



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN PARA SIMULACIÓN DE PROCESOS DE ENSAMBLAJE CON MESA INDEXADORA Y ROBOT INDUSTRIAL EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”

**ABARCA CAMACHO RÓMULO FERNANDO
CAMACHO PAUCAR EDWIN RODRIGO**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROPUESTAS TECNOLÓGICAS

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

RIOBAMBA – ECUADOR

2017

ESPOCH

Facultad de Mecánica

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2017-01-17

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

ABARCA CAMACHO RÓMULO FERNANDO

Titulado:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN PARA SIMULACIÓN DE
PROCESOS DE ENSAMBLAJE CON MESA INDEXADORA Y ROBOT
INDUSTRIAL EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA
FACULTAD DE MECÁNICA”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Pablo Ernesto Montalvo Jaramillo
DIRECTOR

Ing. Marco Heriberto Santillán Gallegos
ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2017-01-17

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

CAMACHO PAUCAR EDWIN RODRIGO

Titulado:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN PARA SIMULACIÓN DE
PROCESOS DE ENSAMBLAJE CON MESA INDEXADORA Y ROBOT
INDUSTRIAL EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA
FACULTAD DE MECÁNICA”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Pablo Ernesto Montalvo Jaramillo
DIRECTOR

Ing. Marco Heriberto Santillán Gallegos
ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ABARCA CAMACHO RÓMULO FERNANDO

TRABAJO DE TITULACIÓN: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN PARA SIMULACIÓN DE PROCESOS DE ENSAMBLAJE CON MESA INDEXADORA Y ROBOT INDUSTRIAL EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”

Fecha de Examinación: 2017-06-26

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Cesar Eduardo Astudillo Machuca PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Pablo Ernesto Montalvo Jaramillo DIRECTOR			
Ing. Marco Heriberto Santillán Gallegos ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Cesar Eduardo Astudillo Machuca
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: CAMACHO PAUCAR EDWIN RODRIGO

TRABAJO DE TITULACIÓN: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN PARA SIMULACIÓN DE PROCESOS DE ENSAMBLAJE CON MESA INDEXADORA Y ROBOT INDUSTRIAL EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”

Fecha de Examinación: 2017-06-26

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Cesar Eduardo Astudillo Machuca PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Pablo Ernesto Montalvo Jaramillo DIRECTOR			
Ing. Marco Heriberto Santillán Gallegos ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Cesar Eduardo Astudillo Machuca
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

DERECHOS DE AUTORIA

El Trabajo de Titulación que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los Autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Abarca Camacho Rómulo Fernando

Camacho Paucar Edwin Rodrigo

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Abarca Camacho Rómulo Fernando y Camacho Paucar Edwin Rodrigo, declaramos que el presente Trabajo de Titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente, están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación.

Abarca Camacho Rómulo Fernando

Cédula de Identidad: 060388086-5

Camacho Paucar Edwin Rodrigo

Cédula de Identidad: 180389006-8

DEDICATORIA

A mis padres: María y Rómulo, por su apoyo incondicional brindado hasta el final de mi carrera y por haber hecho de mí una persona de bien.

A mis hermanas que siempre han sido un ejemplo a seguir inculcándome buenos valores y a mis sobrinas que siempre llenan mis días de felicidad.

A mis tías, tíos, primas, primos y amigos por su apoyo brindado en todo momento, a veces una palabra de aliento ha sido suficiente motivación para seguir luchando cada día por esta meta tan anhelada.

Rómulo Fernando Abarca Camacho

Este trabajo de titulación está dedicado a la memoria de mi padre Pascual Camacho quien fue un pilar fundamental en mi vida y desde el cielo me cuida, guía y bendice. A mi madre Elena Paucar por su arduo sacrificio que a pesar de la distancia siempre me ha apoyado para poder llegar tan lejos. A mis abuelitos José y Delia quienes son mis segundos padres.

A mis hermanos Orlando y Jonathan quienes con sus consejos y palabras de aliento me ayudaron a sobresalir en los momentos malos. A mis tíos, primos, amigos y compañeros quienes nunca me dejaron solo y siempre me brindaron la mano para cumplir esta meta.

Edwin Rodrigo Camacho Paucar

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento y a cada uno de sus docentes, por compartir sus conocimientos y aportar en mi formación como persona y como profesional.

A mis padres y toda mi familia, mis amigos y demás personas que me apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito otra etapa de mi vida.

Y sobre todo un agradecimiento muy especial a mi madre porque siempre creyó en mí y ha estado a mi lado en todo momento sin dejarme decaer en esta lucha constante.

Rómulo Fernando Abarca Camacho

Agradezco a Dios por darme la vida y permitirme culminar esta meta. A mis padres por su apoyo moral y económico. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y ser una persona útil a la sociedad.

Edwin Rodrigo Camacho Paucar

CONTENIDO

	Pág
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	3
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Línea de ensamblaje	4
2.2 Proceso de mecanizado sobre mesa indexadora.....	4
2.3 Mesa indexadora neumática ST-270-A.....	4
2.3.1 <i>Principio de funcionamiento</i>	5
2.3.2 <i>Sincronismo</i>	5
2.3.3 <i>Amortiguación</i>	5
2.3.4 <i>Características constructivas</i>	5
2.4 Redes de comunicación industrial.....	6
2.4.1 <i>Clasificación de las redes de comunicación industrial</i>	6
2.4.1.1 <i>Red de factoría</i>	7
2.4.1.2 <i>Red de planta</i>	7
2.4.1.3 <i>Red de célula</i>	7
2.4.1.4 <i>Bus de campo</i>	7
2.4.2 <i>Red Profinet</i>	8
2.4.2.1 <i>Ethernet industrial</i>	9
2.4.2.2 <i>Profinet</i>	9
2.4.2.3 <i>Características de Profinet</i>	10
2.4.2.4 <i>Comunicación vía Profinet</i>	10
2.5 Controlador Lógico Programable (PLC).....	10
2.5.1 Estructura del PLC	10
2.5.1.1 <i>CPU</i>	11
2.5.1.2 <i>Procesador</i>	11
2.5.1.3 <i>Memoria</i>	11
2.5.1.4 <i>Estradas y salidas</i>	12
2.6 PLC SIMATIC S7-1500.....	12
2.6.1 <i>Configuración del sistema de automatización PLC S7-1500</i>	13
2.6.1.1 <i>Fuente de alimentación</i>	13
2.6.1.2 <i>Unidad central de proceso</i>	13
2.6.1.3 <i>Módulo de periferia</i>	14
2.6.1.4 <i>Conector U</i>	15
2.6.1.5 <i>Perfil de soporte</i>	15

2.7	Pantallas HMI.....	16
2.7.1	<i>Clasificación de la gama SIMATIC HMI Basic Panels</i>	16
2.7.2	<i>Características HMI</i>	17
2.7.3	<i>Aspectos destacables de la pantalla HMI KTP 700</i>	17
2.7.4	<i>Interfaz Profinet</i>	18
2.7.5	<i>Funcionalidades</i>	18
2.7.6	<i>Aplicación universal</i>	18
2.7.7	<i>Teclas de función</i>	18
2.8	Software TIA Portal	19
2.8.1	<i>Características del TIA Portal</i>	19
2.8.2	<i>Aplicaciones del TIA Portal</i>	20
2.8.3	<i>Lenguaje de programación</i>	20
2.8.3.1	<i>Lenguaje de programación KOP</i>	20
2.8.3.2	<i>Lenguaje de programación FUP</i>	20
2.8.3.3	<i>Lenguaje de programación AWL</i>	21
2.9	Robótica	21
2.9.1	<i>Robots industriales</i>	21
2.9.2	<i>Robot industrial Kawasaki RS03N</i>	22
2.9.3	<i>Características del robot RS03N</i>	23
2.9.4	<i>Componentes del robot</i>	24
2.9.4.1	<i>Estructura mecánica</i>	24
2.9.4.2	<i>Controlador serie E70</i>	24
2.9.4.3	<i>Teach Pendant</i>	24
2.9.4.4	<i>Efector</i>	24
2.9.5	<i>Aplicaciones</i>	25
2.10	Sensores.....	25
2.10.1	<i>Características de los sensores</i>	25
2.10.1.1	<i>Exactitud</i>	25
2.10.1.2	<i>Precisión</i>	26
2.10.1.3	<i>Rango de funcionamiento</i>	26
2.10.1.4	<i>Velocidad de respuesta</i>	26
2.10.1.5	<i>Calibración</i>	26
2.10.2	<i>Sensor magnético</i>	26
2.10.3	<i>Sensor inductivo</i>	26
2.10.4	<i>Sensor óptico</i>	27
3.	DISEÑO, SELECCIÓN Y MONTAJE DE EQUIPOS, DISPOSITIVOS Y MATERIALES	28
3.1	Diseño.....	28
3.1.1	<i>Mesa indexadora</i>	28
3.1.2	<i>Tablero de control</i>	28
3.1.3	<i>Robot industrial</i>	29
3.1.4	<i>Banda transportadora</i>	29
3.1.5	<i>Estación de ensamblaje</i>	30

3.2	Selección.	30
3.2.1	<i>Selección de equipos.</i>	30
3.2.1.1	<i>Controlador Lógico Programable (PLC) SIMATIC S7-1500.</i>	31
3.2.1.2	<i>Pantalla HMI.</i>	32
3.2.1.3	<i>Mesa indexadora</i>	32
3.2.1.4	<i>Robot industrial Kawasaki RS03N.</i>	33
3.2.1.5	<i>Cinta transportadora.</i>	33
3.2.2	<i>Selección de dispositivos.</i>	34
3.2.2.1	<i>Tarjetas electrónicas Syslink.</i>	34
3.2.2.2	<i>Breakers.</i>	35
3.2.2.3	<i>Electroválvulas.</i>	35
3.2.2.4	<i>Paro de emergencia.</i>	36
3.2.2.5	<i>Cilindro doble efecto.</i>	36
3.2.2.6	<i>Sensor inductivo.</i>	37
3.2.2.7	<i>Sensor óptico</i>	37
3.2.2.8	<i>Sensor magnético</i>	37
3.2.3	<i>Selección de materiales.</i>	38
3.3.1	<i>Montaje del PLC.</i>	40
3.3.2	<i>Montaje del elemento de protección (breaker).</i>	40
3.3.3	<i>Montaje de la pantalla KTP 700.</i>	41
3.3.4	<i>Montaje de las tarjetas Syslink.</i>	42
3.3.5	<i>Montaje de las rampas y sensores.</i>	43
3.3.6	<i>Montaje de sensores.</i>	43
3.3.6.1	<i>Montaje del sensor inductivo</i>	44
3.3.6.2	<i>Montaje del sensor magnético.</i>	44
3.3.6.3	<i>Montaje del sensor óptico.</i>	44
3.3.6.4	<i>Montaje del cilindro de doble efecto.</i>	45
3.3.6.5	<i>Montaje de la estación de ensamblaje.</i>	45
4.	PROGRAMACIÓN Y COMUNICACIÓN MEDIANTE LA RED PROFINET MAESTRO-ESCLAVO DE 2 PLC S7-1500, PATALLA HMI Y ROBOT INDUSTRIAL PARA LA ESTACIÓN DE ESAMBLAJE	46
4.1	<i>Descripción del proceso para la estación de ensamblaje.</i>	46
4.1.1	<i>Creación del proyecto</i>	46
4.1.2	<i>Selección de equipos.</i>	47
4.1.3	<i>Comunicación Profinet.</i>	50
4.1.4	<i>Programación Maestro-Esclavo de 2 PLC S7-1500.</i>	50
4.1.4.1	<i>Programación del PLC_1 Maestro.</i>	50
4.1.4.2	<i>Programación del PLC_2 Esclavo.</i>	52
4.1.5	<i>Programación de la pantalla HMI KTP700 Basic.</i>	56
4.1.6	<i>Programación de robot industrial Kawasaki RS30N.</i>	59

5.	ELABORACIÓN DEL MANUAL DE OPERACIÓN, PLAN DE MANTENIMIENTO Y MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA LOS EQUIPOS DE LA ESTACIÓN DE ENSAMBLAJE.	62
5.1	Elaboración del Manual de Operación de los equipos.	62
5.1.1	<i>Inicialización del proceso de ensamblaje.</i>	63
5.2	Medidas de seguridad.....	64
5.2.1	<i>Normas de seguridad y manejo</i>	64
5.2.2	<i>Medidas de seguridad para la estación de ensamblaje.</i>	65
5.2.3	<i>Medidas de seguridad para elementos eléctricos.</i>	66
5.2.4	<i>Medidas de seguridad para elementos neumáticos.</i>	66
5.3	Plan de Mantenimiento de los equipos que conforman la estación de ensamblaje.....	66
5.3.1	<i>Fichas técnicas.</i>	67
5.3.2	<i>Banco de tareas.</i>	68
5.3.3	<i>Programa de Mantenimiento.</i>	69
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
6.1	Conclusiones	70
6.2	Recomendaciones	71

BIBLIOGRAFÍA

AEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1 Especificaciones mesa indexadora neumática ST-270-A.....	5
2 Especificaciones Kawasaki RS03N.....	23
3 Características fuente de alimentación.....	31
4 Características entradas y salidas digitales.....	31
5 Características CPU.....	31
6 Características de SIMATIC KTP BASIC 700.....	32
7 Características Syslink.....	34
8 Características breaker.....	35
9 Características electroválvula.....	36
10 Codificación de equipos.....	68

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1 Mesa indexadora neumática ST-270-A	4
2 Diagrama de comunicación industrial	8
3 Red Profinet.....	9
4 Estructura del PLC	11
5 SIMATIC S7-1500	13
6 Fuente de alimentación.....	13
7 CPU	14
8 Módulos de periferia.....	14
9 Conector U.....	15
10 Perfil de soporte.....	16
11 Pantalla HMI KTP 700	17
12 Comunicación TIA Portal.....	19
13 Lenguaje de programación KOP	20
14 Lenguaje de programación FUP	21
15 Lenguaje de programación AWL	21
16 Robot industrial Kawasaki	22
17 Sensor magnético.....	26
18 Sensor inductivo	27
19 Sensor óptico	27
20 Plano isométrico mesa indexadora	28
21 Plano isométrico tablero de control	29
22 Plano isométrico robot industrial.....	29
23 Plano isométrico banda transportadora	30
24 Plano isométrico estación de ensamblaje	30
25 PLC S7-1500.	32
26 Pantalla HMI	32
27 Mesa indexadora.....	33
28 Robot industrial Kawasaki RS03N.....	33

29	Cinta transportadora	34
30	Tarjetas electrónicas Syslink	35
31	Breaker	35
32	Válvula neumática	36
33	Cilindro doble efecto	36
34	Sensor inductivo	37
35	Sensor óptico	37
36	Sensor magnético.....	38
37	Riel DIN	38
38	Cable concéntrico	38
39	Cable multifilar.....	39
40	Cable de red.....	39
41	Cable interfaz DB25	39
42	Montaje del PLC 1500.....	40
43	Breaker	41
44	Montaje de la pantalla	41
45	Montaje de la pantalla	42
46	Conexión de la pantalla	42
47	Tarjeta Syslink del tablero.....	43
48	Tarjeta Syslink de la mesa.....	43
49	Montaje de rampas	43
50	Montaje del sensor inductivo.....	44
51	Montaje sensor magnético.....	44
52	Montaje del sensor óptico.....	45
53	Montaje del cilindro de doble efecto	45
54	Vista superior estación de ensamblaje.....	45
55	Pantalla de inicio	46
56	Ventana para seleccionar la opción crear proyecto	47
57	Pantalla de primeros pasos	47
58	Agregar nuevo dispositivo.....	48
59	Pantalla del proyecto creado.....	48

60	Agregar nuevo dispositivo.....	49
61	Selección de pantalla HMI	49
62	Conexión de los dispositivos vía Profinet	50
63	Programación PLC_1 Maestro	51
64	Programación bloque “TRCV_C”	51
65	Configuración de “TCRV_C”	52
66	Programación “TP Time”	52
67	Inicio del proceso de ensamblaje.....	53
68	Programación mesa indexadora.....	53
69	Activación cilindro de carga.....	54
70	Programación bloque “TSEND_C”	55
71	Configuración de “TSEND_C”	55
72	Programación banda transportadora.....	56
73	Configuración pantalla HMI.....	56
74	Comunicación PLC S7-1500 y pantalla HMI	57
75	Formato de imagen.....	57
76	Avisos.....	58
77	Imágenes.....	58
78	Imágenes del sistema.....	59
79	Botones.....	59
80	Controlador E70	60
81	Posición inicial del robot.....	60
82	Teach Pendant	61
83	Modo automático.....	61
84	Módulo de control con pulsador de paro de emergencia.....	66
85	Codificación de equipos y elementos.....	68

LISTA DE ABREVIACIONES

PLC	Controlador Lógico Programable
CPU	Unidad Central de Procesamiento
ROM	Memoria de sólo lectura
RAM	Memoria de acceso aleatorio
KTP	Panel de Teclas Táctiles
Mb	Mega bytes
HMI	Interfaz Hombre-Máquina
I	Entradas digitales
Q	Salidas digitales
AI	Entradas analógicas
AQ	Salidas analógicas

LISTA DE ANEXOS

- A** Datos técnicos de la mesa indexadora
- B** Componentes del PLC S7 – 1500 Siemens
- C** Estructura y conexión de la pantalla HMI KTP700
- D** Rango de movimiento y dimensiones
- E** Tabla de variables de programación PLC_1 MAESTRO
- F** Medidas de seguridad de equipos eléctricos
- G** Medidas de seguridad para equipos neumáticos
- H** Banco de tareas
- I** Plan de mantenimiento

RESUMEN

La Ingeniería de Automatización es un área importante de estudio en la formación académica del Ingeniero de Mantenimiento, pues actualmente la mayoría de procesos industriales se los realiza de manera automática utilizando equipos modernos y tecnología avanzada; por esta razón se implementó una estación de simulación de procesos de ensamblaje en el laboratorio de Automatización de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH; esta estación ha sido elaborada desde su diseño con la ayuda de Solidworks y AutoCAD, que son software para modelado mecánico. Se ha seleccionado cada equipo y elemento que compone esta estación siguiendo parámetros de calidad, funcionamiento, eficiencia y rendimiento; las piezas a ser ensambladas (base, tapa, pasador) se colocarán en sus respectivas rampas. El proceso iniciará de manera automática pulsando el botón “Inicio” en la pantalla HMI KTP 700; cada base a ser ensamblada será ubicada en la mesa indexadora mediante el cilindro doble efecto, luego esta mesa girará un cierto ángulo para que el robot industrial coloque la tapa en esta nueva posición, seguido a esto, la mesa nuevamente girará el mismo ángulo para que el robot coloque el pasador, completando así la etapa de ensamblado obteniendo un producto terminado para que finalmente sea colocado en la banda transportadora y se dirija a un área de almacenamiento. El desarrollo del proceso se detendrá automáticamente una vez que se hayan terminado de ensamblar todas las piezas de trabajo, o a su vez podremos detenerlo pulsando el botón “Paro” en caso de alguna anomalía o emergencia. Para llevar a cabo la implementación de este módulo se comunicó dos PLC S7-1500 de las mismas características con una propagación Maestro-Esclavo mediante el software TIA Portal V13; se debe considerar las medidas de seguridad dentro del laboratorio antes, durante y después de su desarrollo de las prácticas.

PALABRAS CLAVES: <INGENIERÍA DE AUTOMATIZACIÓN>, <ENSAMBLAJE DE PIEZAS DE TRABAJO>, <MESA INDEXADORA>, <PLC S7-1500>, <PROGRAMACIÓN MAESTRO-ESCLAVO>, <ROBOT INDUSTRIAL>.

ABSTRACT

The engineering of automotive is an important area of study in the academic training of maintenance engineer, since currently the majority of industrial processes are performed automatically using modern equipment and advanced technology; for this reason a station of simulation of Assembly processes in the laboratory of automation of de Faculty of mechanics of the ESPOCH was implemented This station has been developed from their desing using Solidworks and AutoCAD, which are software for Mechanical Modeling. It has been selected the equipment and elements that make up this station under parameters of quality, performance, efficiency and performance: the pieces to be assembled (base, cover and pin) be placed on their respective ramps. The process started in a way automatically by pressing the button “start” on the screen KTP 700, each base to be assembled will be placed on the indexer table through double-acting cylinder then this table will rotate a certain angle so the industrial robot place the cover in this new position, followed this, The table again turn the same angle to the robot place the pin, this completing the assembly stage getting a finished product so it is finally placed on the conveyor belt and it is directed to a storage area. The development of the processes will automatically stop once that have finished assembling all the pieces of work, or at the same time can stop it by pressing the button “Stop” in the case of a fault or emergency. To carry out the implementation of this module was communicated two PLC S7-1500 of the same characteristics with a propagation Master/Slave using the TIA Portal V13 software; should be considered security measures in the laboratory before, during and after of it’s the development of the practices.

