



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE:**

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA DIGITAL Y  
TELECOMUNICACIONES**

**TEMA: AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA ELECTRO NEUMÁTICO DEL  
PROCESO DE SOLDADURA DEL MOLDE PRINCIPAL DE LA LÍNEA DE  
ENSAMBLAJE DE AUTOMÓVILES.**

**AUTOR: WILSON PAÚL MAÑAY AÑARUMBA**

**TUTOR: ING. RENÉ ERNESTO CORTIJO LEYVA MG**

**QUITO, ECUADOR**

**AÑO: 2019**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Yo, Wilson Paúl Mañay Añarumba declaro bajo juramento que el tema planteado para aprobación es de mi autoría, y no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Adjunto evidencia del estudio realizado.

---

Wilson Paúl Mañay Añarumba  
CC No. 1715589840

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del componente práctico certifico:

Que el trabajo de titulación “**AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA ELECTRO NEUMÁTICO DEL PROCESO DE SOLDADURA DEL MOLDE PRINCIPAL DE LA LÍNEA DE ENSAMBLAJE DE AUTOMÓVILES**”, presentado por el Sr. Wilson Paúl Mañay Añarumba, estudiante de la carrera de Electrónica Digital y Telecomunicaciones, reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Grado, que se designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Quito D.M. Julio del 2019

TUTOR

.....  
Ing. René Ernesto Cortijo Leyva, Mg

## **Agradecimiento**

Agradezco al grupo de profesionales de la Institución por la confianza depositada, y la guía profesional que paso a paso dieron forma a este Proyecto, a la Universidad Tecnológica Israel, la cual, con su visión de formar profesionales de alto desempeño, convirtió sus aulas en cunas del saber, sus maestros en guías y a sus alumnos en semillas del futuro.

Gracias.

## **Dedicatoria**

El presente trabajo es el reflejo del apoyo incondicional, de la esperanza de un mañana venturoso, y del amor abnegado. Dedico este trabajo a mi esposa **Paola** por su apoyo incondicional e infranqueable y por ser un pilar muy importante en mi vida, a mis hijos **Darling** y **Juan David** por darme la esperanza de un mañana lleno de luz, y a mi Madre **Luz María** por el amor y guía desde mis primeras horas de vida.

**Wilson Paúl Mañay Añarumba**

## TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
Agradecimiento .....	iv
Dedicatoria .....	v
LISTA DE FIGURAS .....	ix
LISTA DE TABLAS .....	xi
LISTA DE ANEXOS .....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	xv
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	xvi
JUSTIFICACIÓN .....	xvi
OBJETIVO GENERAL .....	xvii
OBJETIVO ESPECÍFICO .....	xvii
ALCANCE.....	xvii
DESCRIPCIÓN DE LOS CAPÍTULOS.....	xviii
CAPÍTULO 1 .....	19
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	19
1.1 Sistema electro neumáticos .....	21
1.1.1 Elementos principales.....	23
1.2 Control .....	24
1.2.1 Control neumático.....	24
1.3 Limitaciones del control neumático .....	27
1.3.1 Control electro-neumático.....	27
1.4 Automatización .....	29
1.5 Forma o estructura del control en un proceso automatizado.....	30
1.5.1 Control de lazo abierto .....	30
1.5.2 Control de lazo cerrado .....	30
1.6 Tipos de automatización .....	31
1.6.1 Objetivos de la automatización .....	32
1.7 Controlador lógico programable (PLC) .....	32

1.7.1 Introducción .....	32
1.7.2 Funciones básicas del PLC .....	33
1.8 Parte del PLC .....	34
CAPÍTULO 2 .....	35
2.1 MARCO METODOLÓGICO .....	35
2.1.1 MÉTODO DEDUCTIVO .....	35
2.1.2 MÉTODO DE OBSERVACIÓN DIRECTA.....	35
2.1.3 MÉTODO EXPERIMENTAL .....	36
2.1.4 MÉTODO DOCUMENTACIÓN .....	36
CAPÍTULO 3 .....	37
PROPUESTA.....	37
3.1 Introducción .....	37
3.2 Reestructuración del proceso de cierre apertura. ....	37
3.3 Automatización del proceso de soldadura de pistolas fijas de sistema.....	37
3.4 Modificación lógica programa .....	37
3.5 Modificación secuencia base.....	39
3.6 Cronograma de actividades .....	40
3.7 Unidad de programación .....	40
3.8 Funcionamiento.....	41
3.8.1 Primera etapa: revisar el status de las entradas .....	41
3.8.2 Segunda etapa: ejecución del programa.....	41
3.8.3 Tercera etapa: diagnóstico y comunicaciones.....	41
3.8.4 Cuarta etapa: actualización de salidas.....	42
3.9 Programación .....	43
CAPÍTULO 4.....	46
IMPLEMENTACIÓN.....	46
4.1 Desarrollo.....	46
4.2 Implementación.....	46
4.2.1 Interface y control Panel View.....	46
4.2.2 Presupuesto del proyecto .....	48
4.2.3 Selección de materiales .....	48
4.3 Modificación secuencia base actual.....	51

4.4 Parámetros de la automatización del proceso de soldadura de pistolas fijas de sistema. ....	54
4.5 Situación inicial Secuencia de soldadura de pistolas fijas .....	54
4.6 Mejora de secuencia de soldadura de pistolas fijas.....	57
4.7 Independización de accionamiento pistolas de soldadura.....	57
4.7.1 Instalación controlador de soldadura .....	61
4.7.2 Instalación transformador de soldadura .....	63
4.7.3 Modificación se sistema de cobres de alimentación .....	65
4.8 Implementación de sub-rutina de soldadura. ....	67
CONCLUSIONES .....	69
RECOMENDACIONES .....	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	71
ANEXOS .....	74



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Los 5 procesos de la Administración .....	20
Figura 2: Sistema neumático .....	22
Figura 3: Elementos de un sistema neumático .....	23
Figura 4: Tipos de compresores de desplazamiento .....	24
Figura 5: Elemento de control neumático.....	25
Figura 6: Tablero de control electro-mecánico.....	28
Figura 7: Tablero de control por PLC .....	28
Figura 8: Control de lazo abierto .....	30
Figura 9: Control de lazo cerrado .....	30
Figura 10: Esquema de utilización de un PLC .....	33
Figura 11: Partes de un PLC.....	34
Figura 12: Secuencia de pulsación inicial .....	38
Figura 13: Esquema de movimiento del proceso final .....	39
Figura 14: Ciclo de operación del PLC .....	42
Figura 15: Esquema de programación para encender una Bobina .....	44
Figura 16: Esquema de programación para encender sensores, actuadores .....	45
Figura 17: Ejemplo de estructura RSLogix 5000 .....	47
Figura 18: Esquema de movimiento proceso final .....	53
Figura 19: Operador en proceso de soldadura .....	55
Figura 20: Elementos soldadura manual OBARA .....	55
Figura 21: Esquema soldadura pistolas fijas .....	56
Figura 22: Pistolas fijas de soldadura .....	57
Figura 24: Esquema sistema electro neumático de soldadura inicial .....	58
Figura 25: Esquema de sistema electro-neumático final .....	59
Figura 26: Grupo de electroválvulas para soldadura .....	60
Figura 27: Esquema de conexión controlador Obara .....	61
Figura 28: Controlador Obara STN21 .....	62
Figura 29: Esquema de conexión transformador .....	63
Figura 30: Transformador instalado .....	64
Figura 31: Placas de cobre.....	65
Figura 32: Kickess cables de cobre .....	66

Figura 33: Esquema de conexión de cobres .....	67
Figura 34: Esquema sub rutina de programa .....	68

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Elementos neumáticos .....	26
Tabla 2: Tipos de automatización.....	31
Tabla 3: Características de elementos para automatización del molde .....	49
Tabla 4: Material para ser reutilizado.....	49
Tabla 5: Material requerido para implementación del proyecto.....	50
Tabla 6: Material instalación electro-válvulas.....	60
Tabla 7: Costo instalación controlador STN21 .....	62
Tabla 8: Costo Instalación transformador .....	64

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1-A: Cronograma de trabajo .....	75
Anexo 2-B: Cronograma de trabajo.....	76
Anexo 3-C: Cronograma de trabajo.....	77
Anexo 4-D: Cronograma de trabajo .....	78
Anexo 5: Sub-rutina programa antes izquierdo A.....	79
Anexo 6: Sub-rutina programa antes izquierdo B .....	80
Anexo 7: Sub-rutina programa antes izquierdo C .....	81
Anexo 8: Sub-rutina programa antes derecho A .....	82
Anexo 9: Sub-rutina programa antes derecho B.....	83
Anexo 10: Sub-rutina programa antes derecho C.....	84
Anexo 11: Sub-rutina programa de soldadura actual A .....	85
Anexo 12: Sub-rutina programa de soldadura actual B.....	86
Anexo 13: Sub-rutina programa de soldadura actual C.....	87
Anexo 14: Sub-rutina programa de soldadura actual D .....	88
Anexo 15: Sub-rutina programa de soldadura actual E.....	89
Anexo 16: Sub-rutina programa actual apertura y cierre automática izquierdo A.....	90
Anexo 17: Sub-rutina programa actual apertura y cierre automática izquierdo B .....	91
Anexo 18: Sub-rutina programa actual apertura y cierre automática izquierdo C .....	92
Anexo 19: Sub-rutina programa actual apertura y cierre automática derecho A .....	93
Anexo 20: Sub-rutina programa actual apertura y cierre automática derecho B.....	94
Anexo 21: Sub-rutina programa actual apertura y cierre automática derecho C.....	95
Anexo 22 Circuito de control del molde .....	96
Anexo 23: Electroválvula VQ7-8 FG-D-3NR SMC .....	98
Anexo 24: Transformador .....	100
Anexo 25: Cable de fuerza .....	101
Anexo 26: Controlador Obara .....	103

## RESUMEN

El presente documento pretende describir el desarrollo del proyecto “AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA ELECTRO NEUMÁTICO DEL PROCESO DE SOLDADURA DEL MOLDE PRINCIPAL DE LA LÍNEA DE ENSAMBLAJE DE AUTOMÓVILES”, Mediante este proyecto se pretende dar una solución al sistema electro neumático de accionamiento manual de pistolas fijas de electro punto que son accionadas por los operadores de producción para ensamblar las carrocerías en el molde maestro. Para esto se utilizará los equipos de automatización tales como: un PLC, electroválvulas. El resultado final será un sistema automatizado de las pistolas fijas de punto, mediante el uso de sensores y pulsadores, controlados en todas sus etapas, con facilidades que el operador pueda manipular el proceso de soldadura de acuerdo a los requerimientos de producción y a la vez eliminar posiciones anti ergonómicas que atentan a la integridad física del operador de producción. La solución presentada pretende mejorar la eficiencia en velocidad de ejecución de soldadura de las carrocerías, disminuir sus pérdidas de tiempo por manipulación manual de las pistolas de electro punto, pero principalmente presentar una solución para la ensambladora de automóviles.

Palabras claves: producción, productividad, proceso, tiempo de ciclo, innovación, tecnología, electro-neumática, automatización.

## **ABSTRACT**

This document aims to describe the development of the project "AUTOMATION OF THE PNEUMATIC ELECTRO SYSTEM OF THE WELDING PROCESS OF THE MAIN MOLD OF THE LINE OF ASSEMBLY OF CARS", so this is the case of a response to the electrical and manual system. What are the actions of the production operators to assemble the bodies in the master mold? For this, the automation equipment will be used, such as: a PLC, solenoid valves. The final result will become an automated system of fixed point guns, through the use of sensors and pulsers, controlled in all their stages, with the facilities that the operator can manipulate the welding process according to the requirements of production. Anti-ergonomic positions that threaten the physical integrity of the production operator. The manual of the electro point guns, however, is a solution for the car assembler.

Keywords: production, productivity, process, cycle time, innovation, technology, electro-pneumatics, automation.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de automatización en la industria sin importar el ámbito cumplen con el objetivo de brindar muchas oportunidades de mejora en seguridad, velocidad, calidad y costos, a la vez eliminar las pérdidas o desperdicios. Los procesos requieren que su necesidad de automatización sea satisfecha para asegurar su fiabilidad. Tanto los procesos como los equipos industriales requieren que sus parámetros de funcionamiento permanezcan estables, uno de estos es la velocidad de operación, que depende de la capacidad de la automatización y de la continuidad de esta, el objetivo es el aumento de la eficiencia, eficacia y la reducción de pérdidas en el proceso de producción, otro tema importante de cuidar la seguridad física de los operadores, por lo que es necesario eliminar posturas anti ergonómicas.

En la actualidad la industria busca mejorar la eficiencia, autonomía y confiabilidad de los procesos y equipos mediante la automatización, a través de PLCs (Controlador Lógico Programable), HMI (Interfaces Hombre Máquina) y las redes de comunicación.

Automatizar es para la industria importante porque le permite ser competitivo, adicional es primordial analizarlo por separado, el proceso tecnológico por un lado y por el otro las actividades manuales que intervienen, siendo un punto determinante la tecnología aplicada al proceso técnico que facilite la operación manual, precisamente en este punto se basa el presente estudio que pretende determinar la incidencia de un sistema electro-neumático en la productividad, y capacidad de producción.

Este proyecto quiere a través de la automatización y el uso de los dispositivos electrónicos, mejorar la eficiencia y precisión en el ensamblaje de carrocerías del proceso de soldadura de electro punto.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la actualidad, el ahorro de energía y la optimización en los procesos de producción, seguridad, costos, ambiente y calidad son los puntos de mayor importancia en todo proyecto que se vaya a realizar, es un factor determinante tomar en cuenta estos aspectos. En este caso particular el presente trabajo consta de la “AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA ELECTRO NEUMÁTICO DEL PROCESO DE SOLDADURA DEL MOLDE PRINCIPAL DE LA LÍNEA DE ENSAMBLAJE DE AUTOMÓVILES”, actualmente el proceso de soldadura del molde principal, se ejecuta de manera manual por los operadores de producción al manipular las pistolas de electro punto, ocasionando sobre esfuerzos que atentan a su integridad física, también mantiene una baja producción de carrocerías, puntos de soldadura faltantes, puntos de soldadura mal ubicados y aumento de costos de mano de obra.

## **JUSTIFICACIÓN**

El presente estudio tiene como objetivo intervenir en el proceso de ensamblado del vehículo, analizando el sistema electro neumático identificando movimientos que intervienen, tiempos de trabajo y niveles de automatización que se requieren en la ejecución de su ciclo de producción, adaptando la técnica de estudio tiempos y movimientos a un proceso técnico que mezcla recursos mecánicos, eléctricos, electrónicos y neumáticos para su accionamiento y control, estos sistemas en conjunto definen una secuencia de activación de cada parte del conjunto hasta completar su ciclo de trabajo.

Los sistemas de control propios del molde principal de ensamblaje de carrocerías, que fueron adquiridos en años anteriores por la ensambladora de autos, poseen sistemas de control mecánicos, los cuales representan un problema para las mismas, pues tienen alta tendencia a fallos, otro factor es que requieren en todo momento la presencia física del



operador junto a la máquina para ejecutar el proceso de soldadura. Por esta razón se propone otorgar una solución mediante la automatización del sistema del sistema de ensamblaje de carrocerías de electro punto, mediante el uso de controladores lógicos programables, interfaces hombre máquina.

### **OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar el sistema de automatización electro neumático del proceso de soldadura del molde de la línea de ensamblaje de automóviles.

### **OBJETIVO ESPECÍFICO**

- ✓ Implementar un sistema de control automático de soldadura de las pistolas fijas del molde.
- ✓ Automatizar el proceso de soldadura de las pistolas fijas del molde en un 100%
- ✓ Reducir el nivel de interacción humano-máquina.
- ✓ Realizar pruebas de funcionamiento y validación.

### **ALCANCE**

Se desarrollará la programación del PLCs Compact Logix L32E se lo realizará con la ayuda del manual de programación como guía. También se desarrollará la programación de la HMI mediante el software DOPSoft versión 2.00.07 aquí se diseña las pantallas, donde se puede controlar el encendido y apagado tanto manual como automático del apertura-cierre de las pistolas fijas de electro punto del molde maestro de carrocerías, se visualizarán en la pantallas tiempo de soldadura, averías y un layout de esquema completo de accionamiento de las pistolas fijas las cuales van ser manipuladas según las necesidad del personal de mantenimiento.

## DESCRIPCIÓN DE LOS CAPÍTULOS

En el capítulo 1 se presenta la fundamentación teórica, describe el concepto general de sistemas neumáticos, electro neumáticos y elementos de control, conceptos básicos y fundamentales de automatización, PLCs, interfaces hombre máquina

En el capítulo 2 se describe el marco metodológico a utilizar en este proyecto.

En el capítulo 3 se describe la propuesta de solución presentada, se realiza un análisis de los precios de los equipos a utilizar, se detalla los recursos requeridos y también las ventajas que proporciona el sistema instalado.

En el capítulo 4 se muestra el desarrollo del proyecto, su construcción, su implementación, las pruebas de funcionamiento y un análisis de los resultados obtenidos.

Se presentan las conclusiones y recomendaciones sobre el proyecto realizado.

Referencias bibliográficas donde se utilizarán fuentes de la web, libros de automatización revistas y documentales.

Y finalmente los anexos contendrán el cronograma en Project, fichas de datos de los elementos utilizados, diagramas y la programación del PLC.

# CAPÍTULO 1

## FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La administración de la producción hace referencia en un sentido amplio tanto a la producción de bienes como de servicio. El término producción tiene su comienzo en los estudios de automatización de plantas industriales, que se enfoca en la reducción de costos de operación y aumento de capacidad productiva. (Fred E, 2000)

La administración de la producción se orienta y refleja un panorama más extenso en el cual se presentan métodos analíticos que soportan la administración y las operaciones, en síntesis, el soporte del proceso de dirigir persona, recursos y tecnología para conformar un sistema de control productivo, para la óptima gestión de los recursos en busca de la reducción de sus costos operativos.

**Planeación:** es la parte inicial del proceso en la cual la Administración de la Producción anticipa los requerimientos y plantea objetivos y políticas de la organización, determinando procedimientos y programas que permitan alcanzar los objetivos, incluyendo en esta etapa el producto, diseño de instalaciones, tecnología, proyectos de mejora y el uso del proceso de conversión.

**Organización:** una vez delimitado el rango de acción y alcance la Administración de la Producción desglosa y distribuye la carga laboral entre los diferentes departamentos, estableciendo una estructura con roles y responsabilidades definidas dentro de un subsistema, enumera las actividades para alcanzar las metas individuales.

**Control:** se establece un proceso de actividades dirigidas a asegurar que el desempeño real este acorde al desempeño deseado o calculado, garantizando un seguimiento del desempeño individual del subsistema se encuentre dentro de los parámetros establecidos, aportando información oportuna para determinar el origen de los problemas y plantear medidas de solución.

El esquema de planeación, organización y control se enfoca en los recursos y su gestión, como recursos se establece todos los elementos necesarios para el funcionamiento de una fábrica y se pueden enmarcar en las 5 P de la administración.

**Personas:** Fuerza de trabajo directa o indirecta, se considera todo recurso humano necesario para el proceso de transformación de la materia prima para generar un bien o prestar servicios.

**Plantas:** Instalaciones diseñadas y destinadas para labores productivas de la empresa.

**Partes:** Materiales o suministros necesarios y vitales para la actividad industrial de la empresa.

**Proceso:** Secuencia de pasos necesarios para la ejecución de la producción, estándares escritos que permiten determinar

**Planificación y control:** Procedimientos e información de uso gerencial para el manejo del sistema.



**Figura 1: Los 5 procesos de la Administración**

**Fuente. (Autor)**

## 1.1 Sistema electro neumáticos

Los sistemas electro neumáticos son producto de la evolución industrial en la que se conjugan requerimientos de confiabilidad, versatilidad y eficiencia, apoyándose en los avances tecnológicos. Los sistemas electro neumáticos es resultado de la inclusión del control eléctrico para el accionamiento de actuadores neumáticos, este sistema permitió aumentar la complejidad de los sistemas neumáticos reduciendo en espacio de implementación, y convirtiéndolo en un sistema versátil con un control el tiempo real de sus funciones, obtenido datos de funcionamiento, secuencias y un control centralizado. Para entender los sistemas electro neumáticos debemos entender sus bases. (Lira, 2017)

**Aire comprimido:** el aire comprimido es la fuerza motriz que alimenta los sistemas neumáticos, que recoge el aire que se encuentra en el ambiente por un compresor, una vez comprimido es almacenado y posteriormente liberado controladamente para transformar la energía neumática en mecánica a través del uso de actuadores neumáticos.

1. Compresible, su característica física permite comprimir fácilmente el aire y almacenar en contenedores pequeños grandes volúmenes
2. Distribución, el aire comprimido es fácilmente distribuidos desde su punto de origen a los puntos de consumo por cañerías o tuberías, con sistemas unidireccionales que no requieren líneas de retorno.
3. Temperatura, las variaciones de temperatura no afectan al aire comprimido, ofreciendo la oportunidad de un trabajo seguro incluso en temperaturas extremas.
4. Limpio, el uso de aire comprimido no representa generación de residuos contaminantes siendo una fuente de energía limpia ideal para las industrias alimenticias, textil, farmacéuticas, etc.
5. Abundante, el aire es todo lo que nos rodea y está disponible en cantidades ilimitadas para su procesamiento en la compresión.
6. Velocidad, los sistemas que usan aire comprimido son sencillos y simples que brindan la oportunidad de velocidades de trabajo elevadas.
7. Elementos simples, los elementos que constituyen un sistema neumático son de accionamiento simple.

Sus excelentes características hacen del aire comprimido un elemento atractivo para el uso industrial, sin embargo, el aire comprimido restricciones como propiedades adversas que se deben tomar en consideración al momento de decidir su uso. (Lira, 2017)

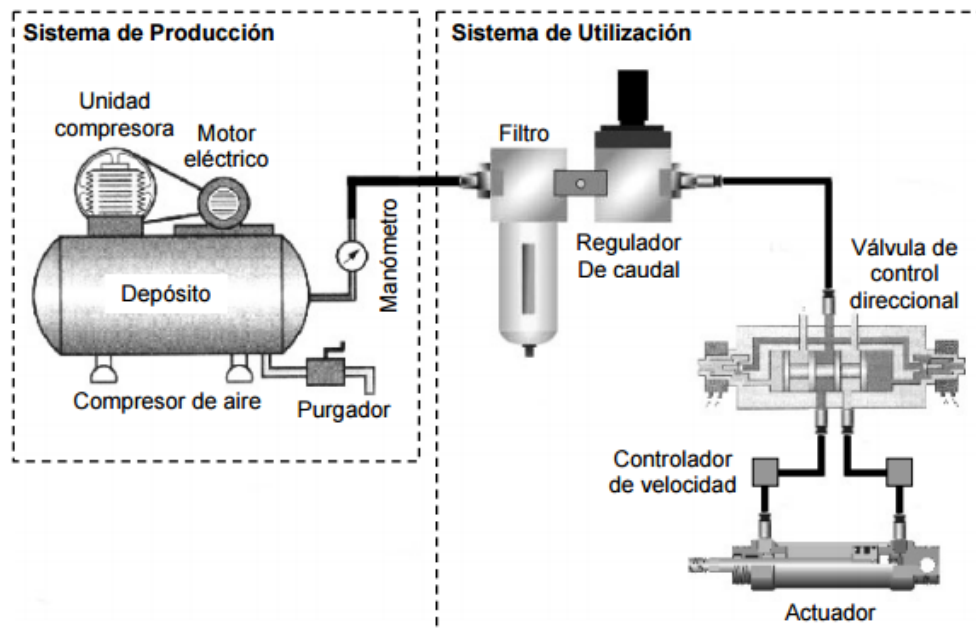
1. Tratamiento, el aire una vez comprimido debe ser filtrado y tratado previo a su utilización, evitando la contaminación de los elementos con sólidos y líquidos provenientes del condensado, con el fin de mantener la vida útil de los elementos.

2. Comprensible, esta característica que presenta una ventaja en el almacenamiento, es una desventaja al momento de requerir fuerza de trabajo, considerando que su límite está determinado por su presión de servicio de 7 bares o 110 PSI.

3. Ruido, en el accionamiento de los actuadores una de las cámaras libera su presión al ambiente produciendo niveles de ruido importantes, sin embargo, la industria cuenta con elementos que disminuyen el nivel de ruido gracias al desarrollo de material insonorizaste.

4. Control de pérdidas, los sistemas de aire comprimido requieren una presión constante de línea, las pérdidas por conectores defectuosos (fugas) aumentan el costo de producción del aire comprimido considerablemente, así como el ruido.

El caudal es el que determina la velocidad con la que un fluido se desplaza por una tubería hasta llenar el volumen del nuevo contenedor, que para el caso de los sistemas neumáticos son los actuadores que transforman la energía neumática en energía mecánica para su aprovechamiento. (Lira, 2017)



**Figura 2: Sistema neumático**

**Fuente. (Guachi, 2017)**

Elementos de un sistema neumático: un sistema neumático está constituido por tres elementos principales, la generación, control y ejecución.



**Figura 3: Elementos de un sistema neumático**

**Fuente. (Autor)**

### 1.1.1 Elementos principales

Compresores, estos elementos son los encargados de tomar el aire presente en el ambiente a presión atmosférica por aspiración, y someterlo a compresión para entregar con una presión elevada para su almacenamiento y uso, en el mercado existen diversos tipos de compresores que se aguantan a las necesidades de cada área de la industria, entre los más conocidos por su uso se los puede clasificar en:



**Figura 4: Tipos de compresores de desplazamiento**

**Fuente. (Autor)**

## 1.2 Control

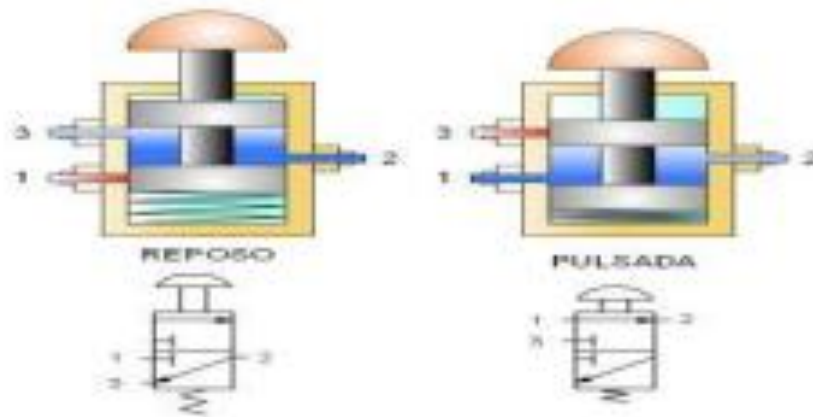
En esta etapa del sistema se determina la lógica de control de los actuadores, en función de las secuencias, procesos y necesidades. El control puede ser neumático, o asistido por métodos eléctricos o electrónicos (electro-neumático), en método a ser utilizado principalmente lo determina el nivel de complejidad de la automatización.

### 1.2.1 Control neumático

El control neumático se apoya en elementos mecánicos para su implementación, los cuales cumplen las funciones de restricción, permisión, conmutación, temporización, retardo entre otras, el aire comprimido en una fuente de energía unidireccional en la cual para su control no se requiere líneas de retorno, así el aire es el encargado de circular



accionando los mecanismos que permitirán la activación de los actuadores. Estos elementos son de activación mecánica y se los conoce como valvulería, principalmente porque su función primaria es la una válvula de paso, que permite o restringe el flujo de aire comprimido.



