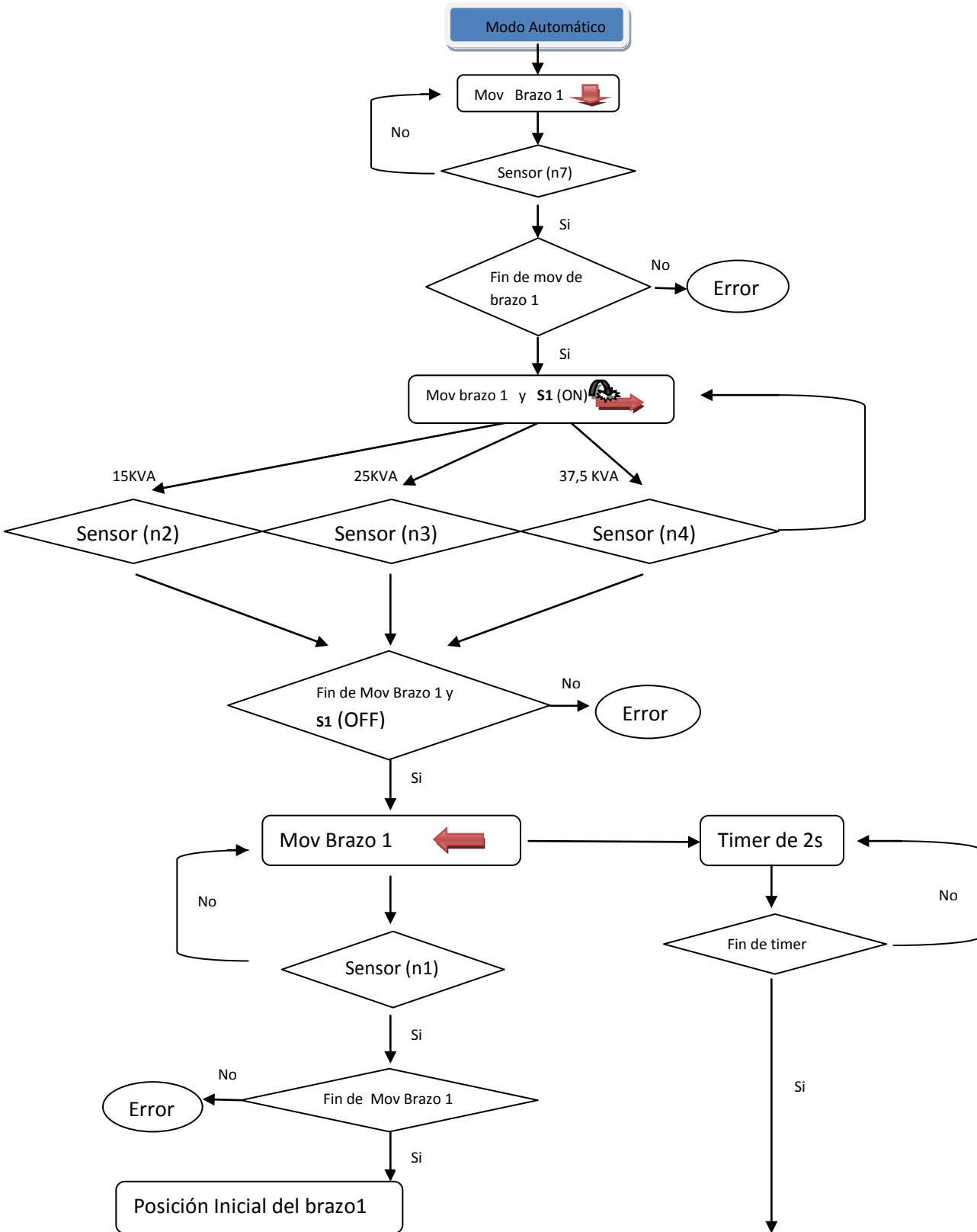
 Símbolo	Dirección	Comentario
n4	I2.0	SENSOR 4
n3	I1.7	SENSOR 3
n2	I1.6	SENSOR 2
n7	I2.3	SENSOR 7
TRANS_25KVA	I0.6	SELECCION PARA SOLDAR TRANS DE 25KVA
TRANS_15KVA	I0.5	SELECCION PARA SOLDAR TRANS DE 15KVA
C_D_motor1	Q0.7	
C_I_motor1	Q0.6	
Y_I_motor4	Q0.0	
Y_A_motor4	Q0.1	
A_D_motor3	Q0.2	
A_I_motor3	Q0.3	
X_D_motor2	Q0.5	
X_I_motor2	Q0.4	
Electroval_atras	Q1.2	Mover piston atras
bombillo_stop	Q1.1	Luz indicando parada de stop
bombillo_AUT	Q1.5	Luz indicando que esta en modo automatico
bombillo_INICIO	Q1.7	Luz indicando que esta en modo inicializacion
bombillo_MAN	Q1.6	Luz indicando que esta en modo manual
ERROR	Q1.3	Error de funcionamiento
SALIDA_EMERGENC	Q1.4	Luz de emergencia
n8	I1.1	SENSOR LEVA
n6	I2.2	SENSOR EN EJE (Y)
n5	I2.1	FINAL DE CARRERA 5
n1	I1.5	FINAL DE CARRERA 1
MAN	I0.4	COMANDO MANUAL
AUT	I0.3	COMANDO AUTOMATICO
EMERGENCIAA	I0.2	PARADA DE EMERGENCIA
COMIENZO	I0.0	START
PARADA	I0.1	STOP
n11	I0.7	PISTON ATRAS
ELECTROVAL_ON	I1.0	PISTON ADELANTE
SOBRECORRIENTE1	I2.4	SOBRECORRIENTE_ M1
 SOBRECORRIENTE2	I2.5	SOBRECORRIENTE_ M2
 SOBRECORRIENTE3	I2.6	SOBRECORRIENTE_ M3
 SOBRECORRIENTE4	I2.7	SOBRECORRIENTE_ M4
n9	I1.2	SENSOR 9
n10	I1.3	SENSOR 10