Keywords <AUTOMATITION ENGINEERING>, <PIECE ASSEMBLING OF WORK>, <INDEXER TABLE>, <PLC S7-1500>, <PROGRAMMING MASTER/SLAVE>, <INDUSTRIAL ROBOT>

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La aparición de la automatización hace referencia a los siglos XVII y XVIII, esta época es considerada como la edad de oro de los autómatas; uno de los grandes pasos se dio con el desarrollo de la mecánica de precisión requerida para la creación de los relojes. Seguido a esto; específicamente en el siglo XVIII las ideas de los autómatas se empezaron a aplicar para las máquinas y la industria, ya que las personas se habían dado cuenta de la importancia de la automatización en las fábricas; es decir el funcionamiento de las máquinas sin necesidad de la acción humana; esta innovación e implementación de procesos automáticos generó muchos beneficios como por ejemplo: el incremento de la eficiencia en la producción, disminución de la mano de obra y por ende la reducción de costos indirectos de fabricación, todo esto fue muy bueno desde el punto de vista de las empresas, pues se optimizaron recursos llegando al objetivo principal que es entregar mayor cantidad de producto con excelente calidad.

En la automatización de procesos intervienen elementos tecnológicos de todo tipo y tamaño desde sensores, electroválvulas, contactores hasta PLC (Programmable Logic Controller o Controlador Lógico Programable), computadores y variadores de frecuencia; todo esto en conjunto es útil para la sistematización de los procesos y optimización de los recursos; es importante mencionar también la intervención de varios software entre los cuales podemos mencionar LabView, TIA (Totally Integrated Automation) Portal, Logo soft, etc. Con todas estas herramientas y elementos se logra la obtención de datos, monitoreo y control de las máquinas o procesos requeridos.

La última tendencia en la automatización es el uso de robots industriales conjuntamente con sistemas de diseño asistido por computadora (CAD) y sistemas de fabricación asistidos por computadora (CAM), por consiguiente en el contexto de la industria se puede decir que la automatización es una tecnología que emplea sistemas mecánicos-eléctricos para la operación y el control de los procesos.

1.2 Justificación

Existe una creciente demanda en la industria de automatizar los procesos productivos mediante diferentes herramientas tecnológicas, con el objetivo de aumentar la productividad, mejorar la calidad y de optimizar recursos tales como tiempo, dinero, mano de obra.

El campo del desenvolvimiento del Ingeniero de Mantenimiento dentro de la industria es muy amplio y se lo puede aplicar en diferentes áreas como la salud, generación eléctrica y en este caso se lo aplicará en la automatización, por lo que el estudiante requiere mejorar sus destrezas en cuanto a la manipulación de equipos de automatización, como son los PLC, variadores de velocidad, etc. Además es indispensable poseer un amplio conocimiento en el área del control de sistemas automáticos en los procesos de producción, los software de frecuente uso, así como también los lenguajes de programación.

En el laboratorio de Automatización de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH existen módulos y equipos que son útiles para el aprendizaje de los estudiantes en el campo de sistemas automáticos; sin embargo con el avance tecnológico estos equipos tienen la necesidad de ser mejorados y renovados para el uso de los futuros profesionales desarrollando sus aptitudes y destrezas.

Como estudiantes de la carrera de Ingeniería de Mantenimiento hemos visto la necesidad de implementar una estación para la simulación de un proceso de ensamblaje en el laboratorio de Automatización utilizando probetas; que son piezas de trabajo del robot industrial Kawasaki SN03, el desarrollo de este proceso se realizará mediante la programación del PLC S7 1500 Siemens y el manejo del robot lo cual facilitará a los estudiantes el desarrollo integral de sus habilidades, y su aptitud para desenvolverse en el campo de sistemas automáticos obteniendo como resultado una mejor formación acorde al perfil profesional.

Con estos conocimientos adquiridos en el laboratorio de Automatización de la Facultad de Mecánica se logrará la familiarización con los procesos que existen en el entorno laboral dentro de la industria actual, con tecnología y equipos modernos para un desarrollo de prácticas eficientes, seguras y confiables.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Implementar una estación para simulación de procesos de ensamblaje con mesa indexadora y robot industrial en el laboratorio de Automatización de la Facultad de Mecánica.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Diseñar, seleccionar y montar correctamente cada uno de los elementos que conforma la estación de simulación de ensamblaje.

Realizar la programación del Controlador Lógico Programable S7-1500 SIEMENS mediante el software Step7 Basic, para las condiciones de ensamblaje requeridas en este proceso.

Programar y establecer los parámetros de las diferentes etapas y posicionamientos que realizará el robot industrial Kawasaki RS03N; para la colocación exacta y ensamblaje de sus piezas de trabajo.

Elaborar un manual de mantenimiento y de operación para la estación de ensamblaje.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Línea de ensamblaje

Una línea de ensamble está formada por un cierto número de estaciones de trabajo y de tareas que contemplan un tiempo de proceso o un tiempo para procesar las tareas en cada estación. En donde un conjunto de piezas son agregadas de manera predefinida por medio de una secuencia (orden de proceso) para crear un determinado producto. (RIVAS, 2000)

2.2 Proceso de mecanizado sobre mesa indexadora

Uno de los métodos alternativos de automatización de procesos son las mesas indexadoras, sobre todo en los procesos de mecanizado de piezas. El mecanizado es el proceso de fabricación mediante varias operaciones para dar una determinada forma a una pieza cualesquiera que fuera su material. (PUERTO, 2009)

2.3 Mesa indexadora neumática ST-270-A

Es una mesa neumática que proporciona movimiento de giro hacia un solo lado cada cierto ángulo, los grados de giro van a depender de las posiciones que tenga la mesa. Existen disposiciones de 4, 6, 8, 12 y 24 posiciones dependiendo de la aplicación que se le vaya dar. La mesa indexadora es una unidad completa y lista para su utilización, equipada con un cilindro neumático y su distribuidor de mando, su sistema paso a paso permite su utilización como mesa de aportación o divisor para operaciones de mecanización, montaje, ensamblaje o de manutención. (TECNAUTOMAT, 2009)

Figura 1. Mesa indexadora neumática ST-270-A



Fuente: (FESTO, 2009)

2.3.1 *Principio de funcionamiento.* Mediante un impulso neumático o eléctrico sobre el distribuidor, se produce el retroceso del cilindro; cuando el cilindro llega al final de su recorrido de retroceso acciona un captador neumático incorporado que invierte la posición del distribuidor y consecuentemente provoca el movimiento de salida del vástago del cilindro, giro del plato y llegando a su final de recorrido el plato permanece enclavado hasta un nuevo impulso.

2.3.2 *Sincronismo.* Los dispositivos de sincronismo proporcionan una señal neumática o eléctrica cuando el plato está en su posición de trabajo (fin de giro). Este sincronismo es indispensable para el funcionamiento de una máquina.

2.3.3 *Amortiguación.* Cuando las velocidades de giro sean elevadas y las cargas sean importantes se recomienda equipar a la mesa de un dispositivo de amortiguación hidráulico para evitar los golpes de fin de giro. (TECNAUTOMAT, 2009)

2.3.4 *Características constructivas.*

- Base de acero fundido
- Eje central templado, rectificado y lubricado.

Tabla 1. Especificaciones mesa indexadora neumática ST-270-A

Especificaciones principales ST-270-A	
Sentido de rotación	Horario
Accionamiento de la válvula	Eléctrico o neumático
Medio	Aire comprimido, filtro, lubricación
Posición de montaje	Horizontal, vertical, angular
Conexión	G1/8
Rango de presión de trabajo	5 – 7 bar

Tabla 2. (Continua) Especificaciones mesa indexadora neumática ST-270-A

Control de presión de trabajo	2 – 10 bar
Diámetro de la mesa giratoria	d=270 mm, m=10,5 kg,
Número de paros de la estación	4,6,8,12,24
Estación individual de indexación	10,14,15,16,17,18,19,20,21,22,26,30
Precisión de indexación	+/- 0.03mm con 270mm de diámetro
Torque a 6 bar	47 Nm
Carga de sujeción	Max. 500N, Max. 2.6 kgm ²
Carga axial de trabajo	Max. 3000N axial, Max 32Nm(torque)
Rango de temperatura	-10 ⁰ C +60 ⁰ C
Peso	38.2 kg

Fuente: (FESTO, 2009)

2.4 Redes de comunicación industrial

Una red de comunicación industrial se puede definir como una red de tiempo real utilizada en un sistema de producción para conectar distintos procesos de aplicación con el propósito de asegurar la explotación de la instalación (comando, supervisión, mantenimiento y gestión). (CORRALES, 2007)

2.4.1 *Clasificación de las redes de comunicación industrial.* Las comunicaciones deben poseer unas características particulares para responder a las necesidades de intercomunicación en tiempo real. Además, deben resistir un ambiente hostil donde existe gran cantidad de ruido electromagnético y condiciones ambientales duras. En el uso de comunicaciones industriales se pueden separar dos áreas principales: una comunicación a nivel de campo y comunicación hacia el SCADA. En ambos casos la transmisión de datos se realiza en tiempo real o por lo menos, con una demora que no es significativa respecto a los tiempos del proceso, pudiendo ser crítico para el nivel de campo. Según el

entorno donde va a ser instalada, dentro de un ámbito industrial, existen varios tipos de redes. **(GUERRERO, 2009)**

2.4.1.1 *Red de factoría.* Especialmente para redes administrativas entre ellas: oficina, contabilidad, ventas, gestión de pedidos, etc., la cantidad de información intercambiada es muy alta, los tiempos de respuesta no son críticos.

2.4.1.2 *Red de planta.* Logra interconectar módulos y células de fabricación entre sí y con departamentos como diseño o planificación. Suele emplearse para el enlace entre las funciones de ingeniería y planificación con las de control de producción en planta y secuencia de operaciones. Estas redes deben manejar mensajes de cualquier tamaño, gestionar eficazmente errores de transmisión (detección y corrección), cubrir áreas extensas (puede llegar a varios kilómetros).

2.4.1.3 *Red de célula.* Interconexión de dispositivos de fabricación que operan en modo secuencial, como robots, máquinas de control numérico, autómatas programables, etc. Las características principales en estas redes son: gestionar mensajes cortos eficientemente, capacidad de manejar tráfico de eventos discretos, mecanismos de control de error (detectar y corregir), posibilidad de transmitir mensajes prioritarios, bajo coste de instalación y de conexión por nodo, recuperación rápida ante eventos anormales en la red y alta fiabilidad.

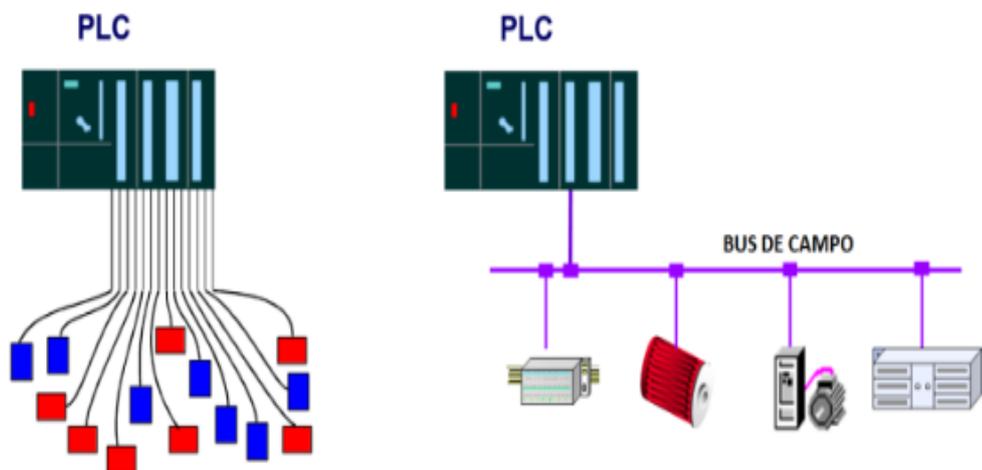
2.4.1.4 *Bus de campo.* Son de utilidad para sustituir cableado entre sensores, actuadores y sus correspondientes elementos de control. Los buses de campo deben ser de bajo coste, transmitir en tiempo real, además de permitir controladores esclavos inteligentes.

Panorámica de los buses de campo. Las señales de procesos industriales, originadas a pie de máquina, se transmiten normalmente en un extenso cableado punto a punto, incluso haciendo uso de transmisores “inteligentes”. Esto significa que para cada sensor o actuador situado en campo se encuentra conectado a los módulos de entradas/salidas de los PLC, utilizando un par de hilos por instrumento. **(CORRALES, 2007)**

Cuando la distancia entre el instrumento y sistemas de control comienza a ser considerable o cuando existe en el proceso un gran número de instrumentos, debemos tener en cuenta los costos de cableado, sobre todo cuando se establece la necesidad de un número extenso de conductores de reserva, de cara a futuras ampliaciones. Por estas razones, en la actualidad se están implantando definitivamente la filosofía del bus de campo. Con este sistema es posible la sustitución de grandes haces de conductores por un simple cable bifilar o fibra óptica, común para todos los sensores y actuadores, con el consiguiente ahorro económico que ello supone. La comunicación de la variable de procesos será totalmente digital.

Inicialmente, los buses de campo están muy poco normalizados, por lo que existe una gran variedad de ellos con diferentes características dependiendo de a que aplicaciones estén destinadas. Lo que actualmente cabe afirmar que los buses de campo están llegando a un periodo de madurez, planteándose la convivencia de un número reducido de estándares con posibles soluciones de comunicación entre ellos.

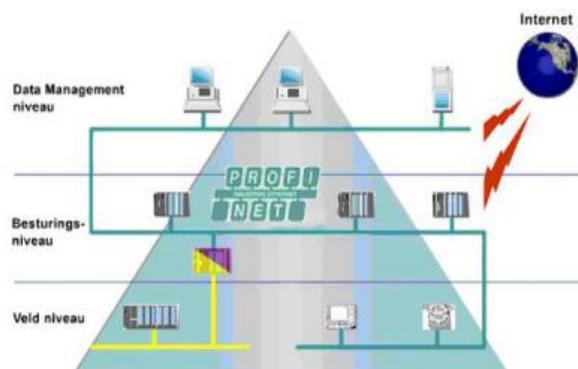
Figura 2. Diagrama de comunicación industrial



Fuente: (CORRALES, 2007)

2.4.2 *Red Profinet.* Es un estándar Ethernet que cumple con cierta especificación para la automatización industrial. Este tipo de red permite conectar equipos desde el nivel de campo (PLC y otros dispositivos) hasta el nivel de gestión (sistemas informáticos e internet). Profinet permite una comunicación homogénea con la ingeniería cubriendo toda la planta industrial y de gestión apoyando las tecnologías de la información hasta el nivel de campo.

Figura 3. Red Profinet



Fuente: (CORRALES, 2007)

Al igual que una red Ethernet, Profinet utiliza el conjunto de protocolos TCP/IP para la transferencia de datos en toda la empresa y a todos los niveles. Podría decirse entonces que Profinet es un Ethernet Industrial, no obstante, cabe distinguir algunos aspectos y diferencia entre ellos. (CORRALES, 2007)

2.4.2.1 *Ethernet industrial.* Es una potente red de área y célula de acuerdo con los estándares IEEE 802.3 (Ethernet) con la que se puede crear redes de comunicación eficaces de gran extensión. Es un sistema que ofrece todo el potencial que ofrece Ethernet, pero utiliza medidas de seguridad, incluidas las de control de acceso y autenticación, seguridad en la conectividad y administración, a fin de asegurar y garantizar la confidencialidad e integridad de la red y ofrecer datos libres de interferencias. (CORRALES, 2007)

Efectivamente las redes Ethernet Industrial deben ser altamente confiables y seguir en funcionamiento durante duras condiciones ambientales, interrupciones accidentales de red y fallas de los equipos. La caída de una red puede ser peligrosa y cara debido a que es un elemento clave de preocupación en el rendimiento de extremo a extremo, es decir la capacidad de garantizar que un paquete es enviado y recibido en un determinado periodo de tiempo.

2.4.2.2 *Profinet.* Es la evolución del estándar abierto de Ethernet Industrial para la automatización, utiliza Industrial Ethernet y permite la comunicación en tiempo real hasta el nivel de campo, aprovechando plenamente los estándares de la tecnología de la información existente. Profinet tiene determinismo y permite establecer prioridad en la

red, evitando así la saturación de la red e incrementando por tanto la seguridad en la red. **(CORRALES, 2007)**

2.4.2.3 *Características de Profinet*

- Profinet I/O ofrece funcionamiento en tiempo real para datos E/S cíclicos.
- Se puede utilizar los cables y switches estándar de Ethernet.
- Sistema Maestro – Esclavo, como en Profibus.
- Se configura como una red de campo.
- Los dispositivos ya no se direccionan mediante número de nodos, sino mediante un nombre.
- Comunicación fácil, rápida, flexible y abierta.
- Alta velocidad, tiempo de ciclo por dispositivo.
- Grandes velocidades de transmisión (10-100-1000 Mbps).

2.4.2.4 *Comunicación vía Profinet.* Los equipos dotados con puerto Profinet, como es el caso de la nueva familia de CPU de Siemens, soportan la comunicación basada en los protocolos TCP/IP, lo que les permite conexiones y comunicaciones muy diversas para el intercambio de datos a través del programa de usuario con otros interlocutores vía Ethernet. **(GUERRERO, 2009)**

2.5 **Controlador Lógico Programable (PLC)**

Es un aparato digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas, a saber: lógicas, secuencias, temporizados, conteos y aritmética; con el objetivo de controlar máquinas y procesos. **(PEREZ, 2013)**

2.5.1 *Estructura del PLC.* Las partes fundamentales son la unidad central de procesos o CPU y las interfaces de entradas y salidas. La CPU es el cerebro del PLC, está formada por el procesador y la memoria. 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:

Figura 4. Estructura del PLC



Fuente: (PEREZ, 2013)

2.5.1.1 *CPU*. La CPU es el cerebro del PLC, es responsable de la ejecución del programa desarrollado por el usuario. Está formado por dos partes fundamentales: procesadores y memorias. También puede contener otros elementos como puertos de comunicación, circuitos de diagnóstico, fuentes de alimentación, etc.

2.5.1.2 *Procesador*. Tiene como labor principal la de ejecutar el programa realizado por el usuario, pero además tiene otras tareas: la de administrar la comunicación y ejecutar los programas de auto diagnóstico. Para poder realizar todas estas tareas el procesador necesita un programa escrito por el fabricante llamado sistema operativo.

Este programa no es accesible por el usuario y se encuentra grabado en la memoria no volátil que forma parte de la CPU. Todas las tareas que realiza el procesador son ejecutadas en forma secuencial y cíclica mientras este alimentada con tensión. A cada ciclo se lo denomina barrido o scan. El tiempo que demanda al PLC completar un ciclo se denomina “tiempo de barrido” o “scan time”. En general’ los fabricantes brindan el tiempo de barrido para ejecutar 1024 (1K) instrucciones de lógica booleana.

2.5.1.3 *Memoria*. El sistema operativo, el programa de aplicación, las tablas de entrada y salida’ los registros internos están asociados a distintos tipos de memoria. La capacidad de almacenamiento de una memoria suele cuantificarse en bits, bytes o words.

El sistema operativo viene grabado por el fabricante y como debe permanecer inalterado y el usuario no debe tener acceso a él, se guarda en una memoria como las ROM, EPROM o EEPROM, que son memorias cuyo contenido permanece inalterable en ausencia de

alimentación. El programa construido por el usuario debe permanecer estable durante el funcionamiento del equipo y además debe ser fácil de leer, escribir o borrar.

Por eso, es que se usa para su alimentación memorias tipo RAM o EEPROM.

2.5.1.4 *Estradas y salidas.* Las entradas y salidas son los elementos del PLC que lo vinculan al campo. En el caso de las entradas deben ser adecuadas a las tensiones y corrientes que maneja el procesador para que este las pueda reconocer y en el caso de las salidas las señales del procesador deben ser modificadas para actuar sobre algún dispositivo del campo.