**Figura 5:** Elemento de control neumático

**Fuente:** (Wordpress, 2013)



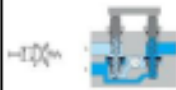
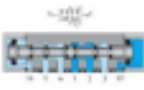



	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	DIAGRAMA	USO
<b>VÁLVULAS</b>	2/2.	Sistema de paso, normalmente cerrada		Finales de carrera, inicio o fin de operación, se los utiliza como sensores de posición, pulsadores.
	3/2.	Tres vías dos direcciones		Son utilizados principalmente para el accionamiento directo de un sistema pequeño, como pulsador, o accionamiento de una válvula de mayor capacidad con piloto neumático
	4/2.	Cuatro vías dos direcciones		Se las usa en accionamiento de actuadores de forma manual, cuenta con una entrada de presión dos posiciones y un escape para el aire residual.
	5/2.	Cinco vías dos direcciones		Se las usa en accionamiento de actuadores de forma manual, o pilotada, cuenta con una entrada de presión dos posiciones y escapes independientes
	4/3.	Cuatro vías tres direcciones		Se las usa en accionamiento de actuadores de forma manual, su principal diferencia es la posición central que permite el accionamiento del actuador en cualquier posición.
	AND	Válvula de accionamiento lógico AND, dos señales un accionamiento		Restricción de accionamiento, seguridad dos o más validaciones simultaneas para el accionamiento del sistema
	OR	Válvula de accionamiento lógico OR,		Conmutación de señales, activación del sistema de dos o más puntos independientes

Tabla 1: Elementos neumáticos

Fuente. (Autor)

### 1.3 Limitaciones del control neumático

El control neumático se lo utiliza en pequeños circuitos, de complejidad moderada con un número de actuadores limitada, dado que su activación principalmente es manual, con selectores y pulsadores numantino, su principal limitación es el espacio físico requerido para su implementación, dado que cada línea de alimentación debe ser capaz de transportar el aire comprimido con el caudal (Q) y la presión (P) requerida.

Otro limitante en este tipo de sistemas de control neumático es la inestabilidad de suministro de energía, debido a que la presión y el caudal se ven afectada conforme pasa por los puntos de consumo, mientras más puntos de consumo (válvulas de control) se implementan para el control, mayor es la probabilidad de fallas por pérdida de presión en la cola del circuito. A esto se le suma que el circuito de control neumático es fijo con poca posibilidad de modificación. (Wordpress, 2013)

#### 1.3.1 Control electro-neumático

El control electro-neumático es la fusión de dos sistemas independientes de control de energía, la electroóptica y la neumática, combinando la confiabilidad de un sistema eléctrico con la versatilidad de un sistema neumático, apoyando su funcionamiento en circuitos eléctricos, o electrónicos para la activación de válvulas neumáticas controladas por solenoides para su cambio de estado, la principal ventaja es la posibilidad de una automatización de mayor complejidad, la reducción de espacio físico de implementación y facultad de modificar dinámicamente las secuencias de activación.

El control electro-neumático se divide en dos, el control eléctrico que hace uso de elementos mecánicos de control eléctrico como relés, temporizadores, contactares, etc., dispuestos en un tablero con una configuración y conexión de acuerdo con el circuito eléctrico, diseñado para ejecutar la lógica requerida por el proceso. La principal ventaja de este sistema es la reducción drástica de espacio físico requerido para la conexión, y la posibilidad de desarrollar una lógica más compleja al sustituir el sistema de mangueras neumáticas y válvulas de control, por un sistema eléctrico con relés, temporizadores, pulsadores eléctricos, y cable con un tamaño compacto y con la posibilidad de configuración de bloques más eficiente. (Wordpress, 2013)



**Figura 6: Tablero de control electro-mecánico**

**Fuente. (Autor)**

El segundo sistema de control es apoyado en un Controlador Lógico Programable más conocido por sus siglas en inglés como PLC el cual es un computador industrial utilizado en la automatización, este sistema de control amplió la capacidad de control en un espacio reducido, al ejecutar la lógica de control dentro de sus sistemas integrados eliminando la necesidad de instalar circuitos de control físico, el PLC cuenta con una estructura sólida que integrará al controlador y los módulos de entrada y salida I/O, encargados de tomar la información del entorno, procesarla y generar señales de activación.



**Figura 7: Tablero de control por PLC**

**Fuente. (Autor)**

Las ventajas del control por PLC van desde una capacidad de automatización mayor, hasta la versatilidad y dinamismo con la que se puede interactuar con el equipo, el control por PLC permite un monitoreo en tiempo real del funcionamiento, así como la detección de problemas con el uso de una interface humana maquina (HMI). Es una pantalla que permite visualizar gráficamente los procesos y el flujo de información.

En la actualidad la industria de fabricación se apoya ampliamente en la automatización de su proceso. Dependiendo del nivel de complejidad del sistema los PLC se los encuentra en una amplia gama de variedad y costo, que se diferencian en su nivel de almacenamiento y procesamiento.

#### 1.4 Automatización

Al principio la opinión en general acerca de la automatización se encontraba dividida en dos grandes grupos, para algunos era la solución a los problemas industriales y para otros era algo desventajoso que traería el desempleo en masa y otras desgracias. Pero en realidad no fue ni una cosa ni la otra. La automatización es una técnica industrial que sencillamente proporciona una extensión y un refinamiento de métodos anteriores que han estado en uso por largo tiempo. (Rodriguez, 2008)

El sistema de automatización es un proceso en el cual las tareas son ejecutadas por personal operativo (personal humano) a un grupo de elementos tecnológicos. Este sistema mantiene dos configuraciones principales:

- Parte de mando
- Parte operativa

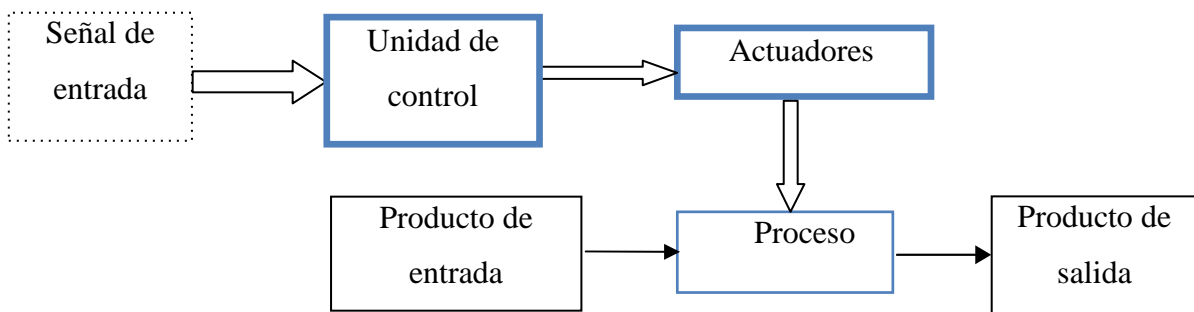
**La parte de mando:** es una tecnología programada autómata, años antes se utilizaban relés electromagnéticos, módulos lógicos, tarjetas electrónicas. El PLC debe ser capaz de comunicarse con todos los sistemas automatizados.

**La parte operativa:** actúa directamente sobre los sistemas mecánicos, estos dispositivos hacen que la máquina realice movimientos que uno desee. Los actuadores están enlazados con las máquinas como son motores, compresores de aire, cilindros neumáticos, sensores y finales de carrera, etc. (Rodriguez, 2008)

## 1.5 Forma o estructura del control en un proceso automatizado

### 1.5.1 Control de lazo abierto

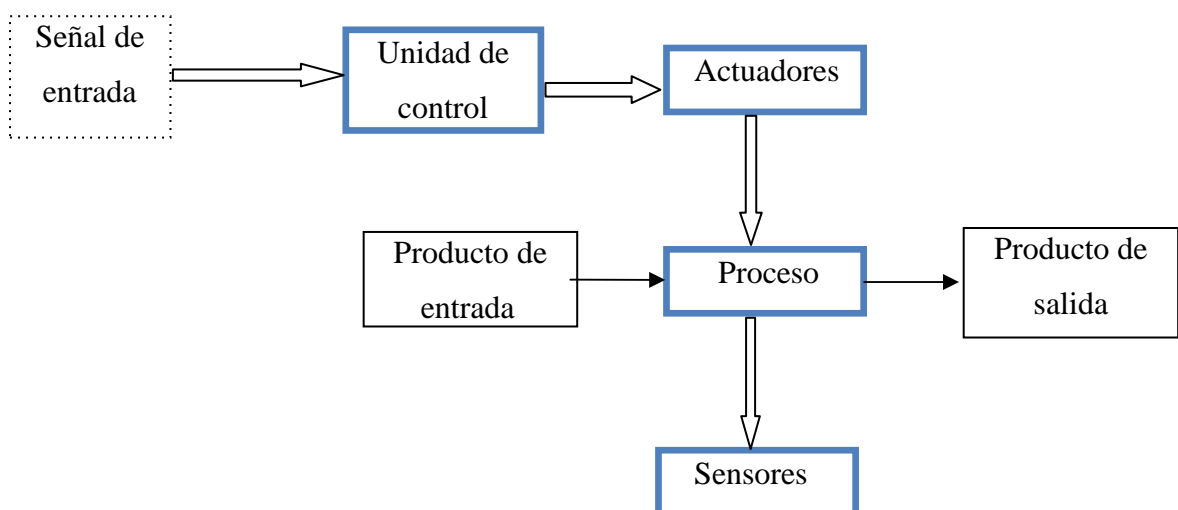
Esta forma de control se presenta en procesos donde la señal de salida no afecta la acción de control, es decir no se mide la señal de salida ni se realimenta para compararla con la de entrada.



**Figura 8: Control de lazo abierto**  
Fuente. (Autor)

### 1.5.2 Control de lazo cerrado

En este control existe una realimentación de los sensores desde el proceso hacia el sistema de control, que permite a este último conocer si las acciones ordenadas a los actuadores se han realizado correctamente sobre el proceso.



**Figura 9: Control de lazo cerrado**  
Fuente. (Autor)

## 1.6 Tipos de automatización

**Vigilancia:** este tipo de automatización realiza la observación de magnitudes respondiendo a un objetivo de conocimiento técnico y económico del proceso. En este caso el órgano de control adquiere informaciones, las analiza y produce un reporte diario y los balances respectivos. (Rodríguez, 2008)

**Guía operador:** complementa el tipo anterior con procedimientos más elaborados y propone a los responsables de la planta o proceso acciones para conducir o realizar el proceso según un criterio dado. (Rodríguez, 2008)

La automatización está aquí todavía en un lazo abierto, es decir, no actúa directamente sobre el proceso; el lazo lo “cierra” el operador.

**Mando:** este tipo de automatización tiene una estructura de lazo cerrado. Corresponde a la automatización completa de ciertas funciones, después de la adquisición de datos, pasando por su tratamiento, para llegar a una acción sobre el proceso. El hombre está aquí excluido de la ejecución: está encargado de las funciones de vigilancia e interviene en caso de incidente para asumir el control manual del proceso, ayudado eventualmente por un modo Guía operador que se corresponde con un funcionamiento degradado del sistema. (Rodríguez, 2008)

Tipo de automatización	Funciones			Estructura
	Adquisición de datos	Tratamiento de datos	Acción	
Vigilancia	Si	No	No	Lazo abierto
Guía	Si	Si	No	Lazo abierto
Mando	Si	Si	Si	Lazo cerrado

**Tabla 2: Tipos de automatización**

**Fuente (Autor)**

### 1.6.1 Objetivos de la automatización

- Mejorar la calidad, con la reducción de re trabajos accidentales ocasionados por la parte humana.
- Mejorar las condiciones apropiadas de seguridad en la estación de trabajo, debido que no interactúa el hombre con la máquina.
- Ejecuta operaciones imposibles de controlar de manera manual.
- Ejecución de actividades con precisión y mayor velocidad para mejorar la producción, reduciendo costos y mejorar la calidad de la misma.

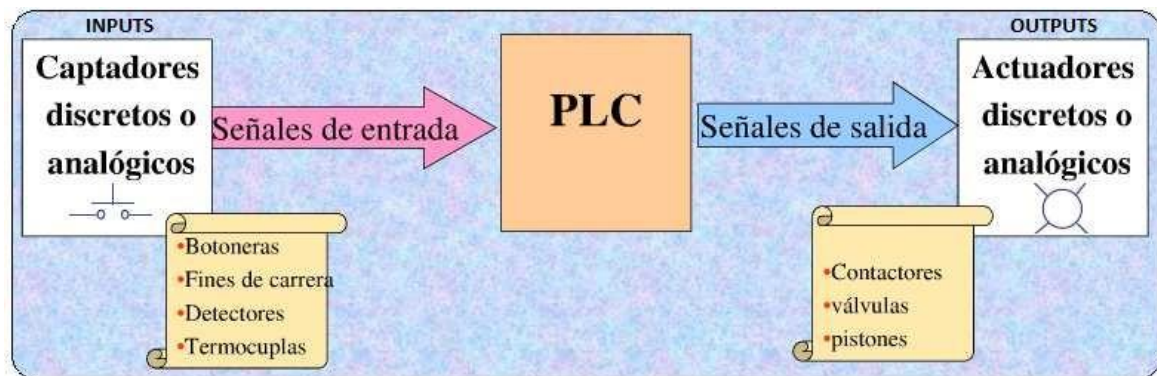
## 1.7 Controlador lógico programable (PLC)

### 1.7.1 Introducción

Antes de la invención del Controlador Lógico Programable más conocido como PLC, el control en la mayoría de las industrias se realizaba mediante un panel de control donde interruptores y relés se utilizaban en los circuitos diseñados para hacer decisiones lógicas. De este modo un PLC es un dispositivo electrónico programable utilizado en el control industrial para realizar operaciones lógicas a través de una secuencia de instrucciones, llamada programa del PLC que se la guarda en su memoria interna; es decir el PLC es un sistema de control que realizar las siguientes operaciones en tiempo real: monitorear el estado de las entradas a las cuales están conectados sensores y controlar autónomamente los dispositivos que están conectados a las salidas pudiendo así encender motores eléctricos y distintos tipos de actuadores controlando procesos secuenciales.

De este modo un PLC realiza su trabajo con la información recibida por los sensores y el programa lógico interno, accionando o desconectando los contactos de los actuadores de la máquina, equipo o instalación que se esté automatizando. (Antonio, 2012)





**Figura 10: Esquema de utilización de un PLC**

Fuente (Antonio, 2012)

### 1.7.2 Funciones básicas del PLC

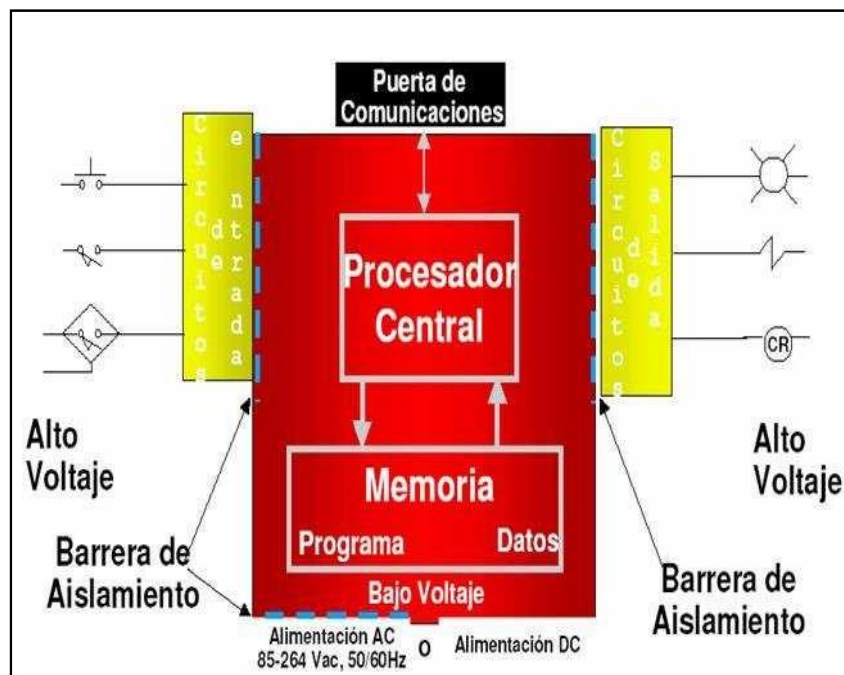
- **Detección:** lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación.
- **Mando:** elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los accionadores y preaccionadores.
- **Diálogo hombre máquina:** mantener un diálogo con los operarios de producción, obedeciendo sus consignas e informando del estado del proceso.
- **Programación:** para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómatas. El diálogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con nuevas funciones.
- **Redes de comunicación:** permiten establecer comunicación con otras partes de control. Las redes industriales permiten la comunicación y el intercambio de datos entre autómatas a tiempo real. En unos cuantos milisegundos pueden enviarse telegramas e intercambiar tablas de memoria compartida.
- **Sistemas de supervisión:** también los autómatas permiten comunicarse con ordenadores provistos de programas de supervisión industrial. Esta comunicación se realiza por una red industrial o por medio de una simple conexión por el puerto serie del ordenador.
- **Control de procesos continuos:** además de dedicarse al control de sistemas de eventos discretos los autómatas llevan incorporadas funciones que permiten el

control de procesos continuos. Disponen de módulos de entrada y salida analógicas y la posibilidad de ejecutar reguladores PID que están programados en el autómata.

- **Entradas- Salidas distribuidas:** los módulos de entrada salida no tienen por qué estar en el armario del autómata. Pueden estar distribuidos por la instalación, se comunican con la unidad central del autómata mediante un cable de red.

### 1.8 Parte del PLC

- Un controlador lógico programable está constituido por un conjunto de tarjetas o circuitos impresos, sobre los cuales están ubicados componentes electrónicos de este modo un PLC es básicamente un computador y por lo tanto posee la estructura interna típica del mismo. La estructura básica del hardware de un PLC se puede ver en la Figura 11 y está constituido por: (Antonio, 2012)
  - Fuente de alimentación
  - Unidad de procesamiento central (CPU)
  - Módulos de interfaces de entradas/salidas (E/S)
  - Módulo de memorias
  - Unidad de programación



**Figura 11: Partes de un PLC**

Fuente (Antonio, 2012)

## **CAPÍTULO 2**

### **2.1 MARCO METODOLÓGICO**

Para dar inicio al desarrollo de este proyecto, se usaron los métodos de investigación como la técnica de revisiones bibliográficas ya que fu necesario, buscar información de varias fuentes que permitieron conocer varios proyectos con características similares para mejorar la problemática actual y recopilar así los datos necesarios para presentar una propuesta innovadora, además se incluyen textos de automatización y control, instrumentación electrónica e información de hojas técnicas de cada uno de los dispositivos seleccionados para realizar el sistema de comunicación. Además, se usaron varios métodos tales como deductivos, observación directa, método experimental y documentación.

#### **2.1.1 MÉTODO DEDUCTIVO**

Para la fundamentación teórica basados en una revisión bibliográfica, se elaboró el Capítulo 1, con el desarrollo del mismo el método deductivo, para abordar desde el aspecto más general de los sistemas electro neumáticos, hasta llegar a conocer sus componentes principales, su funcionamiento, que son aquellos que van a ser intervenidos en este proyecto. También mediante este método se desarrolla el tema de automatización, de tal forma que al tener claros los dos temas generales de la fundamentación teórica, se pueda elaborar una propuesta acorde a los requerimientos de la industria.

#### **2.1.2 MÉTODO DE OBSERVACIÓN DIRECTA**

Se realiza un levantamiento de todos los componentes del sistema neumático, electro neumático, principalmente el molde maestro que ensambla las carrocerías, esta observación permitió conocer el estado y funcionamiento actual, tanto del equipo como de su sistema de control.

### **2.1.3 MÉTODO EXPERIMENTAL**

En la fase de implementación, se realizó la programación tanto del PLC como el grupo de válvulas electro neumáticas, basado en la lectura comprensiva y analítica de los manuales de programación de los equipos. Una vez programados tanto el PLC como el electro válvulas, se configura también a través de la técnica de prueba y error se corrige los problemas e inconvenientes presentados en el proceso, tales como calibración en la lectura de sensores, tiempos, funcionamiento visual y físico de los actuadores neumáticos.

### **2.1.4 MÉTODO DOCUMENTACIÓN**

El proyecto de investigación se desarrolló con una modalidad bibliográfica ya que en primera instancia se revisó proyectos de tesis de grado que tienen alguna semejanza con el tema propuesto, además de tener un enfoque más amplio del tema seleccionado se documentó todo lo realizado durante la ejecución del presente trabajo.

Esta investigación se fundamentó básicamente en información recopilada en internet, folletos, libros, revistas y alguna otra información relacionada con el tema, enfocándose en los métodos y equipos utilizados para el desarrollo del sistema de automatización del molde de ensamblaje de carrocerías.

## **CAPÍTULO 3**

### **PROPUESTA**

#### **3.1 Introducción**

La siguiente propuesta, como se describe en el tema, plantea como solución al problema definido la “Automatización del sistema de soldadura fija, y aumento de velocidad de cierre / apertura del sistema electro-neumático de ensamblaje del vehículo” el cual se componen de dos etapas que son:

1. Reestructuración del proceso de cierre apertura.
2. Automatización del proceso de soldadura de pistolas fijas de sistema.

#### **3.2 Reestructuración del proceso de cierre apertura.**

Una parte importante para el apertura y cierre del molde maestro de automóviles es validar la lógica de secuencia anterior en el programa para realizar el cambio con la nueva lógica que se implementara en el molde maestro con la automatización de las pistolas fijas de los laterales izquierdo y derecho del molde maestro de carrocerías.

#### **3.3 Automatización del proceso de soldadura de pistolas fijas de sistema.**

Para la automatización de las pistolas fijas del molde consisten en verificar cuatro etapas: sistema neumático, sistema de programación, independización de las pistolas fijas y puesta en marcha el molde maestro de automóviles.

#### **3.4 Modificación lógica programa**

La programación es la encargada de mantener la lógica de funcionamiento del automatismo y determina su comportamiento en ciclos cerrados de funcionamiento, estableciendo un inicio, secuencias y fin. La programación es una serie de comandos que se descarga en el PLC para su ejecución, obedeciendo a entradas esenciales para su cómputo y entregando resultados “salidas”, activación de señales eléctricas.

La programación inicial que gobierna la activación del molde electro neumático de ensamblaje del vehículo, obedecía a 19 secuencias de activación para su cierre y 19 secuencias para su apertura, con una dependían de la interacción humana muy elevada para

dar paso a la siguiente secuencia que implica el requerimiento de dos operadores para su activación Figura 12

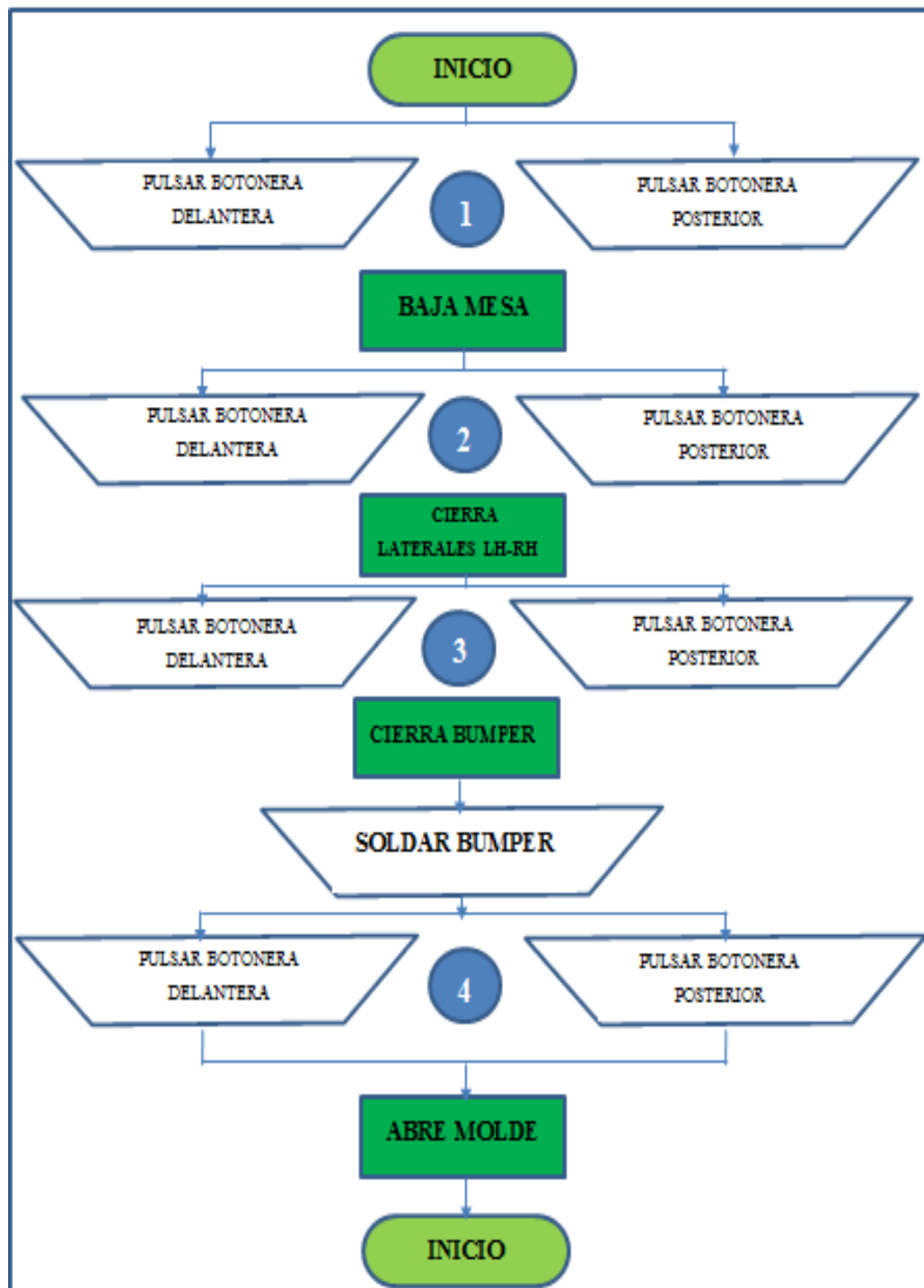
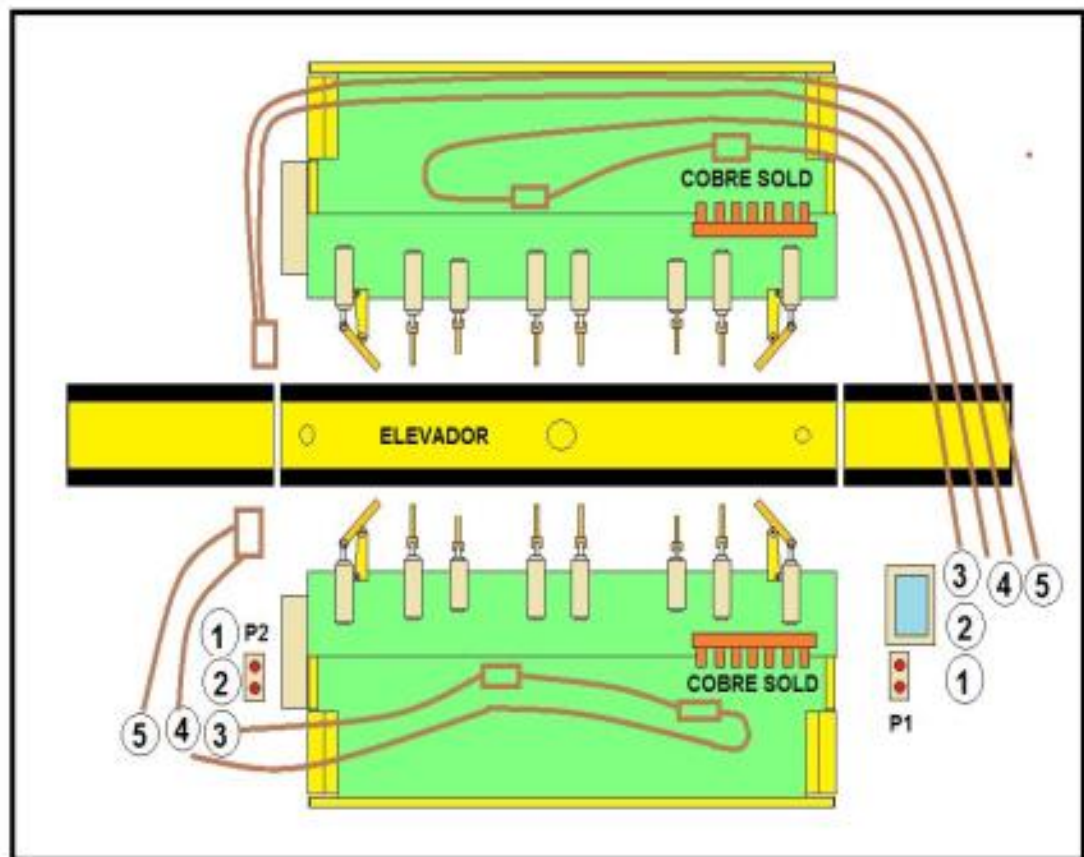


Figura 12: Secuencia de pulsación

Fuente (Autor)



**Figura 13: Esquema de movimiento del proceso final**

**Fuente (Autor)**

Como se aprecia en la figura 13, el exceso de movimientos sumado al requerimiento de dos operadores entorpece y limitan el sistema y la capacidad de producción del mismo se limita.

