



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CARGA,
DESCARGA Y ENFRIAMIENTO DE ESPIRALES DE METALÚRGICA CARABOBO,
S.A.**

Autor:

Santiago Bortot Avendaño

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CARGA,
DESCARGA Y ENFRIAMIENTO DE ESPIRALES DE METALÚRGICA CARABOBO,
S.A.**

Proyecto del Trabajo de Grado para optar al título de
INGENIERO ELECTRÓNICO

Autor:

Santiago Bortot Avendaño

28.290.443

Tutor:

Ing. Antonio Rodríguez

San Diego, febrero de 2023



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

ACTA DE APROBACIÓN

INFORME FINAL DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO


El jurado designado por la Facultad de INGENIERIA para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado: PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CARGA, DESCARGA Y ENFRÍAMIENTO DE ESPIRALES DE METALURGICA CAROBOBO, S.A

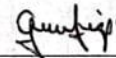
Realizado por el (la) Br. BORTOT AVENDAÑO SANTIBAGO
C.I. N° 28 290 443 cursante de la carrera de INGENIERIA ELECTRONICA
hace constar después de analizar su contenido y oída la exposición oral, considera que el Informe Final o Trabajo de Grado ha obtenido la calificación de:


APROBADO

NO APROBADO

El Jurado


Tutor Académico (Coordinador)
Nombre: Antonio Rodelves
C.I.: V-14923464


Jurado
Nombre: Geison Sanchez
C.I.: V-7143 386


Jurado
Nombre: Wilson Espinoza
C.I.: 9885895

Fecha: 28/02/2023






REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**CONSTANCIA DE APROBACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN
PÚBLICA DEL TRABAJO DE GRADO**

Quien suscribe, **Antonio Rodríguez**, portador de la cédula de identidad N° 14.923.464, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano **Santiago Bortot**, portador de la cédula de identidad N° 28.290.443, titulado "PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CARGA, DESCARGA Y ENFRIAMIENTO DE ESPIRALES DE METALÚRGICA CARABOBO, S.A.", presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Electrónico, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 02 días del mes de Febrero del año dos mil veintitrés.



ING. ANTONIO RODRÍGUEZ
C.I: 14.923.464



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA

FI E 001 2022-2CR TG

Valencia, 18 de enero de 2023

Ciudadano:
BORTOT AVENDAÑO, SANTIAGO
28.290.443
Presente -

Cumplo con informarle que la comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 12-2022 de fecha 19/09/2022 aprobó el proyecto de grado titulado:

Propuesta de automatización del sistema de carga, descarga y enfriamiento de espirales de METALÚRGICA CARABOBO, S.A.

Presentado por ustedes como requisito para optar al título de Ingeniero Electrónico.

Se ratifica la designación del Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto a:
Ing. Antonio Andrés Rodríguez Briceño, titular de la cédula de identidad V-14.923.464

Atentamente

Dra. Laura Aurora Sáenz Palencia
Decana de la Facultad de Ingeniería



c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios primeramente por darme la oportunidad de seguir adelante, por darme fuerza, constancia, paciencia y perseverancia necesaria para superar cada uno de los obstáculos que se presentaron en el camino.

Agradezco a mi madre Eyra del Carmen Avendaño Contreras por darme la vida, por siempre estar allí apoyándome y acompañándome en cada una de las etapas y objetivos personales que he logrado conseguir con mucha motivación gracias a ella, por brindarme siempre su apoyo incondicional, amor, confianza y grandes valores que cada día me hacen más fuerte como ser humano y ahora como profesional.

A mi padre Anibal Bortot Breznik quien desde siempre estuvo apoyándome y acompañándome en cada una de las etapas y objetivos personales que he logrado conseguir con mucha motivación, por contar siempre con su apoyo incondicional, amor, confianza y grandes valores que cada día me hacen más fuerte como ser humano y como profesional.

A mis abuelas Teresa Breznik y Ana Dorila Contreras gracias por siempre acompañarme desde mi infancia en cada una de mis etapas, su compañía siempre fue de vital importancia para mi desarrollo como persona, gracias por pedirle a dios que me guiara en cada paso, gracias a sus plegarias he llegado lejos, gracias por consentirme con sus comidas, este logro también es vuestro.

A todos mis tíos por siempre estar para mí, a mis primas, primos y el resto de la familia gracias por siempre estar presente apoyándome en mi formación profesional.

A mi tutor académico el ING. Antonio Rodríguez gracias por guiarme en esta etapa brindándome su apoyo y conocimiento, el cual me ha sido de gran experiencia en mi formación profesional.

A todos mis amigos universitarios que comenzaron desde los primeros semestres conmigo, gracias por brindar su apoyo incondicional. Gracias a cada uno de ustedes porque cada uno aportó un granito de arena para que este gran logro se hiciera posible.

“GRACIAS”

Santiago. Bortot A.

DEDICATORIA

A Dios por permitir lograr cerrar este paso tan grande para abrir otros mejores, gracias por darme la fuerza de seguir adelante.

A mi familia querida, pero en principal a mis padres, por ser mi pilar para seguir adelante cada día, por enseñarme cosas nuevas, por brindarme su apoyo en cada etapa y cada vez que lo necesitaba, por luchar conmigo en los momentos difíciles, su compañía y presencia es de gran valor para mi desempeño como persona, gracias por todos los momentos en que prestaron su apoyo para que avanzara con mis objetivos.

Al Profesor Antonio Rodríguez por guiarme en esta etapa brindándome su apoyo y conocimiento, gracias a él pude culminar esta etapa.

A todas las amistades que me han acompañado en las diferentes etapas de mi vida, siempre brindándome su apoyo sincero.

A todas aquellas personas que me rodearon y estuvieron pendientes en cada uno de mis pasos, por brindarme su amistad, cariño, y a los que participaron directa o indirectamente en la elaboración de mi trabajo de grado, es gratificante saber que me encuentro rodeado de personas que me aprecian, a todos ustedes gracias.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO

pp.

LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABLAS.....	xiii
RESUMEN INFORMATIVO.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO	
I	EL PROBLEMA
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación del Problema.....	8
1.3 Objetivos de la Investigación.....	8
1.3.1 Objetivo General.....	8
1.3.2 Objetivos Específicos.....	8
1.4 Justificación.....	8
1.5. Alcance y Limitaciones.....	9
II	MARCO TEÓRICO
2.1 Antecedentes.....	11
2.2 Bases Teóricas.....	13
2.2.1 Automatización.....	13
2.2.1.1 Estructura.....	14
2.2.1.2 Tipos.....	14
2.2.1.3 Ventajas e inconvenientes.....	15
2.2.2 Controladores lógicos programables.....	15
2.2.2.1 Estructura.....	16
2.2.2.2 Ventajas y desventajas.....	16
2.2.3 Muelle.....	17
2.2.4 Muelles helicoidales.....	17
2.2.5 Horno continuo.....	19
2.2.5.1 Horno por recirculación.....	19
2.2.5.2 Horno de revenido.....	19

	2.2.6 Motor eléctrico.....	20
	2.2.6.1 Tipos.....	20
	2.2.6.2 Servomotor.....	20
	2.2.6.3 Encoder.....	21
	2.2.6.4 Motor con encoder.....	21
	2.3 Definición de Términos.....	21
III	MARCO METODOLÓGICO	
	3.1 Tipo de Investigación.....	23
	3.2 Diseño de la Investigación.....	23
	3.3 Nivel de la investigación.....	24
	3.4 Población y muestra.....	24
	3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	25
	3.5.1 Técnicas.....	25
	3.5.2 Instrumentos de recolección y presentación de datos..	25
	3.5.3 Técnicas de análisis de resultados.....	26
	3.6 Fases metodológicas.....	26
IV	RESULTADOS	
	4.1 Fase I. Diagnóstico de las causas que están ocasionando los problemas de atascos de material en el horno de revenido de espirales.....	28
	4.1.1 Causas de los problemas.....	32
	4.1.2 Listado de factores internos.....	34
	4.1.3 Listado de factores externos.....	37
	4.1.4 Diagnóstico.....	40
	4.2 Fase II. Selección de las variables e instrumentos a considerar para el desarrollo del automatismo de carga, descarga y enfriamiento de espirales del horno de revenido.....	41
	4.2.1 Selección del PLC.....	41
	4.2.2 Calculo del peso del carro.....	47
	4.2.3 Calculo del motor.....	49

4.2.4 Datos motores.....	50
4.3 Fase III. Diseño del sistema automático de carga, descarga y enfriamiento de espirales del horno de revenido.....	57
4.3.1 Sistema de carga de espirales.....	57
4.3.2 Condiciones de arranque.....	66
4.3.3 Funcionamiento.....	67
4.3.4 Sistema de descarga y enfriamiento de espirales....	76
4.3.5 Condiciones de inicio.....	80
4.3.6 Funcionamiento.....	81
4.3.7 Proyección de mejora.....	92
4.4 Fase IV. Estudio de la factibilidad tanto técnica como económica del proyecto de automatización de carga, descarga y enfriamiento de espirales de Metalúrgica Carabobo, S.A.....	93
4.4.1 Factibilidad técnica.....	93
4.4.2 Factibilidad económica.....	94
CONCLUSIONES.....	99
RECOMENDACIONES.....	102
REFERENCIAS.....	103
ANEXOS	
ANEXO A.....	107

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	DESCRIPCION	pp.
1	Transportador o conveyor de ángulos.....	4
2	Horno de revenido.....	4
3	Sistema automático de carga de espirales al horno de revenido.....	5
4	Sistema automatico de descarga y enfriamiento de espirales.....	6
5	Estructura de un sistema automatizado.....	14
6	Estructura del PLC.....	16
7	Muelle helicoidal utilizado en un sistema de suspensión delantera.....	18
8	Sistema de suspensión trasera con muelles helicoidales.....	18
9	Vista translucida de un chasis de automóvil.....	19
10	Matriz FODA para análisis estratégico.....	38
11	Análisis FODA cruzado.....	38
12	Contenedor de scrap.....	40
13	Cesta con scrap de espirales y varillas.....	41
14	Computador de National instruments Pxi-1042.....	42
15	Siemens PLC logo Basic 230RC.....	42
16	Mitsubishi PLC FX3g-40M.....	43
17	Datos técnicos LOGO.....	45
18	Datos técnicos LOGO parte dos.....	45
19	Estructura de LOGO.....	46
20	Modulo de expansión DM16.....	46
21	Cd LOGO soft confort versión 5.0.	47
22	Tabla 430-150 de la NEC.....	51
23	Tabla 430 52 de la NEC.....	52
24	Tabla NEC 240.6.....	52
25	Tabla 310-16 NEC.....	53
26	Tabla NEC 250.122.....	53
27	Tabla 2-3 NEC.....	54
28	Tabla NEC 310-16.....	55

29	Diagrama unifilar de motores.....	56
30	Esquema frontal del sistema automático de carga.....	57
31	Esquema vista superior del sistema automático de carga.....	58
32	Posicionamiento de limit switches en el sistema de carga.....	59
33	Diagrama de conexiones Altivar 312 en sistema de carga.....	63
34	Diagrama de conexiones entradas PLC sistema de carga.....	64
35	Diagrama de conexiones salidas PLC sistema de carga.....	65
36	Condiciones de arranque ladder sistema de carga.....	66
37	Condiciones de arranque completas ladder sistema de carga.....	66
38	Arranque ladder sistema de carga.....	67
39	Funcionamiento para bajar pistón manipulador ladder sistema de carga...	67
40	Funcionamiento para magnetizar imán ladder sistema de carga.....	68
41	Funcionamiento para subir pistón manipulador ladder sistema de carga...	68
42	Funcionamiento para iniciar movimiento a la izquierda ladder sistema de carga.....	68
43	Desmagnetizar imán soltando espiral uno ladder sistema de carga.....	69
44	Funcionamiento movimiento hacia la derecha ladder sistema de carga.....	69
45	Contador carga #1.....	70
46	Contador carga #2.....	70
47	Contador carga #3.....	70
48	Resetear contadores para un nuevo ciclo de carga.....	71
49	Diagrama escalera de carga completo parte uno.....	71
50	Diagrama escalera de carga completo parte dos.....	71
51	Diagrama escalera de carga completo parte tres.....	72
52	Diagrama escalera de carga completo parte cuatro.....	72
53	Diagrama escalera de carga completo parte cinco.....	73
54	Diagrama escalera de carga completo parte seis.....	73
55	Diagrama escalera de carga completo parte siete.....	74
56	Diagrama escalera de carga completo parte ocho.....	74
57	Diagrama escalera de carga completo parte nueve.....	75
58	Diagrama escalera de carga completo parte 10.....	75

59	Diagrama escalera de carga completo parte 11.....	76
60	Diagrama escalera de carga completo parte 12.....	76
61	Esquema frontal del sistema automático de descarga.....	77
62	Esquema vista superior del sistema automático de descarga.....	78
63	Posicionamiento de limit switches en sistema automático de descarga....	79
64	Condiciones de inicio ladder descarga.....	81
65	Funcionamiento ladder inicio descarga.....	81
66	Funcionamiento desplazamiento hacia la derecha ladder descarga.....	81
67	Funcionamiento bajar manipulador ladder descarga.....	82
68	Funcionamiento imán ladder descarga.....	82
69	Funcionamiento delay subir pistón ladder descarga.....	82
70	Funcionamiento desplazamiento hacia la izquierda ladder descarga.....	83
71	Funcionamiento desactivar imán ladder descarga.....	83
72	Funcionamiento contadores ladder descarga.....	84
73	Cambio de velocidad en sistema de carga ladder.....	85
74	Cambio de velocidad en sistema de descarga ladder.....	85
75	Diagrama conexiones altivar 312 sistema de descarga.....	86
76	Diagrama de conexiones entradas PLC sistema de descarga.....	87
77	Diagrama de conexiones salidas PLC sistema de descarga.....	88
78	Diagrama escalera del sistema automático de descarga parte uno.....	89
79	Diagrama escalera del sistema automático de descarga parte dos.....	90
80	Diagrama escalera del sistema automático de descarga parte tres.....	90
81	Diagrama escalera del sistema automático de descarga parte cuatro.....	90
82	Diagrama escalera del sistema automático de descarga parte cinco.....	91
83	Diagrama escalera del sistema automático de descarga parte seis.....	91
84	Diagrama escalera del sistema automático de descarga parte siete.....	92
85	Diagrama escalera del sistema automático de descarga parte ocho.....	92

LISTA DE TABLAS

DESCRIPCION

TABLA		pp.
1	Ficha de observación.....	28
2	Control de producción.....	29
3	Comparación de PLC.....	43
4	Valoración de PLC.....	44
5	Dimensiones planchas de acero.....	48
6	Peso planchas de acero.....	48
7	Peso componentes carro manipulador.....	48
8	Entradas y salidas PLC LOGO carga.....	60
9	Leyenda de abreviatura de dispositivos.....	61
10	Entradas y salidas PLC LOGO descarga.....	80
11	Evaluación técnica de la propuesta.....	93
12	Costo componentes mecánicos.....	94
13	Costo componentes eléctricos.....	95
14	Costo planchas de acero.....	96
15	Costos vigas.....	96



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CARGA,
DESCARGA Y ENFRIAMIENTO DE ESPIRALES DE METALÚRGICA CARABOBO,
S.A.**

Autor: Santiago Bortot Avendaño

Tutor: Ing. Antonio Rodríguez

Fecha: Febrero 2023

RESUMEN INFORMATIVO

La actual acumulación de problemas en los sistemas automáticos de carga, descarga y enfriamiento de espirales genera atrancamientos en el horno de revenido, el sistema automático actual no garantiza la continuidad del proceso productivo, con lo que afecta también a los procesos que lo anteceden por tratarse de un proceso continuo, por ende, la empresa ha fijado como prioritario el estudio de las mejoras necesarias que garanticen el correcto funcionamiento de la línea. El presente proyecto de investigación tiene como objetivo proponer un sistema de automatización de carga, descarga y enfriamiento de espirales de Metalúrgica Carabobo, S.A., siendo una investigación del tipo proyecto factible con un diseño de investigación documental, con las bases teóricas enfocadas a la automatización, los muelles helicoidales y el horno de revenido, estando enmarcada en la línea de investigación ciencias cognitivas y aplicadas, La investigación lleva a realizar una propuesta a la empresa que garantice la solución de los problemas, con objeto de diseñar el sistema automático de carga, descarga y enfriamiento de espirales del horno de revenido, presentando dichas soluciones a través de tablas, gráficos y simulaciones por software, incluyendo el estudio de factibilidad técnico y económico, además de seleccionar y proponer el controlador lógico programable a utilizar en la automatización.

Descriptor: Automatización, Revenido, Muelles helicoidales, Horno de revenido, Espirales.

INTRODUCCIÓN

La industria automotriz en todo el mundo es un excelente ejemplo de los diferentes usos de diversos metales en distintos procesos metalúrgicos en la producción de piezas grandes para automóviles. Estos procesos son cada vez más complejos a medida que la industria busca mejoras para hacer que los vehículos sean más seguros, económicos y eficientes. Los procesos metalúrgicos aplicados a la industria automotriz florecieron en Venezuela. Se instalaron ensambladoras de automóviles y camiones en el país. Las regulaciones gubernamentales preveían la inclusión de partes locales. Esto llevó a la creación de un gran número de empresas de autopartes para abastecer a estos montadores y al departamento de autopartes. En este florecimiento de la industria automotriz venezolana inició sus operaciones Metalúrgica Carabobo S.A, que tiene como objetivo la producción de resortes automotrices, tanto planos como helicoidales o mejor conocidos como espirales para el sector automotriz de equipo original, repuesto y de exportación.

En el área de espirales es donde se desarrollará la presente investigación, dicha área consta de varios sub-procesos. El proceso principal en el que se enfocara la investigación es el proceso de revenido, el cual es un tratamiento térmico a un material con el fin de variar su dureza y cambiar su resistencia mecánica. El propósito fundamental es disminuir la gran fragilidad que tienen los aceros (enfocado a espirales). La línea de espirales es un proceso continuo que se ha ido mejorando a lo largo del tiempo, pero el proceso de revenido presenta muchos problemas derivados de la obsolescencia de los sistemas automáticos de carga, descarga y enfriamiento del espiral, y esto se agrava también por la incorporación de variadas geometrías de espirales para los cuales no fueron diseñados estos sistemas.

La actual acumulación de problemas del mencionado proceso genera atrancamientos en el horno de revenido, el sistema automático actual de carga, descarga y enfriamiento de espirales del horno de revenido de espirales de la empresa Metalúrgica Carabobo, S.A., no garantiza la continuidad del proceso productivo, con lo que afecta también a los procesos que lo anteceden por tratarse de un proceso continuo, por ende, la empresa ha fijado como prioritario el estudio de las mejoras necesarias que garanticen el correcto funcionamiento de la línea. La presente tesis titulada “**Propuesta de automatización del sistema de carga, descarga y enfriamiento de espirales de Metalúrgica Carabobo, S.A.**” tiene como pregunta central del trabajo ¿Cómo evitar los problemas de atasco de espirales en los procesos asociados al horno de revenido de

espirales de Metalúrgica Carabobo, S.A.? Por consiguiente, el objetivo central es proponer un sistema de automatización de carga, descarga y enfriamiento de espirales de Metalúrgica Carabobo, S.A., en lo cual se enfocará el presente trabajo. Para llevar a cabo la propuesta, la investigación se ha estructurado en cuatro capítulos. En el capítulo I “El problema” proporciona elementos que permiten detectar el problema objeto de investigación. Por otro lado, en el capítulo II “Marco teórico” se efectúa la explicación teórica tanto de la automatización como de conceptos relacionados con el tema de estudio, para comprender la naturaleza del hecho investigado y sustentarlo teóricamente. También, el capítulo III “Marco metodológico” describe el diseño del estudio en detalle. Por último, el capítulo IV “Resultados” desarrolla los objetivos para el correcto cumplimiento de la propuesta de automatización.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

El sector automotriz a nivel mundial es un claro ejemplo de la diversidad de aplicaciones que se le puede dar a los diferentes metales mediante distintos procesos metalúrgicos en la elaboración de una gran proporción de los componentes de un vehículo, estos procesos han ido ganando complejidad en la medida que la industria busca mejoras que hagan cada vez más seguros, menos costosos y más eficientes los vehículos. En Venezuela los procesos metalúrgicos aplicados al sector automotriz tuvieron un gran auge con la instalación en el país de ensambladoras de autos, camiones y normativas gubernamentales que exigían la incorporación de partes locales, lo que generó la creación de una gran cantidad de empresas de autopartes que suplían a dichas ensambladoras y al sector de autopartes de repuesto.

En este florecimiento de la industria automotriz venezolana inicio sus operaciones Metalúrgica Carabobo S.A, que tiene como objetivo la producción de resortes automotrices, tanto planos como helicoidales o mejor conocidos como espirales para el sector automotriz de equipo original, repuesto y de exportación, En el área de espirales es donde se desarrollará la presente investigación, dicha área consta de varios sub-procesos a saber. Austenizado, en este proceso la materia prima llega en barras de acero de la longitud, diámetro y especificaciones de acero de acuerdo a cada resorte, dichas barras son colocados en un cargador automático que se encarga de introducir dichas barras dentro del horno de austenizado por convección, las barras se transportan dentro del horno por la acción de seis tornillos sin fin de acero refractario, este horno como su nombre lo indica es el encargado de llevar la barra a la temperatura de austenizado.

Lo cual ocurre en este tipo de acero a 930 ° C, el tiempo de permanencia en dicho horno varía de acuerdo al diámetro de la barra, y puede estar entre los 12 a 24 minutos. Arrollado, en este proceso llega de forma automática la barra procedente del horno de austenizado, y una máquina automática de arrollado de espirales CNC de 3 ejes es la encargada de darle la configuración al resorte de acuerdo al husillo que se le coloque y a la programación propia de cada resorte de acuerdo a la geometría especificada. Temple, al salir el espiral de la arrolladora

CNC el espiral debe ser enfriado en aceite, por lo que un manipulador automático toma el resorte, lo introduce en el aceite y lo suelta sobre un transportador o conveyor de ángulos como se aprecia en la figura 1, este lleva el resorte a lo largo de la cuba de aceite para luego subir y descargar por gravedad el resorte en el sistema de carga del horno de revenido.



Figura 1. Transportador o conveyor de ángulos

Fuente: Bortot, S. (2022).

Revenido, el horno de revenido que se ve en la Figura 2, es el encargado de normalizar la estructura granular del acero y eliminar el stress que se produce en el acero en el proceso de temple, de forma de que el espiral no sea quebradizo, este se lleva a cabo a una temperatura de 430°C y un tiempo de permanencia de 30 a 60 minutos de acuerdo al diámetro de cada espiral, al final de este proceso también se debe enfriar el espiral pero esta vez en agua de forma de cortar el tratamiento térmico.



Figura 2. Horno de revenido.

Fuente: Bortot, S. (2022).

La línea de espirales es un proceso continuo que se ha ido mejorando a lo largo del tiempo en los procesos de austenizado, arrollado y temple, pero el proceso de revenido presenta muchos problemas derivados de la obsolescencia de los sistemas automáticos de carga, descarga y enfriamiento del espiral, y esto se agrava también por la incorporación de variadas geometrías de espirales para los cuales no fueron diseñados estos sistemas, como por ejemplo espirales cónicos. El sistema automático de carga de espirales al horno de revenido que se aprecia en la Figura 3, está conformado actualmente por un conveyor de cadena table-top de movimiento continuo que recibe el espiral a la salida del proceso de temple y transporta el mismo hasta la entrada del horno de revenido, donde la lógica del PLC que controla el proceso asume un tiempo para que se acumulen cuatro espirales, luego un pistón neumático procede a empujarlos dentro del horno.

Este sistema automático de carga apreciado en la Figura 3 no garantiza la correcta colocación de los espirales en la malla de velocidad constante de cangilones de transporte del horno, ya que no contempla el momento justo de introducción de los espirales de acuerdo a la colocación del cangilón en su avance, los espirales al acumularse de cuatro piezas tienden a enredarse en el transportador de cadena table-top antes de ser introducidos al horno ocasionando su incorrecta colocación, los espirales cónicos no conservan un desplazamiento perpendicular a su eje por lo que al empujarlos el pistón neumático terminan montándose entre dos cangilones, todos estos problemas mencionados, pueden desencadenar que el horno se tranque, ya que la entrada del mismo a la cámara de calor es de baja altura para minimizar el escape de calor, por lo que para solventar la situación actualmente colocan un operario que vigile y corrija de ser necesario la posición de los espirales.



Figura 3. Sistema automático de carga de espirales al horno de revenido.

Fuente: Bortot, S. (2022).

El horno de revenido visto en la Figura 2, está conformado por un hogar en su parte superior donde se encuentra un quemador que calienta el aire y una turbina de acero refractario que se encarga de transportar el aire caliente a un ducto de baffles a todo lo largo del horno, el mismo va colocado a 40 centímetros de altura sobre la malla de cangilones de forma que el aire incida directamente en los espirales, el mismo aire vuelve a subir al hogar por la succión que genera la turbina, por lo que son conocidos como hornos de recirculación de aire caliente. La descarga del horno apreciada en la Figura 4, se logra al caer por gravedad los espirales a un conveyor de malla sumergido en agua para así lograr el enfriamiento de la pieza, para el momento de la toma de esta figura el conveyor se encontraba en reparación por daños graves sufridos en la malla de transporte, el conveyor transporta dentro de la cuba de enfriamiento el espiral para luego subir y descargar los mismos en una cesta metálica.



Figura 4. Sistema automático de descarga y enfriamiento de espirales.

Fuente: Bortot, S. (2022).

Este proceso recoge los problemas generados desde la carga, es decir si los espirales vienen entrelazados entre ellos no siempre caen correctamente, en oportunidades se introducen entre el conveyor de cangilones del horno y la cuba de enfriamiento produciendo que se tranque la cadena del horno, en otras al caer a la malla se unen con los anteriores no logrando el conveyor de malla desplazarlos hasta la cesta y produciendo daños en la malla, por estas razones colocan otro operario en la salida del horno para evitar estos problemas. También es de destacar que los procesos de tratamiento térmico son muy susceptibles con el tiempo de permanencia y temperatura de las piezas dentro del horno, por lo que cualquier parada conlleva a que se tenga

que segregar el material que se encontraba dentro del horno para darle nuevamente el tratamiento térmico, proceso este que se debe hacer en horas extraordinarias.

El sistema automático actual de carga, descarga y enfriamiento de espirales del horno de revenido de espirales de la empresa Metalúrgica Carabobo, S.A., no garantiza la continuidad del proceso productivo, con lo que afecta también a los procesos que lo anteceden como es austenizado, arrollado y temple al tratarse de un proceso continuo, por lo que la empresa ha fijado como prioritario el estudio de las mejoras necesarias que garanticen el correcto funcionamiento de la línea. La operación del horno de revenido en las condiciones actuales generó que la gerencia de la empresa asignara a un operario adicional en la línea para que vigile y asegure la correcta carga y descarga del horno, logrando así aminorar los atascos con material en la parte interna del horno, sin embargo en muchas oportunidades dicho operario se ve obligado a parar el proceso para reordenar los espirales en la entrada del horno o corregir algún atasco en la salida del mismo y en otras oportunidades ya sea por fatiga del operario, o por estar corrigiendo los espirales en la salida se descuida la carga y se produce un atasco con espirales.

Cuando se produce algún atasco se procede a parar el proceso y tratar de solventar el problema extrayendo los espirales del horno desde la parte externa con unas barras, si no se logra de esta forma se procede a apagar el horno y esperar que se enfríe para que una empresa contratista proceda a eliminar la tranca, esta operación se logra hacer a través de bocas de visita que tiene el horno en su parte lateral, por la cuales se introduce el trabajador para eliminar el atasco, ya sea logrando de forma manual destrancar el mismo o en algunas oportunidades se ve obligado a picar los espirales ya que los mismos logran introducirse en parte hacia los baffles de recirculación de aire caliente. Una vez explicado lo anterior podemos detallar las pérdidas tanto de tiempo como de materiales a continuación.

En cuanto a pérdidas de tiempo productivo, aunque no existe la disciplina por parte del operario encargado de llevar el reporte de producción de la línea en registrar las constantes paradas para reordenar material a la carga del horno, se pudo levantar cierta data por observación directa, por entrevistas no estructuradas al supervisor de producción y por los reportes de producción, concluyendo que se pierde alrededor de un 7 % del tiempo productivo por esta causa, en los últimos seis meses se produjeron 13 paradas por atascos donde fue necesario apagar el horno, el proceso de enfriar el horno demora alrededor de 10 horas, y esta línea está operando actualmente un solo turno, estas 13 paradas representaron una pérdida de tiempo productivo de

91,5 horas, lo que nos da un promedio mensual de 15,25 horas, es decir alrededor de un 7,7 % de pérdida de tiempo productivo. En cuanto al scrap de los últimos seis meses se pudo contabilizar 52 espirales dañados por atascos dentro del horno, es decir 8,66 espirales/mes. Cada vez que se apaga el horno con material adentro el mismo debe segregarse para darle nuevamente el ciclo o tiempo de revenido completo, por lo que estas paradas generaron en los últimos seis meses un total 52 horas de sobre tiempo, ya que este proceso se hace por el mismo horno después de finalizada la jornada regular. También, en los últimos seis meses el cargador neumático del horno de revenido se le han realizado tres reparaciones mayores, las cuales incluyeron en una oportunidad el cambio total de la cadena table-top y del cilindro neumático de empuje. Por último, el conveyor de salida y enfriamiento del horno en los últimos meses se le realizó un mantenimiento mayor que incluyó el cambio de todas las guías laterales, cambio de chumaceras y sustitución de tres metros de cadena transportadora por daño mayor.

1.2 Formulación del problema

¿Cómo evitar los problemas de atasco de espirales en los procesos asociados al horno de revenido de espirales de Metalúrgica Carabobo, S.A.?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo General

Proponer un sistema de automatización de carga, descarga y enfriamiento de espirales de Metalúrgica Carabobo, S.A.

1.3.2 Objetivos Específicos

Diagnosticar las causas que están ocasionando los problemas de atascos de material en el horno de revenido de espirales.

Seleccionar las variables e instrumentos a considerar para el desarrollo del automatismo de carga, descarga y enfriamiento de espirales del horno de revenido.

Diseñar el sistema automático de carga, descarga y enfriamiento de espirales del horno de revenido.

Estudiar la factibilidad tanto técnica como económica del proyecto de automatización de carga, descarga y enfriamiento de espirales de Metalúrgica Carabobo, S.A.

1.4 Justificación de la investigación

Es conveniente llevar a cabo la investigación, ya que el proceso de revenido de espirales está operando con una alta incidencia de fallas, que derivan en elevados costos de

mantenimiento, necesitando además de la colocación de operarios adicionales para tratar de prevenir dichas fallas, lo que no siempre es posible, además esto representa un costo de un operario adicional. Tanto los tiempos de parada por las fallas, así como los operarios adicionales repercuten directamente en la productividad de la línea de espirales, además el aumento del scrap de productos causados por los atascos en el horno se deben picar para poder destrancar el horno, el resto del material que no se daña debe someterse a re trabajo al tener que repetir el proceso de revenido, y esto debe hacerse en horas extras cuando la línea no esté operando.

Desde el punto de vista técnico, la afectación frecuente del ciclo normal de tiempo en los diferentes procesos de la línea genera una inestabilidad en la calidad del producto final, requiriéndose por esto un chequeo más exhaustivo de la calidad del producto, impactando también lo costos finales de producción. Por lo tanto, al implementar las mejoras necesarias que conduzcan a eliminar estos problemas que afectan la continuidad del proceso se obtendrían importantes reducciones de costos, aumento de la productividad y un incremento en la calidad del producto, todos estos factores a su vez inciden en la mayor aceptación del producto en el mercado, logrando a su vez una mayor inserción en el mismo y por ende una mayor rentabilidad de la empresa.

1.5 Alcance y limitaciones

De acuerdo a la información obtenida del ingeniero de procesos del área de espirales, del supervisor de producción del área y de la observación directa del proceso, se puede afirmar que el flujo continuo del proceso de espirales solo se está viendo afectado por los problemas reflejados en el sistema automático de carga y descarga del horno de revenido, así como en el sistema de enfriamiento de los espirales a la salida del horno, por eso la propuesta de investigación de mejora y automatización solo abarcará estos sistemas. La investigación llevará a realizar una propuesta a la empresa que garantice la solución de los problemas, con objetivo de diseñar el sistema automático de carga, descarga y enfriamiento de espirales del horno de revenido, presentando dichas soluciones a través de tablas, gráficos y simulaciones por software, incluyendo el estudio de factibilidad técnico y económico, además de seleccionar y proponer el controlador lógico programable a utilizar en la automatización, para los cual se hará apoyo en herramientas que ya se estén utilizando en la empresa.

En cuanto a las limitaciones, se deben tener en cuenta algunas condiciones y obstáculos que pueden impedir que el proyecto se realice, la empresa Metalúrgica Carabobo, S.A., cierra su

ejercicio financiero el mes de septiembre y presenta su presupuesto para el nuevo ejercicio 2022-2023, en este nuevo presupuesto se incluyó una partida para mejoras en la línea de espirales, por supuesto para poder llevar a cabo ciertos proyectos se deben cumplir ciertas condiciones a saber.

Entre ella, el incremento de la demanda de espirales en el mercado interno, ya que las mismas a raíz del cierre total de las ensambladoras en el país se vio reducido al mercado de reposición, y este mercado a su vez se vio mermado por los problemas graves de suministro de combustibles para el parque automotor que existieron en el país y que aún no se ha estabilizado 100 %, también la pandemia por el Covid-19 influyó en la caída de la demanda, en el año 2022 dicha demanda se ha venido incrementando ligeramente y se espera que continúe así para el 2023 para poder acometer ciertas inversiones. También, se debe mantener la posibilidad de importar los componentes necesarios facilitando la adquisición de las divisas necesarias y con tasas arancelarias justas, ya que estas reglas en los últimos años no han estado del todo claras. Por último, las políticas gubernamentales deben apoyar e incentivar la producción nacional, de forma de ir sustituyendo la economía de puertos que ha imperado en los últimos años.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Leon, Sergio, (2021). En su trabajo de grado titulado **“Diseño de la sincronización automatizada de carga y descarga del lavado de botellas de diferentes formatos para mejorar la efectividad de la máquina hidrojet - Línea 2 en una empresa de bebidas gasificadas de la ciudad de Trujillo-Perú”**, Realizado en la Universidad Cesar Vallejo, para optar al título de ingeniero mecánico electricista, tuvo como objetivo general diseñar la sincronización automatizada de carga y descarga del lavado de botellas de diferentes formatos para mejorar la efectividad de la máquina hidrojet-Línea 2 en una empresa de bebidas gasificadas de la ciudad de Trujillo-Perú, investigación del tipo aplicada con un diseño pre-experimental, población maquina hidrojet, su muestra es una máquina hidrojet krones modelo k672047, utilizando ficha de observación como instrumento de recolección de datos, pudo concluir y determinar la situación actual de los sistemas de carga y descarga de botellas de la máquina, así como su sincronización para poder determinar el sistema necesario para la correcta automatización del proceso.

Este antecedente resulta estar directamente relacionado con el tema de la carga y descarga, por el hecho de que su autor plantea el diseño de carga y descarga de producto de diferentes formatos para mejorar la efectividad de la máquina, así como también para eliminar las paradas no programadas debidas a una mala regulación, es conveniente mencionar que los resultados de mejora de efectividad de un proceso y la eliminación de paradas no programadas son pieza clave de la presente investigación.

