



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“ELABORACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO QUE
SIMULE EL FUNCIONAMIENTO DE UN PUENTE GRÚA
Y COMPRESIÓN DE CHATARRA BAJO EL MANDO DE
UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PARA
EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE
PROCESOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL DE LA ESPOCH”**

**MACÍAS SOLÓRZANO EDER JOSÉ
ALMEIDA COLOMA ALFREDO JOSÉ**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

RIOBAMBA – ECUADOR

2014

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-09-26

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**MACÍAS SOLÓRZANO EDER JOSÉ
ALMEIDA COLOMA ALFREDO JOSÉ**

Titulada:

**“ELABORACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO QUE SIMULE EL
FUNCIONAMIENTO DE UN PUENTE GRÚA Y COMPRESIÓN DE
CHATARRA BAJO EL MANDO DE UN CONTROLADOR LÓGICO
PROGRAMABLE PARA EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE
PROCESOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA
ESPOCH”.**

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

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Mario Pástor Rodas
VICEDECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Jhonny Orozco Ramos
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Carlos Santillán Mariño
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: MACÍAS SOLÓRZANO EDER JOSÉ

ALMEIDA COLOMA ALFREDO JOSÉ

TÍTULO DE LA TESIS: “ELABORACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO QUE SIMULE EL FUNCIONAMIENTO DE UN PUENTE GRÚA Y COMPRESIÓN DE CHATARRA BAJO EL MANDO DE UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PARA EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA ESPOCH”.

Fecha de Examinación: 2015-01-28

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Mario Pastor Rodas PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jhonny Orozco R. DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Calos Santillán M. 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. Mario Pastor Rodas
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado 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.

Eder Macías S.

Alfredo Almeida C.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios y todas las personas que directa o indirectamente han sido partícipes de mi desarrollo moral, espiritual y mental, en especial a mis padres y hermana que han sido los pilares fundamentales brindándome su apoyo incondicional en todo momento y que con seguridad seguirán haciéndolo mientras viva.

Macías Solórzano Eder José

A Jesucristo mi señor y salvador, por ser mi refugio y mi guía en todo tiempo y por acompañarme siempre.

A mí amada esposa, por su amor al saber enfrentar los problemas y adversidades junto a mí y alentarme siempre a acabar mis estudios y, sin importar lo difícil que pudieran ponerse las cosas, no apartar su confianza en mí.

A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional, por siempre pensar en mi bienestar y ayudarme a alcanzar esta meta.

Almeida Coloma Alfredo José

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a Dios por darnos la vida y la fuerza para avanzar cada día con la convicción de lograr un mejor estilo de vida, así como a la Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

En especial a mis padres José y Yoli por su apoyo moral y económico que ha sido indispensable en mi desarrollo académico, para todos los amigos, compañeros, profesores y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

Macías Solórzano Eder José

A Jehová mi Dios, por su amor y misericordia, por darme la vida y salud, por las bendiciones que derrama sobre mí, y por permitir este día. Gracias Jesús.

A mi amada esposa, por haberme alentado en mis tiempos de decaimiento, y por hacerme esforzar cuando se presentaban obstáculos en mi carrera, por estar ahí cuando más la necesitaba, por ser mi ayuda idónea y por apoyarme en todo momento.

A mis padres y hermanos, por brindarme todo su apoyo siempre, gracias por sacarme adelante y estar conmigo en toda circunstancia.

Gracias madre por corregirme y educarme para hacer de mi un hombre de bien.

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

Almeida Coloma Alfredo José

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes	2
1.2 Justificación.....	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 <i>Objetivo general.</i>	4
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	4
2. FUNDAMENTO TEÓRICO	
2.1 Generalidades de sistemas autónomos	5
2.1.1 <i>¿Qué son los sistemas autónomos?.</i>	5
2.1.2 <i>Componentes de un sistema autónomo.</i>	5
2.1.3 <i>Sistemas de control dinámico.</i>	6
2.2 Autómatas programables.....	8
2.3 Variables en los autómatas programables	9
2.3.1 <i>Variables externas</i>	9
2.3.2 <i>Variables internas.</i>	10
2.4 <i>¿Qué es un PLC?</i>	11
2.4.1 <i>Entradas y salidas (E/S) - Inputs and Outputs (IO).</i>	12
2.4.2 <i>Funcionamiento del PLC.</i>	12
2.4.3 <i>Programar la memoria de un PLC.</i>	13
2.4.4 <i>Aplicabilidad del PLC.</i>	14
2.4.5 <i>Ventajas de los PLC's. Algunas de las ventajas que tienen los PLC's son....</i>	15
2.4.6 <i>Conexiones I/O al PLC.</i>	15
3. DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y AUTOMATIZACIÓN DEL MÓDULO	
3.1 Factores que influyen en el diseño de la estructura del módulo.....	17
3.1.1 <i>Selección del material principal para la construcción</i>	17
3.1.2 <i>Mesa o pedestal.</i>	19
3.1.3 <i>Análisis ergonómico del módulo.</i>	19
3.1.4 <i>Estructura base.</i>	22
3.1.5 <i>Carro longitudinal.</i>	22
3.1.6 <i>Carro transversal.</i>	23
3.1.7 <i>Elevador de electroimán.</i>	23
3.1.8 <i>Pista corredera y posicionador.</i>	23
3.1.9 <i>Sistema de compresión.</i>	23
3.1.10 <i>Sistema de transmisión de movimiento.</i>	23
3.1.11 <i>Elementos eléctricos</i>	29
3.1.12 <i>Elementos electrónicos</i>	36
3.1.13 <i>Ubicación del PLC.</i>	39
3.1.14 <i>Ubicación del panel de mando.</i>	40
3.1.15 <i>Montaje del PLC SIEMENS S7-1200.</i>	40
3.1.16 <i>Condiciones ambientales óptimas para la ubicación del PLC.</i>	41
3.1.17 <i>Diagrama del cableado del PLC.</i>	42
3.1.18 <i>Descripción del circuito eléctrico.</i>	42
3.1.19 <i>Programación del módulo.</i>	43
3.1.20 <i>Automatización del módulo</i>	46

4.	GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO, MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL MÓDULO	
4.1	Guía de prácticas de laboratorio.....	55
4.2	Manual de operación del módulo.....	57
4.2.1	<i>Informe de la práctica.</i>	62
4.3	Manual de mantenimiento del módulo.....	63
4.3.1	<i>Elementos electrónicos</i>	63
5.	ANÁLISIS DE COSTOS Y PRESUPUESTOS	
5.1	Costos de construcción del módulo.....	69
5.2	Presupuesto de mantenimiento.....	71
5.2.1	<i>Costos de mantenimiento preventivo</i>	71
5.2.2	<i>Costos de mantenimiento correctivo</i>	71
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
6.1	Conclusiones.....	72
6.2	Recomendaciones.....	73

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1 Diagrama de un sistema de control.....	6
2 Esquema de un sistema automático	6
3 Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo abierto	7
4 Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado	8
5 Representación del sistema y el controlador.....	9
6 Diagrama de bloques de un autómeta	10
7 PLC	11
8 Conexiones del PLC	16
9 Elementos del módulo	17
10 Estudio de cargas estáticas alternativa 1	18
11 Estudio de cargas estáticas alternativa 2.....	18
12 Resultados del estudio de cargas estáticas alternativa 2	19
13 Geometría del tornillo.....	26
15 Motor TRICO	29
16 Motoreductor universal.....	30
17 Electroimán	31
18 Interruptor final de carrera.....	32
26 Relé encapsulado de 8 pines	32
19 Pulsador RUN.....	33
20 Pulsador RESET	33
21 Pulsador con retencion.....	34
22 Luz amarilla	34
23 Luz verde	34
24 Relé térmico.....	35
25 Contactor trifásico.....	35
27 Sensor infrarrojo Sharp	36
28 Diagrama de la placa que controla los sensores	37
29 Estructura del PLC S7-1200	38
30 Ubicación del PLC.....	39
31 Tablero de control.....	40
32 Montaje del dispositivo.....	41
33 CPU 1214C AC/DC/RLY.....	42
34 Estructura de un puente H.....	42
35 Los 2 estados básicos del circuito.....	42
36 Diagrama del puente H	43
37 Asignacion de variables al PLC.....	47
38 Icono de inicio	49
39 Crear proyecto.....	50
40 Primeros pasos	50
41 Añadir dispositivo.....	51
42 Selecccion de PLC.....	51
43 Espacio de programación.....	52
44 Estableces conexión online con el PLC.....	52
45 Conexión de la interface	53
46 Compilar	53
47 Elementos mecánicos del módulo.....	57

48	Componentes de la caja de control	57
49	Módulo energizado	58
50	Cable conectado al puerto intranet del PLC	58
51	Paro de emergencia.....	58
52	Pulsados de reinicio	59
53	Pulsado RUN	59
54	Flujograma de operación del módulo	60

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1 Resultados del estudio de cargas estaticas alternativa 1	18
2 Factores de riesgo presentes en la tarea	20
3 Profundidad del análisis	20
4 Datos del estudio.....	21
5 Posturas	21
6 Tabla de posturas	21
7 Evaluación postural.....	22
8 Niveles de actuación	22
9 Características de los piñones	24
10 Característica de las cremalleras	24
11 Características técnicas del PLC S7-1200	39
12 Requisitos del sistema.....	46
13 Datos técnicos	46
14 Asignación de entradas	47
15 Asignación de salidas.....	48
16 Asignación de memorias.....	49
17 Dispositivos electrónicos del módulo	63
18 Solución de problemas.....	65
19 Elementos mecánicos del módulo.....	65
20 Rutinas de mantenimiento	66
21 Elementos eléctricos del módulo	67
22 Solución de problemas.....	67
23 Check list de mantenimiento.....	68
24 Costos mecánicos.....	69
25 Costos eléctricos	70
26 Costo de maquinaria	69
27 Costos varios.....	70
28 Costo total	70
29 Costos de mantenimiento correctivo.....	71

LISTA DE ANEXOS

- A** Diagrama eléctrico del módulo
- B** Circuito Ladder

RESUMEN

Se realiza un módulo que representa el funcionamiento de un puente grúa y compresión de chatarra al mando de un controlador lógico programable (PLC) SIMATIC S7-1200 1214C AC/DC Rly con el fin de implementarlo en el laboratorio de automatización de procesos de la Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH mejorando así la calidad del método enseñanza-aprendizaje de esta cátedra; este módulo fue programado en lenguaje KOP (Ladder) y cuenta con sensores infrarrojos y finales de carrera mecánicos, que al recibir una perturbación física envían una señal digital al PLC, el cual da la orden para que los actuadores (motoreductores de 12V CC) realicen su función específica, con lo que se logró obtener un módulo didáctico interactivo el cual es capaz de realizar un proceso totalmente automatizado, mediante la aplicación elementos de última tecnología disponibles en el mercado y aplicados actualmente en varios campos de la industria.

Con la implementación de este módulo se aporta al desarrollo del Laboratorio de Automatización de Procesos en la escuela por tratarse de una herramienta que facilitará la comprensión y estudio del manejo de los sistemas autónomos.

Se recomienda implementar un sistema SCADA para mejorar la interacción con el proceso, y con ello permitir que los futuros estudiantes tengan acceso a nuevas herramientas tecnológicas.

ABSTRACT

It is made a module that represents the operation of an overhead crane and clamping of scrap to the command of a programmable logic controller (PLC) SIMATIC S7 1200 1214C AC/DC Rly in order to implement it in automation processes of the Industrial Engineering School of ESPOCH (Escuela Superior Politécnica De Chimborazo) thus improving the quality of teaching – learning method of this chair; this module was programmed in language KOP(Ladder) and has infrared sensors and mechanical limit sensors that when receive a physical disturbance send a digital signal to the PLC which gives the order to the actuators (gear motors of 12V CC) perform their specific function, managed to obtain an interactive teaching module which is capable of performing a totally automated process through the implementation of elements of latest technology available in the market an currently applied in several industry fields.

The module implementation contributes to the development of the automation processes lab as a tool to facilitate the understanding and study of the autonomous systems management.

It is recommended to implement a SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) system to improve the interaction whit the process and to allow future students have access to new technological tools.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los cambios en la industria obligaron a los procesos industriales a avanzar a un nivel superior, en el cual se exige mayor eficiencia del proceso con menores tiempos de ejecución, mejor calidad y menores riesgos.

Estas exigencias solo pueden ser cumplidas con la automatización de dichos procesos, permitiendo reducir todos los tiempos de reacción y los riesgos que normalmente se tienen al ser realizados por un operador de forma manual.

Debido a las posibilidades de automatizar cualquier proceso, y a todos los beneficios que implica su aplicación, la Automatización es un área que se encuentra en auge, prueba de esto es que todas, o casi todas las empresas poseen al menos un pequeño sistema automático, ya sea en la iluminación de pasillos con detectores de movimiento, o en los sistemas de seguridad contra incendios con los detectores de humo, o en el sistema de envasado de productos, todos estos pequeños sistemas automáticos reducen tiempos y minimizan riesgos, por lo que resulta necesario que todo aquel que se encuentra involucrado en este tema, se mantenga bien informado y que se encuentre constantemente actualizando sus conocimientos con el fin de mejorar los sistemas de control, solucionar las fallas mejorando cada vez más los métodos de proceso.

1.1 Antecedentes

La Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH forma profesionales de alto nivel, con capacidades y conocimientos para adaptar la ciencia y la tecnología a los propósitos industriales en busca de nuevos productos y procesos, mediante la aplicación de conocimientos teórico – prácticos en la solución de problemas específicos de la producción.

Uno de los métodos para conseguir estas competencias es el uso de herramientas didácticas a escala que simulan procesos industriales que representen variables físicas

importantes que se manejan en el mundo real, las mismas que sirven para el diseño de un programa de control con el uso del software de programación.

Con la finalidad de incrementar la calidad en el aprendizaje en el área de automatización de procesos un requerimiento esencial es la implementación de un "Módulo didáctico que simule el funcionamiento de un puente grúa y compresión de chatarra bajo el mando de un controlador lógico programable" (PLC) con el que se podrá reforzar lo aprendido en clases.

1.2 Justificación

La elaboración del módulo didáctico que simule el funcionamiento de un puente grúa y compresión de chatarra bajo el mando de un controlador lógico programable para escuela de ingeniería industrial de la ESPOCH favorecerá a la interacción de los estudiantes con elementos y variables que se manejan en la vida real en la industria, tales consideraciones proponen un sistema de formación integral que permita el desarrollo de competencias significativas en los alumnos, para mejorar su desempeño en el ámbito laboral en general y particularmente en el área de automatización de procesos.

En la actualidad la Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH, se encuentra en proceso de equipamiento de material instrumental de sus laboratorios, en especial en asignatura de Automatización de Procesos, siendo este un pilar fundamental en el aprendizaje de los estudiantes, ya que a través de un laboratorio se podrá ejercitar lo aprendido en las aulas de clase.

Por las razones mencionadas anteriormente se desarrolla este proyecto, el cual consta de un módulo didáctico interactivo que representa un puente grúa y la compresión de chatarra utilizada en la industria del acero, que estará conectado en un sistema de control en lazo cerrado de tal manera que al introducir una señal perturbadora hace que el sistema PID reaccione de acuerdo al programa del PLC.

Con la ejecución de este proyecto de tesis se estará aportando al desarrollo del laboratorio de Automatización de Procesos Industriales y al mejoramiento de la

enseñanza y aprendizaje de la materia en la escuela, además de generar posibles soluciones a empresas de producción actualmente establecidas.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Elaborar un módulo didáctico que simule el funcionamiento de un puente grúa y compresión de chatarra bajo el mando de un controlador lógico programable para el laboratorio de automatización de procesos de la escuela de ingeniería industrial de la ESPOCH.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Aportar al desarrollo del laboratorio de automatización de procesos con elementos tangibles que simulen procesos reales en la industria.

Elaborar el fundamento teórico sobre los principios y fundamentos del funcionamiento del PLC y controles automáticos.

Diseñar, construir y comprobar el modelo final del módulo.

Determinar la programación óptima para que el módulo cumpla con el proceso planteado.

Elaborar una guía de operación, un plan de mantenimiento y guía práctica para el módulo.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 Generalidades de sistemas autónomos

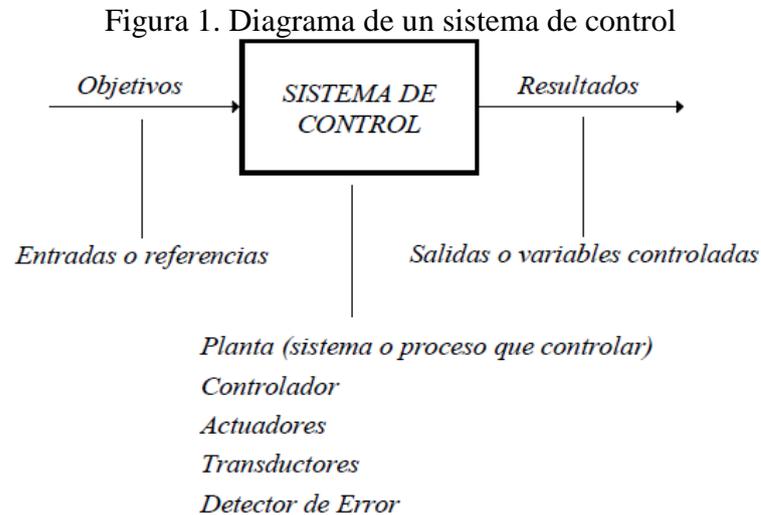
2.1.1 *¿Qué son los sistemas autónomos?* Desde el punto de vista de la teoría de control, un sistema o proceso autónomo está formado por un conjunto de elementos relacionados entre sí que ofrecen señales de salida en función de señales o datos de entrada.

Es importante resaltar el hecho de que no es necesario conocer el funcionamiento interno, o cómo actúan entre sí los diversos elementos, para caracterizar el sistema. Para ello, sólo se precisa conocer la relación que existe entre la entrada y la salida del proceso que realiza el mismo (principio de caja negra). El aspecto más importante de un sistema es el conocimiento de su dinámica, es decir, cómo se comporta la señal de salida frente a una variación de la señal de entrada. Un conocimiento preciso de la relación entrada/salida permite predecir la respuesta del sistema y seleccionar la acción de control adecuada para mejorarla.

De esta manera, el diseñador, conociendo cuál es la dinámica deseada, ajustará la acción de control para conseguir el objetivo final. En vista de todo lo expuesto, se puede definir un sistema de control como el conjunto de elementos que interactúan para conseguir que la salida de un proceso se comporte tal y como se desea, mediante una acción de control. (CUO, 1996 pág. 15)

2.1.2 *Componentes de un sistema autónomo.* Los tres elementos básicos capaces de llevar a cabo el control secuencial o la regulación continua dentro del control de procesos industriales son el llamado autómatas programables PLC, el ordenador industrial y los reguladores industriales (tanto en versión analógica como digital). Estos tres elementos comparten protagonismo y es frecuente encontrar artículos en opinión donde se comenta el futuro de los PLC ante las continuas mejoras del control realizado mediante ordenador.