### 3.5 Modificación secuencia base.

La secuencia base de activación se modifica tomando en consideración los desperdicios de la activación anterior, y modificando la interacción humana permitiendo la activación y manipulación del sistema con un solo operador.

En las siguientes páginas se expone la secuencia lógica inicial programada dentro del PLC RSLogix 5000 para el control del sistema electro neumático de ensamblado del vehículo

### **3.6 Cronograma de actividades**

Las actividades a realizarse para la implementación de este proyecto se dividen en cuatro etapas, las cuales se realizarán en paralelo con la producción, evitando que dichas actividades influyan con el proceso, así las cuatro etapas son:

1. Sistema Neumático, el cual se basa principalmente en la implementación de las tres derivaciones de  $\frac{3}{4}$  de pulgada, y la instalación del bloque de 9 Electroválvulas ISO SMS VQ7-8FG-D-3NR por lado para la independización del accionamiento de las pistolas fijas de soldadura.

2. Programación, que se centra principalmente en la modificación de la lógica de accionamiento del molde en un ambiente virtual sin intervenir en la lógica original del molde.

3. Independización de soldadura, para esta etapa se centrará en la instalación de los equipos de soldadura (transformador y controlador), así como las conexiones eléctricas de las electroválvulas en las salidas no usadas por el sistema.

4. Puesta en marcha, en este punto de la etapa conjugan las tres etapas iniciales con la conexión física de los sistemas, descarga de programa y pruebas de funcionamiento en vacío y posterior pruebas en producción.

### **3.7 Unidad de programación**

Los terminales de programación, son el medio de comunicación entre el hombre y la máquina; estos aparatos están constituidos por teclados y dispositivos de visualización. Existen tres tipos de programadores los manuales (Hand Held) tipo de calculadora, Los de video tipo (PC), y la (computadora). La interface de comunicación permite conectar el CPU a una unidad de programación o a otros dispositivos. Algunas CPUs disponen de dos o más interfaces de comunicación.



### **3.8 Funcionamiento**

Al encender un PLC hay un proceso inicial en el cual se produce un RESET. Después el PLC tiene un funcionamiento de tipo secuencial, en otras palabras, las operaciones tienen lugar una tras otra y se van repitiendo continuamente mientras el PLC se mantenga energizado. A este proceso se lo conoce como el ciclo de operación del PLC o SCAN del PLC. Este ciclo, que es de rastreo, nos da una idea de la rapidez de la operación del PLC ya que consiste en cuatro etapas importantes, que son:

#### **3.8.1 Primera etapa: revisar el status de las entradas**

El PLC primero le da un vistazo a cada una de las entradas para determinar si están activadas o desactivadas. En palabras simples, el PLC pregunta, ¿Estará el sensor conectado en la primera entrada accionando? ¿Cómo está en la segunda entrada? y así sucesivamente en todas las entradas. Guarda estos datos en su memoria para ser usado durante la siguiente etapa.

#### **3.8.2 Segunda etapa: ejecución del programa**

Después, el PLC ejecuta su programa una instrucción a la vez. Posiblemente su programa diga que si la primera entrada esta activada entonces que se accione la primera salida. Ya que, desde la etapa anterior, éste ya sabe que entradas están accionadas o apagadas, será capaz de decidir si la primera salida tendría que prender basándose en el estado de la primera entrada. Este guardará los resultados de la ejecución para ser usados más tarde en la siguiente etapa.

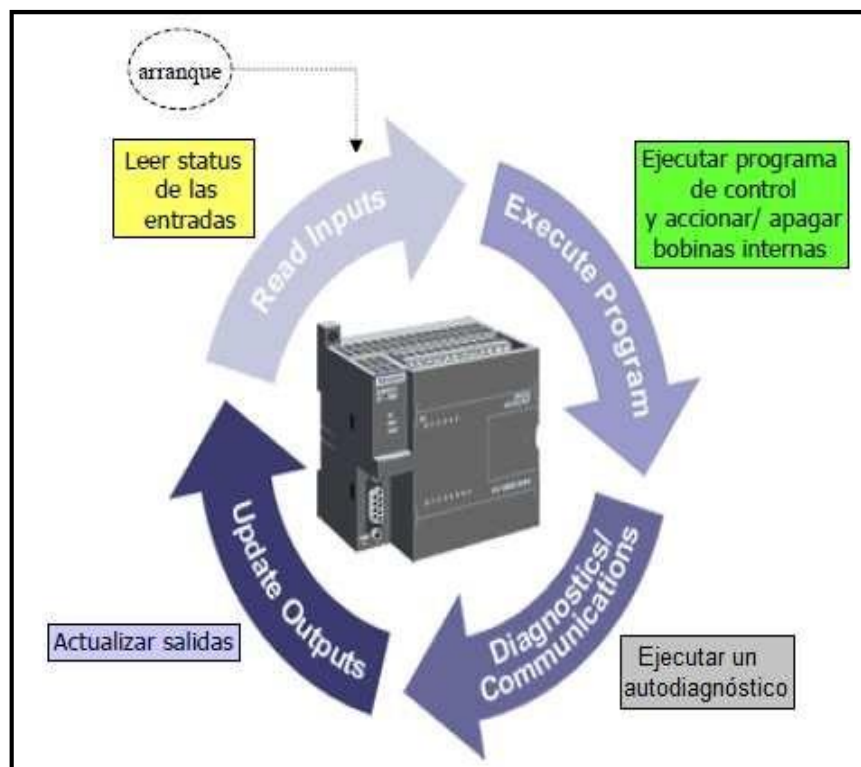
#### **3.8.3 Tercera etapa: diagnóstico y comunicaciones**

Mientras se está ejecutando el programa la CPU comprueba el firmware, la memoria del programa y el estado de los módulos de ampliación. En esta parte del ciclo también se procesan los mensajes recibidos por la interface de comunicación.

### 3.8.4 Cuarta etapa: actualización de salidas

Finalmente, el PLC actualiza el status de las salidas. Esto se realiza de acuerdo a que entradas estuvieron activadas durante el primer paso y los resultados de la ejecución de su programa durante el segundo paso. De acuerdo al ejemplo del paso 2 entonces prendería la primera salida ya que la primera entrada estuvo accionada y su programa dijo, prender la primera salida cuando esta condición sea verdadera.

Después de la tercera etapa el PLC vuelve a la primera etapa y repite las etapas continuamente produciéndose así un ciclo. Este proceso se lo puede apreciar mejor en la Figura 14. (Crespo, 2013)



**Figura 14: Ciclo de operación del PLC**

**Fuente. (Crespo, 2013)**

El tiempo de un SCAN es definido como el tiempo que se demora el PLC para ejecutar las 3 etapas. El tiempo requerido para realizar un SCAN puede oscilar entre 1 y 100 milisegundos y depende de:

- El número de entradas y salidas involucradas
- La longitud del programa
- El número y tipo de periféricos conectados al autómata



### 3.9 Programación

El programa de un PLC consiste en un lenguaje no informático, ya que es la representación del circuito de control mediante símbolos y funciones internas del PLC.

Existen varios lenguajes de programación, tradicionalmente los más utilizados son el diagrama de escalera (Lenguaje Ladder), preferido por los electricistas, lista de instrucciones y programación por estados, aunque se han incorporado lenguajes más intuitivos que permiten implementar algoritmos complejos mediante simples diagramas de flujo más fáciles de interpretar y mantener. Un lenguaje más reciente, preferido por los informáticos y electrónicos, es el FBD (en inglés Function Block Diagram) que emplea compuertas lógicas y bloques con distintas funciones conectados entre sí.

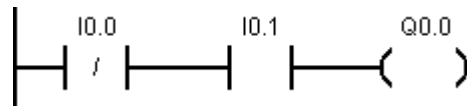
En la programación se pueden incluir diferentes tipos de operandos, desde los más simples como lógica booleana, contadores, temporizadores, contactos, bobinas y operadores matemáticos, hasta operaciones más complejas como manejo de tablas (recetas), apuntadores, algoritmos PID y funciones de comunicación multiprotocolo que le permitirían interconectarse con otros dispositivos. (Unicrom, 2016)

La lógica booleana que se aplica en la programación del PLC se explica así:

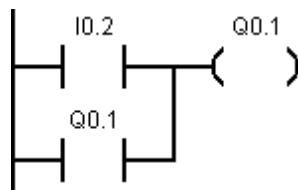
- “1” Bit activado 
- “0” Bit desactivado 
- Lógica positiva: 1 bit alto (24 V)  
0 bit bajo (0 V)
- Lógica negativa: 1 bit bajo (0 V)  
bit alto (24 V)

La lógica de las operaciones and y or en el diagrama de escalera se las puede construir así:

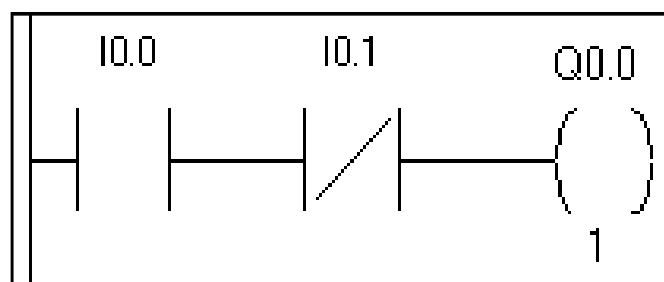
- Operación and (contactos en serie)



- Operación or (contactos en paralelo)

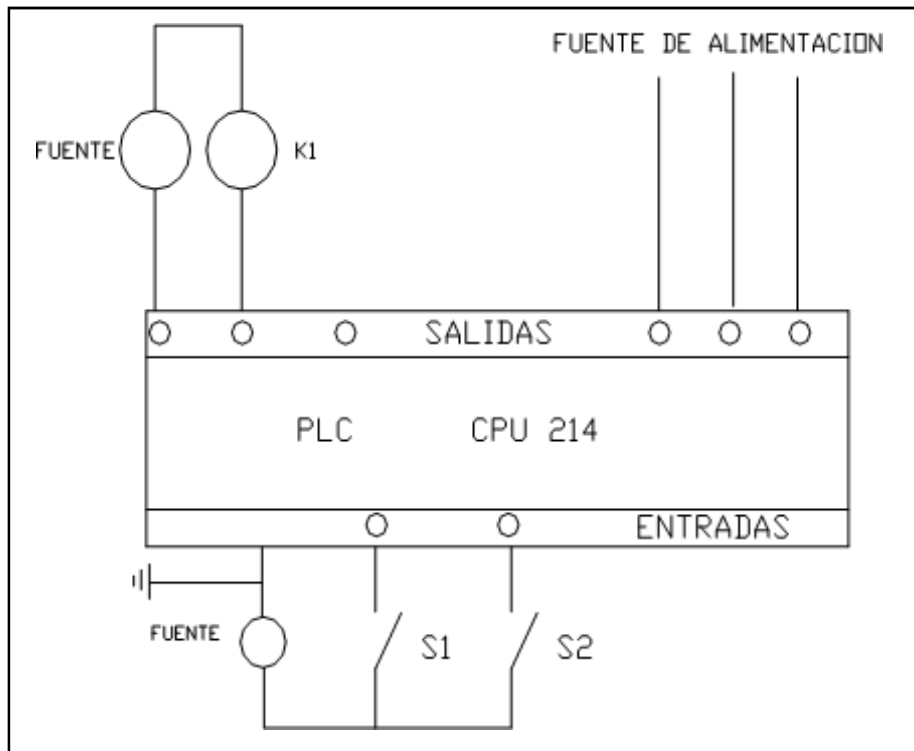


En la Figura 15 se puede ver un ejemplo de un programa simple realizado con el diagrama de escalera el cual está diseñado con dos contactos I0.0 y I0.1 y una bobina Q0.0 para encender y apagar una bobina donde I0.0 y I0.1 son entradas digitales que están conectadas a los pulsadores S1 y S2 y Q0.0 es una salida digital que está conectado a un led K1. En la Figura 16 está el diagrama de conexiones o de potencia donde se conectan los sensores, pulsadores, actuadores entre otros elementos al PLC.



**Figura 15: Esquema de programación para encender una Bobina**

**Fuente. (Unicrom, 2016)**



**Figura 16:** Esquema de programación para encender sensores, actuadores  
**Fuente.** (Unicrom, 2016)

## **CAPÍTULO 4**

### **IMPLEMENTACIÓN**

#### **4.1 Desarrollo**

La implementación se realiza sobre una máquina (Molde Maestro de ensamblaje de automóviles electro neumático), el cual requiere que las pistolas fijas de electro punto suelden de manera automática en el proceso de soldadura del auto. Por tal razón, fue necesaria la implementación de 2 bancos de electroválvulas, 2 controladores Obara de soldadura, 2 transformadores para mejorar la automatización del molde. El cual garantiza varios indicadores seguridad, productividad, velocidad, calidad y costos.

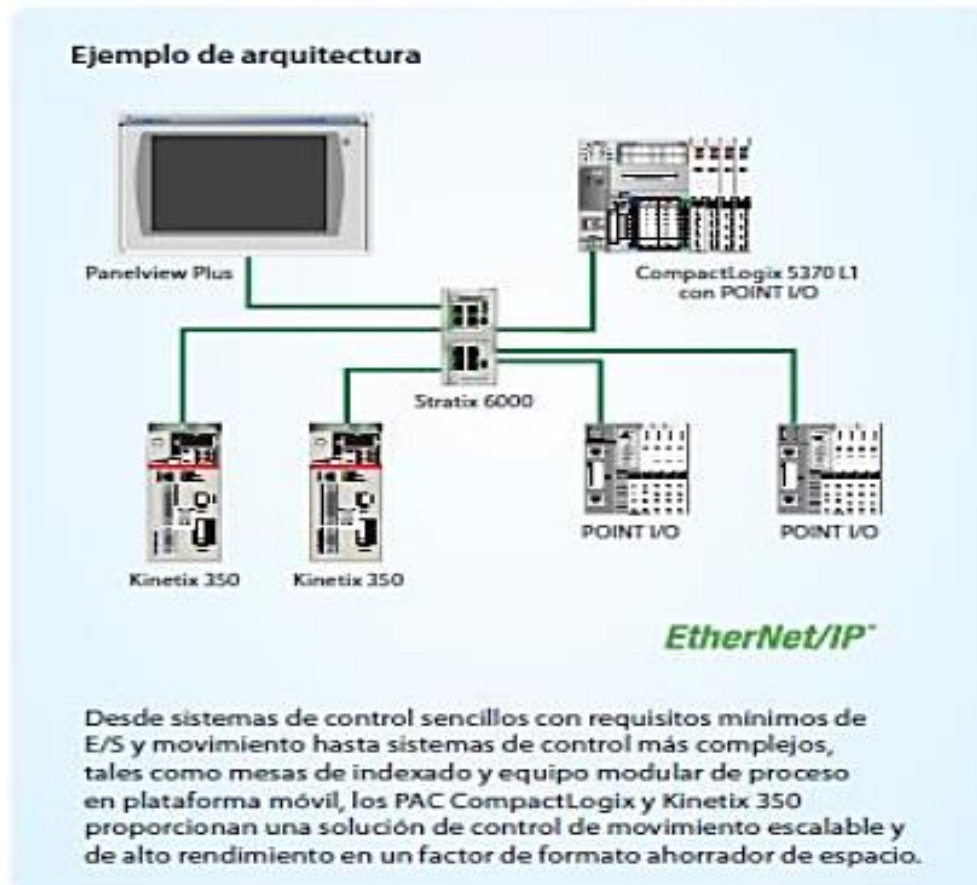
#### **4.2 Implementación**

Banco de electroválvulas ISO SMS VQ7-8FG-D-3NR, Se caracterizan por ser bi estables para la apertura y cerrado del sistema neumático. Son de rápido accionamiento con auto lubricado interno.

##### **4.2.1 Interface y control Panel View**

Para la implementación del proyecto se apoya en los elementos tecnológicos instalados como el PLC RS Logix 5000 que controla el sistema electro-neumático de ensamblado del vehículo cuenta con características de integración y una arquitectura favorable con una interface y control por Panel View.

En el sistema integrado se cuenta con 23 outputs (salidas) y 4 Input (entradas) libres para su uso e integración dentro del control. Para la implementación del proyecto se requieren 18 salidas que se encargaran de emitir las señales de accionamiento de las electroválvulas de soldadura para el cierre y apertura de las mismas, así como dos salidas adicionales para la activación de la secuencia de soldadura en los controladores, siendo el sistema capaz de soportar el requerimiento.



**Figura 17: Ejemplo de estructura RSLogix 5000**

**Fuente. (Rockwellautomation, 2008)**

La estructura electro neumática permite la incorporación el control independiente de las pistolas de soldadura internas del molde, con la inclusión de válvulas 5/2 independiente serie Electroválvulas ISO SMS VQ7-8FG-D-3NR. La acometida principal de aire comprimido cuenta con una presión de trabajo de 90 PSI que soporta la derivación y creación de anillos secundarios para abastecer la demanda del sistema.

### 4.2.2 Presupuesto del proyecto

Para la realización de este proyecto se plantea la utilización de material y elementos que serán reutilizados de un sistema que salió de la línea de producción y que se encuentra en proceso de desincorporación, optimizando los recursos existentes dentro de la planta con elementos como:

### 4.2.3 Selección de materiales

Cantidad	Detalle
14	Electroválvulas ISO SMS VQ7-8FG-D-3NR Se caracterizan por ser bi estables para la apertura y cerrado del sistema neumático. Son de rápido accionamiento con auto lubricado interno.
14	Placa base 3/8" SMC VS7-2-A03 Se caracteriza de estar compuesto de metal estaño. Resistencia a impactos y no se oxida en el ambiente.
50 m	Manguera neumática de 10 mm Resistente a temperaturas altas, flexible y de fácil manipulación.
2	Shunts multifilar de cobre. Transmiten energía eléctrica hasta 8000 Amp. Tienen enfriamiento al ambiente, recubrimiento de poliuretano.
4	Placas base de cobre, ayudan a la conductividad de la corriente eléctrica muy rápidamente, debido que el cobre es un excelente conductor de la electricidad.
1	PLC compact Logix 5000 Tienen mayor rendimiento, capacidad, productividad en máquinas y equipos inteligentes. Reduce el tiempo de puesta en marcha y administra el movimiento integrado en Ethernet/IP para aplicaciones de movimiento a alta velocidad y soluciones de seguridad SIL2
10	Cable de control Multi Par 5010 24 AWG trenzado (7x32) conductores TC, aislamiento de PVC semirrígido, pares trenzados, (100% de cobertura), cable de desagüe.
2	Cable de fuerza 3-416017-2000



2	Controlador obara ST-21 Los controladores de CA ligeros y compactos realizan un control de soldadura de alto nivel. Los datos de soldadura se pueden editar y copiar enseñando colgantes
2	Transformador obara PTB 150-406

**Tabla 3: Características de elementos para automatización del molde**

**Fuente. (Autor)**

MATERIAL A SER REUTILIZADOS			
DETALLE	SERIE	UNI	CANT
Electro-válvula SMC	VFS4200-5FZ	uni	26
Controlador OBARA	STN21	uni	2
Transformador OBARA	PTB 150-406	uni	2
Placas de cobre 50x12mm	N/A	uni	2
Pernos M12 x 75 con aislante	PT1275	uni	30
Kicless cables OBARA	3-416017-2000	uni	2

**Tabla 4: Material para ser reutilizado**

**Fuente. (Autor)**

Los elementos descritos en la tabla 3 se basan en los requerimientos internos de la empresa y su relación comercial con la marca OBARA, que proporciona los elementos constitutivos de un sistema de soldadura por resistencia, con las características específicas para satisfacer las necesidades de calidad, para la ejecución de este proyecto los elementos a ser reutilizados son suministrados por la empresa, a fin de cubrir sus necesidades en cuanto a calidad del producto se refiere. En la Tabla 4 se detalla el material que no se adquiere del proyecto saliente, estos elementos están seleccionados de acuerdo a las especificaciones originales del molde, manteniendo el sistema acorde a lo estipulado por la

empresa para su instalación, tanto en la parte neumática, de control como en la automatización.

MATERIAL REQUERIDO					
DETALLE	SERIE		C	COST UNIT	TOTA
Regulador SMC ¾	N/A		52	2.27	118.04
Manguera neumática	N/A		45	1.96	882
Soporte electro-válvulas	N/A		2	15	30
Terminales tipo talón	N/A		12	3.12	37.44
Cable AWG 1	1064/3		10	17.55	1755
Cable AWG 2	665/30		50	16.23	811.5
Cable multipar 14 x 18	E2832		50	14.35	717.5
Manguera ¾ para agua	N/A		10	2.57	257
Filtro SMC ¾	AF40-		4	45.5	182
Regulador SMC ¾	AR40-		4	47.75	191
Lubricador SMC ¾	AL40-		4	40.1	160.4
Espaciadores SMC ¾	Y400T		8	6.35	50.8
Tubería de conexión ¾	N/A		4	45	180
Tubo flexible ¾	N/A		12	2.75	33
Mano de obra	N/A		1	1500	1500
					6905.68
MATERIAL ACOMETIDA NEUMATICA					
DETALLE	SERIE		CANT	COST	TOTA
Filtro SMC ¾	AF40-06		4	45,5	182
Regulador SMC ¾	AR40-06		4	47,75	191
Lubricador SMC ¾	AL40-06		4	40,1	160,4
Espaciadores SMC ¾	Y400T		8	6,35	50,8
Tubería de conexión ¾	N/A		4	45	180
Tubo ¾	N/A		12	2,75	33
				<b>TOTAL</b>	<b>797,2</b>

**Tabla 5: Material requerido para implementación del proyecto**

**Fuente. (Autor)**

El valor de 6905.68 dólares requeridos serán retribuidos al sistema en forma de retorno de capital por aumento de productividad, y reducción del costo operativo.

Con el planteamiento de la mejora el sistema se estima aumentar la capacidad de producción de 8 unidades hora a 10 unidades hora, minimizando la interacción humano-máquina de 4 operadores a 2 operadores.

Costo operador \$450 mes.

Considerando una jornada de 8 horas y 22 días al mes se tiene: costo hora hombre \$2.56

Rentabilidad unidad producida \$17

La rentabilidad por hora de trabajo en el nuevo proceso se lo puede determinar de la suma del costo horas hombre y la rentabilidad de las unidades producidas (adicionales) en cada hora de producción.

Rentabilidad hora =  $2.56 + (2 \times 17)$  Rentabilidad hora = \$32.56

Con base en la inversión para este proyecto de a \$ 6905.68 podemos determinar el tiempo estimado de retorno del capital invertido.

$$\text{Retorno capital} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Rentabilidad hora}}$$

$$\text{Retorno capital} = \frac{\$6905.68}{\$32.56}$$

Retorno capital= 212.09 horas de producción del vehículo

#### **4.3 Modificación secuencia base actual.**

En el Figura 17 podemos observar la secuencia mejorada, establecida para la intervención de un solo operador para su accionamiento.