Así mismo, Heredia, Elvis y Velásquez, David, (2021). En su trabajo de grado titulado **“Diseño e implementación de un prototipo para automatizar el proceso de traslado de minerales a un almacén de concentrados mediante fajas transportadoras, utilizando el controlador simatic s7 1200 en el año 2021”**, Realizado en la Universidad Privada de Tacna, para optar al título de ingeniería electrónica, tuvo como objetivo general diseñar e implementar un prototipo que automatice el proceso de traslado de minerales a un almacén de concentrados mediante fajas transportadoras, utilizando el controlador simatic s7 1200 en el año 2021,

Investigación aplicada, diseño del estudio fue experimental, la población Comprende los módulos de automatización que se encuentran instalados en el laboratorio de Control y automatización de la carrera de ingeniería electrónica, la muestra Comprende los módulos de automatización que utilizan el protocolo de comunicación Profinet y que son controlados por el PLC S7 12000 de siemens.

Se usaron como instrumentos de recolección: libros especializados sobre los sistemas de control, catálogos y manuales sobre especificaciones técnicas de autómatas programables (plc), bibliotecas virtuales de artículos especializados referidos a sistemas de control empleados para el transporte de minerales mediante fajas transportadoras. Se diseñó e implementó un prototipo a escala utilizando el Controlador Simatic S7 1200 y una pantalla HMI, para simular el proceso de traslado de minerales a un almacén de concentrados mediante fajas transportadoras, cuyas pruebas realizadas verificaron su operatividad en modo manual y modo automático, cabe recalcar que es de suma importancia el tener conocimiento sobre bandas transportadoras y PLC, por el hecho de que estarán presentes en la investigación.

Por otro lado, Bonilla, Xavier del Carmen, (2020). En su trabajo de grado titulado **“Propuesta de un sistema de automatización para mejorar la productividad en el área de abastecimiento y movimiento de materia prima en la empresa agro exportadora”**, Realizado en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, para optar al título de ingeniero industrial, tuvo como objetivo proponer la mejora de productividad en el área de abastecimiento y movimiento de materia prima en la empresa Agro-exportadora de grano seco, usando como método la observación directa en cada uno de los procesos, se emplearon instrumentos de recolección de datos e instrumentos tecnológicos para la implementación del sistema de dosificado, se realizó un diseño de automatización para el proceso de abastecimiento y transporte de la materia prima con lo cual reducirían los tiempos a 227,33 min por 30 000 kg de quinua y su producción aumentaría en 31% a 1 030 433,33 kg/mes demostrando que la implementación de sistema de automatización mejora la productividad de la empresa, siendo el factor más importante para esta investigación la mejora de productividad.

También, González, Víctor, (2019). En su trabajo de grado titulado **“Diseño y prototipo de banda transportadora para maquina lava-gaveras de la sucesora de José Puig & CIA ubicada en los cortijos-caracas”**, Realizado en la Universidad Nueva Esparta, para optar al título de ingeniería electrónica, tuvo como objetivo general diseñar y realizar prototipo banda

transportadora motorizada y controlada por variador de frecuencia para máquina lava-gaveras de la C.A Sucesora de José Puig & CIA, utilizando metodología de campo por las diversas pruebas a realizar, ya que la implementación adecuada del lava gaveras traerá consigo la mejora en la producción de la planta y la reducción de costos para la empresa, tiene como alcance todas aquellas actividades de recolección de datos, diseño e implementación del proyecto, concluyó entre tantas cosas que la disposición empresarial a la hora de implementar maquinarias automatizadas en pro de mejorar su producción es determinante a la hora de ejecutar los proyectos en pro de la empresa, cabe resaltar que los sistemas de transporte como lo es un conveyor son necesarios en la presente investigación.

Por último, Morales, Osmart, (2019). En su trabajo de grado titulado “**Empleo de un brazo robótico con sistema de visión artificial y la automatización del proceso de paletización en la industria textil**”, Realizado en la Universidad Inca Garcilaso de Vega, para optar el grado académico de doctor en ingeniería industrial, tuvo como objetivo establecer la medida de influencia del empleo de un brazo robótico con sistema de visión artificial en la automatización del proceso de paletización en la industria textil de la empresa Yol Fashion Lima, 2019, investigación aplicada, observación y análisis documental, El empleo de un brazo robótico con sistema de visión artificial influyó en el proceso de automatización de paletización en la Industria textil, demostrando la mejora de 61.25% a 96.17%, la utilización de un tipo de brazo como sistema automático de carga o descarga puede representar un alto beneficio para la investigación, así como ayudar a economizar un proceso industrial.

2.2 Bases teóricas.

2.2.1 Automatización.

Se define un sistema (máquina o proceso) automatizado como aquel capaz de reaccionar de forma automática (sin la intervención del operario) ante los cambios que se producen en el mismo, realizando las acciones adecuadas para cumplir la función para la que ha sido diseñado. (Sanchis, 2019, p.6). Entendiendo que la automatización hace relación con la anulación total de la acción humana en la realización de un proceso o tarea, gracias a la ayuda de dispositivos.

2.2.1.1 Estructura.

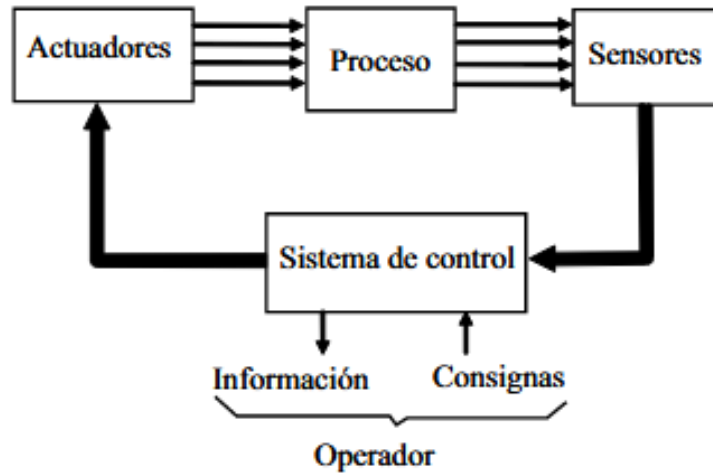


Figura 5. Estructura de un sistema automatizado.

Fuente: Sanchis, R. Romero, J y Ariño, C. (2019).

Como se observa en la figura 5, para Sanchis se trata de un sistema en bucle cerrado, donde la información sobre los cambios del proceso captada por los sensores es procesada dando lugar a las acciones necesarias, que se implementan físicamente sobre el proceso por medio de los actuadores. Este sistema de control se comunica eventualmente con el operador, recibiendo de este consignas de funcionamiento, tales como marcha, paro, cambio de características de producción, etc. y comunicándole información sobre el estado del proceso (para la supervisión del correcto funcionamiento). (2019, p.6) sabiendo así que en un sistema de control retroalimentado dicha retroalimentación se logra gracias a la acción de un operador.

2.2.1.2 Tipos.

Para clasificar los tipos de automatización se deben de tener en cuenta los niveles de complejidad y tecnología que se deseen integrar, existen dos tipos de automatización, Romero define: automatismos cableados, se implementan por medio de uniones físicas entre los elementos que forman el sistema de control (por ejemplo, contactores y relés unidos entre sí por cables eléctricos). La estructura de conexionado entre los distintos elementos da lugar a la función lógica que determina las señales de salida en función de las señales de entrada. (2019, p.7), en la gran mayoría de los casos se implementan cuando es necesaria una automatización sencilla. “Automatismos programados, se implementan por medio de un programa que se ejecuta en un microprocesador. Las instrucciones de este programa determinan la función lógica que relaciona las entradas y las salidas.” (Ariño, 2019, p.8), los mismos son integrados cuando la

necesidad de automatizar un proceso tiene un grado superior de complejidad, los automatismos programados tienen un mayor coste debido a la dificultad de su tecnología.

2.2.1.3 Ventajas e inconvenientes.

La automatización de un proceso frente al control manual del mismo, brinda ciertas ventajas y beneficios de orden económico, social, y tecnológico. Para Acuña son la productividad: el incremento de la velocidad de producción, la reducción de la intervención humana y el uso más eficiente de máquinas y materiales hacen posible el logro de un importante incremento en la razón de producción. Calidad: la utilización de mejores máquinas, equipos y herramientas, así como un eficiente control computarizado hacen que los procesos de producción se acerquen cada vez más a los niveles de calidad fijados por el consumidor. Con la utilización de máquinas automáticas la variabilidad es reducida significativamente. (1990, p.28) entendiéndose que las mismas a la hora de realizar tareas que antes eran manuales representa una mejora significativa tanto en tiempo de producción como en la calidad de los productos.

“Eliminación de la intervención humana en ambientes insalubres o peligrosos para la salud: ...permite el desarrollo más eficiente y sin riesgo de operaciones que, por su naturaleza, son altamente peligrosas” (Acuña, 1990, p.28) siendo así un alto beneficio el hecho de evitar ingresar operarios a zonas que puedan arriesgar su salud, gracias a la tecnología. Con los procesos automatizados no todo son ventajas, ya que su existencia crea la aparición de ciertos inconvenientes, para Acuña es “desempleo: el hecho de utilizar mejores máquinas en los procesos con poca intervención del ser humano conlleva a una elevación en la tasa de desempleo.” (1990, p.29) y la “relegación del ser humano por la máquina: ...es un hecho que la sustitución de la mano de obra por máquinas de alguna manera significa el desplazamiento laboral del ser humano” (Acuña, 1990, p.29), es lógico pensar que con la aparición de nuevas tecnologías se vaya progresivamente relegando al ser humano, obligándolo a desarrollarse intelectualmente en nuevas tareas.

2.2.2 Controladores lógicos programables.

En concordancia con Vallejo, define al “controlador lógico programable como toda máquina electrónica diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales de control. Su programación y manejo pueden ser realizados por personal con conocimientos eléctricos o electrónicos, sin previos conocimientos sobre informática.” (2005,

p.4) siendo en ingeniería muy relevantes por el hecho de permitir automatizar procesos electromecánicos, electro neumáticos y electrohidráulicos.

2.2.2.1 Estructura

Los controladores lógicos programables están ensamblados por un grupo de tarjetas o circuitos impresos, sobre los cuales están ubicados componentes electrónicos. Para Villareal el controlador programable tiene la estructura típica de muchos sistemas programables, como por ejemplo una microcomputadora. La estructura básica del hardware de un controlador programable propiamente dicho está constituido por: fuente de alimentación, unidad de procesamiento central (cpu), módulos de interfaces de entradas/salidas (e/s), módulo de memorias y una unidad de programación (2017, p.3). (Ver figura 6).

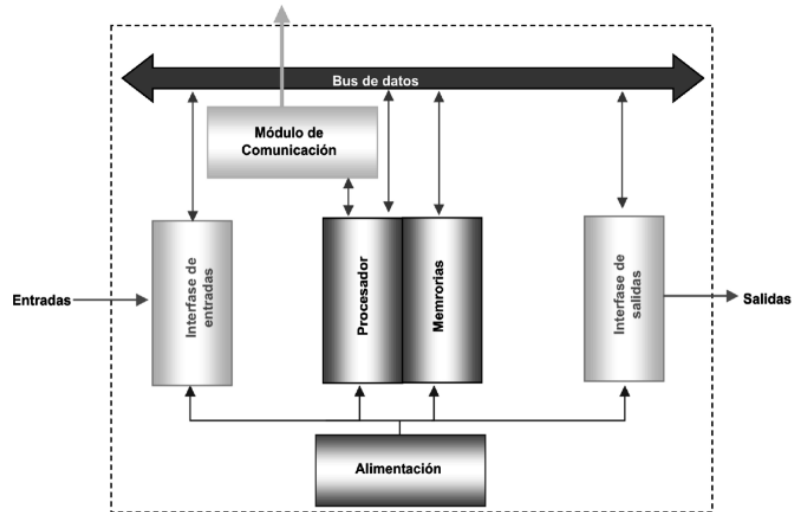


Figura 6. Estructura del PLC.

Fuente: Bonilla, X. (2017).

2.2.2.2 Ventajas y desventajas.

Los PLC ofrecen muchas ventajas sobre demás dispositivos de control tales como relés, temporizadores electrónicos, contadores y controles mecánicos. Para Vallejo son: menor tiempo de elaboración de proyectos, posibilidad de añadir modificaciones sin costo añadido en otros componentes, mínimo espacio de ocupación, menor costo de mano de obra, mantenimiento económico, posibilidad de gobernar varias máquinas con el mismo autómatas y menor tiempo de puesta en funcionamiento. (2005, p.9). Las desventajas en la implementación de controladores lógicos programables en la industria son sus elevados costos y la necesidad de tener personal capacitado.

2.2.3 Muelle

Los muelles en el sistema de suspensión de un vehículo automotor funcionan con amortiguadores para absorber los impactos de las rutas, soportar el peso del vehículo y mantener las cuatro ruedas bien situadas en el suelo, la fuerza con que se enrollan los muelles y la rigidez de los muelles de suspensión tienen efecto en el desempeño de manejo de un auto, la suavidad de manejo y la distancia al suelo correcta.

El autor Montenegro define que un muelle es un elemento de máquina que, gracias a una forma geométrica adecuada, o una gran elasticidad del material, admite unas deformaciones elásticas importantes, proporcionales a las fuerzas aplicadas y a las dimensiones del mismo elemento, sin que se produzca deformación plástica o una rotura. Normalmente los elementos mecánicos (como los engranajes, bancadas, árboles de transmisión, etc.) se deforman dependiendo de la elasticidad del material con el que están contruidos, pero esta deformación suele ser muy pequeña, generalmente negligible. En cambio, al usar muelles se busca el efecto contrario, es decir, la posibilidad de someter elementos a grandes deformaciones, siempre y cuando éste esté dentro de la zona de trabajo elástico, para así evitar las deformaciones plásticas permanentes, las rupturas frágiles eventuales y las rupturas por fatiga debidas al uso. (2017, p.7).

2.2.4 Muelles helicoidales

El tipo más común de muelles de suspensión que se utilizan en los vehículos hoy en día son los muelles helicoidales. Según el autor Crouse el muelle helicoidal está constituido por una determinada longitud de varilla de acero arrollada helicoidalmente. El muelle o resorte helicoidal (ver figura 7) es muy elástico y compresible cuando carga sobre él un peso. Cuanto mayor es el peso, más se comprime el muelle helicoidal. En la figura 9 se representa el chasis de un vehículo en el que se hace uso de un muelle helicoidal en cada rueda. En la figura 8 se muestra una suspensión trasera que utiliza muelles helicoidales. Cada uno de éstos están ensamblados entre asientos elásticos en el bastidor del coche y los brazos de control inferiores, sobre el alojamiento del semieje. (1993, p.754).



Figura 7. Muelle helicoidal utilizado en un sistema de suspensión delantera
Fuente: Crouse, W. (1993).

Cuando las ruedas traseras salvan una concavidad o una prominencia en su ruta, los muelles se distienden o se comprimen para absorber el choque. En la distensión, los brazos de control o los amortiguadores evitan que el movimiento sea excesivo y que los muelles helicoidales se salgan de sus asientos. (Crouse, 1993, p. 755). Según lo mencionado anteriormente se puede concluir que un muelle helicoidal utilizado en un sistema de suspensión para un vehículo es una pieza mecánica que típicamente es usada para almacenar energía e irla liberando subsecuentemente, los mismos se utilizan para absorber golpes o para mantener la fuerza entre dos superficies. Están hechos en forma de espiral y con la capacidad de retornar su tamaño original una vez que la energía es liberada.

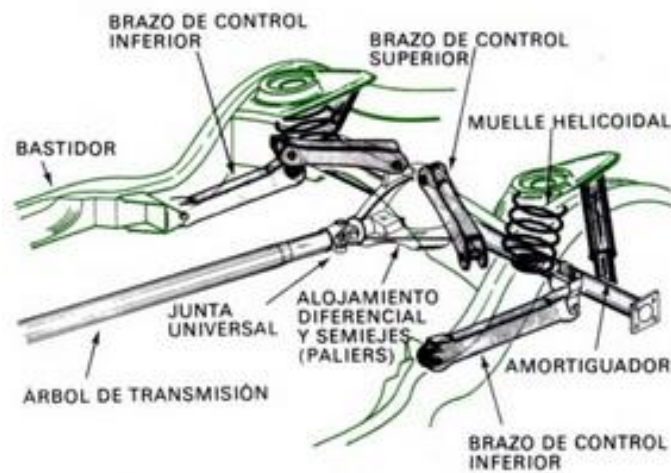


Figura. 8 Sistema de suspensión trasera con muelles helicoidales.
Fuente: Crouse, W. (1993).



Figura. 9 Vista translúcida de un chasis de automóvil

Fuente: Crouse, W. (1993).

2.2.5 Horno continuo.

Domínguez, define que este tipo de horno industrial tienen la característica de realizar el movimiento del material, mientras se genera una variación de la temperatura (en función del desplazamiento la temperatura varía). El movimiento del material en este tipo de hornos industriales se genera mediante bandas transportadoras o carros. Generalmente cuentan con cinco zonas de control, estas pueden variar según la carga a utilizar, y del diseño (2019, p.14) entendiendo que para el proceso de revenido de espirales es necesario el uso de bandas que transporten el material, llamadas conveyor.

2.2.5.1 Horno por recirculación.

Dentro de este tipo de hornos industriales se encuentran los que trabajan a temperaturas de operación bajas, por debajo de los 600°C, en su mayoría este tipo de hornos constan de un sistema de recirculación de gases. El tener implementado este sistema se genera un ahorro de energía y una uniformidad de la temperatura dentro del mismo (Domínguez, 2019, p.14), este tipo de horno es utilizado en el revenido de espirales por la necesidad de tener una temperatura uniforme a lo largo del proceso.

2.2.5.2 Horno de revenido

El horno de revenido de Metalúrgica Carabobo S.A., es conocido como horno continuo de recirculación de aire caliente, el mismo consta de un hogar o cámara de calentamiento situada en la parte superior del horno justo sobre la cámara de trabajo, en este hogar un quemador a gas

calienta el aire contenido en el, mientras una turbina de acero refractario que es movida por un motor eléctrico desplaza dicho aire caliente a un ducto que va colocado en la parte superior de la cámara de trabajo en toda su longitud, dicho ducto distribuye el aire caliente de forma controlada, para lograr el correcto calentamiento de los espirales que están siendo transportadas a lo largo de la cámara de trabajo por el conveyor de cangilones. La misma turbina vuelve a succionar el aire de la cámara de trabajo a través de entradas inferiores internas al hogar y lo vuelve a llevar al hogar de forma de recalentarlo y mantenerlo a una temperatura estable, que para el proceso de revenido de espirales es de 440 °C, por ende “trabajan a temperaturas de operación bajas, por debajo de los 600°C,...este tipo de hornos constan de un sistema de recirculación” (Domínguez, 2019, p.14).

Estos hornos deben tener una correcta distribución interna del aire y succión del mismo para lograr así aminorar las perdidas por la boca de entrada y salida del conveyor con el material. Todas las paredes del horno, tanto del hogar, como de la cámara de trabajo están recubiertas con fibra refractaria y un sistema de control de temperatura, el conveyor se desplaza de forma continua por la acción de un moto-reductor eléctrico, entonces “el movimiento del material en este tipo de hornos industriales se genera mediante bandas transportadoras” (Domínguez, 2019, p.14).

2.2.6 Motor eléctrico

Entiéndase según el autor Polanía, define que el motor eléctrico es un dispositivo electromotriz, esto quiere decir que convierte la energía eléctrica en energía motriz. Todos los motores disponen de un eje de salida para acoplar un engranaje, polea o mecanismo capaz de transmitir el movimiento creado por el motor. (2013, p.4) concluyendo que los motores eléctricos son maquinas que transforman energía eléctrica en energía mecánica.

2.2.6.1 Tipos

Finalmente, los motores se dividen en dos tipos, de corriente continua los cuales son: motor serie, motor compound, motor shunt, motor eléctrico sin escobillas, motor paso a paso, servomotor y motor sin núcleo. Por otra parte están los motores de corriente alterna, que son: motor universal, motor sincrónico y motor asincrónico. (Polanía, 2013).

2.2.6.2 Servomotor

Es conocido que es un tipo especial de motor que permite controlar la posición del eje en un momento dado. Está diseñado para moverse determinada cantidad de grados y luego

mantenerse fijo en una posición. Para el autor Arellano este control es realizado mediante un dispositivo llamado encoder, que mediante una señal electrónicamente codificada, indica las acciones de velocidad y movimiento a ejecutar. El servomotor es instalado en un equipo o máquina, para permitir que esta tenga control de la posición, dirección y velocidad de una carga o herramienta, mediante su utilización. (2016, p.18). En la actualidad, los servomotores utilizados son de corriente alterna (AC por sus siglas en inglés), en estos los electrones cambian de sentido en todo momento (alternan), realizando la transformación de energía mecánica en eléctrica. Este tipo de servomotores admite voltajes más altos, por lo que son ideales para las potencias requeridas por las máquinas al momento de desempeñar el proceso solicitado. (Arellano, 2016, p.18).

2.2.6.3 Encoder.

Desde la traducción literal del inglés podemos decir que es un codificador que “suele ser un dispositivo electromecánico usado para convertir la posición angular de un eje a un código digital, lo que lo convierte en una clase de transductor.” (Arellano, 2016, p. 23).

2.2.6.4 Motor con encoder.

La función principal de un motor codificador es convertir información de un formato a otro con el fin de regular o controlar la velocidad. En sí, es la adición de un motor y un codificador capaz de convertir el movimiento mecánico en acciones digitales, que pueden ser decodificadas por un sistema electrónico de control integrado.

2.3 Definición de términos básicos

Automatización: “Es la tecnología basada en la aplicación de complejos sistemas mecánicos, electrónicos y computacionales a la operación y control de la producción.” (Acuña, 1990, p.27).

Conveyor: bajo este nombre se conocen una serie de transportadores utilizados a nivel industrial para trasladar materiales y componentes de un sitio a otro, los mismos pueden estar conformados de varias formas, entre las más comunes están los de malla transportadora, banda transportadora y de cadenas con cangilones, generalmente son propulsados por motores eléctricos.

Espiral: es una barra de acero especial enrollada en torno de un eje imaginario que trabaja bajo principio de la torsión elástica. Tiene como función, en la suspensión, absorber los

impactos causados por las irregularidades del piso y soportar el peso del vehículo, garantizando su comodidad y altura.

Metalurgia: Se define como “la técnica de obtención, preparación y tratamiento (físico/químico) de los minerales metálicos, hasta la producción de metales en forma elemental y sus aleaciones.” (Grau, 2013).

Revenido: es un tratamiento térmico a un material con el fin de variar su dureza y cambiar su resistencia mecánica. El propósito fundamental es disminuir la gran fragilidad que tienen los aceros.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de investigación

El presente trabajo está diseñado bajo el planteamiento metodológico del enfoque cuantitativo, siendo el mismo con mayor consonancia según lo requerido en la investigación, según Hernández el enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones. (2014, p.4). De dicho tipo de enfoque se utilizarán las técnicas de observación y entrevista no estructurada, tanto para diagnosticar las causas que están ocasionando los problemas de atascos de material en el horno de revenido de espirales como para seleccionar las variables e instrumentos a considerar para el desarrollo del automatismo de carga, descarga y enfriamiento de espirales del horno de revenido.

Este trabajo por el hecho de ser una propuesta de automatización se enmarca en la modalidad de investigaciones tecnicistas o proyectivas, por ende es una investigación aplicada del tipo proyecto factible, ya que busca determinar y diseñar el sistema automático necesario para la carga y descarga del horno de revenido de espirales, así como un sistema para el enfriamiento de los espirales luego del proceso de revenido, por lo tanto sus objetivos conllevan a una propuesta de automatización viable para atender las necesidades demostradas de la empresa Metalúrgica Carabobo S.A., añadiendo que, las investigaciones aplicadas se centran en resolver uno o varios problemas específicos. (Lozada, 2014).

3.2 Diseño de la investigación

Dado que el objetivo de la investigación será proponer un sistema de automatización de carga, descarga y enfriamiento de espirales de Metalúrgica Carabobo, S.A., se va a recurrir a un

Diseño documental y a un diseño de Campo, según Díaz el diseño de investigación documental “permite el estudio de un problema con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza principal, en trabajos previos, así como información y datos divulgables por medios impresos” (2006, p. 210). Para Arias la investigación de campo “es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos” (2012, p.31).

3.3 Nivel de la investigación

En el presente trabajo se llegará al nivel de investigación descriptiva, la investigación descriptiva consiste en la recopilación de datos que describen los acontecimientos y luego organiza, tabula, representa y describe la recopilación de datos (Glass & Hopkins, 1984). En la presente investigación se pretende describir la situación en la que los problemas se presentan para posteriormente plantear sus soluciones, en este nivel de investigación según Grajales se miden variables o conceptos con el fin de especificar las propiedades importantes de comunidades, personas, grupos o fenómeno bajo análisis. El énfasis está en el estudio independiente de cada característica, es posible que de alguna manera se integren las mediciones de dos o más características con el fin de determinar cómo es o cómo se manifiesta el fenómeno. (2000, p.2). Entendiendo que en este trabajo es de vital importancia la medición de las variables para determinar cómo se manifiestan los fenómenos que perturban la producción de espirales.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

Para Arias la población es “el conjunto finito o infinito de elementos, personas o cosas con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación” (2012, p.81). La población de la presente investigación serán los sistemas automáticos de carga, descarga y enfriamiento de espirales del horno de revenido, en el proceso de revenido de espirales de Metalúrgica Carabobo S.A.

3.4.2 Muestra

Según el autor Bernal la muestra se define como “la parte de la población que se selecciona, de la cual realmente se obtiene la información para el desarrollo del estudio y sobre la cual se efectuarán la medición y la observación de las variables objeto de estudio.” (2006, p.161). La muestra de la investigación serán los sistemas automáticos de carga, descarga y enfriamiento de espirales del horno de revenido, en el proceso de revenido de espirales de

Metalúrgica Carabobo S.A. De este modo, es importante señalar que el presente trabajo de investigación presenta una muestra censal, ya que la muestra es la misma población de estudio, Ramírez (1997) establece que una muestra censal es aquella donde todas las unidades de investigación son consideradas como muestras.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1 Técnicas

Las técnicas de recolección de datos son mecanismos e instrumentos que se utilizan para reunir y medir información de forma organizada y con un objetivo específico. (Caro, 2021). Como la presente investigación necesita recolectar datos numéricos y exactos, se utilizarán las siguientes técnicas, las cuales están en clara consonancia con la investigación. La entrevista es, en esencia, una conversación bien planificada. En ella, el investigador plantea una serie de preguntas o temas de debate a una o varias personas, con el fin de obtener información específica. (Caro, 2021). La razón de la selección de esta técnica es que, es de suma relevancia la comunicación con el ingeniero encargado de la supervisión del proceso de revenido de espirales y con los operarios, para la extracción de la información del proceso de revenido y el entendimiento del problema, resultando así en una correcta conclusión que pueda dar solución a los problemas existentes.

La observación es una técnica que consiste precisamente en observar el desarrollo del fenómeno que se desea analizar. Éste método puede usarse para obtener información cualitativa o cuantitativa de acuerdo con el modo en que se realiza. (Caro, 2021). Dicha técnica es sumamente útil para llevar seguimiento del proceso de revenido, para un profundo entendimiento del proceso comprobando sus problemas y el funcionamiento de las máquinas que allí se ubican. También, se aplicara la revisión documental la cual es una técnica en donde se recolecta información escrita sobre un determinado tema, teniendo como fin proporcionar variables que se relacionan indirectamente o directamente con el tema establecido. (Hurtado, 2008).

3.5.2 Instrumentos de recolección y presentación de datos.

De acuerdo con Tamayo y Tamayo (2004), el instrumento se define como una ayuda o una serie de elementos que el investigador construye con la finalidad de obtener información, facilitando así la medición de los mismos. Según lo necesitado en esta investigación, se seleccionarán los siguientes instrumentos para la obtención de información del proceso de revenido de espirales. Para el correcto registro de información en esta investigación se utilizará

como instrumento la ficha de observación, la misma permitirá recolectar los datos de manera organizada de todo el proceso de revenido de espirales, para así posteriormente analizarlos y desarrollar las posibles soluciones a los problemas de los sistemas automáticos de manera objetiva. En el caso de las entrevistas con el ingeniero encargado de la supervisión del proceso de revenido de espirales y con los operadores, se registrarán las conclusiones de la información suministrada en un documento digital. También, se hará uso de software que permita la tabulación y simulación.

3.5.3 Técnicas de análisis de resultados

Posterior a la recolección de los datos, se utilizarán software para la creación de tablas, simulación, programación del controlador lógico programable, y el diseño de los sistemas automáticos de carga, descarga y enfriamiento de espirales, así como hojas de cálculo para el análisis económico. Para posteriormente presentar los resultados en forma de tablas, diagramas y simulaciones.

3.6 Fases metodológicas

I. Diagnóstico de las causas que están ocasionando los problemas de atascos de material en el horno de revenido de espirales.

II. Selección de las variables e instrumentos a considerar para el desarrollo del automatismo de carga, descarga y enfriamiento de espirales del horno de revenido.

III. Diseño del sistema automático de carga, descarga y enfriamiento de espirales del horno de revenido.

IV. Estudio de la factibilidad tanto técnica como económica del proyecto de automatización de carga, descarga y enfriamiento de espirales de Metalúrgica Carabobo, S.A.

Fase I. Diagnóstico de las causas que están ocasionando los problemas de atascos de material en el horno de revenido de espirales.

1. Identificar las causas del problema de atasco de material en el horno de revenido de espirales.

2. Analizar las causas del atasco de material en el horno de revenido de espirales.

3. Realizar matriz FODA con toda la información.

Fase II. Selección de las variables e instrumentos a considerar para el desarrollo del automatismo de carga, descarga y enfriamiento de espirales del horno de revenido.

1. Seleccionar en base a los problemas de atasco diagnosticados, las variables e instrumentos para el desarrollo del automatismo de carga, descarga y enfriamiento de espirales del horno de revenido.

2. Elegir el software adecuado para el diseño de los sistemas automáticos de carga, descarga y enfriamiento de espirales del horno de revenido.

Fase III. Diseño del sistema automático de carga, descarga y enfriamiento de espirales del horno de revenido.

1.- Diseñar según el software elegido los sistemas automáticos de carga, descarga y enfriamiento de espirales del horno de revenido.

2.- Realizar la programación del controlador lógico programable de los sistemas automáticos de carga, descarga y enfriamiento de espirales del horno de revenido.

Fase IV. Estudio de la factibilidad tanto técnica como económica del proyecto de automatización de carga, descarga y enfriamiento de espirales de Metalúrgica Carabobo, S.A.

1.- Elegir el software de cálculo para tabular las factibilidades técnicas y económicas del proyecto de automatización de carga, descarga y enfriamiento de espirales de Metalúrgica Carabobo, S.A.

2.- Calcular la factibilidad tanto técnica como económica del proyecto de automatización de carga, descarga y enfriamiento de espirales de Metalúrgica Carabobo, S.A.

3.- Presentar los resultados en forma de tablas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Fase I. Diagnóstico de las causas que están ocasionando los problemas de atascos de material en el horno de revenido de espirales.

Para el correcto diagnóstico de los problemas se realizó una ficha de observación y diversas entrevistas no estructuradas a operarios y al ingeniero encargado de la supervisión del proceso de revenido de espirales.

Tabla 1. Ficha de observación

FICHA DE OBSERVACIÓN

Proceso evaluado:	Revenido de espirales	Empresa:	Metalúrgica Carabobo, S.A.
Observador:	Santiago Bortot	Fecha:	31 de Octubre del 2022

Rendimiento de sistemas automáticos	Optimo	Regular	Mejorable	Deficiente
Horno de revenido	X			
Conveyor		X		
Carga del horno				X
Descarga del horno			X	
Enfriamiento de espirales			X	

Fuente: Bortot, S. (2022).

Observaciones: Para solventar las carencias de los sistemas automáticos la empresa coloca un operario que vigile y corrija de ser necesario la posición de los espirales a la entrada y salida del horno. El sistema automático actual de carga, descarga y enfriamiento de espirales del horno de revenido de espirales no garantiza la continuidad del proceso productivo, con lo que afecta también a los procesos que lo anteceden al tratarse de un proceso continuo, por lo que la empresa ha fijado como prioritario el estudio de las mejoras necesarias que garanticen el correcto funcionamiento de la línea.

Gracias a las entrevistas con el ingeniero encargado de la supervisión del proceso de revenido de espirales, así como con los operadores se pudo recolectar la información del control de producción del mes de noviembre del año 2022, para seguidamente integrarla en la siguiente tabla.

Tabla 2. Control de producción

Fecha	Horario	Producción piezas	Cantidad de cambios	Paradas no planificadas	Observaciones	Minutos imputables
01/11/2022	7:00am a 4:30pm	867	4	72 minutos	15 minutos ordenando espirales dentro del horno de revenido, 10 minutos descarga manual conveyor enfriamiento, 20 minutos ajuste de cilindro empujador de cargador del horno y 27 minutos por rotura de cadena del horno de austenizado	45
02/11/2022	7:00am a 4:30pm	957	3	45 minutos	14 minutos descargando conveyor de enfriamiento de forma manual, 20 minutos por falla de sensor de arrolladora y 11 minutos por ajustes al cargador del horno de revenido.	25
03/11/2022	7:00am a 4:30pm	760	5	20 minutos	10 minutos ajuste empujador cargador horno de revenido y 10 minutos cambio uña arrolladora	10
04/11/2022	7:00am a 3:00pm	544	2	80 minutos	20 minutos soldadura de rampa de entrada del cargador del horno de revenido y 60 minutos por fluctuación eléctrica que apagó los hornos.	20
07/11/2022	7:00am a 4:30pm	877	4	59 minutos	27 minutos de ajuste de rampa del cargador del horno de revenido, 17 minutos descarga del conveyor de enfriamiento de forma manual por tranca de	32

					espiral, 15 minutos ordenando espirales a la entrada del horno de revenido.	
08/11/2022	7:00am a 4:30pm	715	3	154 minutos	10 minutos ajuste de pasador de descargador de arrolladora, 24 minutos ordenando espirales a la entrada del horno, 120 minutos apagado del horno de revenido por caída de baffle de la ductería de aire caliente producido por tranca de espirales dentro del horno.	154
09/11/2022	7:00am a 4:30pm	454	2	300 minutos	300 minutos destrancando el conveyor, reparando ductería y elevando temperatura del horno.	300
10/11/2022	7:00am a 4:30pm	935	4	45 minutos	15 minutos ordenando espirales entrada horno de revenido, 30 minutos esperando material por falla de puente grúa.	15
11/11/2022	7:00am a 3:00pm	825	3	32 minutos	22 minutos ordenando espirales entrada del horno, 10 minutos ajuste de tensor de cadena table-top del cargador del horno de revenido.	32
14/11/2022	7:00am a 4:30pm	950	4	43 minutos	18 minutos por arreglo d espirales a la entrada, operario adicional descargando manual la cuba de enfriamiento, 10 minutos por rotura y cambio de uña de la arrolladora, 15 minutos tranca de varilla en el horno de austenizado.	18
15/11/2022	7:00am a 4:30pm	998	3	45 minutos	15 minutos ordenando espirales entrada del revenido, 10 minutos falla compresor neumático, 20 minutos reseteo de drive de servomotor de la arrolladora.	15

16/11/2022	7:00am a 4:30pm	938	3	55 minutos	12 minutos ordenando espirales dentro del horno de revenido, 15 minutos descarga manual conveyor, 20 minutos soldadura rampa a cargador y 8 minutos cambio manguera arrolladora	47
17/11/2022	7:00am a 4:30pm	891	4	51 minutos	22 minutos arreglo espirales cónicos dentro del horno, 12 minutos descarga manual cuba de enfriamiento, 17 minutos arreglo de cortina de entrada al revenido por atasco de espiral.	51
18/11/2022	7:00am a 3:00pm	694	3	42 minutos	17 minutos ordenando espirales a la entrada del horno, 10 minutos por desajuste de mesa de carga de la arrolladora, 15 minutos por varilla trancada en el horno de austenizado.	17
21/11/2022	7:00am a 4:30pm	896	5	52 minutos	10 minutos ordenando espirales a la entrada del horno de revenido, 15 minutos sacando espiral de la parte interna del horno de revenido, 12 minutos cambio de manguera neumática del cargador del horno de revenido, 15 minutos por cambio de uña de sujeción de la arrolladora.	37
22/11/2022	7:00am a 4:30pm	1004	3	32 minutos	12 minutos ordenando espirales a la entrada del horno, 22 minutos por rotura de la charnela de acople del cilindro neumático del cargador del horno de revenido.	32
23/11/2022	7:00am a 4:30pm	930	4	40 minutos	8 minutos ordenando espirales a la entrada del horno, 20 minutos tensando y alineando cadena table-top porque empezó a	28

					salvar, 12 minutos ajuste de plato de arrolladora.	
24/11/2022	7:00am a 4:30pm	963	3	48 minutos	10 minutos ordenando espirales a la entrada del horno de revenido, 23 minutos por tranca del conveyor de la cuba de enfriamiento, 15 minutos por cambio de regulador de caudal de cilindro neumático mandril de la arrolladora.	33
25/11/2022	7:00am a 3:00pm	858	3	25 minutos	15 minutos ordenando espirales a la entrada del horno de revenido, 10 minutos baja presión de aire en la planta.	15
28/11/2022	7:00am a 4:30pm	936	4	41 minutos	18 minutos ordenando espirales a la entrada del horno, 23 minutos por reparación de la base del cilindro neumático del cargador de espirales al revenido.	41
29/11/2022	7:00am a 4:30pm	792	5	22 minutos	10 minutos ordenando espirales a la entrada del horno de revenido, 12 minutos por atasco de varilla en el horno de austenizado.	10
30/11/2022	7:00am a 4:30pm	870	4	42 minutos	15 minutos ordenando espirales a la entrada del horno de revenido, 12 minutos por caída de la cortina de entrada del horno de revenido, 15 minutos cambio de contactor térmico de la arrolladora.	27

Fuente: Metalúrgica Carabobo, S.A. (2022).