2.6 PLC SIMATIC S7-1500

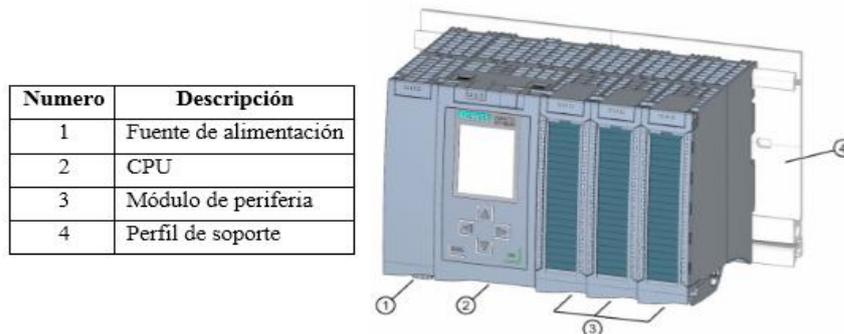
El SIMATIC S7-1500 es el perfeccionamiento de los sistemas de automatización SIMATIC S7-300, S7-1200. Mediante la integración de numerosas características de rendimiento, el sistema de automatización S7-1500 ofrece una excelente manejabilidad y el máximo rendimiento. (SiemensS7-1500, 2016)

- Mayor rendimiento del sistema.
- Funcionalidad Motion Control Integrada
- Profinet IO IRT
- Pantalla integrada para el manejo y diagnóstico a pie de máquina.
- Innovación del lenguaje STEP 7 manteniendo las funciones probadas.

El sistema de automatización S7-1500 ofrece la flexibilidad y el rendimiento necesario para el elevado ancho de banda de aplicaciones de control de la construcción de instalaciones y máquinas. La estructura escalable permite adaptar el controlador a las exigencias a pie de proceso. El sistema de automatización S7-1500 está homologado para el tipo de protección IP20 y para el montaje en un armario eléctrico. El sistema de automatización S7-1500 se monta en un perfil de soporte y puede estar compuesto de un máximo de 32 módulos. Los módulos se conectan entre sí mediante conectores U.

2.6.1 Configuración del sistema de automatización PLC S7-1500

Figura 5. SIMATIC S7-1500



Fuente: (SIMATIC_Siemens1500, 2015)

2.6.1.1 *Fuente de alimentación.* Una fuente de alimentación de carga está destinada a alimentar un sistema de automatización S7-1500 a través de un conector frontal de la CPU. Para el uso de fuentes de alimentación de carga recomiendan que sean dispositivos de la serie SIMATIC. Estos dispositivos se pueden montar en el perfil soporte y las fuentes de alimentación de carga están disponibles en distintas variables:

- PM 70W 120/230V AC
- PM 190W 120/230V AC

Figura 6. Fuente de alimentación



Fuente: (SIMATIC_Siemens1500, 2015)

2.6.1.2 *Unidad central de proceso.* La CPU ejecuta el programa de usuario y con la fuente de alimentación del sistema integrada, alimenta la electrónica de los módulos

agregados a través del bus de fondo.

- Comunicación Ethernet.
- Comunicación vía PROFIBUS/PROFINET
- Comunicación HMI
- Servidor web integrado
- Tecnología integrada.
- Diagnóstico de sistema integrado.
- Seguridad integrada.

Figura 7. CPU



Fuente: (SIMATIC_Siemens1500, 2015)

2.6.1.3 *Módulo de periferia.* Los módulos de periferia constituyen la interfaz entre el controlador y el proceso. A través de los sensores y actuadores conectados, el controlador detecta el estado actual del proceso y dispara las reacciones correspondientes. Los modelos de periferia se clasifican en los siguientes tipos:

Figura 8. Módulos de periferia



Fuente: (SIMATIC_Siemens1500, 2015)

- Entradas digitales (DI)
- Salidas digitales (DQ)
- Entradas analógicas (AI)
- Salidas analógicas (AQ)
- Módulo tecnológico (TM)
- Módulo de comunicaciones (CM)
- Procesador de comunicaciones (CP)

2.6.1.4 *Conector U*. El conector U sirve para conectar los módulos del sistema de automatización SIMATIC S7-1500, establece la conexión mecánica y eléctrica entre los módulos. La fuente de alimentación del sistema es un módulo de alimentación apto para diagnóstico que está conectado al bus de fondo mediante un conector U, el volumen de suministro de la fuente de alimentación está enlazado por este conector.

Figura 9. Conector U



Fuente: (SIMATIC_Siemens1500, 2015)

2.6.1.5 *Perfil de soporte*. El perfil soporte es el porta módulos del sistema de automatización SIMATIC S7-1500. Los componentes conformes en la norma EN 60715 (módulos de la gama S5-1200 Y ET 200SP, bornes, fusibles automáticos, pequeños contactores y componentes similares) pueden montarse directamente en el perfil DIN estándar integrado que hay en la parte inferior del perfil soporte; a continuación podemos observar de mejor manera éste perfil mediante el gráfico.

Figura 10. Perfil de soporte



Fuente: (SIMATIC_Siemens1500, 2015)

2.7 Pantallas HMI

Una Interfaz Hombre-Máquina o HMI, Human Machine Interface, por sus siglas en inglés, es un sistema que presenta datos a un operador y a través del cual este controla un determinado proceso. La pantalla HMI podemos definirlas como una ventana de un proceso, donde esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operación o en una computadora. La interfaz de usuario es el punto de acción en que el hombre entra en contacto con la máquina, debe estar adaptada a sus requisitos y capacidades

La interacción Hombre-Máquina tiene como objetivo de estudio el diseño, evaluación y implementación de sistemas interactivos de computación para el uso humano, así como los principales fenómenos que los rodean. Dado que éste es un campo muy amplio han surgido áreas más especializadas, entre las cuales se encuentran diseño de interfaces de usuarios, arquitectura de información y usabilidad. **(Siemens, 2014)**

2.7.1 Clasificación de la gama SIMATIC HMI Basic Panels

- KPT 300 básica mono
- KPT 400 básica mono
- KTP 600 básica mono
- KTP 700 color básica
- KTP 1000 color básica
- KTP 1500 color básica

2.7.2 Características HMI

- Hardware estándar para distintas aplicaciones permite controlar varias aplicaciones según el requerimiento del operador.
- Posibilidad de modificaciones futuras sin parar el proceso, mediante el software se puede modificar las condiciones de trabajar para la obtención del proceso deseado.
- Posibilidad de ampliación se puede reemplazar y añadir dispositivos de acuerdo al crecimiento del proceso en la industria.
- La interconexión y cableado exterior es muy baja ya que sustituyen sistemas cableados (elementos físicos como botones, interruptores, equipos de relé, lámparas, led) por sistemas programables compactos.
- Tiempo de implantación es muy corto.
- Realizar el mantenimiento es más fácil ya que se lo realiza mediante el programa que fue previamente cargado en el proceso que está siendo objeto de control.
- Interfaz gráfica del operador: proporciona al operador las funciones de control y supervisión de la planta.
- Gestión y archivo de datos: almacenamiento y proceso ordenados de datos de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a la información que posee.

2.7.3 Aspectos destacables de la pantalla HMI KTP 700

Figura 11. Pantalla HMI KTP 700



Fuente: (Siemens, 2014)

Los paneles SIMATIC HMI Basic han sido diseñados para operar a la perfección con el nuevo controlador SIMATIC S7-1500. La gama SIMATIC HMI BASIC para aplicaciones compactas ofrecen una solución que puede adaptarse a la perfección a las necesidades específicas de visualización: potencia y funcionalidad optimizada, gran variedad de tamaños de pantalla y un montaje sencillo que facilita la ampliación.

2.7.4 *Interfaz Profinet.* Los nuevos paneles SIMATIC HMI Basic Panels con interfaz Profinet integrada permite la visualización de máquinas y procesos de una manera sencilla e intuitiva, además de la comunicación con el controlador conectado y la transferencia de datos de parametrización y configuración. Esto es parte esencial de la interacción con SIMATIC S7-1500.

2.7.5 *Funcionalidades.* Todos los modelos de SIMATIC HMI Basic Panels están equipados con todas las funciones básicas necesarias, como sistema de alarma, diagramas de curvas y gráficos vectoriales. La herramienta de configuración incluye una librería con numerosos gráficos y otros objetos diversos.

También es posible administrar los usuarios en función de las necesidades de los diferentes sectores, por ejemplo para la autenticación de mediante nombre de usuario y contraseña. **(Siemens, 2014)**

2.7.6 *Aplicación universal.* Con sus numerosas certificaciones y cumplimiento de diversas normas, así como con la creación de configuraciones en hasta 32 idiomas, incluidos los sistemas de escritura asiáticos y cirílicos los paneles SIMATIC HMI Basic Panels pueden utilizarse literalmente en todo el mundo.

Durante el funcionamiento puede alternarse en línea hasta 5 idiomas. Además el manejo intuitivo se refuerza por medio de los gráficos específicos del idioma. La aplicación integrada en la red de los autómatas, donde el operario podrá controlar todos los movimientos, parámetros, etc.

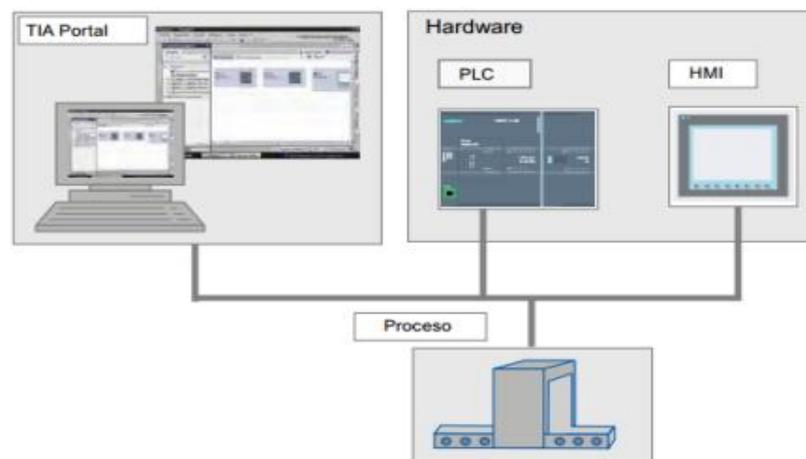
2.7.7 *Teclas de función.* Además del manejo táctil, los equipos están provistos de teclas de función configurable, alas que pueden asignarse funciones de manejo individuales dependiendo de la pantalla.

Además estas teclas ofrecen un feed back táctil para una mayor comodidad de uso y seguridad de manejo.

2.8 Software TIA Portal

El Totally Integrated Automation Portal (TIA portal) es el innovador sistema de ingeniería que permite configurar la forma intuitiva y eficiente todos los procesos de planificación y producción. Conviene por su funcionalidad probada y por ofrecer un entorno de ingeniería unificado para todas las tareas de control, visualización y accionamiento. (PORTAL, 2013)

Figura 12. Comunicación TIA Portal



Fuente: (PORTAL, 2013)

2.8.1 *Características del TIA Portal.* En el mundo de la automatización la complejidad de las tareas es variable por eso un buen software de ingeniería debe garantizar la interoperabilidad a fin de ahorrar tiempo y agilizar la flexibilidad en los proyectos con las siguientes características:

- Innovadores componentes de la automatización.
- Perfecta integración de los accionamientos.
- Diagnostico automático del sistema.
- Alto rendimiento de comunicación Profinet.
- Funcionalidad safety integrada.

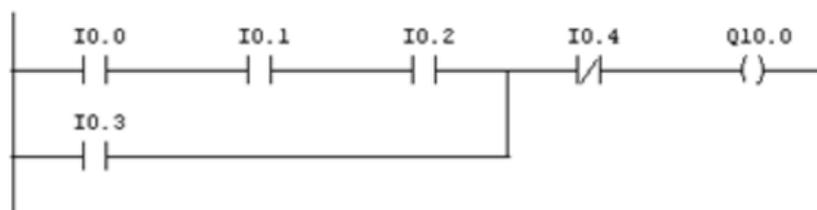
2.8.2 *Aplicaciones del TIA Portal.* Las aplicaciones más importantes que realiza el software TIA portal son para los Controladores Lógicos Programables en la industria de la automatización donde permite optimizar los tiempos de cada uno de los procesos y la reducción del personal capacitado.

- Modifican y actualizan automáticamente los datos de un PLC y HMI.
- Reduce la probabilidad de que aparezcan errores y se crean proyectos transparentes y compactos.
- Garantiza una consistencia absoluta en todo el proyecto de automatización.
- Establece conexión vía Profinet y Profibus.
- Se puede reducir los bloques o proyectos enteros, reduciendo el trabajo de ingeniería e incrementando la calidad de sistemas de automatización.

2.8.3 *Lenguaje de programación.* El software TIA Portal realiza su programación mediante tres lenguajes conocidos a nivel mundial.

2.8.3.1 *Lenguaje de programación KOP.* Es comúnmente conocido como lenguaje Ladder o contactos y es muy utilizado debido a la facilidad de comprensión.

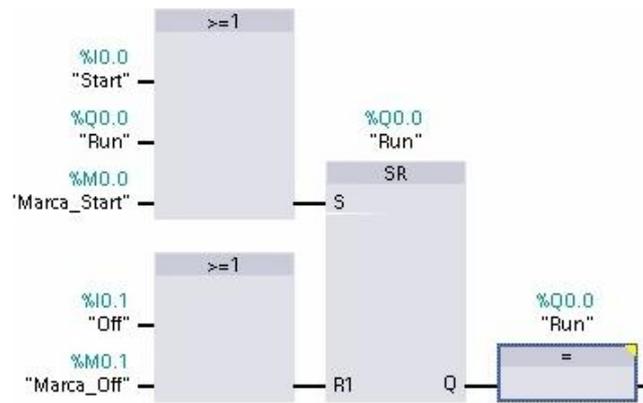
Figura 13. Lenguaje de programación KOP



Fuente: Autores

2.8.3.2 *Lenguaje de programación FUP.* Conocido como diagrama de funciones y que para su programación utiliza Algebra Booleana, se trata de una programación basado en bloques lógicos de estilo “OR”, “AND”, etc. Su nombre viene de la palabra germana Funktionsplan que viene a decir diagrama de funciones, la parte positiva es que de un vistazo se ve gran parte de la programación. Hay mayor curva de aprendizaje proveniente del sector eléctrico ya que seguramente el lenguaje FUP es más eficiente.

Figura 14. Lenguaje de programación FUP



Fuente: (SIEMENS, 2016)

2.8.3.3 *Lenguaje de programación AWL.* Conocido como lenguaje de instrucciones, el mismo que consiste en una lista de códigos donde cada uno de ellos responde a una instrucción.

Figura 15. Lenguaje de programación AWL

AWL		
000:	L	I0.1
001:	AN	I0.2
002:	LW	I0.1
003:	A	I0.2
004:	O	
005:	=	Q0.2
<hr/>		
000:	L	I0.1
001:	XO	I0.2
002:	=	Q0.2

Fuente: (SIEMENS, 2016)

2.9 Robótica

La robótica es una rama de la tecnología que se encarga de investigar y desarrollar una clase exclusiva de sistemas mecánicos, denominados robots manipuladores, diseñados para realizar una variedad de aplicaciones como son: industriales, científicas, domésticas y comerciales. (REYES, 2011)

2.9.1 *Robots industriales.* Oficialmente la ISO (International Organization for Standardization) lo define como un manipulador multipropósitos, reprogramable y controlado automáticamente en tres o más ejes. Los robots industriales conocidos como

brazos robots o brazos mecánicos, por su similitud al brazo humano, se componen de una base la cual puede rotar 360 grados alrededor de su eje de giro, además de que poseen articulaciones para hombro y codo.

En el extremo final de codo está ubicada la muñeca que le permite orientar a la herramienta final. Este robot tiene como finalidad trabajar en un proceso industrial, sus principales aplicaciones se encuentran en fundidoras, fabricas ensambladoras automotrices, procesos de soldadura de arco, etc. **(RIVAS, 2000)**

2.9.2 *Robot industrial Kawasaki RS03N.* Es un robot que posee alta velocidad de operación con movimiento rotacional y angular además posee el movimiento de interpolación lineal que significa que debe mover dos o tres articulaciones al mismo tiempo la cual es muy importante para la manipulación del robot y control del mismo.

Es un robot muy completo y funcional, posee 6 ejes con sus respectivos frenos y llega a pesar solo 20 kg, incorpora líneas neumáticas internas y su tamaño compacto permite que sea montado directamente en una parte superior de la máquina o de la mesa. **(RS03N, 2015)**

Figura 16. Robot industrial Kawasaki



Fuente: (RS03N, 2015)

Los motores de alto rendimiento, combinado con una construcción de brazo rígido,

permite la fuerza con la muñeca superior y capacidad de carga. El diseño del brazo delgado requiere muy poco espacio en el suelo. Múltiplos robots pueden ser instalados en aplicaciones de alta densidad, sin obstaculizar el rendimiento.

Los robots de la serie R se puede programar de dos maneras, a través de la botonera de robot o un ordenador y el uso de una de las dos metodologías de programación de Kawasaki. Bloques Funcionales o Lenguaje AS. El método de programación de bloques funcionales elimina el tiempo que consume la enseñanza del programa con el software de la generación de auto-ruta. El lenguaje AS proporciona la máxima flexibilidad a través de cualquier archivo de texto.

2.9.3 *Características del robot RS03N.* Especificaciones técnicas de mayor importancia del manipulador robótico. (RS03N, 2015)

Tabla 3. Especificaciones Kawasaki RS03N

Especificaciones Principales RS03N	
Tipo	Articulado
Carga útil	3 kg
Alcance lateral	620 mm
Alcance vertical	967 mm
Repetitividad	0.02 mm
Máxima velocidad	6 m/s
Grados de libertad	6 ejes
Motor	Servomotor con escobillas
Frenos	Todos los ejes
Final de carrera	Ajustable tope mecánico JT1
Masa	20 kg

Tabla 4. (Continua)Especificaciones Kawasaki RS03N

Temperatura	0 – 45 °C
Vibración	Menor a 0.5G
Instalación	Suelo – techo
Conexión Ethernet	Estándar
Lenguaje de programación	AS y bloque funcionales
Comunicación con hardware	Conector D- Sub 25 – pines
Conexión	230V; 50/60 Hz; 1.5 kVA; Monofase
Memoria	1 MB(útil para aprox. 5000 pasos)
Señales de entrada/salida	32/32

Fuente: (RS03N, 2015)

2.9.4 *Componentes del robot.* Las partes que constituyen al robot son: estructura mecánica, controlador, unidad de servicio manual o “teach pendant” y el efector.

2.9.4.1 *Estructura mecánica.* Es el cuerpo del robot y está conformado por sensores y actuadores que permiten realizar algún tipo de movimiento.

2.9.4.2 *Controlador serie E70.* Su función es de regular cada uno de los movimientos del manipulador, las acciones, cálculos y el procesamiento de la información. El controlador puede recibir y enviar señales a otros dispositivos (por medio de señales de entrada/salidas) y es capaz de almacenar programas.

2.9.4.3 *Teach Pendant.* Es un tipo de interfaz HMI que permite diseñar, modificar y consultar programas que se cargan al manipulador industrial.

2.9.4.4 *Efector.* Herramienta que permite manipular objetos, además el robot está equipado con ventosas neumáticas.

2.9.5 *Aplicaciones.*

- Estación de almacenamiento
- Ensamblaje
- Dispensas
- Inspección
- Máquinas herramientas
- Manejo de materiales
- Soldadura
- Control de calidad.
- Etiquetado

2.10 **Sensores**

Un sensor o captador es un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica que sea capaz de ser cuantificada.

Los sensores son elementos fundamentales en todo sistema automático y como tal precisan de un estudio adecuado tanto de sus características como de sus aplicaciones. Las aplicaciones industriales de los sensores se enfocan principalmente a acciones de detección de presencia de piezas, identificación de acuerdo con su forma, material y color, control de velocidad y posición lineal y angular, control y mediciones de temperatura en plantas reales, medición de presión y fuerza en circuitos neumáticos y otros. (BERNABEU, 2005)

2.10.1 *Características de los sensores*

2.10.1.1 *Exactitud.* La exactitud de la medición debe ser tan alta como fuese posible. Se entiende por exactitud que el valor verdadero de la variable se pueda detectar sin errores sistemáticos positivos o negativos en la medición. Sobre varias mediciones de la variable, el promedio de error entre el valor real y el valor detectado tenderá a ser cero.

2.10.1.2 *Precisión.* La precisión que existe o no una pequeña variación aleatoria en la medición de la variable y la dispersión en los valores de una serie de medición será mínima.

2.10.1.3 *Rango de funcionamiento.* El sensor debe tener un amplio rango de funcionamiento siendo exacto y preciso en todo el rango.

2.10.1.4 *Velocidad de respuesta.* El transductor debe ser capaz de responder a los cambios de la variable detectada en un mínimo tiempo. Lo ideal sería una respuesta instantánea.

2.10.1.5 *Calibración.* El tiempo y los procedimientos necesarios para llevar a cabo el proceso de calibración deben ser mínimo, además el sensor no debe necesitar una recalibración frecuente. El termino desviación se aplica con frecuencia para indicar la pérdida gradual de exactitud del sensor que se produce con el tiempo y el uso, lo cual hace necesaria su recalibración.