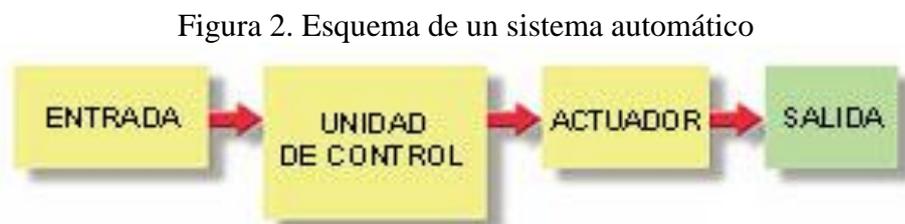
Cada uno de estos elementos halla su aplicación en la industria actual, y es por ello que la tendencia en los próximos años sea la de continuar utilizando estos elementos. (GEMMA, 2010 pág. 27)



Fuente: Sistemas de control automático. CUO, B.C

El dispositivo de entrada suele ser un sensor que detecta las condiciones del entorno. Cuando se detectan variaciones en el entorno, se producen pequeñas variaciones en el sensor que se transforman en señales eléctricas. Esta señal eléctrica se amplifica, y se introduce en un circuito electrónico o en un sistema de control por ordenador para que se produzca una acción de control sobre los actuadores, como arrancar y parar un motor, o encender y apagar una luz.

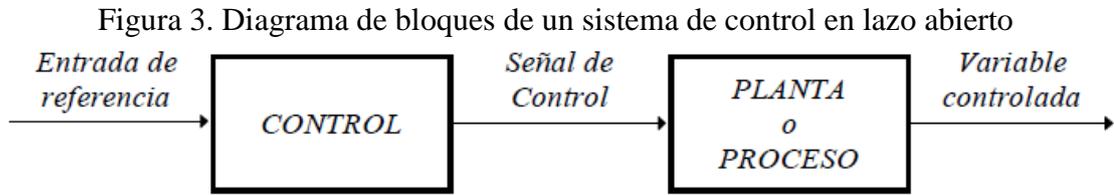
El esquema de un sistema automático se resume así:



Fuente: <http://www.librosvivos.net/smtc/homeTC.asp?TemaClave=1164>

2.1.3 *Sistemas de control dinámico.* Dependiendo del tratamiento que el sistema de control realiza con la señal de salida, pueden distinguirse dos tipologías de control generales: sistemas en lazo abierto y sistemas en lazo cerrado.

2.1.3.1 *Sistemas en lazo abierto.* En este tipo de sistemas, la salida no tiene efecto alguno sobre la acción de control.



Fuente: Sistemas de control automático. CUO, B.C

En un sistema en lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia, por ello cada entrada corresponderá a una operación prefijada sobre la señal de salida. Se puede asegurar entonces que la exactitud del sistema depende en gran manera de la calibración del mismo y, por tanto, la presencia de perturbaciones en la cadena (señales indeseadas) provocará que éste no cumpla la función asignada. (CUO, 1996 pág. 17)

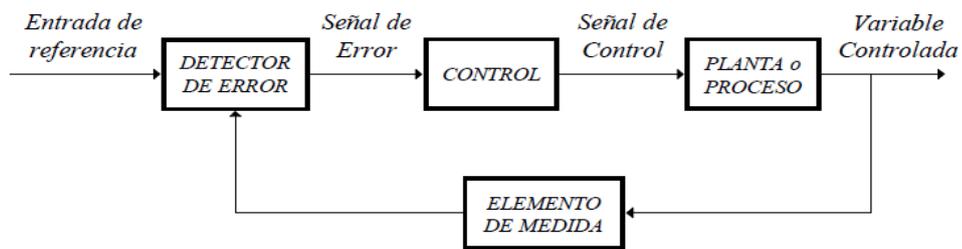
Para poder considerar una topología en lazo abierto, es necesario conocer la relación entrada/salida y garantizar la inexistencia de perturbaciones externas o de variaciones de los parámetros internos del sistema. Esto es, en general, difícil de cumplir en la práctica, y su realización implica sistemas excesivamente caros. (CUO, 1996 pág. 18)

2.1.3.2 *Sistemas en lazo cerrado.* En los sistemas de control en lazo cerrado, la señal de salida tiene efecto sobre la acción de control. A este efecto se le denomina realimentación.

La señal controlada debe realimentarse y compararse con la entrada de referencia, tras lo cual se envía a través del sistema una señal de control, que será proporcional a la diferencia encontrada entre la señal de entrada y la señal medida a la salida, con el objetivo de corregir el error o desviación que pudiera existir permitiendo que el proceso se mantenga dentro de los parámetros establecidos evitando posibles desfases en la producción.

La principal ventaja de los sistemas de control en lazo cerrado es que el uso de la realimentación hace al conjunto menos sensible a las perturbaciones externas y a las variaciones de los parámetros internos que los sistemas en lazo abierto. (CUO, 1996 pág. 18)

Figura 4 Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado



Fuente: Sistemas de control automático. CUO, B.C

La principal ventaja de los sistemas de control en lazo cerrado es que el uso de la realimentación hace al conjunto menos sensible a las perturbaciones externas y a las variaciones de los parámetros internos que los sistemas en lazo abierto. (CUO, 1996 pág. 18)

2.2 Autómatas programables

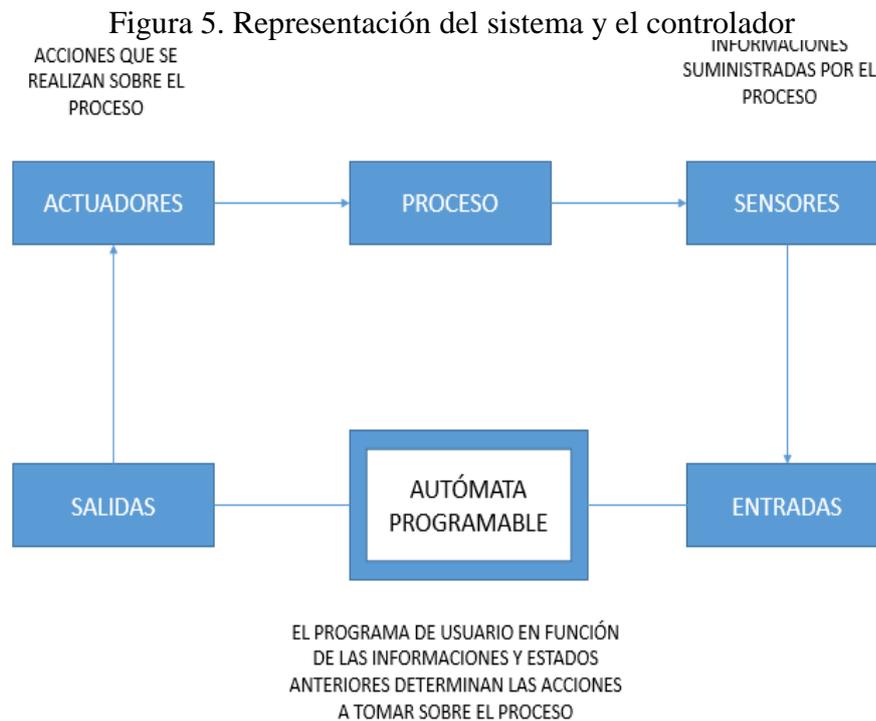
La mayoría de procesos existentes en la industria pertenecen al tipo de procesos discontinuos o procesos discretos y para su control pueden emplearse sistemas comerciales basados en microprocesador. Los más empleados son los autómatas programables.

Un autómata programable es un equipo electrónico, basado en un microprocesador o microcontrolador, que tiene generalmente una configuración modular, puede programarse en lenguaje no informático y está diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente industrial procesos que presentan una evolución secuencial. (ROMERA Pedro, 1994 pág. 11)

El sistema formado por el proceso y el autómata que se encarga de controlarlo está representado en la figura 5.

El programa de usuario recibe las informaciones del proceso y de los estados anteriores; de acuerdo con el algoritmo que tiene implementado las procesa y determina las acciones que el autómata ha de tomar sobre aquel. Las señales que reciben los actuadores se denominan variables externas de salida, las señales que suministran los

sensores reciben el nombre de variables externas de entrada. (ROMERA Pedro, 1994 pág. 12)



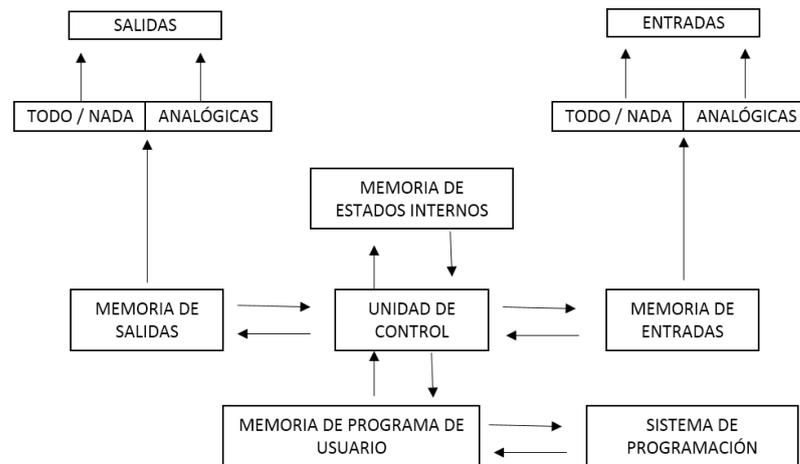
Fuente: ROMERA Pedro 1994

2.3 Variables en los autómatas programables

2.3.1 *Variables externas.* Las variables externas de entrada pueden ser de dos tipos:

- *Variables todo/nada*, como por ejemplo la señal recibida de un final de carrera o la señal que activa un regulador electropneumático para desplazar un cilindro. Los autómatas programables trabajan con lógica positiva, así por ejemplo, la señal procedente de un pulsador será tomado como “1” cuando el pulsador esté pulsado. Los módulos de entrada/salida todo/nada permiten trabajar con señales de tensión alterna o continua en las gamas existente en la industria, siendo las más comunes 220V ca, 24 V ca y 24 V cc.
- *Variables analógicas*, como por ejemplo la señal proporcionada por un pirómetro o la tensión de consigna que se suministra a un variador de velocidad. Las señales de este tipo con las que trabaja un autómata programable son, 0-10 V o intensidad 4-20 mA. Los módulos de entradas/salidas discretizan estas señales empleando generalmente convertidores de 8 bits. (ROMERA Pedro, 1994 pág. 12)

Figura 6. Diagrama de bloques de un autómata programable desde el punto de vista de las variables que utiliza y las memorias donde se almacenan



Fuente: Automatización con autómatas programables

Una característica propia de los autómatas programables es que tienen asignadas dos zonas de memoria independientes para las variables externas, una para las variables de entrada y otra para las de salida. Estas zonas de memoria, a su vez, pueden almacenar datos de bit cuando la variable es de tipo todo/nada o datos de byte cuando la variable es de tipo analógico. Estas zonas, en función del tipo de variables que lleven asociadas las instrucciones cargadas en el programa de usuario, pueden ser direccionados como bit o como byte; si la variable es todo/nada el direccionado es bit a bit; si las variables es de tipo analógico la posición direccionada tendrá un byte. (ROMERA Pedro, 1994 pág. 13)

2.3.2 Variables internas. A las variables externas comentadas en párrafos anteriores hay que añadir las variables internas que al igual que las variables externas tienen asignada su propia zona de memoria que puede ser direccionada en función del dato almacenado bit a bit o como byte. (ROMERA Pedro, 1994 pág. 15)

Estas posiciones de memoria son utilizadas por el autómata para almacenar resultados parciales de operaciones lógicas o aritméticas que se producen en el programa de usuario. En los programas de usuario que se realizan basándose en GRAFCET como veremos posteriormente, variables internas del tipo todo/nada se utilizan asociadas a las etapas.

Dentro de la zona de memoria de variables internas existe una serie de posiciones todo/nada que pueden ser utilizadas por el programa de usuario y que le informan del

estado en el que se encuentra el autómatas o le proporcionan señales de reloj que pueden emplearse como base de tiempos para determinadas instrucciones del programa. Todos los autómatas tienen al menos las siguientes variables internas especiales.

- Impulso inicial al pasar al modo (RUN).
- Señal que indica que la unidad de control está activa.
- Señal de reloj de 1 segundo.
- Señal de reloj de 0,1 segundos.

Las zonas de memoria asignadas a las variables externas e internas son memorias de tipo lectura/escritura. Los datos almacenados en las tres zonas pueden ser procesados tantas veces como sea necesario por el programa de usuario. (ROMERA Pedro, 1994 pág. 16)

2.4 ¿Qué es un PLC?

Figura 7 PLC



Fuente: <http://www.conrad.com>

Un PLC se puede definir como un sistema basado en un microprocesador. Sus partes fundamentales son la Unidad Central de Proceso (CPU), la Memoria y el Sistema de Entradas y Salidas (E/S). La CPU se encarga de todo el control interno y externo del PLC y de la interpretación de las instrucciones del programa.

La memoria ROM almacena programas para el buen funcionamiento del sistema. En base a las instrucciones almacenadas en la memoria y en los datos que lee de las

entradas, genera las señales de las salidas. La memoria se divide en dos, la memoria de solo lectura o ROM y la memoria de lectura y escritura o RAM.

La memoria RAM está conformada por la memoria de datos, en la que se almacena la información de las entradas y salidas y de variables internas y por la memoria de usuario, en la que se almacena el programa que maneja la lógica del PLC.

El sistema de Entradas y Salidas recopila la información del proceso (Entradas) y genera las acciones de control del mismo (salidas). Los dispositivos conectados a las entradas pueden ser Pulsadores, interruptores, finales de carrera, termostatos, presostatos, detectores de nivel, detectores de proximidad, contactos auxiliares, etc. Al igual, los dispositivos de salida son también muy variados: Pilotos, relés, contactores, Drives o variadores de frecuencia, válvulas, etc.

2.4.1 *Entradas y salidas (E/S) - Inputs and Outputs (IO).* Las entradas y salidas (E/S) de un PLC son digitales, analógicas o especiales. Las E/S digitales se identifican por presentar dos estados diferentes: on u off, presencia o ausencia de tensión, contacto abierto o cerrado, etc. Los niveles de tensión de las entradas más comunes son 5 VDC, 24 VDC, 48 VDC y 220 VAC. Los dispositivos de salida más frecuentes son los relés.

Las E/S análogas se encargan de convertir una magnitud analógica (tensión o corriente) equivalente a una magnitud física (temperatura, flujo, presión, etc.) en una expresión binaria. Esto se realiza mediante conversores analógico-digitales (ADC's). Por último, las E/S especiales se utilizan en procesos en los que con las anteriores E/S vistas son poco efectivas, bien porque es necesario un gran número de elementos adicionales, bien porque el programa necesita de muchas instrucciones o por protocolos especiales de comunicación que se necesitan para poder obtener el dato requerido por el PLC (HART, Salidas de trenes de impulso, motores paso a paso).

2.4.2 *Funcionamiento del PLC.* Cuando se pone en marcha el PLC lo primero que este realiza es una lista de chequeos internos para permitir que todo desde el inicio este en buenas condiciones y todo esté debidamente conectado (Power Supply, conexiones de entradas y salidas).

Una vez efectuadas estas comprobaciones y son aprobadas, la CPU inicia la exploración del programa y reinicializa. Esto último si el autómata se encuentra en modo RUN (marcha), ya que de estar en modo STOP (paro) aguardaría, sin explorar el programa, hasta la puesta en RUN. Al producirse el paso al modo STOP o si se interrumpe la tensión de alimentación durante un tiempo lo suficientemente largo, la CPU detiene la exploración del programa y luego pone a cero, es decir, desactiva todas las salidas. Mientras se está ejecutando el programa, la CPU realiza en intervalos continuos de tiempo distintas funciones de diagnóstico (watch-dog). Cualquier singularidad que se detecte se mostrará en los indicadores de diagnóstico del procesador y dependiendo de su importancia se generará un código de error o se parará totalmente el sistema. El tiempo total del ciclo de ejecución viene determinado por los tiempos empleados en las distintas operaciones. El tiempo de exploración del programa es variable en función de la cantidad y tipo de las instrucciones así como de la ejecución de subrutinas. El tiempo de exploración es uno de los parámetros que caracteriza a un PLC y generalmente se suele expresar en milisegundos por cada mil instrucciones. Para reducir los tiempos de ejecución, algunas CPU's constan de dos o más procesadores que operan simultáneamente y están dedicados a funciones específicas.

2.4.3 Programar la memoria de un PLC. Al programar un PLC se necesita una interfaz entre el operador y el PLC para introducir en la memoria de usuario el programa con las instrucciones que definen las secuencias de control. Normalmente esta interfaz se lleva a cabo a través de software instalado en Computadores personales (PC). Dependiendo del tipo de PLC el equipo de programación produce unos códigos de instrucción directamente ejecutables por el procesador o bien un código intermedio, que es interpretado por un programa residente en el procesador (firmware).

Las funciones que estos equipos o software de programación son la edición y modificación del programa, detección de errores, archivamiento de programas (discos duros) y monitoreo en línea de variables. La conexión del PC al PLC comúnmente se realiza mediante una conexión en serie (generalmente la RS-232C o la RS-422). Hoy en día existen distintos puertos disponibles según la marca del PLC. (ROKATEK)

2.4.4 *Aplicabilidad del PLC.* El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido
- Procesos de producción periódicamente cambiantes
- Procesos secuenciales
- Maquinaria de procesos variables
- Instalaciones de procesos complejos y amplios
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso

Como algunos ejemplos de aplicaciones generales tenemos:

- Maniobra de máquinas
- Maquinaria industrial de plástico
- Máquinas transfer
- Maquinaria de embalajes
- Maniobra de instalaciones:
- Instalación de aire acondicionado, calefacción
- Instalaciones de seguridad
- Señalización y control
- Chequeo de programas
- Señalización del estado de procesos

2.4.5 *Ventajas de los PLC's.* Algunas de las ventajas que tienen los PLC's son:

Menor tiempo de empleo en la elaboración de proyectos debido a que:

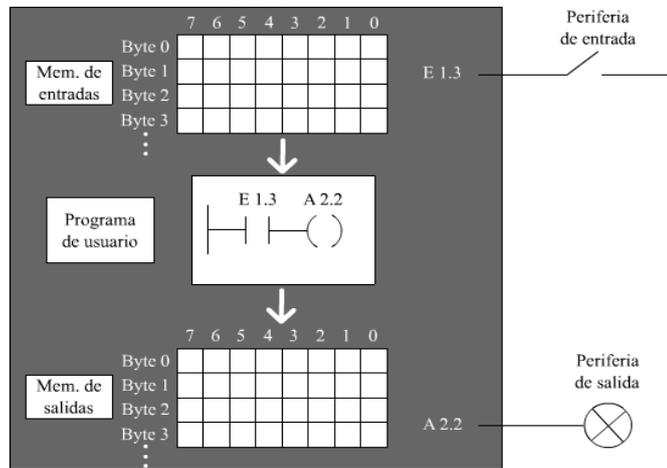
- No es necesario dibujar el esquema de contactos
- No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que por lo general la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
- La lista de materiales queda reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente se elimina parte del problema de contar con diferentes proveedores y distintos plazos de entrega.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra de la instalación.
- Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos operadores pueden indicar y detectar averías.
- Posibilidad de operar varias máquinas con un mismo técnico.
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo de cableado.
- Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el operador sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción. (QUIMINET, 2006)

2.4.6 *Conexiones I/O al PLC.* Los autómatas programables se componen de tres bloques:

- *La sección de entradas.* La sección de entradas mediante un interfaz, adapta y codifica de forma comprensible para la CPU las señales procedentes de los dispositivos de entrada o captadores. También tiene una misión de protección de los circuitos electrónicos internos del autómata.
- *La unidad central de procesos o CPU.* La unidad central de procesos es la inteligencia del sistema. Es la zona del autómata donde se interpretan las instrucciones del programa de usuario, y en función de las entradas, activa las salidas deseadas.