Con la información recolectada por medio de la observación directa y las entrevistas no estructuradas se pueden identificar las causas del problema de atasco de material en el horno de revenido de espirales.

4.1.1 Causas de los problemas:

1.- Diseño muy pobre o básico del cargador automático de espirales a la entrada del horno.

2.- Error en sistema de avance de la cadena de conveyor de cangilones del horno de revenido.

3.- Descarga del horno de revenido inadecuada.

4.- Mal diseño de la tina de enfriamiento.

Posterior a la identificación de las causas del problema de atasco de material en el horno de revenido de espirales, se procede a realizar el análisis de las mismas.

Análisis de las causas de los problemas:

1.- Diseño muy pobre o básico del cargador automático de espirales a la entrada del horno.

1.1 El cargador recoge los espirales a la salida de la cadena de la templadora y los transporta en el cargador a través de una cadena table-top hasta un tope, acción esta que repite hasta que haya completado un tiempo predeterminado, mientras se cumple este ciclo la cadena table-top se mantiene en movimiento y esto produce que muchos espirales con extremos de paso abierto se entretejan o rosquen unos con otros ocasionando problemas a la hora de expulsarlos a la cadena de cangilones del horno, no logrando un posicionamiento adecuado en el cangilón.

1.2 El mismo fue fabricado para manejar espirales cuya forma fuera completamente cilíndrica, ya que el sistema de introducción al horno se basa en empujar los espirales acumulados al termino del tiempo fijado hacia la banda de cangilones del horno mediante la acción de un cilindro neumático, los espirales deben rodar hacia el cangilón de la banda transportadora del horno, acción esta que no se ejecuta adecuadamente en espirales cuya forma no sea cilíndrica, como por ejemplo los cónicos, produciendo que estos se desplacen hacía un extremo y puedan quedar cargados inadecuadamente sobre el cangilón, de forma que choquen con las paredes del horno y puedan producir atascos.

1.3 El cargador automático no tiene ninguna lógica de programación que lo enlace con la banda de cangilones del horno, lo que en muchas oportunidades ocasiona que los espirales queden montados sobre la cresta del cangilón o sobre la descarga anterior produciendo su choque y atasco al entrar en la cámara de calor del horno, ya que la misma es de una altura limitada para mejorar la eficiencia del tratamiento térmico que se basa en la correcta distribución de aire caliente en la misma y su correcta incidencia sobre los espirales.

1.4 El cargador automático requiere constante mantenimiento, ya que los sistemas involucrados en el de movimiento de la cadena table-top (piñones, rodamientos, guías, cadena,

ejes) se desgastan rápidamente y afectan el funcionamiento del mismo, así como el cilindro neumático de expulsión en muchas oportunidades se ve afectado al tener problemas con los espirales que no son cilíndricos produciendo su constante deterioro y falla.

2.- Error en sistema de avance de la cadena de conveyor de cangilones del horno de revenido.

2.1 La banda de cangilones del horno de revenido es de avance continuo, lo que no permite una correcta sincronización entre el cargador automático y la posición del cangilón.

3.- Descarga del horno de revenido inadecuada.

3.1 Aunque la descarga del horno de revenido no produce atascos dentro del horno, igual frecuentemente para el proceso, ya que la misma es a través de una rampa por donde caen los espirales por gravedad a la tina de enfriamiento, este sistema en la actualidad falla constantemente por efecto de que los espirales vienen mal cargados en el horno, pero aun solventando esto los espirales tienden a atascarse en ella, y paran la banda de cangilones del horno, esto ocurre principalmente con los espirales que terminan con paso que tienden a entrelazarse de múltiples formas .

4.- Mal diseño de la tina de enfriamiento.

4.1 La tina de enfriamiento está compuesta por un tanque de agua que tiene en su parte interna un conveyor de malla metálica que transporta los espirales dentro del tanque y luego los eleva de forma de extraerlos del mismo para depositarlos en un contenedor metálico, este conveyor se ve afectado al estar sumergido en agua, lo que ocasiona un daño prematuro en las partes móviles, además los espirales se entretejen entre la malla y las cadenas laterales de tracción, también en la zona donde se eleva los espirales pierden tracción y tienden a acumularse y en muchas oportunidades colapsan al transportador parando igualmente el proceso.

4.1.2 Listado de factores internos:

Debilidades:

1.- Paradas: La operación del horno de revenido en las condiciones actuales generó que la gerencia de la empresa asignara a un operario adicional en la línea para que vigile y asegure la correcta carga y descarga del horno, logrando así aminorar los atascos con material en la parte interna del horno, sin embargo en muchas oportunidades dicho operario se ve obligado a parar el proceso para reordenar los espirales en la entrada del horno o corregir algún atasco en la salida del mismo y en otras oportunidades ya sea por fatiga del operario, o por estar corrigiendo los

espirales en la salida se descuida la carga y se produce un atasco con espirales. Cuando se produce algún atasco se procede a parar el proceso y tratar de solventar el problema extrayendo los espirales del horno desde la parte externa con unas barras, si no se logra de esta forma se procede a apagar el horno y esperar que se enfríe para que una empresa contratista proceda a eliminar la tranca, esta operación se logra hacer a través de bocas de visita que tiene el horno en su parte lateral, por la cuales se introduce el trabajador para eliminar el atasco.

2.- Descarga y enfriamiento de espirales mejorable: Visto en la ficha de observación, tanto la descarga como el enfriamiento de espirales es un sistema con rendimiento calificado como mejorable, es decir que es necesaria la mejora de este sistema automático para una correcta producción, Este proceso recoge los problemas generados desde la carga, es decir si los espirales vienen entrelazados entre ellos, no siempre caen correctamente, en oportunidades se introducen entre el conveyor de cangilones del horno y la cuba de enfriamiento, produciendo que se tranque la cadena del horno, en otras al caer a la malla se unen con los anteriores no logrando el conveyor de malla desplazarlos hasta la cesta y produciendo daños en la malla, por estas razones colocan otro operario en la salida del horno para evitar estos problemas. También es de destacar que los procesos de tratamiento térmico son muy susceptibles con el tiempo de permanencia y temperatura de las piezas dentro del horno, por lo que cualquier parada conlleva a que se tenga que segregarse el material que se encontraba dentro del horno para darle nuevamente el tratamiento térmico, proceso este que se debe hacer en horas extraordinarias.

3.- Reducción de producción: En cuanto a pérdidas de tiempo productivo, aunque no existe la disciplina por parte del operario encargado de llevar el reporte de producción de la línea en registrar las constantes paradas para reordenar material a la carga del horno, se pudo levantar cierta data por observación directa, por entrevistas no estructuradas al supervisor de producción y por los reportes de producción, concluyendo que se pierde alrededor de un 7 % del tiempo productivo por esta causa, en los últimos seis meses se produjeron 13 paradas por atascos donde fue necesario apagar el horno, el proceso de enfriar el horno demora alrededor de 10 horas, y esta línea está operando actualmente un solo turno, estas 13 paradas representaron una pérdida de tiempo productivo de 91,5 horas, lo que nos da un promedio mensual de 15,25 horas, es decir alrededor de un 7,7 % de pérdida de tiempo productivo.

4.- Mal diseño del cargador de espirales: El sistema automático de carga no garantiza la correcta colocación de los espirales en la malla de velocidad constante de cangilones de

transporte del horno, ya que no contempla el momento justo de introducción de los espirales de acuerdo a la colocación del cangilón en su avance, los espirales al acumularse de cuatro piezas tienden a enredarse en el transportador de cadena table-top antes de ser introducidos al horno ocasionando su incorrecta colocación, los espirales cónicos no conservan un desplazamiento perpendicular a su eje por lo que al empujarlos el pistón neumático terminan montándose entre dos cangilones, todos estos problemas mencionados, pueden desencadenar que el horno se tranque, ya que la entrada del mismo a la cámara de calor es de baja altura para minimizar el escape de calor, por lo que para solventar la situación actualmente colocan un operario que vigile y corrija de ser necesario la posición de los espirales.

Fortalezas:

1.- La empresa ha fijado prioritario el estudio de las mejoras: El sistema automático actual de carga, descarga y enfriamiento de espirales del horno de revenido de espirales de la empresa Metalúrgica Carabobo, S.A., no garantiza la continuidad del proceso productivo, con lo que afecta también a los procesos que lo anteceden como es austenizado, arrollado y temple al tratarse de un proceso continuo, por lo que la empresa ha fijado como prioritario el estudio de las mejoras necesarias que garanticen el correcto funcionamiento de la línea, dicha fijación favorece a la investigación por el hecho de contar con el apoyo y colaboración de la institución en todo lo que el estudio requiera.

2.- Variedad de espirales: La empresa Metalúrgica Carabobo, S.A. cuenta con una alta variedad de espirales, lo cual implica que una mejora en los sistemas de carga, descarga y enfriamiento de espirales trae un alto rendimiento en cuanto a producción, ya que el progreso de dichos sistemas abarcaría todas las gamas de espirales, resultando así en mejores tiempos de productividad.

3.- Técnicos capacitados: La empresa Metalúrgica Carabobo, S.A. cuenta con un amplio espectro de profesionales a disposición, Los cuales prestan su colaboración tanto para ser entrevistados como para suministrar toda la información requerida en la investigación, además de tener la competencia necesaria para la realización de tareas de mantenimiento en los sistemas automáticos.

4.1.3 Listado de factores externos:

Amenazas:

1.- Los atascos pueden dañar espirales: Cuando se produce algún atasco se procede a parar el proceso y tratar de solventar el problema extrayendo los espirales del horno, por ende se introduce el trabajador para eliminar el atasco, ya sea logrando de forma manual destrancar el mismo o en algunas oportunidades se ve obligado a picar los espirales, es decir que por cada parada existe una posibilidad de que se dañen los espirales, ya que los mismos logran introducirse en parte hacia los baffles de recirculación de aire caliente, En cuanto al scrap de los últimos seis meses se pudo contabilizar 52 espirales dañados por atascos dentro del horno, es decir 8,66 espirales/mes. Cada vez que se apaga el horno con material adentro el mismo debe segregarse para darle nuevamente el ciclo o tiempo de revenido completo.

2.- Dificultad de importación de componentes: Se debe mantener la posibilidad de importar los componentes necesarios para mejoras, facilitando la adquisición de las divisas necesarias y con tasas arancelarias justas, ya que estas reglas en los últimos años no han estado del todo claras. Las políticas gubernamentales deben apoyar e incentivar la producción nacional, de forma de ir sustituyendo la economía de puertos que ha imperado en los últimos años.

3.- Reducción de la demanda de espirales en el mercado: a raíz del cierre total de las ensambladoras en el país, se vio reducido al mercado de reposición, y este mercado a su vez se vio mermado por los problemas graves de suministro de combustibles para el parque automotor que existieron en el país y que aún no se ha estabilizado 100 %, también la pandemia por el Covid-19 influyó en la caída de la demanda, en este año 2022 dicha demanda se ha venido incrementando ligeramente y se espera que continúe así para el 2023 para poder acometer ciertas inversiones.

Oportunidades:

1.- Disponibilidad de PLC y motores en almacén: Debido a que son componentes de uso común en toda la empresa, siempre existe un stock en almacén de repuestos.

2.- Tendencia alcista de mercado favorece la inversión: la empresa Metalúrgica Carabobo, S.A., cierra su ejercicio financiero el mes de septiembre y presenta su presupuesto para el nuevo ejercicio 2022-2023, en este nuevo presupuesto se incluyó una partida para mejoras en la línea de espirales, en el 2022 la demanda de espirales se ha venido incrementando ligeramente y se espera que continúe así para el 2023 para poder acometer ciertas inversiones.

3.- La tecnología es de conocimiento del personal técnico: Es importante recalcar que las herramientas, sistemas, software, etc. Utilizados en la investigación son de conocimiento del personal técnico de la empresa, por ende no sería necesaria la contratación de un servicio externo para la realización del mantenimiento de las mejoras propuestas de los sistemas automáticos.

Matriz FODA para análisis estratégico

FACTORES INTERNOS		FACTORES EXTERNOS	
DEBILIDADES (-)		AMENAZAS (-)	
1	Paradas	1	Los atascos pueden dañar espirales
2	Descarga y enfriamiento de espirales mejorable	2	Dificultad de importación de componentes
3	Reducción de producción	3	Reducción de la demanda de espirales en el mercado
4	Mal diseño del cargador de espirales		
FORTALEZAS (+)		OPORTUNIDADES (+)	
1	La empresa ha fijado prioritario el estudio de las mejoras	1	Disponibilidad de PLC y motores en almacén
2	Variedad de espirales	2	Tendencia alcista de mercado favorece la inversión
3	Técnicos capacitados	3	La tecnología es de conocimiento del personal técnico

Figura 10. Matriz FODA para análisis estratégico.

Fuente: Bortot, S. (2022).

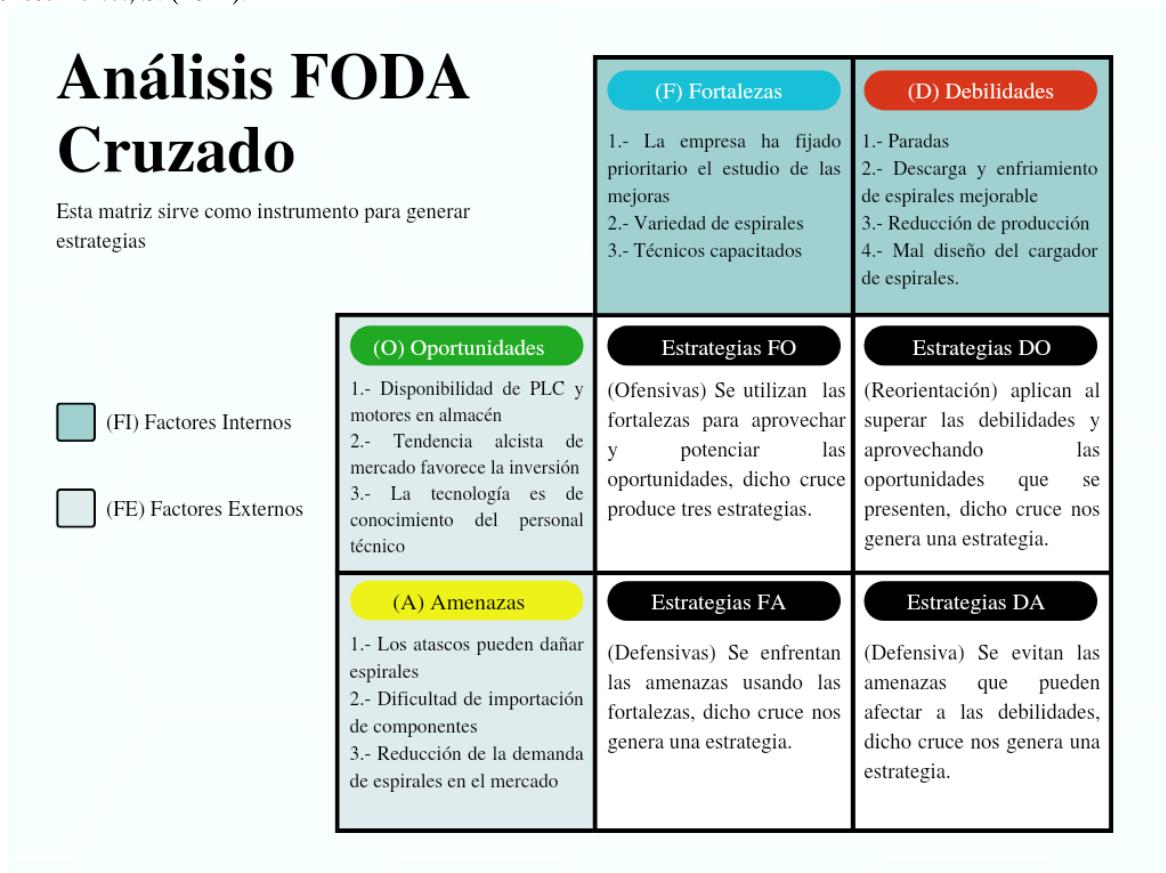


Figura 11. Análisis FODA cruzado.

Fuente: Bortot, S. (2022).

Dicho análisis nos genera las siguientes estrategias:

Estrategias ofensivas (Fortaleza + Oportunidad):

- Proponer la progresión de los sistemas automáticos gracias a la fijación prioritaria de la empresa por el estudio de las mejoras de dichos sistemas, aprovechando una tendencia alcista en el mercado por los espirales automotrices, lo cual favorece a la empresa Metalúrgica Carabobo, S.A. para poder acometer las inversiones.

- Sumar la mejoría de tiempos de productividad y alto rendimiento de producción con el ahorro que supondría utilizar PLC y motores que ya disponga la empresa en almacén, para así lograr proponer un sistema automático de carga, descarga y enfriamiento de espirales que garantice mejoras en tiempos productivos, altos rendimientos y un ahorro de capital a la empresa.

- Diseñar un sistema automático de carga, descarga y enfriamiento de espirales que aproveche las herramientas y dispositivos que ya posee la empresa, para así rendir altamente las capacidades de los técnicos incluyendo sus conocimientos.

Estrategia defensiva (Fortaleza + Amenaza):

- Gracias al estudio prioritario de las mejoras en los sistemas de carga, descarga y enfriamiento de espirales, generar una propuesta de automatización que directamente disminuya los atascos, por ende, al disminuir atascos decrece la probabilidad de daño de espirales, que a su vez, mejora el rendimiento y los tiempos productivos, para poder disminuir el impacto en caso de que reduzca la demanda de espirales en el mercado.

Estrategia de reorientación (Debilidad + Oportunidad):

- Apoyarse en la oportunidad que brinda una tendencia de mercado alcista en demanda de espirales, para poder acometer la inversión de un nuevo sistema automático de carga, descarga y enfriamiento de espirales, que corrija los diseños anteriores del cargador, la descarga y el enfriamiento, para disminuir la probabilidad de paradas no planificadas, y por último, mejorar la producción. Teniendo en cuenta que los dispositivos disponibles en almacén de repuestos y el conocimiento del personal técnico supondrían un ahorro de finanzas a la inversión.

Estrategia defensiva (Debilidad + Amenaza):

- Reconocer las falencias en el sistema automático actual, el cual posee un mal diseño de cargador de espirales, sistemas de descarga y enfriamiento mejorables, lo que causa paradas no planificadas y reducción de producción, sumado a que los atascos tienen probabilidad de dañar

los espirales. Todas las falencias mencionadas dirigen su solución a una propuesta de automatización que garantice la corrección de las mismas.

4.1.4 Diagnóstico:

El sistema actual de carga, descarga y enfriamiento de los espirales en el horno de revenido no cumple con los requerimientos necesarios para que el proceso se lleve a cabo de forma continua, y su limitado diseño no permite pensar en que se le puedan hacer mejoras para corregir los múltiples problemas que se generan en el, por lo que se plantea una sustitución total de los mismos por un nuevo sistema que sea realmente automático, que garantice el correcto posicionamiento de los espirales en la banda de cangilones del horno, la extracción al final del horno y el enfriamiento de los mismos, dicho sistema debe ser versátil, se debe poder adaptar a la diferentes configuraciones de espirales, además debe ser un sistema robusto que minimice la necesidad de mantenimiento y cuya tecnología sea de conocimiento del personal técnico de la empresa.

La correcta colocación de los espirales en la banda de cangilones del horno, así como una exitosa extracción del mismo disminuye grandemente las probabilidades de generar desperdicio como se aprecia en la figura 12.



Figura 12. Contenedor de scrap.

Fuente: Bortot, S. (2022).



Figura 13. Cesta con scrap de espirales y varillas.

Fuente: Bortot, S. (2022).

4.2 Fase II. Selección de las variables e instrumentos a considerar para el desarrollo del automatismo de carga, descarga y enfriamiento de espirales del horno de revenido.

Posterior a lo diagnosticado, se procede a hacer selección de los equipos y herramientas necesarios para la automatización de la carga, descarga y enfriamiento del horno de revenido.

Los equipos que se propondrán serán tomados de referencia de la empresa metalúrgica como modelos y marcas con las que más se trabaja, para cuando se presente alguna avería en alguno de ellos, la empresa pueda tener más probabilidad de contar con algunos en su almacén, además de ser de conocimiento para el personal técnico de la misma. A continuación, se procederá a sacar los cálculos correspondientes, para la selección de los equipos eléctricos y electrónicos que van a ser planteados en la presente tesis.

4.2.1 Selección del PLC

Para el funcionamiento del proyecto a proponer, se tiene que realizar la programación del PLC (control lógico programable) lo cual es necesario utilizar un lenguaje de programación, en la presente tesis el tipo de lenguaje que se va a utilizar serán los diagramas de contactos o ladder

(escalera). Ya que estos tipos de diagramas son los más utilizados en la industria debido a su fácil comprensión. A continuación se muestran modelos de PLC de los cuales se hace uso en planta para hacer elección del mismo, priorizando el costo, la fiabilidad del equipo, la libertad de programación (software) y la comprensión del personal técnico sobre los equipos para mantenimientos futuros.

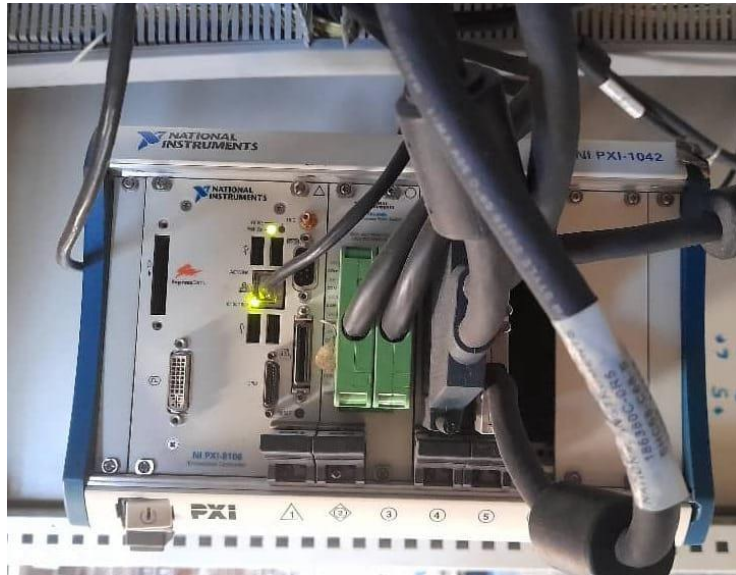


Figura 14. Computador de National Instruments Pxi-1042

Fuente: Bortot, S. (2022).



Figura 15. Siemens PLC Logo Basic 230RC

Fuente: Bortot, S. (2022).



Figura 16. Mitsubishi PLC FX3g-40M

Fuente: Bortot, S. (2022).

En el ámbito industrial es de suma relevancia la estandarización de los equipos ya sea de modelos y marcas, para que en el caso de presentarse averías o necesidad de mantenimiento en alguno de ellos, la empresa pueda tener más probabilidad de contar con algunos equipos en almacén, además de que los equipos estandarizados son de conocimiento para el personal técnico de la empresa, las siguientes tablas presentan la comparación de los equipos de los cuales hace uso la empresa para distintos trabajos.

Tabla 3. Comparación de PLC.

Marca/Modelo	Software de programación	Procedencia	Entradas y salidas	Costo (\$)
National Instruments Pxi-1042	Labview	Estados Unidos	(8 Ranuras)	700\$ (En promedio)
Siemens Logo Basic 230RC	LOGO Soft Comfort	Alemania	8 entradas y 4 salidas (Ampliable)	190\$ (En promedio)
Mitsubishi FX3g-40M	IQ Works	Japón	24 entradas tipo disipación y 16 salidas tipo relé	950 \$ (En promedio)

Fuente: Bortot, S. (2022).

Tabla 4. Valoración de PLC.

Valoración del 1 (baja) al 5 (alta)					
Modelo	Fiabilidad	Libertad de programación (Software)	Comprensión del personal técnico sobre el equipo	Costo	Total
Pxi-1042	5	2	1	3	11
Logo Basic 230RC	3	4	5	5	17
FX3g-40M	5	4	4	2	15

Fuente: Bortot, S. (2022).

Observaciones: En los modelos de National Instruments que utilizan el lenguaje de programación de Labview no existe técnico capacitado en la empresa para darle mantenimiento, ya que los técnicos que dominaban dicho programa abandonaron el país, por lo cual el mantenimiento de estos equipos los realiza un grupo externo a la empresa.

En cuanto a las marcas evaluadas todas gozan de prestigio, sin embargo, para el presente trabajo de investigación se seleccionó el PLC (controlador lógico programable) de la marca Siemens, Modelo Logo Basic 230RC, priorizando como principal característica el costo del mismo, además de poseer software libre de programación comprensible tanto para el investigador como para el personal técnico de la empresa Metalúrgica Carabobo S.A. Cabe añadir que la empresa cuenta con este equipo en almacén, por lo que también representa un ahorro de capital, Seguidamente se muestran los datos técnicos del equipo.

	LOGO! 230RC LOGO! 230RC _o		LOGO! 230RC LOGO! 230RC _o
Fuente de alimentación		Tensión de entrada L1	
Tensión de entrada	115/240 V CA/CC	<ul style="list-style-type: none"> señal 0 <40 V c.a. señal 1 >79 V c.a. 	
Margen admisible	85 ... 253 V CA 85 ... 253 V CC	<ul style="list-style-type: none"> señal 0 < 30 V CA señal 1 >79 V c.a. 	
Frecuencia de red admisible	47 ... 63 Hz	Intensidad de entrada para	
Consumo de corriente		<ul style="list-style-type: none"> señal 0 <0,03 mA señal 1 >0,08 mA 	
<ul style="list-style-type: none"> 115 V c.a. 240 V CA 115 V CC 240 V CC 	<ul style="list-style-type: none"> 10 ... 30 mA 10 ... 20 mA 5 ... 15 mA 5 ... 10 mA 	Tiempo de retardo para	
Compensación de fallos de tensión		<ul style="list-style-type: none"> cambio de 0 a 1 habitual. 50 ms cambio de 1 a 0 habitual. 50 ms 	
<ul style="list-style-type: none"> 115 V CA/CC 240 V CA/CC 	<ul style="list-style-type: none"> habitual. 10 ms habitual. 20 ms 	Longitud del conductor (sin blindaje)	100 m
Potencia disipada en caso de		Salidas digitales	
<ul style="list-style-type: none"> 115 V c.a. 240 V CA 115 V CC 240 V CC 	<ul style="list-style-type: none"> 1,1 ... 3,5 W 2,4 ... 4,8 W 0,5 ... 1,8 W 1,2 ... 2,4 W 	Cantidad	4
Tamponaje del reloj a 25 °C	habitual. 80 h	Tipo de las salidas	Salidas a relé
Exactitud del reloj de tiempo real	máx. ± 5 s / día	Separación galvánica	sí
Entradas digitales		En grupos de	1
Cantidad	8	Activación de una entrada digital	sí
Separación galvánica	no	Corriente constante I _{th}	máx. 10 A por relé
		Carga de lámparas incandescentes (25.000 maniobras) en caso de	
		230/240 V	1000 W
		115/120 V	500 W

Figura 17. Datos técnicos LOGO

Fuente: Siemens, A. G. LOGO! Manual (2016).

	LOGO! 230RC LOGO! 230RC _o
Tubos fluorescentes con adaptador electr. (25.000 maniobras)	10 x 58 W (para 230/240 V c.a.)
Tubos fluorescentes compensados convencionalmente (25.000 maniobras)	1 x 58 W (para 230/240 V c.a.)
Tubos fluorescentes no compensados (25.000 maniobras)	10 x 58 W (para 230/240 V c.a.)
Resistencia a cortocircuitos cos 1	Contactador potencia B16 600 A
Resistencia a cortocircuitos cos 0,5 a 0,7	Contactador potencia B16 900 A
Derating	ninguno; en todo el margen de temperatura
Conexión de las salidas en paralelo para aumentar la potencia	no admisible
Protección de un relé de salida (si se desea)	máx. 16 A, característica B16
Frecuencia de conmutación	
Mecánica	10 Hz
Carga óhmica/carga de lámparas	2 Hz
Carga inductiva	0,5 Hz

Figura 18. Datos técnicos LOGO parte dos.

Fuente: Siemens, A. G. LOGO! Manual (2016).

Los controladores lógicos programables de Siemens son altamente demandados en el mercado Venezolano, los modelos Logo 230R tienen una alta presencia en dicho mercado, por consiguiente existe una gran presencia de componentes disponibles, para necesidad de la investigación es requerido seleccionar un modulo de expansión.

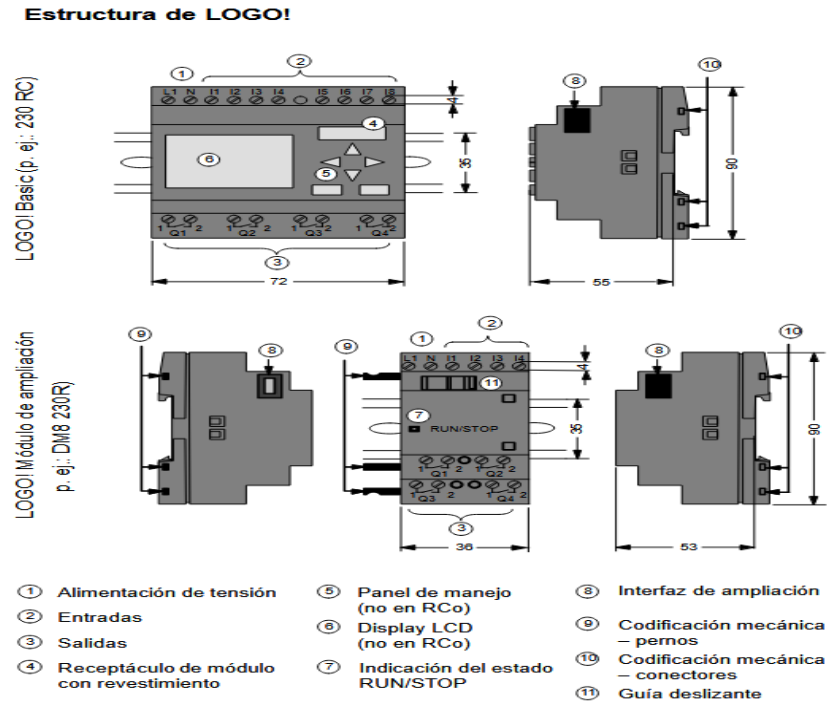


Figura 19. Estructura de LOGO!.
Fuente: Siemens, A. G. LOGO! Manual (2016).



Figura 20. Modulo de expansión DM16
Fuente: Bortot, S. (2022).

Los módulos de expansión permiten ampliar el número de entradas y salidas que posee el PLC, se selecciona el módulo de expansión DM16 230R 8 entradas y 8 salidas, para lo que requiere la investigación, el mismo tiene un costo promedio de 200\$. El software a utilizar para realizar la programación del controlador lógico programable es Logo Soft Comfort, dicho software es actualizable por medio de internet hasta la versión 8.3. El mencionado utiliza un lenguaje de programación ladder.



Figura 21. Cd LOGO Soft comfort versión 5.0.

Fuente: Bortot, S. (2022).

4.2.2 Calculo del peso del carro

Ya que se plantea una sustitución total de los sistemas de carga, descarga y enfriamiento del horno de revenido por nuevos sistemas que sea realmente automáticos, que garanticen el correcto posicionamiento de los espirales en la banda de cangilones del horno, la extracción al final del horno y el enfriamiento de los mismos, dichos sistemas deben ser versátiles, se deben poder adaptar a la diferentes configuraciones de espirales, además deben sistemas robustos que minimicen la necesidad de mantenimiento y cuya tecnología sea de conocimiento del personal técnico de la empresa. Por ende, para realizar los cálculos se deben estimar los pesos de la nueva estructura que va a dar pie a los sistemas automáticos.

- Selección del husillo (Tornillo de bolas re circulantes):

Es muy importante que el tornillo trabaje lejos de su velocidad critica y en este caso el mimo tiene un aproximado de 470cm de longitud, esta condición no se puede cumplir, por lo que

en el diseño se contempla que el husillo este fijo y lo que gira es la tuerca, por lo que el carro manipulador contendrá sobre él además de todos los componentes estructurales necesarios, el motor y el ensamble de tuerca de bolas re circulantes con el sistema de giro, aclarado esto se procede a estimar el peso del carro.

En la fabricación del carro estimamos utilizar las siguientes planchas de acero:

Tabla 5. Dimensiones planchas de acero.

Planchas de acero		Cantidad de piezas
1	50cm*40cm*15mm de espesor	1 Pieza
2	40cm*40cm*15mm de espesor	1 Pieza
3	30cm*40cm*12mm de espesor	1 Pieza
4	30cm*20cm*12mm de espesor	2 Piezas
5	20cm*30cm*10mm de espesor	2 Piezas

Fuente: Bortot, S. (2022).

Tomando en cuenta el peso específico para planchas de acero que es 7850kg/m³ tendríamos:

Tabla 6. Peso planchas de acero.

Calculo		Total
1	$(0.5m*0.4m*0.015)*7850$	23.55kg
2	$(0.4m*0.4m*0.015)*7850$	18.84kg
3	$(0.3m*0.4m*0.012)*7850$	11.30kg
4	$(0.3m*0.2m*0.012)*2 \text{ piezas}*7850$	11.30kg
5	$(0.2m*0.3m*0.01)*2 \text{ piezas}*7850$	9.42kg
Total peso en planchas de acero		74.41kg

Fuente: Bortot, S. (2022).

Además de la estructura de acero, el carro contendrá los siguientes componentes:

Tabla 7. Peso componentes carro manipulador.