2.10.2 *Sensor magnético.* Los sensores de proximidad magnéticos son caracterizados por la posibilidad de distancias grandes de la comunicación, disponible de los sensores con dimensiones pequeñas.

Detectan los objetos magnéticos (imanes generalmente pequeños) que se utiliza para accionar el proceso de la comunicación. Los campos magnéticos pueden pasar a través de muchos materiales no magnéticos, el proceso de la conmutación se puede también accionar sin la necesidad de la exposición directa al objeto. (FERNANDEZ, 2005)

Figura 17. Sensor magnético

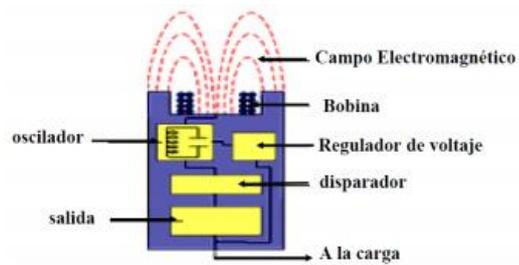


Fuente: (Autores)

2.10.3 *Sensor inductivo.* El sensor inductivo es aquel que lleva incorporado una bobina electromagnética la cual tiene la función de detectar la presencia de un objetivo

metálico exclusivamente por lo que el sensor llega a ignorar objetos no metálicos.

Figura 18. Sensor inductivo



Fuente: (FERNANDEZ, 2005)

Cuando a un objeto especialmente metálico entra al campo, procede a circular una corriente dentro del objetivo, por lo que esto llega a aumentar la carga en el sensor, lo cual permite disminuir la amplitud del campo magnético. Donde el circuito del disparo llega a monitorear la amplitud del oscilador y a un nivel predeterminado, el cual conmuta el estado de salida del sensor. Para el cual conforme al objetivo se aleja del sensor inductivo, la amplitud del oscilador llega a aumentar. (FERNANDEZ, 2005)

2.10.4 *Sensor óptico.* Se basan en la generación de un haz luminoso por parte de una señal foto emisor, que se proyecta sobre una señal foto receptor, o bien sobre un dispositivo reflectante.

Figura 19. Sensor óptico



Fuente: (Autores)

Trabajan en modo barrera y se utilizan para cubrir mayores distancias con fuentes luminosas independientes del detector. Ambos tipos suelen trabajar con frecuencias en banda de infrarrojo.

CAPÍTULO III

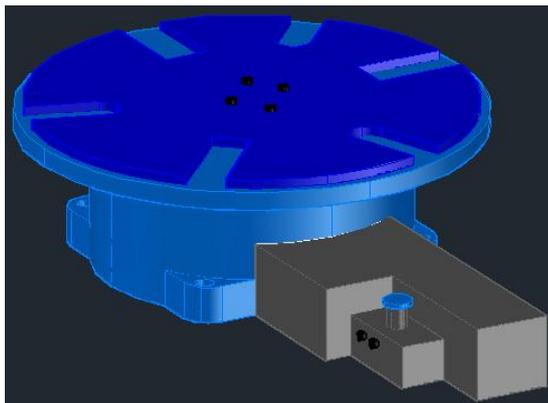
3. DISEÑO, SELECCIÓN Y MONTAJE DE EQUIPOS, DISPOSITIVOS Y MATERIALES.

3.1 Diseño

Para diseñar la estación que simula un proceso de ensamblaje se debe conocer los equipos, dispositivos (electrónicos, eléctricos, neumáticos, mecánicos) y materiales que se utilizarán, además obtener sus medidas estándar para montarlos en el espacio físico con el que contamos en el laboratorio de Automatización. Se ha utilizado el software Solid Works y AutoCAD 2015 para diseñar virtualmente la estación completa de ensamblaje.

3.1.1 *Mesa indexadora.* La mesa indexadora se encuentra en el laboratorio de Automatización en óptimas condiciones, ésta será utilizada dentro del proceso para dar movimiento rotativo a las piezas que serán ensambladas en la estación.

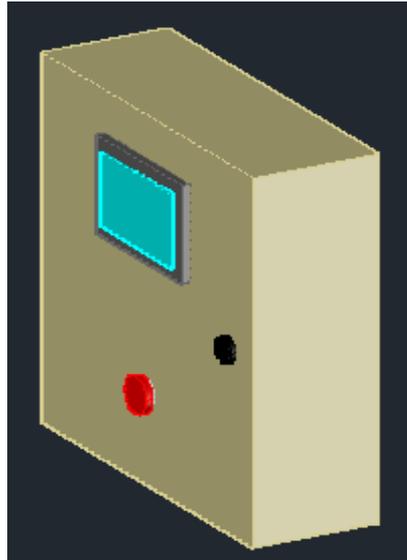
Figura 20. Plano isométrico mesa indexadora



Fuente: (Autores)

3.1.2 *Tablero de control.* El tablero de control será una parte fundamental de la estación, debido a que ahí se colocara la pantalla HMI KTP 700, que dará inicio al proceso de ensamblaje; el PLC S7-1500 que será comunicado con otro de las misma características, las tarjetas electrónicas Syslink que alimentarán y comunicarán a los equipos con la estación y los dispositivos de protección eléctricos; en términos generales los tableros eléctricos son gabinetes en los que se conectan los dispositivos de control maniobra protección medida y distribución.

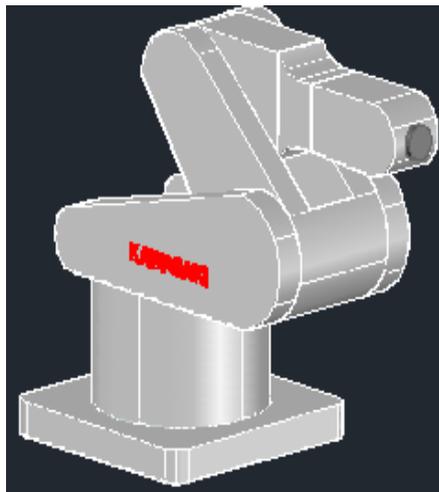
Figura 21. Plano isométrico tablero de control



Fuente: (Autores)

3.1.3 *Robot industrial.* El robot estará programado para que pueda moverse en diferentes posiciones, ensamblando todos los componentes de las piezas de trabajo para obtener un producto terminado, que luego será colocado en una banda transportadora para llevarlo al área de almacenamiento.

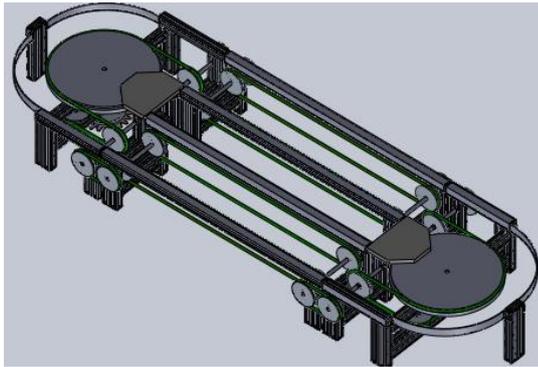
Figura 22. Plano isométrico robot industrial



Fuente: (Autores)

3.1.4 *Banda transportadora.* La banda transportará las piezas ensambladas totalmente a través de un palet o placa portadora de piezas, está formada por un sistema de poleas y su construcción es de aluminio; es un sistema de transporte continuo, más utilizado en la industria para el transporte de cargas aisladas.

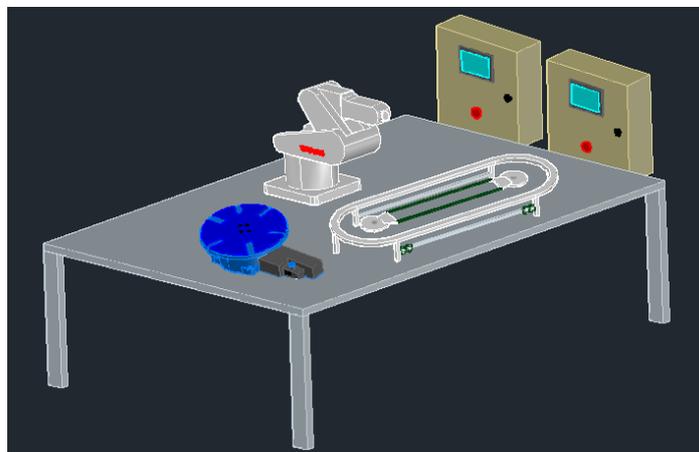
Figura 23. Plano isométrico banda transportadora



Fuente: (Autores)

3.1.5 *Estación de ensamblaje.* La estación diseñada virtualmente nos ayudará a tener una idea clara de los equipos, dispositivos y materiales que se necesitarán y como se los ubicará dentro de ésta estación.

Figura 24. Plano isométrico estación de ensamblaje



Fuente: (Autores)

3.2 Selección.

3.2.1 Selección de equipos.

- PLC SIMATIC S7-1500
- Pantalla HMI KTP 700
- Mesa indexadora FESTO
- Robot industrial Kawasaki RSN03

3.2.1.1 *Controlador Lógico Programable (PLC) SIMATIC S7-1500.* Esta es una versión mejorada de los equipos S7; la última tecnología en cuanto a PLC lo posee este equipo que consta de: CPU, una fuente de alimentación y módulos de entradas y salidas, adicionalmente trae integrada una pantalla para el manejo y diagnóstico de la máquina, además cuenta con un alto rendimiento y versatilidad en cuanto a la programación y conexiones, son por estas razones y por las siguientes características se ha seleccionado este PLC:

Tabla 5. Características fuente de alimentación

Características fuente de alimentación de carga PM 190W 120/230V CA (6EP1333-4BA00)	
Tensión nominal de entrada	120/230 V CA
Frecuencia	50/60Hz
Tensión nominal de salida	24 V
Potencia de salida	190W
Compensación de cortes de red	SI
Intensidad nominal de salida	8 A

Fuente: (Autores)

Tabla 6. Características entradas y salidas digitales

Características entradas digitales DI 16x24VDC HF (6ES7521-1BH00-0AB0)	
Número de entradas y salidas	16, 16
Tensión nominal de entrada	24 VDC

Fuente: (Autores)

Tabla 7 . Características CPU

Características CPU 1511-1 PN (6ES7 511-1AK00-0AB0)	
STEP 7 TIA Portal configurable	V13.0
Tensión de alimentación	24 VDC
Memoria de trabajo para datos	1 Mbyte
Memoria de trabajo para programa	150 Kbyte
Memoria de carga (Memory Card Max)	2 Gbyte
Interfaces	1 x PROFINET
Numero de puertos PROFINET	2

Fuente: (Autores)

Figura 25. PLC S7-1500.



Fuente: (Autores)

3.2.1.2 *Pantalla HMI.* Este equipo es el medio de comunicación entre el operador y el control del proceso, se la puede describir como una pantalla táctil de interfaz hombre-máquina, además cuenta con siete teclas de función en su parte inferior y cumple con las siguientes características:

Tabla 8. Características de SIMATIC KTP 700 BASIC

Características de SIMATIC KTP 700 BASIC	
Intensidad de colores	65500
Interfaz	PROFIBUS o PROFINET

Fuente: (Autores)

Figura 26 Pantalla HMI

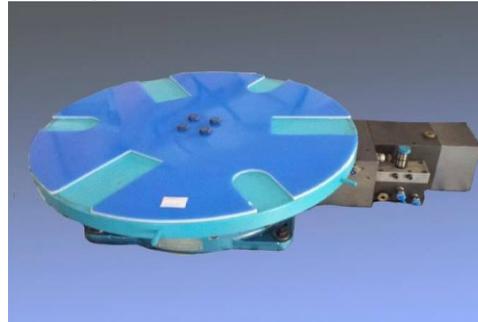


Fuente: (Autores)

3.2.1.3 *Mesa indexadora.* Es una mesa que puede girar a un solo lado y es accionada por un cilindro neumático y un distribuidor de mando; tiene seis posiciones con determinados ángulos de giro que serán utilizados según el requerimiento o la aplicación que se le vaya a dar. En este caso se trabajará solamente con tres posiciones mediante su

sistema paso a paso que permite su utilización como mesa para procesos de ensamblaje.

Figura 27. Mesa indexadora.

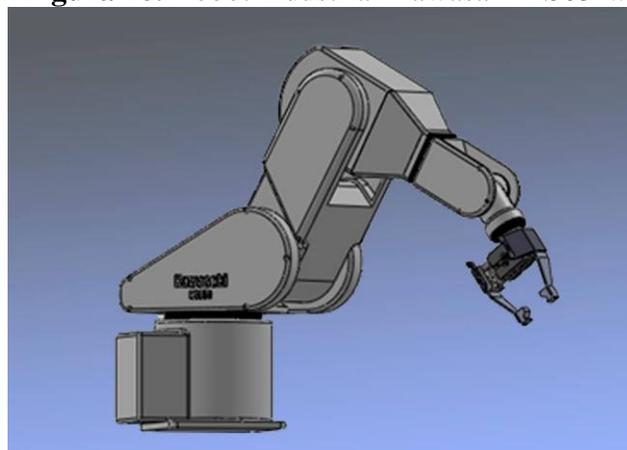


Fuente: (Autores)

3.2.1.4 *Robot industrial Kawasaki RS03N.* Es una máquina que se puede reprogramar de forma manual, tiene seis grados de libertad que son definidos por sus articulaciones de tipo rotacional, por lo que posee movimientos de interpolación lineal; dicho de otra manera, tiene la capacidad de mover dos o más articulaciones simultáneamente lo que permite una mayor velocidad y agilidad al trabajar.

El brazo posee seis eslabones, los mismos que están articulados y motorizados por servomotores. Su peso es de 20 kg y lleva incorporadas líneas neumáticas en su interior para su funcionamiento; esto hace que sea muy versátil y además facilite su montaje ahorrando espacio.

Figura 28. Robot industrial Kawasaki RS03N.

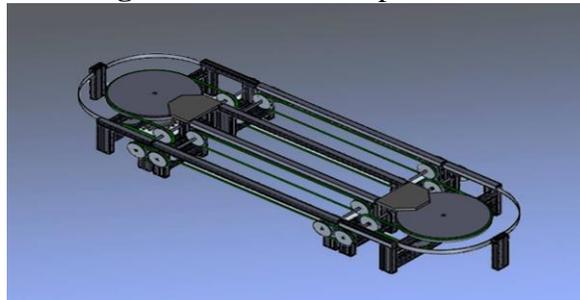


Fuente: (Autores)

3.2.1.5 *Cinta transportadora.* Es un sistema constituido cuatro segmentos que se encuentran acoplados mediante poleas; estas poleas le dan el movimiento.

El material del cual están constituidos los eslabones de esta banda es de aluminio y su aplicación en los procesos es para la transportación de piezas o el palet.

Figura 29. Cinta transportadora.



Fuente: (Autores)

3.2.2 Selección de dispositivos.

- Tarjetas electrónicas Syslink
- Breakers
- Electroválvulas
- Cilindro doble efecto
- Paro de emergencia
- Sensor inductivo
- Sensor óptico
- Sensor magnético

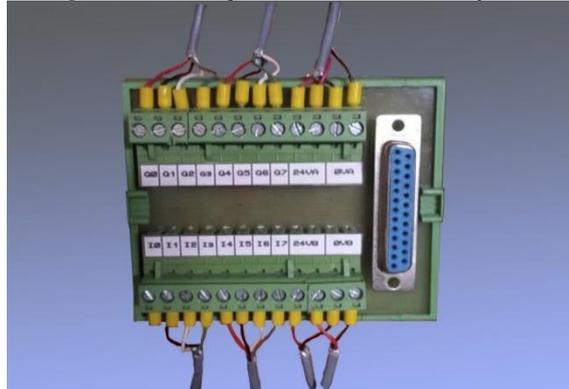
3.2.2.1 *Tarjetas electrónicas Syslink.* Estas tarjetas han sido diseñadas en el programa Proteus 8 y son de gran utilidad pues brindan la facilidad de conectar ordenadamente todos los cables de entradas y salidas de la comunicación entre el tablero de control, los equipos y dispositivos del proceso.

Tabla 9. Características Syslink

Características Syslink	
Número de entradas	8
Número de salidas	8
Voltaje	24 V

Fuente: (Autores)

Figura 30. Tarjetas electrónicas Syslink



Fuente: (Autores)

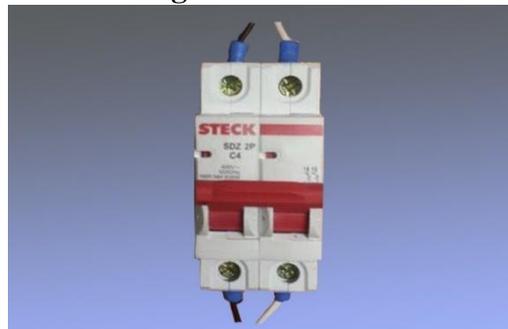
3.2.2.2 *Breaker.* Este dispositivo actúa como un elemento de protección indispensable para el circuito y la seguridad de todo el sistema del tablero de control, ya que es capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de corriente eléctrica que circula excede un valor determinado o a su vez se produce un corto circuito.

Tabla 10. Características breaker

Características breaker	
Marca	Steck
Serie	SDZ2PC4
Voltaje	400 V AC
Frecuencia	50/60 Hz
Número de polos	2

Fuente: (Autores)

Figura 31 Breaker



Fuente: (Autores)

3.2.2.3 *Electroválvulas.* Para seleccionar estas válvulas se tomó en consideración la presión que es necesaria para el accionamiento de los diferentes equipos y elementos del proceso como son la mesa indexadora y cilindro doble efecto.

Tabla 11. Características electroválvula

Características de electroválvula	
Marca	AIRTAC
Presión de trabajo	1.5-8.0 bar
Voltaje de la bobina	24 VDC
Modelo	4V110-06

Fuente: (Autores)

Figura 32. Válvula neumática.



Fuente: (Autores)

3.2.2.4 *Paro de emergencia.* Este es un dispositivo manual de suma importancia que está ubicado en el tablero de control, ya que mediante su accionamiento podemos detener el proceso en caso de suscitar alguna anomalía o falla.

3.2.2.5 *Cilindro doble efecto.* Este dispositivo se lo utilizo por su versatilidad al momento de trabajar; su principio de funcionamiento nos indica que el aire comprimido puede ejercer su presión en las dos cámaras del cilindro, por lo que puede trabajar en los dos sentidos según la necesidad.

El cilindro con el que se trabajó es de marca FESTO y consta de un embolo de carrera 150 mm el mismo que empuja desde la rampa a la pieza de trabajo y ésta a su vez quedará ubicada en la mesa indexadora.

Figura 33. Cilindro doble efecto



Fuente: (Autores)

3.2.2.6 *Sensor inductivo*. La utilización de este sensor es debido a que funciona al detectar la presencia o ausencia de elementos metálicos ferrosos, en nuestro caso particular para dar la señal a la electroválvula, de paso de aire comprimido y permita girar a determinada posición a la mesa indexadora.

Figura 34. Sensor inductivo



Fuente: (Autores)

3.2.2.7 *Sensor óptico*. Se ha seleccionado el siguiente dispositivo porque se encarga de detectar el material por medio de su lente óptica; en este caso, que la pieza de trabajo esté en la posición correcta para iniciar el proceso, este sensor emite un haz luminoso que es interrumpido o reflejado por el objeto a detectar.

Figura 35. Sensor óptico



Fuente: (Autores)

3.2.2.8 *Sensor magnético*. Este sensor detecta el campo magnético que se produce al salir el émbolo del pistón, seguido a esto envía una señal para que el robot inicie una etapa de trabajo; este tipo de sensores tienen un costo económico pero también cabe destacar que su vida útil no es muy larga.

Figura 36. Sensor magnético



Fuente: (Autores)

3.2.3 *Selección de materiales.* A continuación se detalla la lista de materiales que se utilizará para las conexiones y montaje de los diferentes dispositivos y elementos

- Riel DIN de 35mm

Figura 37. Riel DIN



Fuente: <http://www.electricasbogota.com/detalles/rieles-&-peines-de-conexion/2405-11370>

- Cables concéntricos de 3*18 y 2*16

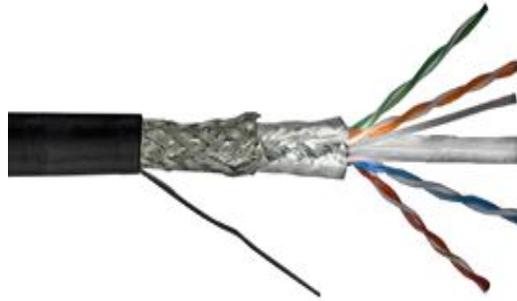
Figura 38. Cable concéntrico



Fuente: Autores

- Cable multifilar

Figura 39. Cable multifilar.