- *La sección de salidas.* La sección de salidas decodifica las señales de la CPU, las amplifica y manda con ellas los dispositivos de salida o actuadores. (SIEMENS, 2011)

Figura 8. Conexiones del PLC
PLC



Fuente: TIA porta

CAPÍTULO III

3. DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y AUTOMATIZACIÓN DEL MÓDULO

El módulo didáctico está compuesto de elementos básicos y necesarios para el aprendizaje, manejo, adiestramiento y desarrollo del proyecto de automatización del proceso industrial con la utilización de un Controlador Lógico Programable (PLC) permitiendo una mejor comprensión y visualización de los conocimientos adquiridos en el laboratorio.

El módulo permite la introducción de programas realizados en lenguaje de programación hacia el (PLC) y la comprensión del correcto funcionamiento del programa mediante la utilización de dispositivos tangibles conectados a las entradas y salidas tanto digitales como analógicas.

Para analizar el diseño del módulo a continuación se realiza un reconocimiento de cada uno de los elementos que lo componen.

1. Mesa o pedestal
2. Estructura base
3. Carro longitudinal
4. Carro transversal
5. Elevador de electroimán
6. Pista o corredera
7. Posicionador
8. Compactador
9. Motores de 12 V CC
10. Caja de control
11. Fuente de 12 V CC
12. Fuente de 24 V CC
13. PLC S7-1200
14. Finales de carrera de accionamiento mecánico
15. Sensores infrarrojos Sharp

Figura 9. Elementos del módulo



Fuente: Autores

3.1 *Factores que influyen en el diseño de la estructura del módulo*

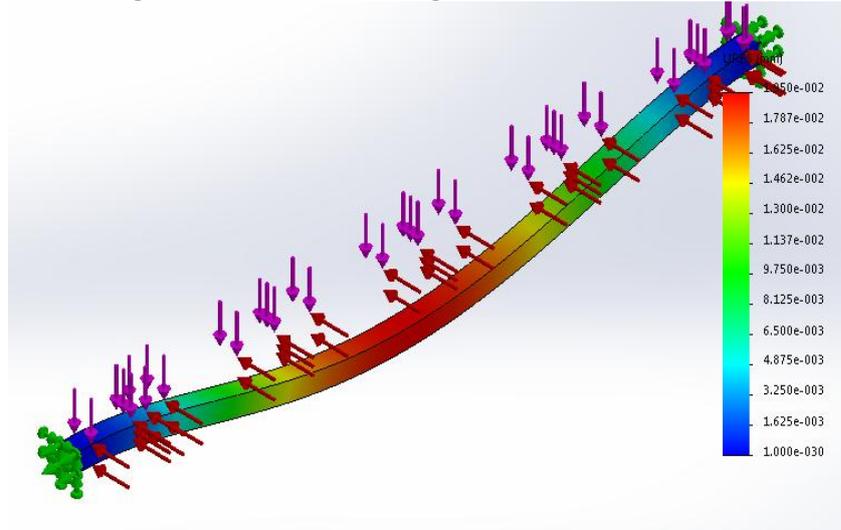
La estructura es el componente que sostiene a los elementos, mecánicos, eléctricos y electrónicos del módulo didáctico, por lo que se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Elementos y espacios de trabajo que intervienen en el proyecto.
- La ubicación de los emisores de señales.
- Aspectos ergonómicos.
- Aspectos estéticos.
- Materiales existentes o disponibles en el mercado.

3.1.1 *Selección del material principal para la construcción de la estructura del módulo.*

a) *Alternativa 1. Tubo cuadrado de acero galvanizado de 1 in * 1,5mm.* A continuación se realiza un estudio de cargas estáticas para determinar si el material seleccionado cumple con las propiedades físicas y mecánicas requeridas para la construcción del módulo.

Figura 10. Estudio de cargas estáticas alternativa 1



Fuente: Solidworks Simulations Xpress Study

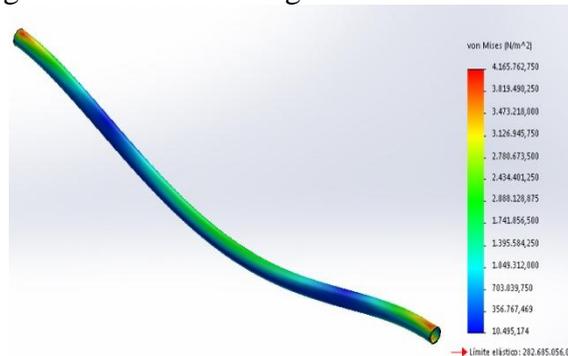
Tabla 1. Resultados del estudio de cargas estaticas alternativa 1

Propiedades	
Masa:	1.12856 kg
Nombre	Tubo cuadrado de acero galvanizado
Volumen:	0.0001434 m ³
Densidad:	7870 kg/m ³
Peso:	11.0599 N
Límite elástico:	2.03943e+008 N/m ²
Límite de tracción:	3.56901e+008 N/m ²
FUERZA APLICADA EN EL ESTUDIO	35 N
Desplazamiento maximo resultante	0.0339544 mm

Fuente: Solidworks Simulations Xpress Study

b) *Alternativa 2. Tubo redondo de acero estructural negro.* A continuación se realiza el estudio de cargas estáticas.

Figura 11 Estudio de cargas estáticas alternativa 2



Fuente: Solidworks Simulations Xpress Study

Figura 12. Resultados del estudio de cargas estáticas alternativa 2

Propiedades tubo redondo	
Masa:	0.885016 kg
Nombre	Tubo rredondo de acero estructural negro
Volumen:	0.000112626 m ³
Densidad:	7858 kg/m ³
Peso:	8.67316 N
Límite elástico:	2.82685e+008 N/m ²
Límite de tracción:	4.25e+008 N/m ²
Fuerza aplicada en el estudio	35 N
Desplazamiento maximo resultante	0.0505273 mm

Fuente: Solidworks Simulations Xpress Study

Luego de hacer un estudio de cargas estáticas se decidió utilizar tubo cuadrado de 1" X 1,5 mm que tiene una suficiente resistencia mecánica para los requerimientos, además facilita la construcción y se ajusta a las necesidades estéticas del módulo.

3.1.2 Mesa o pedestal. Para la parte superior de la mesa o pedestal se utilizó una plancha de triplex de 700 * 1500 * 15 mm la cual tiene la suficiente resistencia ya que siendo un proceso didáctico las cargas son muy pequeñas por lo que la estructura cumple con los requerimientos de diseño.

Sus dimensiones son:

- Largo: 1400 mm
- Ancho: 500 mm
- Alto: 850 mm

3.1.3 Análisis ergonómico del módulo. Por ser un módulo utilizado para prácticas tanto de estudiantes como profesionales dedicados al estudio de la automatización de procesos debemos considerar a los aspectos ergonómicos como unos de los primordiales aspectos para determinar si sus dimensiones son las adecuadas.

Para determinar si las dimensiones del módulo son ergonómicamente satisfactorias utilizamos un software en línea el cual mediante los factores de riesgo presente nos ayuda a determinar el método de evaluación a utilizar.

3.1.3.1 Selección del método de evaluación

Tabla 2. Factores de riesgo presentes en la tarea

Seleccione qué factores de riesgo están presentes en la tarea analizada:

- Se adoptan posturas inadecuadas o mantenidas durante periodos de tiempo prolongados
- Se produce manipulación de carga (transportes, empujes, arrastres...)
- Se llevan a cabo movimientos de elevada repetitividad
- Hay aplicación de fuerzas o posible inestabilidad del trabajador
- El ambiente térmico puede resultar inadecuado
- La tarea desarrollada parece penosa y asociada a un consumo de energía elevado

Fuente: ERGONAUTAS.COM

Tabla 3. Profundidad del análisis

Carga Postural Elevada

Responda a las siguientes cuestiones respecto a las posturas adoptadas susceptibles de provocar riesgo:

Profundidad del análisis

- Se desea un análisis exhaustivo y postura a postura.
- El análisis a realizar es global y sin detalle. Si existe algún riesgo se analizará posteriormente.

Número de posturas

- Existe un número limitado de posturas inadecuadas (5 o menos)
- El número de posturas inadecuadas diferentes es elevado (más de 5).

Zona del cuerpo afectada

- La carga postural afecta, fundamentalmente, a las extremidades superiores.
- La carga postural afecta al cuerpo entero.

Fuente: ERGONAUTAS.COM

Resultado:

Recomendación: **Método EPR**

Para evaluación inicial de la carga postural puede emplear el método EPR no es en sí un método que permita conocer los factores de riesgo asociados a la carga postural, si no, más bien, una herramienta que permite realizar una primera y somera valoración de las posturas adoptadas por el trabajador a lo largo de la jornada. Si un estudio EPR proporciona un nivel de carga estática elevado el evaluador debería realizar un estudio más profundo del puesto mediante métodos de evaluación postural más específicos como RULA, OWAS o REBA. (MÁS DIEGO)

3.1.3.2 Inserción de los datos del estudio

Tabla 4. Datos del estudio

Datos del puesto	
Identificador del puesto	Módulo de simulación de puente grúa y compresión de chatarra.
Descripción	Implementación para el laboratorio de Automatización de Proc
Empresa	ESPOCH
Departamento/Área	Escuela de Ing. Industrial
Sección	Automatización
Datos de la evaluación	
Empresa evaluadora	ergonautas.com <small>Este dato se empleará como encabezado de los informes.</small>
Nombre del evaluador	Eder Macías
Fecha de la evaluación	15 / 10 / 14
Datos del trabajador	
Nombre del trabajador	Estudiantes de la escuela de Ing. Industrial
Sexo	<input checked="" type="radio"/> Hombre <input type="radio"/> Mujer
Edad	23
Antigüedad en el puesto	4 años
Tiempo que ocupa el puesto por jornada	2 horas
Duración de la jornada laboral	8 horas

Fuente: ERGONAUTAS.COM

Tabla 5. Posturas

Posturas		
Introduzca el número de posturas diferentes adoptadas por el trabajador durante una hora de trabajo.	2	
<p>Seleccione las diferentes posturas adoptadas por el trabajador y el tiempo que las mantiene por cada hora de trabajo. Una misma postura no debe aparecer en más de una casilla. En la tabla inferior puede identificar las diversas posturas.</p>		
Nº	Postura	minutos por cada hora de trabajo
1	Sentado: Normal	35' a <50'
2	De pie: Normal	35' a <50'

Fuente: ERGONAUTAS.COM

Tabla 6. Tabla de posturas

Sentado: Normal		Sentado: Inclinado		Sentado: Brazos por encima de los hombros	
De pie: Normal		De pie: Brazos en extensión frontal		De pie: Brazos por encima de los hombros	
De pie: Inclinado		De pie: Muy inclinado		Arrodillado: Normal	
Arrodillado: Inclinado		Arrodillado: Brazos por encima de los hombros		Tumbado: Brazos por encima de los hombros	
Agachado: Normal		Agachado: Brazos por encima de los hombros			

Fuente: ERGONAUTAS.COM

3.1.3.3 Resultados de la evaluación

Tabla 7. Evaluación postural

Carga Estática = 2
Nivel de actuación: 1
La situación parece ser satisfactoria.

Fuente: ERGONAUTAS.COM

Tabla 8. Niveles de actuación

Nivel	Carga estática	Actuación recomendada
1	0,1 ó 2	Situación satisfactoria.
2	3,4 ó 5	Débiles molestias. Algunas mejoras podrían aportar más comodidad al trabajador.
3	6 ó 7	Molestias medias. Existe riesgo de fatiga.
4	8 ó 9	Molestias fuertes. Fatiga
5	10 o más	Nocividad.

Fuente: ERGONAUTAS.COM

Como resultado del estudio el software indica que el módulo está en una situación postural satisfactoria.

3.1.4 Estructura base. La estructura base está construida de tubo cuadrado de acero estructural galvanizado de 25,4 mm X 1.5 mm, cuyas dimensiones son de 90 cm de largo, 60 cm de ancho y 50 cm de altura, cuenta con varillas redondas de acero de transmisión de ½” como guías carrileras en las caras superiores y una cremallera que permite la transmisión del movimiento.

3.1.5 Carro longitudinal. El carro longitudinal se asienta sobre la estructura base y realiza movimientos sobre el eje X consta de cuatro ruedas con canales que le permiten ajustarse a las guías carrileras para evitar su desviamiento o atascamiento sobre estas, dos varillas redondas de acero de transmisión de ½” que sirven de guías para el carro transversal, una cremallera transversal y un motor conectado el cual proporciona el torque que por medio del sistema piñón-cremallera permite el movimiento.

Las guías carrileras transversales soportan un máximo de 24.5 N con lo que se realizó un estudio estático en estas guías, en el cual se determinó que la deformación máxima

en el punto medio es de 0.0634947 mm, que no resulta significativo en el trabajo realizado.

3.1.6 Carro transversal. El carro transversal que se ubica sobre las guías carrileras transversales consta de una estructura sobre la cual se ubica el motor que proporciona el movimiento sobre el eje Y por medio del sistema de transmisión piñón-cremallera.

3.1.7 Elevador de electroimán. Se asienta sobre el carro transversal y consta de un motor conectado a una polea en la cual se enrollan el cable que sostiene al electroimán permitiendo así el movimiento sobre el eje Z.

3.1.8 Pista corredera y posicionador. Bajo la estructura base se encuentra una pista con un brazo posicionador que se encarga de ubicar el objeto en las posiciones necesarias para el proceso.

3.1.9 Sistema de compresión. El sistema de compresión se asienta sobre la estructura base, consta de un motor que rota un piñón de 18 dientes que a su vez transmite movimiento por medio de una cadena a otro de 13 dientes conectado a un sistema tuerca – tornillo que convierte el movimiento rotacional en lineal sobre el eje Z permitiendo realizar el trabajo de compresión.

3.1.10 Sistema de transmisión de movimiento.

a) Piñón cremallera. El movimiento en los carros longitudinal y transversal se realiza por medio de un sistema de transmisión piñón-cremallera, estos elementos los obtuvimos de partes automotrices recicladas.

El mecanismo piñón cremallera permite convertir el movimiento rotacional del eje del motor a un movimiento rectilíneo necesario para el desplazamiento en los ejes “X” y “Y” para realizar el desplazamiento secuencial del módulo.

Estos elementos fueron seleccionados considerando el diámetro del piñón y el paso del mismo así como el de la cremallera en función a la relación entre velocidad angular del eje del motor y la velocidad lineal de avance requerida en el proceso.

Características:

Tabla 9. Características de los piñones

Piñón	
Numero de dietes	9
Diámetro primitivo	20 mm
Diámetro exterior	25 mm
Paso	7,14 mm

Fuente: Autores

$$\text{Paso} = (D_e/N+2)\pi$$

$$\text{Paso} = 7.14 \text{ mm}$$

Tabla 10. Característica de las cremalleras

Cremallera	
Longitudinal	800 mm
Transversal	400 mm
Paso	7,14 mm
Longitud	40 cm

Fuente: Autores

Velocidad de avance:

$$N = 60 \text{ rpm}$$

$$Z = 9$$

b) *Elevador de electroimán.* Para el desplazamiento del objeto utilizamos un electroimán de 24 V que por medio de una polea fijada en el eje del motor nos permite levantarlo y transportarlo hacia el posicionador para luego ser comprimido.

c) *Sistema de transmisión Catalina-Cadena.* El sistema de compresión está compuesto por dos piñones conectados por medio de una cadena a el sistema tuerca tornillo que permite el movimiento del compactador sobre el eje Z para realizar la compresión del objeto.

Los piñones y la cadena fueron tomados de partes recicladas de una bicicleta, el tornillo sinfín que actúa como compactador se obtuvo de un tornillo de banco paralelo que estaba fuera de funcionamiento.

A continuación se detallan los parámetros de selección de estos elementos:

d) Selección de piñones. Debido a que el motor utilizado en el compactador es de bajas rpm, el tiempo de compactación se prolongaba demasiado, por lo que se optó por hacer un sistema de transmisión por cadenas para aumentar la velocidad angular del tornillo, para lo cual se seleccionaron dos piñones donde el conductor (P1) es de 18 dientes y el conducido (P2) es de 13.

- *Cálculo de rpm en los piñones 1 y 2*

Por el cálculo sabemos que en una rueda dentada se cumple:

$$\frac{d}{Z} = \frac{p}{\pi} = m \quad (1)$$

Dónde:

- d = Diámetro de la circunferencia primitiva.
- Z = Es el número de dientes.
- p = Es el paso entre dos dientes sucesivos.
- π = Es el Número π .
- m = Es el módulo.

Para que dos ruedas dentadas engranen, el paso p y el módulo m , tienen que ser los mismos, y no intervienen en el cálculo de la transmisión.

Para calcular la relación entre el número de dientes y la velocidad de rotación, partiremos de las expresiones:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{d_1}{Z_1} = \frac{d_2}{Z_2} \\ d_1 \omega_1 = d_2 \omega_2 \end{array} \right\} \longrightarrow Z_1 \omega_1 = Z_2 \omega_2 \quad (2)$$

Dónde:

- Z_1 = Número de dientes de la rueda dentada conductora
- ω_1 = RPM de la rueda dentada conductora
- Z_2 = Número de dientes de la rueda dentada conducida
- ω_2 = RPM de la rueda dentada conducida

Con lo que se deduce que el producto del número de dientes de una rueda por su velocidad angular es igual al número de dientes de la rueda con la que engrana por su velocidad angular.