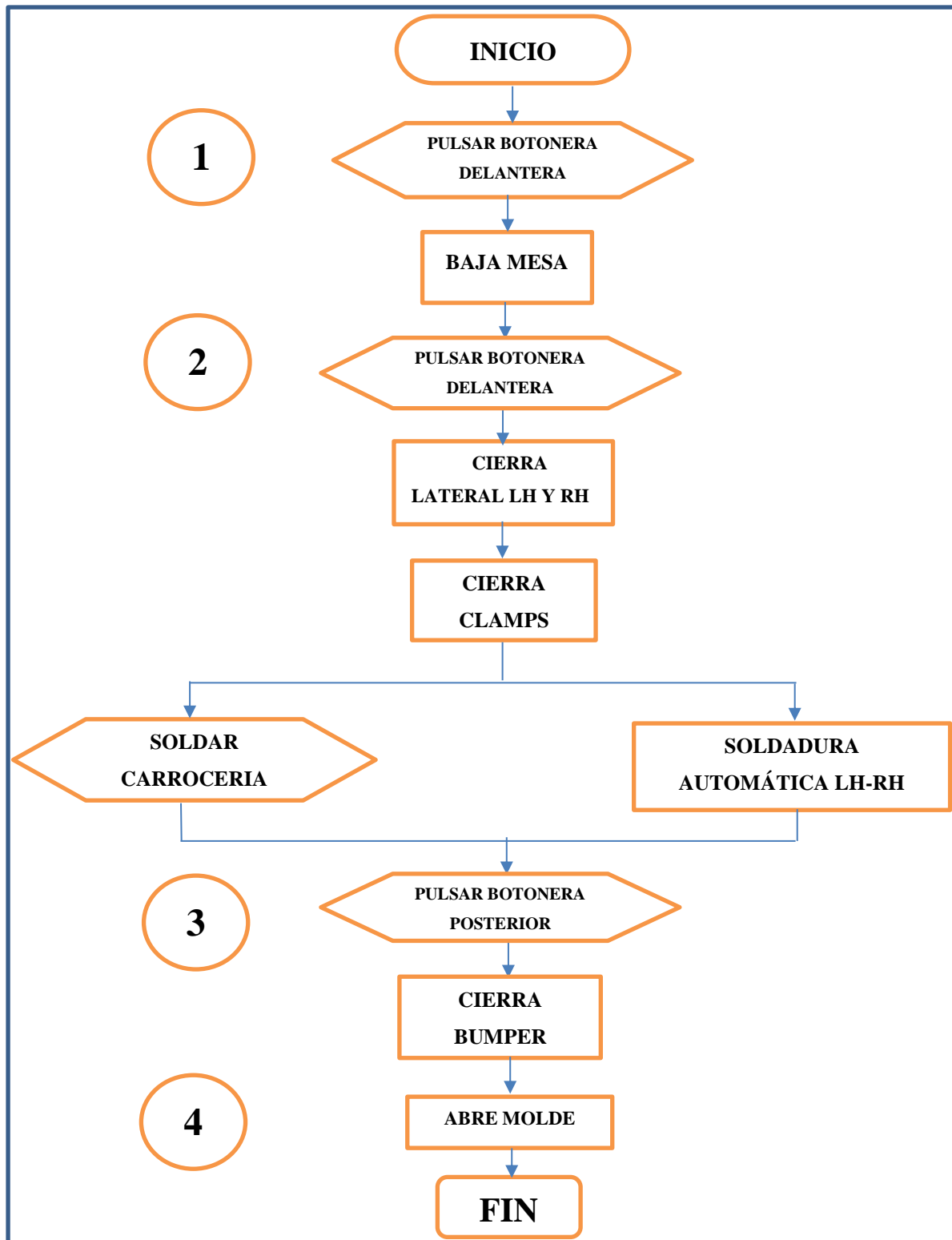
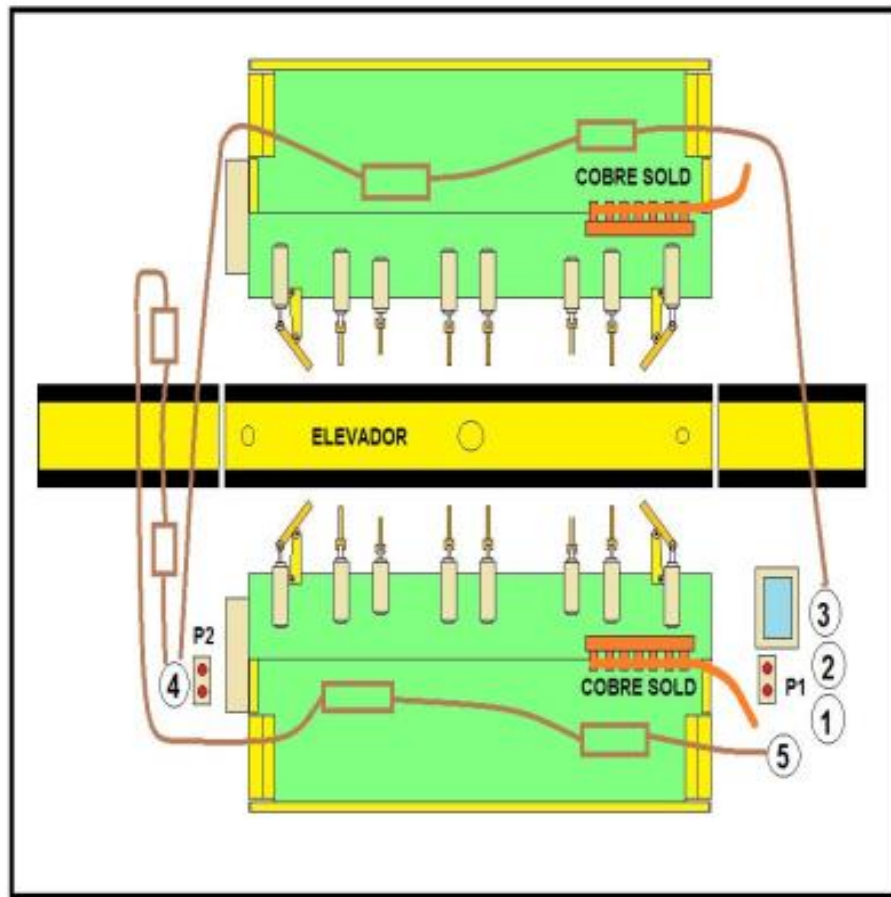


Figura 17: Secuencia de pulsación final

Fuente. (Autor)



**Figura 18: Esquema de movimiento proceso final**

**Fuente. (Autor)**

Como podemos apreciar en el Figura 18 el proceso de producción, mantiene un esquema más limpio tratando de mantener una secuencia ordenada, con los movimientos mínimos necesarios del operador, reduciendo el desperdicio por exceso de movimientos, así como la interacción humana máquina, permitiendo operar el sistema con un solo operador.

En las siguientes páginas se expone la secuencia lógica final programada dentro del PLC RS Logix 5000 para el control del sistema electro neumático de ensamblado del vehículo.

#### **4.4 Parámetros de la automatización del proceso de soldadura de pistolas fijas de sistema.**

1. PLC RS Logix 5000 instalado
2. 56 salidas del PLC libres
3. 26 entradas del PLC libres
4. Tensión soldadura 440VAC trifásico
5. Tensión de mando 24 VDC
6. Controlador STN21
7. Transformador OBARA PTB 150-406

#### **4.5 Situación inicial Secuencia de soldadura de pistolas fijas**

Al cierre de del sistema se inicia el proceso de soldadura por resistencia, que es la encargada de unir los sub-ensambles conformando la carrocería, el proceso es manual y se divide en dos procesos.

1. Soldadura con pistola de manual
2. Soldadura con pistolas fijas.

En el primer proceso el operador utiliza una pistola de soldadura, la cual se posiciona manualmente en los puntos predeterminados de la carrocería, en este caso el operador es el responsable tanto del posicionamiento como del accionamiento de la secuencia de soldadura Figura 19. El segundo proceso se utiliza pistolas de soldadura fijas ancladas en la estructura del sistema, las cuales permiten colocar los puntos de soldadura que son de difícil acceso para el operador y el equipo de soldadura , el accionamiento de la soldadura se realiza una vez el sistema se haya cerrado por completo, y la energía necesaria para la soldadura se trasmite desde el exterior del sistema mediante barras de cobre , que se encuentran conectadas a las pistolas fijas y en el otro extremo permite colocar la pistola manual en posición de soldadura y accionar la secuencia Figura 20.



**Figura 19: Operador en proceso de soldadura**

**Fuente. (Autor)**

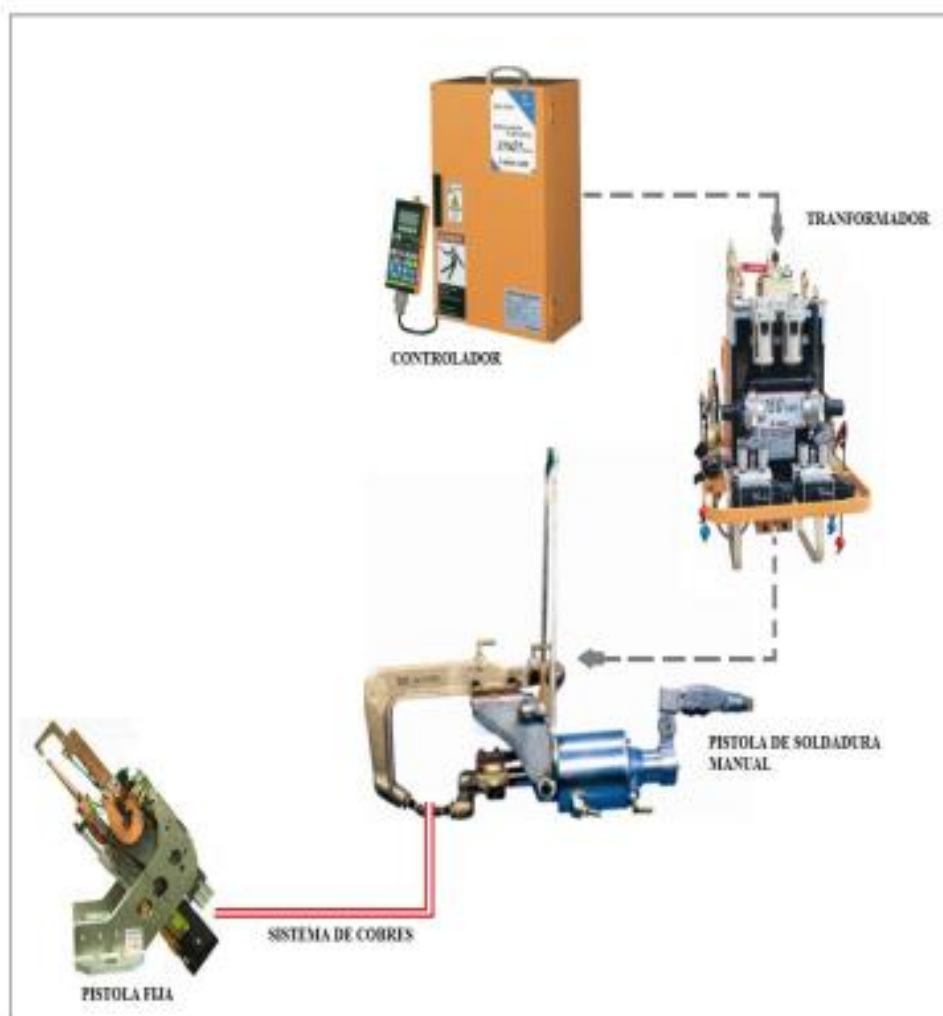


**Figura 20: Elementos soldadura manual OBARA**

**Fuente. (Autor)**

Este proceso depende en su totalidad de la acción del operador para su ejecución con un alto tiempo de ejecución que limitan al proceso.

La soldadura de pistolas fijas es un proceso que incorpora en la estructura del sistema pistolas de soldadura encargadas de unir las chapas metálicas en los lugares de acceso restringido para el operador, transmitiendo la energía requerida a través de un sistema de placas de cobre, que deriva la corriente de la pistola manual hacia las pistolas fijas Figura 21.



**Figura 21: Esquema soldadura pistolas fijas**

**Fuente. (Autor)**



En la Figura 22 muestra las pistolas de punto fijas en el jig electro-neumático del lateral del molde maestro.



**Figura 22: Pistolas fijas de soldadura**

**Fuente. (Autor)**

#### **4.6 Mejora de secuencia de soldadura de pistolas fijas**

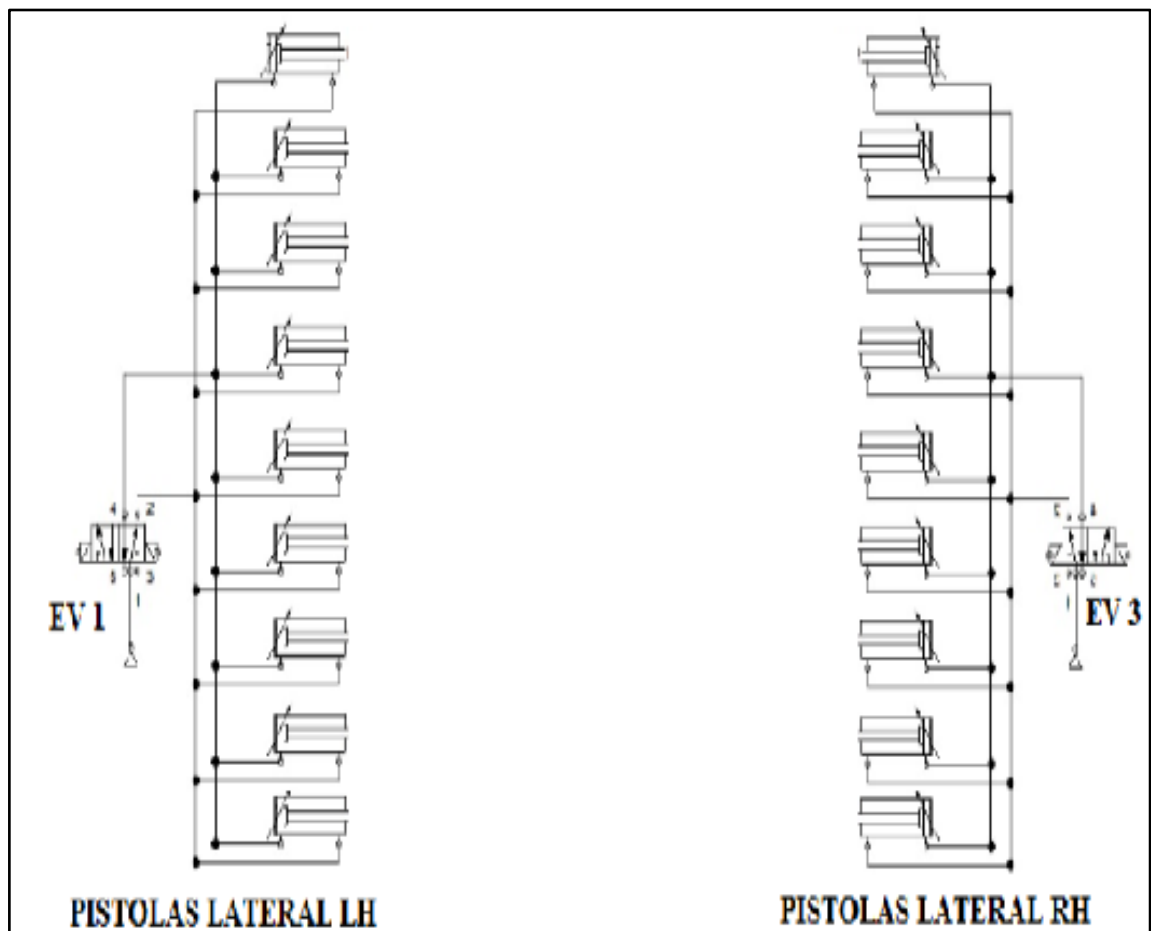
Se plantea la necesidad de mejorar la secuencia de soldadura de pistolas fijas, con la incorporación en el proceso automático de cierre apertura del molde, para lo cual se requiere los siguientes pasos.

1. Independización de accionamiento pistolas de soldadura fijas.
2. Instalación controlador de soldadura.
3. Instalación transformador de soldadura.
4. Modificación de sistema de cobres de alimentación
5. Implementación secuencia de soldadura en el programa.

#### **4.7 Independización de accionamiento pistolas de soldadura**

El accionamiento de las pistolas de soldadura se encuentra comandadas por tres electro-válvulas Figura, 24 en los laterales cada una comanda nueve pistolas de soldadura

y en el piso comanda ocho con un total de 26 pistolas fijas que se abren o sierran simultáneamente.



**Figura 23: Esquema sistema electro neumático de soldadura inicial**

**Fuente. (Autor)**

La automatización de la soldadura requiere que las pistolas de soldadura se activen independientemente y de manera secuencial. Se instalan dos grupos de 9 electro-válvulas figura 25, una en cada lateral del sistema, asociando una electro-válvula, a cada pistola de soldadura con su respectiva vinculación a las entradas del PLC de comando, dividiendo al sistema en dos lados Izquierdo y derecho.

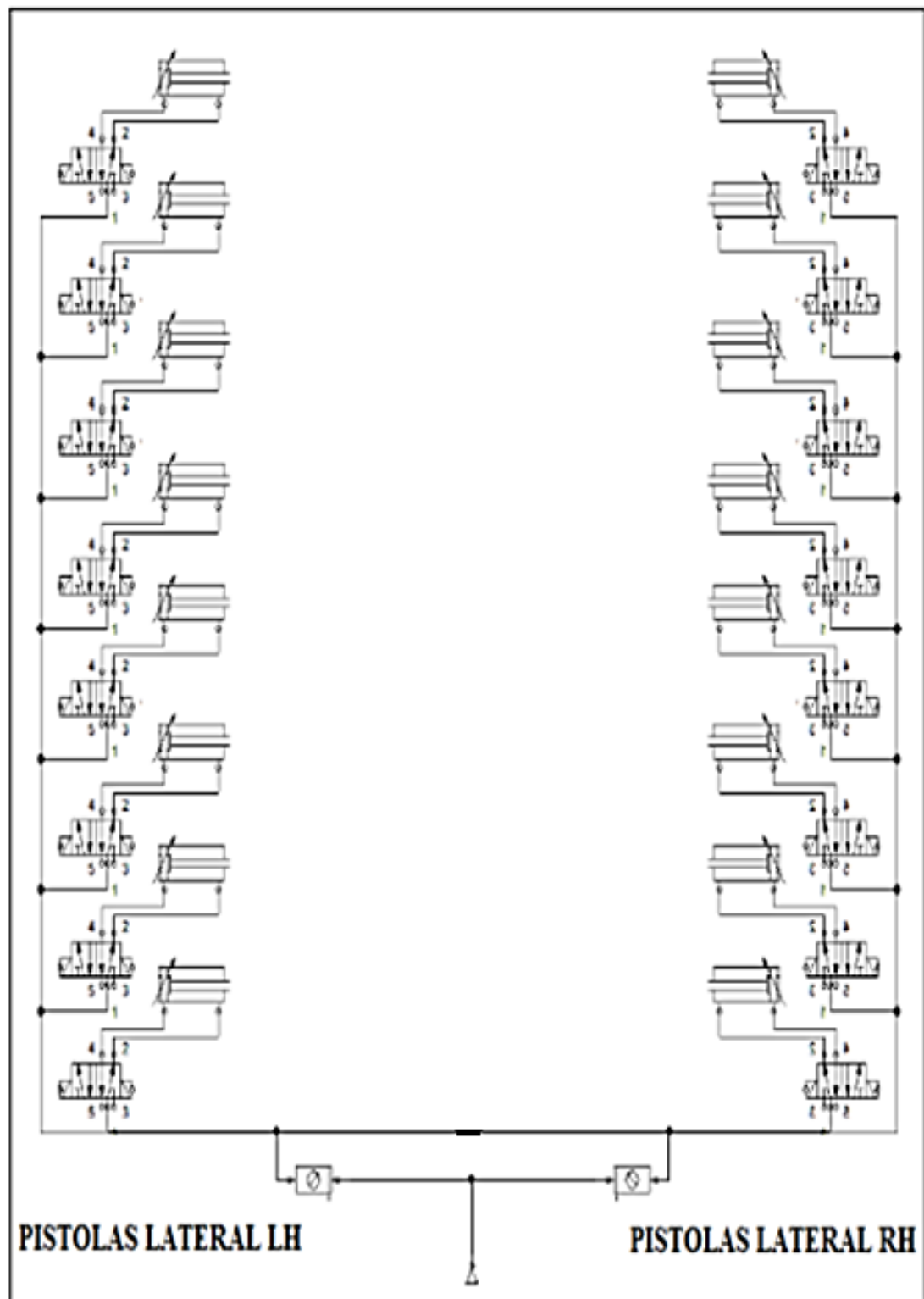
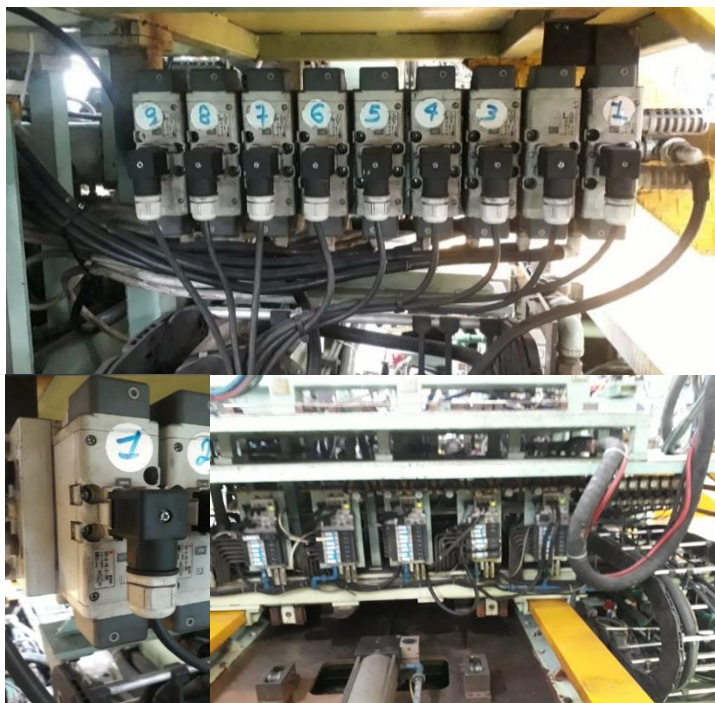


Figura 24: Esquema de sistema electro-neumático final

Fuente. (Autor)

En la Figura 26 muestra grupo de válvulas electros neumáticos implementados en la parte posterior del lateral del molde las cuales reemplazaran a las anteriores.



**Figura 25: Grupo de electroválvulas para soldadura**

**Fuente. (Autor)**

MATERIAL INSTALACIÓN ELECTRO-VÁLVULAS SOLDADURA						
DETALLE	SERIE	UNI	CANT	COST UNIT	TOTAL	OBSERVACIÓ
Electro-válvula SMC	VFS4200-5FZ	uni	26	0	0	Recuperadas proyecto
Regulador SMC 3/4	N/A	uni	52	2,27	118	
Manguera neumática 10mm	N/A	mts	450	1,96	882	
Soporte electroválvulas	N/A	uni	2	15	30	
				<b>TOTAL</b>	<b>1030</b>	

**Tabla 6: Material instalación electro-válvulas**

**Fuente. (Autor)**

### 4.7.1 Instalación controlador de soldadura

El controlador de soldadura es el encargado de manejar los parámetros necesarios para el proceso de soldadura por resistencia, y de permitir el paso de corriente controlada hacia el transformador. Se instalan dos controladores de marca OBARA y serie STN21 uno por cada lateral. En la Figura 27 muestra el diagrama de conexión del controlador.

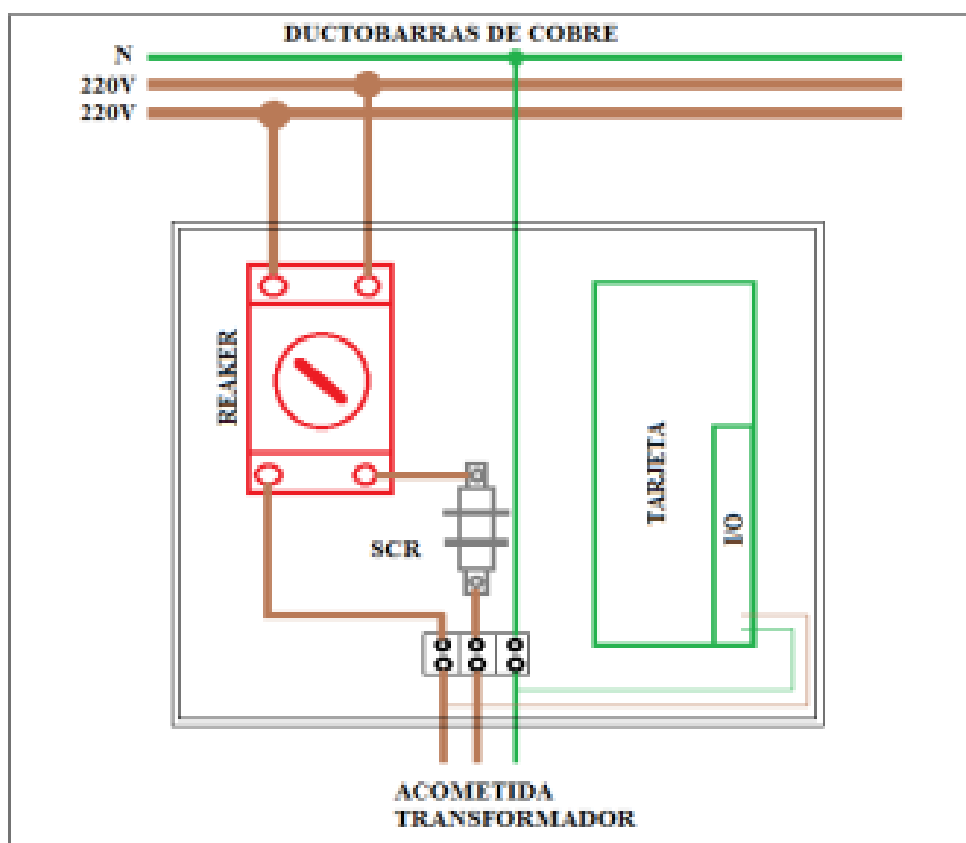
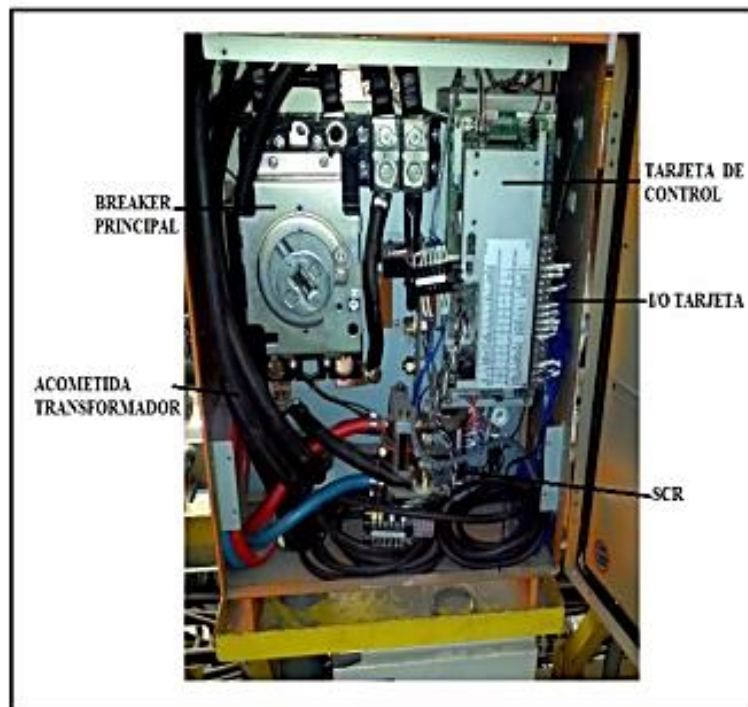


Figura 26: Esquema de conexión controlador Obara

Fuente. (Autor)

En la Figura 28 muestra las partes que esta compuesto el controlador.