	Componentes	Peso estimado
1	Tuerca de bolas re circulantes con sistema de giro par husillo de 40mm y longitud de 470cm.	20kg

2	Motor eléctrico	18kg
3	Cilindro neumático de elevación de los magnetos de 80mm de diámetro * 100mm de carrera	5kg
4	Sistema de guía de bajada y subida de magnetos	10kg
5	Dos magnetos modelo TPCA200CM con un peso de 9kg c/u	18kg
6	Cuatro patines para rieles Thompson de 40mm con un peso de 0.8kg c/u	3.2kg
7	Ducto móvil porta cables y tubería	10kg
8	Tornillería	2kg
	Peso componentes	86.2kg
	Peso del carro ensamblado	160.61kg

Fuente: Bortot, S. (2022).

4.2.3 Calculo del motor

Calculo de par y potencia necesaria del motor:

El husillo de bolas convierte un par de giro en desplazamiento, El par de giro necesario TL (Nm) que se debe aplicar al husillo será:

$$TL = \frac{F * P}{2000 * \pi * n1}$$

Donde:

F: carga lineal obtenida (N)

P: paso de rosca del husillo

n1: coeficiente de rendimiento, el mismo estará entre 0.85 a 0.95

F: en el caso se obtendrá de = Peso del carro + Peso mayor de pieza + Fuerza de fricción

El carro ira montado sobre rieles de perfil de la serie 400 de Thompson, la fuerza de fricción de carros de bolas es de (0.002 – 0.003) = η

$$F \text{ fricción} = \eta * F$$

Si tomamos $\eta = 0.003$ que es el mayor

$$F \text{ fricción} = 0.003 * F$$

Siendo $F = (\text{Peso del carro} + \text{Peso de pieza}) * 9.8\text{m/seg}^2$

$$F = (160.61\text{kg} + 9.5\text{kg}) * 9.8\text{m/seg}^2 = 1667 \text{ Newton}$$

$$F \text{ fricción} = 0.003 * 1667 \text{ Newton} = 5 \text{ Newton}$$

$$F \text{ total} = 1667\text{N} + 5\text{N} = 1672 \text{ Newton}$$

Siendo $P = \text{paso del husillo} = 10\text{mm}$

$$TL = \frac{1672 * 10}{2000 * \pi * 0.85} = 3.13$$

Se toma $n_1 = 0.85$ por ser la más crítica.

La potencia necesaria para accionar el husillo será:

$$PL = \frac{TL * n * 2 * \pi}{60 * 1000}$$

Siendo $n = \text{numero de revoluciones del motor}$

Seleccionando, en este caso es necesario desarrollar una rampa de aceleración, trabajo y frenado del tipo trapezoidal, por lo que debemos utilizar un motor de alta revolución que nos garantice la ejecución en el menor tiempo de ciclo para así poder cumplir con el tiempo de ciclo de la línea y tener capacidad para futuras mejoras.

$$n = 3500\text{rpm}$$

$$PL = \frac{3.13 * 3500 * 2 * \pi}{60 * 1000} = \frac{68832.3}{60000} = 1.15\text{kw}$$

Los motores eléctricos trifásicos están estandarizados en su potencia, encontrando de 1.1kw, 1.5kw y 2.24kw por lo que seleccionaremos este último.

$$2.24\text{kw} = 3\text{hp}$$

Es necesario que el motor cuente con un freno integrado y debe poder trabajar hasta 60hz.

4.2.4 Datos motores:

En la presente tesis se van a plantear dos motores, uno para la carga y otro para la descarga de espirales del horno de revenido, por ende al calcular los datos de uno, serán los mismos del otro.

Motor 3hp

Corriente trifásica

Voltaje en planta: 440v

La corriente de este tipo de motores se selecciona por la tabla 430-150 de la NEC la cual dice que la corriente de motores de 3hp es de 4.8 amperes.

Tabla 430-150.- Motores trifásicos de corriente alterna, corriente a plena carga en Ampere

Los siguientes valores de corriente a plena carga corresponden a motores que funcionan a velocidades normales de motores con correas y a motores con par normal. Los motores construidos especialmente para baja velocidad (1.200 rpm o menos) o alto par, pueden necesitar corrientes de funcionamiento mayores. Los motores de varias velocidades tendrán corrientes que variarán con la velocidad, en cuyo caso se deberán utilizar las corrientes nominales que indique su placa de características.

Las tensiones son las nominales de los motores. Las corrientes son las permitidas para instalaciones a 110-120 Volt, 220-240 Volt, 440-480 Volt y 550-600 Volt

HP	Motores de inducción de jaula de ardilla y rotor bobinado, Ampere							Factor de potencia unitario* para motores de tipo sincrónico, Ampere			
	115 Volt	200 Volt	208 Volt	230 Volt	460 Volt	575 Volt	2300 Volt	230 Volt	460 Volt	575 Volt	2300 Volt
1/2	4.4	2.5	2.4	2.2	1.1	0.9					
3/4	6.4	3.7	3.5	3.2	1.6	1.3					
1	8.4	4.8	4.6	4.2	2.1	1.7					
1 1/2	12.0	6.9	6.6	6.0	3.0	2.4					
2	13.6	7.8	7.5	6.8	3.4	2.7					
3		11.0	10.6	9.6	4.8	3.9					
5		17.5	16.7	15.2	7.6	6.1					
7 1/2		25.3	24.2	22	11	9					
10		32.2	30.8	28	14	11					
15		48.3	46.2	42	21	17					
20		62.1	59.4	54	27	22					
25		78.2	74.8	68	34	27		53	26	21	
30		92	88	80	40	32		63	32	26	
40		120	114	104	52	41		83	41	33	
50		150	143	130	65	52		104	52	42	
60		177	169	154	77	62	16	123	61	49	12
75		221	211	192	96	77	20	155	78	62	15
100		285	273	248	124	99	26	202	101	81	20
125		359	343	312	156	125	31	253	126	101	25
150		414	396	360	180	144	37	302	151	121	30
200		552	528	480	240	192	49	400	201	161	40
250					302	242	60				
300					361	289	72				
350					414	336	83				
400					477	382	95				
450					515	412	103				
500					590	472	118				

* Para factores de potencia del 90 y el 80 %, las cifras anteriores se deben multiplicar respectivamente por 1.1 y 1.25.

Figura 22. Tabla 430-150 de la NEC.

Fuente: National electrical code (2020).

Protección contra cortocircuitos y fallas a tierra:

I motor = 4.8 amperes

Fusible sin retardo de tiempo

4.8 amperes * 300% = 14.4 = 3 * 15 amperes

Fusible con retardo de tiempo

4.8 amperes * 175% = 8.4 = 3 * 15 amperes

Interruptor de disparo instantáneo

4.8 * 800% = 38.4 = 3 * 40 amperes

Tiempo inverso (breaker)

$$4.8 * 250\% = 12 = 3 * 15 \text{ amperes}$$

Los valores se seleccionaron de la siguiente tabla:

Tabla 430 52.- Corriente máxima o ajuste de los dispositivos de protección contra cortocircuitos y fallas a tierra de los circuitos ramales de motores

Tipo de motor	Porcentaje de la corriente a plena carga			
	Fusible sin retardo de tiempo**	Fusible de dos elementos (con retardo de tiempo)	Interruptor automático de disparo instantáneo	Interruptor automático de tiempo inverso*
Monofásico	300	175	800	250
Polifásico de c.a. sin rotor bobinado De jaula de ardilla				
Todos menos los de Tipo B	300	175	800	250
Los de Tipo B	300	175	1100	250
Síncronos#	300	175	800	250
Con rotor bobinado	150	150	800	150
De c.a. (tensión constante)	150	150	250	150

Para las excepciones a los valores especificados, véanse los Artículos 430-52 a 430-54.

* Los valores de la última columna también cubren las corrientes de los interruptores automáticos no ajustables de tiempo inverso, los cuales pueden modificarse según el Artículo 430-52.

** Los valores de esta columna son para fusibles de Clase CC con retardo.

Los motores síncronos de bajo par y baja velocidad (normalmente 450 rpm o menos), tales como los utilizados con compresores recíprocos, bombas, etc. que arrancan sin carga, no requieren que la corriente de los fusibles o interruptores automáticos sea mayor del 200% de la corriente a plena carga.

Figura 23. Tabla 430 52 de la NEC.

Fuente: National electrical code (2020).

Los valores estandarizados para fusibles y breaker se seleccionan de la siguiente tabla:

NEC 240.6(A) Standard Ampere Ratings for Fuses & Circuit Breakers

Amperes													
15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110
125	150	175	200	225	250	300	350	400	450	500	-	-	-
600	700	800	1000	1200	1600	2000	2500	3000	4000	5000	6000	-	-

Figura 24. Tabla NEC 240.6.

Fuente: National electrical code (2020).

Selección de cable de alimentación de motor:

Para poder realizar la selección del cable de alimentación de los motores que realizan la carga y descarga de espirales, se tiene que tener en cuenta la corriente añadiéndole un 25% más de la corriente nominal del motor.

I motor: 4.8amperes

I cable: $4.8 * 1.25 = 6$ amperes

Se seleccionan tres cables (motor trifásico) según la tabla 310-16, teniendo en cuenta que el mínimo cable a utilizar para motores debe ser #12 AWG THW 75 c° de cobre.

TABLA 310-16.- Capacidades de corriente (A) permisibles de conductores aislados de 0 a 2000 Volt y 60 °C a 90 °C no más de tres conductores activos en una canalización, cables o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30° C.

CALIBRE AWG/ Kcmil	TEMPERATURA NOMINAL DEL CONDUCTOR (VER TABLA 310-13)						SECCIÓN AWG/ Kcmil
	60° C	75° C	90° C	60° C	75° C	90° C	
	TIPOS TW*, UF*	TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP*, FEPB*, MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW*, UF*	TIPOS RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*	TIPOS TBS, SA, SIS, THHN*, THHW*, THW-2, THWN- 2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			
18	----	----	14	----	----	----	----
16	20*	20*	18	----	----	----	----
14	25*	25*	25*	----	----	----	----
12	30	35*	30*	20*	20*	25*	12
10	40	50	40*	25	30*	35*	10
8	55	65	55	30	40	45	8
6	70	85	75	40	50	60	6
4	85	100	95	55	65	75	4
3	95	115	110	65	75	85	3
2	110	130	130	75	90	100	2
1	125	150	150	85	100	115	1
1/0	145	175	170	100	120	135	1/0
2/0	165	200	195	115	135	150	2/0
3/0	195	230	225	130	155	175	3/0
4/0	215	255	260	150	180	205	4/0
250	240	285	290	170	205	230	250
300	260	310	320	190	230	255	300
350	280	335	350	210	250	280	350
400			380	225	270	305	400

Figura 25. Tabla 310-16 NEC.

Fuente: National electrical code (2020).

Selección conductor de puesta a tierra:

Teniendo en cuenta que en la selección de la protección contra cortocircuitos y fallas a tierra el valor del breaker arrojó 15 amperios, seleccionamos el conductor de calibre #14 AWG TW 60 c° de cobre, gracias a la tabla 250.122.

TABLA 250.122		TABLA 250.122	
Breaker de alimentación	Calibre del conductor (Cobre)	Breaker de alimentación	Calibre del conductor (Cobre)
15	14	600	1
20	12	800	1/0
30	10	1000	2/0
40	10	1200	3/0
60	10	1600	4/0
100	8	2000	250 MCM
200	6	2500	350 MCM
300	4	3000	400 MCM
400	3	4000	500 MCM
500	2	5000	700 MCM

Figura 26. Tabla NEC 250.122

Fuente: National electrical code (2020).

Medio de desconexión:

Para poder realizar la selección del medio de desconexión, se tiene que tener en cuenta la corriente nominal del motor el cual va a ser alimentado añadiéndole un 15% Utilizando la siguiente fórmula se sacará la corriente la cual será la indicada para el medio de desconexión.

$$\text{Medio de desconexión} = \text{corriente nominal} * 1.15$$

Entonces:

$$4.8 \text{ amperes} * 1.15 = 5.52$$

Protección sobrecarga:

Para poder realizar la selección del equipo de protección la cual va a proteger al motor eléctrico de toda sobrecarga, se tiene que tener en cuenta la corriente nominal del motor el cual va a ser alimentado añadiéndole un 25% , Utilizando la siguiente fórmula se sacará la corriente la cual será la indicada para la protección del motor.

$$\text{Protección sobrecarga} = \text{corriente nominal} * 1.25$$

Entonces:

$$4.8 \text{ amperes} * 1.25 = 6$$

Selección del tamaño del controlador:

Para la tarea de carga y descarga de espirales que van a realizar los motores, estos deben ser clasificados como servicio pesado, por ende mediante la siguiente tabla seleccionamos el tamaño de controlador #1.

Size of Controller	Continuous Current Rating** Amperes	Horsepower* at				Service-limit Current Rating** Amperes
		60 Hertz		50 Hertz	60 Hertz	
		200 Volts	230 Volts	380 Volts	460 or 575 Volts	
0	18	1 1/2	1 1/2	1 1/2	2	21
1	27	3	3	5	5	32
2	45	7 1/2	10	15	15	52
3	90	15	20	30	30	104
4	135	25	30	50	60	156
5	270	60	75	125	150	311
6	540	125	150	250	300	621

*These horsepower ratings are based on the locked-rotor current ratings given in ICS 2, Table 2-327-3. For motors having higher locked-rotor currents, a larger controller should be used so that its locked-rotor current rating is not exceeded. (This note is approved as Authorized Engineering Information).

**The continuous-current ratings represent the maximum rms current, in amperes, which the controller shall be permitted to carry continuously without exceeding the temperature rises permitted by Part 1-109 of NEMA Standards Publication No. ICS 1. The service limit current ratings represent the maximum rms current, in amperes, which the controller shall be permitted to carry for protracted periods in normal service. At service-limit current, temperature rises may exceed those obtained by testing the controller at its continuous current rating.

Figura 27. Tabla 2-3 NEC.

Fuente: National electrical code (2020).

Calculo cable alimentador principal:

Para poder realizar la selección del cable alimentador principal, se tiene que tener en cuenta la corriente nominal de uno de los motores añadiéndole un 25% para después sumar la corriente nominal del otro motor. Utilizando la siguiente fórmula se sacará la corriente la cual será la indicada para el cable alimentador principal:

$$\text{Cable alimentador principal} = (1.25 * \text{Corriente nominal motor \#1}) + \text{Corriente nominal motor \#2}$$

Entonces:

$$(1.25 * 4.8 \text{ amperios}) + 4.8 \text{ amperios} = 10.8 \text{ amperios}$$

TABLA 310-16.- Capacidades de corriente (A) permisibles de conductores aislados de 0 a 2000 Volt y 60 °C a 90 °C no más de tres conductores activos en una canalización, cables o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30° C.								
CALIBRE	TEMPERATURA NOMINAL DEL CONDUCTOR (VER TABLA 310-13)						SECCION	
	60° C	75° C	90° C	60° C	75° C	90° C		
AWG/ Kcmil	TIPOS TW*, UF*	TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP*, FEPB*, ML, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW*, UF*	TIPOS RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*	TIPOS TBS, SA, SIS, THHN*, THHW*, THW-2, THWN-2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	AWG/ Kcmil	
	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE				
18	---	---	14	---	---	---	---	
16	---	---	18	---	---	---	---	
14	20*	20*	25*	---	---	---	---	
12	25*	25*	30*	20*	20*	25*	12	
10	30	35*	40*	25	30*	35*	10	
8	40	50	55	30	40	45	8	
6	55	65	75	40	50	60	6	
4	70	85	95	55	65	75	4	
3	85	100	110	65	75	85	3	
2	95	115	130	75	90	100	2	
1	110	130	150	85	100	115	1	
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0	
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0	
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0	
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0	
250	215	255	290	170	205	230	250	
300	240	285	320	190	230	255	300	
350	260	310	350	210	250	280	350	
400	280	335	380	225	270	305	400	

Figura 28. Tabla NEC 310-16.

Fuente: National electrical code (2020).

Según la tabla 310-16, teniendo en cuenta que el mínimo cable a utilizar para motores debe ser #12 AWG THW 75 °C de cobre, seleccionamos dicho cable para alimentador principal.

Calculo breaker alimentador principal:

Para poder realizar la selección del breaker alimentador principal, se tiene que tener en cuenta la corriente mayor del breaker de uno de los motores para después sumar la corriente nominal del otro motor. Utilizando la siguiente fórmula se sacará la corriente la cual será la indicada para el breaker alimentador principal:

$$\text{Breaker principal} = \text{Breaker mayor} + \text{Corriente nominal motor \#2}$$

Entonces:

$$15 \text{ amperios} + 4.8 \text{ amperios} = 19.8 \text{ amperios}$$

Según la tabla de valores estandarizados para fusibles y breaker, se selecciona un breaker alimentador principal de 3 * 20 amperios.

A continuación se presenta un diagrama unifilar sobre los motores de carga y descarga de espirales:

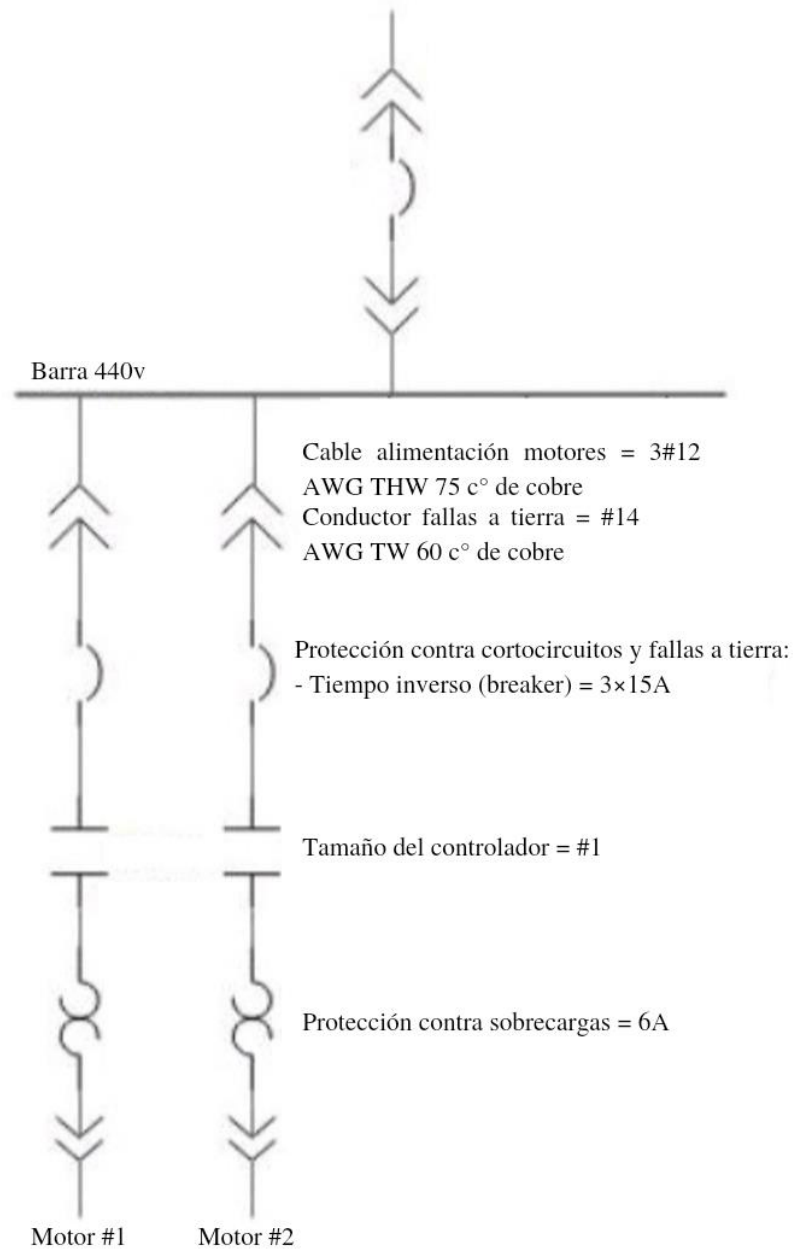


Figura 29. Diagrama unifilar de motores.

Fuente: Bortot, S. (2022).

4.3 Fase III. Diseño del sistema automático de carga, descarga y enfriamiento de espirales del horno de revenido.

4.3.1 Sistema de carga de espirales:

Para el sistema de carga de espirales al horno de revenido se diseñó por medio del programa de dibujo Microsoft Visio la estructura de lo que denominamos carro manipulador de espirales, el cual se desplaza de derecha a izquierda en un tornillo sin fin gracias al motor trifásico de 3hp 60hz, dicho manipulador posee un cilindro neumático y dos imanes cuya función es atraer y sujetar los espirales desde la cadena transportadora para después soltarlos en el conveyor del horno de revenido.

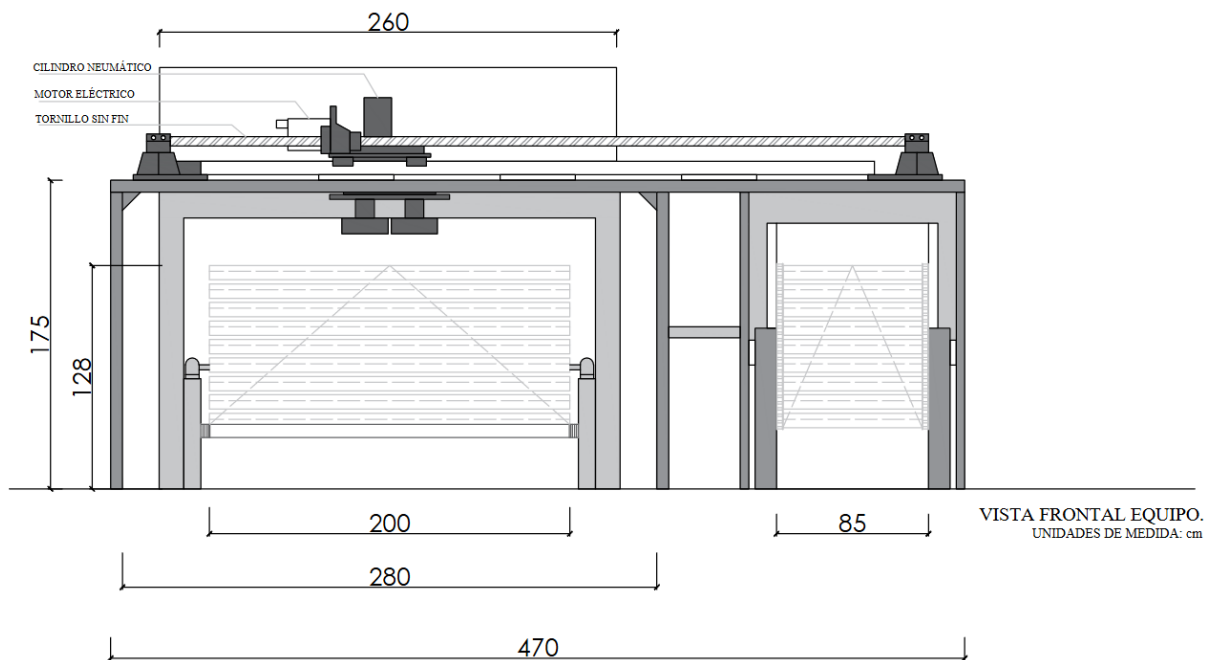


Figura 30. Esquema frontal del sistema automático de carga

Fuente: Bortot, S. (2023).

La función del manipulador es tomar de forma ordenada cada espiral desde la cadena que transporta los espirales desde la templadora, para luego colocarlos alineados en grupos de tres en el conveyor del horno de revenido, gracias al variador de frecuencia colocado en el motor se van a utilizar dos velocidades, la velocidad rápida (40 hz) se va a utilizar para desplazar el manipulador de un lado a otro para hacerlo más eficiente, en cambio la velocidad baja se va a utilizar cuando el manipulador se aproxime a una posición deseada, es decir, cada vez que el manipulador este próximo a la posición de tomar o soltar un espiral deberá bajar la velocidad para hacer que la toma y la colocación sean precisas.

Al moverse la cadena que transporta los espirales desde la templadora, se activa un limit switch el cual da inicio al proceso de carga, al recibir la señal el manipulador se desplaza hacia la cadena transportadora, cuando se encuentra en la posición para tomar el espiral baja el cilindro neumático y seguidamente magnetiza los imanes para sujetar el primer espiral, sube el cilindro neumático y el manipulador se desplaza a la posición más lejana.

Antes de llegar a la posición más lejana el motor cambia a velocidad baja y se detiene cuando llega a lo que se denomina como “posición de carga 1”, ubicado en dicha posición el manipulador baja el cilindro neumático y seguidamente desmagnetiza los imanes para soltar el espiral en la primera posición de carga en el conveyor del horno de revenido, el mencionado proceso es un ciclo que se repite con el segundo y tercer espiral, colocándolos en lo que se denomina como “posición de carga 2” y “posición de carga 3”, una vez están colocados de forma ordenada los tres espirales en el conveyor del horno, el sistema envía una señal para dar avance a la cadena del horno y realizar la carga de manera exitosa, realizada la carga el sistema espera nuevamente la señal de la cadena que transporta los espirales desde la templadora por medio de un limit switch para comenzar una nueva carga al horno de revenido.

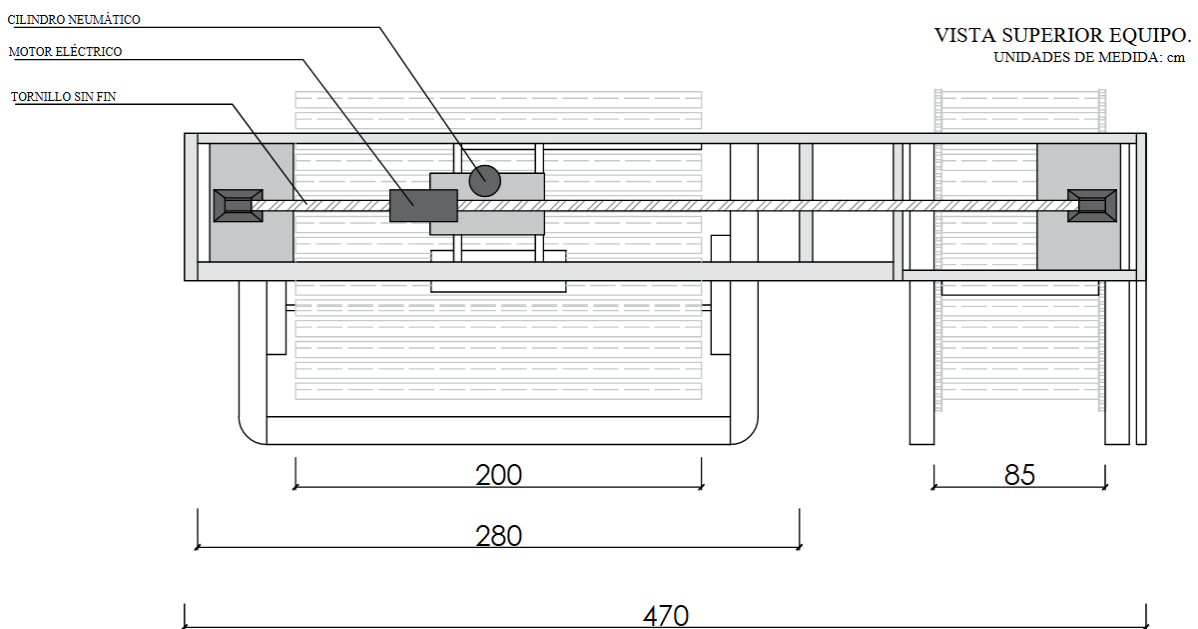


Figura 31. Esquema vista superior del sistema automático de carga

Fuente: Bortot, S. (2023).

Como la línea de producción de espirales debe tener obligatoriamente un operario encargado de la supervisión, el sistema posee unas condiciones para su arranque, para el inicio del proceso de revenido de espirales, la máquina debe estar en posición para tomar espiral y el

pistón del manipulador arriba. En caso de no cumplirse dichas condiciones el supervisor deberá colocar el manipulador manualmente en la posición para tomar espiral, el manipulador tiene pulsadores para mover manualmente hacia la derecha o izquierda según sea el caso. Las mencionadas condiciones existen como medida de seguridad.

El sistema automático de carga de espirales al horno de revenido tiene una serie de dispositivos que cumplen la función de comunicarle al sistema las posiciones a las que debe moverse, detenerse, bajar pistón, subir pistón, magnetizar imanes y desmagnetizar imanes sucesivamente. Como puede apreciarse en la figura 32, a lo largo de la estructura del manipulador se tiene una serie de limit switch enumerados del uno al 14, divididos a su vez en grupos de toma de espirales, aproximaciones, posiciones y finales de carrera.

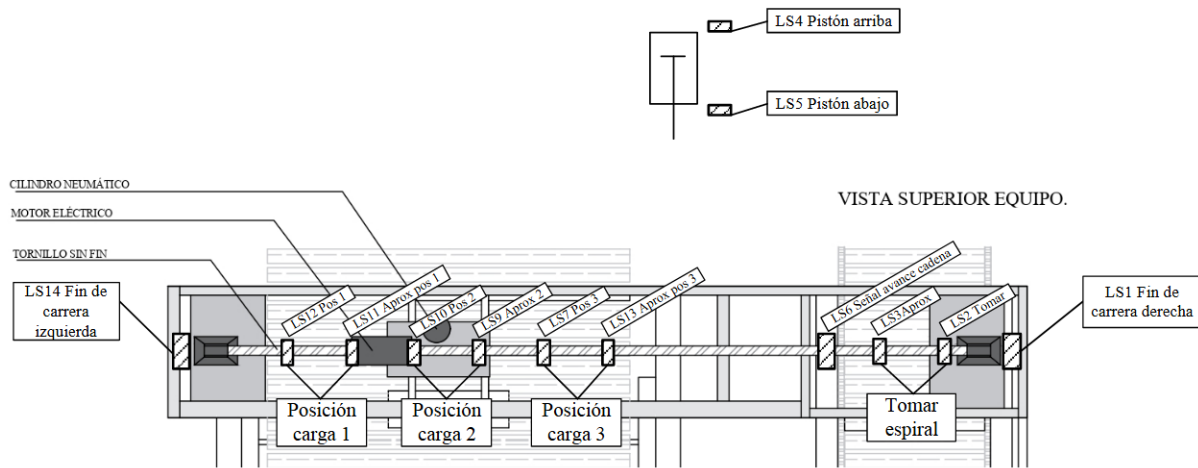


Figura 32. Posicionamiento de limit switches en el sistema de carga.

Fuente: Bortot, S. (2023).

Para llegar a la posición para tomar un espiral el manipulador debe recibir la señal del avance de la cadena, cuando la recibe se desplaza a velocidad rápida (40hz) hacia el Limit switch tres de aproximación, cada vez que el manipulador pasa por un limit switch de aproximación cambia su velocidad a velocidad baja (15hz), una vez bajó su velocidad se detiene en el limit switch dos, baja el pistón (limit switch cinco), magnetiza el imán atrayendo y sujetando al espiral, sube el pistón (limit switch 4), cambia a velocidad rápida (40hz) para desplazarse hacia la posición de carga uno, cuando el manipulador pasa por el limit switch 11 cambia a velocidad baja (15hz) y se detiene en la posición uno (Limit switch 12), seguido, baja el pistón (limit switch cinco), desmagnetiza el imán (suelta el espiral en posición carga uno), sube el pistón (limit switch 4), recibe la señal de avance de la cadena (Limit switch seis), cambia a velocidad

rápida (40hz) y repite el ciclo con los otros dos espirales colocándolos en la posición de carga dos y posición de carga tres, una vez están colocados los tres espirales en sus respectivas posiciones, avanza el conveyor del horno introduciéndolos al mismo.

Para resumir en pasos el ciclo para cargar un espiral se representa de la siguiente manera:

- Recibir la señal de la cadena (LS6)
- Cambiar a velocidad alta (40hz)
- Desplazarse hacia la aproximacion para tomar espiral (LS3)
- Cambiar a velocidad baja (15hz)
- Detenerse (LS2), Bajar pistón (LS5), Magnetizar imán y Subir pistón (LS4)
- Cambiar a velocidad alta (40hz)
- Desplazarse hacia la aproximación de la posición de carga uno (LS11)
- Cambiar a velocidad baja (15hz)
- Detenerse (LS12), Bajar pistón (LS5), desmagnetizar imán y Subir pistón (LS4)

Una vez colocado el primer espiral en la cadena del horno se repite este proceso, esta vez con posición de carga dos y posición de carga tres. Cabe aclarar que las condiciones para dar arranque a este proceso deben ser: estar en posición tomar espiral (LS2) y manipulador arriba (LS4). Los LS1 y LS14 de fin de carrera existen como medida de seguridad. Las entradas y salidas utilizadas en el PLC Logo para dar control al manipulador son las siguientes:

Tabla 8. Entradas y salidas PLC LOGO carga.

ENTRADAS		SALIDAS	
I1	PB1 Parada emergencia	Q1	LP1 Luz de inicio activo
I2	PB2 Parada sistema carga encendido	Q2	LP2 Luz de señal sistema carga encendido
I3	PB3 Pulsador de arranque	Q3	SV1 Baja manipulador
I4	SW1 Selector man/aut	Q4	SV2 Magnetizar imán tomar espiral
I5	LS2 Posición tomar espiral	Q5	Mover izquierda
I6	LS4 Manipulador pistón arriba	Q6	Mover derecha
I7	LS6 Señal conveyor entrega espiral	Q7	Cambio baja velocidad
I8	LS5 manipulador pistón abajo	Q8	Velocidad alta
I9	LS8 Posición de carga 3	Q9	Freno mecánico

I10	LS10 Posición de carga 2	Q10	Inter lock cadena templadora
I11	LS12 Posición de carga 1	Q11	Señal arranque conveyor horno
I12	LS11 Aproximación posición 1		
I13	LS3 Aproximación tomar espiral		
I14	LS9 Aproximación posición 2		
I15	LS7 Posición carga 3		
I16	LS13 Aproximación posición 3		
I17	LS14 Fin de carrera izquierda		
I18	PB4 Mover manual izquierda		
I19	PB5 Mover manual derecha		
I20	LS1 Fin de carrera derecha		

Fuente: Bortot, S. (2023).

La serie de dispositivos utilizados en los sistemas automáticos se describen en el siguiente cuadro para dar la correcta comprensión de la abreviatura utilizada para el momento de realizar el diseño de los sistemas automáticos de carga, descarga y enfriamiento de espirales.

Tabla 9. Leyenda de abreviatura de dispositivos.

LEYENDA		
Abreviatura	Dispositivo	Descripción
PB	Push button / Pulsador	Un push button es un sensor digital de entrada, es decir, su funcionamiento consiste en entregar la información correspondiente si es presionado o no a través del voltaje en su pin de señal.
SW	Switch / Selector	Un interruptor eléctrico es un dispositivo que permite desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica.
LS	Limit switch / Interruptor fin de carrera	Un Limit switch, interruptor de límite o sensor de final de carrera, es un dispositivo que se sitúa al final del recorrido de alguna parte mecánica móvil como puede ser un brazo

		robot, o el accionamiento de un paro de seguridad de alguna puerta, es utilizado en ambientes industriales.
SV	Solenoid valve / Valvula solenoide	La válvula de solenoide es un dispositivo operado eléctricamente, y es utilizado para controlar el flujo de líquidos o gases en posición completamente abierta o completamente cerrada.
LP	Pilot light / Luz piloto	La luz piloto tiene como propósito dar un aviso visual de que se tiene encendido un equipo electrónico. Mientras el equipo esté funcionando la luz piloto está encendida demostrando que hay consumo de corriente.
Inter Lock	Inter Lock	Un interbloqueo es una característica que hace que el estado de dos mecanismos o funciones sean mutuamente dependientes. Puede usarse para evitar estados no deseados en una máquina de estado finito y puede consistir en cualquier dispositivo o sistema eléctrico, electrónico o mecánico.