Por lo que se tiene:

$$Z_1 \omega_1 = Z_2 \omega_2 \quad (3)$$

$$18 * 60 = 13 * \omega_2$$

$$\omega_2 = \frac{18 * 60}{13}$$

$$\omega_2 = 83 \text{ rpm}$$

Se obtiene 83 rpm en el tornillo compactador

Donde el sistema compactador tiene una relación de 0,72:1

$$N2 = \frac{N1}{83} \quad (4)$$

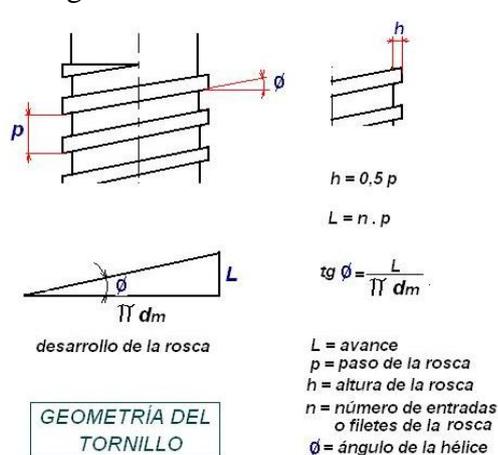
$$N2 = \frac{60}{83}$$

$$N2 = 0,72$$

La cadena seleccionada es una cadena simple con un paso 12.

e) *Sistema de transmisión Tuerca – Tornillo.* El sistema de tornillo de potencia nos sirve para transformar el movimiento circular del piñón a un movimiento rectilíneo vertical el cual nos permite simular la compactación de la chatarra.

Figura 13. Geometría del Tornillo



Fuente: <http://www.fullmecanica.com/definiciones/t/147-tornillos-de-potencia-mecanica>

Dónde:

$$L = n * p$$

$$L = 5 \cdot 4 \text{ mm} \quad L = 20 \text{ mm}$$

$$p = 4 \text{ mm}$$

$$n = 5 \text{ mm}$$

$\theta = 0$ para tornillos de rosca cuadrada

Cálculo de la fuerza máxima generada por el tornillo por el torque del motor

$$T = 0,45 \text{ Kg.m}$$

$$T = \frac{HP * 716}{RPM} \quad (5)$$

$$HP = \frac{T * RPM}{716}$$

$$HP = \frac{0,45 \text{ Kg.m} * 60}{716} = 0,035 \text{ HP}$$

Dónde:

HP = Caballos de fuerza

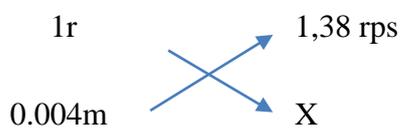
T = Torque

RPM = Revoluciones por minuto

Velocidad de avance del tornillo



$$X = \frac{83}{60} = 1,38 \text{ rps}$$



$$X = 0,004 \text{ m} * 1,38 \frac{r}{s} = 0,00552 \frac{m}{s}$$

Fuerza máxima generada por el tornillo

$$uP = F \cdot v \quad (6)$$

$$F = \frac{uP}{v}$$

$$F = \frac{(0,2) 26W}{0,00552 \frac{m}{s}}$$

$$F = 942,03 \text{ N}$$

Dónde:

u = Coeficiente de fricción

P = Potencia

F = Fuerza

v = Velocidad

f) *Simulación de la chatarra.* Como elemento simulador de chatarra utilizamos latas de aluminio las cuales son utilizadas como envases de bebidas, sus características son:

- El espesor de la lámina es menor que 0,1 mm.
- El material es de baja dureza.
- Muy dúctil.
- Las latas de aluminio son reciclables y reutilizables.

Al realizar el ensayo de fuerzas estáticas se determinó que para realizar la compresión de una lata de aluminio se requiere una fuerza de 500N lo que resulta un factor de seguridad de 1,9 en el sistema de compresión.

g) *Posicionador.* El posicionador consta de una pista de 40cm, de diámetro sobre la cual gira un brazo ajustado directamente en el eje del motor.

3.1.11 Elementos eléctricos

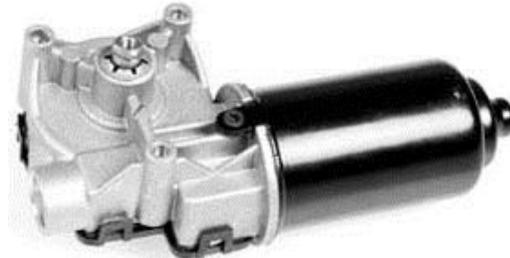
3.1.11.1 Selección de motores

a) Criterio para la selección de un motor

- Voltaje dentro de las instalaciones
- Frecuencia
- Condiciones del ambiente de trabajo del motor
- Carga a mover por el motor
- El lugar de instalación del motor
- Velocidad de trabajo del motor
- Potencia y eficiencia del motor

Motor TRICO

Figura 14. Motor TRICO



Fuente: <http://www.robotsperu.org/foros/amperaje-de-un-motor-de-limpiaparabrisas-vt700.html>

Para los carros longitudinal y transversal, el posicionador y el compactador se utiliza 4 motores universales TRICO los cuales fueron seleccionados por contar con las siguientes características:

- Voltaje de trabajo: 12 V
- Torque: hasta 4,5 Nm
- Tamaño: 25 cm * 6 cm
- Velocidad de trabajo del motor: de 60 a 70 rpm
- Potencia del motor: 50 W
- Rango de operación: de 2 a 3 A
-

Motorreductor de corriente continua

Figura 15. Motorreductor universal



Fuente: mercadolibreecuador

Para el elevador se utiliza un motorreductor en el cual se consideraron los siguientes parámetros:

- Capacidad de carga: 4 Kg
- Tamaño: 3 cm * 10 cm
- Velocidad de trabajo del motor: de 60 rpm
- Potencia del motor: 5 W
- Rango de operación: de 300 a 500 mA

Ventajas de los motores seleccionados.

- Los motores utilizados en la construcción del módulo son pequeños lo que facilita su instalación ya que están ubicados en las partes móviles.
- Su funcionamiento a 12 V CC nos facilita la inversión de giro y un bajo consumo de energía.
- Tienen un alto torque y su velocidad angular de trabajo es muy baja.
- Son compactos.
- Son de bajo costo y existe un gran stock en el mercado debido a su gran demanda.
- Pueden ser controlados mediante señales PWM (pulse width modulation), las cuales se obtienen de las salidas del PLC.

b) Selección de electroimán

Figura 16. Electroimán



Fuente: Autores

Para el levantamiento del objeto se utiliza un electroimán el cual consta de una bobina de alambre recubierto el cual se envuelve en un cilindro aislante que se superpone a un alma de hierro, este se obtuvo de partes recicladas de una copiadora obsoleta; para la selección del electroimán se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

- Voltaje de operación: 24 V
- Consumo de corriente: 500 mA
- Potencia: 12W
- Capacidad máxima de carga: 250 g

Para los fines demostrativos de nuestro módulo el electroimán cumple con los requerimientos necesarios para la operación a realizar.

c) Interruptores finales de carrera de accionamiento mecánico. A diferencia de los detectores electrónicos y magnéticos, en general, este grupo de interruptores electro-mecánicos, se basa en los dispositivos con contactos físicos, que realizan la conexión o desconexión, a partir de accionamientos mecánicos, sin electrónica ni accionamientos magnéticos.

Se han venido utilizando desde hace muchos años, en aplicaciones industriales, y aún seguirán utilizándose por muchos años, por su simplicidad, y generalmente por sus buenos resultados en aplicaciones normales, donde no se deban exigir condiciones

especiales, como una elevada sensibilidad, una duración de vida muy elevada, u otras exigencias, frecuentes en los actuales.

Los Interruptores "Final de Carrera", se componen normalmente de una caja, un elemento de contacto (cámara de contacto) y un dispositivo mecánico de accionamiento dispositivos industriales de alto rendimiento. (ROBOCONTROL, 2011)

Figura 17. Interruptor Final de carrera



Fuente: <http://robocontro.wikispaces.com/Interruptores+Final+De+Carrera>

Características de los interruptores finales de carrera

- Tensión de trabajo: 24 V
- Consumo de corriente: 300 mA
- Tipo de señal entregada: digital

d) *Relé encapsulado de 8 pines.* Un Relé encapsulado cumple la misma función que un contactor, pero se diferencia por ser mucho más compactos, además tienen varios contactos lo que los hacen idóneos para sistemas de control y maniobra.

Figura 18. Relé encapsulado de 8 pines



Fuente: <http://www.electricosgenerales.com.pe/productos/relay-encapsulado/>

e) *Elemento de control*

- *Pulsador verde normalmente abierto.* Este pulsador tiene la función de enviar la señal al programa del PLC para que se dé inicio al proceso, al presionarlo el módulo estará en modo RUN.

Figura 19. Pulsador RUN



Fuente: <http://goo.gl/4NFJ2W>

- *Pulsador rojo normalmente cerrado.* Este pulsador en el módulo tiene la función de reiniciar el proceso, en el momento que se active este pulsador será interrumpido el proceso y el módulo regresara a su posición inicial, este será un RESET.

Figura 20. Pulsador RESET



Fuente: <http://goo.gl/4NFJ2W>

- *Pulsador rojo tipo hongo.* Este es un pulsador normalmente cerrado el cual al presionarlo queda enclavado des energizando a todos los elementos del módulo excepto a el PLC, es utilizado como paro de emergencia ya que nos permite parar el proceso en cualquier instante si es que se ha presentado un desperfecto en su funcionamiento.

Figura 21. Pulsador con retencion.



Fuente: <http://goo.gl/4NFJ2W>

- *Luz piloto amarilla.* Esta luz indica que el módulo esta energizado, la podemos utilizar como un elemento de seguridad al momento de realizar una reparación o dejar de utilizarlo percatándonos que este indicador se encuentre apagado.

Figura 22. Luz amarilla



Fuente: http://www.punto-electrico.cl/detalle_producto.php?pro=661

- *Luz piloto verde.* Esta luz indica que el proceso esa en modo RUN desactivándose únicamente cuando este presionado el pulsador paro de emergencia.

Figura 23. Luz verde



Fuente: http://www.punto-electrico.cl/detalle_producto.php?pro=658

f) *Elementos de protección*

- *Interruptores termomagnéticos.* Los Interruptores Termomagnéticos Steck son equipos de alta tecnología que protegen hilos y cables eléctricos contra cortocircuitos y

sobrecargas de corriente. Tienen contactos especiales en plata que ofrecen garantía de seguridad contra soldadura.

El módulo tiene un consumo de corriente relativamente bajo por lo que se seleccionaron dos interruptores termomagnéticos 1P de 6 KA, uno para la protección del circuito en general y uno para la protección individual del PLC. (STECK, 2014)

Figura 24. Relé térmico



Fuente: Catálogo Steck

- *Contactador trifásico.* Consta de una bobina interna que al ser energizada genera un campo electromagnético el cual permite que se cierren los contactos y se produzca el paso de corriente, este contactor está conectado en el módulo de forma que al presionar el paro de emergencia se abran sus contactos desenergizando inmediatamente todos sus dispositivos excepto al PLC.

Figura 25. Contactador trifásico



Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/chac-technology/contactores-ac-trifasicos-54121-828339.html>

3.1.12 Elementos electrónicos

a) *Sensores infrarrojos Sharp.* El Sharp GP2D12 es un sensor medidor de distancias por infrarrojos que indica mediante una salida analógica la distancia medida. La tensión de salida varía de forma no lineal cuando se detecta un objeto en una distancia entre 10 y 80 cm. La salida está disponible de forma continua y su valor es actualizado cada 32 ms. Normalmente se conecta esta salida a la entrada de un convertidor analógico digital el cual convierte la distancia en un número que puede ser usado por el microprocesador. La salida también puede ser usada directamente en un circuito analógico. Hay que tener en cuenta que la salida no es lineal. El sensor utiliza solo una línea de salida para comunicarse con el procesador principal. El sensor se entrega con un conector de 3 pines. Tensión de funcionamiento 5 V, Temperatura funcionamiento: -10 a 60 °C, Consumo Medio: 35 mA. Margen de medida 10 cm a 80 cm. (SUPERROBÓTICA, 2014)

Figura 26. Sensor Infrarrojo Sharp



Fuente:http://static4.tme.eu/katalog_pics/3/b/8/3b8c07f4c93005f6d6ae80791b7e1e12/gp2y0a41sk0f.jpg

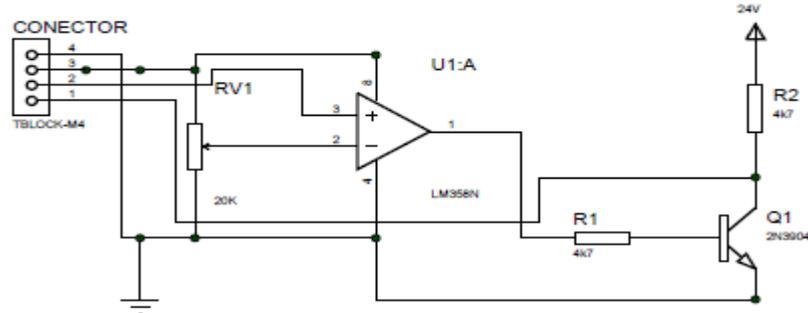
Para la selección de los sensores fueron tomados en cuenta las siguientes características:

- Alcance: de 10 a 80cm
- Costo: bajo
- Tipo de señal entregada: analógica

Para la regulación del alcance de los sensores se diseñó una placa electrónica la cual por medio de un potenciómetro nos permite calibrar su rango de detención del obstáculo,

ésta también permite convertir esa señal analógica en digital para poder ser procesada por el PLC.

Figura 27. Diagrama de la placa que controla los sensores



Fuente: Autores

b) *Selección del PLC.* El PLC es considerado como el elemento principal del módulo ya que este permite desarrollar las diferentes secuencias de programación realizadas en el software, y es el centro de control de los elementos que lo conforman.

c) Este se colocará en una parte visible del módulo para poder observar su funcionamiento cuando se encuentra en modo RUN.

Para la selección del PLC fueron tomados en cuenta los siguientes aspectos:

- Número de entradas: 14
- Número de salidas: 10
- Tensión de alimentación: 110 – 120V

El PLC seleccionado es el SIMATIC S7-1200 1214C AC/DC/RLY

d) *Características técnicas del PLC.* El controlador lógico programable (PLC) S7-1200 ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización.

Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones.

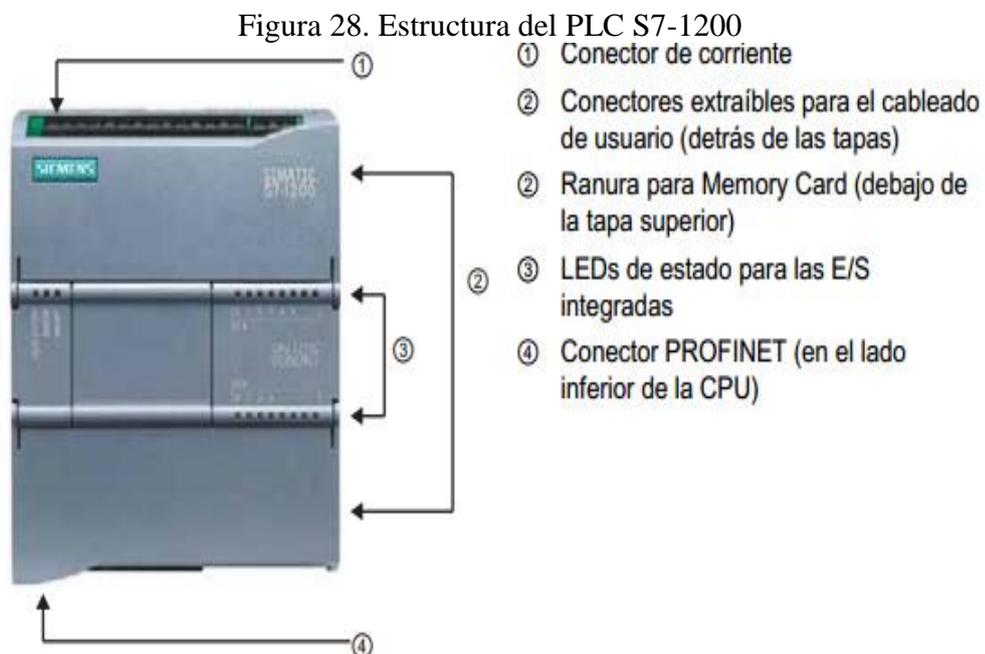
La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y salida en una carcasa compacta, conformando así un potente PLC.

Una vez cargado el programa en la CPU, ésta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de contaje y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes.

Numerosas funciones de seguridad protegen el acceso tanto a la CPU como al programa de control:

- Toda CPU ofrece protección por contraseña que permite configurar el acceso a sus funciones.
- Es posible utilizar la "protección de know-how" para ocultar el código de un bloque específico.

La CPU incorpora un puerto PROFINET para la comunicación en una red PROFINET. Los módulos de comunicación están disponibles para la comunicación en redes RS485 o RS232. (SIEMENS, 2012)



Fente: S7-1200 Manual de sistema

Tabla 11. Características técnicas del PLC S7-1200

Función	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C
Dimensiones físicas (mm)	90 x 100 x 75		110 x 100 x 75
Memoria de usuario	<ul style="list-style-type: none"> • 25 KB • 1 MB • 2 KB 		<ul style="list-style-type: none"> • 50 KB • 2 MB • 2 KB
E/S integradas locales	<ul style="list-style-type: none"> • 6 entradas/4 salidas • 2 entradas 	<ul style="list-style-type: none"> • 8 entradas/6 salidas • 2 entradas 	<ul style="list-style-type: none"> • 14 entradas/10 salidas • 2 entradas
Tamaño de la memoria imagen de proceso	1024 bytes para entradas (I) y 1024 bytes para salidas (Q)		
Área de marcas (M)	4096 bytes		8192 bytes
Ampliación con módulos de señales	Ninguna	2	8
Signal Board	1		
Módulos de comunicación	3 (ampliación en el lado izquierdo)		
Contadores rápidos	3	4	6
• Fase simple	<ul style="list-style-type: none"> • 3 a 100 kHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 3 a 100 kHz 1 a 30 kHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 3 a 100 kHz 3 a 30 kHz
• Fase en cuadratura	<ul style="list-style-type: none"> • 3 a 80 kHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 3 a 80 kHz 1 a 20 kHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 3 a 80 kHz 3 a 20 kHz
Salidas de impulsos	2		
Memory Card	SIMATIC Memory Card (opcional)		
Tiempo de respaldo del reloj de tiempo real	Típico: 10 días / Mínimo: 6 días a 40 °C		
PROFINET	1 puerto de comunicación Ethernet		
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales	18 µs/instrucción		
Velocidad de ejecución booleana	0,1 µs/instrucción		

Fuente: S7-1200 Manual de sistema

3.1.13 Ubicación del PLC. El Controlador Lógico Programable (PLC) se considera como el principal elemento del que consta el módulo ya que este es el que permite la programación del mismo.