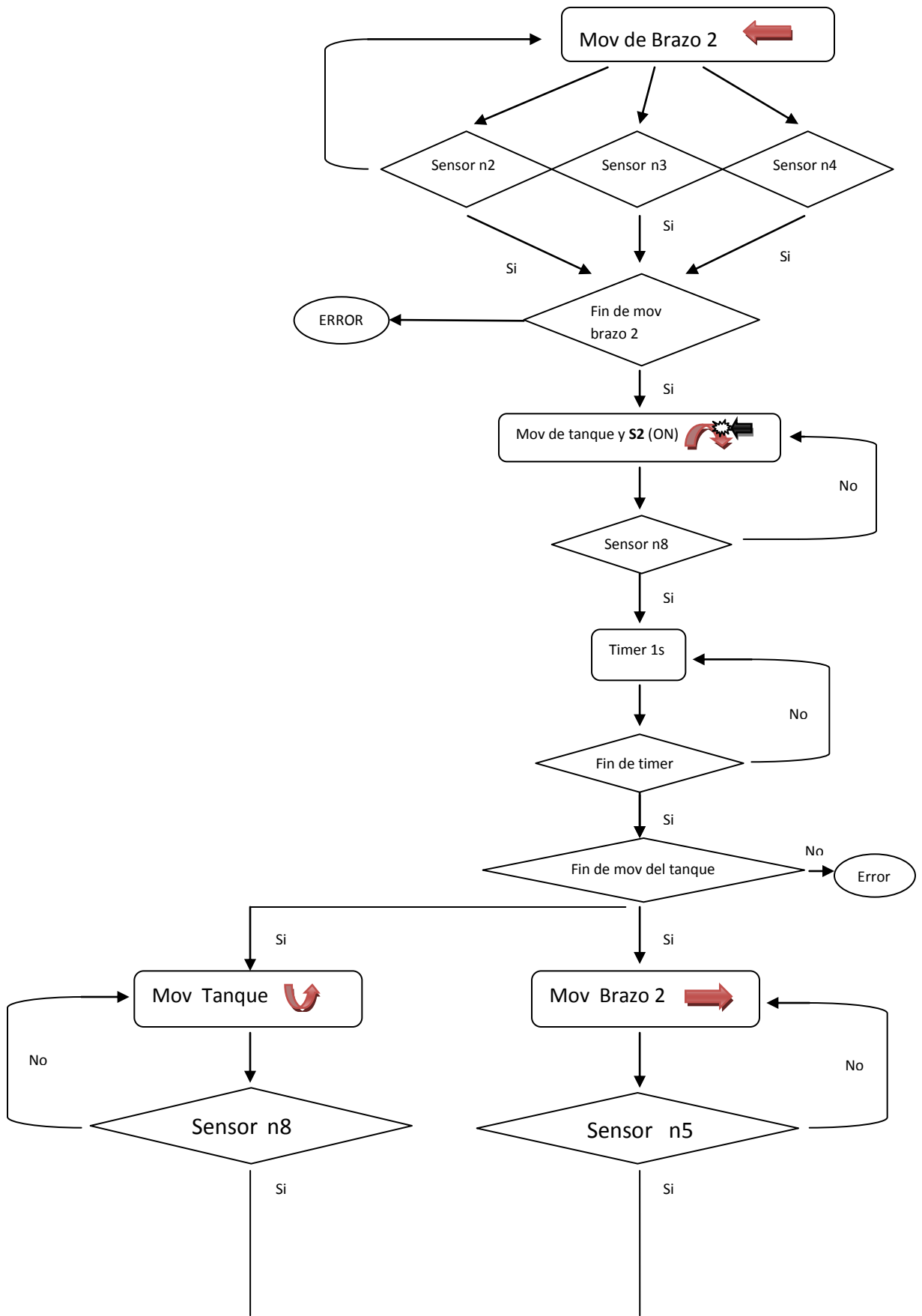
tesis final ya con barras acomodando / Símbolos UOP