**Figura 27: Controlador Obara STN21**

**Fuente. (Autor)**

MATERIAL INSTALACIÓN CONTROLADOR STN21						
DETALLE	SERIE	UNI	CANT	COST UNIT	TOTAL	OBSERVACIÓN
Controlador OBARA	STN21	uni	2	0	0	Recuperadas proyecto
Cable AWG 1	1064/30	mts	6	17,55	105,3	
Cable AWG 2	665/30	mts	3	16,23	48,69	
Terminales tipo talón	N/A	uni	12	3,12	37,44	
				<b>TOTAL</b>	<b>191,4</b>	

**Tabla 7: Costo instalación controlador STN21**

**Fuente. (Autor)**

#### 4.7.2 Instalación transformador de soldadura

El transformador OBARA se encarga de bajar el voltaje de 440V a 24V y de aumentar la tensión en función del requerimiento en un rango de 8 a 12 KA desacuado a la configuración programada en el controlador. Se instala dos transformadores de la marca OBARA uno para cada lateral, vinculado y conexionado a cada controlador. Figura 29 se aprecia el esquema de conexión del transformador

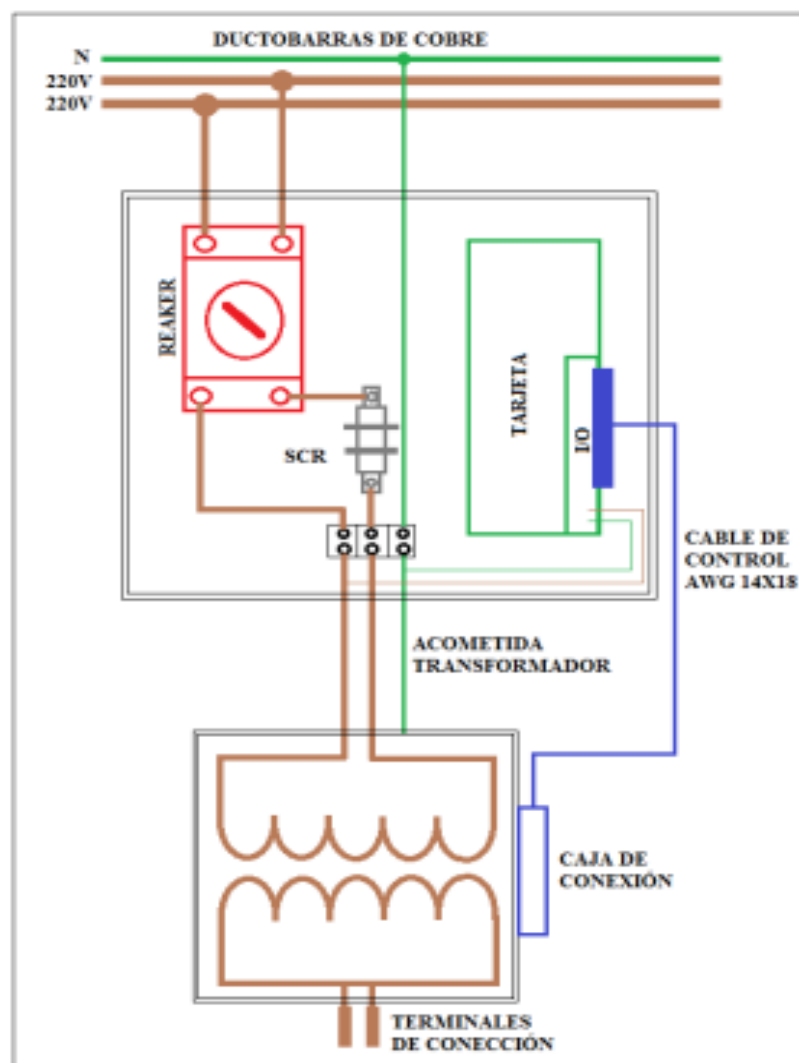
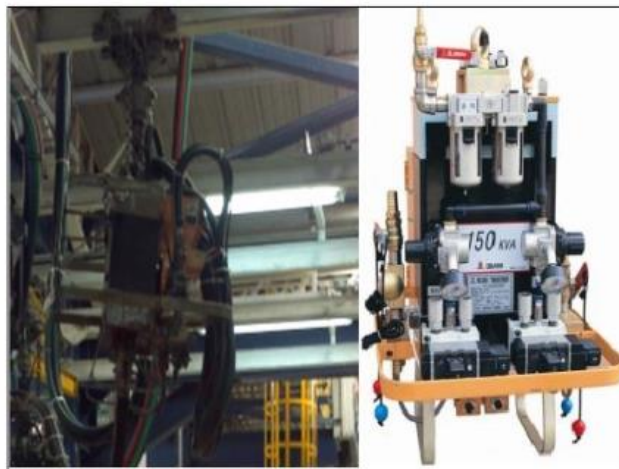


Figura 28: Esquema de conexión transformador

Fuente. (Autor)

En la Figura 30 se aprecia el montaje del transformador como va a quedar instalado para su funcionamiento.



**Figura 29: Transformador instalado**

**Fuente. (Autor)**

MATERIAL INSTALACIÓN TRANSFORMADOR						
DETALLE	SERIE	UNI	CAN	COST UNIT	TOTA	OBSERVACIÓN
Controlador OBARA	PTB 150-406	uni	2	0	0	Recuperadas proyecto
Cable AWG 1	1064/30	mts	100	17,55	1755	
Cable AWG 2	665/30	mts	50	16,23	811,5	
Cable multipar 14 x 18	E28326	mts	50	14,35	717,5	
Manguera 3/4 para agua	N/A	mts	100	2,57	257	
<b>TOTAL</b>					<b>3541</b>	

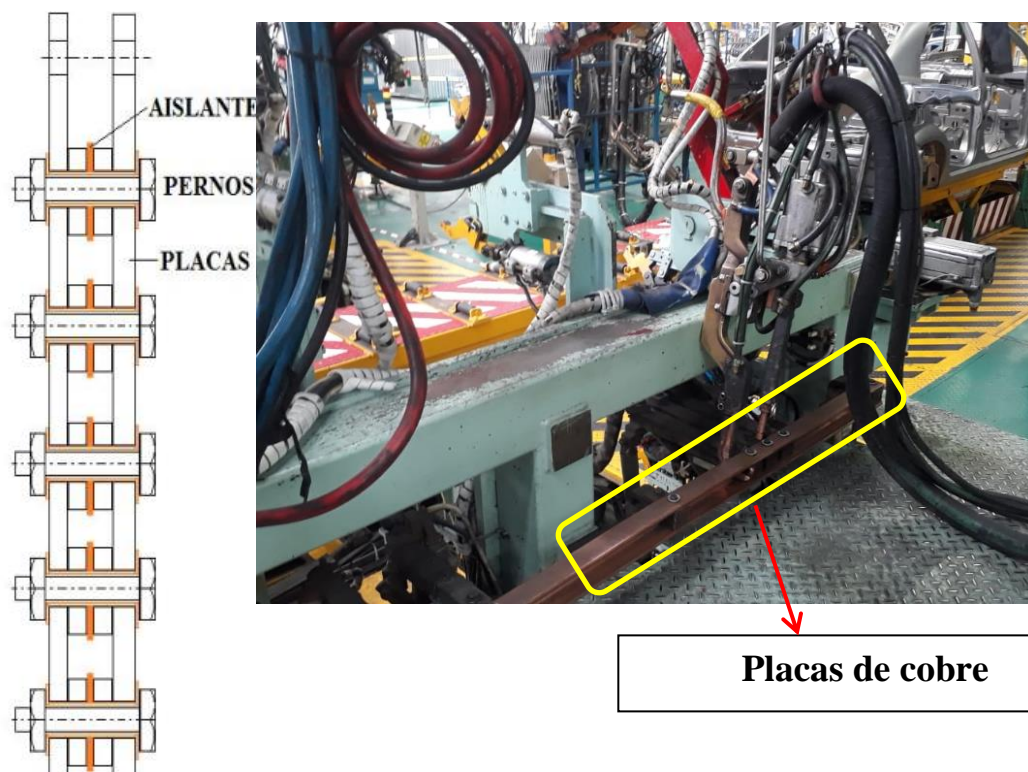
**Tabla 8: Costo Instalación transformador**

**Fuente. (Autor)**



### 4.7.3 Modificación se sistema de cobres de alimentación

El sistema de cobres es una estructura de pletinas de cobre que cumplen la función de transmitir la energía de soldadura hacia las pistolas fijas, este sistema permite soldar manualmente desde el exterior cuando el molde se encuentra cerrado. Figura 31 se aprecia la implementación de las placas de cobre.



**Figura 30: Placas de cobre**

**Fuente. (Autor)**

Se instalan placas perforadas de cobre en las placas de soldadura externas uniendo todos los puntos, formando un solo punto en común que permita vincular las pistolas fijas hacia el transformador, estableciendo una de transmitiendo la energía necesaria para conformar el punto de soldadura

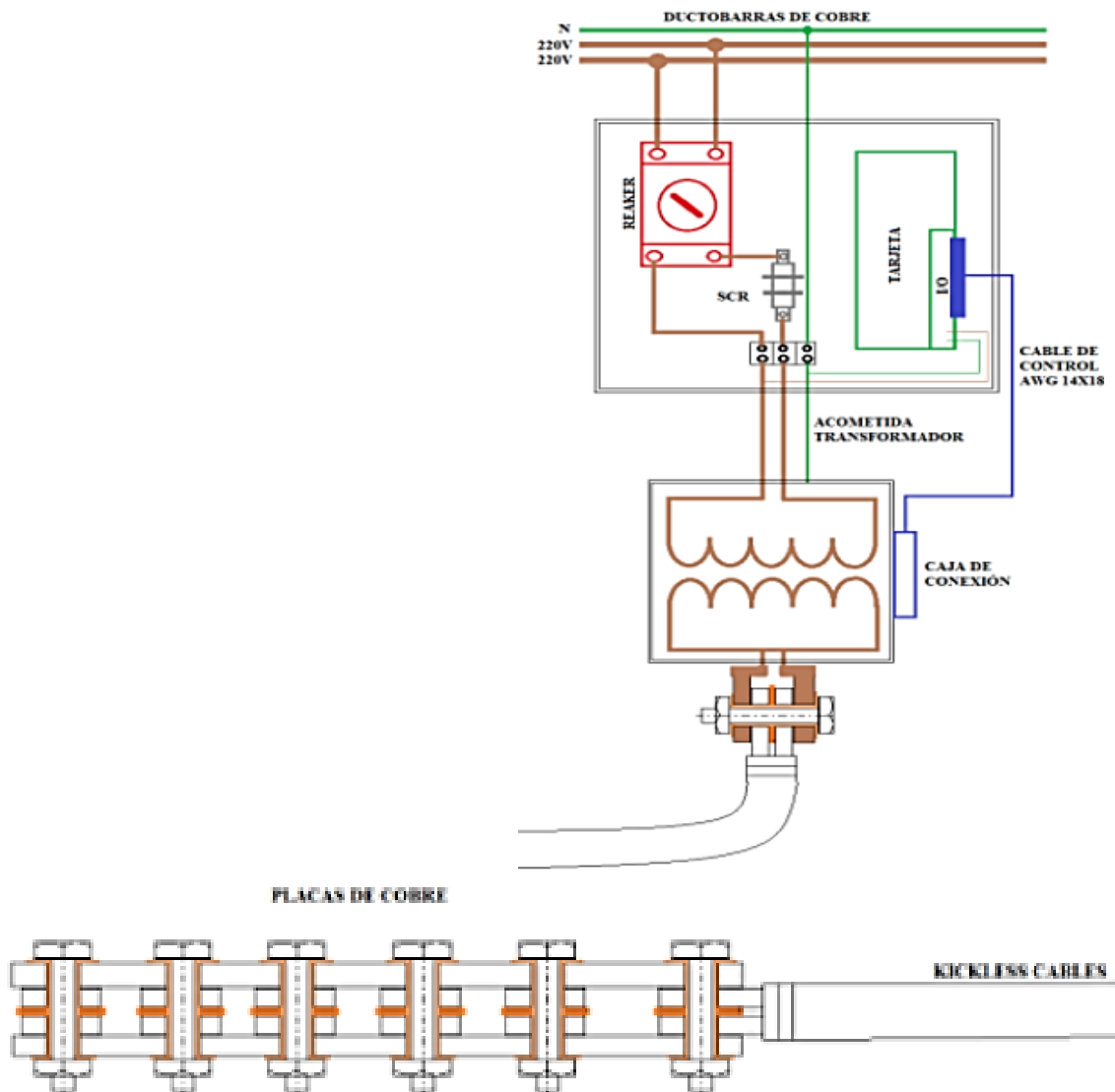
Con las modificaciones anteriores, el sistema de cobres permite la conexión al transformador mediante un cable bipolar (Kickess cables) con capacidad de transmitir 16 kA marca OBARA, el cable obedece a los requerimientos que garantiza la transmisión de entre 7 a 9 kA rango de corriente establecido en la programación estándar de soldadura de la empresa. En la Figura 32 muestra sus partes internas del cable bipolar.



**Figura 31: Kickess cables de cobre**

**Fuente. (Autor)**

Esquema de conexión de pletinas de cobre, controlador, transformador cable bi polar y pletinas de cobre como se visualiza en la Figura 33.



**Figura 32: Esquema de conexión de cobres**

Fuente. (Autor)

#### 4.8 Implementación de sub-rutina de soldadura.

Para la activación de la soldadura automática de las pistolas fijas, se programa una sub rutina en el PLC que es el encargado de activar las pistolas y el controlador la soldadura en secuencia para cada una de las 9 pistolas que tiene por lado, la subrutina se la establece

de manera simultánea para los dos lados del molde con una activación total de 18 pistolas, figura 34, representa la lógica utilizada para la sub rutina de soldadura.

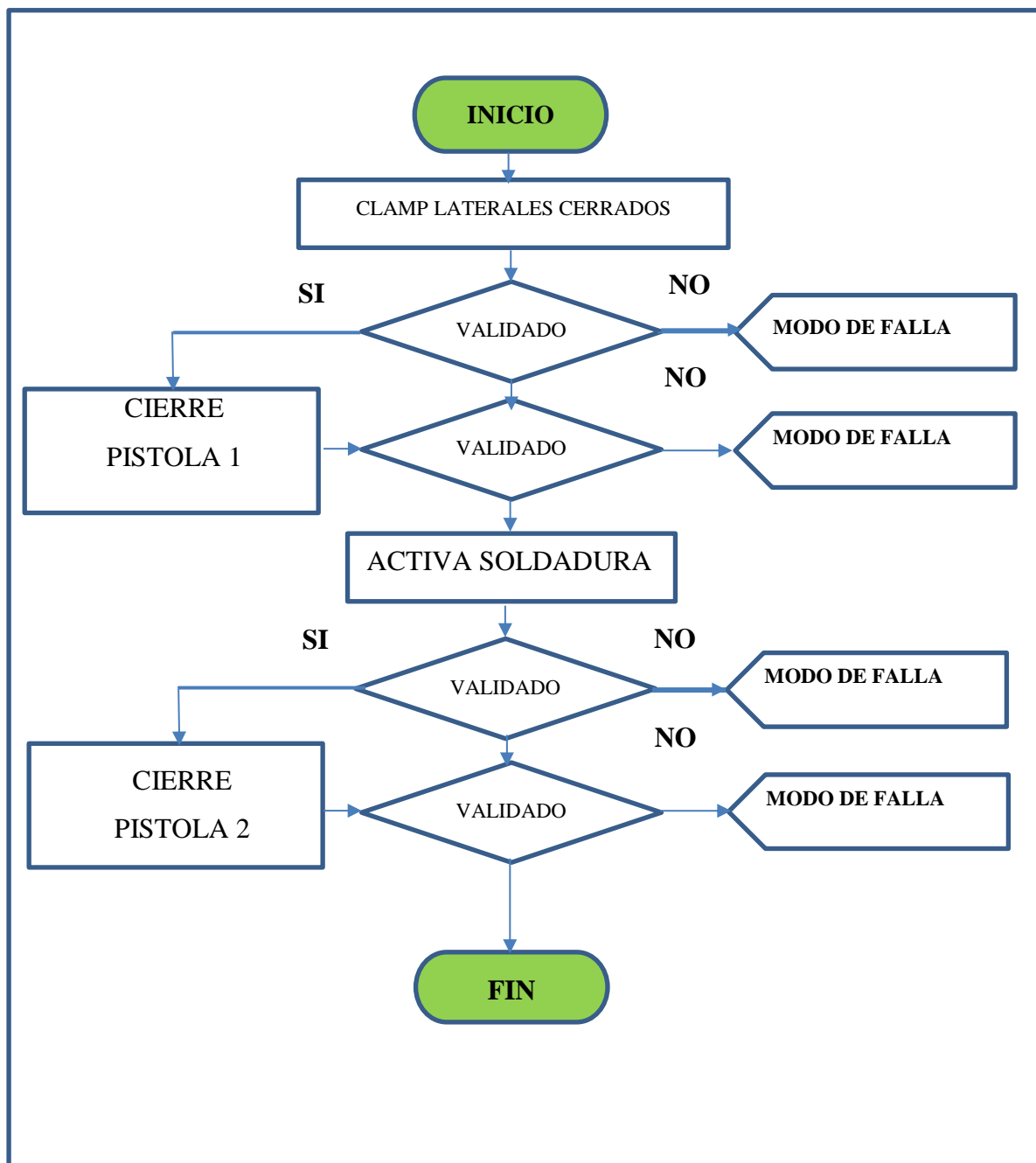


Figura 33: Esquema sub rutina de programa

Fuente. (Autor)

## CONCLUSIONES

Luego de la aplicación del proyecto se concluye que:

- Con la implementación del control automático de soldadura, en el proceso (Cierre-Apertura) de las pistolas fijas del molde, el cual se pudo realizar mediante la incorporación de un banco de electro válvulas y controladores, además se mejora la interface del HMI esto ayudará a los operadores de mantenimiento a visualizar rápidamente las averías del molde y mejorar la capacidad de respuesta y la producción en un 60 %.
- Reducción de interacción humano-máquina, esto ayuda a eliminar de posturas anti ergonómicas para los operadores. evitar defectos en la carrocería como puntos de soldadura faltantes y mal ubicados.
- Con la automatización del molde principal la producción en la línea de ensamblaje de carrocerías de automóviles antes era de 10 unidades/hora, ahora con la implementación de automatización del proceso de las pistolas fijas de electro punto el ensamblaje es de 12 unidades/hora.
- Se ha logrado automatizar las pistolas fijas del molde de automóviles en un 100 % satisfactoriamente utilizando el PLC Micro Logix 5000, el mismo que ofrece 40 registros donde es posible ingresar variables enteras en las cuales se guardan las coordenadas en X y Z dadas por el usuario.
- Se realizaron las pruebas de funcionamiento y validación de apertura y cierre automático de las pistolas fijas de electro punto del molde, resultando satisfactorio, dejando el objetivo en producción de forma rutinaria en los turnos de trabajo.

## RECOMENDACIONES

- El proyecto deja cimentada las bases para mejoras, por lo que se recomienda a generaciones futuras continuar con investigaciones en temas relacionados y conseguir el desarrollo o adaptación de este tipo de tecnologías.
- Mejorar el sistema de alimentación de aire comprimido al molde para garantizar un caudal adecuado en todos los elementos de accionamiento neumático del sistema.
- Es importante tener un sistema de seguridad por lo cual se recomienda proteger los dispositivos de comunicación con sus respectivas contraseñas ya que cualquier persona puede descargar la aplicación y acceder al proceso.
- Realizar mantenimientos preventivos de las electro-válvula por cada 1000 ciclos de trabajo según el manual del fabricante y lograr conseguir una mejor activación.
- Realizar mantenimiento del (transformador y controlador de soldadura por resistencia) a las pistolas de soldadura fijas, para la transmisión de energía necesaria para la soldadura a cada pistola fija.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Bibliografía

- Acondicionado, A. (enero de 2014). *Aire Acondicionado*. Obtenido de <https://tuaireacondicionado.net/el-ciclo-de-refrigeracion-como-funciona/>
- Antonio, V. J. (03 de Mayo de 2012). *SlideShare*. Obtenido de Automatización en el Proceso de Manufactura: <https://es.slideshare.net/jvelasquezc/automatizacin-en-el-proceso-de-manufactura>
- ARANCIBIA, F. (2016). *POTECCONES ELECTRICAS* . Obtenido de <https://es.slideshare.net/naibafdiango/protecciones-elctricas-68871713>
- Avid, R. G. (2010). *Automatización Industrial*. Cusco: Proing.
- Bejarano, e. (2013). *aula virtual*. Obtenido de <http://tecno2aulavirtual.blogspot.com/2013/01/contenido-2-compresores-el-compresor.html>
- CARVAJAL MAYORGA LIZANDRO PAÚL, R. M. (23 de 11 de 2012). *SPOH*. Recuperado el 13 de 11 de 2017, de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3070/1/25T00204.pdf>
- Climatización, R. y. (15 de Enero de 2014). Obtenido de <https://aireacondicionadojr.blogspot.com/2014/01/ciclo-de-refrigeracion-por-compresion.html>
- compresor, m. (marzo de 2108). *mundo compresor*. Obtenido de <https://www.mundocompresor.com/articulos-tecnicos/diferentes-tipos-compresores>
- Crespo, J. (2013). Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3070/1/25T00204.pdf>
- Danfoss. (15 de 08 de 2018). *Danfoss*. Obtenido de AKS, Transductores de presión: AKS, Transductores de presión
- DELTA. (enro de 2018). Obtenido de <http://www.deltaww.com/services/DownloadCenter2.aspx?secID=8&pid=2&tid=0&CID=06&itemID=060301&TypeID=1&downloadID=DVP-SX+Series&title=DVP-SX+Series&dataType=3;&check=1&hl=en-US>

- Emerson. (28 de Julio de 2018). *Emerson*. Obtenido de Vilter VMC 450 XL Reciprocating Compressor for Industrial Refrigeration: <https://climate.emerson.com/en-us/shop/1/emerson-vilter-vmc-450-xl-reciprocating-compressor>
- Física de Fluidos y termodinámica*. (s.f.). Obtenido de Ciclo de Refrgeración: — <https://athanieto.wordpress.com/tematicas/segundo-principio-de-la-termodinamica/ciclo-de-refrigeracion/>
- Guachi, D. R. (2017). *Proyecto de Titulación. Automatización y Monitoreo de Sistemas de Refrigeración de los cuartos Frios*.
- Hvacr, M. (s.f.). Obtenido de Mundo Hvacr: <https://www.mundohvacr.com.mx/2011/07/aplicaciones-de-compresores/>
- Instrument, D. (2018). Obtenido de <http://es.delta-americas.com/Products/CategoryListT1.aspx?CID=060302&PID=1589&hl=en-US&Name=DOP-B03E211>
- LATAM, M. (2018). *LEY DE OHM*. Obtenido de <https://www.mecatronicalatam.com/resistencia/ley-de-ohm-ley-de-watt-potencia-electrica>
- Lira, R. (mayo de 2017). *scribd*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/84256115/COMPRESORES-RECIPROCANTES>
- MARTIN, Y. V. (2017). Obtenido de <https://procedimientosconstruccion.blogs.upv.es/tag/compresores-de-tornillo/>
- Mexicana, D. d. (29 de Agosto de 2018). *Automatización y Electrónica*. Obtenido de Controlador Lógico programable: [https://www.dirind.com/dae/monografia.php?cla\\_id=25](https://www.dirind.com/dae/monografia.php?cla_id=25)
- Pedro, G. R. (s.f.). *Diseño y Cálculo de compresores*.
- RAMIREZ, L. (2010). Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/734/A6.pdf>
- Revista Cero Grados Celsius*. (21 de Julio de 2017). Obtenido de Capacitación: <https://www.0grados.com/chillers-aspectos-tecnicos/>
- TITOS, J. D. (2018). *Entradas analógicas en los PLC. Sensores y conversión analógico-digital*. Obtenido de <https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/tratamiento-entradas-analogicas-plc/>
- Unicrom. (2016). Obtenido de <https://unicrom.com/diagrama-de-escalera-plc/>



Yanez, G. (10 de marzo de 2017). Obtenido de <http://bohnmxico.blogspot.com/2017/03/valvula-de-expansion-termostatica.html>

Antonio, V. J. (03 de Mayo de 2012). *SlideShare*. Obtenido de Automatización en el Proceso de Manufactura: <https://es.slideshare.net/jvelasquezc/automatizacin-en-el-proceso-de-manufactura>

Burbano Sotomayor, E. (2013). *Automatización y puesta en marcha de máquina inyectora Reed 100 en Plásticos Ecuatorianos*. QUITO: Universidad Politécnica Salesiana.

Crespo, J. (2013). Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3070/1/25T00204.pdf>

DGDGD. (awegw de ERGw de RGW). *DGDG*. Obtenido de AGEGE.

Fleischwirtschaft. (2013). *Fleischwirtschaft*. *Fleischwirtschaft*, 56.

Fred E, M. (2000). *Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura ágil*. Quito: Editorial, Pearson Education.

prisma, E. (s.f.). [http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria\\_mecanica/mecanizadodematerialescnc/default4.asp](http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_mecanica/mecanizadodematerialescnc/default4.asp).

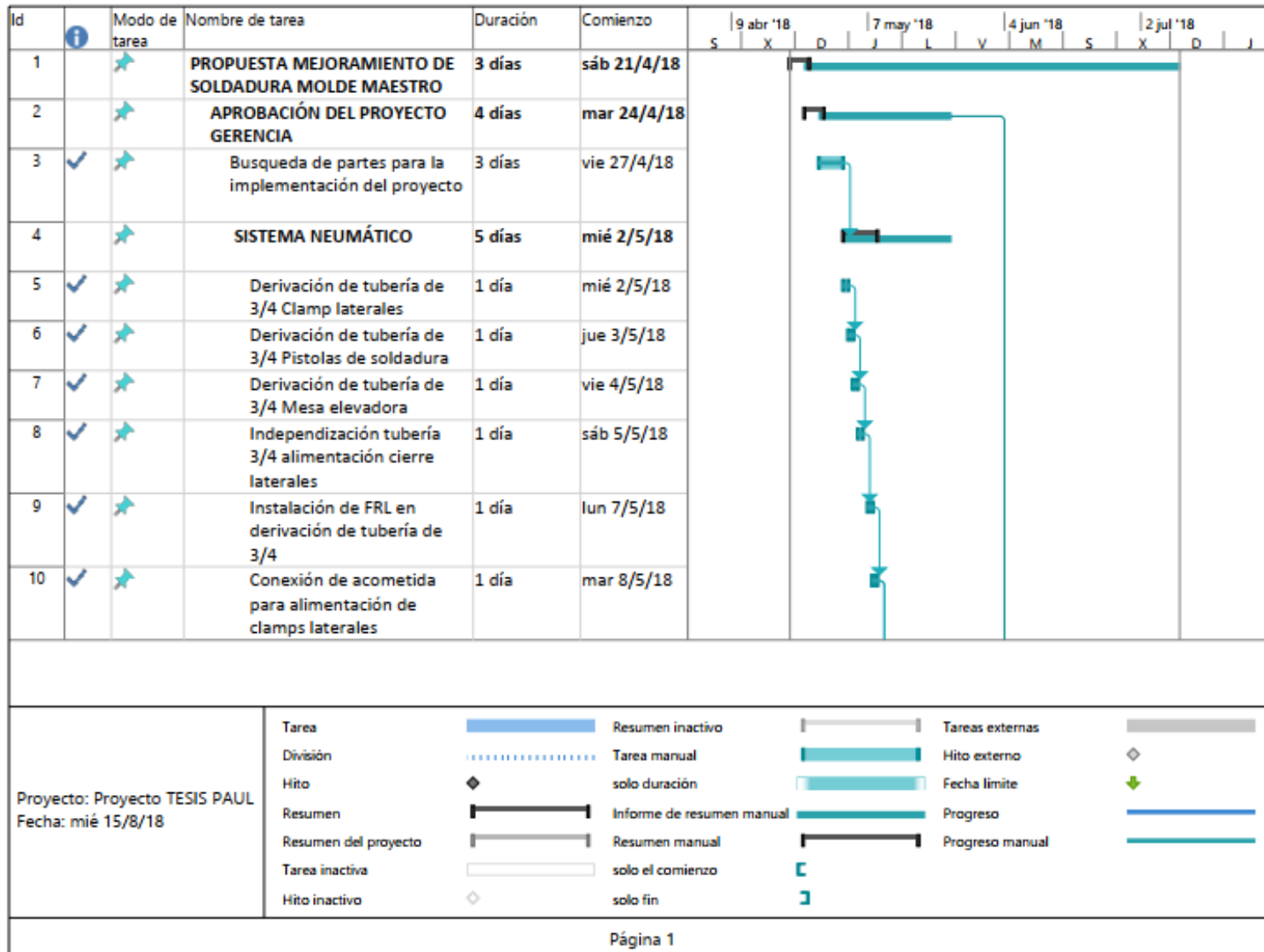
Rodriguez, B. (2008). *Gestión de la producción: una aproximación conceptual*. Colombia: S/N.