El PLC ha sido ubicado en un armario eléctrico que permite el fácil acceso al mismo para poder observar su funcionamiento y la interacción con los diferentes elementos de los que consta el módulo, además sirve como aislamiento del ambiente externo protegiéndolo de la humedad del ambiente, golpes y posible exposición directa a la luz solar que puedan afectar su buen funcionamiento.

Figura 29 Ubicación del PLC



Fuente: Autores

3.1.14 Ubicación del panel de mando. Los elementos del panel de control están ubicados sobre la mesa en la que se asienta el módulo para facilitar su manipulación, este consta de:

- Un pulsador verde (RUN)
- Un pulsador rojo (RESET)
- Un pulsador tipo hongo con enclavamiento (paro de emergencia)
- Luz piloto amarilla (Indica que el sistema esta energizado)
- Luz piloto verde (Indica que el módulo está en modo RUN)

Estos elementos son los necesarios para el control de la operación del proceso realizado mediante los cuales por medio de pulsos se envían señales al PLC que posteriormente enviará las órdenes a los actuadores.

Figura 30. Tablero de control



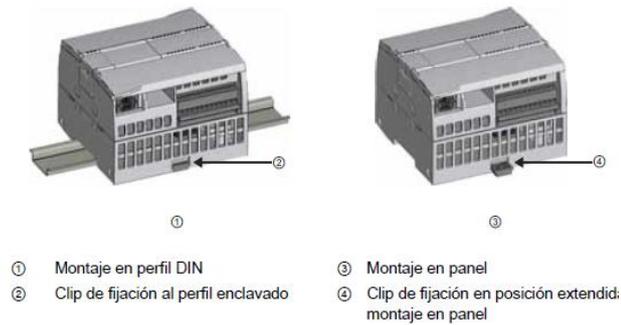
Fuente: Autores

3.1.15 Montaje del PLC SIEMENS S7-1200. Los equipos S7-200 son fáciles de montar. Se pueden instalar bien sea en un panel, utilizando los orificios de sujeción previstos, o bien en un raíl normalizado (DIN), usando ganchos de retención integrados. El tamaño pequeño del S7-200 permite ahorrar espacio. (SIEMENS, 2012 pág. 41)

Fijación del dispositivo a un perfil DIN

- Monte el perfil DIN. Atornille el perfil al panel de montaje dejando un espacio de 75 mm entre tornillo y tornillo.
- Enganche la CPU por el lado superior del perfil.
- Extraiga el clip de fijación en el lado inferior de la CPU de manera que asome por encima del perfil.
- Gire la CPU hacia abajo para posicionarla correctamente en el perfil.
- Oprima los clips hasta que la CPU encaje en el perfil. (SIEMENS, 2012 pág. 48)

Figura 31 Montaje del Dispositivo

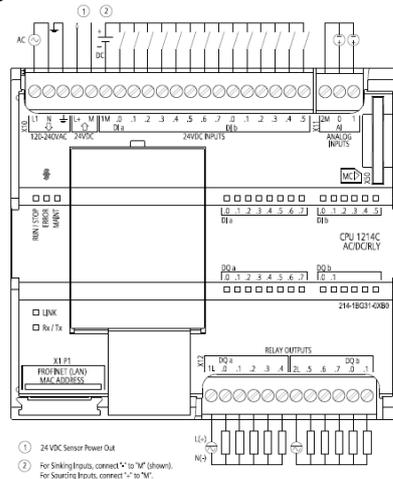


Fuente: Manual siemens s7-1200, Pág. 46

3.1.16 Condiciones ambientales óptimas para la ubicación del PLC. Estas condiciones deben reunir los siguientes requisitos:

- Aislamiento de vibraciones, golpes, entre otros.
- No exponer directamente a los rayos solares o a focos caloríficos intensos, así como a temperaturas mayores a 50 o 60° aproximadamente.
- Evitar lugares donde los cambios bruscos de temperatura puedan generar condensaciones.
- Descartar ambientes donde la humedad relativa se encuentra por debajo del 20% o por encima del 90% aproximadamente.
- Ausencia de polvo y ambientes salinos.
- Ausencia de gases corrosivos.

Figura 32. CPU 1214C AC/DC/Rely



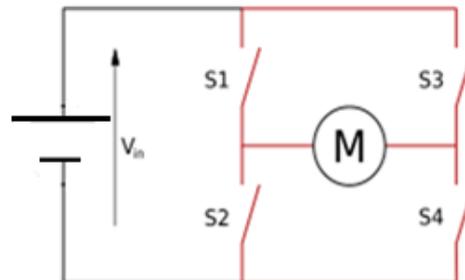
Fuente: Manual del sistema S7 1200

3.1.17 Diagrama del cableado del PLC. Es muy importante revisar los diagramas del cableado antes de proceder a realizar las conexiones del PLC ya que aquí se indica detalladamente la forma en que se debe energizar y conectar tanto las entradas como las salidas y la puesta a tierra del mismo para evitar así errores que posteriormente puedan ocasionar daños en el mismo y/o en el circuito general del módulo. (SIEMENS, 2012)
(Ver anexo A)

3.1.18 Descripción del circuito eléctrico. Parte fundamental de nuestro proceso es el control del avance y retroceso de nuestros motores, ya que con esto podremos realizar el recorrido necesario para la búsqueda, recolección y transporte de los objetos, para lo cual nos apoyamos en el uso de un "Puente H" para cada motor.

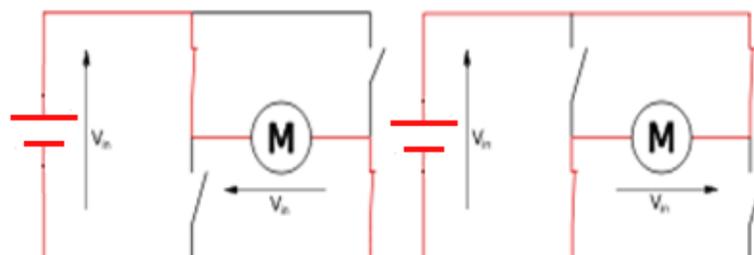
Un Puente H o Puente en H es un circuito electrónico que permite a un motor eléctrico DC girar en ambos sentidos, éstos están disponibles como circuitos integrados, pero también pueden construirse a partir de componentes discretos.

Figura 33. Estructura de un puente H



Fuente: <http://es.wikipedia.org>

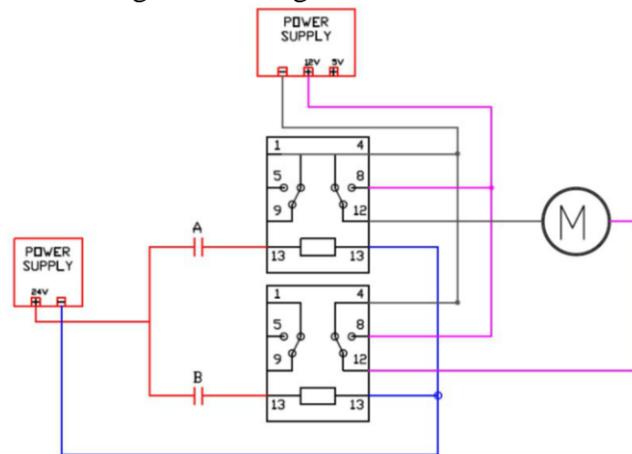
Figura 34. Los 2 estados básicos del circuito



Fuente: <http://es.wikipedia.org>

El término "puente H" proviene de la típica representación gráfica del circuito. Un puente H se construye con 4 interruptores (mecánicos o mediante transistores). Cuando los interruptores S1 y S4 (ver primera figura) están cerrados (y S2 y S3 abiertos) se aplica una tensión positiva en el motor, haciéndolo girar en un sentido. Abriendo los interruptores S1 y S4 (y cerrando S2 y S3), el voltaje se invierte, permitiendo el giro en sentido inverso del motor. (WIKIPEDIA, 2014). En nuestro caso utilizamos dos relés de 8 pines, los cuales conectamos como explica la siguiente figura.

Figura 35. Diagrama del Puente H



Fuente: Autores

3.1.19 Programación del módulo. Para realizar la programación del módulo se debió tener definida la secuencia y analizar cada una de las etapas del proceso. A continuación se detalla los diferentes sistemas analizados.

a) Sistema de detección de objetos. Para que el puente grúa pueda detectar los objetos a transportar se le han incorporado dos sensores de distancia tipo SHARP conectados a un circuito el que les permitirá detectar obstáculos con un rango de distancia regulable de 10 a 80 cm, conectados uno a el carro longitudinal y otro en el carro transversal con el objetivo de hacer un barrido sobre la superficie de desplazamiento. Estos sensores emiten señales analógicas que luego serán emitidas de forma digital por medio de la placa hacia el PLC y así cumplir su secuencia.

b) Sistema de transporte. Al presionar el pulsador RUN empezara a correr el motor N° 1, si el sensor S1 detecta algún obstáculo se detendrá, de no ser así, el motor avanza hasta accionar el final de carrera que le indicara que debe regresar a su posición inicial, una vez en su posición inicial finalizara el proceso.

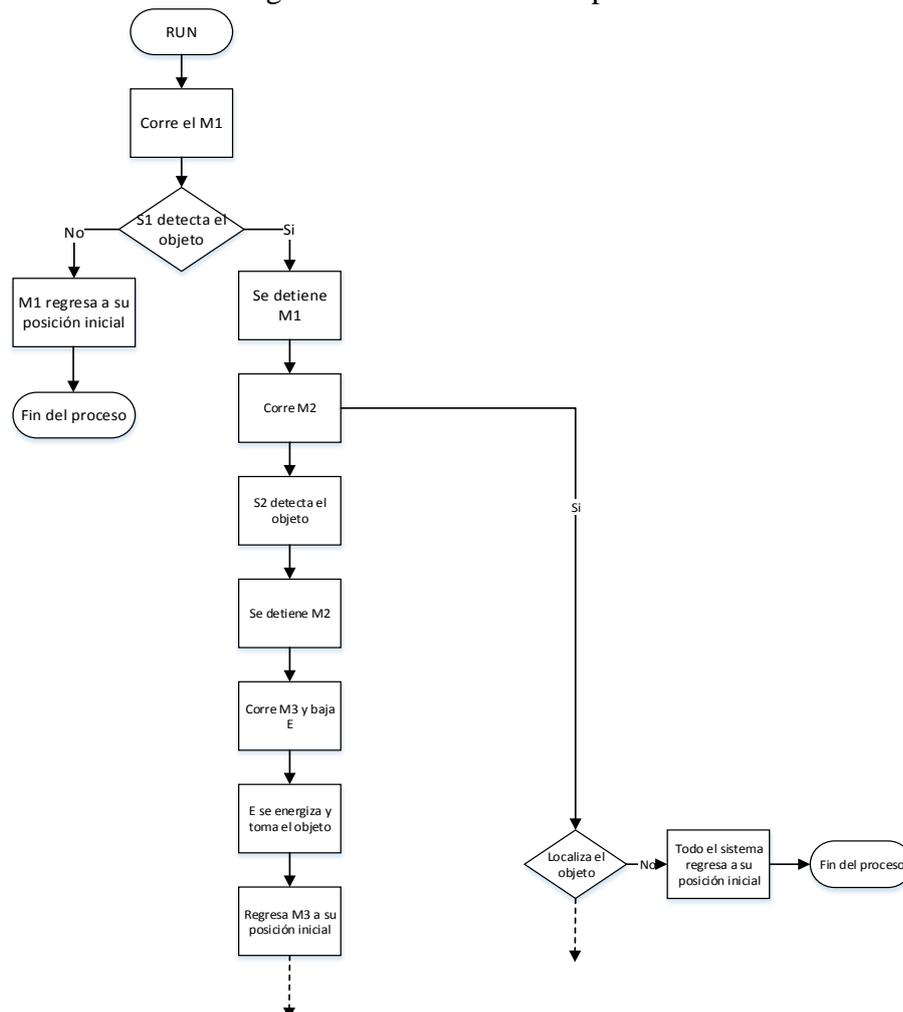
Si el sensor S1 detecta un objeto este envía una señal para que el motor M2, que controla el movimiento del carro transversal, avance hasta detectar el mismo objeto con el sensor S2, el mismo que emite la señal para que el motor M3 y al electroimán para que estos se activen, bajando el electroimán que por medio de un temporizador se detendrá sobre el objeto, sujetándolo para llevarlo al posicionador.

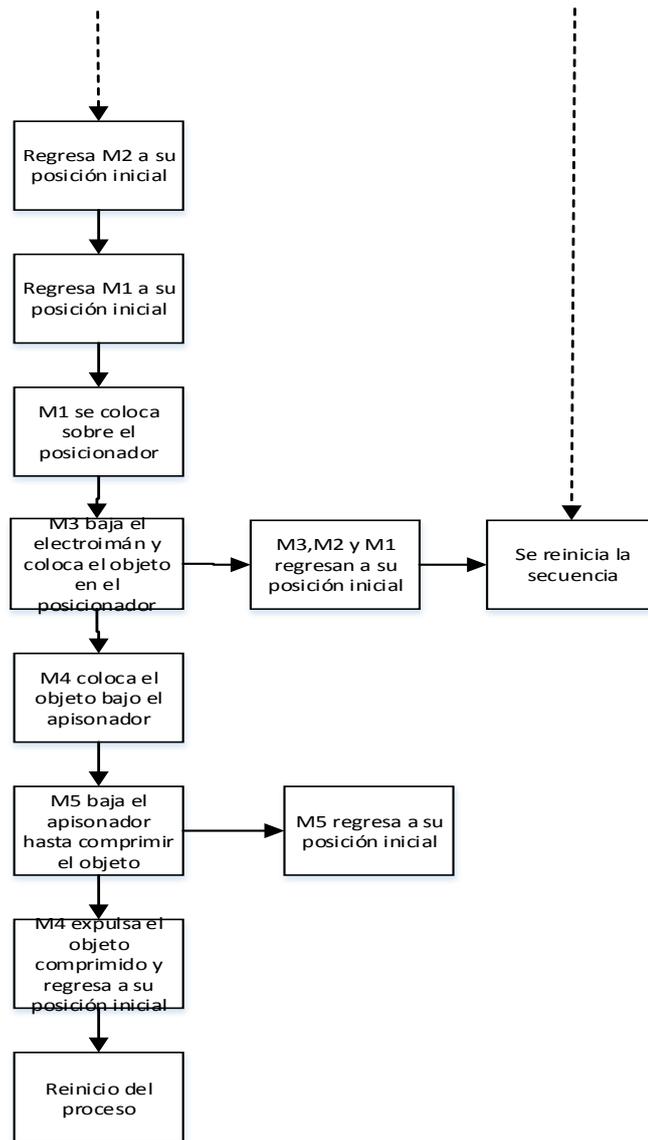
c) *Sistema de compresión.* Una vez colocado el objeto sobre el posicionador este lo colocará bajo el apisonador el cual lo va a comprimir.

Luego de estar comprimido el posicionador gira para depositar el objeto comprimido en un recipiente, luego de esto todos los elementos vuelven a su posición inicial y posteriormente el proceso continúa de forma automática.

La secuencia del proceso se explica en el siguiente flujograma:

Figura 35. Sistema de compresión





Fuente: Autores

d) *Software de programación STEP 7 (TIA PORTAL V11)*. STEP 7 ofrece un entorno confortable que permite desarrollar, editar y observar la lógica del programa necesaria para controlar la aplicación, incluyendo herramientas para gestionar y configurar todos los dispositivos del proyecto, tales como controladores y dispositivos HMI. Para poder encontrar la información necesaria, STEP 7 ofrece un completo sistema de ayuda en pantalla.

Al crear un bloque lógico, se debe seleccionar el lenguaje de programación que empleará dicho bloque. El programa de usuario puede emplear bloques lógicos creados con cualquiera de los lenguajes de programación. (SIEMENS, 2011)

e) *Requisitos del sistema.* Para instalar STEP 7 debe iniciar sesión como administrador.

Tabla 12. Requisitos del sistema

Hardware/software	Requisitos
Tipo de procesador	Pentium M, 1,6 GHz o similar
RAM	1 GB
Espacio disponible en el disco duro	2 GB en la unidad de disco C:\
Sistemas operativos	<ul style="list-style-type: none"> Windows 7 Home Premium o superior (solo STEP 7 Basic, no compatible con STEP 7 Professional) Windows 7 o superior (Professional, Enterprise, Ultimate)
Tarjeta gráfica	32 MB RAM Intensidad de color de 24 bits
Resolución de la pantalla	1024 x 768
Red	Ethernet de 20 Mbits/s o más rápido
Unidad óptica	DVD-ROM

Fuente: Controlador programable S7-1200 pag. 35

Datos técnicos

Tabla 13. Datos técnicos

Paquete de ingeniería	SIMATIC STEP 7 Basic	SIMATIC STEP 7 Professional
Hardware PG/PC mínimo - Procesador - RAM - Controlador gráfico		Pentium 4, 1,7 GHz o equiparable 1 GB 1024 x 768
Hardware PG/PC recomendado - Procesador - RAM - Controlador gráfico		Core Duo, 2 GHz o equiparable 2 GB 1280 x 1024
Sistemas operativos (32 bits) - MS Windows XP Home SP3 - MS Windows XP Professional SP3 - MS Windows 7 Home Premium - MS Windows 7 Professional - MS Windows 7 Enterprise - MS Windows 7 Ultimate - MS Server 2003 R2 Std. SP2 - MS Server 2008 Std. SP2	<ul style="list-style-type: none"> • • • • • 	<ul style="list-style-type: none"> • • • • •
Programación de HMI Programación de PLC Lenguajes de programación	WinCC Basic incluido S7-1200, Basic Panels KOP, FUP, SCL (ST)	WinCC Basic incluido S7-1200, S7-300, S7-400, WinAC, Basic Panels KOP, FUP, AWL, SCL (ST), GRAPH (SFC)
Librerías Opciones		SIMATIC STEP 7 Safety Advanced SIMATIC PID Professional, Easy Motion Control

Fuente: https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/software/tia_portal/Documents/TIAPStep7%200711.pdf

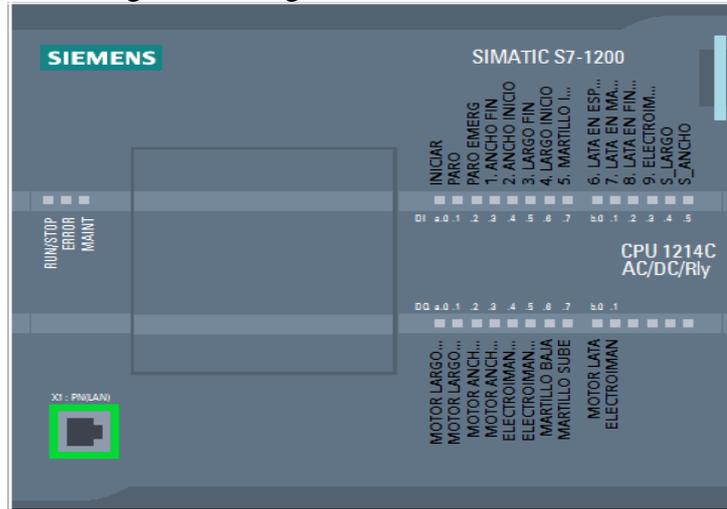
f) *Configuración de dispositivos.* Para crear la configuración de dispositivos del PLC es preciso agregar una CPU y módulos adicionales al proyecto. Para crear la configuración de dispositivos, agregar un dispositivo al proyecto.