Fuente: Bortot, S. (2023).

Para el uso que se le debe dar al motor trifásico de 3hp 60hz se hace selección de un variador de frecuencia altivar 312 de Schneider, ya que necesitamos que el motor trabaje a distintas velocidades en las cuales se va a desempeñar, el motor debera contar con freno, dicho variador de frecuencia tiene integrado la proteccion contra sobrecargas, ademas de otras protecciones, por lo que tiene una proteccion integral, por ende se dibujan sus breaker (3*15A), como se aprecia se utiliza un tablero individual para la carga con un transformador 440vac – 120vac 500va.

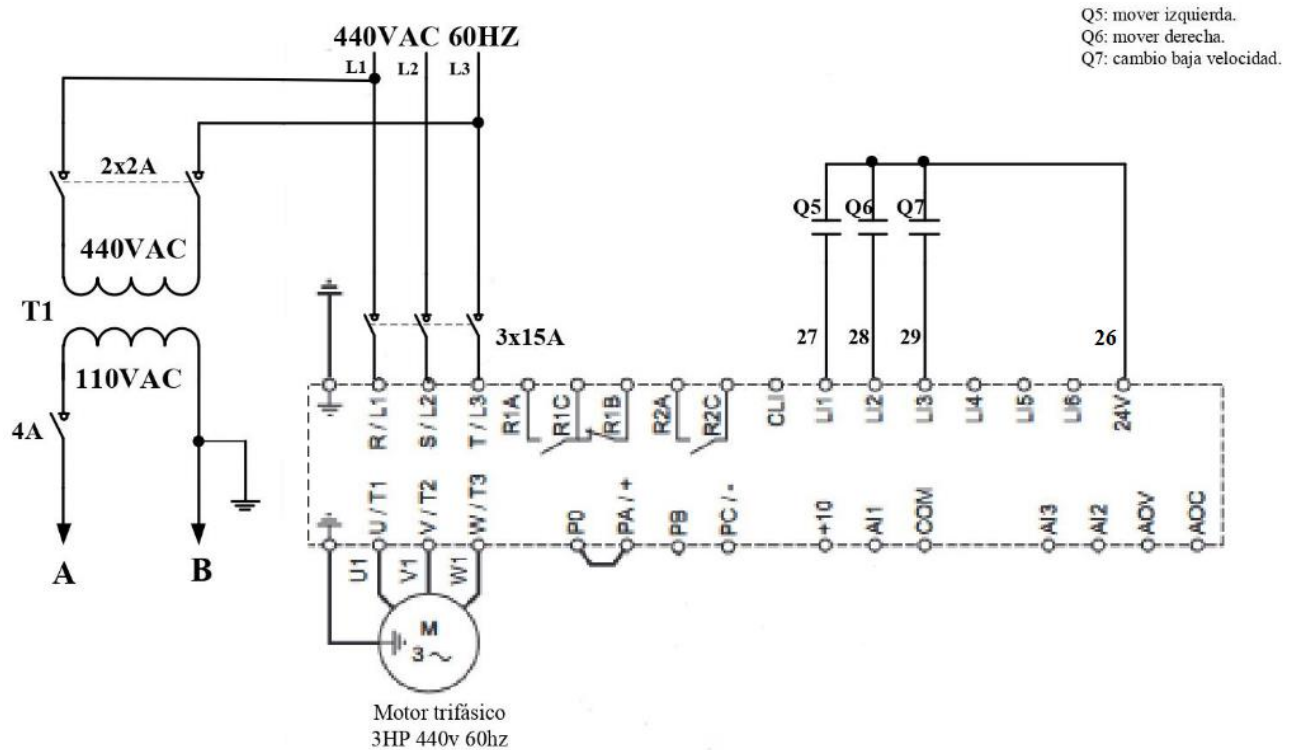


Figura 33. Diagrama de conexiones Altivar 312 en sistema de carga.

Fuente: Bortot, S. (2023).

A continuación se presentan las conexiones de las entradas al PLC Logo:

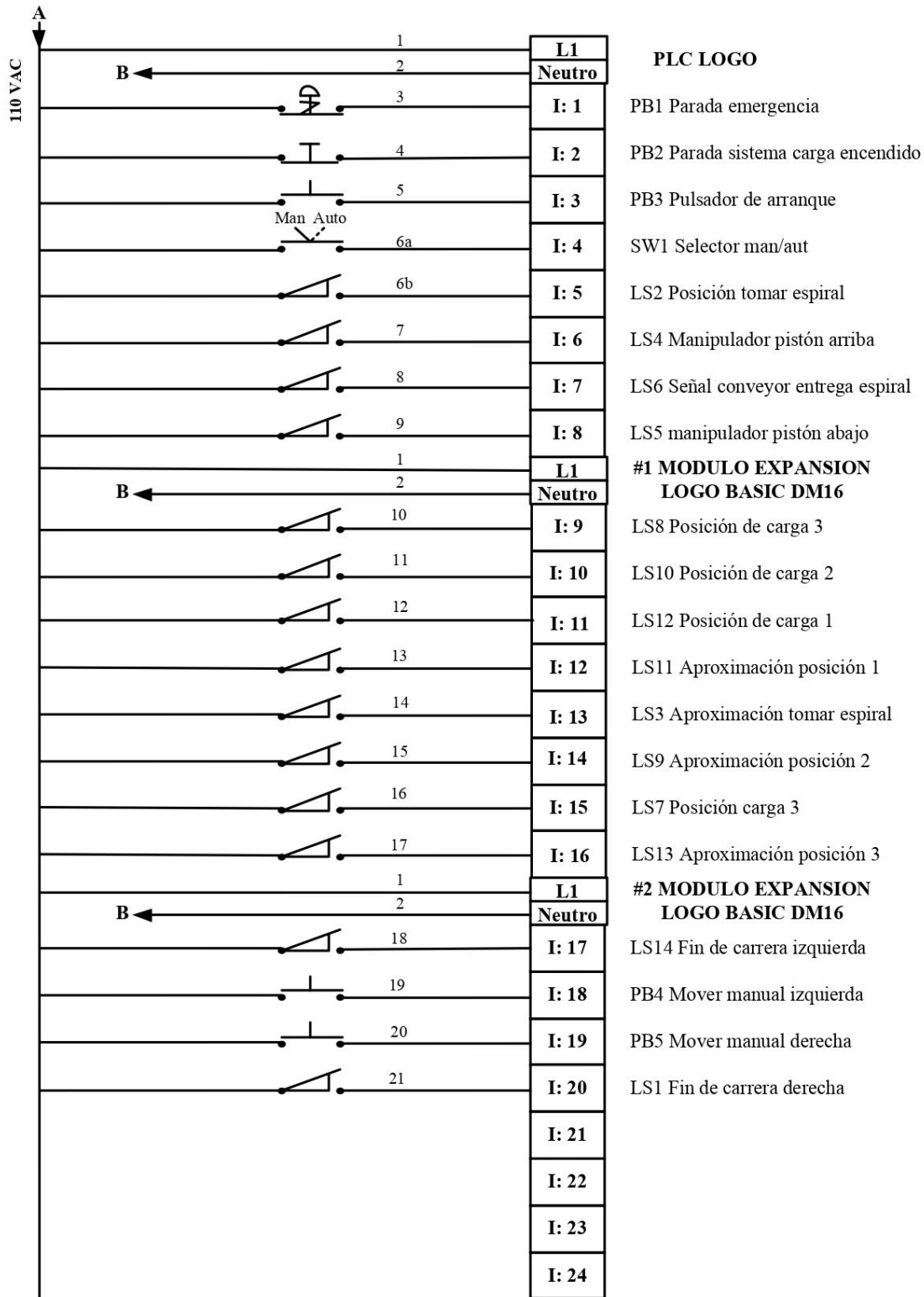


Figura 34. Diagrama conexiones entradas PLC sistema de carga.

Fuente: Bortot, S. (2023).

A continuación se presentan las conexiones de las salidas del PLC Logo:

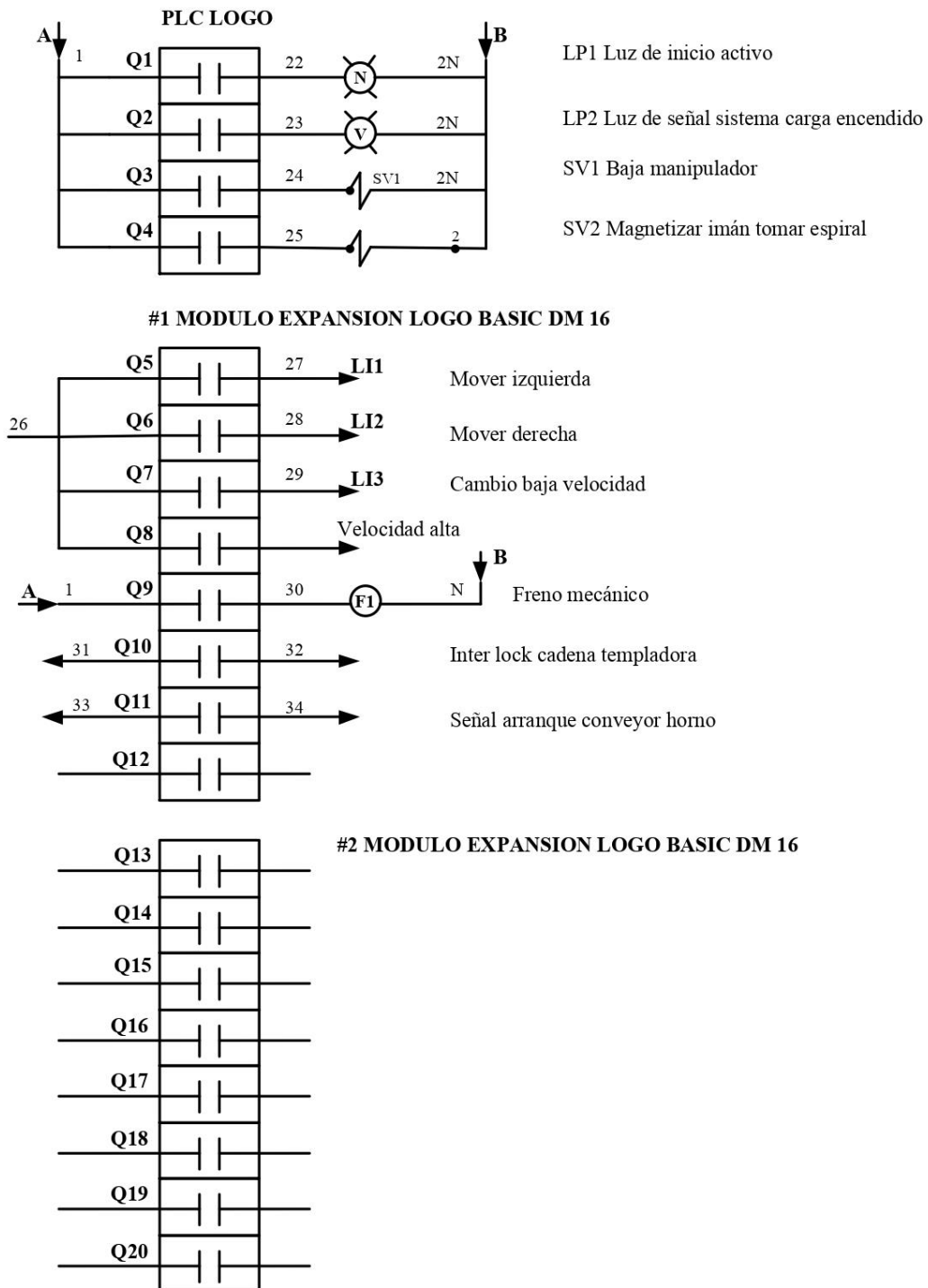


Figura 35. Diagrama conexiones salidas PLC sistema de carga.

Fuente: Bortot, S. (2023).

4.3.2 Condiciones de arranque:

Para que el sistema de inicio al proceso de revenido de espirales, la máquina debe estar en “posición tomar espiral” y “manipulador arriba”.

En caso de no cumplirse dichas condiciones, se deberá colocar en “posición tomar espiral” el manipulador por medio de los botones de “mover manual PB5 o PB4 derecha o izquierda” según sea el caso.

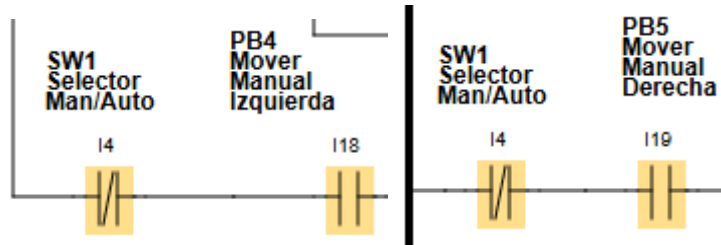


Figura 36. Condiciones de arranque ladder sistema de carga.

Fuente: Bortot, S. (2023).

En la presente lógica de control en ladder, se aprecian las condiciones para que “luz de inicio activo” indique al operario que puede dar arranque al sistema de carga por medio del pulsador PB3 con la entrada I3 activando Q2, de no cumplirse las condiciones LS2 y LS4 el operario deberá posicionar manualmente el manipulador.

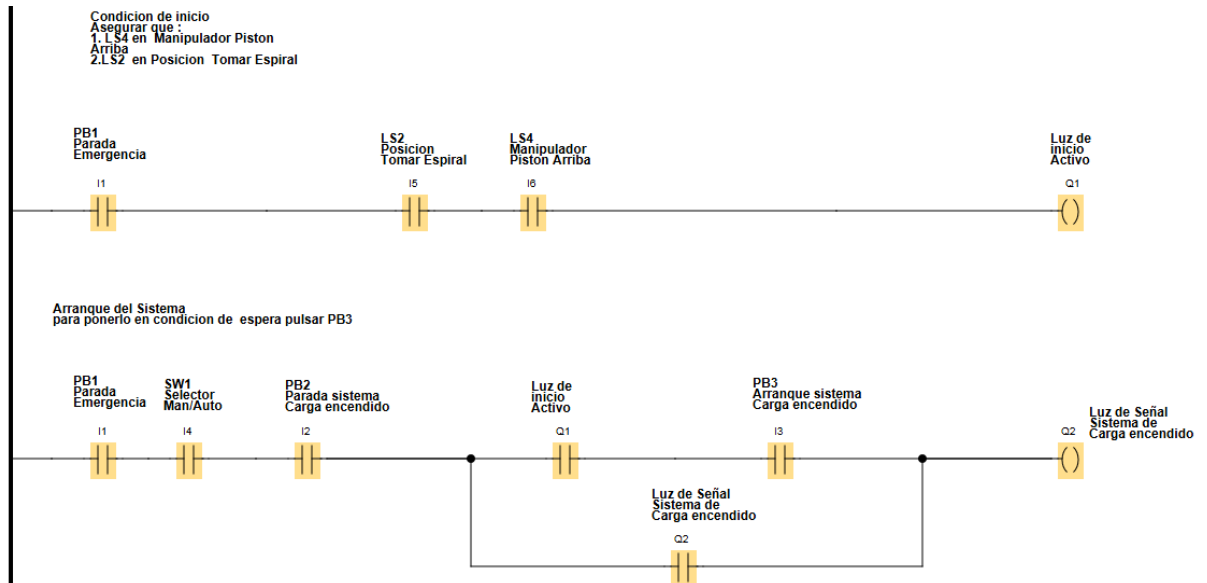


Figura 37. Condiciones de arranque completas ladder sistema de carga.

Fuente: Bortot, S. (2023).

Arranque:

Con el equipo en posición, pulsar PB3 dará encendido a la salida Q2

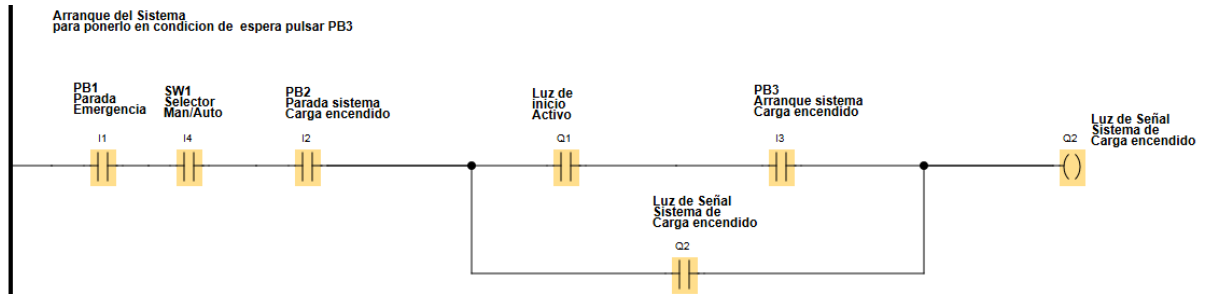


Figura 38. Arranque ladder sistema de carga.

Fuente: Bortot, S. (2023).

4.3.3 Funcionamiento:

Al moverse la cadena que transporta los espirales desde la templadora, se activa el limit switch LS6 que da inicio al ciclo de carga en automático.

-Baja pistón manipulador (delay T001 0.2seg)

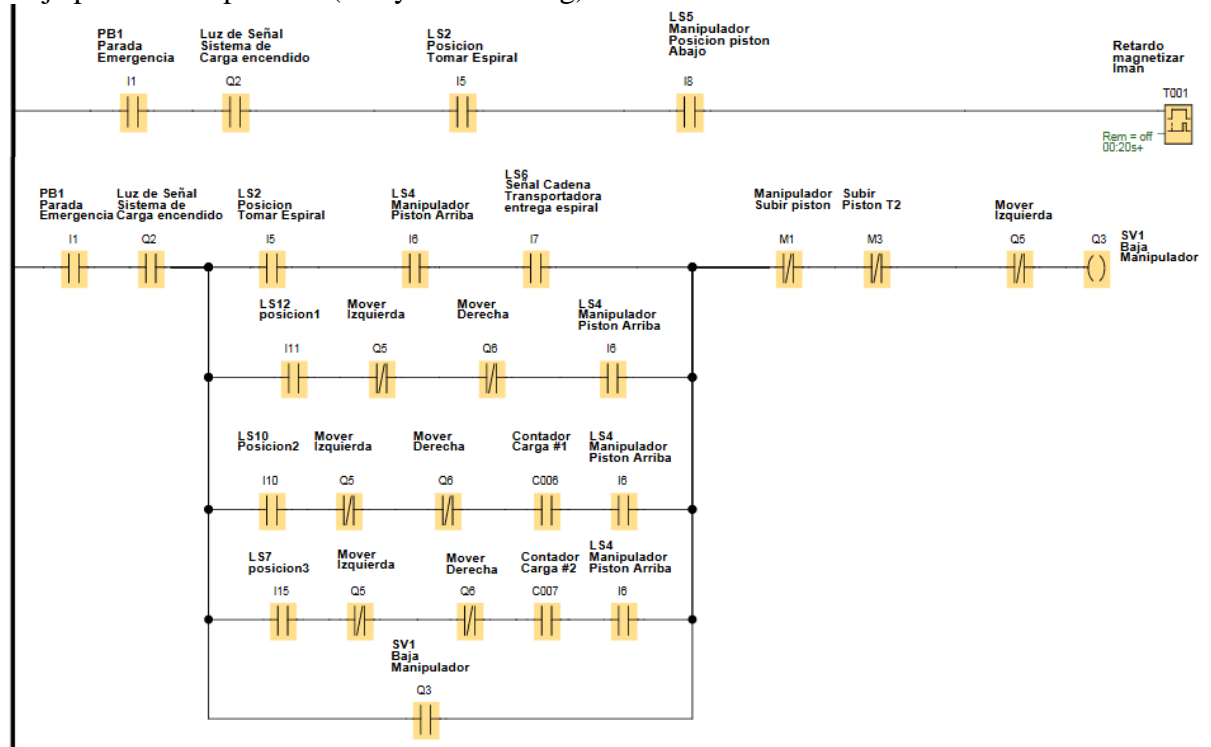


Figura 39. Funcionamiento para bajar pistón manipulador ladder sistema de carga.

Fuente: Bortot, S. (2023).

-Magnetizar imán (Toma espiral) (delay T001 0.2seg)

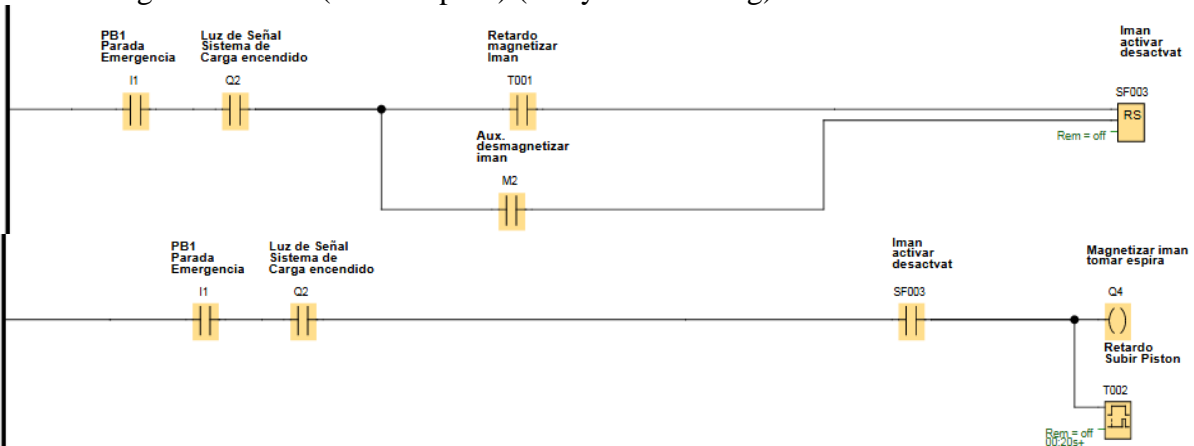


Figura 40. Funcionamiento para magnetizar imán ladder sistema de carga.

Fuente: Bortot, S. (2023).

-Sube pistón manipulador (delay T002 0.2seg)

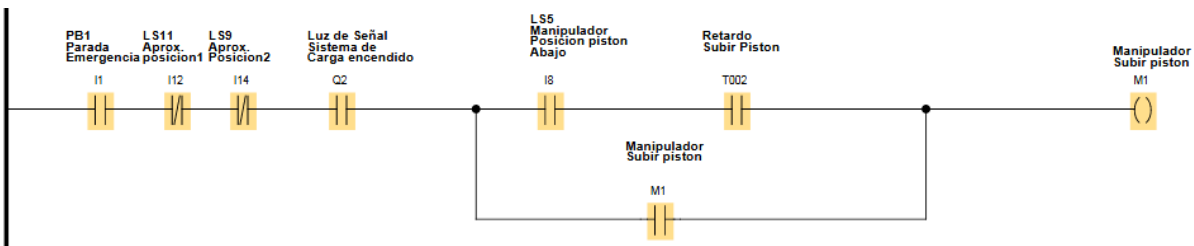


Figura 41. Funcionamiento para subir pistón manipulador ladder sistema de carga.

Fuente: Bortot, S. (2023).

-Inicia movimiento a la izquierda salida M5 y Q5 (movimiento rápido)

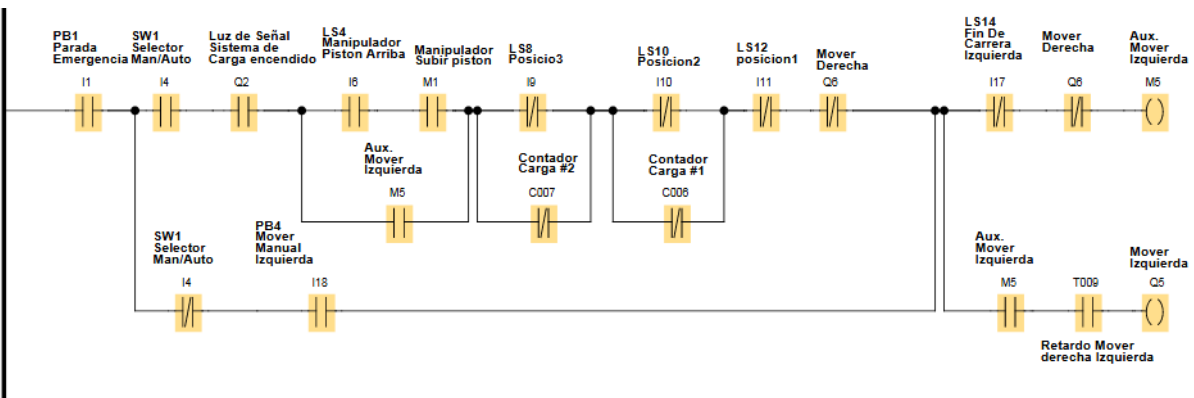


Figura 42. Funcionamiento para iniciar movimiento a la izquierda ladder sistema de carga.

Fuente: Bortot, S. (2023).

Al pasar por LS11 “aprox posición 1” baja la velocidad salida Q7 y se detiene en LS12 “Posición #1”

Seguido:

-Baja pistón manipulador

-Desmagnetiza el imán y suelta el espiral uno (Realiza conteo en contador T004 0.2seg)

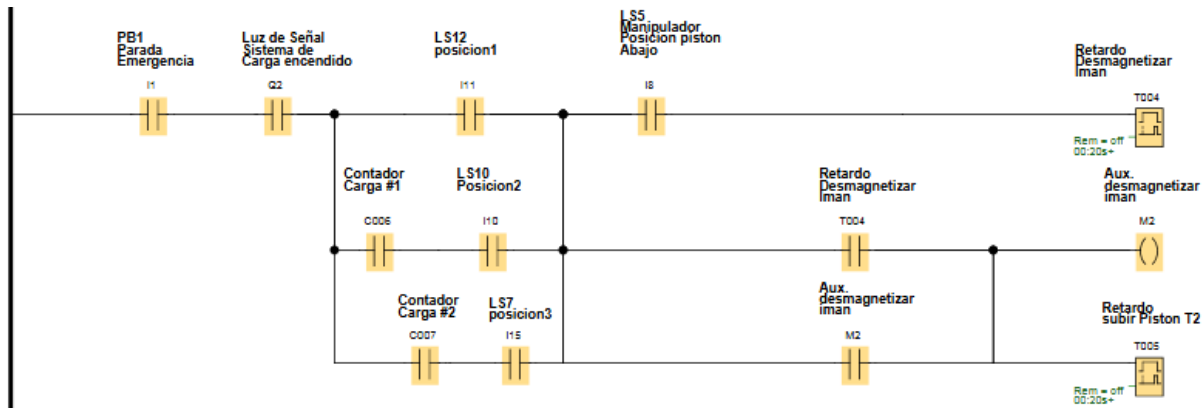


Figura 43. Desmagnetizar imán soltando espiral uno ladder sistema de carga.

Fuente: Bortot, S. (2023).

-sube pistón manipulador (T005 0.2seg)

-comienza el movimiento hacia la derecha por la salida M6 y Q6. “mover derecha”

(velocidad rápida)

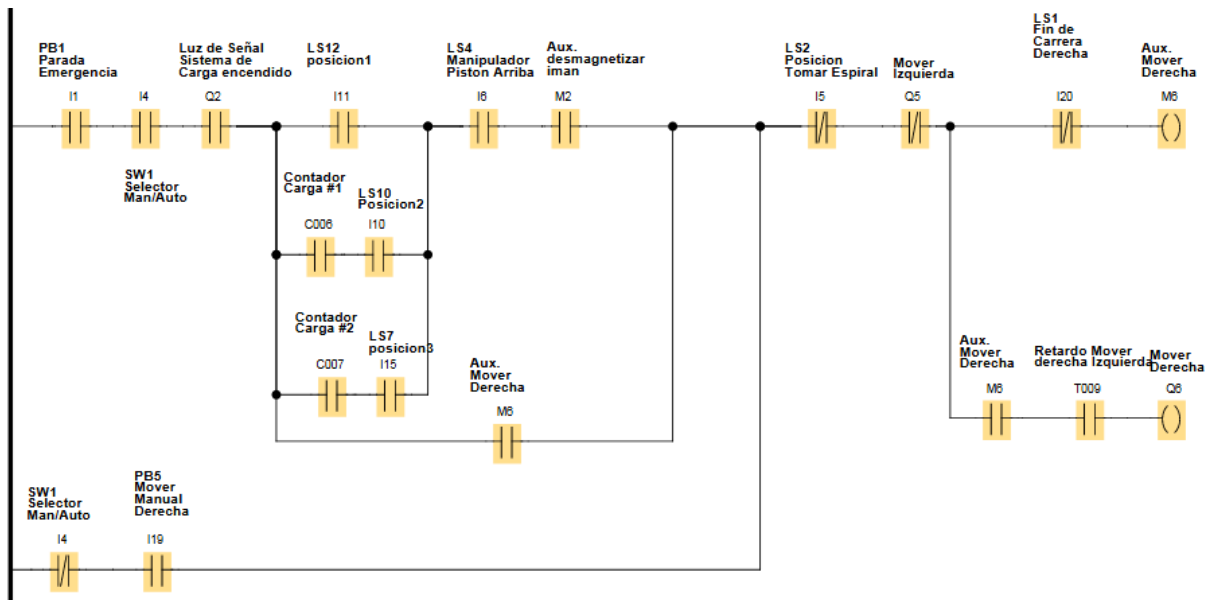


Figura 44. Funcionamiento movimiento hacia la derecha ladder sistema de carga.

Fuente: Bortot, S. (2023).

Al llegar al LS3 “aproximación tomar espiral” baja la velocidad a lenta y se detiene al llegar al LS2 “Posición tomar espiral”

Al moverse la cadena de la templadora se repite el ciclo para la carga en posición#2 y posición#3

El posicionamiento del manipulador en su respectivo lugar es controlado por la habilitación y bloqueo que realizan los contadores.

Por ejemplo:

Contadores en 0 → Posicion#1

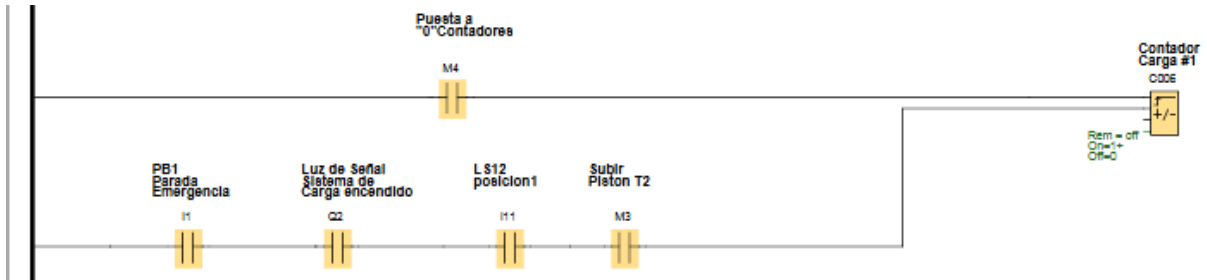


Figura 45. Contador carga #1

Fuente: Bortot, S. (2023).

Contadores en 1 → Posicion#2

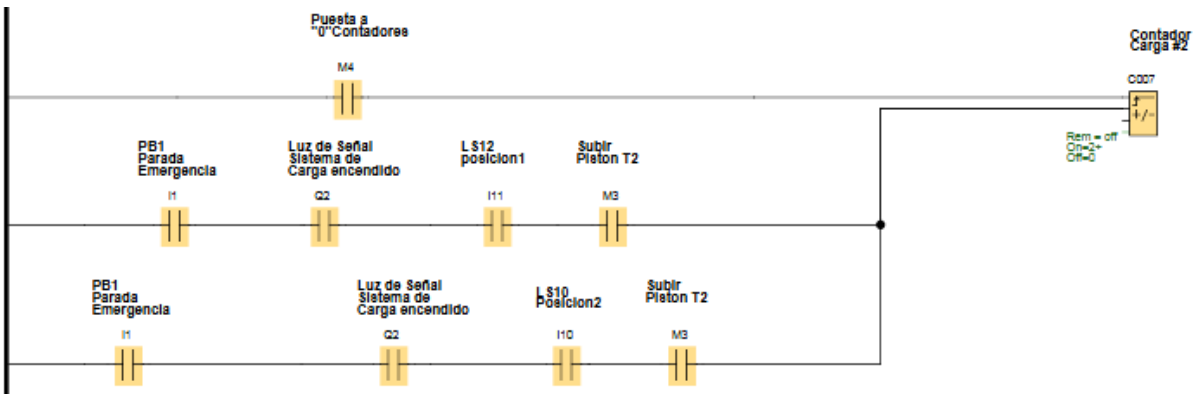


Figura 46. Contador carga #2

Fuente: Bortot, S. (2023).

Contadores en 2 → Posicion#3

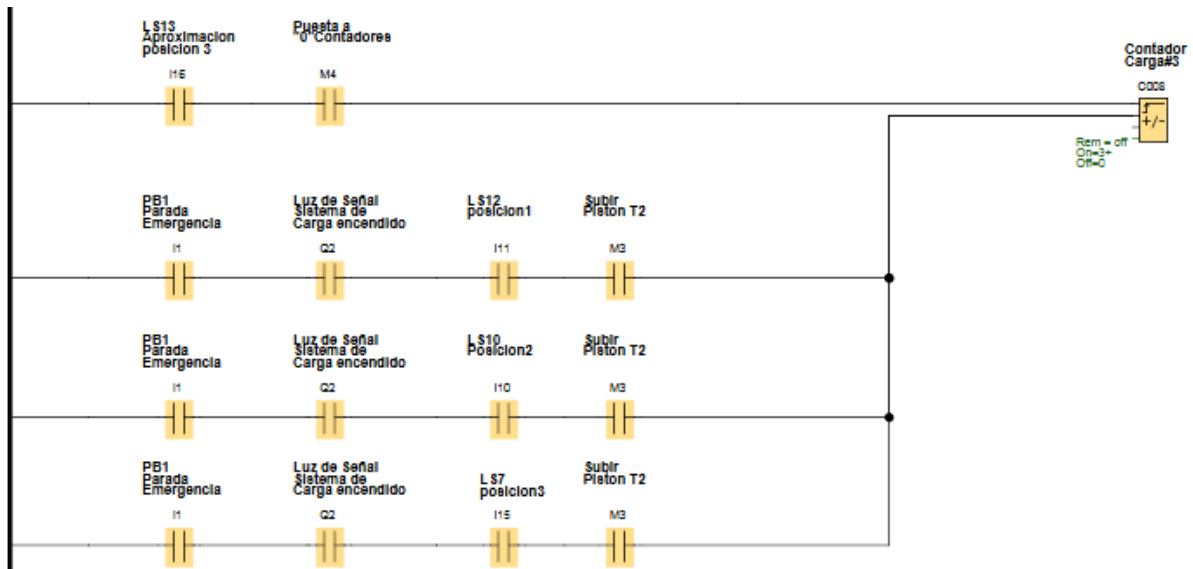


Figura 47. Contador carga #3

Fuente: Bortot, S. (2023).

Contadores en 3 → Resetear contadores para un nuevo ciclo de carga.

Al terminar el ciclo de carga con el espiral tres se da una señal para mover el conveyer del horno de revenido salida Q11.



Figura 48. Resetear contadores para un nuevo ciclo de carga.

Fuente: Bortot, S. (2023).

A continuación se presenta el diagrama escalera completo en orden del sistema automático de carga de espirales.