Unicrom. (2016). Obtenido de <https://unicrom.com/diagrama-de-escalera-plc/>

Vilchis, B. (2009). *Automatización Industrial*. QUITO: Instituto Politécnico Nacional.

# ANEXOS

### Anexo 1-A: Cronograma de trabajo

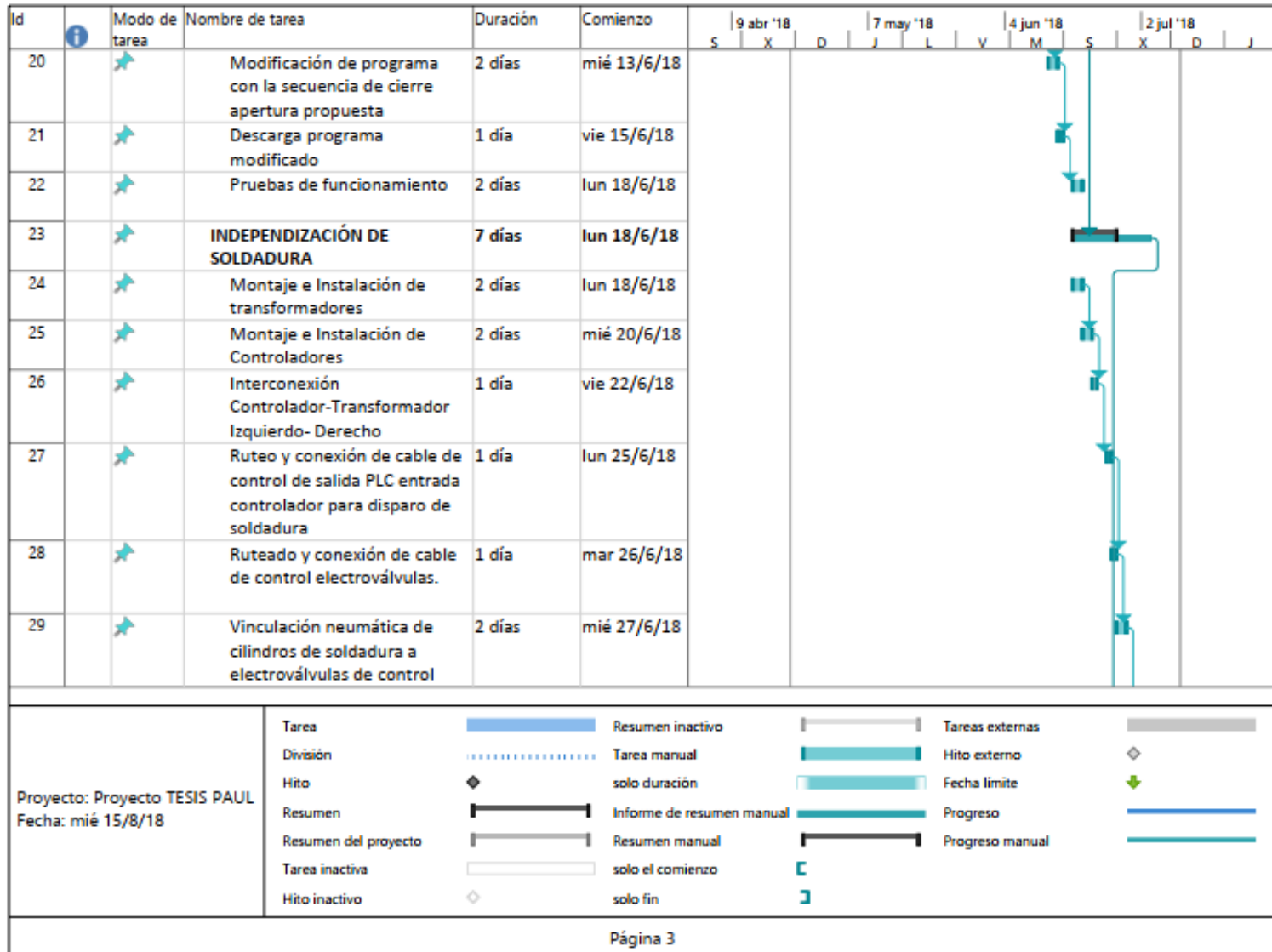


Página 1

## Anexo 2-B: Cronograma de trabajo

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	9 abr '18							7 may '18			4 jun '18			2 jul '18					
					S	X	D	J	L	V	M	S	X	D	J	L	V	M	S	X	D	J	
11	✦	<b>IMPLEMENTACIÓN SISTEMA ELECTRONEUMÁTICO</b>	11 días	mié 9/5/18									■	■									
12	✦	Instalación de grupos de electroválvulas VFS4200-SFZ (13 por lado) para independizar la soldadura	4 días	mié 9/5/18									■	■									
13	✦	Diseño plano electroneumático	1 día	mar 15/5/18									■										
14	✦	Investigación elementos neumáticos, electroneumáticos y control	1 día	mié 16/5/18									■										
15	✦	<b>PROGRAMACIÓN</b>	9 días	lun 4/6/18																			
16	✦	Conexión sistema electrico electroválvulas	1 día	lun 4/6/18																			
17	✦	Levantamiento de I/O del sistema	2 días	mar 5/6/18																			
18	✦	Levantamiento de secuencia de accionamiento	2 días	jue 7/6/18																			
19	✦	Revisión programa original (Extraer Back UP)	2 días	lun 11/6/18																			
Proyecto: Proyecto TESIS PAUL Fecha: mié 15/8/18		Tarea: ■ División: ..... Hito: ◆ Resumen: ┌───┐ Resumen del proyecto: ┌───┐ Tarea inactiva: ┌───┐ Hito inactivo: ◇	Resumen inactivo: ┌───┐ Tarea manual: ..... solo duración: ◆ Informe de resumen manual: ┌───┐ Resumen manual: ┌───┐ solo el comienzo: ┌───┐ solo fin: ◇	Tareas externas: ┌───┐ Hito externo: ◆ Fecha limite: ▼ Progreso: ┌───┐ Progreso manual: ┌───┐																			
Página 2																							

Anexo 3-C: Cronograma de trabajo



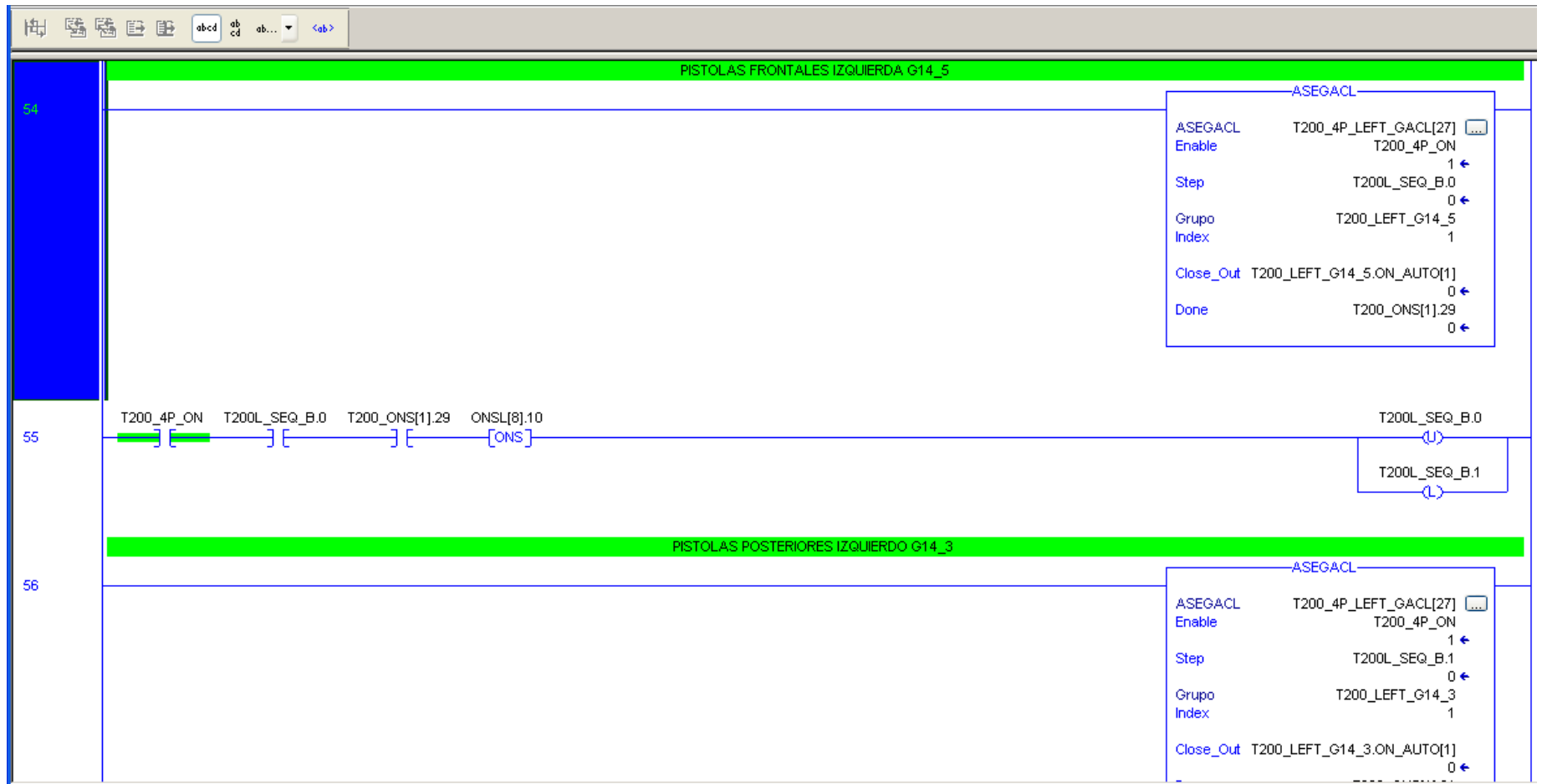
## Anexo 4-D: Cronograma de trabajo

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	9 abr '18							7 may '18							4 jun '18							2 jul '18						
					S	X	D	J	L	V	M	S	X	D	J	L	V	M	S	X	D	J	L	V	M	S	X	D	J			
30	★	Instalación de placas perforadas de cobre	1 día	vie 29/6/18																												
31	★	Instalación de cables de fuerza Izquierdo y Derecho	1 día	lun 2/7/18																												
32	★	Prueba y ajuste de sensores	1 día	mar 3/7/18																												
33	★	<b>PUESTA EN MARCHA</b>	5 días	vie 29/6/18																												
34	★	REVISIÓN CONDICIONES DE PROGRAMA	2 días	vie 29/6/18																												
35	★	Pruebas en vacío molde maestro	1 día	mar 3/7/18																												
36	★	Ajustes de mecanismos	1 día	mié 4/7/18																												
37	★	Pruebas en producción	1 día	jue 5/7/18																												
38	★	Seguimiento de producción con unidades de autos en molde	2 días	vie 6/7/18																												

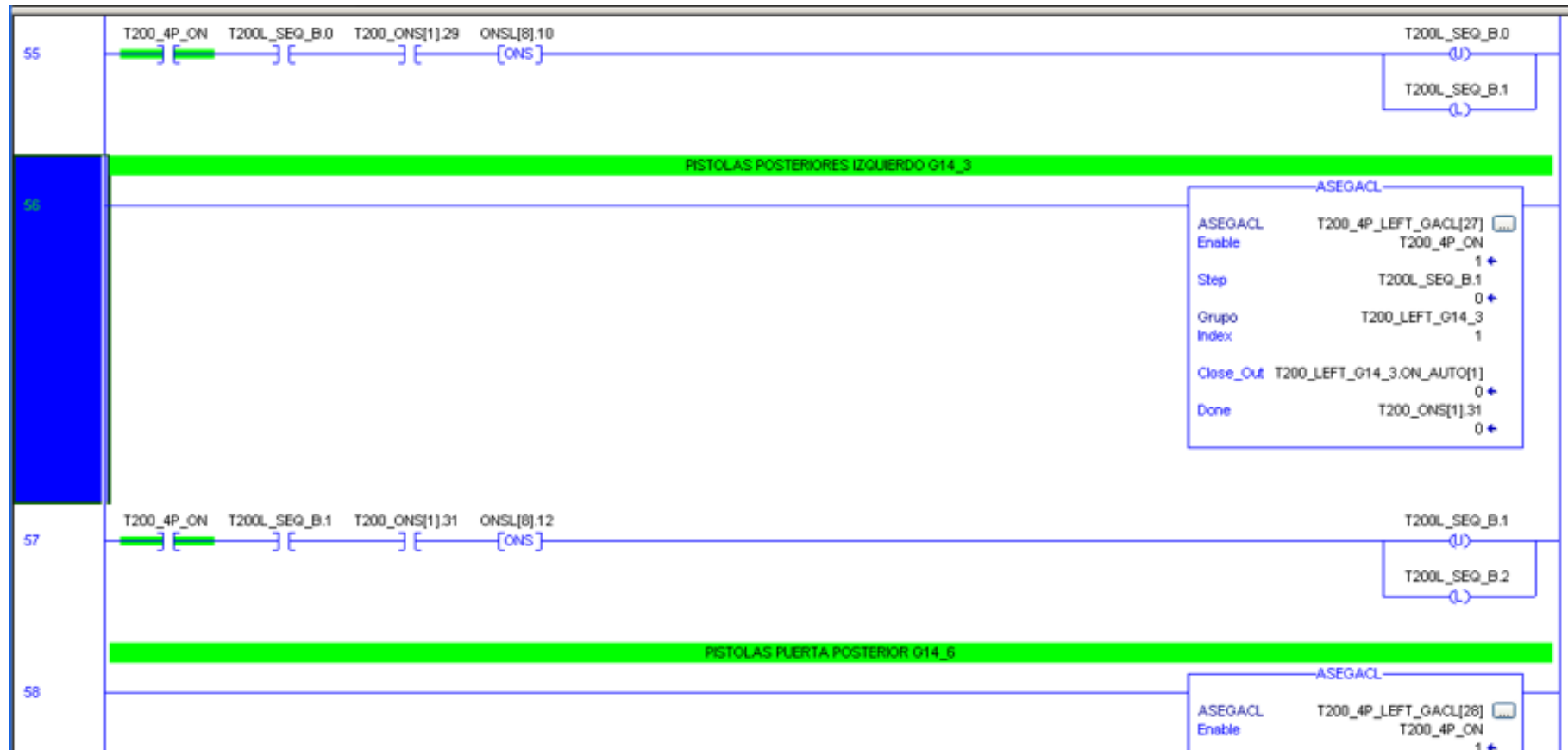
  

Proyecto: Proyecto TESIS PAUL Fecha: mié 15/8/18	Tarea	Resumen inactivo	Tareas externas
	División	Tarea manual	Hito externo
	Hito	solo duración	Fecha límite
	Resumen	Informe de resumen manual	Progreso
	Resumen del proyecto	Resumen manual	Progreso manual
	Tarea inactiva	solo el comienzo	
	Hito inactivo	solo fin	

### Anexo 5: Sub-rutina programa antes izquierdo A

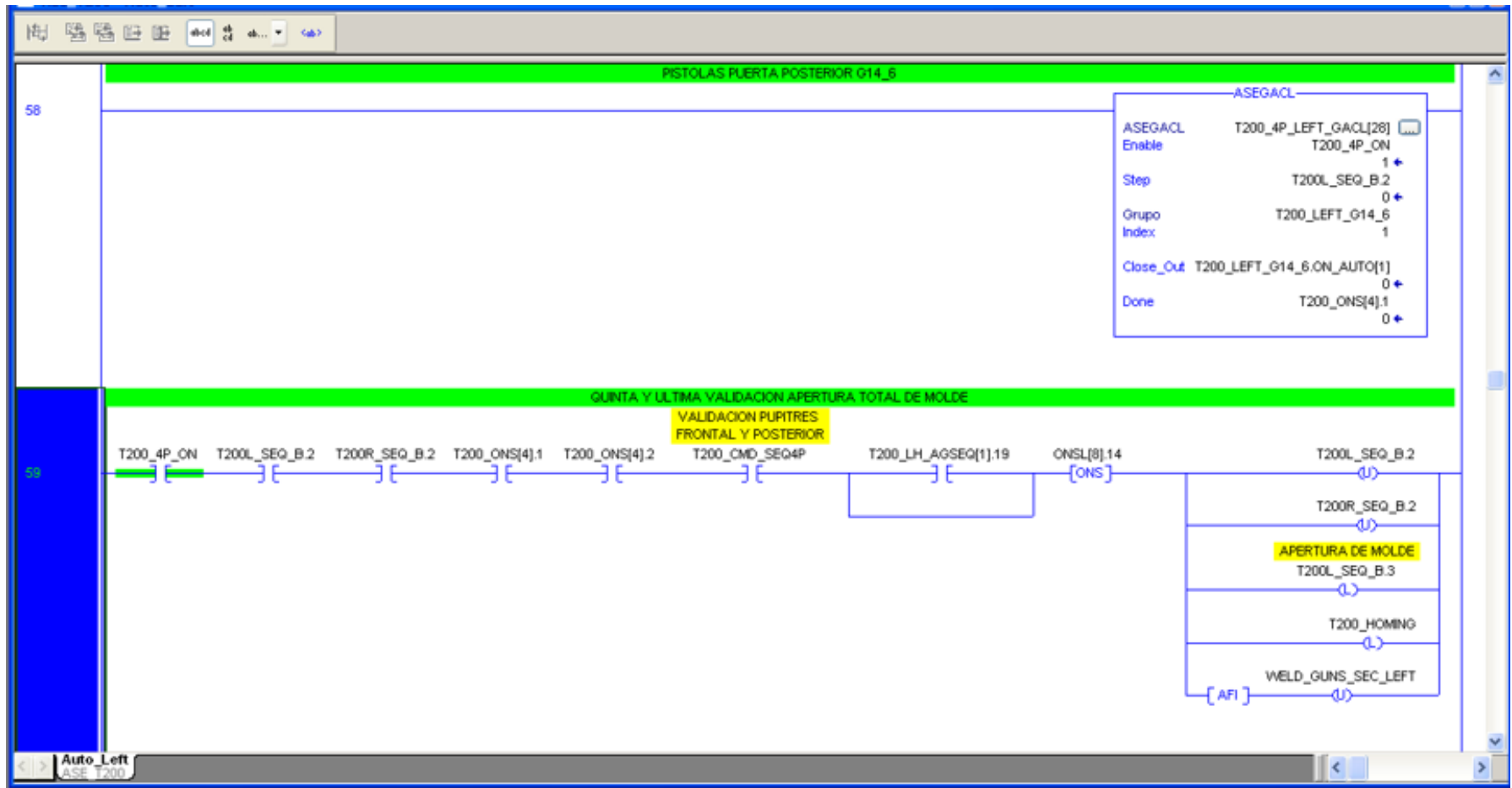


### Anexo 6: Sub-rutina programa antes izquierdo B

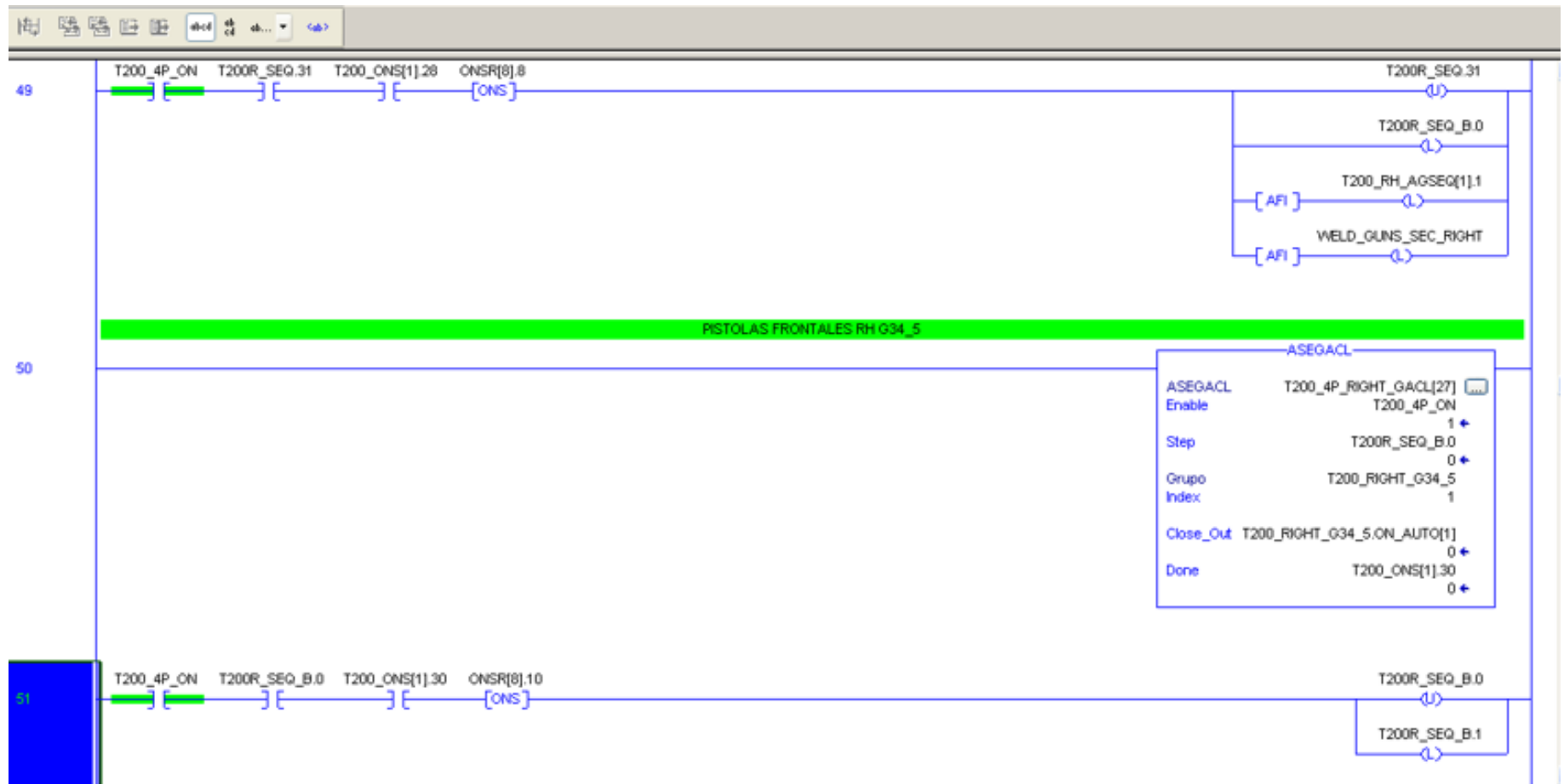




### Anexo 7: Sub-rutina programa antes izquierdo C



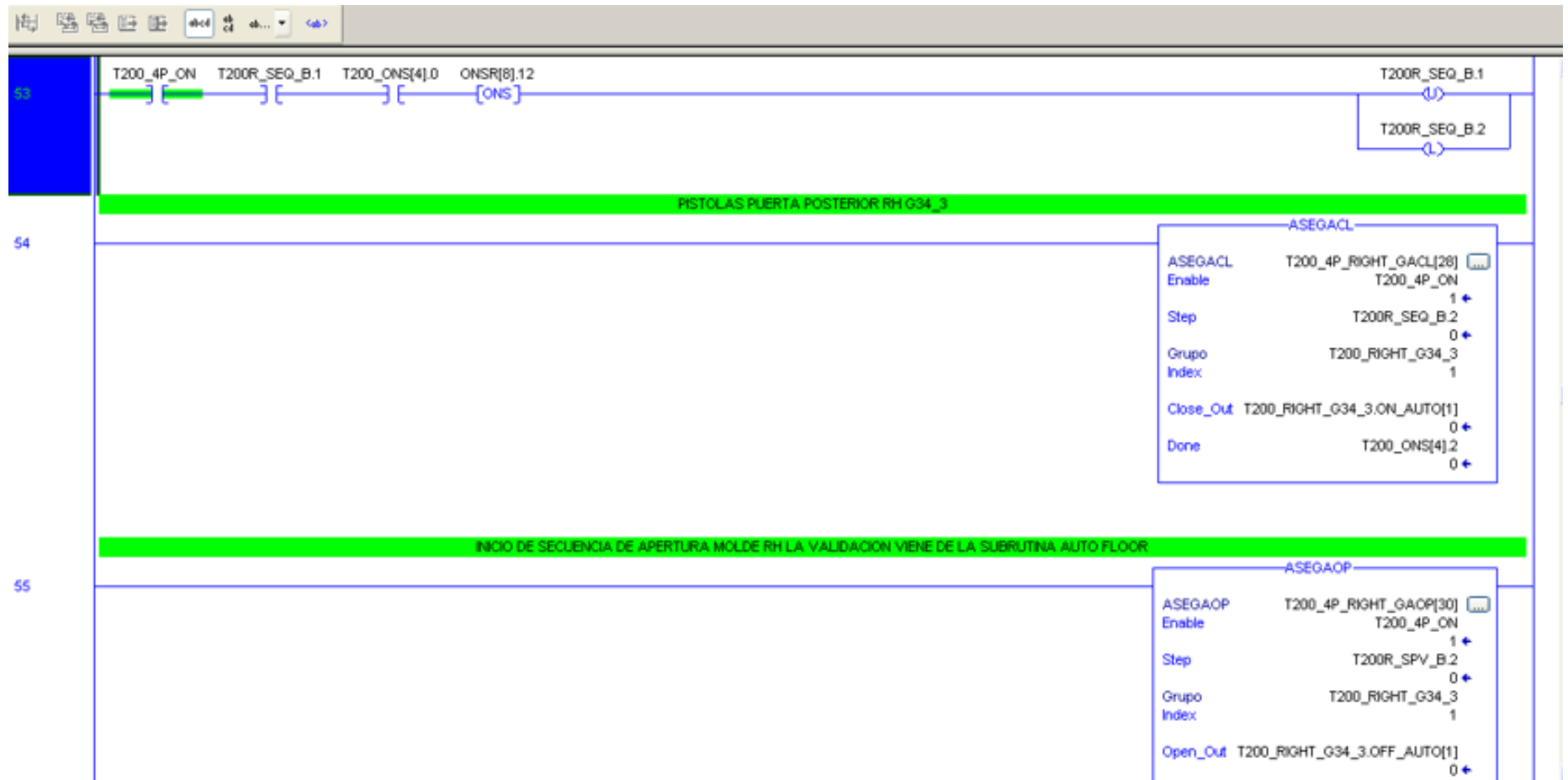
### Anexo 8: Sub-rutina programa antes derecho A