 Símbolo	Dirección	Comentario
SBR_0	SBR0	COMENTARIOS DE LA SUBROUTINA
INT_0	INT0	COMENTARIOS DE LA RUTINA DE INTERRUPCIÓN
Bloque_de_programa	OB1	PROGRAMA SOLDADORA DE TANQUES









Características generales

Los magnetotérmicos AEG, son interruptores de reducido tamaño, especialmente diseñados para protección contra cortocircuitos y sobrecargas en los circuitos de control y mando en instalaciones eléctricas.

• Series disponibles:

Serie E90: Magnetotérmicos con capacidad nominal de ruptura de 10 kA según IEC 157-1P1, y 6 kA según VDE 0641.

• Operación: La serie E90 opera bajo la característica de Curva de Disparo B, abarcando el rango de corriente nominal 6-63 Amp.

El límite de respuesta magnética es aproximadamente 3-5 veces la intensidad nominal, con un tiempo de desconexión menor a 0,1 seg.

El límite de respuesta térmica es de (1,13 - 1,45) veces la intensidad nominal.

Los detalles mecánicos logrados en el diseño y fabricación de la serie E90, permiten una excelente limitación de corriente y una excepcional rapidez para la apertura, en presencia de corrientes de cortocircuitos.

Este comportamiento caracteriza a la serie, por una selectividad mejorada en la coordinación con los elementos de protección aguas arriba, en relación con los otros magnetotérmicos del mercado.

• Montaje: Los bornes para la conexión de la serie E90, están diseñados bajo el concepto "Bornes Combinables o Elevables". Este diseño ofrece dos posibilidades de conexión: si el borne es presionado hacia arriba, la alimentación puede realizarse mediante barra colectora; si el borne de conexión se presiona hacia abajo, entonces la alimentación puede hacerse mediante conductores individuales con calibres hasta AWG 2.

• Mando a distancia: La serie E90 puede operar mediante señales remotas con el uso de disparadores a distancia modelos NF4 y NF5.

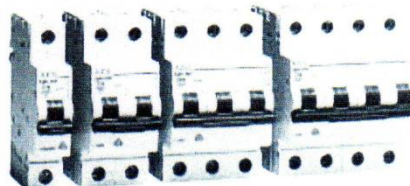
Este accionamiento a distancia, permite la conexión y/o desconexión automática del magnetotérmico, mediante un impulso de tensión.

• Fabricados con material prensado, color gris UL 94-V0.

• Resistencia al fuego según UL 94-V0.

• Normas: VDE 0641, IEC 947-2 y EN 60898 aprobaciones VDE, DEMKO, etc.

• A toda la Serie E90 puede, opcionalmente, incorporarse contactos auxiliares tipo H.