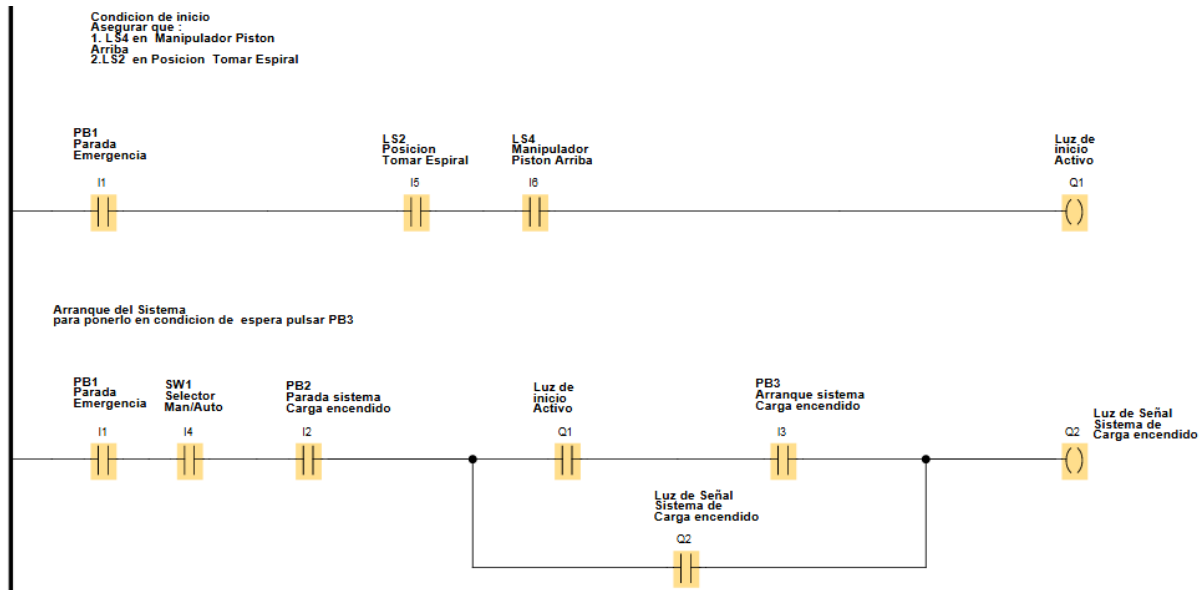


Figura 49. Diagrama escalera de carga completo parte uno.

Fuente: Bortot, S. (2023).

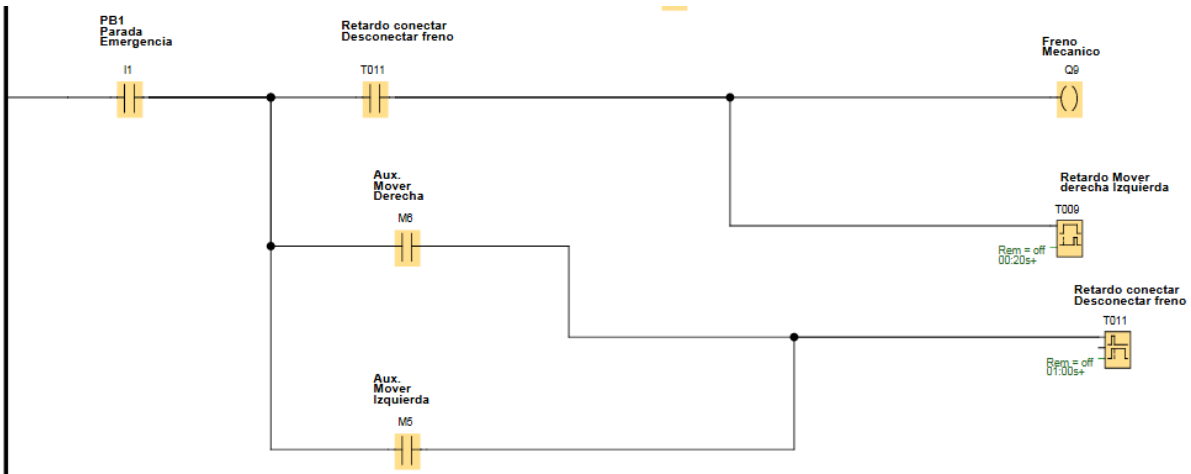


Figura 50. Diagrama escalera de carga completo parte dos.
Fuente: Bortot, S. (2023).

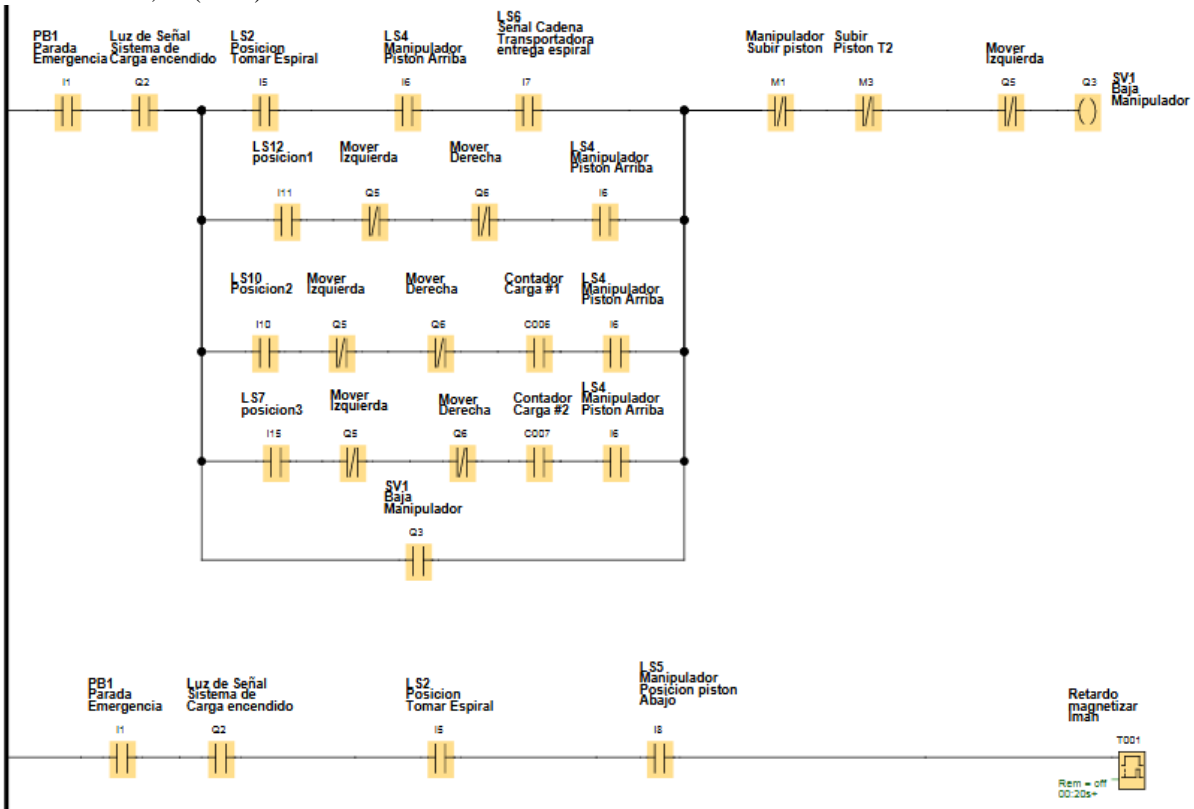


Figura 51. Diagrama escalera de carga completo parte tres.
Fuente: Bortot, S. (2023).

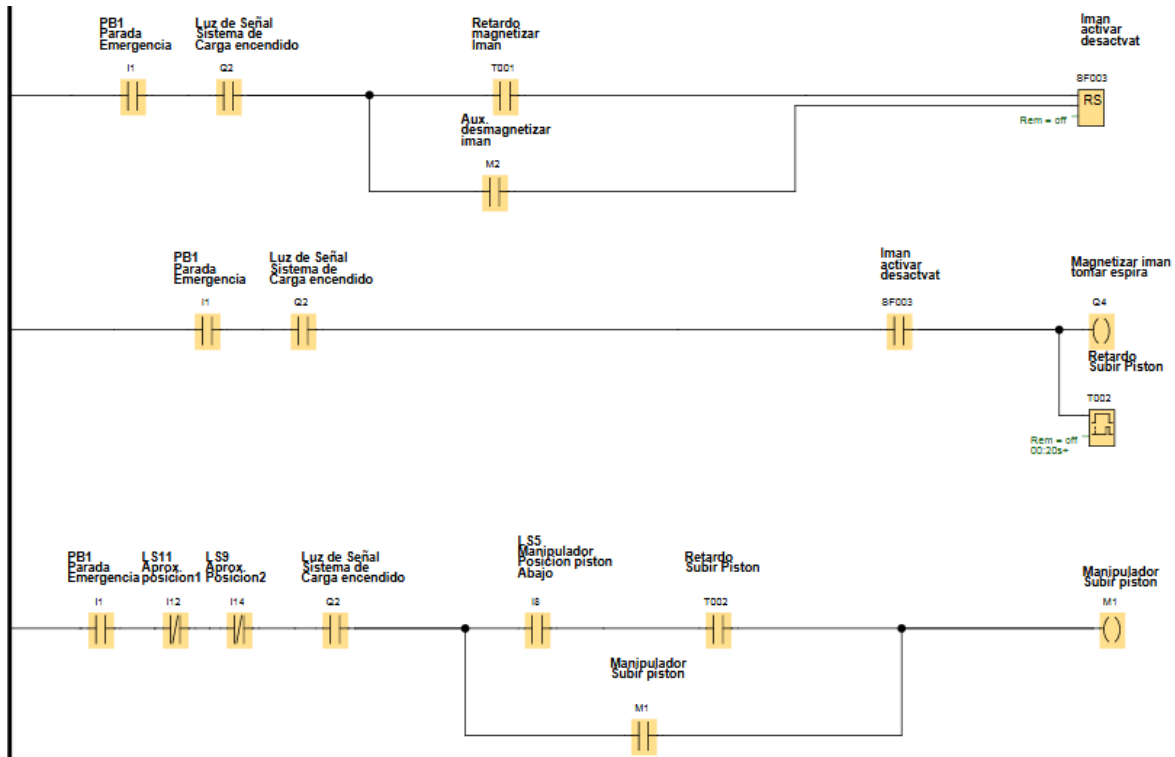


Figura 52. Diagrama escalera de carga completo parte cuatro.
Fuente: Bortot, S. (2023).

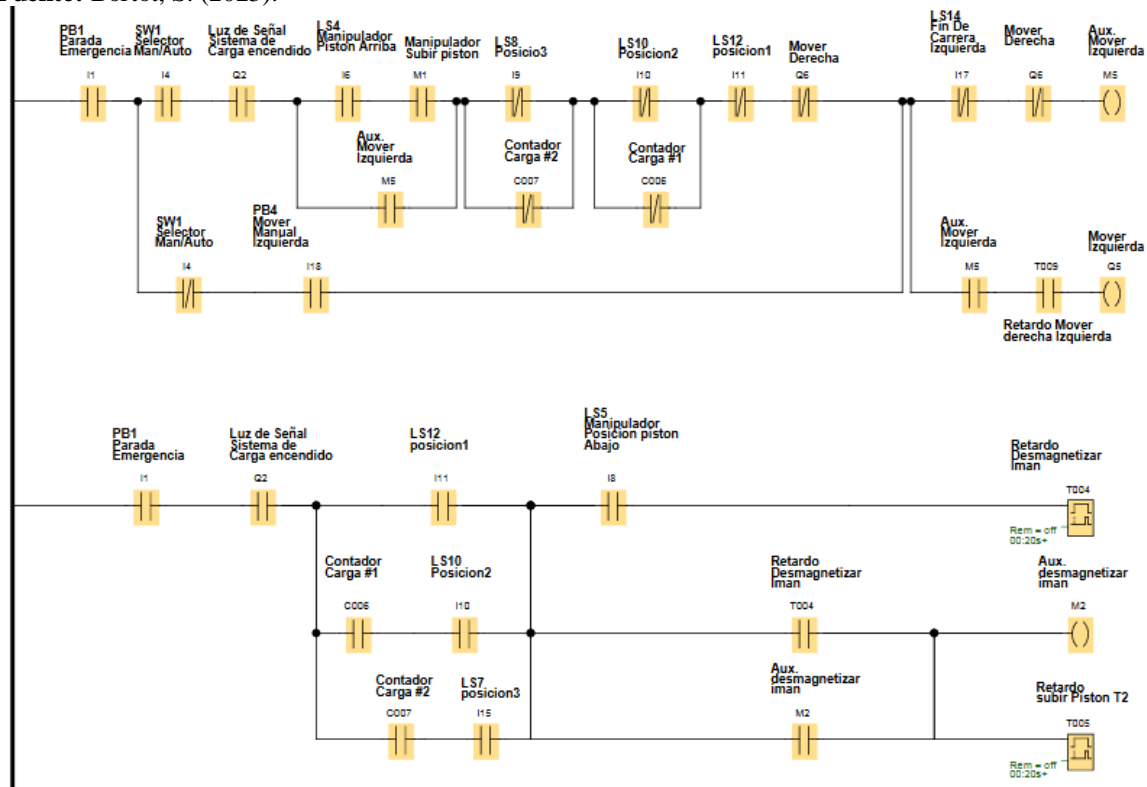


Figura 53. Diagrama escalera de carga completo parte cinco.
Fuente: Bortot, S. (2023).

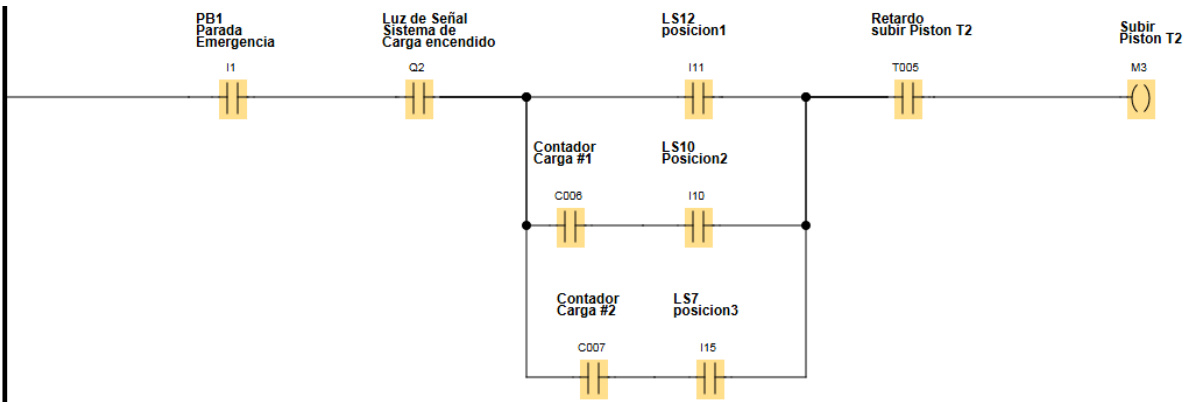


Figura 54. Diagrama escalera de carga completo parte seis.
Fuente: Bortot, S. (2023).

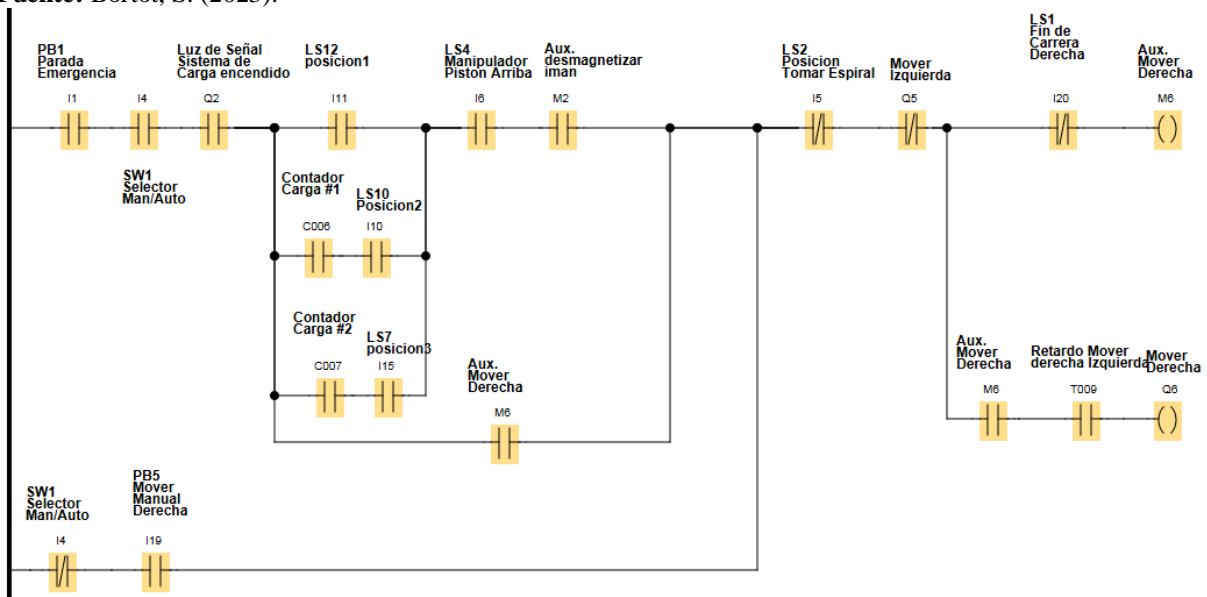


Figura 55. Diagrama escalera de carga completo parte siete.
Fuente: Bortot, S. (2023).

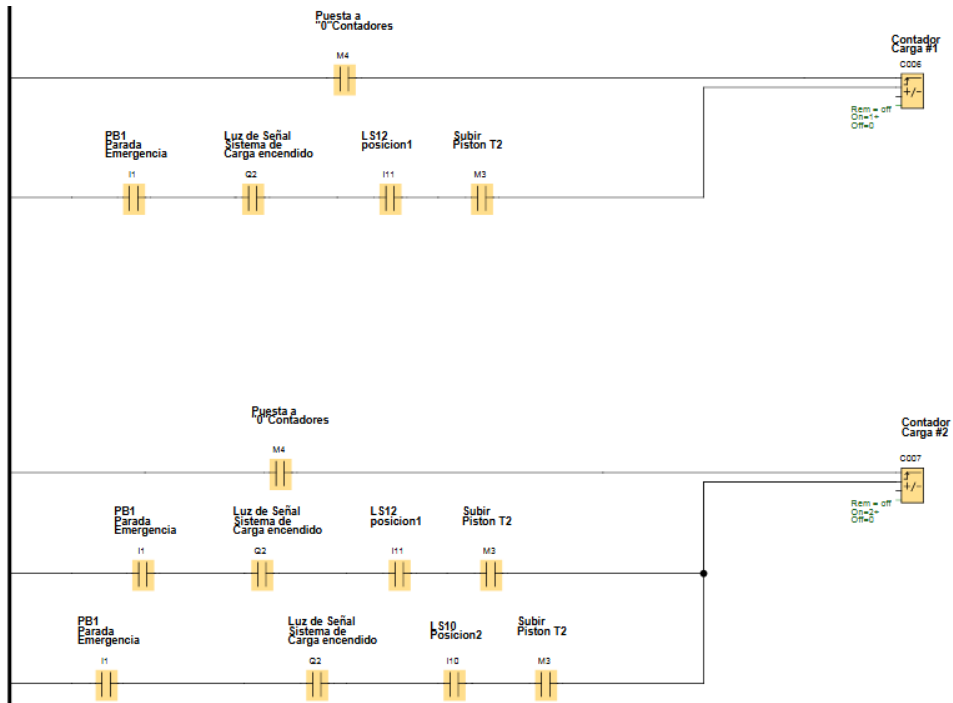


Figura 56. Diagrama escalera de carga completo parte ocho.
Fuente: Bortot, S. (2023).

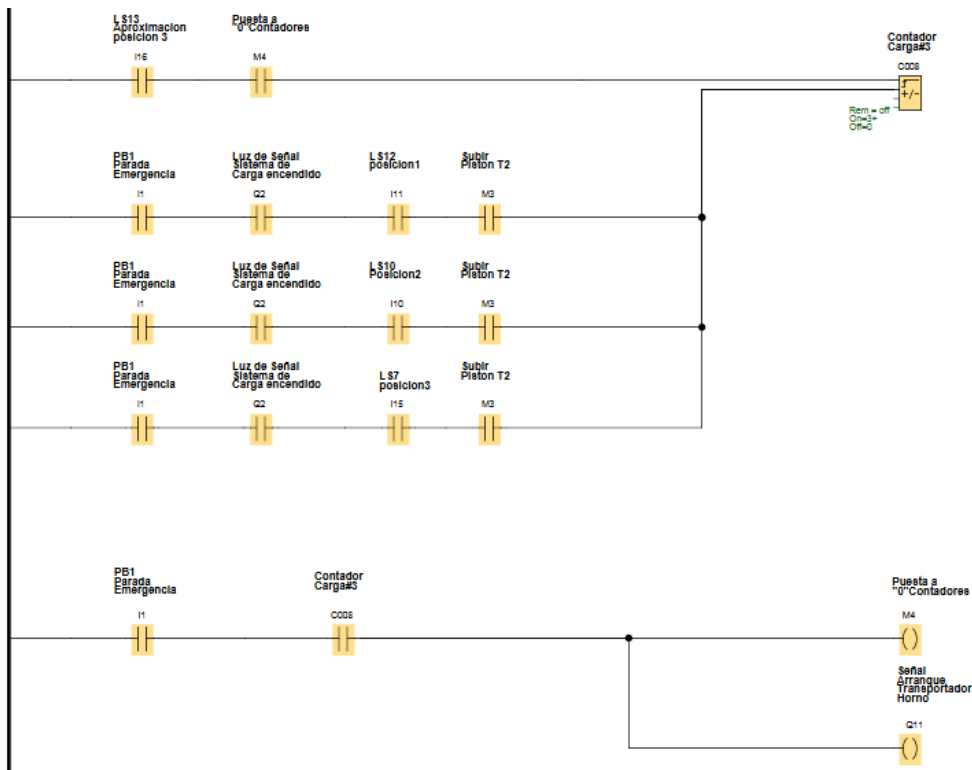


Figura 57. Diagrama escalera de carga completo parte nueve.
Fuente: Bortot, S. (2023).

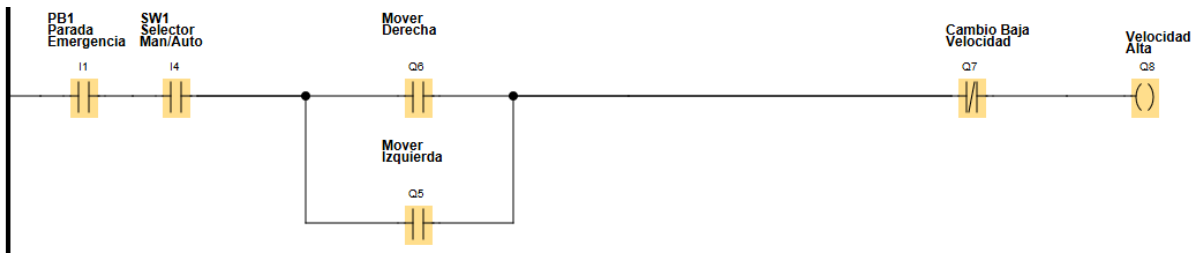


Figura 58. Diagrama escalera de carga completo parte 10.
Fuente: Bortot, S. (2023).

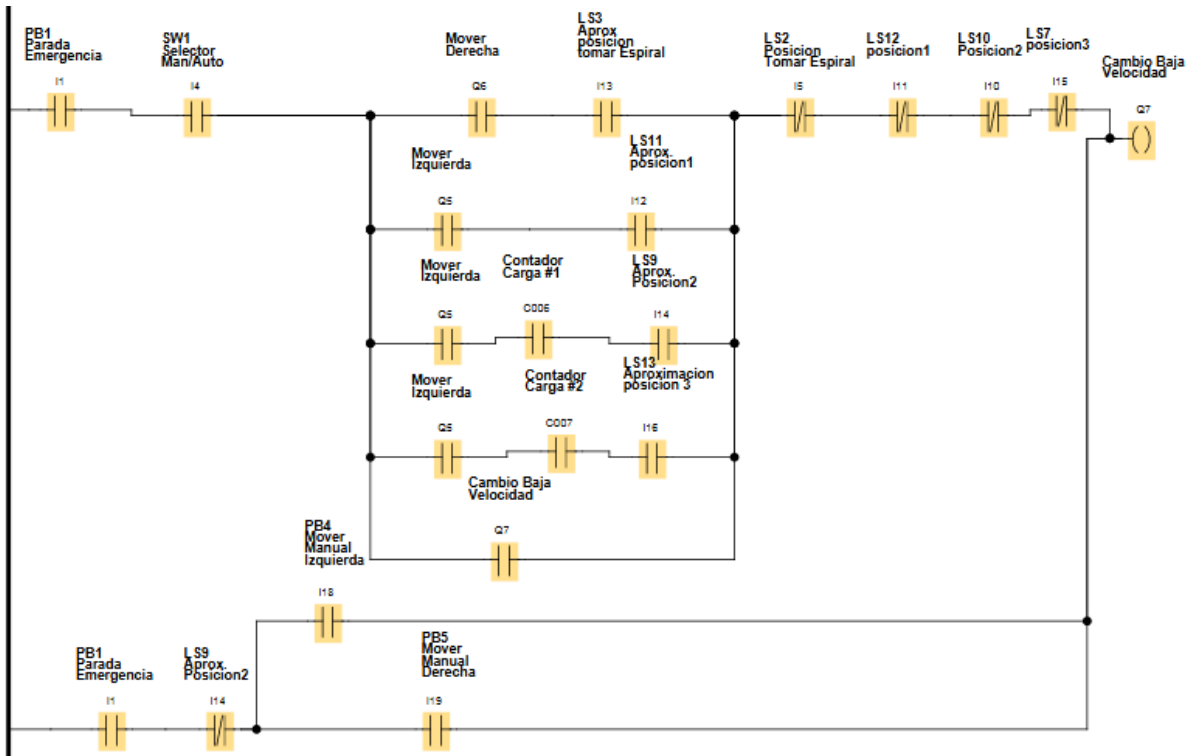


Figura 59. Diagrama escalera de carga completo parte 11.
Fuente: Bortot, S. (2023).



Figura 60. Diagrama escalera de carga completo parte 12.
Fuente: Bortot, S. (2023).

4.3.4 Sistema de descarga y enfriamiento de espirales:

Para el sistema de descarga y enfriamiento de espirales del horno de revenido se diseñó también por medio del programa de dibujo Microsoft Visio la estructura de lo que denominamos carro manipulador de descarga de espirales, el cual se desplaza de derecha a izquierda en un tornillo sin fin gracias al motor trifásico de 3hp 60hz, dicho manipulador posee un cilindro

neumático y dos imanes cuya función es atraer y sujetar los espirales desde la cadena de la salida del horno para después soltarlos en la tina de enfriamiento que seguidamente los avanza por un conveyor hasta una cesta.

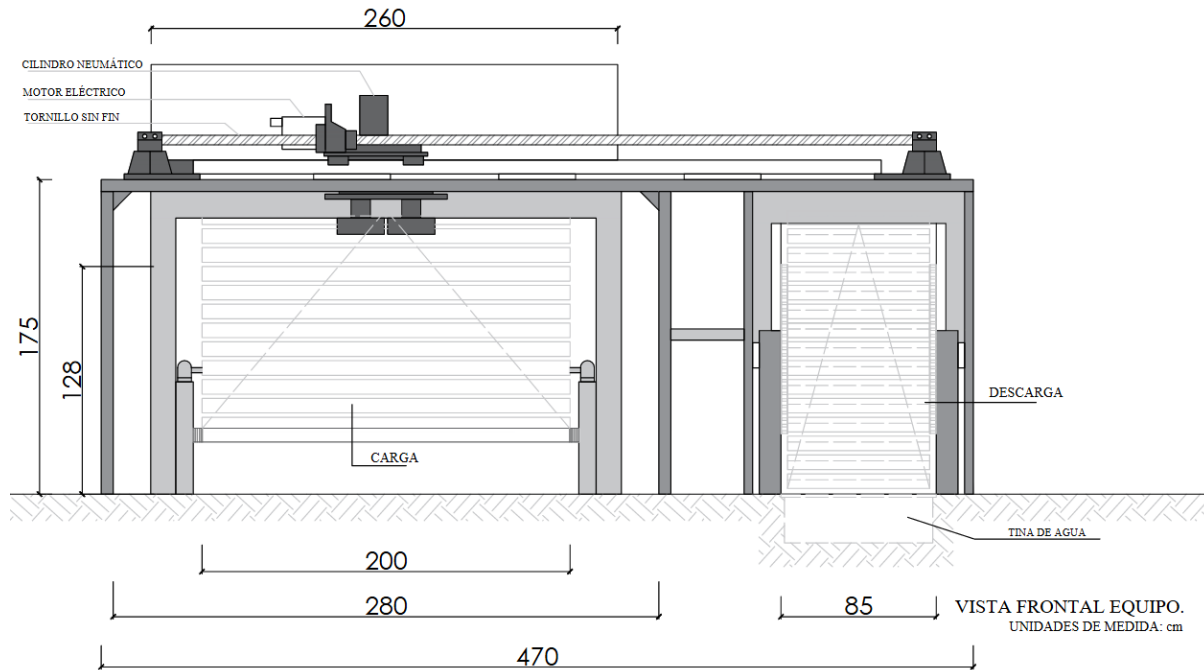


Figura 61. Esquema frontal del sistema automático de descarga.

Fuente: Bortot, S. (2023).

La función del manipulador de descarga es tomar de forma ordenada el grupo de tres espirales desde la cadena que transporta los espirales a la salida del horno, para luego soltarlos de uno en uno a la tina de enfriamiento que posee un conveyor que va avanzando y los deposita en una cesta, gracias al variador de frecuencia colocado en el motor se van a utilizar dos velocidades, la velocidad rápida (40 hz) se va a utilizar para desplazar el manipulador de un lado a otro para hacerlo más eficiente, en cambio la velocidad baja se va a utilizar cuando el manipulador se aproxime a una posición deseada, es decir, cada vez que el manipulador este próximo a la posición de tomar o soltar un espiral deberá bajar la velocidad para hacer que la toma y la colocación sean precisas.

Al moverse la cadena que transporta los espirales desde la salida del horno, se activa un limit switch el cual da inicio al proceso de descarga, al recibir la señal el manipulador se desplaza hacia la cadena de la salida del horno, cuando se encuentra en la posición para tomar el espiral numero uno baja el cilindro neumático y seguidamente magnetiza los imanes para sujetar

el primer espiral, sube el cilindro neumático y el manipulador se desplaza a la posición de la tina de enfriamiento.

Antes de llegar a la posición de la tina de enfriamiento el motor cambia a velocidad baja y se detiene cuando llega a lo que se denomina como “posición de descarga”, ubicado en dicha posición el manipulador baja el cilindro neumático y seguidamente desmagnetiza los imanes para soltar el espiral en la tina de enfriamiento, el mencionado proceso es un ciclo que se repite con el segundo y tercer espiral, una vez se han depositado los tres espirales en la tina de enfriamiento que avanza constantemente, el conveyor de la tina los deposita en una cesta metálica, realizada la descarga el sistema espera nuevamente la señal de la cadena de la salida del horno por medio de un limit switch para comenzar una nueva descarga del horno de revenido.

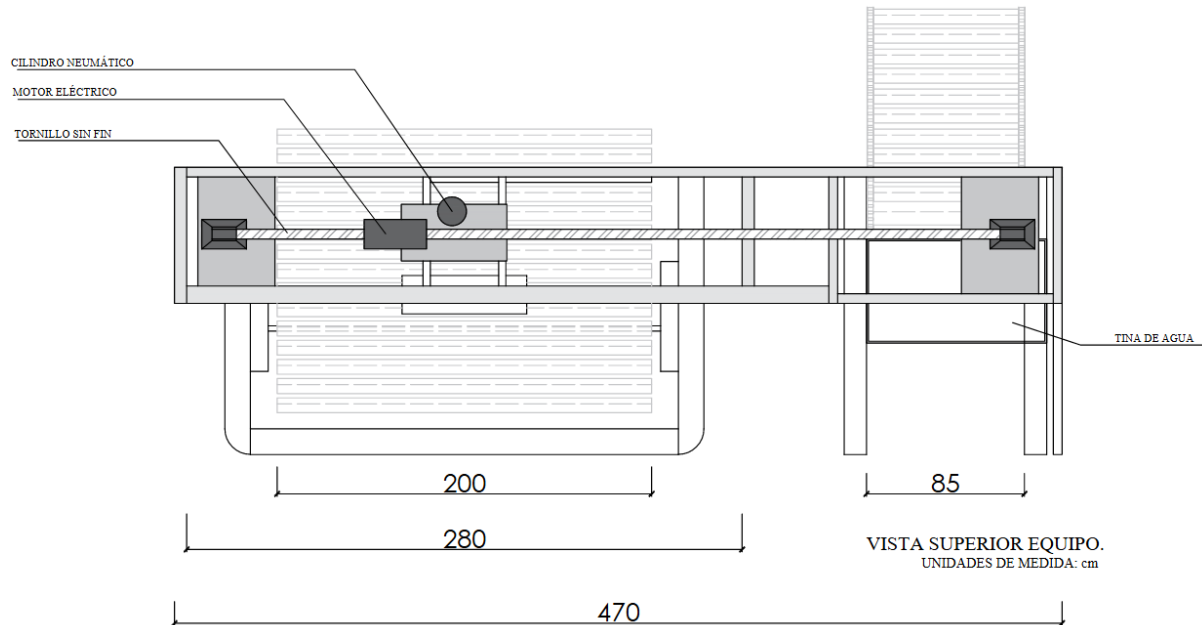


Figura 62. Esquema vista superior del sistema automático de descarga.

Fuente: Bortot, S. (2023).

Como la línea de producción de espirales debe tener obligatoriamente un operario encargado de la supervisión, el sistema posee unas condiciones para su inicio, para el inicio del proceso de revenido de espirales, la máquina debe estar en posición de descarga y el pistón del manipulador arriba. En caso de no cumplirse dichas condiciones el supervisor deberá colocar el manipulador manualmente en la posición de descarga, el manipulador tiene pulsadores para mover manualmente hacia la derecha o izquierda según sea el caso. Las mencionadas condiciones existen como medida de seguridad.

- Baja el pistón (LS3)
- Desmagnetiza el imán soltándolo en la tina de enfriamiento.
- Sube el pistón (LS2)
- Cambia a velocidad rápida (40hz)

Una vez colocado el primer espiral en la tina de enfriamiento se repite este proceso, esta vez con posición de descarga dos y posición de descarga tres. Cabe aclarar que las condiciones para dar inicio a este proceso deben ser: estar en posición de descarga (LS1) y manipulador arriba (LS2). Los LS11 y LS13 de fin de carrera existen como medida de seguridad, para garantizar que el manipulador no siga de largo deteniéndose en los mismos.

Las entradas y salidas utilizadas en el PLC Logo para dar control al manipulador de descarga son las siguientes:

Tabla 10. Entradas y salidas PLC LOGO descarga.