### Anexo 9: Sub-rutina programa antes derecho B



### Anexo 10: Sub-rutina programa antes derecho C

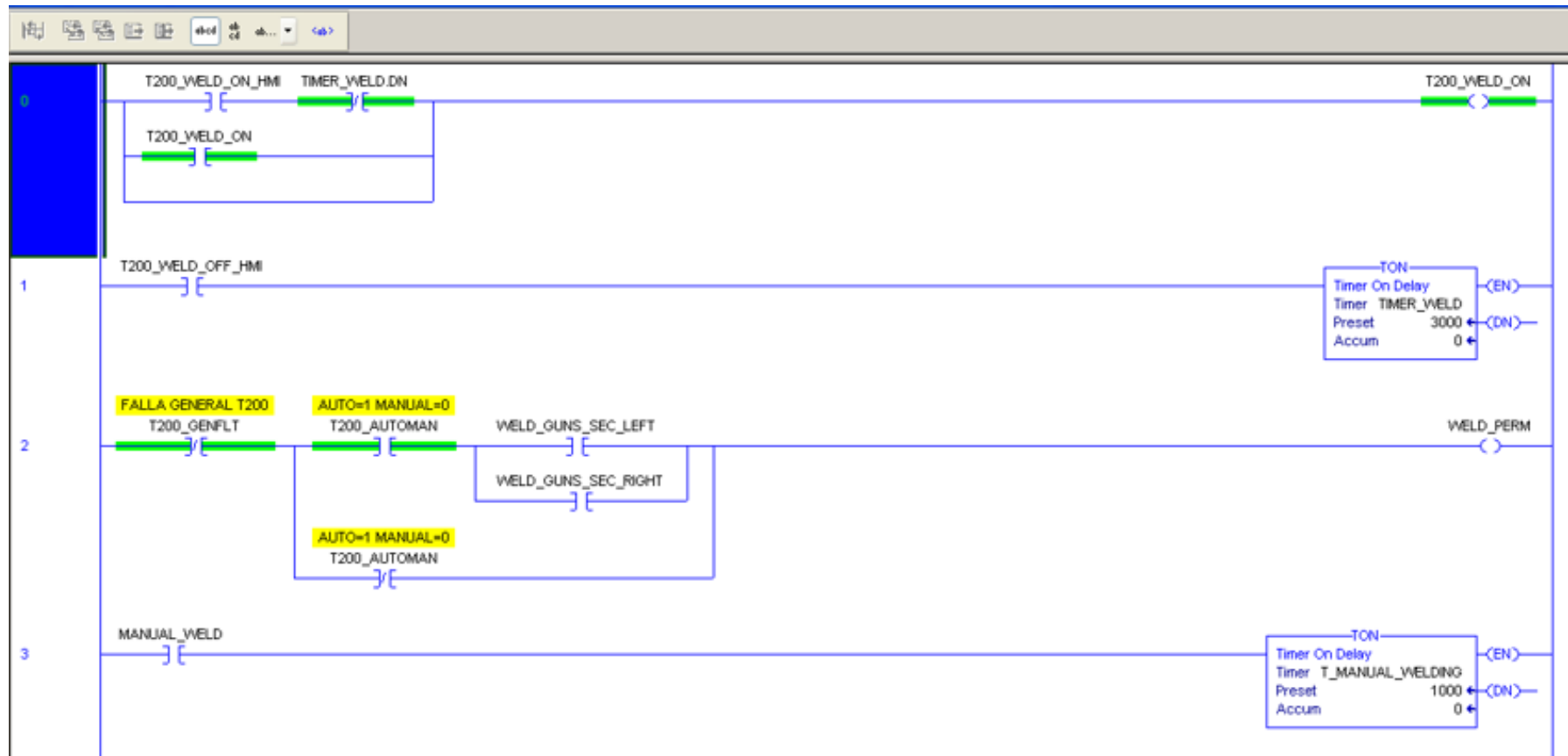


# PROGRAMA ACTUAL

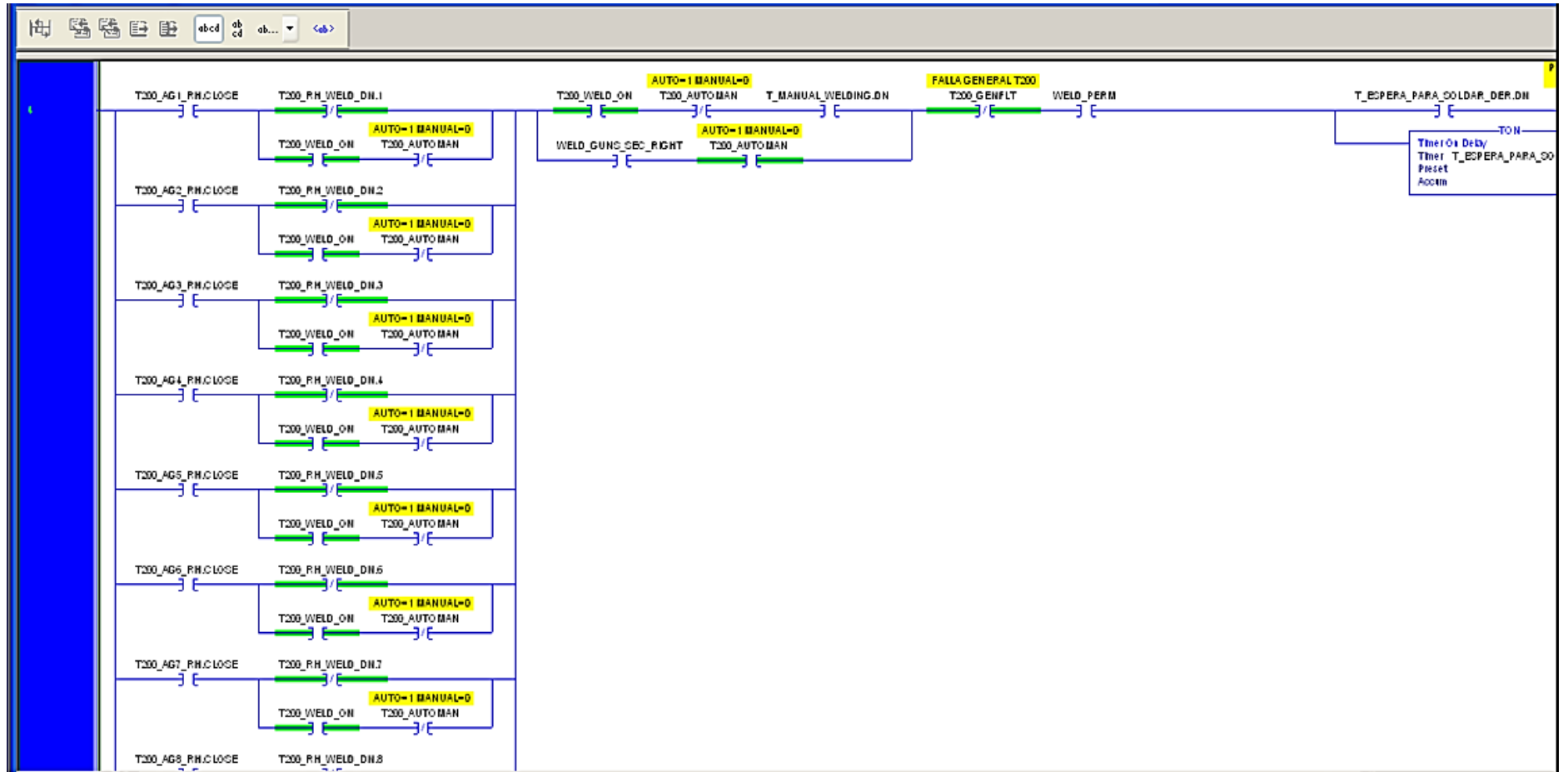
## Anexo 11: Sub-rutina programa de soldadura actual A



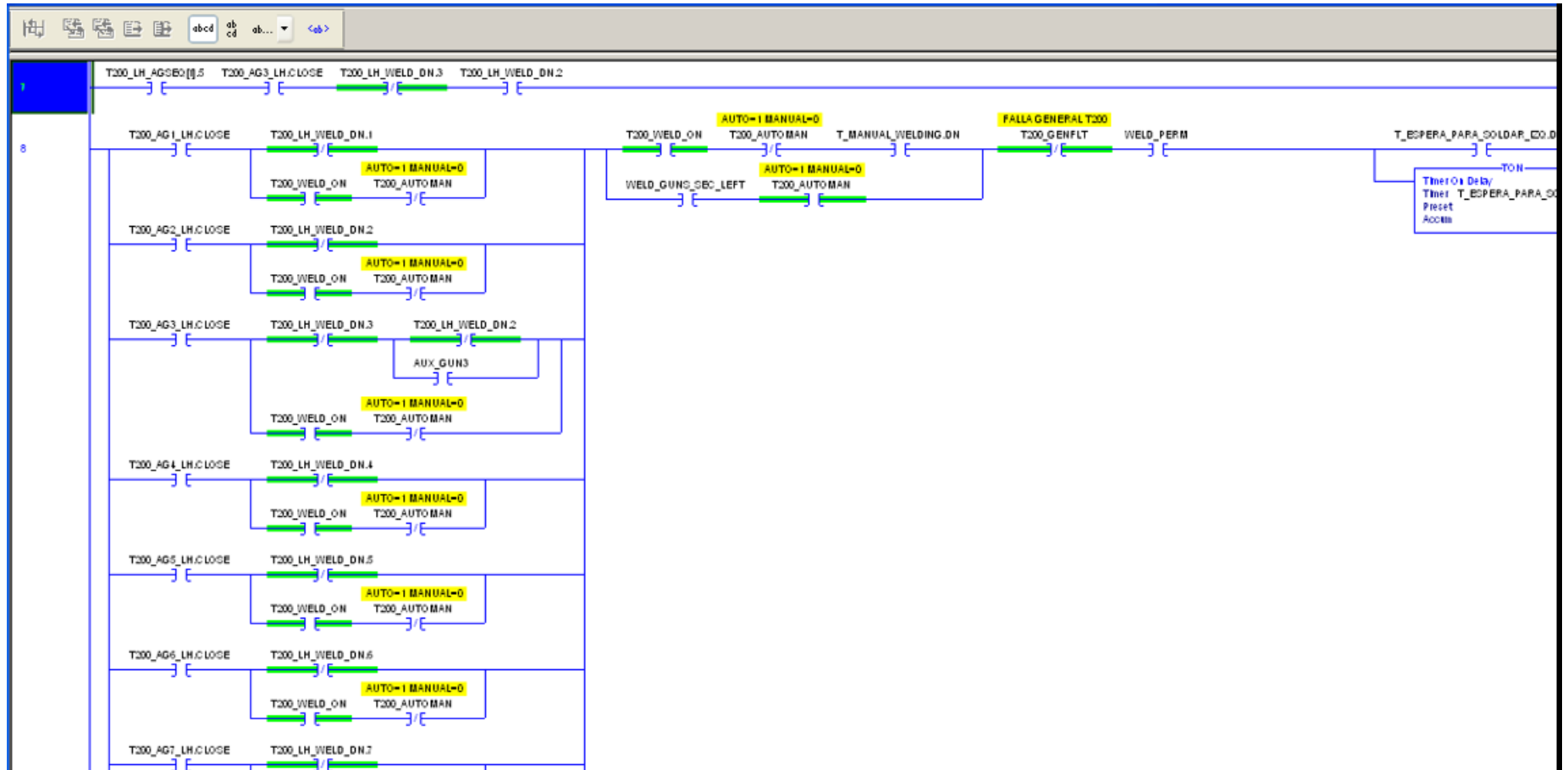
## Anexo 12: Sub-rutina programa de soldadura actual B



### Anexo 13: Sub-rutina programa de soldadura actual C

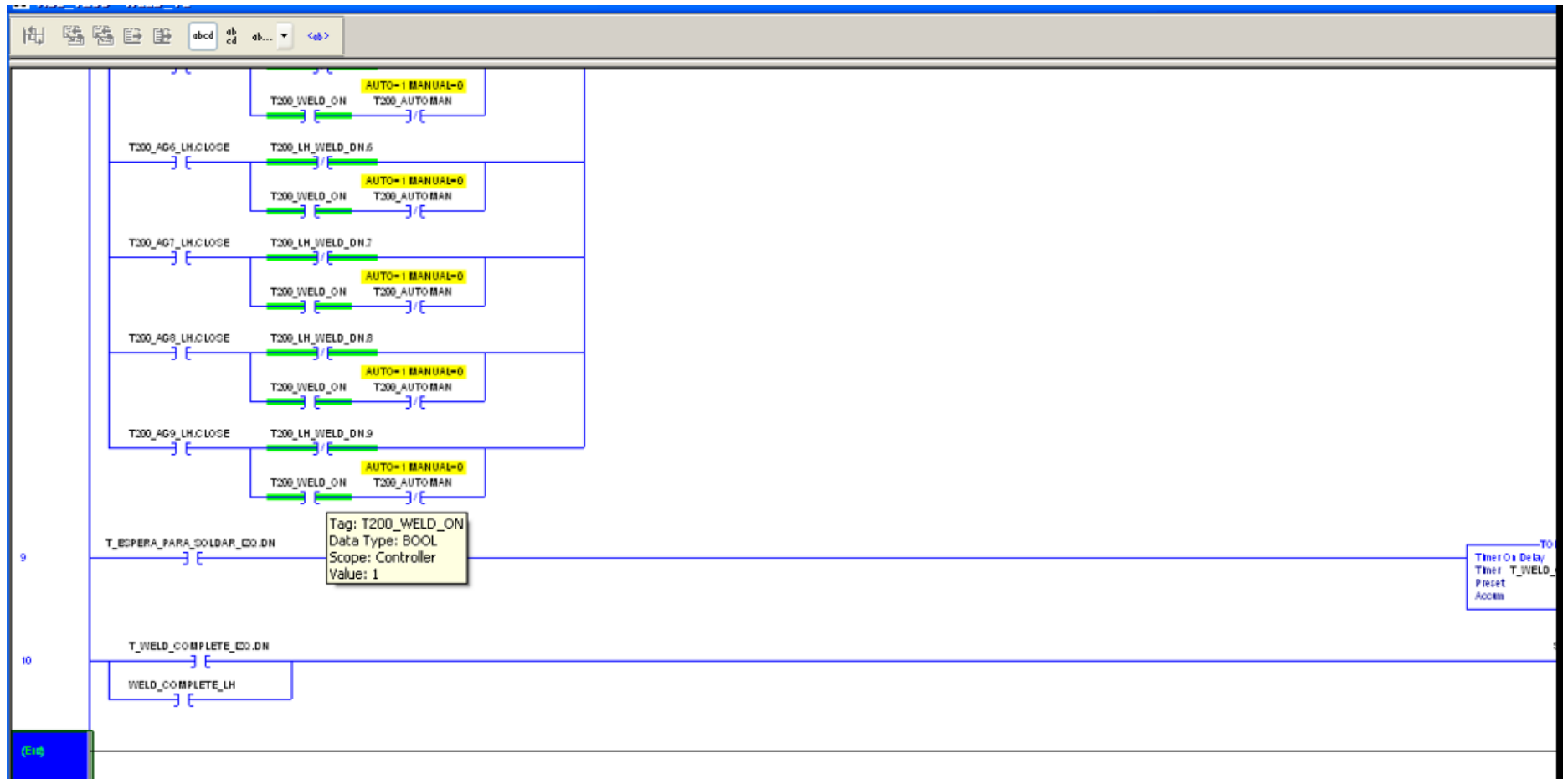


### Anexo 14: Sub-rutina programa de soldadura actual D

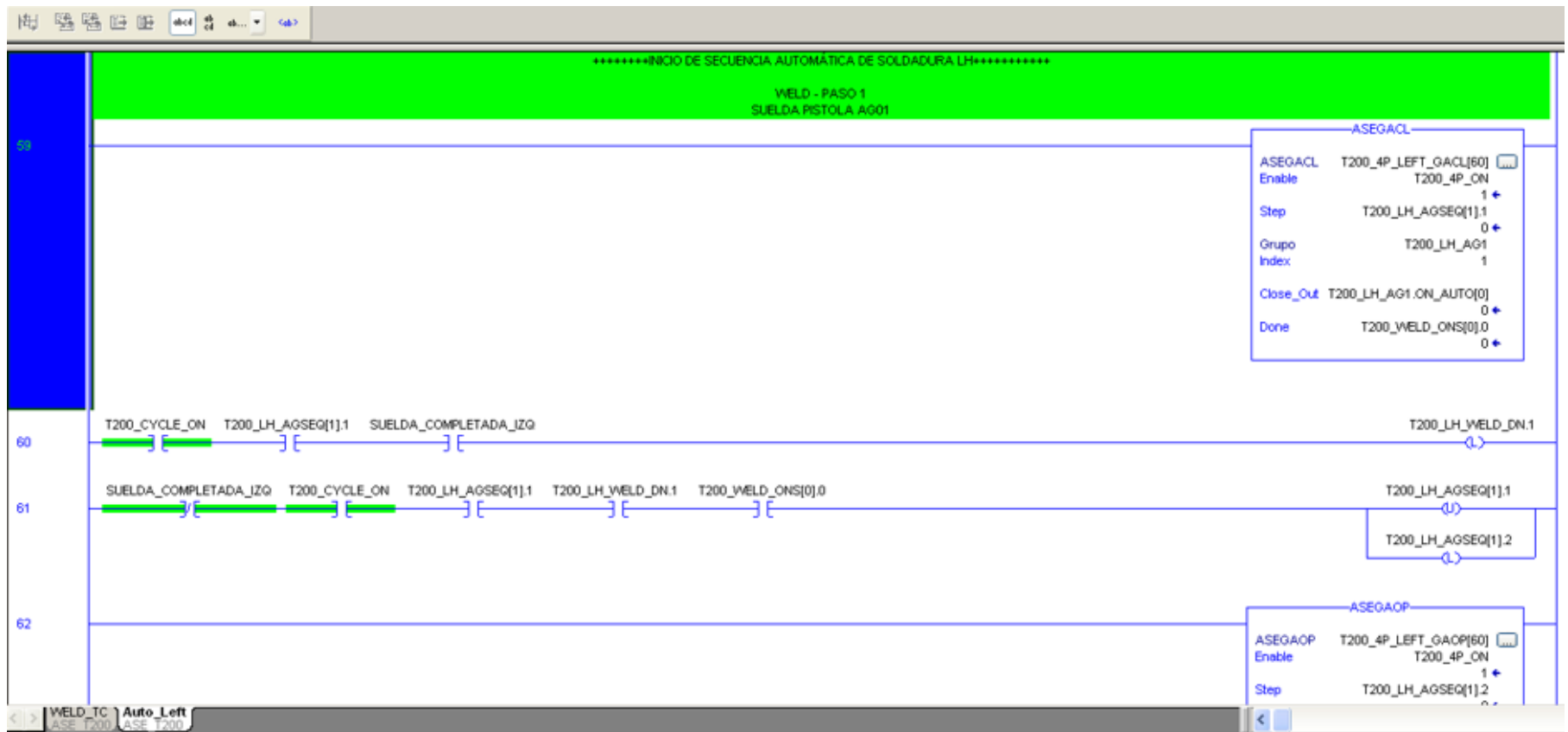




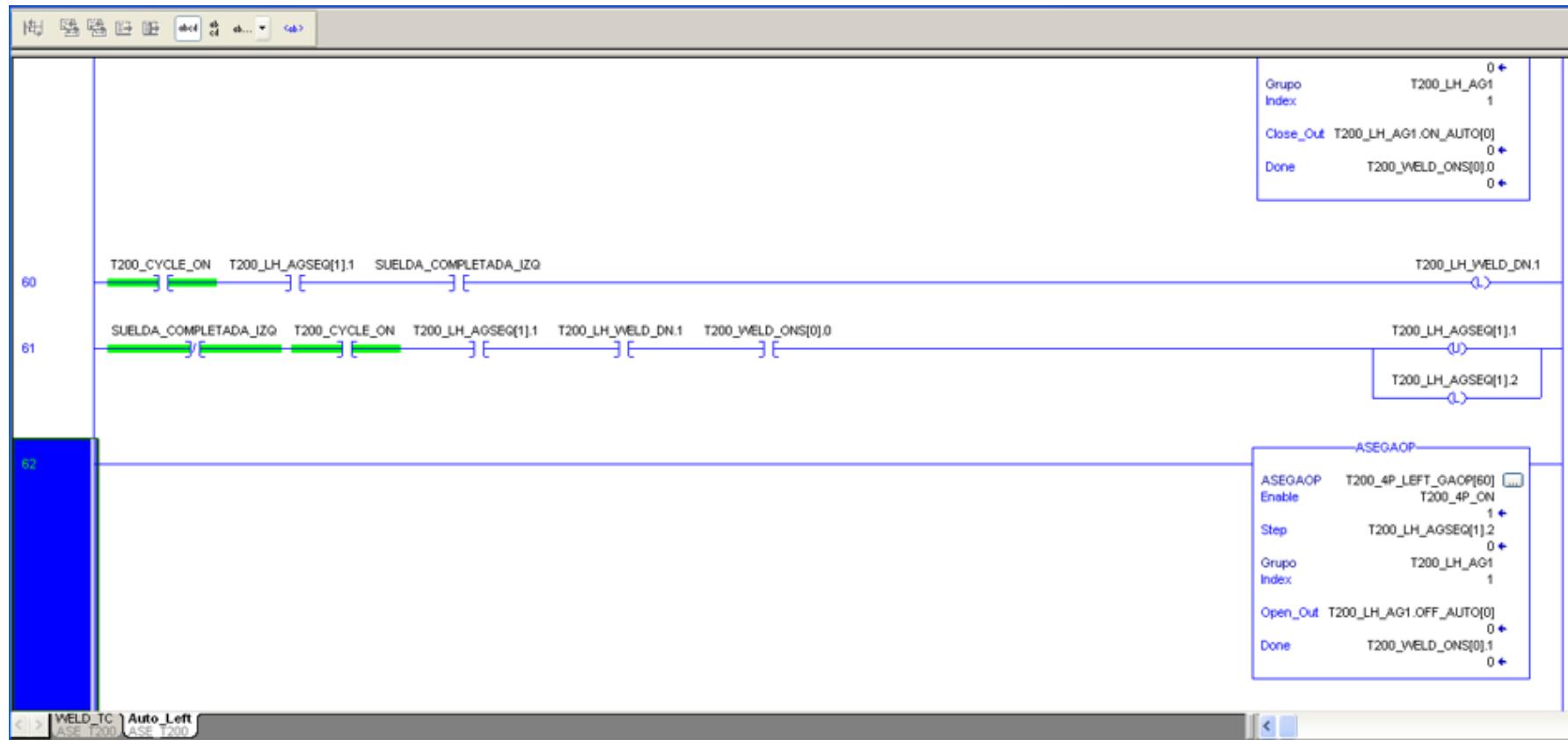
### Anexo 15: Sub-rutina programa de soldadura actual E



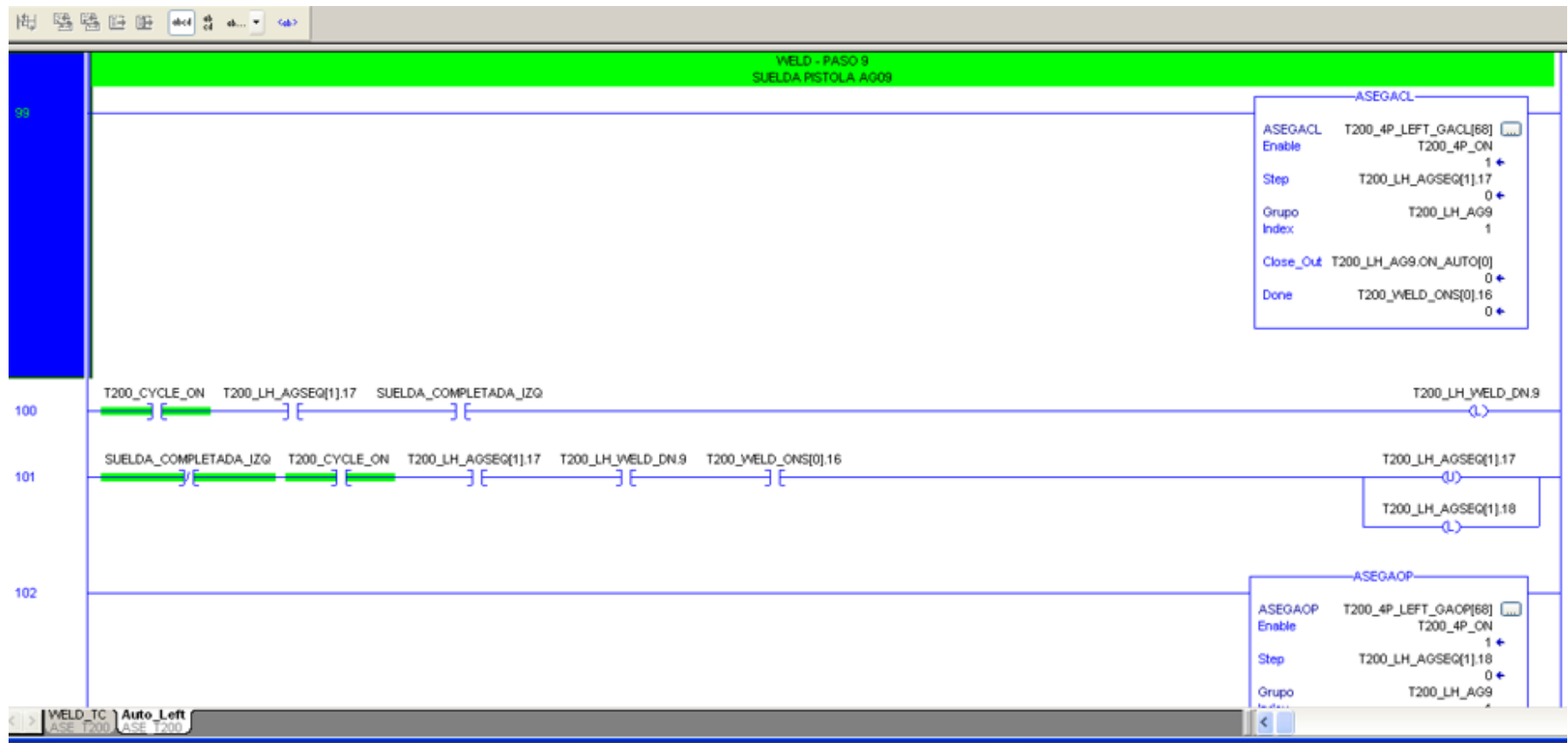
## Anexo 16: Sub-rutina programa actual apertura y cierre automática izquierdo A