Fuente: http://www.directlink.cl/catalog/popup_image.php/pID/5425

- Cable de red

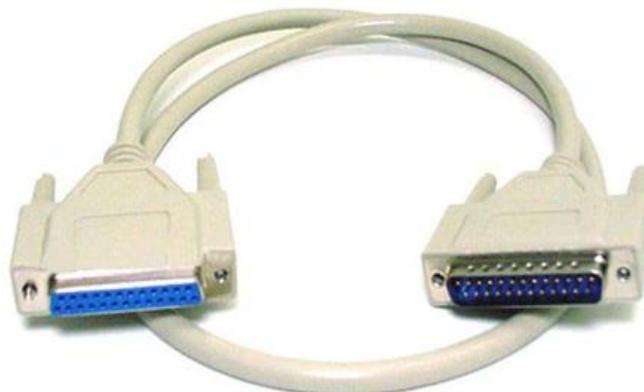
Figura 40. Cable de red



Fuente: <http://www.portalprogramas.com/milbits/informatica/redes-casa-cable.html>

- Cable de interfaz DB25

Figura 41. Cable interfaz DB25



Fuente: (Autores)

3.3 Montaje.

Para el montaje de los diferentes elementos que conforman la estación de ensamblaje y el tablero de mando se ha considerado de espacio físico con el que se cuenta en la mesa base, en donde irán ubicados el robot industrial, la mesa indexadora, la banda transportadora, rampas de las piezas de trabajo y demás componentes, ubicándolos de tal manera que no interrumpa ni obstruya el libre movimiento del robot industrial en los demás procesos a ejecutarse ni en los que se puedan realizar en un futuro.

3.3.1 *Montaje del PLC.* Para el montaje del PLC se deben considerar las dimensiones del equipo y el espacio en donde vamos a ubicarlo, siguiendo estos pasos:

- Una vez fijado el riel en el tablero con pernos para que permanezca fijo, se coloca desde la parte superior del riel el CPU conjuntamente con la fuente de alimentación y los módulos de entradas y salidas.
- Después se asegura con un tornillo que está colocado en la parte superior al CPU, a la fuente y a los módulos de entradas y salidas.

Figura 42. Montaje del PLC 1500



Fuente: (Autores)

3.3.2 *Montaje del elemento de protección (breaker).* La conexión de este elemento se la hace en serie con las líneas de potencia de los equipos y su instalación de la misma manera que el elemento anterior en el riel DIN.

Figura 43. Breaker

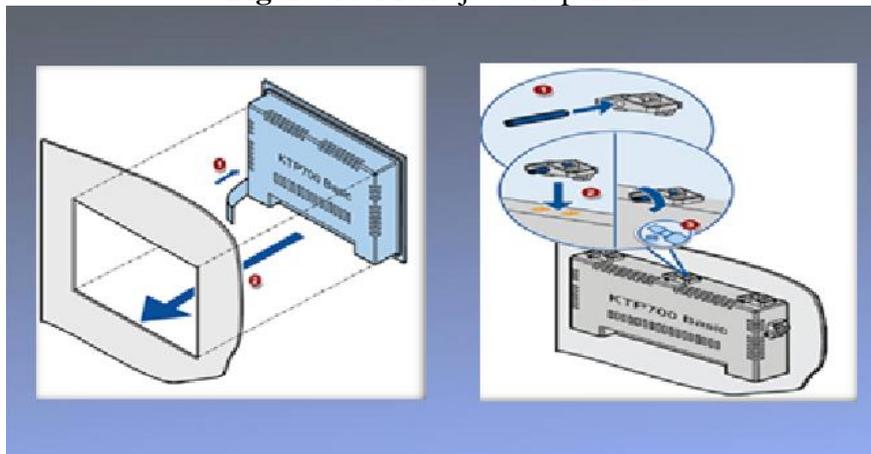


Fuente: (Autores)

3.3.3 Montaje de la pantalla KTP 700.

- Colocamos la pantalla en el recorte en donde se realiza el montaje, con la precaución de que las tiras tubulares no queden presionadas entre el recorte y la pantalla.
- Procedemos a colocar los tensionadores en los prisioneros y lo enroscamos unas pocas vueltas, teniendo la debida precaución de no ejercer demasiada fuerza al momento de ajustar dichos tensionadores para no dañarlos
- Se coloca cada tensionador en las escotaduras correspondientes con un destornillador de tamaño 2 ejerciendo un par de apriete recomendable no mayor a 0.2Nm

Figura 44. Montaje de la pantalla



Fuente: (Autores)

Figura 45. Montaje de la pantalla

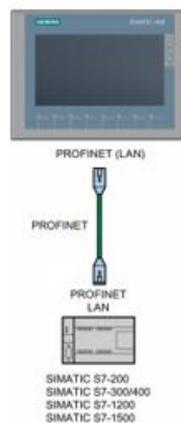


Fuente: (Autores)

Para la interfaz HMI es necesaria una conexión PROFINET del controlador a un Basic Panel DP. Los Basic Panels DP se pueden conectar a través de la interfaz RS 422/RS 485 a los siguientes controladores SIMATIC:

- SIMATIC S7-200
- SIMATIC S7-300/400
- SIMATIC S7-1500

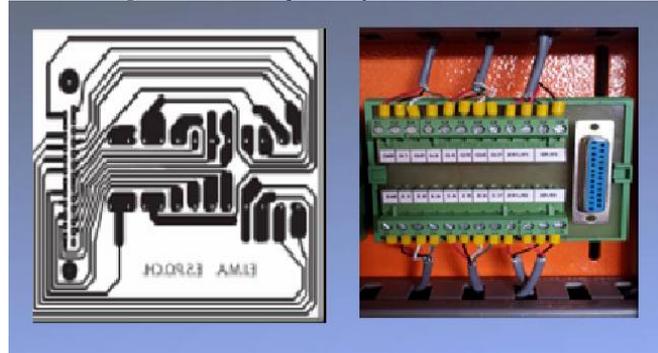
Figura 46. Conexión de la pantalla



Fuente: (Autores)

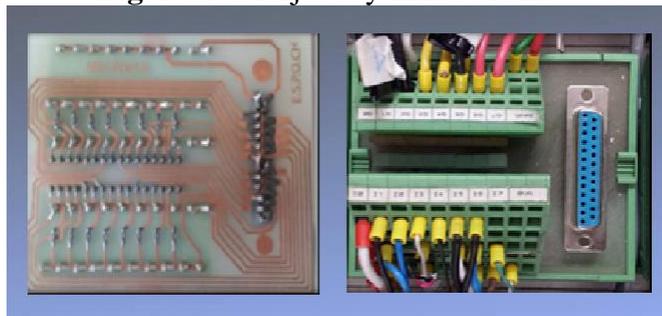
3.3.4 *Montaje de las tarjetas Syslink.* Para el montaje de estas tarjetas que han sido elaboradas en un computador con el programa Proteus 8, y que nos ayudaran con el ordenamiento del cableado con sus entradas y salidas procedemos de la misma manera que con los demás elementos sobre el riel DIN

Figura 47. Tarjeta Syslink del tablero



Fuente: (Autores)

Figura 48. Tarjeta Syslink de la mesa



Fuente: (Autores)

3.3.5 *Montaje de las Rampas y Sensores.* Para el montaje de estos elementos se consideró un material de aluminio por la facilidad que éste brinda para trabajar en cortes, dobles, remaches, etc. Además se tomó en cuenta el dimensionamiento de los equipos y piezas con los que se trabajaría para que todo el sistema funcione de manera correcta.

Figura 49. Montaje de rampas



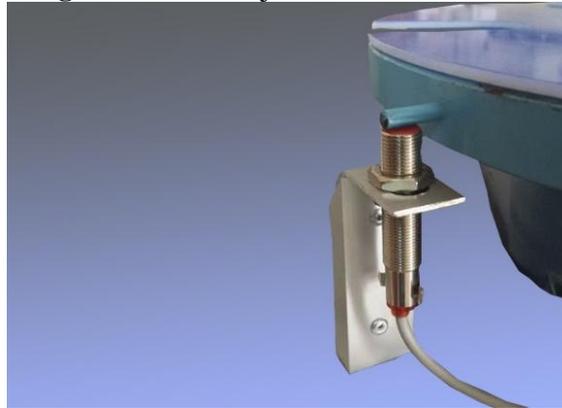
Fuente: (Autores)

3.3.6 *Montaje de sensores.* De la misma manera para el montaje de estos dispositivos de trabajo, utilizamos soportes de aluminio tomando en cuenta las distancias a los

elementos que deben detectar para cumplir emitir las señales de manera exacta.

3.3.6.1 *Montaje del sensor inductivo.* Este sensor está ubicado a una distancia de 3mm del metal que debe identificar para emitir su señal; está ubicado en una base de aluminio que se encuentra fijada con un tornillo de ¼ a la mesa base.

Figura 50. Montaje del sensor inductivo



Fuente: (Autores)

3.3.6.2 *Montaje del sensor magnético.* Este dispositivo ha sido colocado con una abrazadera al final de la carrera del cilindro de doble efecto, con el objetivo de que al momento de detectar la salida del embolo emita su respectiva señal y permita la continuidad al proceso.

Figura 51. Montaje Sensor magnético



Fuente: (Autores)

3.3.6.3 *Montaje del sensor óptico.* Para la colocación de este sensor se ha tomado en consideración una distancia de 50mm, que es óptima para la detección de la pieza de trabajo que se requiere esté colocada en su lugar exacto y seguidamente ubicada por el cilindro en la mesa indexadora.

Figura 52. Montaje del sensor óptico



Fuente: (Autores)

3.3.6.4 *Montaje del cilindro de doble efecto.* Se utilizó como apoyo dos bases de aluminio en forma de L, están ubicados en los extremos de este cilindro para su colocación en la mesa base.

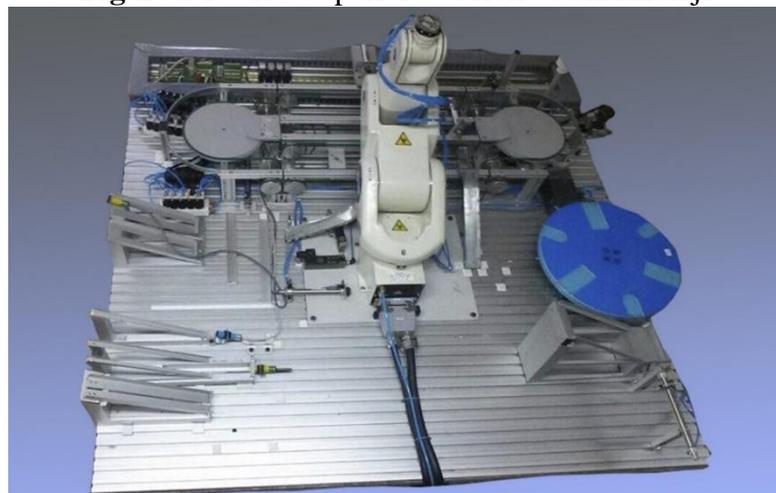
Figura 53. Montaje del cilindro de doble efecto



Fuente: (Autores)

3.3.6.5 *Montaje de la estación de ensamblaje.*

Figura 54. Vista superior estación de ensamblaje



Fuente: (Autores)

CAPÍTULO IV.

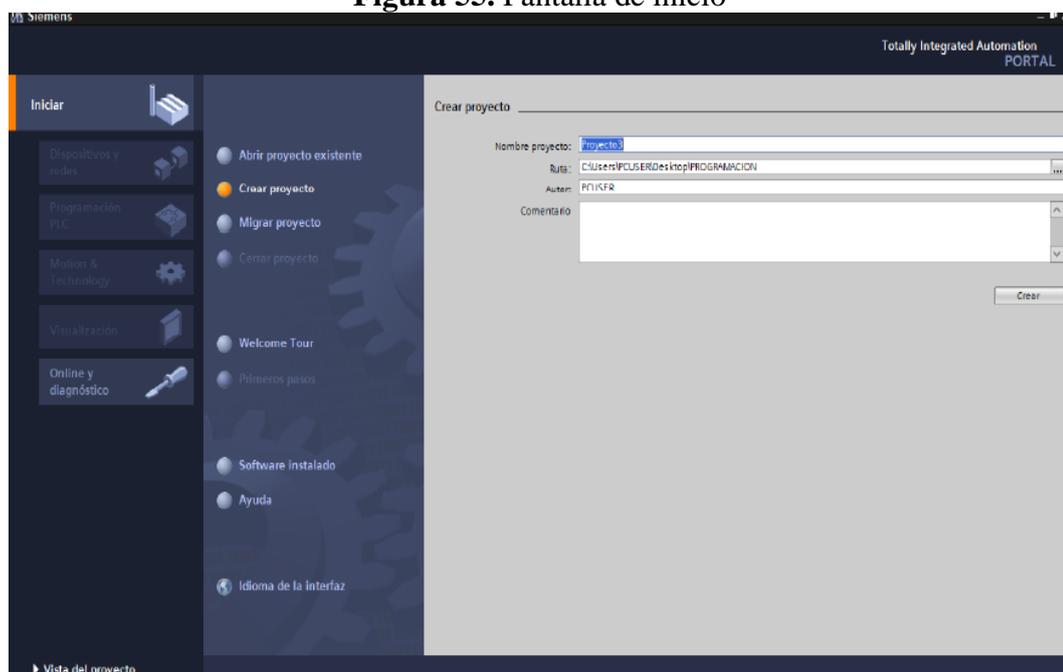
4. PROGRAMACIÓN Y COMUNICACIÓN MEDIANTE LA RED PROFINET MAESTRO-ESCLAVO DE DOS PLC S7-1500, PATALLA HMI Y ROBOT INDUSTRIAL PARA LA ESTACIÓN DE ESAMBLAJE

4.1 Descripción del proceso para la estación de ensamblaje

4.1.1 *Creación del proyecto.* Para llevar a cabo la creación de un nuevo proyecto dentro del software TIA PORTAL V.13, es necesario proceder de la siguiente manera.

- Abrir el acceso directo del software TIA PORTAL V.13.
- Una vez abierto el software, dentro de la pantalla de inicio dar clic en “Crear Proyecto”, aquí se deberá llenar los campos de Nombre de proyecto, ruta de donde se desea guardar el proyecto, autor y comentario.

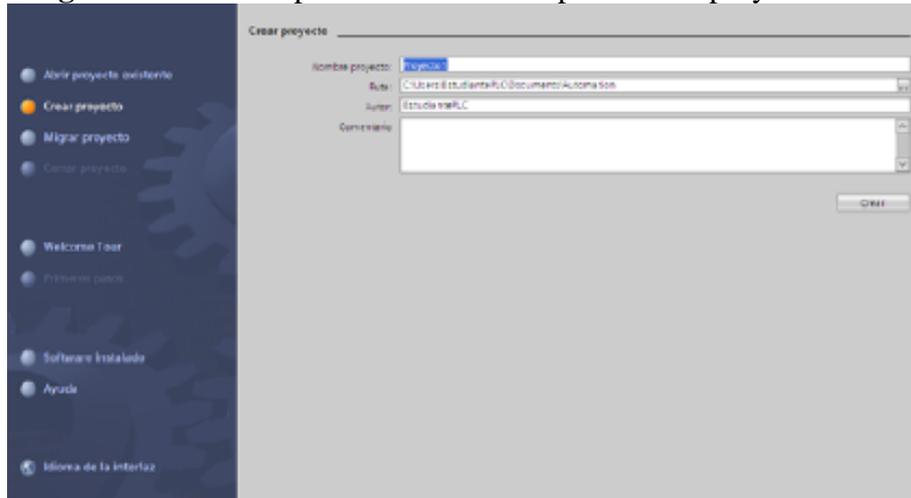
Figura 55. Pantalla de inicio



Fuente: (Autores)

- Dar clic en el botón “Crear”, ubicado en la parte inferior de los campos anteriormente indicados.

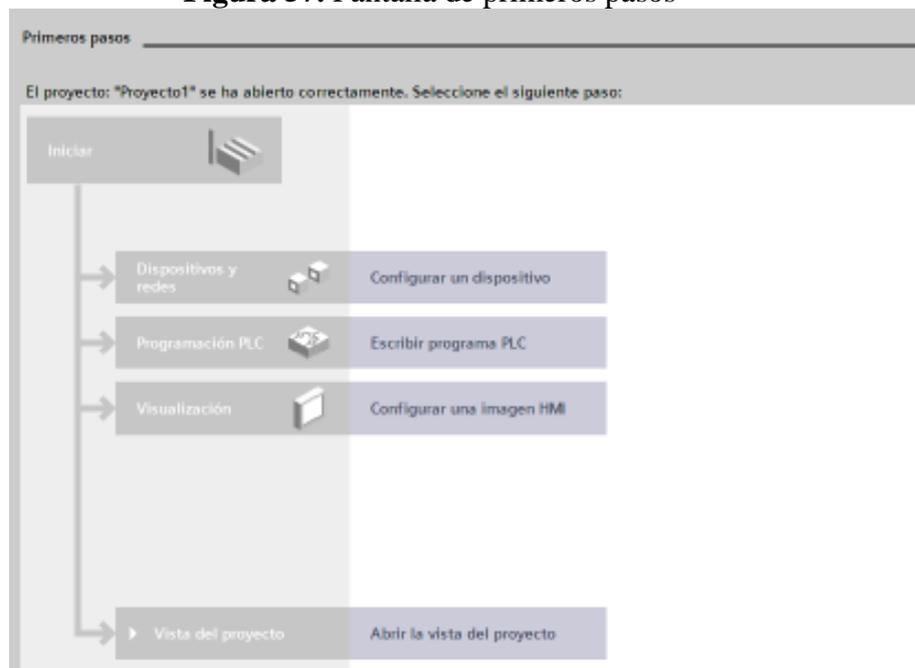
Figura 56. Ventana para seleccionar la opción crear proyecto



Fuente: (Autores)

- Luego de dar clic en la opción crear, aparecerá la Vista Portal, la cual selecciona por defecto. Dar clic en la pestaña con el nombre “Configurar un dispositivo”, para esta programación será necesario configurar dos dispositivos.

Figura 57. Pantalla de primeros pasos

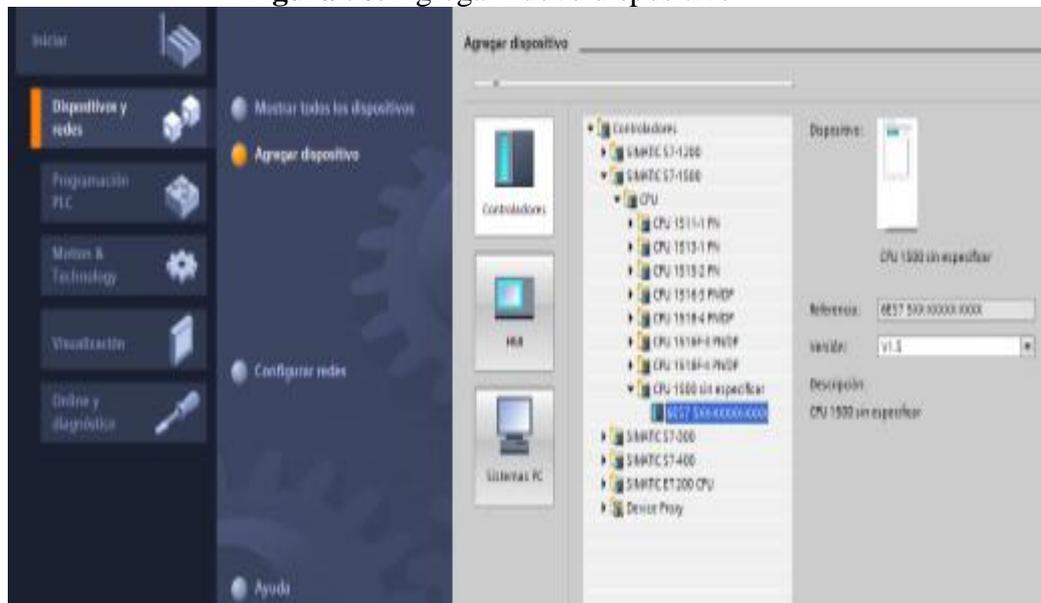


Fuente: (Autores)

4.1.2 *Selección de equipos.* Se identifica los equipos necesarios que interviene en la programación para luego configurarlos. En la siguiente ventana dar clic en “Agregar dispositivo” y seguir estos pasos.