3.1.20 Automatización del módulo

a) *Asignación de variables del PLC*

Mediante el software de programación se asigna a cada entrada y a cada salida las variables que intervienen en el módulo, tanto las de los elementos de señales o de mando a las entradas (I) como los actuadores o consumidores a las salidas (Q).

Figura 36. Asignación de variables al PLC



Fuente: TIA PORTAL V11

Tablas de asignación de variables

Tabla 14. Asignación de entradas

Nombre	Tipo de dato	Dirección	Descripción
Inicio	Bool	%I0.0	Pulsador verde
Paro	Bool	%I0.1	Pulsador rojo
Paro emergencia	Bool	%I0.2	Pulsador tipo hongo
1. Ancho fin	Bool	%I0.3	F.C. fin carro transversal
2. Ancho inicio	Bool	%I0.4	F.C. inicio carro transversal
3. Largo fin	Bool	%I0.5	F.C. fin carro longitudinal
4. Largo inicio	Bool	%I0.6	F.C. inicio carro longitudinal
5. Martillo inicio	Bool	%I0.7	Compactador en posición inicial
6. Lata en espera	Bool	%I1.0	Posicionador en posición inicial
7. Lata en martillo	Bool	%I1.1	Objeto ubicado bajo el compactador
8. Lata en final	Bool	%I1.2	Expulsión del objeto comprimido
9. Electroimán inicio	Bool	%I1.3	Electroimán en posición inicial
S_largo	Bool	%I1.4	Sensor longitudinal
S_ancho	Bool	%I1.5	Sensor transversal

Fuente: Autores

En la tabla número 14 se puede observar la asignación de los elementos de entradas al PLC como son los elementos pertenecientes al panel de mando: inicio, paro y paro de emergencia.

Del 1. Al 9. Estas entradas corresponden a los interruptores finales de carrera, los cuales se encargan de proporcionar información sobre la posición en la que se encuentran los elementos móviles.

Las dos últimas entradas fueron asignadas a los sensores cuya función es detectar el objeto para continuar con la secuencia programada.

Tabla 15. Asignación de salidas

Nombre	Tipo de dato	Dirección	Descripción
Motor largo ir	Bool	%Q0.0	Motor longitudinal se dirige a la posición de inicio.
Motor largo venir	Bool	%Q0.1	Motor longitudinal se dirige a buscar objetos
Motor ancho ir	Bool	%Q0.2	Motor transversal se dirige a la posición inicial
Motor ancho venir	Bool	%Q0.3	Motor transversal se dirige a buscar objetos
Electroimán baja	Bool	%Q0.4	Electro-imán recoge la lata
Electroimán sube	Bool	%Q0.5	Electro-imán eleva la lata
Martillo baja	Bool	%Q0.6	Compactador comprime la lata
Martillo sube	Bool	%Q0.7	Compactador Regresa a su posición inicial.
Motor lata	Bool	%Q1.0	Posicionador ubica la lata
Electroimán	Bool	%Q1.1	Electroimán se activa

Fuente: Autores

A las salidas (Q) del PLC se conectan los actuadores o consumidores los cuales son los encargados de realizar el trabajo que se designa dentro de la secuencia de programación.

Se asigna para motores las salidas: desde Q 0.0 hasta Q 0.7 a los cuales debido a que se desplazan en ambos sentidos es necesario asignar dos salidas a cada uno, excepto al motor del posicionador ya que este se desplaza en un solo sentido.

La salida Q 1.1 se asigna para el electroimán encargado del agarre del objeto simulador de chatarra.

Tabla 16. Asignación de memorias

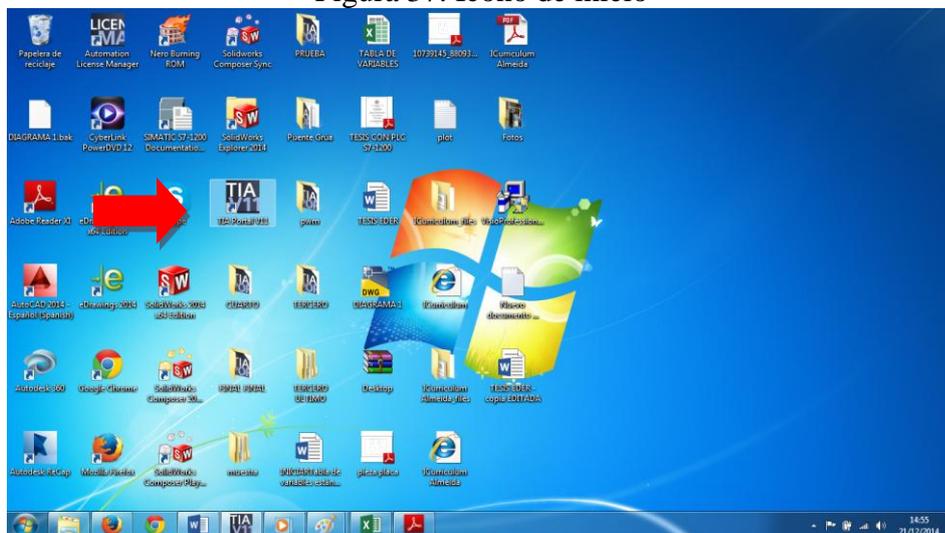
Nombre	Tipo de dato	Dirección	Descripción
P_inicial	Bool	%M0.0	Posición inicial
Buscar	Bool	%M0.1	Corre motor largo
R_largo	Bool	%M0.2	Largo regresar
Seguridad2	Bool	%M1.0	Baja motor electroimán
Acción motor ancho búsqueda	Bool	%M1.1	Corre motor ancho
Seguridad3	Bool	%M1.2	Ordena el inicio
Empezar	Bool	%M1.3	Reiniciar proceso
MI_2	Bool	%M1.5	Motor largo ir
MII_1	Bool	%M1.7	Motor ancho ir
Ancho	Bool	%M0.3	Motor ancho
R_ancho	Bool	%M0.4	Regresa ancho
Objeto	Bool	%M0.5	Sensor ancho
MII_2	Bool	%M2.0	Motor ancho ir
ME_1	Bool	%M2.2	Motor electroimán
MM_1	Bool	%M2.4	Motor tornillo sube
ML_1	Bool	%M2.6	Motor posicionador
MV_1	Bool	%M3.1	Motor largo venir
MVV_1	Bool	%M3.2	Motor ancho venir
E_1	Bool	%M3.4	Electroimán
MEE_1	Bool	%M3.5	Electroimán baja
DE	Bool	%M3.7	Desciende electroimán
EMER	Bool	%M4.0	Paro de emergencia

Fuente: Autores

b) *Programación mediante el software TIA Portal*

- *Creación del Proyecto.* Abrir el programa TIA Portal desde el icono del escritorio.

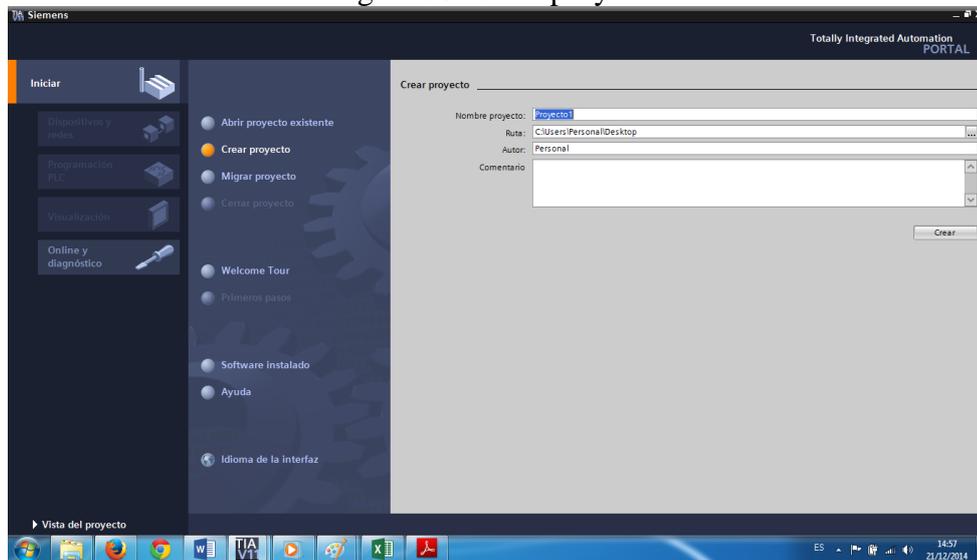
Figura 37. Icono de inicio



Fuente: Autores

Una vez abierto el programa, seleccionar la opción crear proyecto.

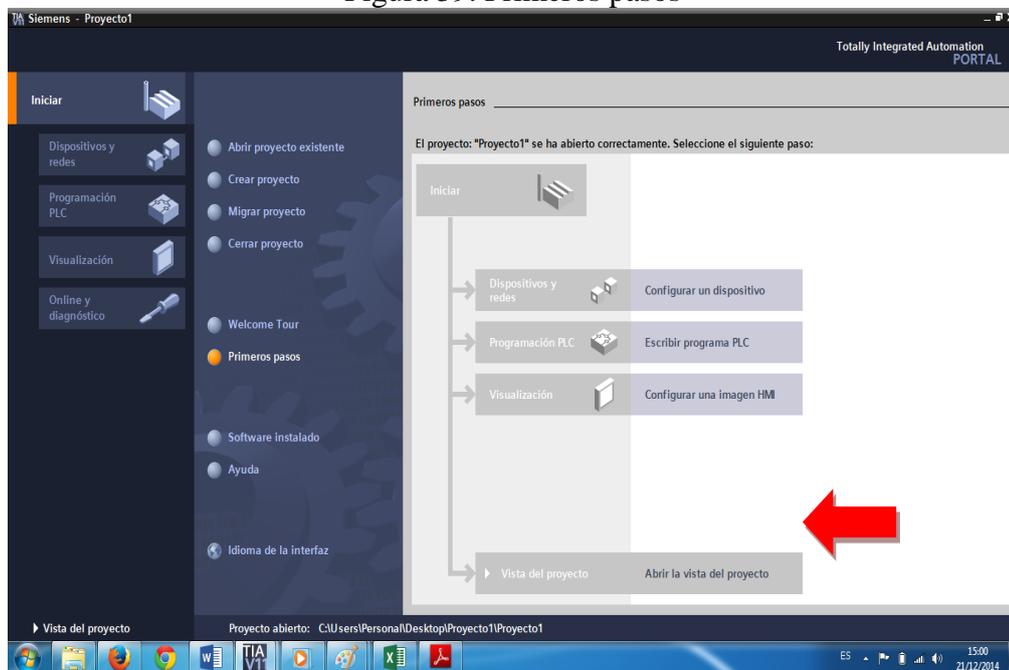
Figura 38. Crear proyecto



Fuente: Autores

Donde se define el nombre y la ruta de almacenamiento. Y luego damos clic en la opción “Crear”. Posterior a esto, aparece una ventana, dar clic en la opción “Abrir vista del proyecto”

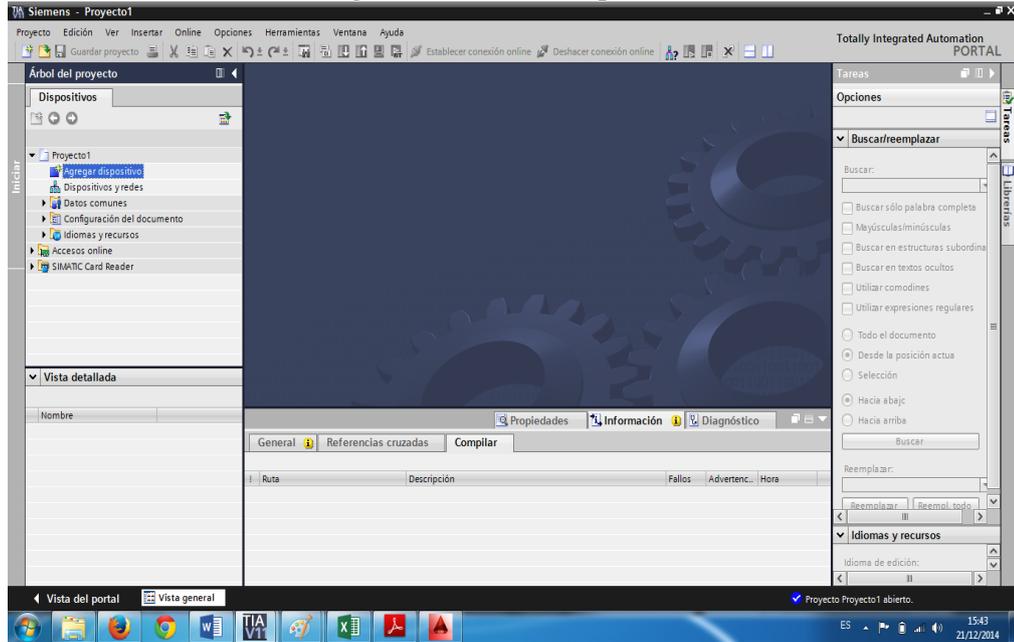
Figura 39. Primeros pasos



Fuente: Autores

En esta ventana seleccionar la opción “Añadir dispositivo”

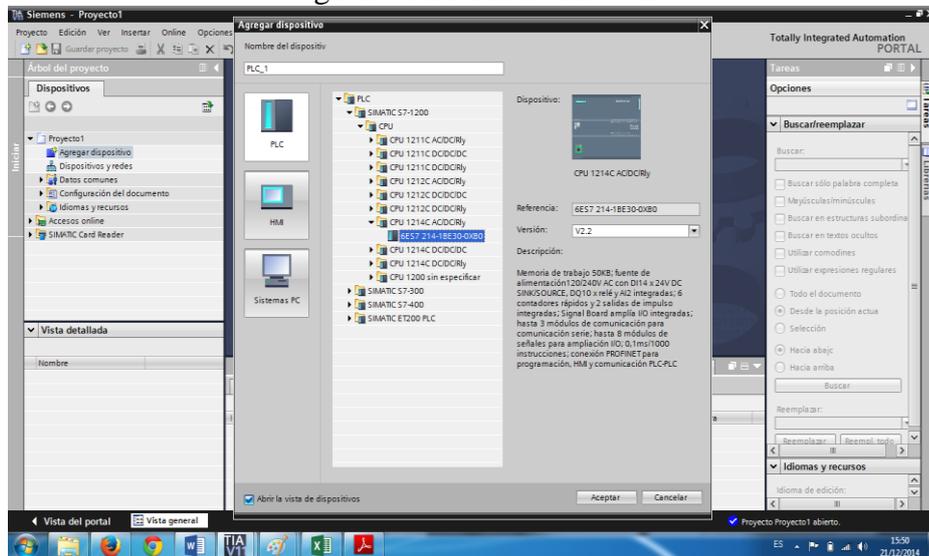
Figura 40. Añadir dispositivo



Fuente: Autores

Proceder a seleccionar el PLC con el que se cuenta. En nuestro caso el PLC/SIMATIC S7 1200/CPU/CPU 1214C AC/DC/RLY/6ES7 214-1BE30-0XB0, y damos clic en aceptar.

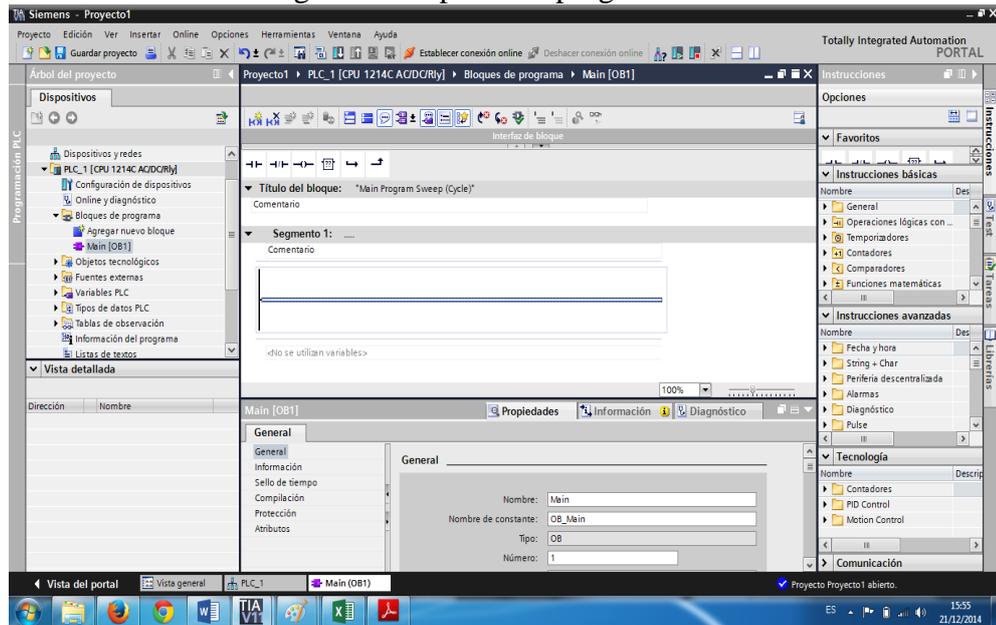
Figura 41. Selección de PLC



Fuente: Autores

Con el PLC ya configurado, empezar a programar, para lo que es necesario dar clic en PLC_1 [CPU 1214C AC/DC/RLY]/Bloques de Programa/Main [OB1], con lo que aparece el espacio donde se puede dar la programación deseada.

Figura 42. Espacio de programación.