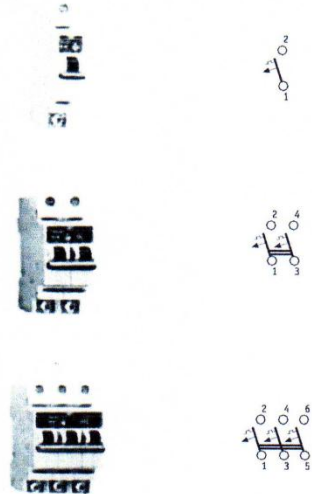
Magnetotérmicos Serie E90 6 kA	Nº de polos	Intensidad nominal (A)
E91B-6	1	6
E91B-10	1	10
E91B-16	1	16
E91B-20	1	20
E91B-25	1	25
E91B-32	1	32
E91B-40	1	40
E91B-50	1	50
E91B-63	1	63
E92B-6	2	6
E92B-10	2	10
E92B-16	2	16
E92B-20	2	20
E92B-25	2	25
E92B-32	2	32
E92B-40	2	40
E92B-50	2	50
E92B-63	2	63
E93B-6	3	6
E93B-10	3	10
E93B-16	3	16
E93B-20	3	20
E93B-25	3	25
E93B-32	3	32
E93B-40	3	40
E93B-50	3	50
E93B-63	3	63

Especificaciones técnicas de la serie E90

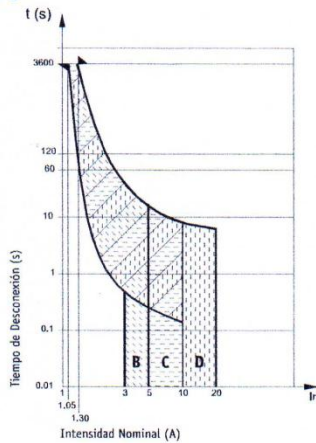
Números de polos		Unipolar. Bipolar. Tripolar.		
Características de disparo		Característica B según VDE 0641. Rango de desconexión magnética 3-5 In.		
Corriente nominal, In	(A)	6-63 Amp.		
Voltaje nominal, Vn	Vac Vcc	230-400. 110.		
Corriente de cortocircuito nominal	(kA)	Unipolares, bipolares y tripolares: Unipolares: Bipolares y tripolares: Unipolares: Bipolares y tripolares:	6kA @ 230/400V 10kA @ 240V 20kA @ 240V 3kA @ 415V 10kA @ 415V	IEC 60898. IEC 60947-2. IEC 60947-2. IEC 60947-2. IEC 60947-2.
Frecuencia nominal	(Hz)	50-60.		
Voltaje máximo de operación Sistema A.C. Sistema D.C.	Vac Vcc	400. 110.		
Voltaje mínimo de operación Sistema A.C. Sistema D.C.	Vac Vcc	12. 12.		
Vida útil @ 230 V Cosφ = 0,9 (operaciones)		10.000.		
Clase protección		IP20.		
Rango de temperatura Almacenamiento Operación	°C °C	-55 a +55 según IEC 88. -5 a + 40 según Iec 60898.		
Rigidez dieléctrica	(kV)	> 2,5.		
Resistencia de aislamiento	MΩ	> 10 ⁶ .		
Capacidad de los terminales	(mm ²)	> 2,5.		
Resistencia de choque		20 g durante 10 ms. 40 g durante 5 ms.		

1

Polos de tensión



Curvas de disparo para interruptores magnetotérmicos serie E90 IEC 947-2



Respuesta magnética

Generada por un magneto con pistón, en caso de cortocircuito.
 Característica B: $[3 \dots 5] \times I_n$.
 Característica C: $[5 \dots 10] \times I_n$.
 Característica D: $[10 \dots 20] \times I_n$.

Respuesta térmica

Generada por un elemento bimetal, en caso de sobrecarga.

Corriente	Tiempo de disparo
1,05 I_n	$t \geq 1h$ ($I_n \leq 63 A$) $t \geq 2h$ ($I_n > 63 A$)
1,3 I_n	$t < 1h$ ($I_n \leq 63 A$) $t < 2h$ ($I_n > 63 A$)