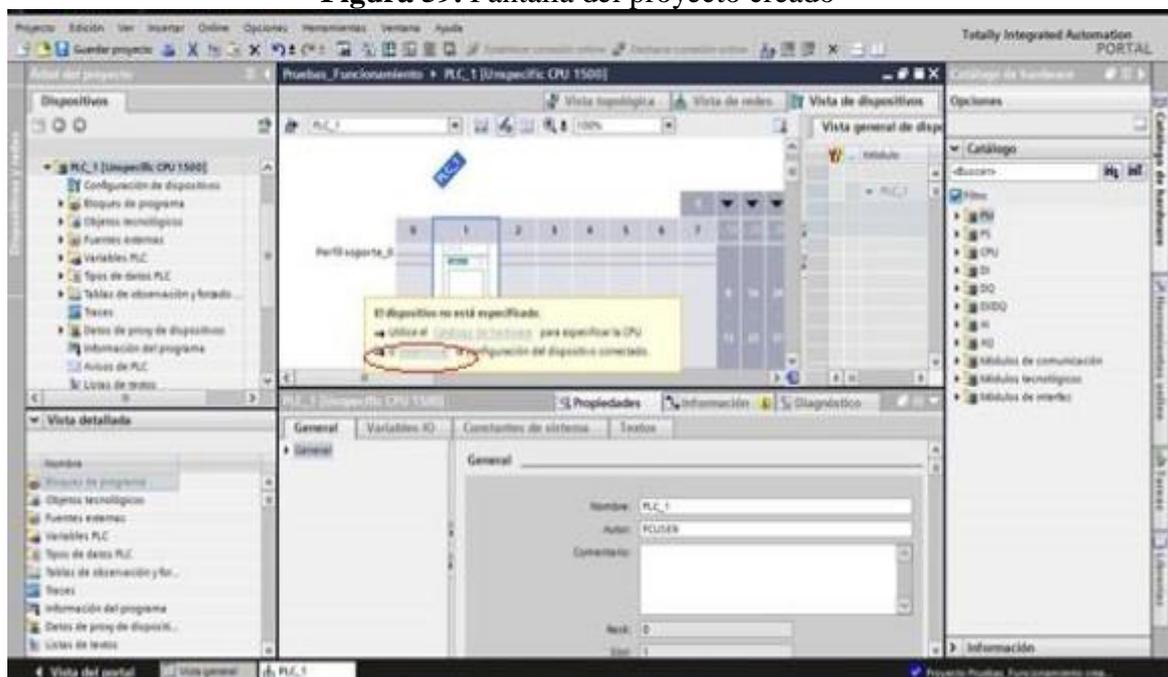
- Seleccionar el controlador deseado. En este caso se agrega el PLC S7-1500 seleccionando la CPU 1511-PN sin especificar y se determina. Dentro de la opción versión en el lado derecho de la pantalla seleccionar “V1.5”
- Clic en agregar
- Una vez agregado un dispositivo aparecerá en la pantalla el nuevo equipo agregado.

Figura 58. Agregar nuevo dispositivo



Fuente: (Autores)

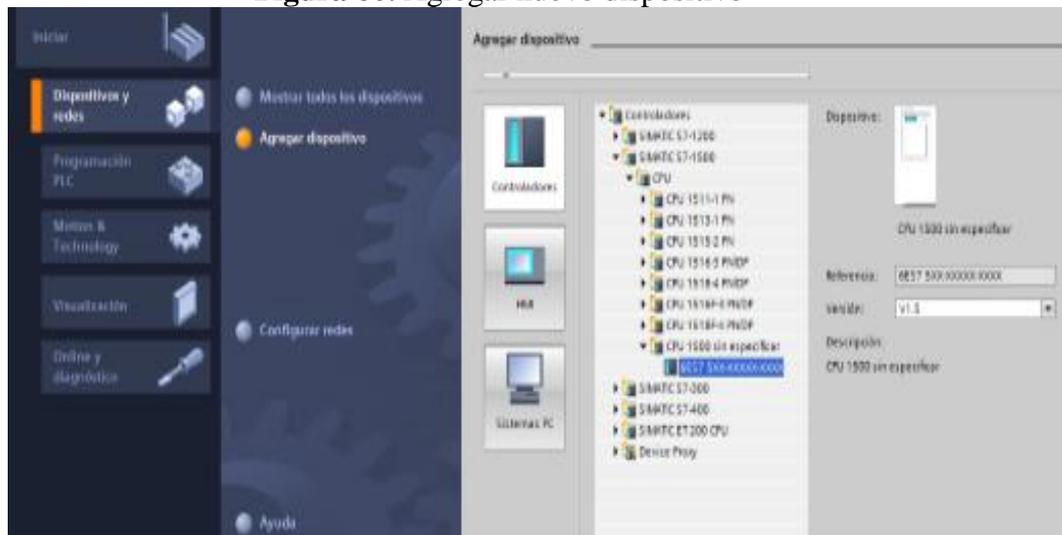
Figura 59. Pantalla del proyecto creado



Fuente: (Autores)

- En la parte izquierda en el árbol del proyecto, dar doble clic en “Agregar dispositivo” y seguir el paso anterior para agregar otro dispositivo PLC S7-1500.

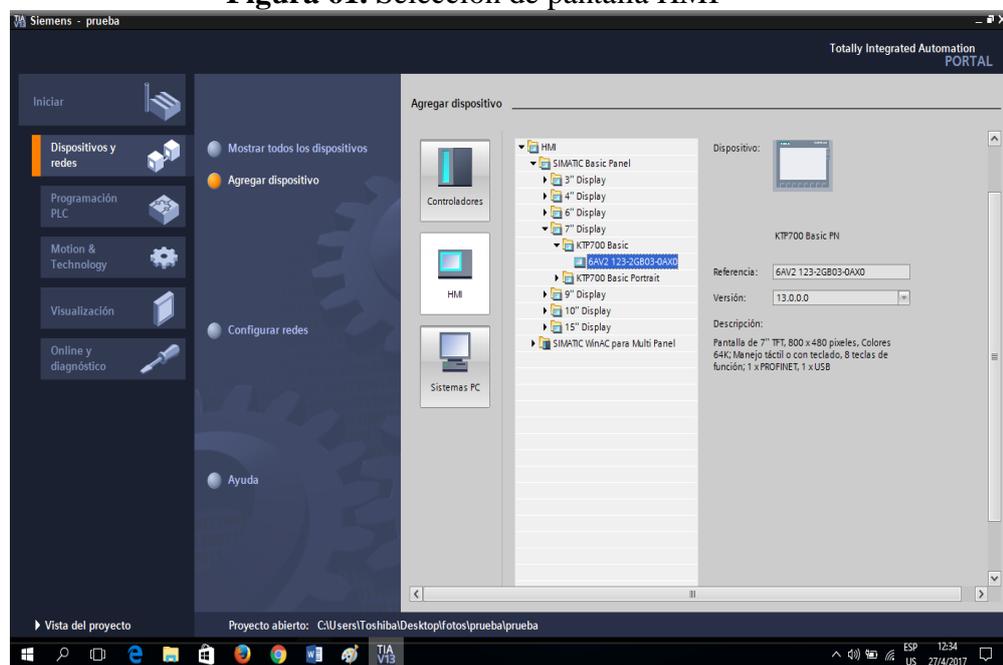
Figura 60. Agregar nuevo dispositivo



Fuente: (Autores)

- En la parte izquierda en el árbol del proyecto, dar doble clic en “Agregar dispositivo” seleccionar HMI SIMATIC Basic Panel, opción 7 Display y escoger la KTP 700 Basic Panels con la referencia 6AV2 123-2GB03-0AX0 como se ve a continuación en la figura.

Figura 61. Selección de pantalla HMI

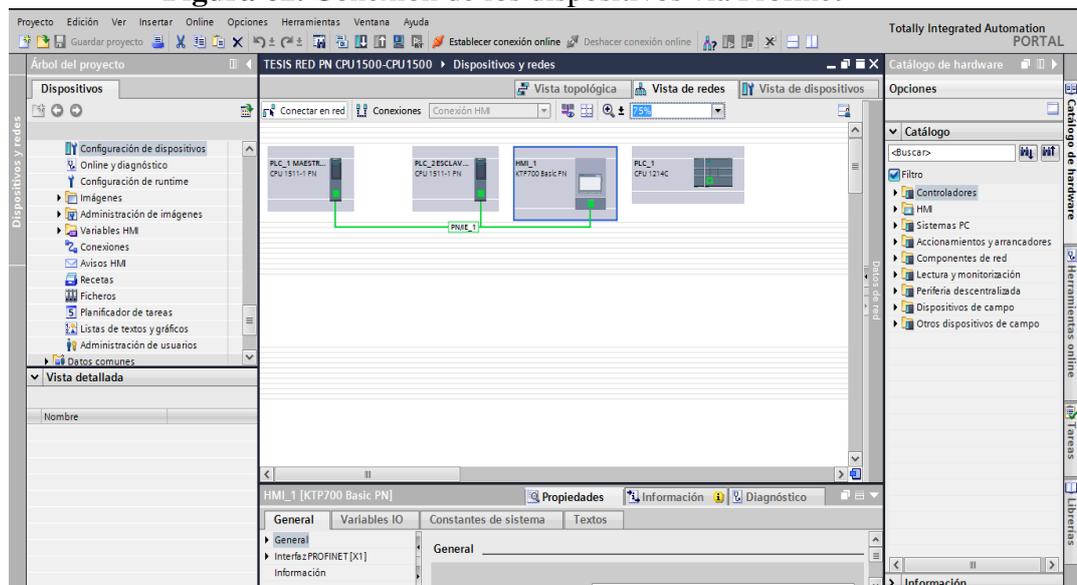


Fuente: (Autores)

4.1.3 *Comunicación Profinet.* Se enlaza dos PLC S7-1500 con la pantalla HMI SIMATIC Basic Panel mediante la red profinet. En el árbol del proyecto dar doble clic en “Dispositivos y redes”, aquí se deberá observar los dispositivos agregados anteriormente.

- En cada módulo se encuentra el puerto de comunicación Profinet, dentro de un rectángulo verde.
- Unir los módulos de comunicación dando clic en el puerto del primer PLC_1 y arrastrándolo hasta el otro PLC_2, así también con la pantalla HMI.

Figura 62. Conexión de los dispositivos vía Profinet



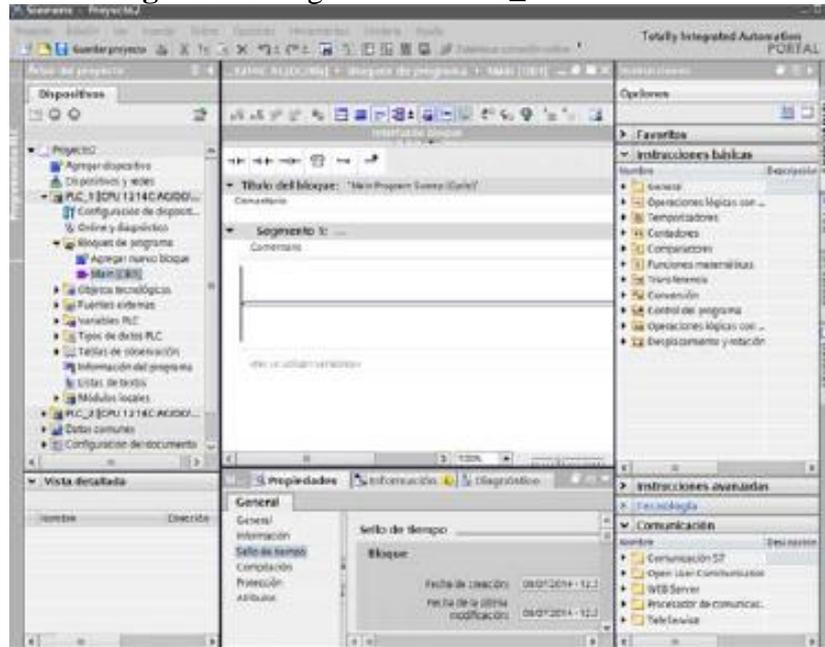
Fuente: (Autores)

4.1.4 *Programación Maestro-Esclavo de dos PLC S7-1500.* El PLC_1 MAESTRO inicia la comunicación en el proceso, mientras que el PLC_2 ESCLAVO solo envía mensajes cuando el maestro así los solicite. El proceso por el cual el maestro envía un mensaje y recibe una respuesta del esclavo se denomina transacción.

4.1.4.1 *Programación del PLC_1 Maestro.* Se debe programar cada dispositivo empezando por el PLC_1 S7-1500 el cual será denominado como PLC_1 MAESTRO y enviara una señal para dar inicio al proceso de ensamblaje.

- Para empezar debe dirigirse al árbol del proyecto, dar clic en la pestaña de “PLC_1”, “Bloque de programa” y doble clic en “Main [OB1]”

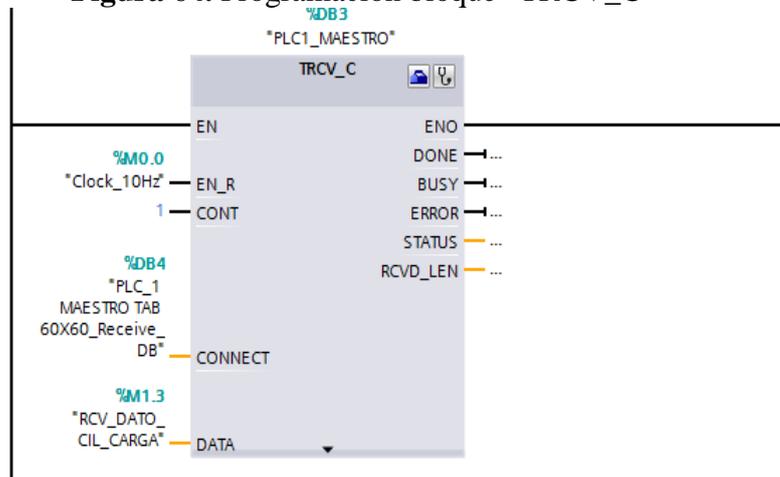
Figura 63. Programación PLC_1 Maestro



Fuente: (Autores)

- En la barra de instrucciones dar clic en la pestaña “Comunicación”, seleccionar “Open User Communication”, arrastrar al segmento 1 el bloque TRCV_C y en la ventana emergente cambiar el nombre por PLC_1 MAESTRO damos clic en aceptar. En este bloque recibe del PLC_2 ESCLAVO la señal para accionar el cilindro de carga.

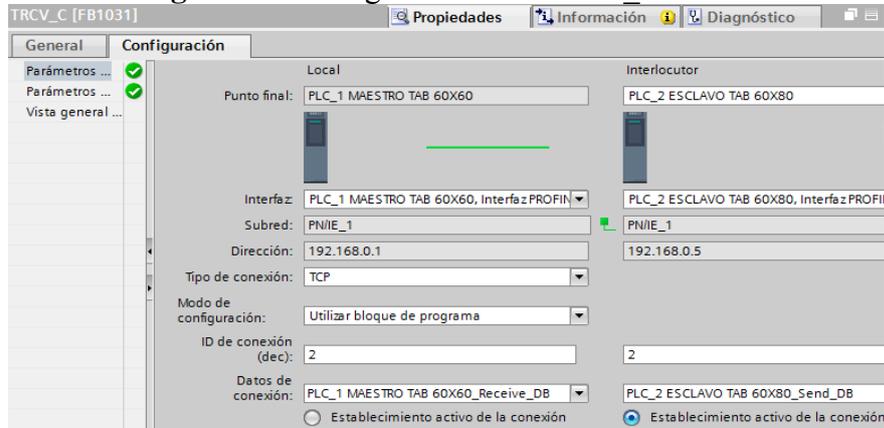
Figura 64. Programación bloque “TRCV_C”



Fuente: (Autores)

- Para configurar el bloque TRCV_C debe dirigirse a “Propiedades”, dar clic en “parámetros de conexión”, en el interlocutor seleccionar PLC_2 ESCLAVO y las demás opciones aparecen automáticamente seleccionadas.

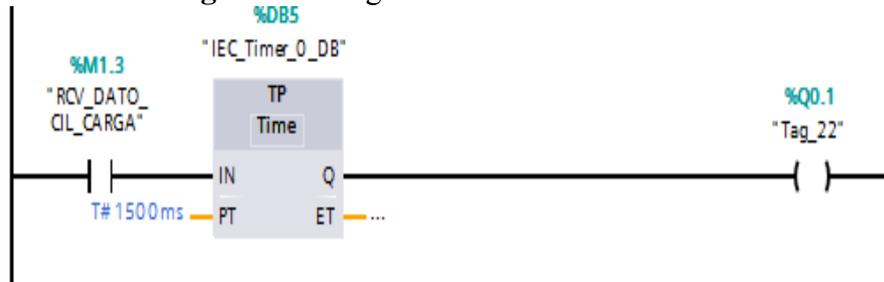
Figura 65. Configuración de “TCRV_C”



Fuente: (Autores)

- Agregar un bloque de temporizador “TP Time”, ubicado en la barra de Instrucciones/Instrucciones Básicas/Temporizadores/TP, insertar un contacto normalmente abierto denominado “RCV_DATO_CIL_CARGA”, el cual es activado cuando el cilindro de carga recibe una señal para la salida Q0.1.

Figura 66. Programación “TP Time”



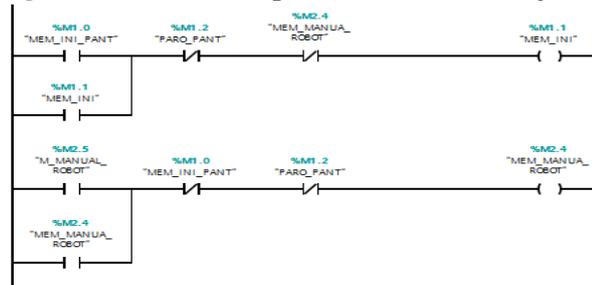
Fuente: (Autores)

4.1.4.2 *Programación del PLC_2 Esclavo.* Se debe programar el dispositivo PLC_2 S7-1500 el cual será denominado como PLC_2 ESCLAVO, el mismo que recibirá y enviara señales del PLC_1 MAESTRO durante todo el proceso de ensamblaje.

Para programar el PLC_2 ESCLAVO debe ingresar al bloque Main [OB1] del PLC_2 ESCLAVO. Árbol de proyecto/PLC_2/Bloque de programa/ Main [OB1] y programar mediante segmentos como a continuación se detalla.

- Segmento 1. Para empezar con el proceso de ensamblaje se da un pulso en el botón INICIO el cual activa un cilindro neumático doble efecto de 20 mm de diámetro y 150 mm de carrera, el vástago del cilindro empuja una probeta que tiene forma de un prisma rectangular hacia la primera etapa de la mesa indexadora. El cilindro se encuentra controlado mediante una electroválvula biestable 5/2, esta recibe la señal de un sensor magnético para su funcionamiento. Tiene un botón de PARO el cual será pulsado en caso de presentarse una emergencia durante el proceso.

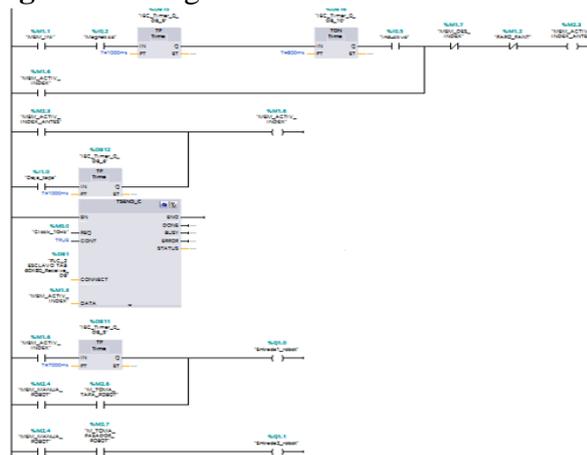
Figura 67. Inicio del proceso de ensamblaje



Fuente: (Autores)

- Segmento 2. Colocada la probeta en la primera etapa el sensor inductivo envía una señal a una electroválvula biestable 5/2 para hacer que la mesa indexadora gire $\frac{1}{4}$ de vuelta y se coloque en la segunda etapa de ensamblaje, el robot industrial Kawasaki mediante sus ventosas toma una tapa y la coloca en la probeta base. Para programar la mesa indexadora se utiliza “TP Time”, “TON Time” y un bloque TSEND_C que se debe configurar con el PLC_1 MAESTRO para establecer una comunicación.