ENTRADAS		SALIDAS	
I1	PB1 Parada emergencia	Q1	LP1 Luz de inicio activo
I2	LS1 Posición de descarga	Q2	Mover derecha
I3	LS2 Manipulador arriba	Q3	Baja manipulador
I4	LS3 Manipulador abajo	Q4	Magnetizar imán
I5	LS4 Aproximación descarga	Q5	Mover izquierda
I6	LS5 Aproximación posición descarga 1	Q6	Freno mecánico
I7	LS6 Posición descarga 1	Q7	Velocidad alta
I8	LS7 Aproximación descarga 2	Q8	Cambio baja velocidad
I9	LS8 Posición descarga 2		
I10	LS9 Aproximación posición 3		
I11	LS10 Posición de descarga 3		
I12	LS11 Fin de carrera derecha		
I13	LS12 Señal movimiento conveyor horno		
I14	SW1 Selector man/aut		
I15	LS13 Fin de carrera izquierdo		
I16	PB2 Mover manual derecha		

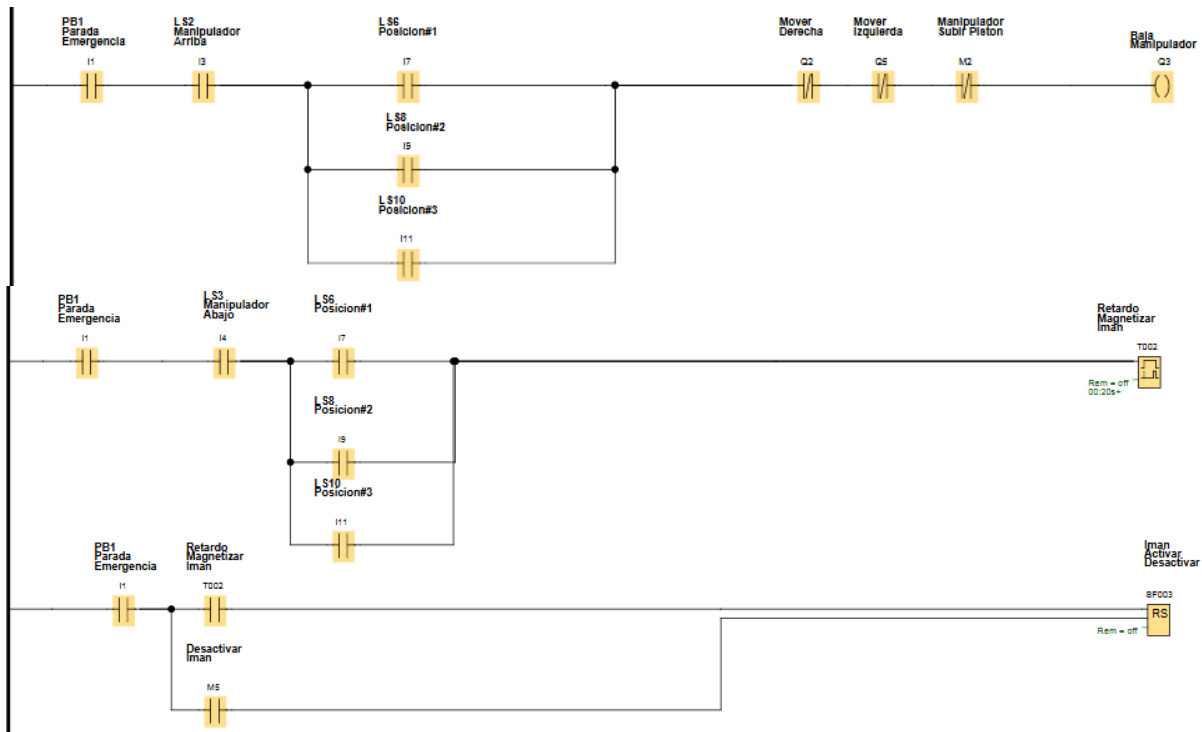


Figura 67. Funcionamiento bajar manipulador ladder descarga.

Fuente: Bortot, S. (2023).

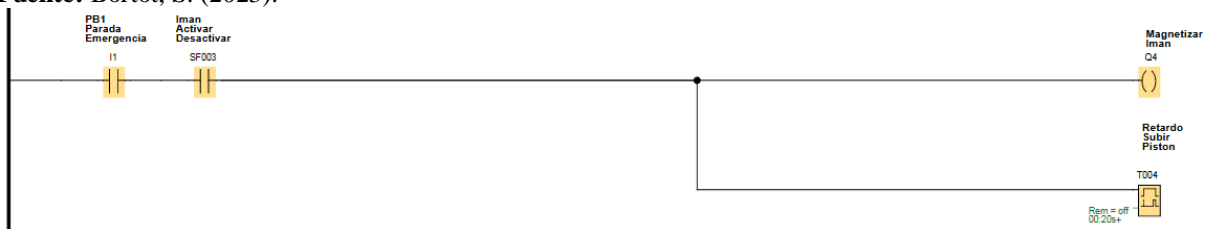


Figura 68. Funcionamiento imán ladder descarga.

Fuente: Bortot, S. (2023).

Al magnetizar el imán con la salida Q4 se genera un delay T004 0.2seg para “subir pistón” con la salida M2

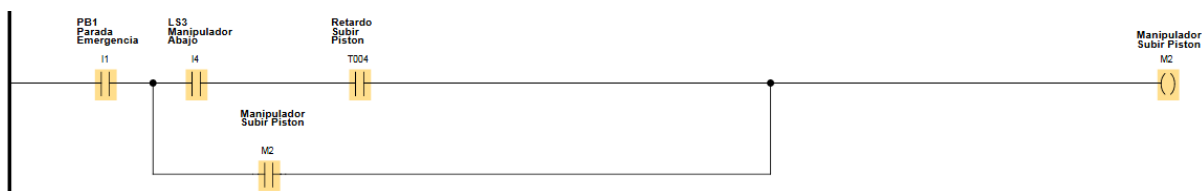


Figura 69. Funcionamiento delay subir pistón ladder descarga.

Fuente: Bortot, S. (2023).

Cuando se ejecuta la acción “subir pistón” y se activa LS2 “piston arriba” se da inicio al movimiento del manipulador con la salida M3 “aux mover izquierda” delay T009 de 0.5seg a la salida Q5 “mover izquierda” hasta LS1 “posicion de descarga”

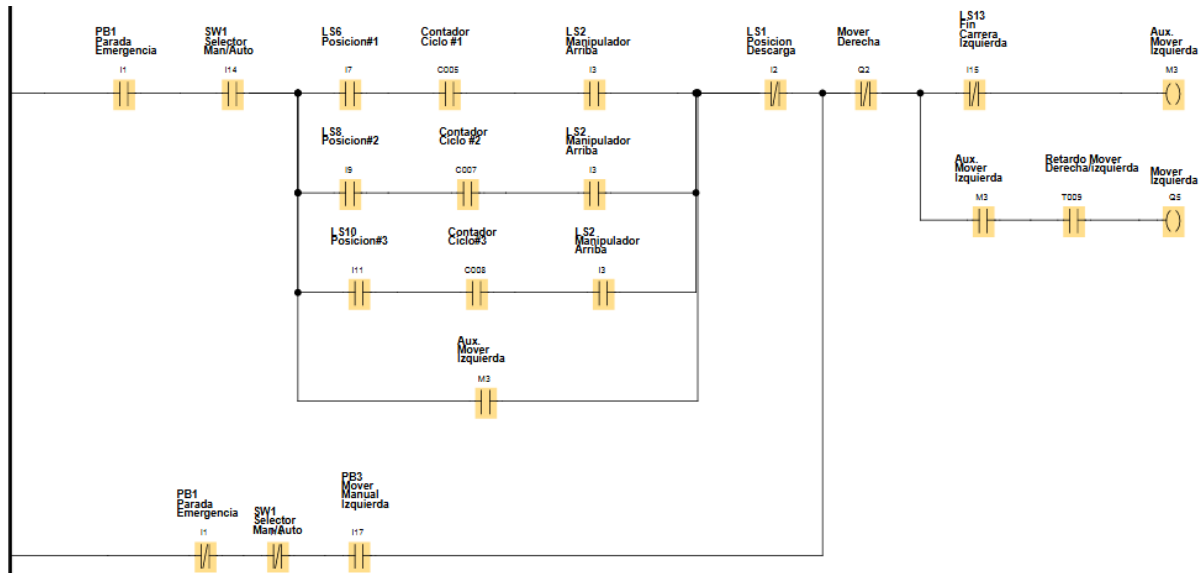


Figura 70. Funcionamiento desplazamiento hacia la izquierda ladder descarga.

Fuente: Bortot, S. (2023).

Ubicado el manipulador en posicion de descarga se genera un pulso en T006 0.2seg a la salida M5 para “desactivar iman “ y permitir la descarga del espiral a la tina de enfriamiento.

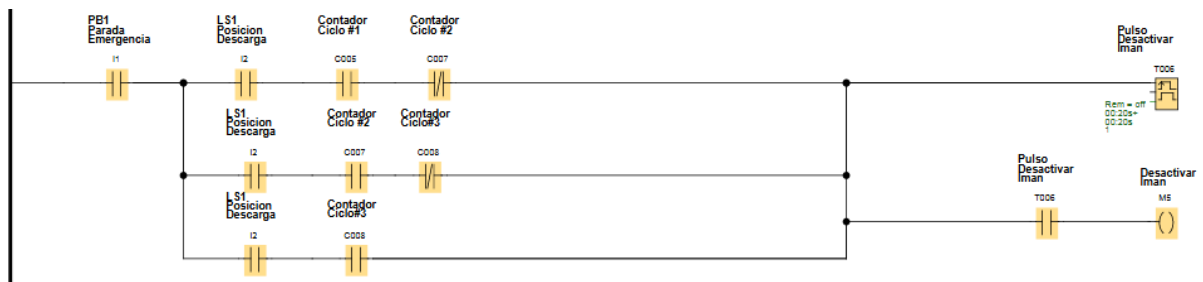


Figura 71. Funcionamiento desactivar imán ladder descarga.

Fuente: Bortot, S. (2023).

Luego se repite este ciclo hasta “posicion #2” y luego hasta “posicion #3”

El posicionamiento para el manipulador en su respectiva posicion es controlado por la habilitacion y bloqueo que realizan los contadores.

Contadores en 0 → Posicion#1

Contadores en 1 → Posicion#2

Contadores en 2 → Posicion#3

Contadores en 3 → Resetear contadores para un nuevo ciclo

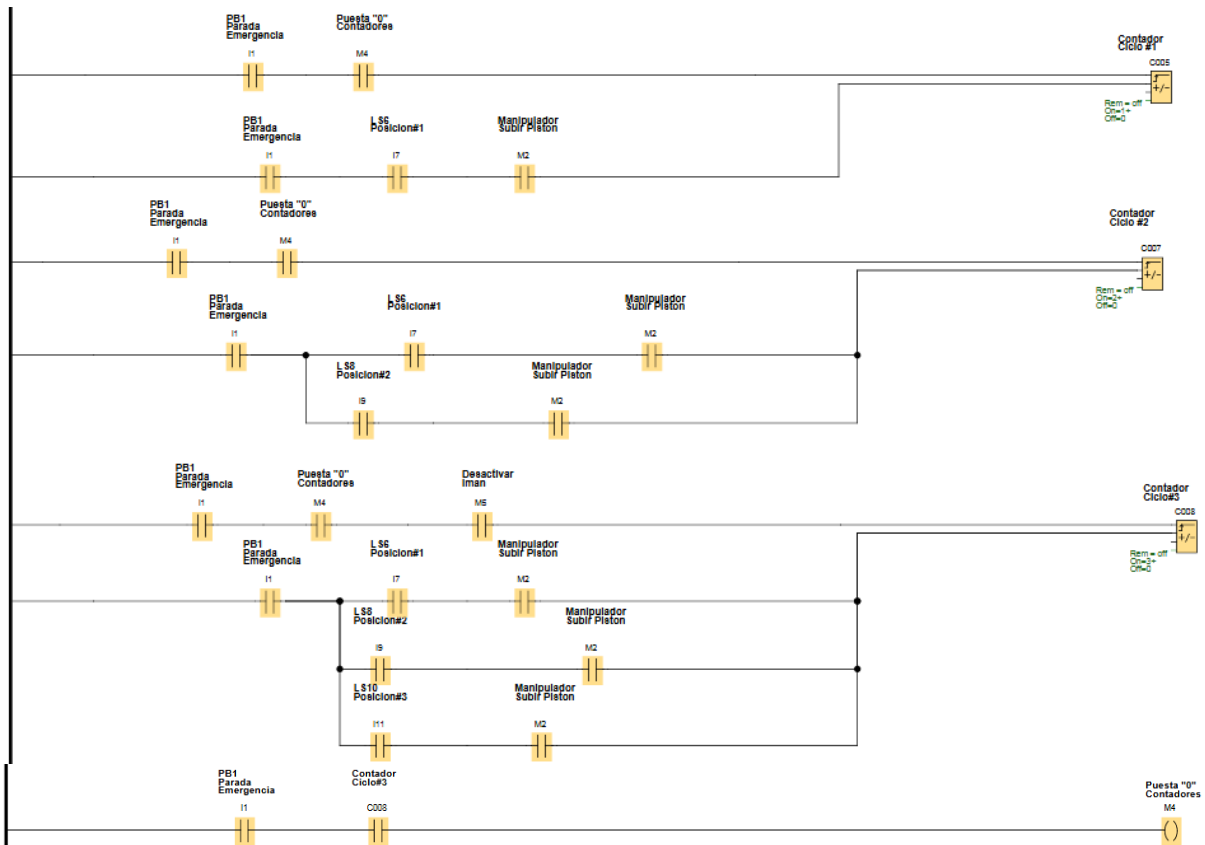


Figura 72. Funcionamiento contadores ladder descarga.

Fuente: Bortot, S. (2023).

Es importante aclarar que tanto para el sistema automatico de carga y descarga los movimientos hacia la derecha o izquierda se realizan a dos velocidades preseleccionadas en el variador de frecuencia altivar 312.

LI1: Mover derecha, LI2: Mover izquierda y LI3: Cambio a baja velocidad.

Una vez iniciado el movimiento con rampa de aceleracion de 2seg hasta velocidad rapida (40hz) el manipulador se va a aproximar a su posicion correspondiente y activando la reduccion de velocidad (15hz).

Cambio de velocidad para carga:

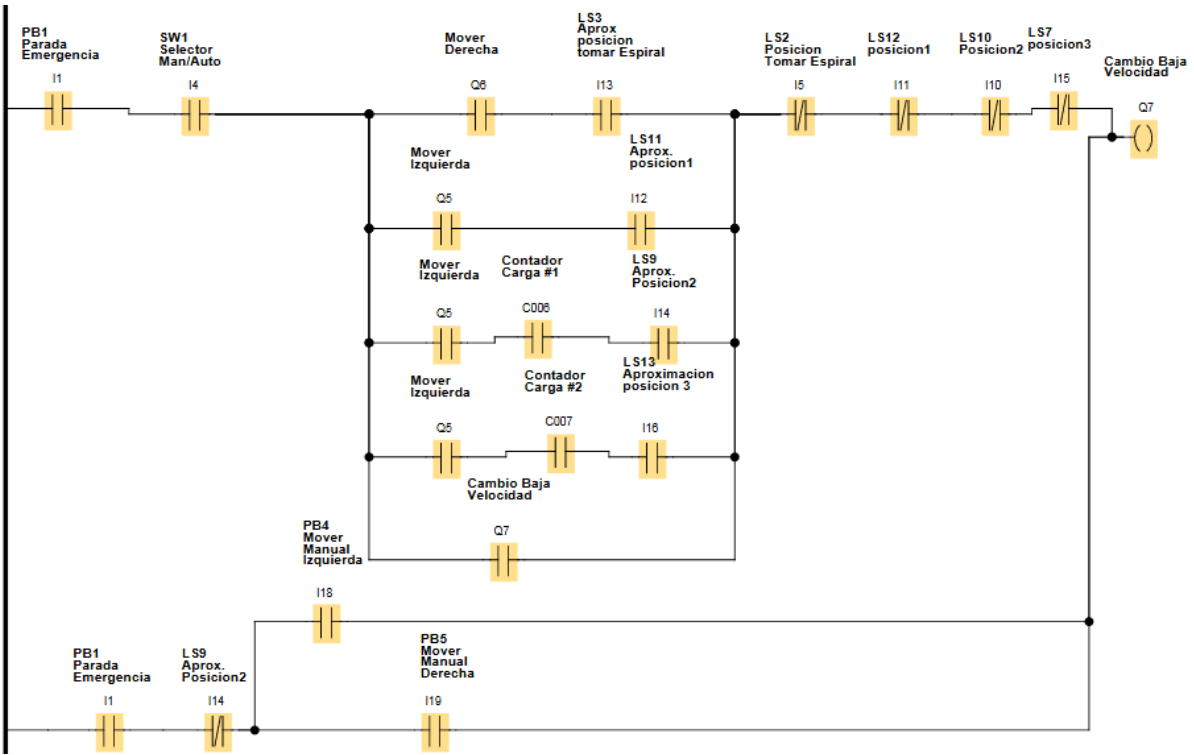


Figura 73. Cambio de velocidad en sistema de carga ladder
 Fuente: Bortot, S. (2023).

Cambio de velocidad para descarga:

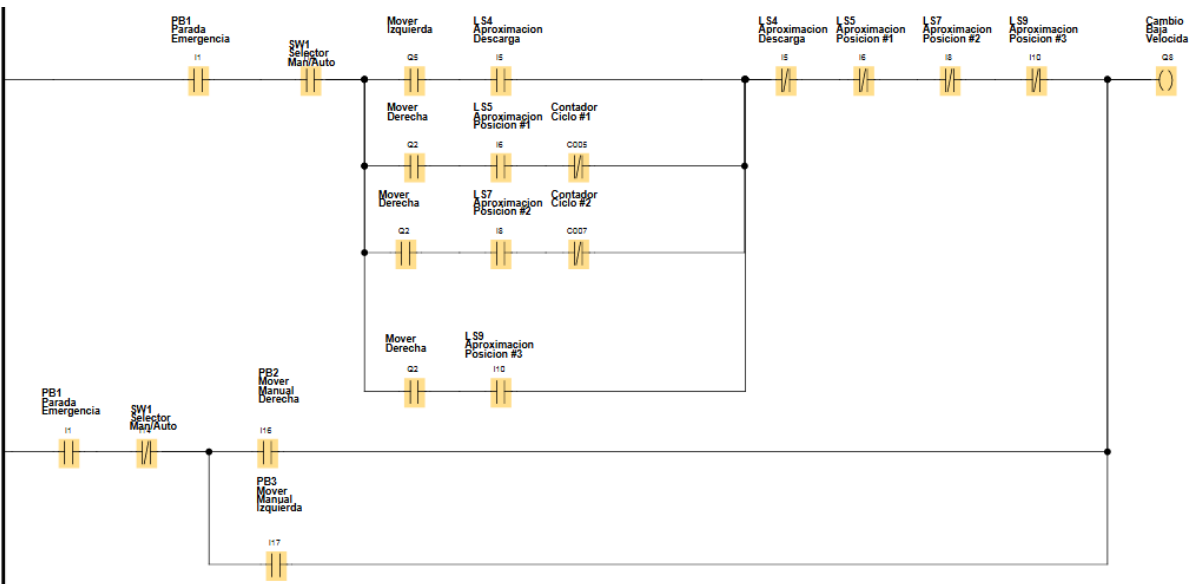


Figura 74. Cambio de velocidad en sistema de descarga ladder
 Fuente: Bortot, S. (2023).

A continuación se presentan las conexiones de las entradas al PLC Logo:

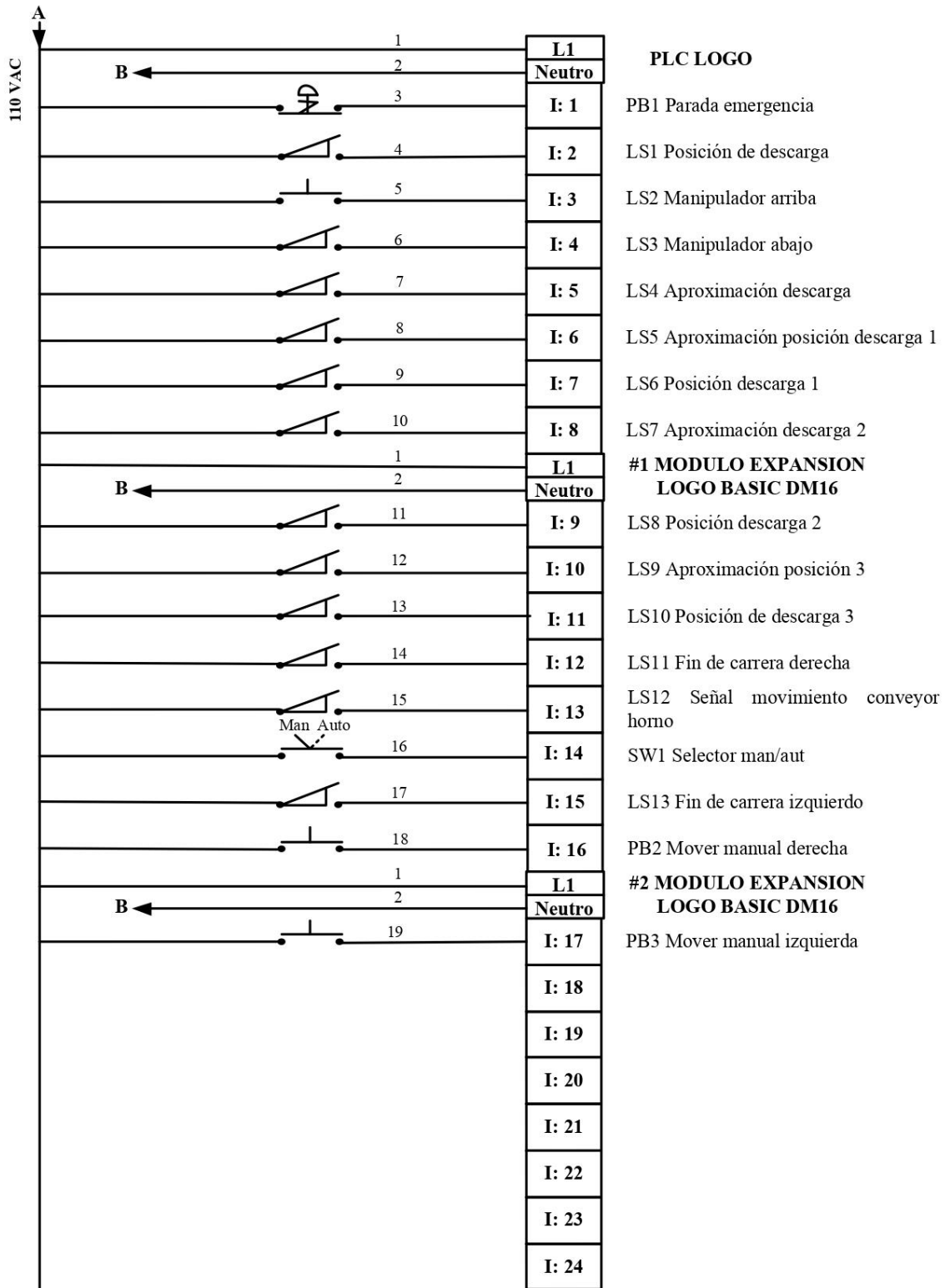


Figura 76. Diagrama conexiones entradas PLC sistema de descarga.

Fuente: Bortot, S. (2023).

A continuación se presentan las conexiones de las salidas del PLC Logo:

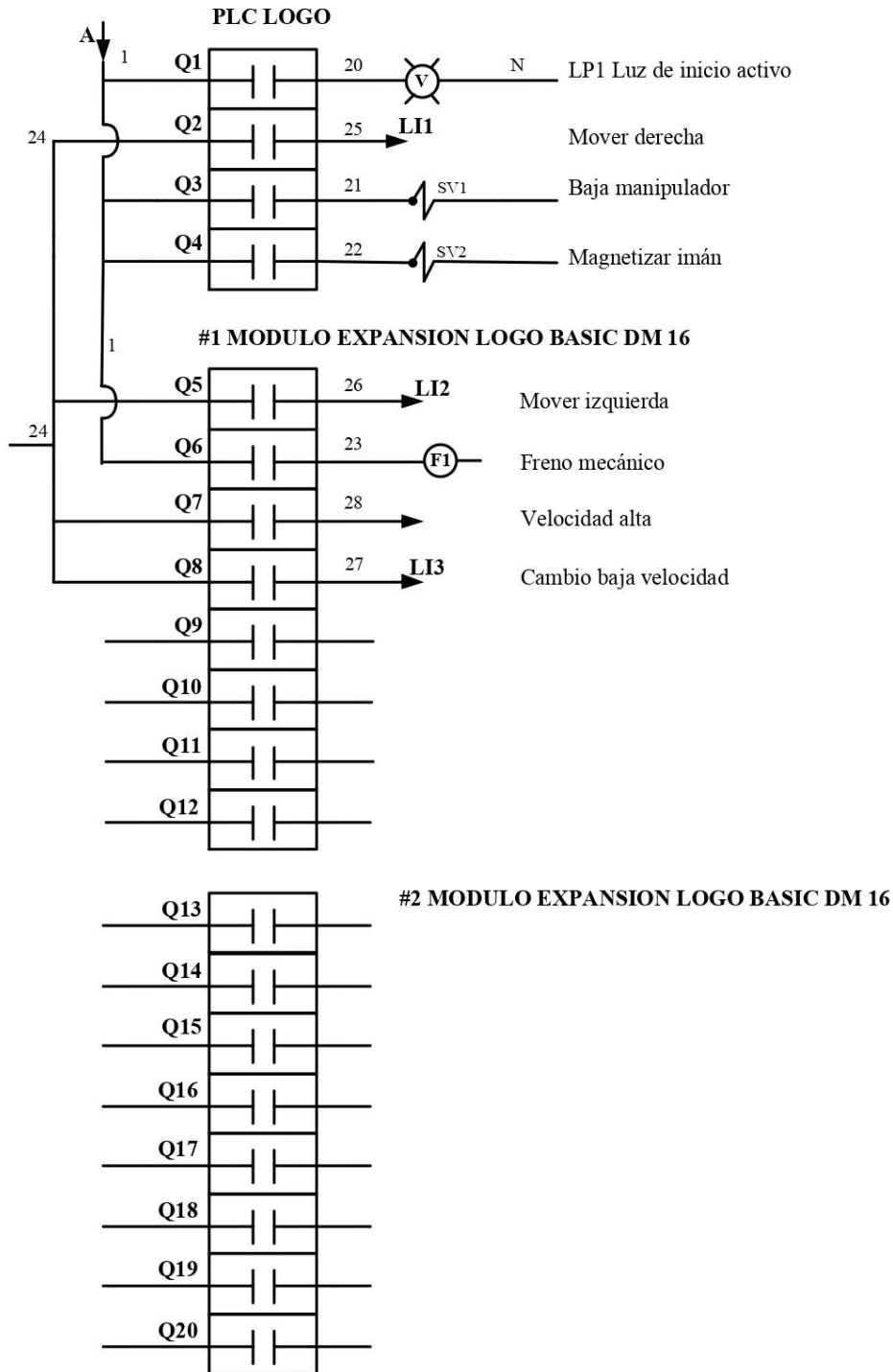


Figura 77. Diagrama conexiones salidas PLC sistema de descarga.

Fuente: Bortot, S. (2023).

A continuación se presenta el diagrama escalera completo en orden del sistema automático de descarga y enfriamiento de espirales.

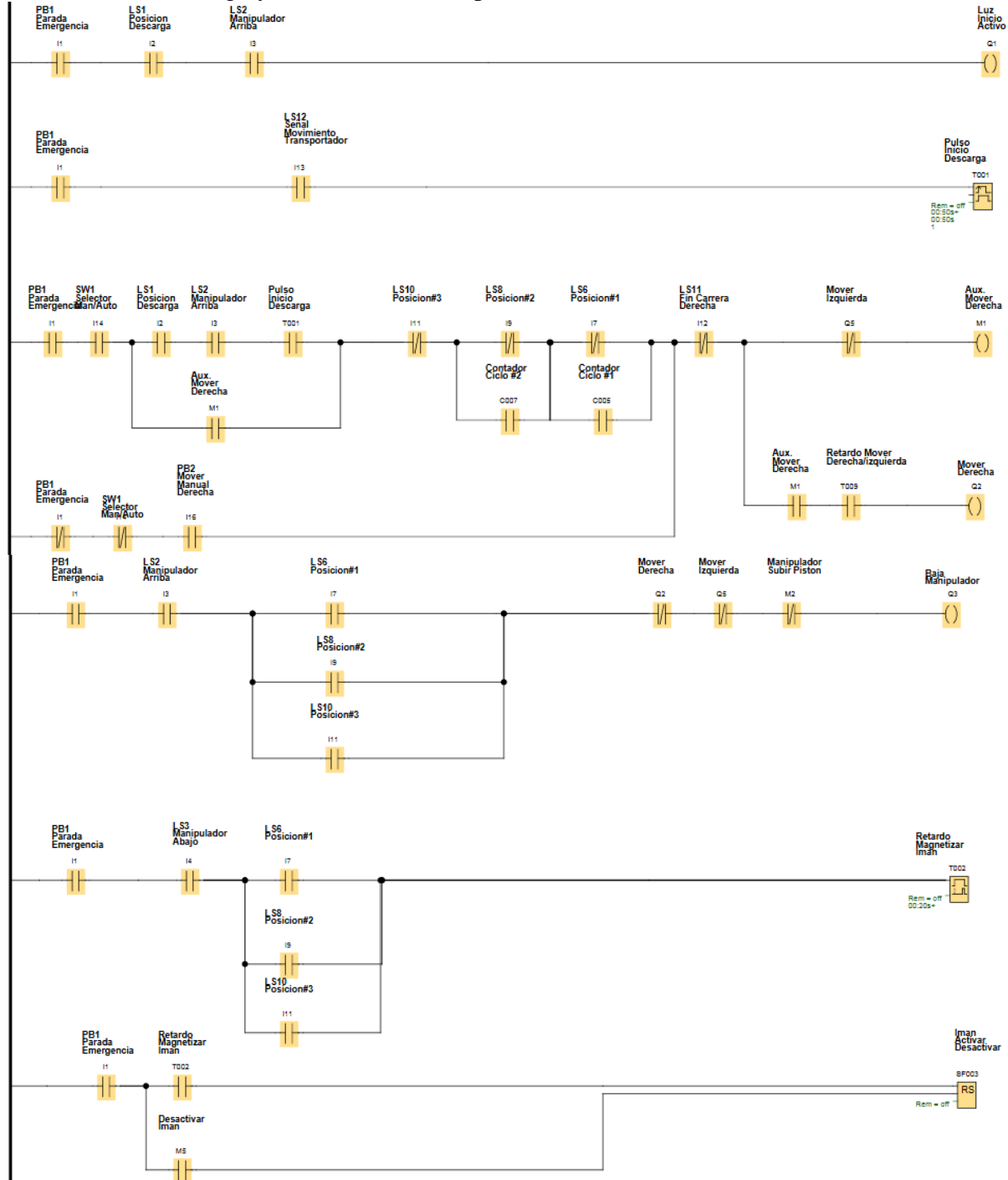


Figura 78. Diagrama escalera del sistema automático de descarga parte uno.
Fuente: Bortot, S. (2023).

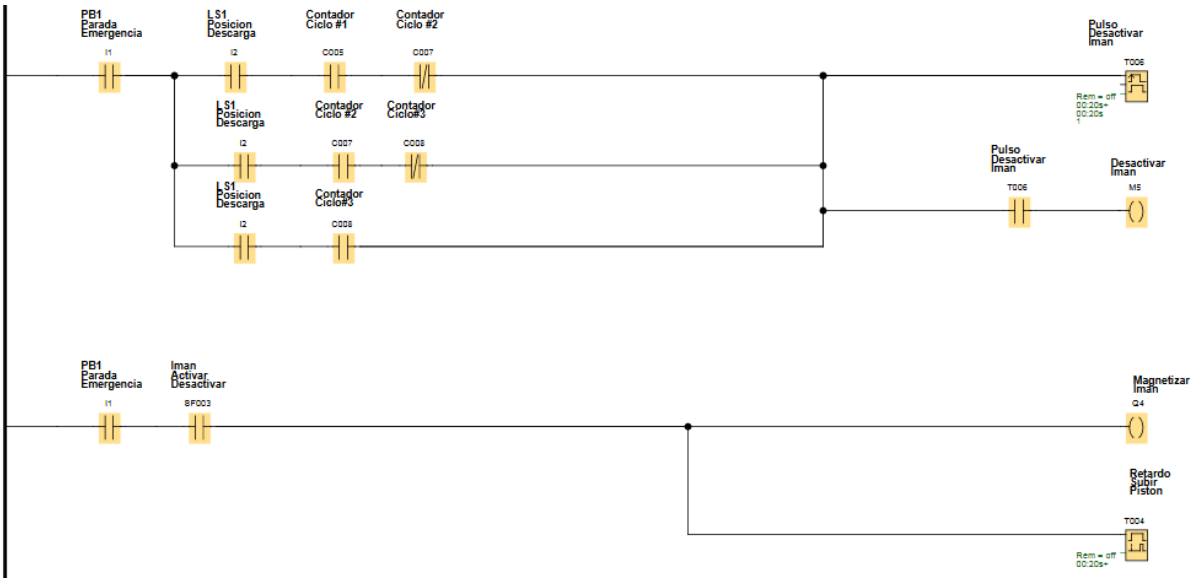


Figura 79. Diagrama escalera del sistema automático de descarga parte dos.

Fuente: Bortot, S. (2023).

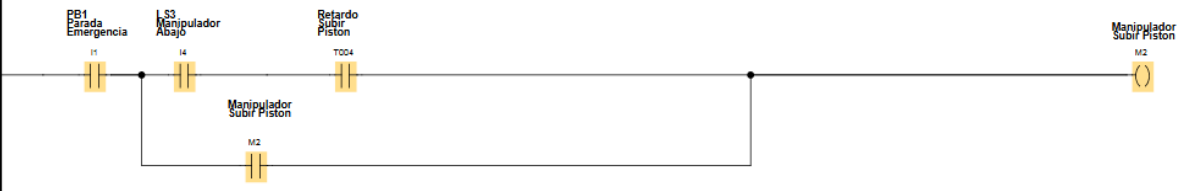


Figura 80. Diagrama escalera del sistema automático de descarga parte tres.

Fuente: Bortot, S. (2023).

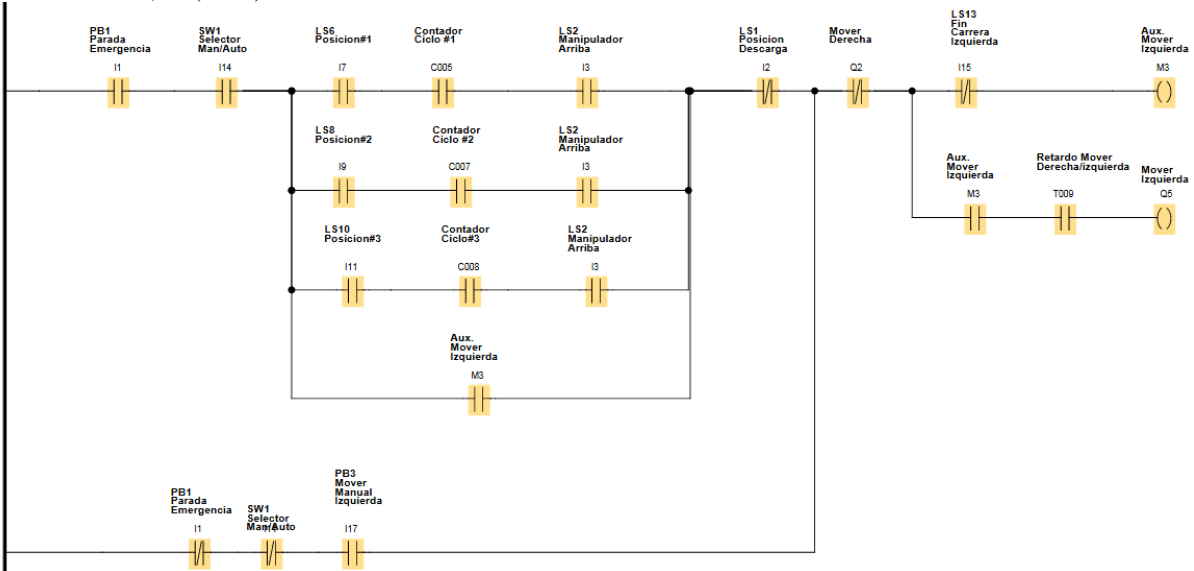


Figura 81. Diagrama escalera del sistema automático de descarga parte cuatro.