Environment		GV2-ME	GV2-P	GV3-ME	GV7-R
Circuit-breaker type					
Conforming to standards		EN 60947-1, 947-2, 947-4-1, EN 60204, UL 508, CSA C22-2 n° 14, NF C 63-650, 63-120, 79-130, VDE 0113, 0660		NF EN, BS EN, DIN EN 60 947	EN 60947-1, 60947-2, EN 60947-4-1, NF C 63-650, NF C 63-120, 79-130, VDE 0113, 0660
Product certifications		CSA, CEBEC, GOST, TSE, UL, BV, GL, LROS, DNV, PTB, EZU, SETI, RINA		CSA, UL, LROS	DNV, UL
Protective treatment		"TH"		"TC"	"TC"
Degree of protection conforming to IEC 529	Basic unit In enclosure	IP 20 GV2-Me01: IP 41 GV2-Me02: IP 55	--	IP 20 GV3-CE01: IP 55	IP 405 with terminal shields --
Shock resistance to IEC 68-2-27		30 gn -11 ms		22 gn - 20 ms	30 gn -11 ms
Vibration resistance to IEC 68-2-6		5 gn (5...150 Hz)		2.5 gn (0...25 Hz)	2.5 gn (25 Hz)
Ambient air temperature					
Storage	°C	-40...+80	-40...+80	-40...+80	-55...+95
Operation	°C	-20...+60	-20...+60	-20...+60	-25...+70
	In enclosure °C	-20...+40	--	-20...+40	--
Temperature compensation	Open mtd. °C	-20...+60	-20...+60	-20...+60	-25...+55 (1)
	In enclosure °C	-20...+40	--	-20...+40	--
Flame resistance to IEC 695-2-1	°C	960		960	960
Maximum operating altitude	m	2000		3000	2000
Suitable for isolation conforming to IEC 947-1 § 7-1-6		Yes		--	Yes
Resistance to mechanical impact	J	0.5 In enclosure: 6	0.5 --	0.5 --	0.5 --
Sensitivity to phase failure		Yes, conforming to IEC 947-4-1 § 7-2-1-5-2			

Technical characteristics		GV2-ME	GV2-P	GV2-RT	GV3-ME06 ...ME25	GV3-ME40 ...ME63	GV3-ME80	GV7-Re20 ... Re100	GV7-Re150	GV7-Re220
Utilisation category , to: EN 60947-2 EN 60947-4-1		A AC-3			A AC-3			A AC-3		
Rated operational voltage (Ue) conforming to IEC 947-2	V	690			600			690		
Rated insulation voltage (Ui) to IEC 947-2	V	690			600			750		
to CSA C22-2 n° 14, UL 508	V	600			600 (B600)			600		
Rated operational frequency conforming to EN 60947-2	Hz	50/60			50/60			50/60		
Rated impulse withstand voltage (U imp) conforming to EN 60947-2	kV	6			6			8		
Total power dissipated per pole	W	2.5			3	6	8	5	8.7	14.5
Mechanical durability (C.O.: closing, opening)	C.O.	100,000			100,000	50,000	30,000	50,000	40,000	20,000
Electrical durability 440 V In/2 for AC-3 duty	C.O.	100,000			100,000	50,000	30,000	50,000	40,000	20,000
	C.O.	--			--	--	--	30,000	20,000	10,000
Duty class (maximum operating rate)	C.O./h	25			25			25		
Maximum conventional rated thermal current (Ith) to EN 60947-4-1	A	0.16...32	0.16...32	0.40...23	1.6...25	40...63	80	12...100	150	220

Rated duty conforming to EN 60947-4-1 Continuous duty
(1) For operation up to 70 °C, please call our Customer information centre on 0870 608 8 608.

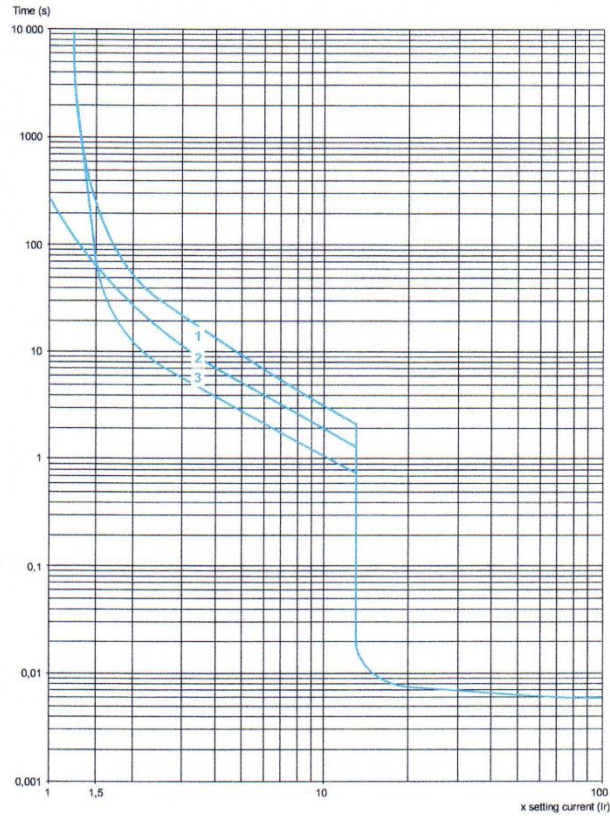
References: pages 3/6 to 3/11 Dimensions: pages 3/64 to 3/69 Schemes: pages 3/70 and 3/71