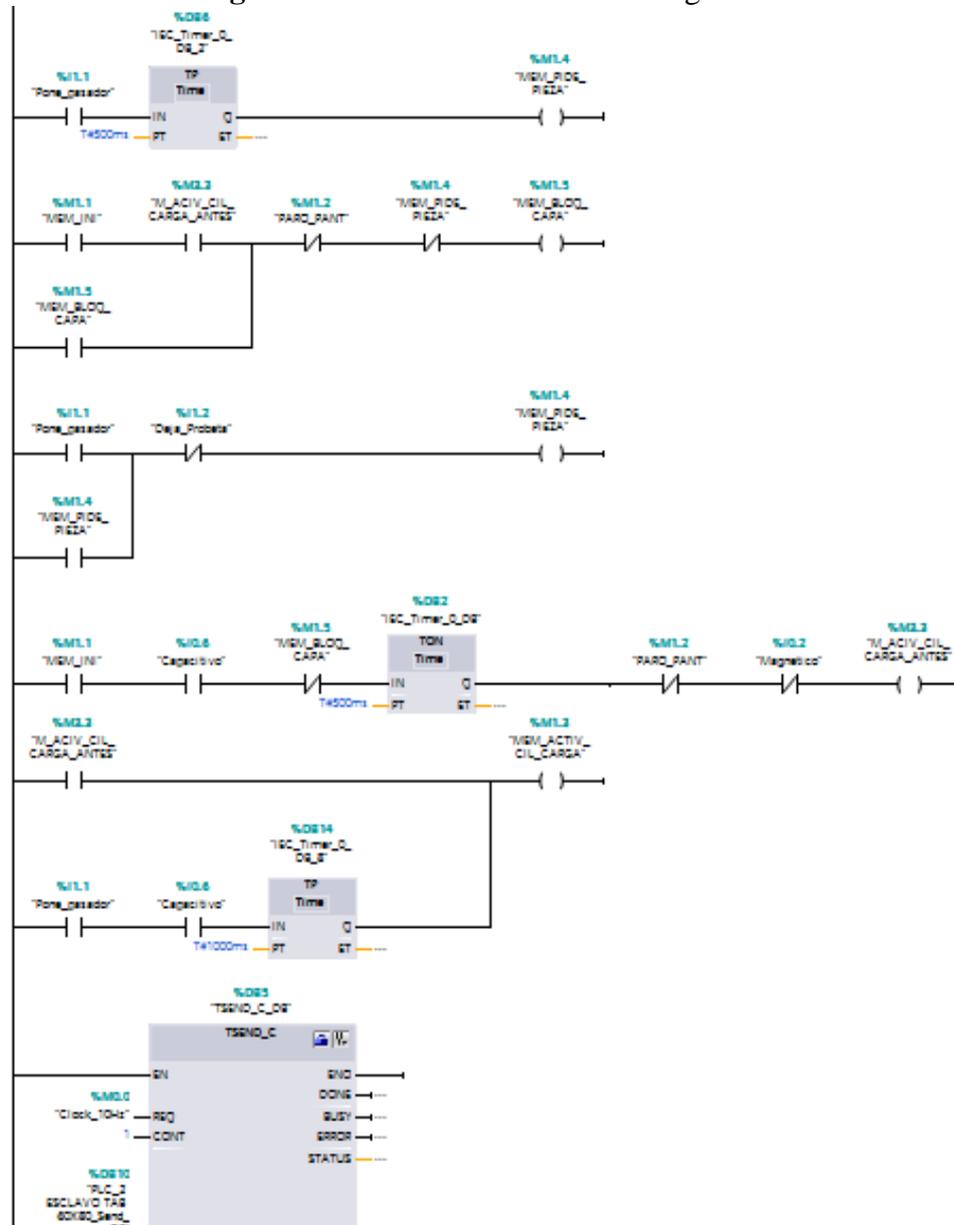
Figura 68. Programación mesa indexadora



Fuente: (Autores)

- Segmento 3. Una vez colocada la tapa en la probeta base el sensor inductivo envía otra señal a una electroválvula biestable 5/2 para hacer que la mesa indexadora gire $\frac{1}{4}$ de vuelta y se coloque en la tercera etapa de ensamblaje. El robot industrial Kawasaki toma un pasador y lo introduce en un agujero asegurando la base y tapa.

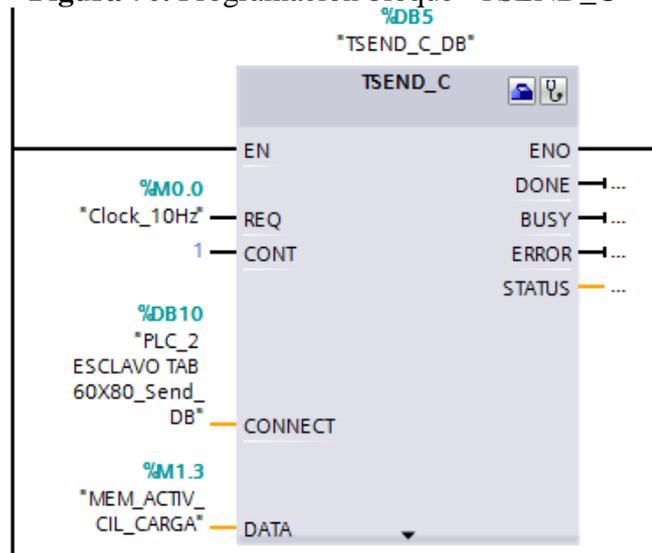
Figura 69. Activación cilindro de carga



Fuente: (Autores)

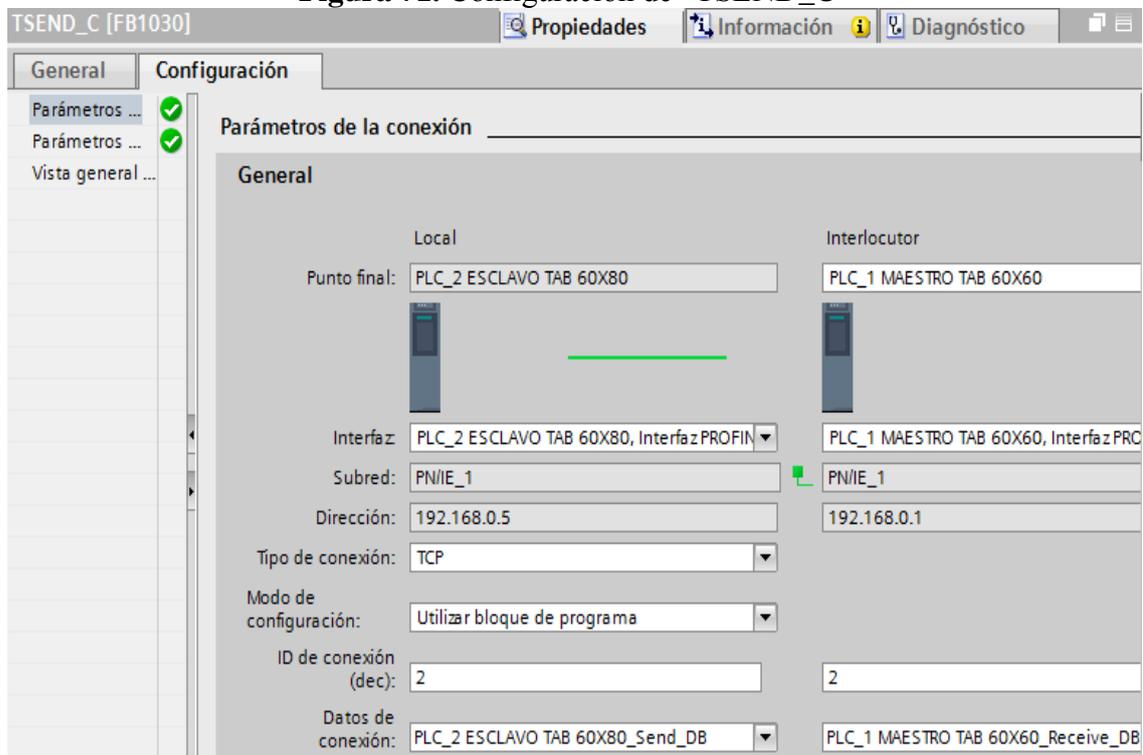
- Segmento 4. Luego de colocar el pasador el PLC_2 ESCLAVO envía una señal al PLC_1 MAESTRO mediante un nuevo bloque "TSEND_C" para indicar que se coloque una nueva probeta base la cual será ensamblada mediante el mismo proceso descrito anteriormente.

Figura 70. Programación bloque “TSEND_C”



Fuente: (Autores)

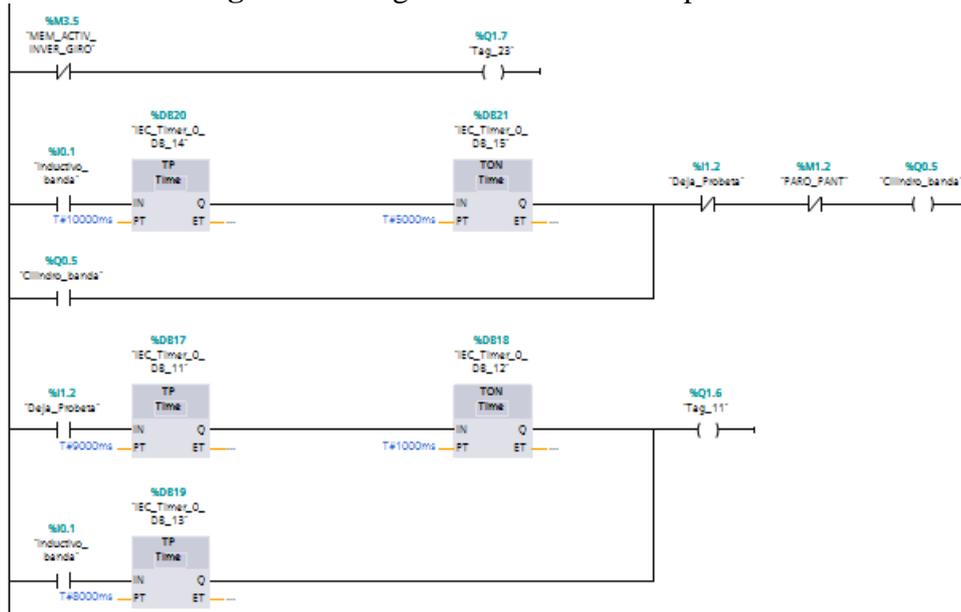
Figura 71. Configuración de “TSEND_C”



Fuente: (Autores)

- Segmento 5. El robot industrial Kawasaki utilizando sus ventosas toma la probeta ensamblada completamente y la coloca en el palet, mediante la señal de un sensor inductivo la banda transportadora empiece a moverse y lleva la probeta ensamblada al proceso de almacenamiento.

Figura 72. Programación banda transportadora

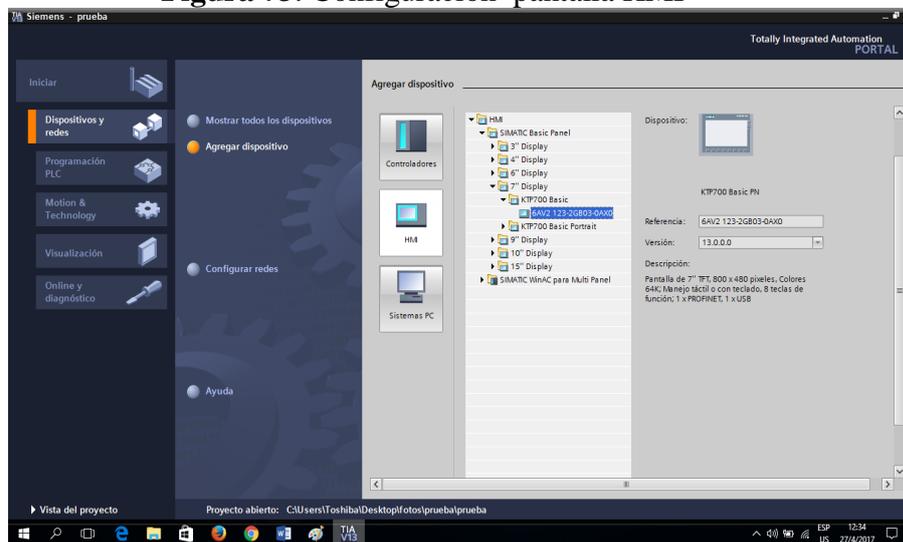


Fuente: (Autores)

4.1.5 *Programación de la pantalla HMI KTP700 Basic.* A continuación se muestra la programación de la pantalla HMI KTP 700 Basic Panel para visualizar y controlar el proceso de ensamblaje en la estación.

- En la parte izquierda en el árbol de proyecto, dar doble clic en “Agregar dispositivo” luego en la opción HMI, en la parte central seleccionar HMI/SIMATIC Basic Panel/7” Display/KTP700Basic/6AV2 123-2GB03-0AX0. Versión 13.0.0.0 clic en “Aceptar”.

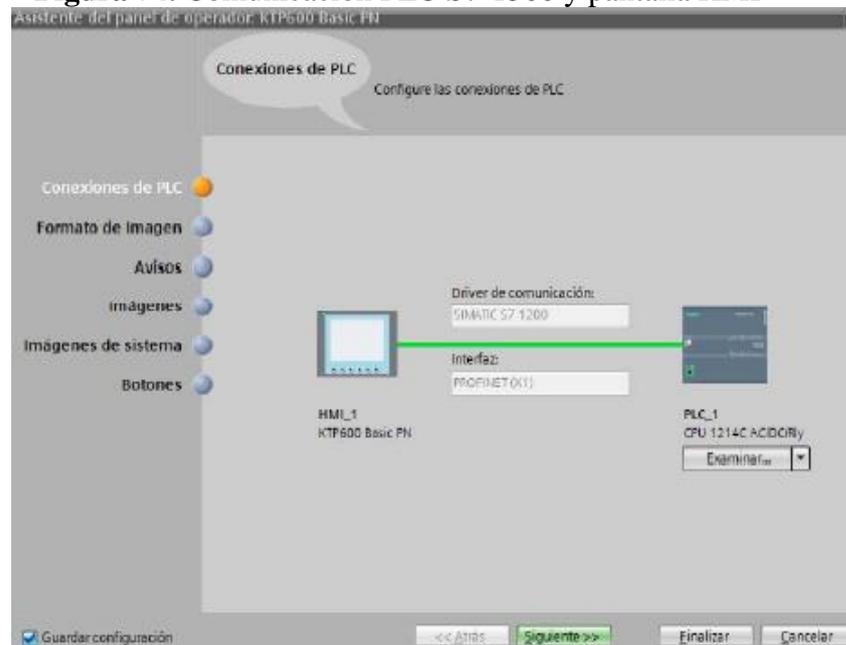
Figura 73. Configuración pantalla HMI



Fuente: (Autores)

- Dar clic en examinar para conexión del PLC S7-1500 Maestro con la pantalla HMI KTP700 Basic.

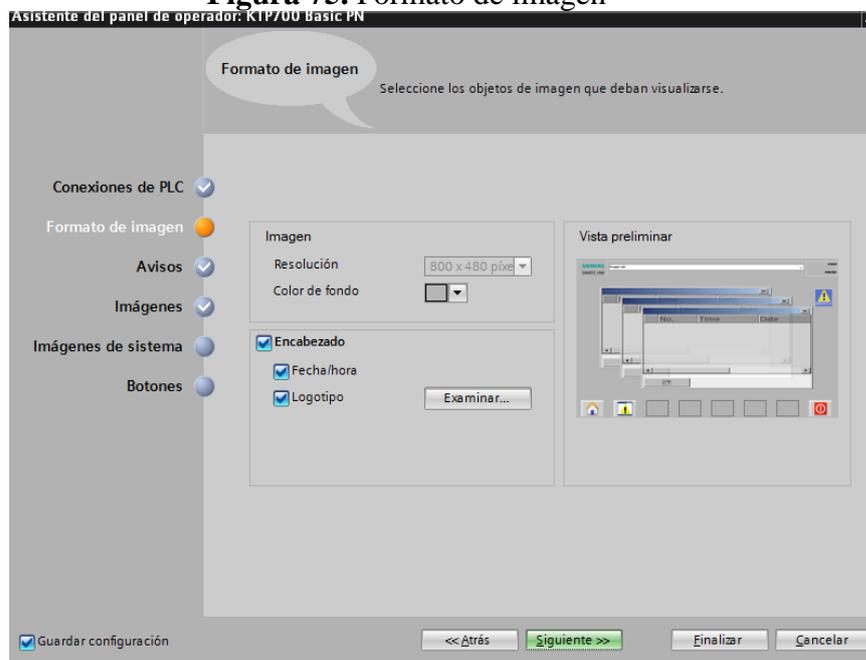
Figura 74. Comunicación PLC S7-1500 y pantalla HMI



Fuente: (Autores)

- En el formato de imagen se debe desmarcar la casilla “Encabezado” y luego dar clic en siguiente.

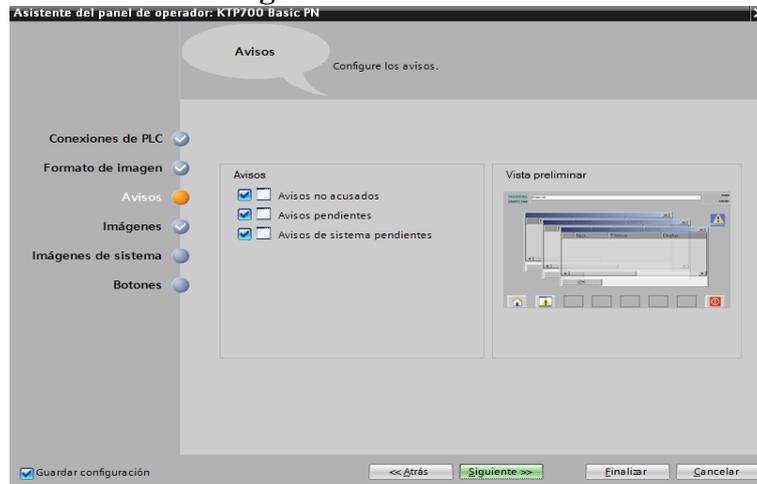
Figura 75. Formato de imagen



Fuente: (Autores)

- Desmarcar la casilla de avisos: Debemos ubicarnos en la opción “Avisos”, le damos un clic para este deshabilitar los avisos de sistemas pendientes, avisos pendientes y avisos no adecuados, este paso es de mucha importancia para la correcta instalación de este software.

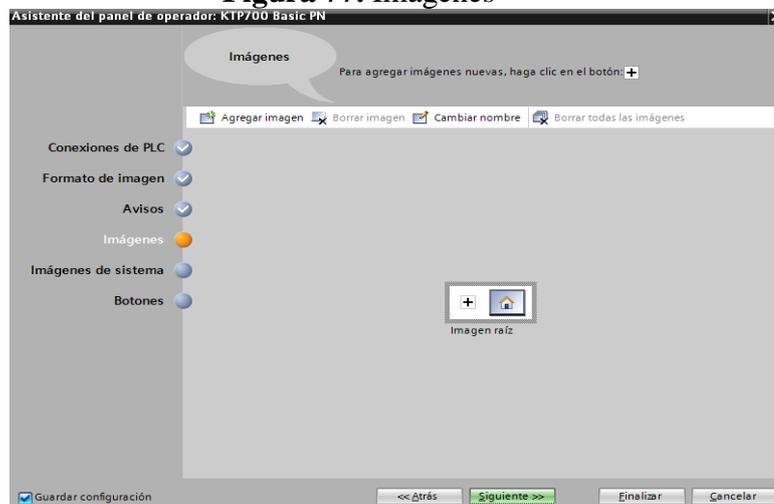
Figura 76. Avisos



Fuente: (Autores)

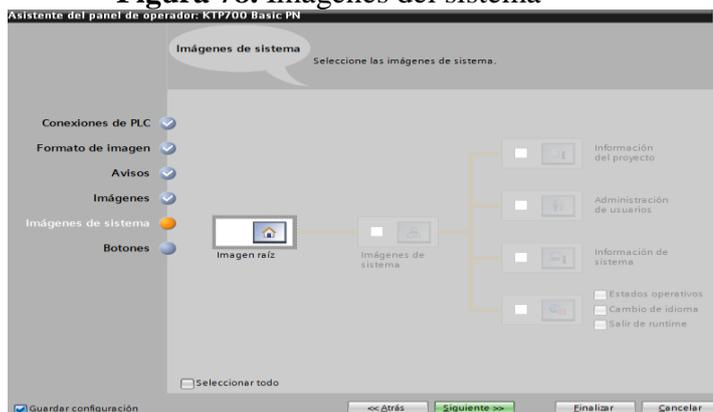
- Imágenes dar clic en siguiente: Debemos ubicarnos en la opción “Imágenes”, le damos un clic; esta opción que nos permitirá agregar imágenes nuevas como por ejemplo el fondo de pantalla, texto, colores, gráficos, además de imágenes raíz; las cuales nos brinda datos al operador y al mismo tiempo nos permitirá controlar un proceso

Figura 77. Imágenes



Fuente: (Autores)

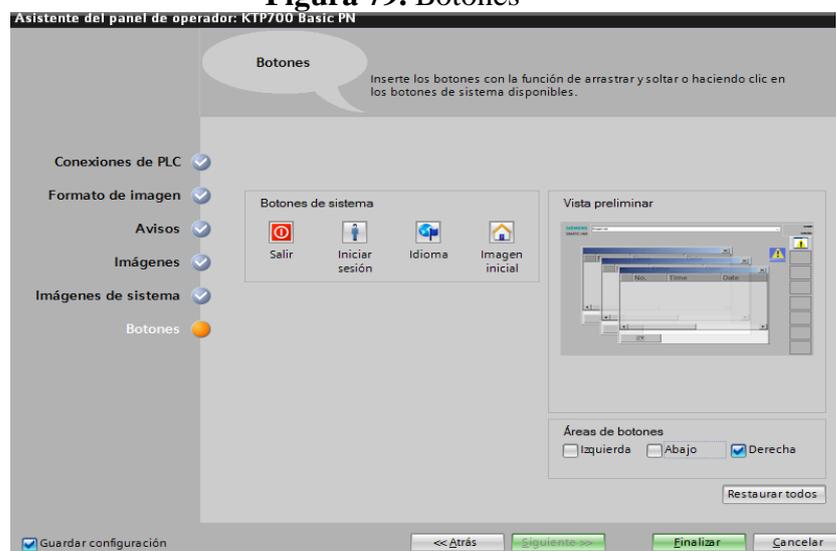
Figura 78. Imágenes del sistema



Fuente: (Autores)

- Botones dar clic en finalizar

Figura 79. Botones



Fuente: (Autores)

4.1.6 *Programación de robot industrial Kawasaki RS30N.* La programación del robot es una etapa importante en la estación de ensamblaje debido a que sus movimientos deben ser precisos y sincronizados, para colocar adecuadamente los elementos que conforman un determinado producto. Para ello se debe seguir los siguientes pasos:

- La fuente de alimentación debe estar energizada a 220V AC.
- Colocamos en On el switch del controlador E70 para que se encienda el Teach Pendant y el robot. La llave debe permanecer en modo manual para poder configurar los movimientos del robot.