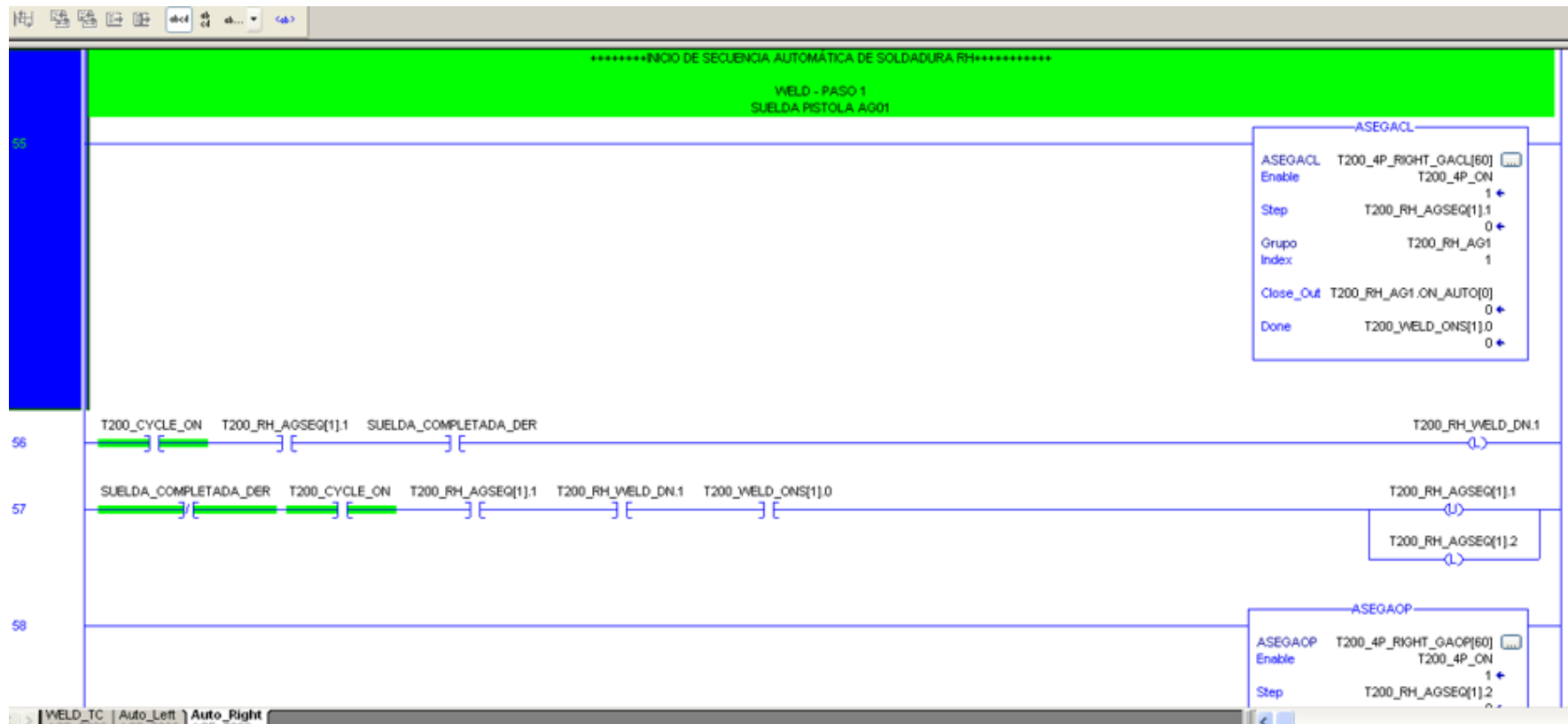
### Anexo 17: Sub-rutina programa actual apertura y cierre automática izquierdo B



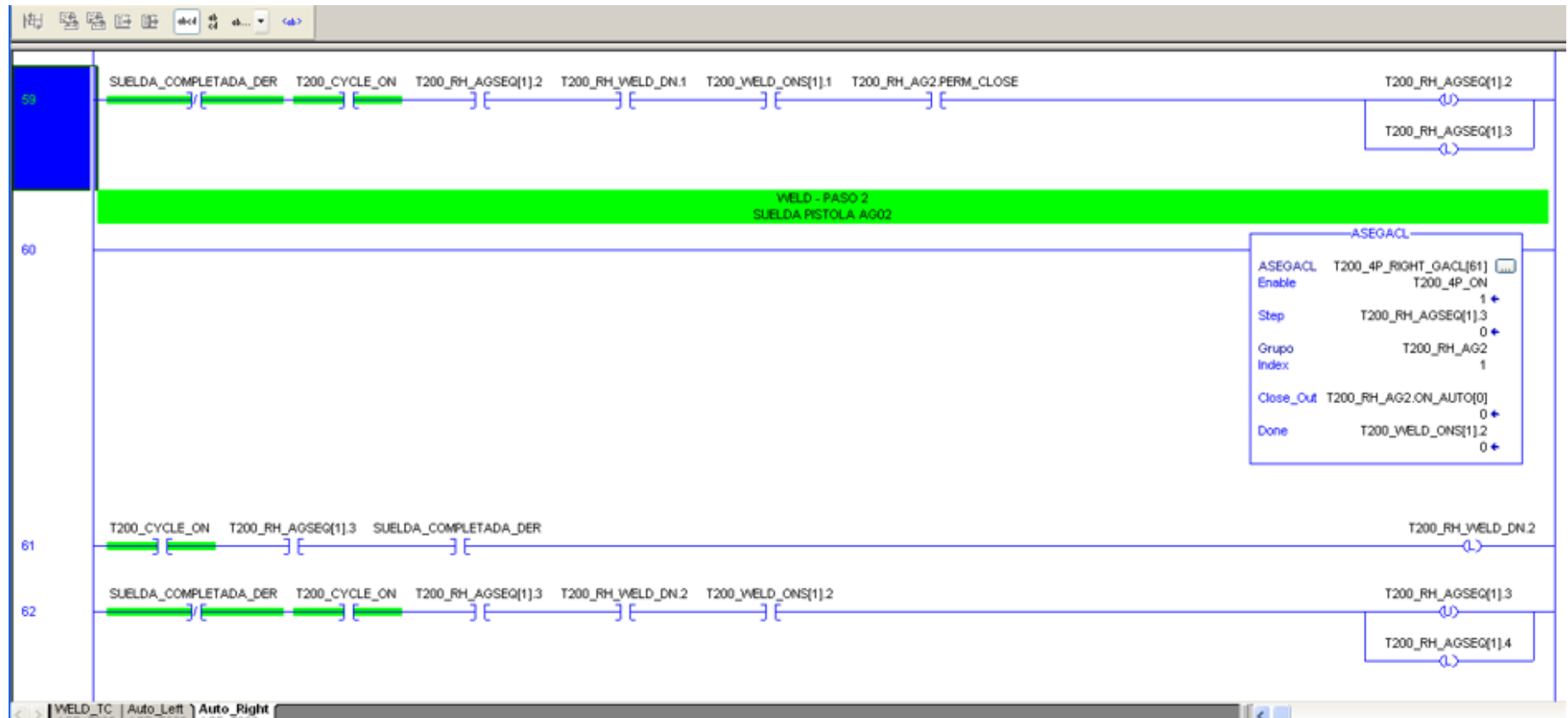
### Anexo 18: Sub-rutina programa actual apertura y cierre automática izquierdo C



## Anexo 19: Sub-rutina programa actual apertura y cierre automática derecho A



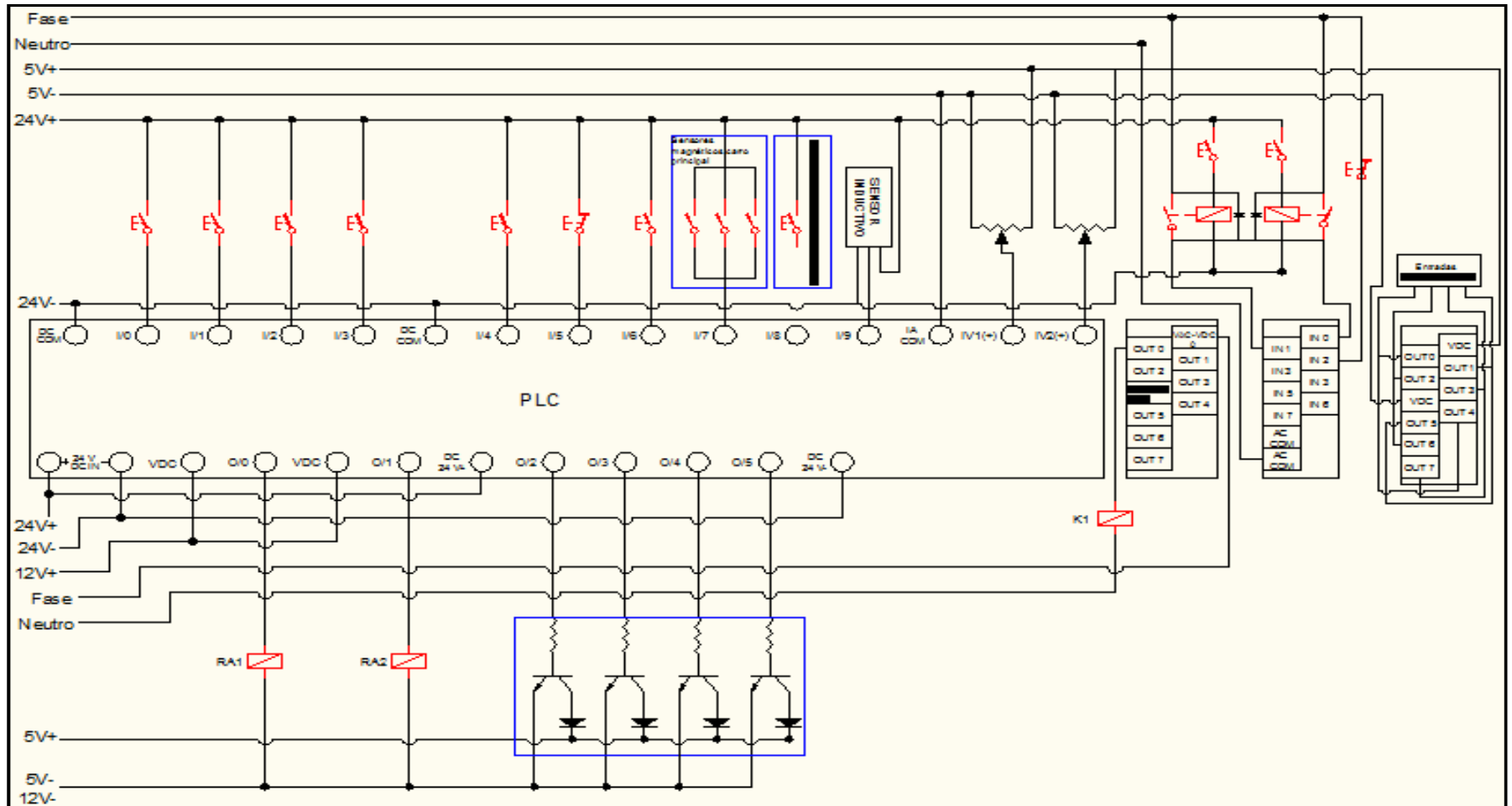
## Anexo 20: Sub-rutina programa actual apertura y cierre automática derecho B



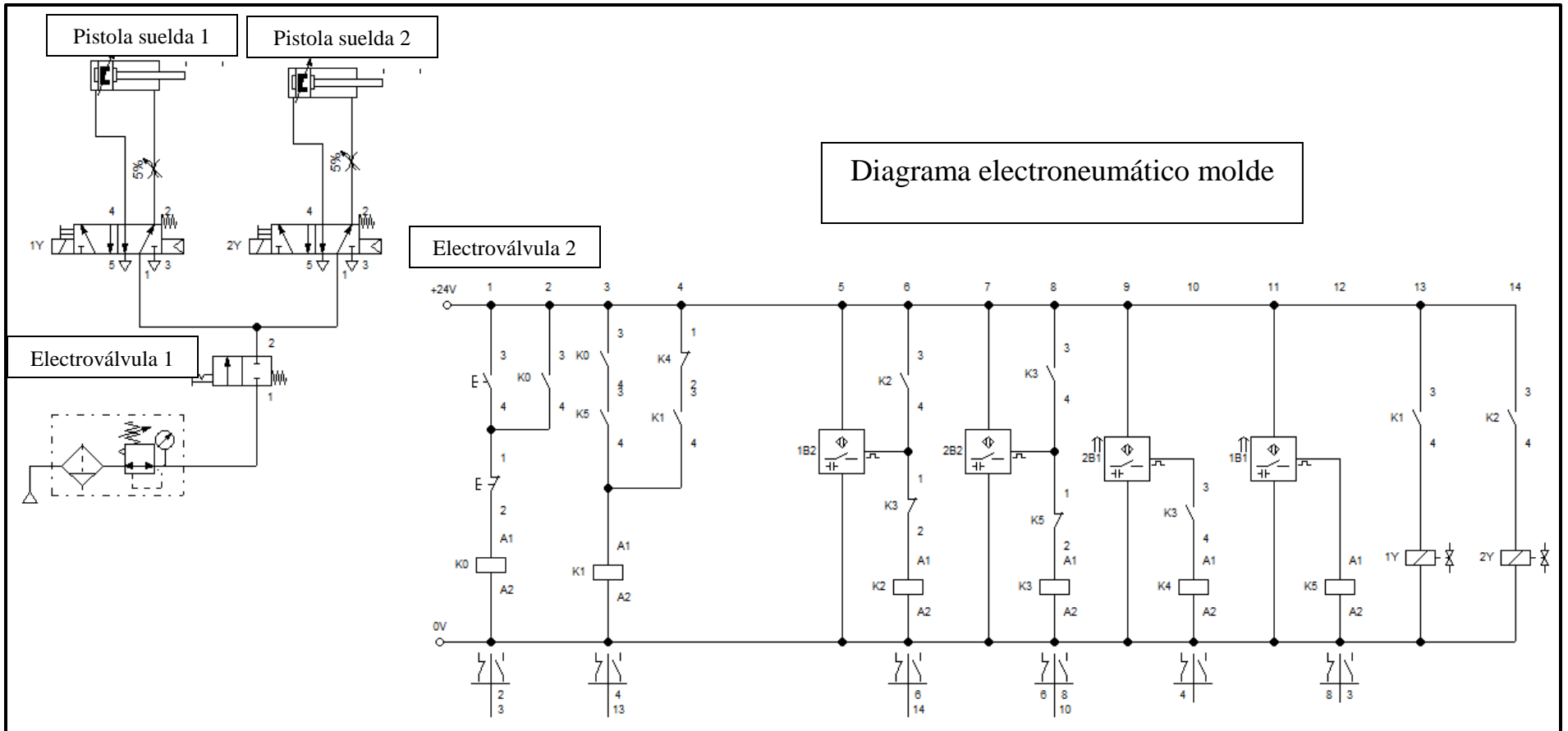
## Anexo 21: Sub-rutina programa actual apertura y cierre automática derecho C



## Anexo 22 Circuito de control del molde







## Anexo 23: Electroválvula VQ7-8 FG-D-3NR SMC

## Series VQ7-8

## Models



Series	Number of positions	Models		Note 1) Effective area mm <sup>2</sup> (Nl/min)	Note 2) Response time ms	Note 3) Weight kg	
		VQ7-8					
VQ7-8	2 position	Single	Metal seal	VQ7-8-FG-S-□	58.0 (3140.80)	40 or less	0.64
			Rubber seal	VQ7-8-FG-S-□OR	58.0 (3140.80)	45 or less	
		Double	Metal seal	VQ7-8-FG-D-□	58.0 (3140.80)	15 or less	0.70
			Rubber seal	VQ7-8-FG-D-□OR	58.0 (3140.80)	20 or less	
	3 position	Closed centre	Metal seal	VQ7-8-FHG-D-□	50.4 (2748.20)	45 or less	0.75
			Rubber seal	VQ7-8-FHG-D-□OR	50.4 (2748.20)	50 or less	
		Exhaust centre	Metal seal	VQ7-8-FJG-D-□	54.0 (2944.50)	45 or less	0.75
			Rubber seal	VQ7-8-FJG-D-□OR	58.0 (3140.80)	50 or less	
		Double check	Metal seal	VQ7-8-FPG-D-□	40.0 (2159.30)	60 or less	1.98
			Rubber seal	VQ7-8-FPG-D-□OR	40.0 (2159.30)	60 or less	
Pressure centre	Metal seal	VQ7-8-FIG-D-□	54.0 (2944.50)	45 or less	0.75		
	Rubber seal	VQ7-8-FIG-D-□OR	58.0 (3140.80)	50 or less			

Note 1) Port size 3/8: Value when mounted on sub plate

Note 2) Based on JIS B 8375-1981 (Value for supply pressure of 0.5MPa, with light and surge voltage suppressor and using clean air.) Response time values will change depending on the pressure and air quality. Value when ON for double type.

Note 3) Weight without sub plate (Sub plate: 3/8, 1/2: 0.68kg, 3/4: 1.29kg)

## Symbols

2 position single



2 position double (metal)



2 position double (rubber)



3 position closed centre



3 position exhaust centre



3 position double check



3 position pressure centre



## Standard Specifications

Valve specifications	Valve structure	Metal seal	Rubber seal	
	Fluid	Air, inert gas		
	Maximum operating pressure	1.0MPa		
	Minimum operating pressure	Single	0.15MPa	0.20MPa
		Double	0.15MPa	0.15MPa
		3 position	0.15MPa	0.20MPa
	Ambient and fluid temperature	- 10 to 60° Note 1)	- 5 to 60° Note 1)	
	Lubrication	Not required		
	Manual operation	Push type (tool required)		
	Impact/Vibration resistance	150/30 m/s <sup>2</sup> Note 2)		
Enclosure	IP65 (splash proof, jet proof)			
Electrical specifications	Rated coil voltage	12VDC, 24VDC, 100VAC, 110VAC, 200VAC, 220VAC (50/60Hz)		
	Allowable voltage fluctuation	±10% of rated voltage		
	Coil insulation type	Class B equivalent		
	Power consumption (current)	24VDC	DC1W (42mA)	
		12VDC	DC1W (83mA)	
		100VAC	Start-up 1.2VA (12mA), Holding 1.2VA (12mA)	
		110VAC	Start-up 1.3VA (11.7mA), Holding 1.3VA (11.7mA)	
		200VAC	Start-up 2.4VA (12mA), Holding 2.4VA (12mA)	
220VAC	Start-up 2.6VA (11.7mA), Holding 2.6VA (11.7mA)			

Note 1) For low temperature, use dry air with no condensation.

Note 2) Impact resistance: No malfunction when tested with a drop tester in the axial direction and at a right angle to the main valve and armature, one time each in both energized and deenergized states. (Initial value)

Vibration resistance: No malfunction when tested with one sweep of 8.3 to 2000Hz in the axial direction and at a right angle to the main valve and armature, one time each in both energized and deenergized states. (Initial value)

SV

SY

SYJ

SX

VK

VZ

VF

VFR

VP7

VQC

SQ

VQ

VQ4

VQ5

VQZ

VQD

VFS

VS

VS7

VQ7

# ISO Standard Solenoid Valve: Size 2 Metal Seal/Rubber Seal, Single Unit Series **VQ7-8**

## How to Order Valves

**VQ7-8** - **FG** - **S** - **3** - [ ] - [ ] - [ ] - [ ] - [ ]

**Passage symbol**

<b>FG</b>	
<b>YZ*</b>	
<b>FHG</b>	
<b>FJG</b>	
<b>FPG</b>	
<b>FIG</b>	

\* Option

**Number of solenoids**

<b>S</b>	Single
<b>D</b>	Double

**Connector**

<b>Nil</b>	DIN terminal block (With connector)
<b>O</b>	DIN terminal block (Without connector)
<b>SC</b>	Pre-wired connector

**Sub-plate port size**

<b>Nil</b>	Without sub-plate
<b>A03</b>	Side ported Rc 3/8
<b>A04</b>	Side ported Rc 1/2
<b>A06</b>	Side ported Rc 3/4
<b>B03</b>	Bottom ported Rc 3/8
<b>B04</b>	Bottom ported Rc 1/2
<b>B06</b>	Bottom ported Rc 3/4

**Thread type**

<b>Nil</b>	Rc
<b>F</b>	G
<b>T</b>	NPTF

**Seal**

<b>Nil</b>	Metal seal
<b>R</b>	Rubber seal

**Option**

<b>Nil</b>	None
<b>Z</b>	Light/Surge voltage suppressor
<b>V</b>	Individual pilot exhaust

\* When two or more symbols are specified, indicate them alphabetically.

**Coil rated**

<b>1</b>	100 VAC
<b>2</b>	200 VAC
<b>3</b>	24 VDC
<b>4</b>	12 VDC
<b>9</b>	Other voltages

\* For other voltages, please contact SMC separately.

## How to Order Sub-plate

## Anexo 24: Transformador

### Transformers

#### AC Portable Transformer

Flexible installations and applications. Use as a hanging or floor model for one or two portable weld guns. Can operate with or without water and air piping.

Dengensha's AC transformers come in a compact design with enough thermal capacity to handle high duty cycles. They have a high resistance to damage from electromagnetic stress and meet mechanical/electrical safety requirements, enabling a wide-range of selections for various applications.

#### DC Rectified Portable Transformer

Save energy, lower operating costs. Compared with ACs, DC transformers have a lower maximum input by 20-25% and improved power factor, reducing cost. DC transformers provide excellent results even when used for welding light alloy and are very effective for welding large dimension workpieces such as parts for buses, trucks and construction material.

Use with one or two guns with rectified current. A two-line type secondary cable, possible because of low reactance, makes handling weld guns much easier.

#### Multi-Transformers

Lightweight and compact. Designed for use with one or two weld guns, in tap style or the smaller no-tap style.

#### MFDC Lightweight Transformer

An essential for lightweight compact guns, the Dengensha MFDC transformer minimizes weight for compact and portable guns. A modular design allows for multiple

#### MFDC Lightweight Transformer

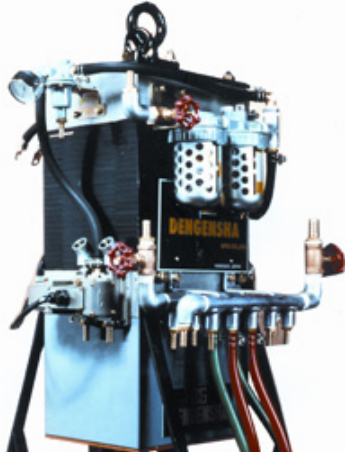
An essential for lightweight compact guns, the Dengensha MFDC transformer minimizes weight for compact and portable guns. A modular design allows for multiple configurations, and a miniature iron core helps cut weight by 30%.

MFDC Lightweight Transformer				
	Frequency	Rated Capacity (50% duty cycle)	Dimensions (mm)	Weight
Type 1	1,000 - 1,500 Hz	76	313 x 91 x 130	11
	1,200 - 1,500 Hz	85	370 x 88 x 130	14
	1,000 Hz	97	352 x 88 x 130	14
	1,000 Hz	85	394 x 88 x 130	15
Type 2	1,000 - 1,500 Hz	76	339 x 91 x 173	14
	1,200 - 1,500 Hz	90	396 x 88 x 173	17
	1,000 Hz	97	378 x 88 x 173	17
	1,000 Hz	100	420 x 88 x 173	18

AC Portable Transformer NHAH



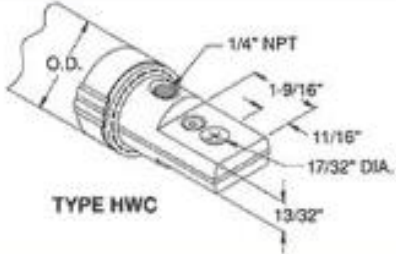
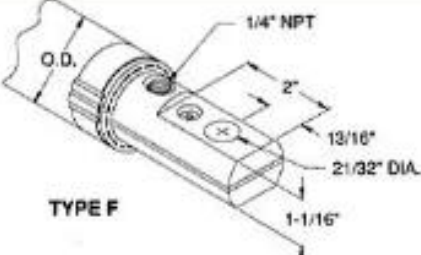
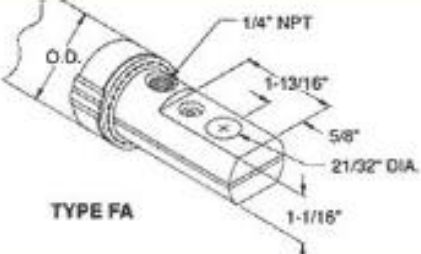
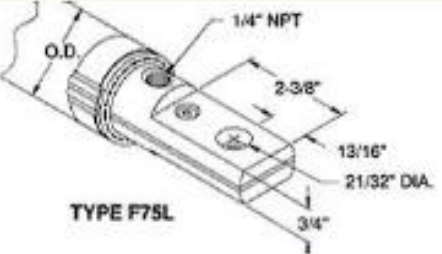
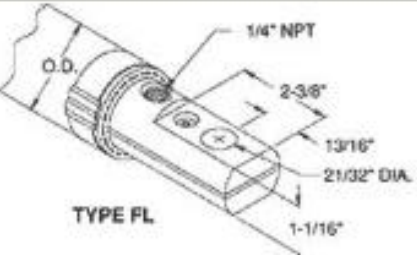
DC Rectified Portable Transformer NRHAH



Anexo 25: Cable de fuerza

# Tor-Fleq Kickless Cables

Ideal for Robotic Application

<p>Type HWC</p>	 <p>TYPE HWC</p>
<p>Type F</p>	 <p>TYPE F</p>
<p>Type FA</p>	 <p>TYPE FA</p>
<p>Type F75L</p>	 <p>TYPE F75L</p>
<p>Type FL</p>	 <p>TYPE FL</p>

Tc

## Styles of Tor-Fleq Ends

Notes:

1. Special Diameter bolt holes can be furnished upon request, as well as special terminals.
2. All water inlets are 1/4" NPT.

### Standard Mandrel Specifications

MCM Size	Outer Diameter	Terminal Diameter
300	1-15/16"	1-7/16"
400-450	2-3/16"	1-11/16"
500	2-3/8"	1-7/8"
650	2-1/2"	1-7/8"

### HTRF Cover Hose

MCM Size	Hose O.D.	Terminal Diameter
300	2.08"	1-9/16"
400-450	2.33"	1-13/32"
500	2.52"	1-31/32"
650	2.64"	1-31/32"

The HTRF Cover hose was developed to combat the primary cause of water-cooled cable failure: wear through of the outer cover. Often a hose wears through due to abrasion on the welding equipment or production components.

WATTEREDGE has developed a super high abrasion compound which can outlast other materials 40 to 1 against failure due to abrasion. This compound is integrated into the HTRF cover hose, which is available for all kickless cables and also for water cooled jumpers up to 600 MCM in size.

Also available is a high abrasion thin wall sleeve, which can be mounted over the standard kickless cable hose.

## Anexo 26: Controlador Obara



Home | About Us | Products | Services | Contact Us

Products

Weld Guns

Electrodes / Adapters

Transformers

Weld Controllers

Cables / Shunts

Holders / Arms

### Inverter Welding Controller

The Inverter Welding Controller allows lower current, lower electrode force and shorter welding cycles in comparison with an AC system. It also allows a wider range of current to be used at a given electrode force. By utilizing the Inverter system, the weight of the transformer can be reduced by up to 50%



### AC Welding Controller

Our Welding Controllers are user friendly and have various operations available such as spatter regulation and variable pressurizing.

### Trantim

Obara's Trantim unit combines a weld controller and a transformer into one convenient package. The Trantim unit helps to simplify a portable spot welding line by minimizing floor space and wiring, without any compromises to weld capacity.