Fuente: Bortot, S. (2023).

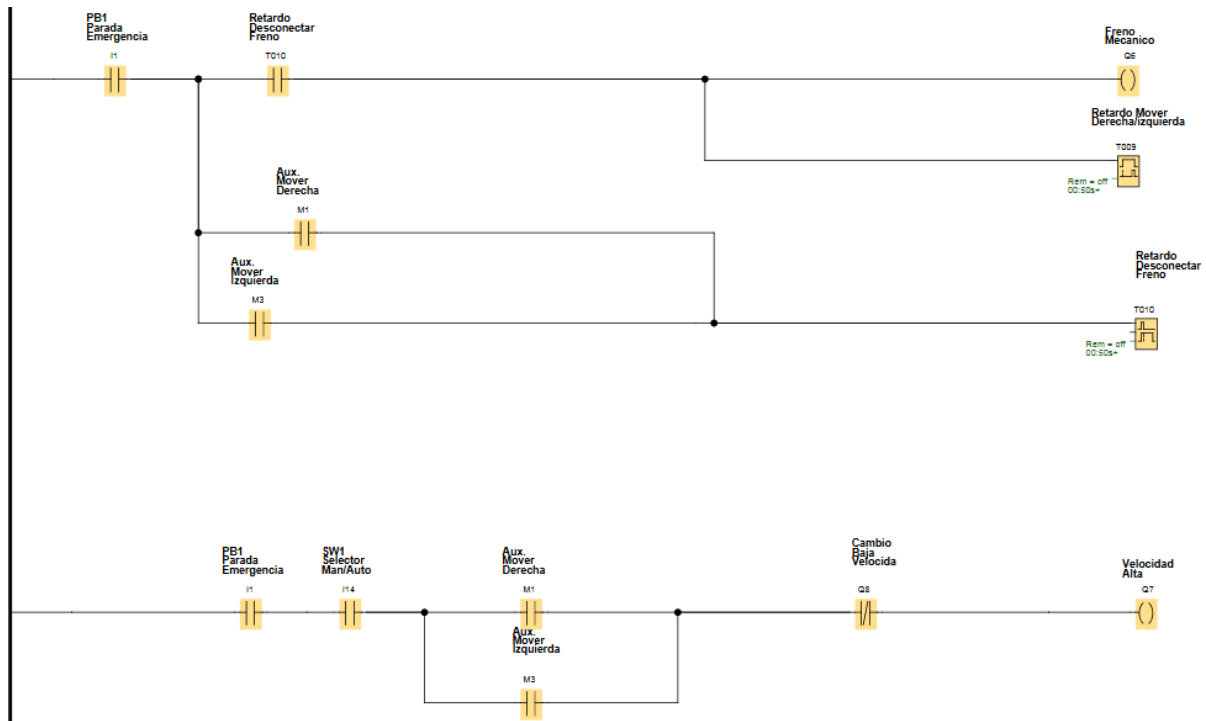


Figura 82. Diagrama escalera del sistema automático de descarga parte cinco.
Fuente: Bortot, S. (2023).

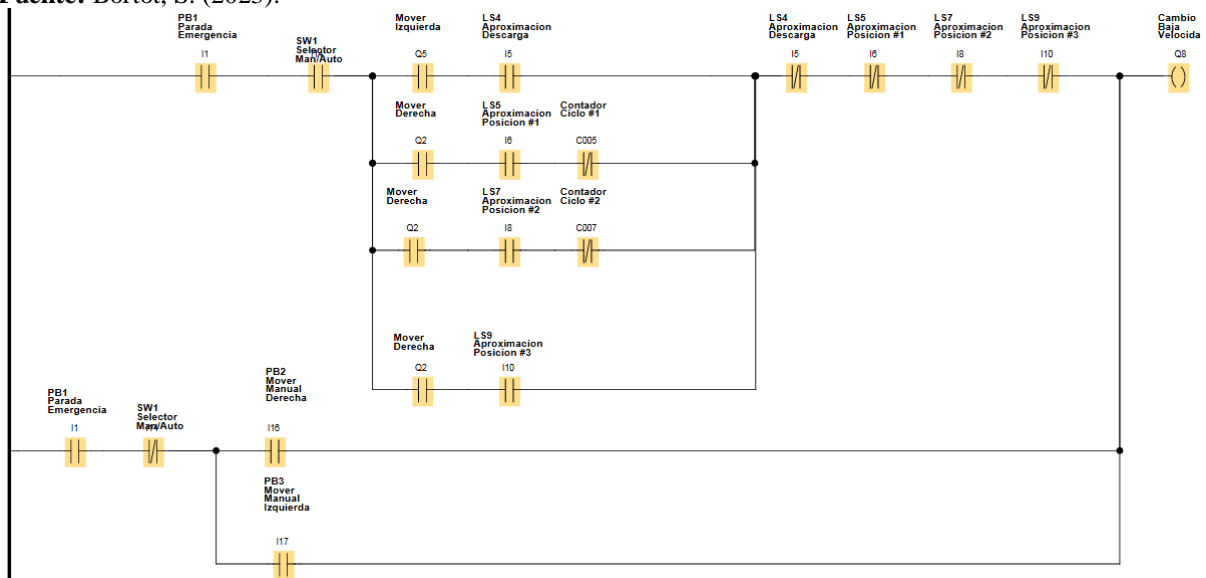


Figura 83. Diagrama escalera del sistema automático de descarga parte seis.
Fuente: Bortot, S. (2023).

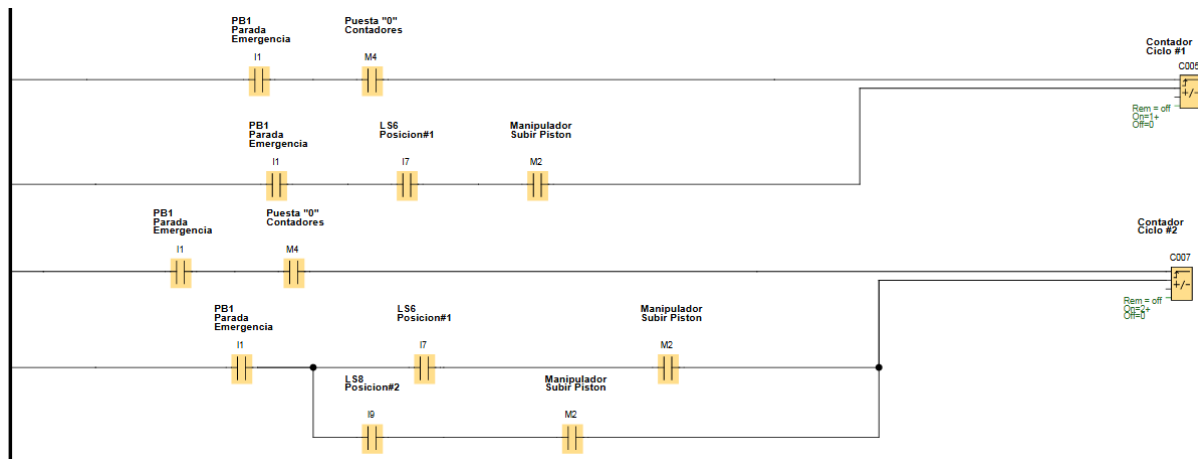


Figura 84. Diagrama escalera del sistema automático de descarga parte siete.

Fuente: Bortot, S. (2023).

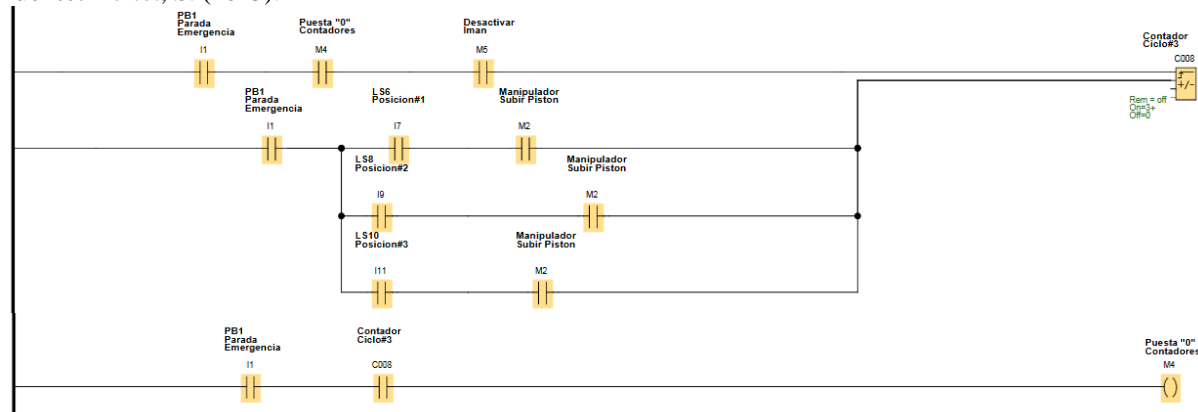


Figura 85. Diagrama escalera del sistema automático de descarga parte ocho.

Fuente: Bortot, S. (2023).

4.3.7 Proyección de mejora:

Analizando los sistemas automáticos propuestos se puede llegar a concluir que cuentan con un margen de mejora beneficioso para la empresa, en los siguientes puntos:

-Motor 3hp: Los motores seleccionados para llevar la labor de cargar y descargar los espirales del horno de revenido cuentan con la suficiente potencia para mover cómodamente la estructura del carro manipulador, así como la presentación más pesada de un espiral disponible en el catalogo de la empresa. Dicha selección se hizo de tal manera de tener un porcentaje adicional de potencia en el motor como factor de seguridad y margen de mejora, por lo que si la empresa en un futuro deseara realizar una presentación más pesada y moderna de espirales los sistemas podrían cargarlos y descargarlos sin inconvenientes.

-Imanes: Los imanes seleccionados para llevar la labor de tomar y soltar espirales cuentan con la suficiente fuerza como para atraer cómodamente la amplia variedad de geometrías y volúmenes de espirales disponibles en el catalogo de la empresa, la selección de dos imanes

para cada manipulador se hizo para garantizar que las diversas geometrías de espirales tan complejas puedan ser atraídas satisfactoriamente sin inconvenientes, por lo cual, si la empresa a futuro deseara realizar presentaciones de espirales con geometrías diferentes los imanes podrán atraerlos sin inconvenientes.

-Entradas y salidas PLC: En las conexiones de las entradas y salidas del PLC Logo se puede apreciar que en los módulos de expansión dm16 existen entradas y salidas que quedan sin conexión, dicho caso resulta de la necesidad de un alto número de entradas, lo que resulta en que cada modulo dm16 contiene 8 entradas y 8 salidas, por lo que de inicio ya era probable que queden entradas o salidas libres, la mencionada disponibilidad de entradas y salidas extras puede ser aprovechada por la empresa ya que en caso de desear mejorar el sistema cuentan con entradas y salidas libres, por lo que no se hace necesaria la inversión en un nuevo modulo de expansión dm16 para mejoras en los sistemas automáticos.

-Necesidad de supervisión: Anteriormente era necesaria la presencia de dos operadores a la carga y descarga del horno de revenido de espirales, con los nuevos sistemas propuestos no es necesaria la presencia de dichos operarios, por lo que la empresa podrá utilizarlos en otras labores futuras, sin embargo la línea de espirales siempre contara con un supervisor obligatorio.

4.4 Fase IV. Estudio de la factibilidad tanto técnica como económica del proyecto de automatización de carga, descarga y enfriamiento de espirales de Metalúrgica Carabobo, S.A.

Una vez presentada la propuesta, a continuación, se evaluará la factibilidad técnica y económica.

4.4.1 Factibilidad Técnica:

Tabla 11. Evaluación técnica de la propuesta.

Propuesta	Descripción	Si	No
Sistema automático de carga, descarga y enfriamiento de espirales del horno de revenido.	¿La empresa cuenta con el personal técnico capacitado para realizar labores de mantenimiento a dicho sistema?	X	
	¿La empresa cuenta con disponibilidad de equipos electrónicos y eléctricos en almacén para utilizarlos como repuesto?	X	
	¿El sistema es seguro para el operario asignado de supervisión obligatoria de la línea de producción de espirales?	X	

¿El sistema se adapta a todas las geometrías y pesos de los espirales que produce la empresa?	X	
¿El sistema garantiza la disminución de la probabilidad de atasco de espirales?	X	
¿El sistema tiene proyección para mejoras futuras?	X	
¿El sistema anula la necesidad de tener dos operarios presentes en el revenido de espirales?	X	
¿La empresa cuenta con el personal técnico capacitado para realizar las instalaciones eléctricas?	X	
¿La línea de espirales cuenta con el espacio suficiente para la mejora de los sistemas automáticos?	X	
¿La propuesta disminuye la probabilidad de scrap de espirales?	X	

Fuente: Bortot, S. (2023).

La factibilidad técnica se basa en evaluar los recursos tecnológicos y estructurales con los que cuenta la empresa para llevar a cabo la propuesta de automatización. De esta manera se realizó un cuadro de verificación de recursos evaluando las herramientas necesarias para ejecutar la propuesta. Según los resultados encontrados en la evaluación, se observa que fueron positivos, por lo que se considera un proyecto factible técnicamente.

4.4.2 Factibilidad económica:

El estudio de la factibilidad económica se basa en el cálculo del costo de las inversiones requeridas para la implementación de la propuesta realizada, así como la estimación de los beneficios que aporta. Para la determinación de la factibilidad económica se analizan los costos que presenta cada propuesta, así como el costo total de la implementación de ellas y se contrasta con los beneficios. Para realizarlo de manera más ordenada y objetiva, se hacen diversas tablas para dividir los costos de componentes mecánicos, eléctricos, laminas de acero para manipulador, vigas para la estructura y por último los costos de la implementación.

Tabla 12. Costos componentes mecánicos.

Componentes	Precio promedio por unidad	Total
Tuerca de bolas re circulantes con sistema de giro par con husillo de 40mm y longitud de 470cm.	6800\$	6800\$
Motor eléctrico 3hp 60hz	450\$	450\$
Cilindro neumático de elevación de los magnetos de 80mm de diámetro * 100mm de carrera	130\$	130\$

Sistema de guía de bajada y subida de magnetos	300\$	300\$
Dos magnetos modelo TPCA200CM	1750\$	3500\$
Cuatro patines para rieles Thompson de 40mm	150\$	600\$
Ducto móvil porta cables y tubería	500\$	500\$
Tornillería	50\$	50\$
Variador de frecuencia altivar 312	1320\$	1320\$
Total gasto componentes mecánicos	13650\$	

Fuente: Bortot, S. (2023).

Tabla 13. Costos componentes eléctricos.

Cantidad	Componentes	Precio promedio por unidad	Total
1	Rollo cable #12 AWG THW color negro	80\$	80\$
2	Rollo cable #16 AWG TF color rojo (100m)	50\$	100\$
1	Rollo cable #16 AWG TF color blanco (100m)	50\$	50\$
1	Gabinete doble fondo	85\$	85\$
1	Breaker trifásico 440vac 15a	100\$	100\$
1	Breaker de control 2 polos * 2a	20\$	20\$
1	Breaker de control 2 polos * 4a	20\$	20\$
1	Transformador 440vac – 120vac 500va	210\$	210\$
2	Canaleta portacables	30\$	60\$
50	Puntos de regleta para cable #16	1.6\$	80\$
8	Puntos de regleta para cable #12	1.6\$	13\$
1	Riel tipo sombrero (para componentes eléctricos)	30\$	30\$
14	Limit switch	10\$	140\$
1	Luz piloto color amarillo	6\$	6\$
1	Luz piloto color verde	6\$	6\$
1	Pulsador normal abierto	10\$	10\$
1	Pulsador parada normal cerrado	10\$	10\$
1	Pulsador con enclavamiento parada de emergencia	40\$	40\$
1	PLC Logo	190\$	190\$

2	Modulo expansión Logo Basic DM16	200\$	400\$
Total gasto componentes eléctricos			1650\$

Fuente: Bortot, S. (2023).

Tabla 14. Costos planchas de acero.

	Planchas de acero	Cantidad de piezas	Precio por unidad	Total
1	50cm*40cm*15mm de espesor	1 Pieza	55\$	55\$
2	40cm*40cm*15mm de espesor	1 Pieza	40\$	40\$
3	30cm*40cm*12mm de espesor	1 Pieza	30\$	30\$
4	30cm*20cm*12mm de espesor	2 Piezas	15\$	30\$
5	20cm*30cm*10mm de espesor	2 Piezas	12\$	24\$
Total costo de laminas del manipulador				179\$

Fuente: Bortot, S. (2023).

Tabla 15. Costos vigas.

	Vigas	Cantidad de piezas	Precio por unidad	Total
1	Vigas UPN120 12m longitud	2 Piezas	300\$	600\$
2	Total costo vigas estructura			600\$

Fuente: Bortot, S. (2023).

El costo total de un sistema automático, sumando los costos de los componentes mecánicos, componentes eléctricos, laminas del manipulador y el costo de las vigas para la estructura da un total de 16079\$, para el presente proyecto se utilizan dos sistemas automáticos, uno para la carga de espirales al horno de revenido, y el otro para la descarga y enfriamiento de espirales, por lo que el costo total de ambos sistemas sería de 32158\$.

La mano de obra por la fabricación del manipulador automático de carga y descarga tendría un costo aproximado de 7800\$, por ambos, en el caso de todas las acometidas e instalaciones eléctricas pueden ser llevadas a cabo por el personal capacitado de Metalúrgica Carabobo S.A., por lo que su costo no se tomará en cuenta para el proyecto.

La mano de obra por la desinstalación del cargador anticuado y la instalación del sistema automático de carga tendría un costo aproximado de 1500\$, además, la instalación del sistema automático de descarga, la adaptación y reubicación de la tina enfriamiento de espirales tiene un costo aproximado de 2500\$.

Por último, el costo total del proyecto de automatización del sistema de carga, descarga y enfriamiento de espirales del horno de revenido sería de 43958\$ aproximadamente.

Beneficios que aporta la propuesta:

- De acuerdo a la información recabada durante el mes de noviembre de 2022 hubo 16,73 horas de parada imputable al sistema de carga, descarga y enfriamiento, tomando en cuenta que la producción estándar de la línea es de 150 espirales x hora esto nos representa $16,73 \times 150 = 2509,5$ espirales mes, el peso promedio de la gama de espirales de Metalcar es de 4 kilogramos y el precio de venta por kilogramo es de 3,5 \$ por kg, por lo que esto representa $2509,5 \times 4 \times 3,5 = 35133$ \$, tomando en cuenta la rentabilidad estimada del 30 % nos da 10539,9 \$ al mes.

- Con la propuesta se eliminará el scrap de espirales por atascos dentro del horno, que en promedio es de 8,66 espirales por mes, lo que representa $8,66 \times 6 \times 3,5 = 181,86$ \$.

- Con la mejora también se elimina el re-trabajo que se incurría al parar el horno y tener que someter a revenido nuevamente a los espirales que quedaron dentro del horno, como también se reduciría el sobretiempo que se incurre para cumplir con la producción programada mensual.

- Con la mejora se reubicará el operario adicional que tiene asignada la línea para ayudar a ordenar los espirales y minimizar el problema, esto representa según datos aportados por recursos humanos alrededor de 320 \$ mensuales.

- Por información aportada por la empresa en el periodo de junio 2022 a noviembre 2022 fue necesaria la reparación de la dictaría interna de aire caliente del horno en tres oportunidades producto de las atascos de espirales, dichas reparaciones representaron entre material y mano de obra un monto de 6800 \$, lo que nos representa $6800 / 6$ meses de un monto de 1133 \$ mensuales.

- Si sumamos estos gastos incurridos y los que se podrían generar al eliminar las pérdidas de tiempo obtendríamos $10539,9 \$ + 181,86 \$ + 320 \$ + 1133 \$ = 12174,76 \$$ mensuales, tomando en cuenta que la línea trabaja 11 meses al año ya que se utiliza 1 mes para parada general obtenemos $12174,76 \$ \times 11$ meses = 133922,36 \$ al año.

Para la evaluación económica tomaremos en cuenta un periodo de 1 año, por lo que la relación de beneficios esperados entre el costo del proyecto nos da $133922,76 \$ / 43958 \$ = 3,05$, lo que nos indica que en un periodo de cuatro meses se estaría recuperando la inversión.

Actualmente para cumplir con la producción programada se incurre en sobretiempo, el mismo implica 3 operarios directos, personal de mantenimiento, supervisor, comedor, transporte,

energía eléctrica, gas, etc. No se tuvo acceso a toda esta información para poder calcular lo que representa monetariamente, por eso es que para el análisis económico consideramos los espirales que se dejan de producir en horario normal y la ganancia que se deja de percibir por ese concepto, se sabe que no es directa dicha relación.

Según los datos obtenidos indican que el proyecto se considera factible económicamente ya que los beneficios superan los costos, y la inversión se recupera en un periodo de cuatro meses, lo cual es óptimo para la empresa.

CONCLUSIONES

La automatización de procesos industriales ha pasado de ser una opción a una necesidad para muchas empresas que adoptan procesos automáticos para mejorar su competitividad. Gracias a los avances tecnológicos, la automatización industrial ya no se limita a grandes sectores como la distribución y la automoción, sino que se ha extendido a la mayoría de los procesos de fabricación, lo que se traduce en costes cada vez más bajos y un mayor retorno de la inversión. Herramientas como PLC permiten la automatización de procesos industriales más complejos. Es allí donde radica la raíz de esta investigación, al observar que no se cuenta con un sistema automático que aporte la eficiencia necesaria para cargar, descargar y enfriar espirales del horno de revenido, lo que origina las paradas del horno y a su vez baja producción, además de scrap de espirales y pérdidas de tiempo productivo. Es por ello que este proyecto de investigación lleva como objetivo general proponer un sistema de automatización de carga, descarga y enfriamiento de espirales de Metalúrgica Carabobo, S.A.

Mediante el desarrollo del presente proyecto se pudo observar el proceso de revenido de espirales en la empresa Metalúrgica Carabobo, S.A. a fin de conocer la situación actual en la línea y las posibles oportunidades de mejora para el proceso. Basado en este enfoque y tras la culminación del sistema automático de mejora se puede concluir lo siguiente: En función de la revisión bibliográfica que sustentó la investigación se conoció que La automatización de un proceso frente al control manual del mismo, brinda ciertas ventajas y beneficios de orden económico, social, y tecnológico. Como son la productividad, el incremento de la velocidad de producción, la reducción de la intervención humana y el uso más eficiente de máquinas y materiales que hacen posible el logro de un importante incremento en la razón de producción. Entendiendo siempre que la automatización hace relación con la anulación total de la acción humana en la realización de un proceso o tarea, gracias a la ayuda de dispositivos eléctricos y electrónicos.

En lo que respecta el desarrollo del primer objetivo específico planteado, basado en el diagnóstico de las causas que están ocasionando los problemas de atascos de material en el horno de revenido de espirales, donde se aplicó la observación directa a la línea, además de entrevistas a operarios y al ingeniero encargado de la supervisión del proceso de revenido de espirales, lo cual tuvo como resultado la tabla del control de producción, además de una lista de las causas de los problemas como: diseño muy pobre o básico del cargador automático de espirales a la

entrada del horno, error en sistema de avance de la cadena de conveyor de cangilones del horno de revenido, descarga del horno de revenido inadecuada y mal diseño de la tina de enfriamiento. Posterior al análisis de las causas de los problemas se procedió a realizar el diagnóstico, el cual arroja que el sistema actual de carga, descarga y enfriamiento de los espirales en el horno de revenido no cumple con los requerimientos necesarios para que el proceso se lleve a cabo de forma continua, y su limitado diseño no permite pensar en que se le puedan hacer mejoras para corregir los múltiples problemas que se generan en él, por lo que se plantea una sustitución total de los mismos por un nuevo sistema que sea realmente automático, que garantice el correcto posicionamiento de los espirales en la banda de cangilones del horno, la extracción al final del horno y el enfriamiento de los mismos, dicho sistema debe ser versátil, se debe poder adaptar a la diferentes configuraciones de espirales, además debe ser un sistema robusto que minimice la necesidad de mantenimiento y cuya tecnología sea de conocimiento del personal técnico de la empresa.

Por otra parte, para dar cumplimiento al segundo objetivo específico, se dio selección a las variables e instrumentos a considerar para el desarrollo del automatismo de carga, descarga y enfriamiento de espirales del horno de revenido, de acuerdo a lo diagnosticado se procedió a hacer selección de los equipos y herramientas necesarios para la automatización. Los equipos propuestos fueron tomados de referencia de la empresa metalúrgica como modelos y marcas con las que más se trabaja, para cuando se presente alguna avería en alguno de ellos, la empresa pueda tener más probabilidad de contar con algunos en su almacén, además de ser de conocimiento para el personal técnico de la misma. En base a las tablas comparativas y al cálculo de los dispositivos adecuados se tiene que es necesario: Un motor eléctrico 3hp 60hz, variador de frecuencia altivar 312, tuerca de bolas re circulantes con sistema de giro par con husillo de 40mm y longitud de 470cm, dos magnetos modelo TPCA200CM, PLC Logo, dos módulos de expansión Logo Basic DM16, además de una estructura de vigas para dar soporte al carro manipulador que debe ser ensamblado con las piezas seleccionadas a lo largo de las tablas. Lo mencionado es lo necesario para un solo sistema automático.

El tercer objetivo se basó, en diseñar el sistema automático de carga, descarga y enfriamiento de espirales del horno de revenido, para lo cual se hizo uso del software Microsoft visio y Logo soft comfort, para diseñar la estructura de lo que denominamos carro manipulador de espirales, el cual se desliza de derecha a izquierda en un tornillo sin fin gracias al motor

trifásico de 3hp 60hz, dicho manipulador posee un cilindro neumático y dos imanes cuya función es atraer y sujetar los espirales, se entiende que para realizar la automatización completa del revenido de espirales es necesario dos sistemas, uno para dar carga al horno de revenido y otro para dar descarga y enfriamiento a los espirales que salen del horno de revenido, por lo que se realizó el diseño independiente de cada uno, cada diseño cuenta con: esquemas de las estructuras, esquemas para el posicionamiento de limit switches, tablas de entradas y salidas, leyenda para la correcta compresión de la abreviatura utilizada para el momento de realizar el diseño de los sistemas automáticos de carga, descarga y enfriamiento de espirales, diagramas de conexiones del altivar 312, diagramas de entradas y salidas del PLC Logo, Condiciones de arranque y funcionamiento de cada sistema en diagrama escalera, todo lo diseñado redactado en pasos, de la manera más didáctica posible.

Finalmente, se desarrolló el cuarto objetivo específico, sobre el Estudio de la factibilidad tanto técnica como económica del proyecto de automatización de carga, descarga y enfriamiento de espirales de Metalúrgica Carabobo, S.A., la evaluación de la propuesta desde el punto de vista económico y técnico, a través de la relación costo-beneficio, considerándola factible y aplicable, gracias a que responde en gran medida a las necesidades actuales de la empresa, además, la institución cuenta con recursos y medios pertinentes para su ejecución.

RECOMENDACIONES

Adicionalmente al sistema automático de carga, descarga y enfriamiento de espirales diseñado previamente, se presentan a continuación una serie de recomendaciones como soporte del mismo:

➤ Estudiar detalladamente el presente sistema automático de carga, descarga y enfriamiento de espirales y tenerlo en cuenta con el fin de llevar a cabo su implementación y ejecución si así lo decide la gerencia.

➤ Ampliar la propuesta presente hacia las demás líneas de producción que existen en la empresa basándose en el manipulador diseñado y tomando el presente trabajo de investigación como material referencial.

➤ Tomar en consideración las proyecciones de mejora que poseen los manipuladores de carga, descarga y enfriamiento de espirales, ya que pueden representar amplios beneficios a la empresa.

➤ La Gerencia General deberá evaluar los resultados obtenidos del presente proyecto, además de estudiar la posibilidad de implantación, debido a que esta acción permitirá el logro de la eficiencia en el revenido de espirales y la eliminación de pérdidas de tiempo productivo, así como el ahorro de material al prevenir el scrap de espirales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, J. (1990). **Automatización industrial: Definición y conceptos**. Tecnología en marcha. Documento en línea. Fuente: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5678813>
- Arellano, J. (2016). **Implementación mediante un servomotor del sistema de embrague para la máquina wiking 024-006 de la línea de producción celda 11 de papeles venezolanos C.A.** Proyecto especial de grado presentado como requisito parcial para optar al título de ingeniero electrónico. Universidad nacional experimental del Táchira. Documento en línea. Fuente: <https://repositorio.unet.edu.ve:8443/jspui/bitstream/123456789/355/1/ELE201617057082APG.pdf>
- Arias (2012). **El proyecto de investigación Introducción a la metodología científica**. Editorial Episteme C.A Caracas-República Bolivariana de Venezuela.
- Bernal, C. (2006). **Metodología de la investigación para administración, economía, humanidades y ciencias sociales**. Segunda edición. Libro digital. Fuente: <http://up-rid2.up.ac.pa:8080/xmlui/handle/123456789/1485>
- Bonilla, X. (2020). En su trabajo de grado titulado “**propuesta de un sistema de automatización para mejorar la productividad en el área de abastecimiento y movimiento de materia prima en la empresa agro exportadora**”, Realizado en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, para optar al título de ingeniero industrial. Documento en línea extraído de <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/2797>
- Caro, L. (21 de enero de 2021). **7 Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos**. Lifeder. Recuperado de <https://www.lifeder.com/tecnicas-instrumentos-recoleccion-datos/>.
- Crouse, W. (1993). **Mecánica del automóvil**, volumen 2. Documento en línea. Fuente: <https://books.google.es/books?id=GiBcTaBz5f8C&pg=PA754#v=onepage&q&f=false>
- Díaz J. (2006). **¿Cómo Realizar Una Tesis?**. Cuarta Edición. Limusa Noriega Editores. México.
- Domínguez (2019). **Diseño, construcción e implementación de un horno de curado para pintura electrostática**. Trabajo de titulación previo a la obtención del título de ingeniero

- mecánico. Universidad politécnica salesiana sede cuenca. Documento en línea. Fuente: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17619/1/UPS-CT008374.pdf>
- Glass, G. V & Hopkins, K.D. (1984). **Statistical Methods in Education and Psychology**, 2nd Edition. Englewood Cliffs.
- González, V. (2019). En su trabajo de grado titulado “**Diseño y prototipo de banda transportadora para maquina lava-gaveras de la sucesora de José Puig & CIA ubicada en los cortijos-caracas**”, Realizado en la Universidad Nueva Esparta, para optar al título de ingeniería electrónica. Documento en línea extraído de <http://www.miunespace.une.edu.ve/jspui/handle/123456789/3495>
- Grajales, T. (2000). **Tipos de investigación**. Documento en línea, extraído de <https://cmappublic2.ihmc.us/rid=1RM1F0L42-VZ46F4-319H/871.pdf>
- Grau, M y Muñoz, E. (2013). **Ingeniería química**. Editorial UNED. Documento digital. Fuente:<https://books.google.es/books?id=EES6nXZJbaMC&pg=PT389&dq=metalurgia++t%C3%A9cnica+obtenci%C3%B3n&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiKr7qxz7TlAhVH1eAKHQ0mA4oQ6AEIODAC#v=onepage&q=metalurgia%20%20t%C3%A9cnica%20obtenci%C3%B3n&f=false>
- Heredia, E y Velásquez, D. (2021). En su trabajo de grado titulado “**Diseño e implementación de un prototipo para automatizar el proceso de traslado de minerales a un almacén de concentrados mediante fajas transportadoras, utilizando el controlador simatic s7 1200 en el año 2021**”, Realizado en la Universidad Privada de Tacna, para optar al título de ingeniería electrónica. Documento en línea extraído de <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/2109>
- Hernández, R. (2014). **Metodología de la investigación**. Libro digital. Fuente: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Hernández, R. (2018). **Metodología de la investigación: las rutas cuantitativas, cualitativas y mixtas**. Mc Graw Hill. Libro digital. Fuente: http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf
- Hurtado, J. (2008). **Guía para la comprensión Holística de la ciencia**, Unidad III, Capítulo 3.
- Leon, S. (2021). En su trabajo de grado titulado “**Diseño de la sincronización automatizada de carga y descarga del lavado de botellas de diferentes formatos para mejorar la**

- efectividad de la máquina hidrojet - Línea 2 en una empresa de bebidas gasificadas de la ciudad de Trujillo-Perú**“, Realizado en la Universidad Cesar Vallejo, para optar al título de ingeniero mecánico electricista. Documento en línea extraído de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/72866>
- Lozada, J. (2014). **Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria**. CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica, ISSN-e 1390-9592, Vol. 3, N°. 1. Documento digital. Fuente: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>
- Montenegro (2017). **Construcción de una máquina para medir las características de los muelles**. Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona. Documento en línea. Fuente: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/104949/TFG_MEMORIA__ANDRE_MONTENEGRO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Morales, O. (2019). En su trabajo de grado titulado **“Empleo de un brazo robótico con sistema de visión artificial y la automatización del proceso de paletización en la industria textil”**, Realizado en la Universidad Inca Garcilaso de Vega, para optar el grado académico de doctor en ingeniería industrial. Documento en línea extraído de <http://repositorio.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/5999>
- Polanía, J. (2013). **Control de motores eléctricos**. Documento en línea. Fuente: <https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/1/349/1259/6572/6577/77430.pdf>
- Ramírez C., Tulio A. (1997) **Como Hacer un Proyecto de Investigación**. Caracas. Editor Tulio A. Ramírez C.
- Sanchis, R. Romero, J y Ariño, C. (2019) **Automatización industrial-UJI**. Documento digital. Recuperado de <http://190.57.147.202:90/jspui/bitstream/123456789/402/1/Automatizacion-industrial.pdf>
- Sergent, J. S., Coach, C. D., & Roux, R. J. (2020). **National electrical code**. NFPA.
- Siemens, A. G. (2016). **Manual LOGO!**. Numberg-Alemania: SIEMES AG.
- Tamayo y Tamayo, M. (2004). **El proceso de la investigación científica**. Editorial Limusa. Libro digital. Extraído de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/227860/El_proceso__de_la_investigaci__n_cient_fica_Mario_Tamayo.pdf

Vallejo, H. (2005). **Los controladores lógicos programables**. Artículo digital. Fuente:
<http://todopic.com.ar/utiles/plc.pdf>

Villarreal, C. (2017). **Controladores Lógicos Programables**. Documento en línea extraído de
<http://imagenes.mailxmail.com/cursos/pdf/0/controladores-logicos-programables-7400-completo.pdf>

ANEXOS
ANEXO A



Valencia, 11 de julio de 2022

Por medio de la presenta hago constar que el bachiller Santiago Bortot Avendaño, portador de la Cedula de identidad V-28.290.443, cursante del noveno semestre de Ingeniería electrónica, ha estado desarrollando en nuestras instalaciones el levantamiento de información necesaria para realizar su proyecto de Tesis de grado, seleccionando como tema de proyecto "La automatización de la carga, descarga y enfriamiento final de los espirales en el horno de Revenido de la línea de espirales", el tema seleccionado está enmarcado dentro de los planes de mejora continua de Metalúrgica Carabobo, S.A., por lo que contará con todo nuestro apoyo a lo largo del desarrollo del proyecto.

Ing. Raúl Cauvi

Jefe de Manufactura y
Mantenimiento Industrial



METALURGICA CARABOBO S.A.
1ª Av. Domingo Ojeda, Edif. Metalcar, Zona Industrial Sur
Valencia, Edo. Carabobo, Venezuela
Máster 158 241 | 8103099 / 0103096
metalcar@metalcar.com.ve
www.metalcar.com.ve
RIF: J-07500219-9