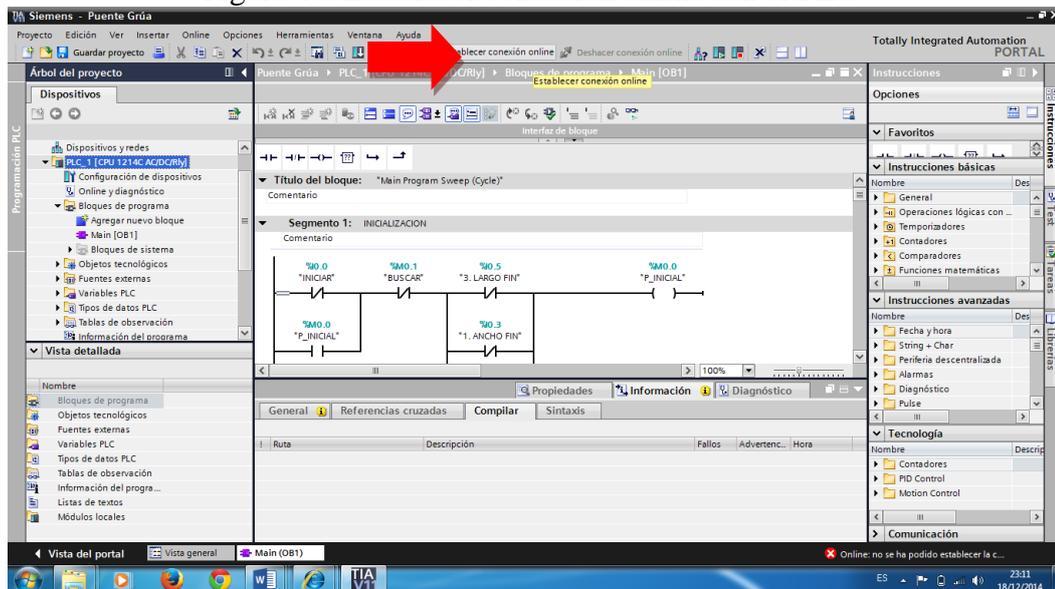


Fuente: Autores

Una vez realizada la programación en lenguaje Ladder, cargarlo en el PLC para lo cual realizar los siguientes pasos:

1. Conectar el cable de ethernet tanto en el PLC como en el ordenador y dar clic en el botón “establecer conexión online” ubicado en la parte superior de la pantalla, con lo cual se despliega una nueva ventana.

Figura 43. Establecer conexión online con el PLC

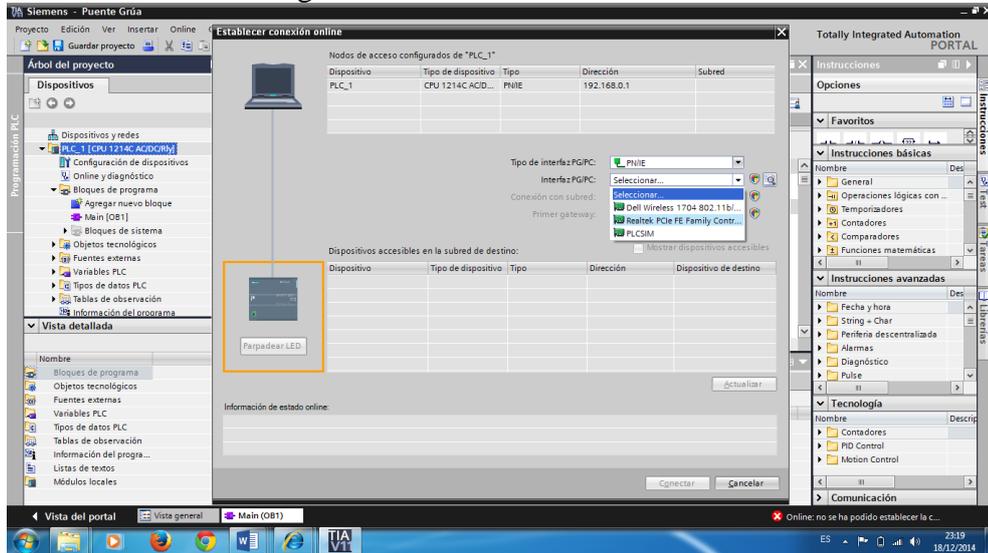


Fuente: Autores

2. En esta nueva ventana seleccionar el tipo interfaz, en nuestro caso la opción (PN / IE) y en los dispositivos accesibles seleccionar el PLC de destino o con el que se realiza la interfaz y finalmente seleccionar cargar.

Antes de cargar el programa verificar que no existan errores en el diagrama, o que no se esté ejecutando otro programa en el PLC ya que al encontrarse en cualquiera de estas dos condiciones el software no permitirá realizar la carga del nuevo programa que define la secuencia que se desea.

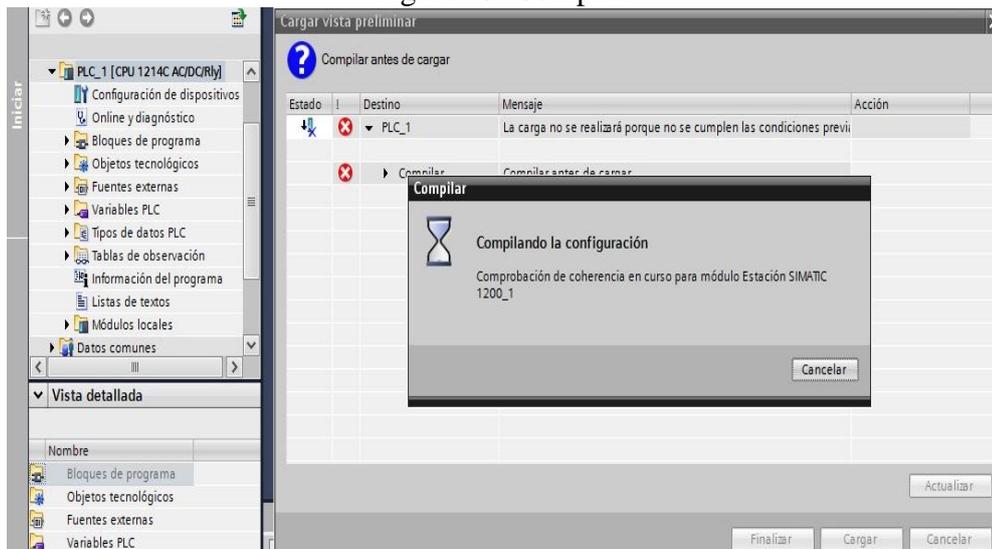
Figura 44 Conexión de la interface



Fuente: Autores

- Una vez compilada toda la información, aparece una nueva ventana en la que se selecciona la opción “Aplicar todas” y se comprueba que todos los ítems seleccionados no se encuentren con error.

Figura 45. Compilar



Fuente: Autores

4. Luego volver a seleccionar la opción “cargar” y con esto se asigna la programación al PLC. Seleccionar la opción RUN para dejar completamente activo al programa y poder usar correctamente el Módulo.

(Para visualizar el diagrama Ladder ver Anexo B)

CAPÍTULO IV

4. GUIAS PRACTICAS DE LABORATORIO, MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL MÓDULO

4.1 Guía de prácticas de laboratorio

Practica N° 1

Programar el Módulo de Puente Grúa y Compresión de Chatarra.

Datos Generales:

Grupo N°: _____ Código: _____
Integrantes: _____

1. OBJETIVOS:

1.1. General:

Desarrollar la programación del puente grúa y compresión de chatarra.

1.2. Específicos:

- Deducir la secuencia de operación del módulo.
- Familiarizarse en el uso de sensores como señales para el mando de los motores.
- Conocer los diferentes tipos de temporizadores y las formas de operación de los mismos.
- Realizar el programa para el control del proceso.

2. Lista de elementos

- Fuente de 110V

- Módulo de puente grúa y compresión de chatarra.
- Ordenador con el software TIA Portal V11
- Cable para la conexión Ethernet.

3. Actividades

- Considerar las recomendaciones dadas por el Manual de Operación del Módulo.
- Energizar el módulo.
- Activar los Relés térmicos que permite el paso de energía y verificar que la luz amarilla se encuentre encendida.
- Determinar el circuito de potencia y mando del módulo, utilizando como señales de mando el pulsador RUN (verde), el pulsador RESET (rojo), paro de emergencia y finales de carrera.
- Realizar la secuencia de programación que se indica en el flujograma
- Realice pruebas de la programación realizada.
- Desenergizar el sistema.

4. Informe

- Defina las características técnicas de los sensores utilizados.
- Describa los tipos de contadores con los que cuenta el PLC utilizado.
- Presente el diagrama de potencia y de conexiones de entradas y salidas al módulo programable.
- Presente el diagrama de bloques.
- Sugerir alternativas que mejoren el proceso u otras herramientas disponibles en el mercado que puedan ser utilizadas en el mismo.

5. Conclusiones y recomendaciones

6. Anexos

7. Bibliografía

Para la realización de prácticas en el módulo se deben tomar precauciones de seguridad en el uso del mismo, con el fin de brindar seguridad para el operario y alargar la vida útil del equipo para lo cual se realiza el siguiente manual de uso.

4.2 Manual de operación del módulo

Antes de operar el módulo, es importante tener en cuenta las siguientes consideraciones.

a) Consideraciones Físicas

1. Asegurarse que los componentes mecánicos se encuentren debidamente engrasados y sin suciedad.

Figura 46. Elementos mecánicos del módulo



Fuente: Autores

2. Verificar que todos los componentes se encuentren bien conectados a sus terminales.

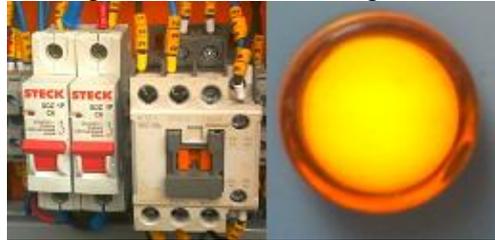
Figura 47. Componentes de la caja de control



Fuente: Autores

3. Conectar el módulo al suministro eléctrico (110V-AC).
4. Activar los relés térmicos dentro de la caja de control, y asegurarse que la luz amarilla se encuentre encendida.

Figura 48. Módulo energizado



Fuente: Autores

5. Conectar el cable de comunicación (Ethernet) al PLC y al computador.

Figura 49 Cable conectado al puerto intranet del PLC



Fuente: Autores

6. Ejecutar el software de programación. (TIA Portal V11)
7. Cargar la programación al PLC y activar el modo RUN, luego desconectar el cable de comunicación y cerrar el armario eléctrico.
8. Ubicar los objetos que simulan la chatarra en el área de recolección.

Figura 50. Paro de emergencia



Fuente: Autores

9. Cerciorarse que el paro de emergencia se encuentre desactivado.

10. Pulsar RESET para que el módulo se coloque en su posición inicial.

Figura 51. Pulsados de reinicio



Fuente: Autores

11. Pulsar RUN para dar inicio al proceso.

Figura 52. Pulsado RUN



Fuente: Autores

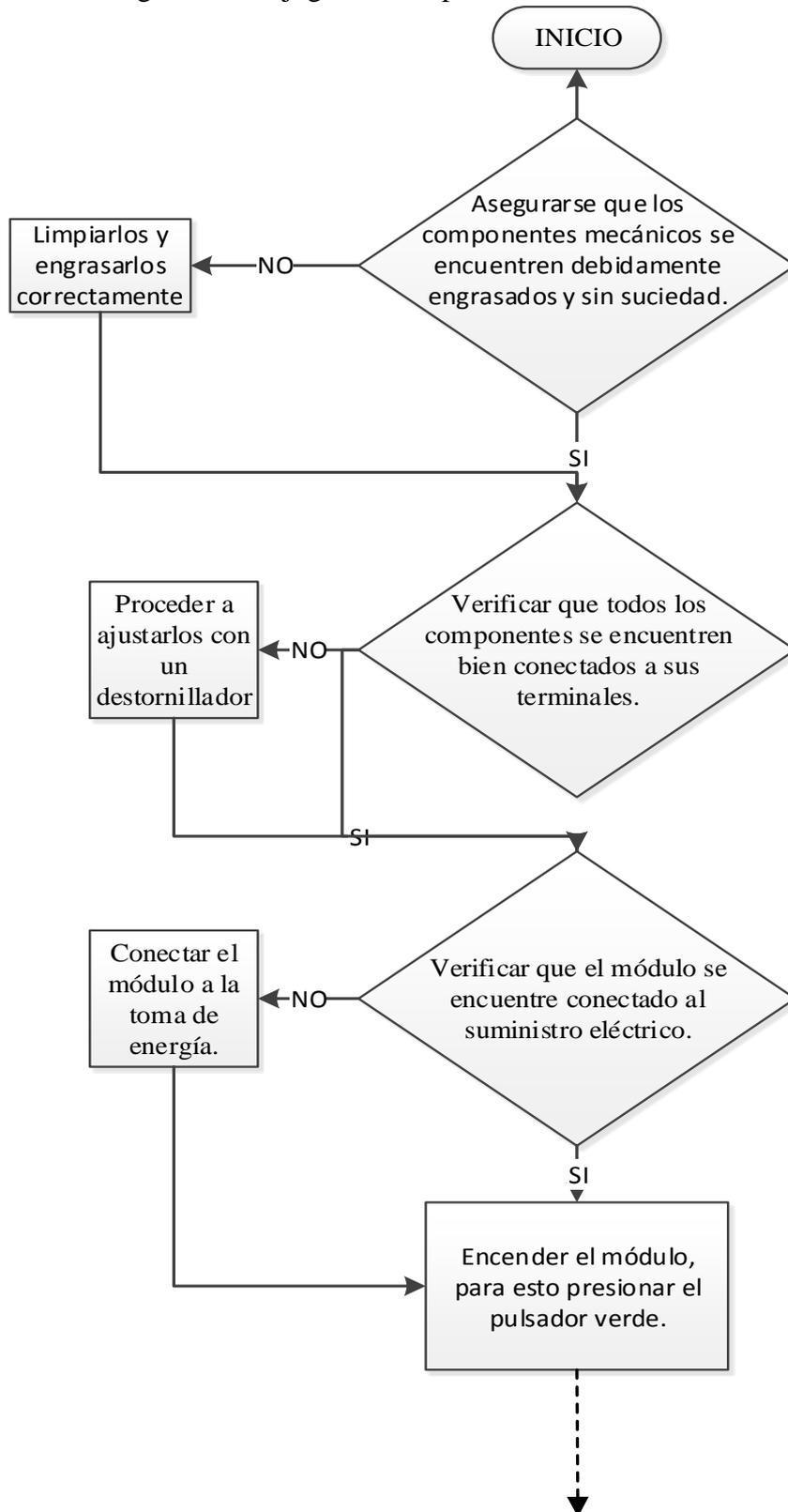
12. Verificar si todos los componentes funcionan correctamente. De no ser así, verificar nuevamente si estos se encuentran conectados, y si la programación es la correcta.

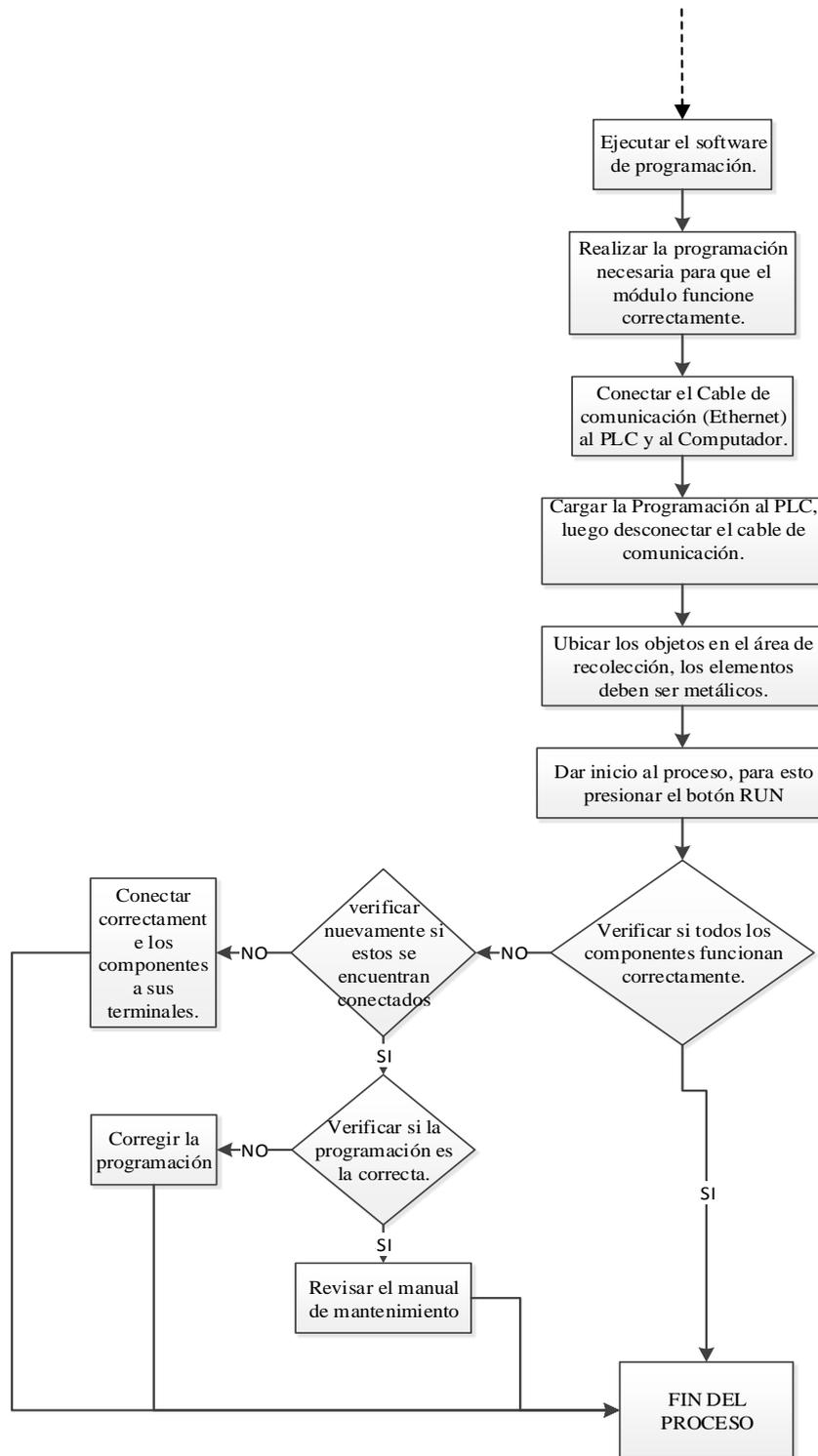
Con el fin de facilitar la comprensión de las precauciones a tomar en cuenta en el uso del módulo se realiza un flujograma en el cual se detallan paso a paso los pasos a seguir para un correcto uso, seguir las recomendaciones propuestas en la utilización correcta del mismo evitara posibles daños a los elementos y asegurará su correcto funcionamiento por más tiempo.

Además deberán contemplarse todas las normas de operación que precisan las situaciones alterativas que pudiesen presentarse en la operación de los procedimientos

b) *Flujograma del correcto uso del módulo*

Figura 53. Flujograma de operación del módulo





Fuente: Autores

c) *Notas de seguridad de operación*

1. No realizar ninguna operación de mantenimiento sin apagar y desconectar el módulo del suministro eléctrico.

2. No manipular ningún elemento mecánico ni eléctrico mientras el módulo se encuentre en modo RUN.
3. Verificar siempre el buen estado de los cables para evitar sobrecalentamientos o cortocircuitos al momento de accionar el módulo.
4. No manipular los finales de carrera cuando el módulo se encuentre energizado.
5. No conectar el Módulo al suministro eléctrico sin estar seguro de que ningún cable se encuentra en cortocircuito.