TeSys protection components

Thermal-magnetic motor circuit-breakers
types GV2-ME and GV2-P

Thermal-magnetic tripping curves for GV2-ME and GV2-P

Average operating time at 20 °C according to multiples of the setting current



- 1 3 poles from cold state
- 2 2 poles from cold state
- 3 3 poles from hot state

TeSys protection components

Thermal-magnetic motor circuit-breakers
types GV2-ME, GV2-ME●●3 and GV2-P

Maximum Earth Fault Loop Impedance Z_s or 0.4s disconnection time with U_0 230 V (1)

Reference	Thermal adjustment current I_n (A)	Magnetic tripping current I_m (A)	Tolerance $I_n + 20\%$ (A)	Maximum loop impedance Z_s (%)
Type GV2-ME				
GV2-ME01	0.1...0.16	1.50	1.80	127.78
GV2-ME02	0.16...0.25	2.40	2.88	79.86
GV2-ME03	0.25...0.4	5.00	6.00	38.33
GV2-ME04	0.4...0.63	8.00	9.60	23.96
GV2-ME05	0.63...1	13.00	15.60	14.74
GV2-ME06	1...1.6	22.50	27.00	8.52
GV2-ME07	1.6...2.5	33.50	40.20	5.72
GV2-ME08	2.5...4	51.00	61.20	3.76
GV2-ME10	4...6.3	78.00	93.60	2.46
GV2-ME14	6...10	138.00	165.60	1.39
GV2-ME16	9...14	170.00	204.00	1.13
GV2-ME20	13...18	223.00	267.60	0.86
GV2-ME21	17...23	327.00	392.40	0.59
GV2-ME22	20...25	327.00	392.40	0.59
GV2-ME32	24...32	416.00	499.20	0.46
Type GV2-ME●●3				
GV2-ME013	0.1...0.16	1.50	1.80	127.78
GV2-ME023	0.16...0.25	2.40	2.88	79.86
GV2-ME033	0.25...0.4	5.00	6.00	38.33
GV2-ME043	0.4...0.63	8.00	9.60	23.96
GV2-ME053	0.63...1	13.00	15.60	14.74
GV2-ME063	1...1.6	22.50	27.00	8.52
GV2-ME073	1.6...2.5	33.50	40.20	5.72
GV2-ME083	2.5...4	51.00	61.20	3.76
GV2-ME103	4...6.3	78.00	93.60	2.46
GV2-ME143	6...10	138.00	165.60	1.39
GV2-ME163	9...14	170.00	204.00	1.13
GV2-ME203	13...18	223.00	267.60	0.86
GV2-ME213	17...23	327.00	392.40	0.59
GV2-ME223	20...25	327.00	392.40	0.59
Type GV2-P				
GV2-P01	0.1...0.16	1.50	1.80	127.78
GV2-P02	0.16...0.25	2.40	2.88	79.86
GV2-P03	0.25...0.4	5.00	6.00	38.33
GV2-P04	0.4...0.63	8.00	9.60	23.96
GV2-P05	0.63...1	13.00	15.60	14.74
GV2-P06	1...1.6	22.50	27.00	8.52
GV2-P07	1.6...2.5	33.50	40.20	5.72
GV2-P08	2.5...4	51.00	61.20	3.76
GV2-P10	4...6.3	78.00	93.60	2.46
GV2-P14	6...10	138.00	165.60	1.39
GV2-P16	9...14	170.00	204.00	1.13
GV2-P20	13...18	223.00	267.60	0.86
GV2-P21	17...23	327.00	392.40	0.59
GV2-P22	20...25	327.00	392.40	0.59
GV2-P32	24...32	416.00	499.20	0.46

(1) Whilst the IEE Regulations provide for a disconnection time of 5 s for fixed equipment, the value of impedance obtained will limit the current to a level which may affect the starting characteristics of the motor.