Figura 80. Controlador E70



Fuente: (Autores)

- Para dar movimiento al robot se debe asegurar que todos sus ejes estén en la posición 0; es decir que todos sus coordenadas se encuentren alineadas, esto se lo realiza utilizando la unidad de programación Teach Pendant debido a que nos rinda la facilidad de ingresar parámetros de movimiento y velocidad del robot

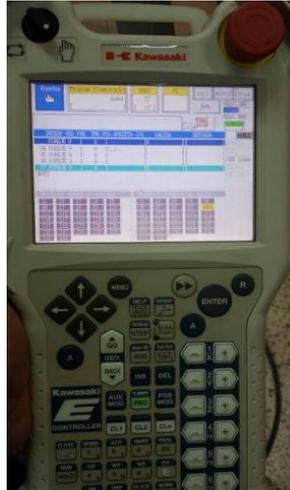
Figura 81. Posición inicial del robot



Fuente: (Autores)

- En el Teach Pendant pulsamos la pantalla en PROGRAM (COMENTARIO), luego la opción DIERECTORIO, asignando el nombre al programa y procedemos a designar los movimientos en cada uno de sus ejes.

Figura 82. Teach Pendant



Fuente: (Autores)

- Una vez finalizada las secuencias en el Teach Pental del robot debemos poner en modo automático, pulsar “CYCLE” y girar la llave del controlado E70 a ¼ de vuelta a la derecha

Figura 83. Modo automático



Fuente: (Autores)

- Por último el robot industrial se mueve automáticamente cumpliendo toda la secuencia programadas, además trabaja conjuntamente con la programación Maestro-Eslavo de 2 PLC S7-1500 y el movimiento de la mesa indexa

CAPÍTULO V

5. ELABORACIÓN DEL MANUAL DE OPERACIÓN, PLAN DE MANTENIMIENTO Y MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA LOS EQUIPOS DE LA ESTACIÓN DE ENSAMBLAJE.

Este capítulo es de gran importancia dentro del desarrollo de este trabajo, ya que aquí encontraremos de manera clara, secuencial y ordenada los procedimientos para la utilización de los equipos, así como también las normas técnicas de seguridad y de mantenimiento de los diferentes componentes de la estación para su correcto funcionamiento y de esta manera preservar la vida útil de los equipos.

Cabe resaltar que el encargado del laboratorio o el docente que esté al frente de la manipulación de esta estación de ensamblaje, debe supervisar que las personas que vayan a manejarla deben estar familiarizadas o por lo menos tener los conocimientos básicos del funcionamiento de cada equipo.

5.1 Elaboración del Manual de Operación de los equipos.

El siguiente manual estará a disposición del usuario y se lo podrá encontrar en la biblioteca de la facultad de Mecánica de la ESPOCH; en este documento se podrá encontrar una serie de pasos detallados para la utilización de la estación de ensamblaje de una manera correcta sin tener inconvenientes; antes de operar la estación de ensamblaje el usuario deberá realizar una lectura minuciosa de todos los pasos a seguir; si se cumple con todas las instrucciones detalladas en el manual no habrá inconvenientes

La finalidad de este manual es brindar toda la información e instrucciones necesarias, para que el operario logre un óptimo aprendizaje y pueda manipular adecuadamente cada componente de la estación, garantizando que no se produzcan accidentes en las personas ni averías en los equipos del laboratorio.

Verificación del buen estado, las conexiones y funcionamiento de los elementos y componentes de la estación de ensamblaje. Previo a la inicialización de la estación de ensamblaje el operario deberá seguir una serie de pasos que se enunciará a continuación.

- a) Verificar de manera visual, que las conexiones tanto neumáticas como eléctricas se encuentren en perfectas condiciones para dar inicio al funcionamiento de la estación. Después de revisar las conexiones, se procederá a suministrar de energía eléctrica (110V y 220V) para los diferentes equipos y componentes de la estación de ensamblaje como son el robot industrial Kawasaki R03N, el módulo de control en donde se encuentra el PLC, la Pantalla de HMI y demás componentes.
- b) Seguidamente se debe accionar el breaker para permitir el paso de corriente eléctrica a los componentes del módulo de control que necesitan ser energizados.
- c) De la misma manera energizamos el compresor y el controlador del robot industrial.
- d) Comprobar manualmente que las mangueras neumáticas de los diferentes elementos de la estación como son: cilindro, masa indexadora, robot industrial, electroválvulas; se encuentren conectadas de manera segura en los racores.
- e) Revisar que no existan fluctuaciones de aire en ninguno de estos elementos.
- f) Verificar que la presión de trabajo sea la adecuada para el funcionamiento de todos los equipos.

5.1.1 *Inicialización del proceso de ensamblaje.* Una vez cumplido con los pasos anteriores de verificación, se procederá de la siguiente manera para dar inicio al proceso.

Paso 1. Colocar las piezas de trabajo, tapas y pasadores en sus respectivas rampas.

Paso 2. Verificar que exista una presión de trabajo de 5bar en la unidad de mantenimiento.

Paso 3. Cargar el programa del proceso de ensamblaje desde el computador al PLC por medio del cable ETHERNET para que controle el accionamiento tanto de los diferentes dispositivos como del robot en sus diferentes etapas.

Paso 4. Pulsar el botón de “INICIO” en la pantalla táctil que está ubicada en el tablero de control para que inicie este proceso (automático)

Paso 5. Una vez ensambladas todas las probetas de demostración del proceso, éste se detendrá automáticamente ya que el sensor óptico no detecta la presencia de material en la rampa. Seguido a esto se deberá pulsar el botón de “PARO” en la pantalla táctil y luego iniciar nuevamente el proceso.

Paso 6. En caso de cualquier anomalía se deberá pulsar el botón de “PARO” en la pantalla táctil, o a su vez el pulsador de emergencia que se encuentra ubicado también en el tablero de mando; con esto se detendrá el proceso para tomar las acciones respectivas.

Paso 7. Una vez terminada la práctica en la estación de ensamblaje, bajar la palanca del breaker para apagar los equipos conectados a este.

Paso 8. Por último, desenergizar los equipos desconectando los enchufes de la red eléctrica y cerrar todas las entradas de aire de la parte neumática.

5.2 Medidas de Seguridad.

Estas medidas técnicas de seguridad están dirigidas a todos quienes se involucrarán con la estación de ensamblaje, ya que dentro del laboratorio existen riesgos tanto para las personas como para los equipos; el docente o la persona que esté encargado del uso y la manipulación de esta estación, será el responsable de supervisar el normal funcionamiento del proceso, que los estudiantes estén familiarizados y tengan el conocimiento necesario para el desarrollo de la práctica; esto con el fin de cuidar la integridad física de las personas y las instalaciones del laboratorio, así como también mantener en un estado óptimo a los equipos.

A continuación se dan algunas advertencias y recomendaciones que se deben tener al trabajar con equipos eléctricos, neumáticos y de control para mitigar los riesgos de que se produzcan accidentes o daños dentro del laboratorio.

5.2.1 *Normas de seguridad y manejo.* Estas normas se deben considerar antes, durante y después de la realización de la práctica en el laboratorio:

- El docente o tutor que lleve a cabo la práctica deberá estar siempre pendiente de las acciones realizadas por los estudiantes.

- Seguir minuciosamente las indicaciones de la guía de laboratorio y las instrucciones del docente.
- Verificar que la comunicación entre el computador y el PLC mediante el cable de red este segura, así como también la comunicación entre la pantalla y el PLC.
- Cerciorarse que los elementos de seguridad, (pulsador de paro de emergencia, interruptor de corriente eléctrica) no se encuentren bloqueados.
- Verificar que la fuente de poder suministre los 24V necesarios para el funcionamiento del PLC, y también de que la red eléctrica abastezca de los 110V y 220V que se requiere para el funcionamiento de los equipos tales como el robot industrial, el módulo de mando, etc.
- No se debe desconectar los enchufes de la fuente de alimentación de 110V y 220V mientras esté en proceso el desarrollo de la práctica.
- Se prohíbe realizar ajustes de los terminales ni reconexiones de los terminales mientras esté energizada la estación de ensamblaje.
- Para realizar cualquier tipo de mantenimiento se deberá desenergizar toda la estación y sus componentes, ya sean eléctricos, neumáticos o de control, de su fuente de alimentación.
- Realizar las tareas de limpieza del sitio de trabajo; en este caso el laboratorio de automatización antes y después de la práctica.

5.2.2 *Medidas de seguridad para la estación de ensamblaje.* La seguridad de los equipos es un aspecto importante que se debe considerar antes de operar la estación de ensamblaje, teniendo en cuenta las normas y protocolos de seguridad que se deben seguir para la realización de las prácticas.

El módulo de control cuenta con un elemento de seguridad que es el pulsador de paro de emergencia que se encuentra ubicado en la parte frontal inferior de la caja justo debajo de la pantalla HMI.

Se debe recurrir a este elemento de seguridad pulsándolo manualmente, cuando se detecte una anomalía dentro del desarrollo de la práctica y una vez accionado se detendrá automáticamente el proceso; para la reiniciación es necesario desbloquear este pulsador.

Figura 84. Módulo de control con pulsador de paro de emergencia.



Fuente: (Autores)

5.2.3 *Medidas de seguridad para elementos eléctricos.* La seguridad de los equipos eléctricos es muy necesaria, pues no son 100% confiables, pues se pueden producir fallas en estos y causar daños tanto en las personas como en los mismos equipos es por esto que se debe tener extrema precaución al maniobrar con dichos elementos.

Cada equipo eléctrico será detallado en el ANEXO F con su respectiva guía de operación.

5.2.4 *Medidas de Seguridad para elementos neumáticos.* Las guías de seguridad para estos equipos los detallaremos de una mejor manera en el ANEXO G para una mejor comprensión y posteriormente manipulación de estos elementos.

5.3 Plan de Mantenimiento de los equipos que conforman la estación de ensamblaje.

El mantenimiento que se realizará en los equipos de la estación de ensamblaje será un mantenimiento preventivo, este mantenimiento está basado en evitar o mitigar los posibles fallos imprevistos en los equipos mediante chequeos o revisiones periódicas, además de la realización de acciones preventivas como son la limpieza, cambio de piezas desgastadas, las inspecciones, entre otras, todo esto con la finalidad de preservar la vida útil de los equipos y mejorar su fiabilidad.

Es de mucha importancia tener en consideración los manuales que proporciona el fabricante para poder llevar a cabo este mantenimiento ya que las indicaciones y recomendaciones que encontraremos en estos documentos nos darán una guía; y en la mayoría de casos instrucciones precisas que se deberán seguir para el buen funcionamiento de sus equipos.

La responsabilidad de la realización de este mantenimiento es de la o las personas que estén a cargo del laboratorio y de los estudiantes que realicen prácticas dentro del mismo; para que se pueda llevar a cabo las acciones correspondientes se proporcionarán las diferentes guías y manuales elaborados en este trabajo de titulación que consta de los siguientes documentos:

- Fichas técnicas
- Banco de tareas
- Programa de mantenimiento

5.3.1 *Fichas técnicas.* Para elaborar un correcto manual de mantenimiento son indispensables las fichas técnicas, pues en ellas encontraremos la información técnica necesaria propia de cada equipo y componente (nombre, marca, rangos, forma de montaje, etc.) el tutor de la práctica debe proveer previamente de esta información a los estudiantes para que puedan familiarizarse y tengan conocimiento del manejo de los equipos.

La información que nos brindan las fichas técnicas son:

- Nombre del equipo
- Código del equipo
- Datos técnicos del equipo (serie, marca, modelo)
- Características del equipo (amperaje, voltaje, presión)
- Partes principales de equipo (no en todos los equipos)
- Número de ficha técnica
- Imagen del equipo

La codificación es el primer paso para la elaboración de fichas técnicas, esto nos permitirá llevar un control de manera ordenada de los equipos y componentes de la estación de ensamble; existe una normativa estandarizada para la codificación, en este caso para el laboratorio de la Facultad de Mecánica utilizaremos la FAME NA XX-00 y detallan a continuación el significado de cada sigla:

Figura 85. Codificación de equipos y elementos.

FAME - LA - EE - XX

FAME: Facultad de Mecánica

LA: Laboratorio de Automatización

EE: Estación de Ensamblaje

XX: Número de Elemento

Fuente: (Autores)

Tabla 12 Codificación de equipos

No.	Equipo	Codificación
1	PLC S7 – 1500. CPU 1511-1 PN (6ES7 511-1AK00-0AB0)	FAME-LA-EE-01
2	Mesa indexadora FESTO	FAME-LA-EE-02
3	Pantalla KTP 700 BASIC color PN	FAME-LA-EE-03
4	Válvula electropneumática 4V210-08	FAME-LA-EE-04
5	Cilindro de doble efecto MI16X150-S-CA	FAME-LA-EE-05
6	Robot industrial Kawasaki RS03N	FAME-LA-EE-06

Fuente: Autores

5.3.2 *Banco de tareas.* Cada equipo contará con un banco de tareas en el cual estará definidas las frecuencias de las actividades a realizarse para que las características su funcionamiento sea correcto con el uso en cada práctica y el transcurrir del tiempo.

El mencionado banco de tareas constará de las siguientes características:

- El nombre del equipo y sus características
- El código asignado
- La imagen del equipo
- El procedimiento detallado de la tarea
- Los materiales y herramientas que han de utilizarse
- Las observaciones de la tarea con el fin de mejorarla

Esta información detallada la encontraremos en el ANEXO H.

5.3.3 *Programa de Mantenimiento.* Este documento es un cronograma en el que se indica la frecuencia con que se realizará el mantenimiento (semanal, mensual, trimestral, etc.), para la realización de este programa se tomará muy en cuenta las especificaciones y recomendaciones proporcionadas por el fabricante.

Antes de la ejecución de este programa de mantenimiento, se debe revisar que no existan fugas o daños en los equipos y que todo se encuentre en normal funcionamiento, este plan está especificado en el ANEXO I.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Se implementó la estación de ensamblaje en el laboratorio de Automatización de la Facultad de Mecánica.

Se diseñó y seleccionó los elementos y equipos que conforman la estación de ensamblaje, mediante parámetros de calidad como marca, rendimiento, eficacia, tecnología, parámetros de funcionamiento y fácil manipulación.

Se realizó la programación de dos PLC S7 1500 SIEMENS Maestro-Esclavo, mediante el software Step 7 Basic y el lenguaje KOP; éstos se encuentran comunicados mediante una red PROFINET.

Se programó el robot industrial Kawasaki RS03N de una manera secuencial y ordenada conjuntamente con sensores y actuadores, recibiendo señales de dichos dispositivos, para que cumpla por etapas el proceso de ensamblaje ya sea que tenga o no, que intervenir en tiempos y posiciones exactas.

Se elaboró un manual de operación del usuario, para una correcta manipulación de los equipos y elementos de la estación de ensamblaje; así se podrá evitar posibles averías o daños en la estación y en los instrumentos del laboratorio de Automatización.

Se elaboró un plan de mantenimiento, el mismo que consta de tareas y sus respectivas frecuencias; con el fin de preservar la vida útil de los equipos mediante un mantenimiento preventivo.

Se asignó medidas de seguridad a ésta estación, que se deberán tomar en cuenta antes, durante y después de cada práctica realizada para evitar inconvenientes con la integridad física tanto de las personas, como de los equipos de laboratorio.

6.2 Recomendaciones

Familiarizarse con los equipos y tener un conocimiento básico de cada uno de ellos antes de desarrollar cualquier práctica dentro del laboratorio de Automatización de la Facultad de Mecánica para evitar cualquier tipo de inconvenientes.

Antes de la realización y desarrollo de las prácticas leer y comprender los diferentes manuales y recomendaciones detalladas en este trabajo que ha sido realizado para el aprendizaje de los estudiantes y así ellos obtengan el máximo provecho.

Observar todas las medidas de seguridad personal y también la seguridad de los equipos.

Evitar las bromas entre compañeros y distracciones durante el desarrollo de las prácticas del laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

CORRALES, Luis. *Interfaces de comunicacion industrial.* Quito, Escuela Politecnica Nacional, 2007. pp.89-93.

BARRERO, Domingo. Universidad de Huelva. [En línea] 2008. [Consultado: 7 de enero del 2017.] Disponible en: <https://es.scribd.com/document/1123905/Profibus-Domingo-Diez-Barrero>.

FESTO, *Filtros y silenciadores LFU.* [En línea]. 2012. [Consultado: 2 de febrero del 2017.] Disponible en: https://www.festo.com/cat/pt_pt/data/PDF/ES/LFU_ES.PDF.

FESTO, *Pneumatic rotary indexing tables* [En línea].2014. [Consultado: 12 de febrero del 2017.] Disponible en: <http://www.styrochreglerakuten.se/ST-270-A.pdf>.

KAWASAKI, *Robot industrial.* [En línea]. 2015. [Consultado: 19 de enero del 2017.] Disponible en: <https://robotics.kawasaki.com/en1/products/robots/small-medium-payloadsRS003N/>.

LENGUAGE SIMATIC, *Programacion SIMATIC.* [En línea]. 2015.[Consultado: 16 de marzo del 2017]. Disponible en: http://www.grupomaser.com/PAG_Cursos/Step/step7/Proyecto%20step7/paginas/contenido/step7/7/2.9.1.2.htm.

NULLE Lucas, Robot industrial. [En línea]. 2015. [Consultado: 5 de enero del 2017.] Disponible en: [https://www.lucas-nuelle.es/index.php/page/2273/apg/5797/Robot-industrial.htm?print=.](https://www.lucas-nuelle.es/index.php/page/2273/apg/5797/Robot-industrial.htm?print=)

SIEMENS, *Pantallas HMI.* [En línea]. 2014. [Consultado: 7 de febrero del 2017.] Disponible en: <http://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/hmi/Pages/PantallasHMI.aspx>.

SIEMENS, *SIMATIC PLC 1500.* [En línea]. 2016. [Consultado: 15 de abril del 2017]. Disponible en: <http://c4b.gss.siemens.com/resources/images/articles/e20001-a800-p210-v1-7800.pdf>.

SIEMENS, *Software step7*. [En línea]. 2016. [Consultado: 8 de marzo del 2017]. Disponible en: <https://www.industry.siemens.com/topics/global/en/tia-portal/controller-sw-tia-portal/SIMATIC-step7-basic-tia-portal/pages/default.aspx>.

TECNAUTOMAT S.A, Mesas Rotativas. [En línea]. 2004. [Consultado: 4 de febrero del 2017.] Disponible en: http://www.tecnaumat.com/adj_productos/54.pdf.