4.2.1 *Informe de la práctica.* Una vez realizada la inspección rutinaria del módulo, explicada en el manual de operaciones, se procedió a desarrollar la programación necesaria para que el módulo cumpla el proceso indicado.

1. Se verificó que el módulo se encuentre conectado al suministro eléctrico, y que todos sus elementos se encontrasen bien ajustados y conectados a sus respectivas terminales.
2. Se encendió el módulo y la computadora.
3. Ejecutar el software de programación en la computadora.
4. Se realizó la programación necesaria para que el módulo funcione correctamente.
5. Una vez verificado que la programación es la correcta, se procedió a conectar el cable Ethernet al computador y al PLC para cargarle la programación.
6. Ya concluida la descarga de la programación al PLC se desconectó el cable de comunicación y se ubicaron los objetos en el área de recolección. Cabe aclarar que los objetos se ubicarán en cualquier parte dentro de la zona.
7. Se dio inicio al proceso presionando el botón RUN.
8. La primera operación del módulo fue realizar un barrido del eje Y, con lo que el sensor SS1 determina la ubicación del objeto #1 y envía la señal al motor MCT para que realice el barrido en el eje X y se determine así la ubicación correcta del objeto.
9. Una vez determinada la ubicación del objeto #1, el sensor SS2 envía una señal al motor MEI y al electroimán EI los cuales trabajan con

temporizadores de conexión y desconexión para alcanzar y sujetar al objeto para luego levantarlo, con lo que el temporizador T1 desactiva al motor MEI y activa el motor MCL para transportarlo hasta la estación de posicionamiento donde el temporizador T2 desactiva el electroimán EI para que libere al objeto en la canasta del brazo posicionador con lo que una señal enviada al motor MBP lo activa para que ubique el objeto en la estación de compresión.

10. En la estación de compresión, una señal activa al motor MEC que transmite movimiento al sistema Tornillo-tuerca que comprime al objeto.
11. Una vez comprimido el objeto el motor MEC invierte su giro y retrae el apisonador a su posición inicial, con lo que el motor MBP puede volver a girar para depositar el objeto comprimido en el depósito.
12. Durante el proceso de compresión, el puente grúa sigue con el ciclo de trabajo para optimizar los tiempos, ya que la espera para depositar el siguiente objeto es mucho menor que si el puente se mantuviera quieto hasta que se concluya el primer proceso.
13. Los objetos recolectados fueron 3. Una vez concluida la recolección, el puente grúa realiza un último barrido de la zona de recolección para asegurar que el trabajo está completo y retorna a su posición original y concluir con el proceso.
14. Todos los componentes funcionaron adecuadamente.

Con la realización de esta práctica, y los resultados obtenidos, podemos concluir que el módulo se encuentra en óptimas condiciones de operatividad.

4.3 Manual de mantenimiento del módulo

4.3.1 Elementos electrónicos

Tabla 17. Dispositivos electrónicos del módulo

N	Elemento	Cantidad
1	PLC S7 – 1200	1
2	Sensor Sharp	2
3	Interruptores finales de carrera	9
4	Relés	10

Fuente: Autores

Rutinas de mantenimiento

a) *Mantenimiento diario*

1. Verificar que los sensores no se encuentren con conexiones sueltas o mal ajustadas, y revisar si están correctamente calibrados.
2. Asegurarse que los interruptores finales de carrera estén funcionando correctamente.
3. Limpiar el módulo de por completo.

Las rutinas de mantenimiento diario o personal es realizado por la o las personas que utilizan el módulo, ya que consta de acciones básicas y de rutina que se pueden realizar por simple inspección antes, durante y después de su uso.

b) *Mantenimiento Mensual:*

1. Limpiar el módulo con aire comprimido completamente.
2. Verificar que los sistemas de transmisión (piñones, cadena, tornillo sin fin, cremallera) se encuentren debidamente engrasados.
3. Verificar que los sensores funcionen correctamente.
4. Asegurarse que los interruptores finales de carrera se encuentran correctamente posicionados y ajustados.
5. Cerciorarse que todas las conexiones del módulo se encuentren debidamente ajustadas.

El mantenimiento mensual es el establecimiento de un programa de un programa controlado y bien llevado, trae una serie de ventajas por lo más deseables, como lo son: el aumento de la vida útil del equipo, el incremento de la seguridad de operación una mayor confiabilidad de servicio por parte de los equipos; todo lo cual conlleva a la la preservación de los quipos, por tal motivo a continuación se detallan una serie de actividades que se deben realizar mensualmente en el módulo.

Tabla de solución de problemas

Tabla 18. Solución de problemas

Problema	Causa probable	Solución
El módulo no enciende	El módulo no se encuentra conectado a una fuente de energía eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el estado de las tomas de energía. • Conectar el Módulo.
El módulo enciende pero no da inicio a la operación	El PLC no se encuentra programado correctamente.	<ul style="list-style-type: none"> • Asegúrese que el cable de Ethernet esté bien conectado al Computador y al PLC. • Verificar si que la programación se cargue correctamente al PLC
El módulo enciende y se carga la programación correctamente pero uno o varios de los elementos no funciona correctamente	<ul style="list-style-type: none"> • Las conexiones de dichos elementos no se encuentran bien ajustadas. • Puede existir un error en la programación 	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique que las conexiones se encuentren bien ajustadas. • Asegúrese que la programación sea la correcta.
El módulo se apagó repentinamente	<ul style="list-style-type: none"> • Hubo un corte de energía • Falla en el sistema eléctrico • Mal funcionamiento de algún elementos 	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique que exista energía en la toma. • Verifique la conexión a la fuente de energía • Verifique el estado de los elementos eléctricos.

Fuente: Autores

Elementos mecánicos

Tabla 19. Elementos mecánicos del módulo

N°	Elemento	Cantidad
1	Piñones	2
2	Tuerca – Tornillo	1
3	Cremallera	2
4	Catalina y cadena	1

Fuente: Autores

Rutinas de mantenimiento

a) Inspección diaria

1. Asegurarse de que no exista suciedad acumulada que pueda obstruir en el normal funcionamiento del sistema mecánico. De ser así limpiar adecuadamente.

b) Inspección Semanal

1. Asegurarse de que las partes móviles (piñón-cremallera, tornillo-tuerca) se encuentren debidamente engrasados. Para evitar que la fricción reduzca el rendimiento del sistema de transmisión o el de compresión.
2. Verificar el buen estado de los dientes tanto de los piñones como de las cremalleras.
3. Verificar el correcto funcionamiento de las partes móviles.

Tabla de solución de problemas

Tabla 20 Rutinas de mantenimiento

Problema	Causa Probable	Solución
El elemento de compresión no desciende.	<ul style="list-style-type: none">• El sistema piñón-cadena se encuentra atascado.• Las tuercas guías se encuentran sobre ajustadas.	<ul style="list-style-type: none">• Verificar que la cadena no esté atascada. De ser así desactivar el módulo, desatascarlo y reubicar la cadena sobre los dientes de los piñones.• Asegurarse que las tuercas de las guías no se encuentren sobre ajustadas.
El carro superior o longitudinal no avanzan adecuadamente	Existe suciedad acumulada en las cremalleras o los piñones	Limpiar adecuadamente los elementos del sistema de transmisión.
Existen ruidos extraños al momento de la compresión.	El sistema tuerca-tornillo no se encuentra engrasada adecuadamente.	Engrasar los de forma correcta el sistema tuerca-tornillo.

Fuente: Autores

Elementos eléctricos.

Tabla 21. Elementos eléctricos del módulo

N	Elemento	Cantidad
1	Motores DC	5
2	Luces	10
3	Cables	

Fuente: Autores

a) *Inspección diaria.*

1. Verificar el buen estado de los cables, que no existan melladuras en el recubrimiento (cables pelados), ni extremos en contacto.
2. Verifique que los elementos estén debidamente aislados para que no existan cortocircuitos.
3. Verificar que se encuentren bien conectados con sus terminales y fuentes de energía.

b) *Inspección mensual*

1. Verificar que el voltaje que se suministra a los elementos eléctricos sea el correcto.
2. Verificar el buen funcionamiento de los elementos eléctricos.
3. Verificar que los motores se encuentren bien ajustados a la base. De no ser así proceder a ajustarlos.

Tabla de solución de problemas

Tabla 22. Solución de problemas

Problema	Causa Probable	Solución
Uno o varios elementos no encienden.	Algún cable se encuentra suelto.	Asegúrese que todos los cables se encuentren bien conectados a sus elementos.
Sobrecalentamiento en algún elemento (cable, motor)	Algún cable no se encuentra bien ajustado.	

Fuente: Autores

El manual de mantenimiento realizado se resume en una check list en la que se detallan las actividades a realizar, las herramientas utilizadas y el respectivo registro el cual permite verificar los trabajos de mantenimiento realizados cada tres meses.

Tabla 23. Check list de mantenimiento

Revisión trimestral de los dispositivos del módulo			
		Realizado	
Procedimiento	herramientas y materiales a utilizar	SI	NO
Desenergizar el módulo	Manualmente		
Realizar la limpieza total del módulo	Guaípe, brocha, aire comprimido		
Reajustar todas las conexiones eléctricas	Destornilladores plano y philips		
Engrasar los elementos del sistema mecánico	Grasa		
Aceitar las guías	Aceite		
Reajustar los motores a sus respectivas bases	Llave de tuercas, destornilladores plano y Philips		
Recalibrar los sensores	Manualmente		
Ajustar los prisioneros de las catalinas	Llave allen		

Fuente: Autores

CAPÍTULO V

5. COSTOS Y PRESUPUESTOS

En el análisis de costos son tomados en cuenta: materiales, mano de obra, maquinarias y equipos, alimentación e imprevistos.

5.1 Costos de construcción del módulo

Tabla 24. Costos mecánicos

Costos mecánicos				
Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
1	Tubo cuadrado galvanizado 1" x 1.5mm	4	12,1	48,4
2	Tabla Triplex de 15 líneas 1.5x0.7 m	1	35	35
3	Electrodos E6011 x kg	2	3,8	7,6
4	Formica	1	15	15
5	Platina 1"x1/8	1	6	6
6	Varilla de acero de transmisión 1/2"	1	12	12
7	Nylon 50 cmx2 in	1	6	6
8	Cremallera	2	20	40
9	Piñones para cremallera	2	5	10
10	Catalina	2	0,5	1
11	Cadena	1	3,5	3,5
12	Plancha de 4mm de espesor	1	8	8
13	Tornillo de potencia	1	25	25
14	Perno de 3"	3	0,3	0,9
15	pernos de 2.5"	10	0,2	2
16	Tuerca para tornillo de potencia	1	7	7
Total				227,4

Fuente: Autores

Tabla 25. Costo de maquinaria

Costos de maquinaria				
Ítem	Descripción	Cantidad	Precio unitario (USD)	Precio Total (USD)
1	Soldadora	1	40	40
2	Pulidora	1	10	10
3	Taladro	2	5	10
Total				60

Fuente: Autores

Tabla 26. Costos eléctricos

Costos eléctricos				
Ítem	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio Total
1	Motor Trico	4	40	160
2	Motoreductor Universal DC	1	14	14
3	Finales de Carrera	9	4,25	38,25
4	Armario eléctrico	1	40	40
5	Cable #16 x metro	150	0,3	45
6	Espiral de 1/4"	2	3,5	7
7	Espiral de 1/2"	2	4,5	9
8	Terminales x funda	4	3	12
9	Cautín	1	3	3
10	Estaño x metro	3	0,5	1,5
11	Base para Relé	10	2,4	24
12	Relé de 8 pines	10	3,2	32
13	Caja de Borneras	1	12	12
14	Relé térmico de 6 A	2	4,5	9
15	Contactador	1	6	6
16	Fuente de 12 VDC	1	15	15
17	Fuente de 24 VDC	1	25	25
18	PLC S7-1200	1	630,38	630,38
19	Canaleta estriada	2	3	6
20	Perfil DIN	2	5	10
21	Sensor fotoeléctrico Sharp	2	60	120
22	Electro-imán	1	5	5
23	Pulsador	2	3,5	7
24	Luz piloto	2	2	4
25	Pulsador en forma de hongo	1	3,5	3,5
Total				1238,63

Fuente: Autores

Tabla 27. Costos varios

Costos varios				
Ítem	Descripción	Cantidad	Precio unitario (USD)	Precio Total (USD)
1	Transporte	1	60	60
2	Consumibles	1	100	100
3	Imprevistos	1	200	200
4	Mano de obra directa	1	300	300
Total				660

Fuente: Autores

Tabla 28. Costo total

Costo Total	(USD)
Costo Mecánico	227,4
Costo Eléctrico	1238,63
Costo de Maquinaria	60
Costos Varios	660
TOTAL	2186,03

Fuente: Autores

5.2 Presupuesto de mantenimiento

5.2.1 *Costos de mantenimiento preventivo.* Tomando en cuenta las consideraciones propuestas en el manual de mantenimiento el costo de mantenimiento preventivo es mínimo por cual no se toma en cuenta en la proyección de costos.

5.2.2 *Costos de mantenimiento correctivo*

Tabla 29. Costos de mantenimiento correctivo

Posibles daños	Acción correctiva	Costo (\$)
Mecánica		
Oxidación y/o corrosión en la estructura	Lijar, pintar	3
Fractura en las juntas soldadas	Soldar	5
Eléctricas y electrónicas		
Quema de motores	Reemplazar	40
Quema de relé	Reemplazar	3,5
Quema de base de relé	Reemplazar	2,8
Avería del PLC	contactar servicio técnico SIEMENS	NA
Quema del PLC	Reemplazar	650
Quema de fuentes de poder de 12V	Reemplazar	18
Quema de fuentes de poder de 24V	Reemplazar	25
Avería en interruptor final de carrera	Reemplazar	4
Quema de sensor	Reemplazar	60
Deterioro de electroimán	Reemplazar	5
Deterioro de interruptores térmicos	Reemplazar	12
Deterioro del contactor	Reemplazar	15
Quema de luces piloto	Reemplazar	2,5
Daño de pulsador	Reemplazar	2,5
TOTAL		848,3

Fuente: Autores

NOTA: Los costos tomados en cuenta en el presente análisis corresponden a los actuales del año 2015.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Con el presente trabajo se logró aportar al desarrollo de las técnicas de enseñanza-aprendizaje en el laboratorio de Automatización de Procesos al permitirle al estudiante relacionarse con elementos de gran aplicación en la industria.

En el presente trabajo se realiza con el fin de comprender con facilidad las características de los sistemas autónomos, sus tipos, partes principales y funcionalidad, por lo que el estudiante tiene la capacidad de operar sin dificultad alguna el módulo.

En el diseño del módulo se consideran aspectos ergonómicos, estéticos y funcionales acordes a los requerimientos del laboratorio.

La estructura está diseñada de forma compacta y funcional con el fin de acoplarse a las necesidades o del alcance al que se pretenda llegar.

La serie de algoritmos determinados para el funcionamiento del módulo cumplen con los requerimientos del proceso, además son de baja complejidad para ayudar al rápido entendimiento del mismo.

Se elabora una guía de operación en la cual se indican notas de seguridad para disminuir riesgos de accidentes que puedan afectar al usuario del módulo, además se incluye un plan de mantenimiento preventivo de con el fin de prolongar la vida útil del mismo.

Se realiza un cálculo de costos de un eventual mantenimiento correctivo en caso de que ocurriere un daño repentino de ciertos elementos.

6.2 Recomendaciones

Seguir el programa de mantenimiento y operación del módulo con el fin de prolongar la vida útil de sus componentes.

Asegurar que el personal que opere el módulo, esté siempre supervisado por parte del encargado del laboratorio al momento de ejecutar las diversas programaciones en el mismo.

Instalar el PLC SIMATIC S7-1200 en un armario eléctrico o en una sala de control, sólo el personal autorizado y debidamente cualificado debe tener acceso al armario eléctrico.

Vigilar siempre los requisitos de montaje de los PLCs para evitar lesiones al operario y/o daños al equipo.

Antes de montar o desmontar cualquier aparato eléctrico, vigilar que se haya desconectado la alimentación del mismo, verifique también que se haya desconectado la alimentación de todos los equipos conectados.

BIBLIOGRAFÍA

- CORPORATION, SOLIDWORK.** 2014. *Solidworks Simulations Xpress Study*. Riobamba : Solidworks, 2014.
- CUO, B. C.** 1996. *Sistemas de Control Automático*. s.l. : Prentice Hall, 1996.
- 2014. FULMECÁNICA.** [En línea] 25 de 11 de 2014. <http://www.fullmecanica.com/definiciones/t/147-tornillos-de-potencia-mecanica>.
- GEMMA.** 2010. *Automatización de procesos mediante la guía GEMMA*. 2010.
- MÁS DIEGO, José Antonio.** ERGONAUTAS.COM. [En línea] [Citado el: 22 de 09 de 2014.] <http://www.ergonautas.upv.es/herramientas/select/select.php#>.
- QUIMINET.** 2006. QUIMINET. [En línea] 20 de 01 de 2006. <http://www.quiminet.com/articulos/caracteristicas-de-plcs-2671303.htm>.
- ROBOCONTROL.** 2011. <http://robocontrol.wikispaces.com>. [En línea] 11 de Junio de 2011. <http://robocontrol.wikispaces.com/Interruptores+Final+De+Carrera>.
- ROBOTSPERU.** 2010. <http://www.robotsperu.org>. [En línea] 08 de Marzo de 2010. <http://www.robotsperu.org/foros/amperaje-de-un-motor-de-limpiaparabrisas-vt700.html>.
- ROCATEK.** ROCATEK. ROCATEK. [En línea] [Citado el: 24 de 06 de 2014.] http://www.rocatek.com/forum_plc2.php.
- ROMERA Pedro, LORITE Antonio, MONTORO Sebastián.** 1994. *AUTOMATIZACIÓN Problemas resueltos con autómatas programables*. s.l. : Paraninfo S.A., 1994.
- SIEMENS.** 2012. *S7-MANUAL*. abril de 2012.
- SIEMENS, AG.** 2011. *SIMATIC STEP7*. s.l. : SIEMENS, 2011.
- STECK.** 2014. <http://www.steck.com.br>. [En línea] 20 de 11 de 2014. http://www.steck.com.br/wpcontent/themes/temasteck/img/pdf/catalogo_steck_espanhol.pdf.
- SUPERROBÓTICA.** 2014. Superrobótica. [En línea] 03 de 12 de 2014. <http://www.superrobotica.com/S320103.htm>.
- WIKIPEDIA.** 2014. <http://es.m.wikipedia.org/>. [En línea] 22 de 12 de 2014. [http://es.m.wikipedia.org/wiki/Puente_H_\(electr%C3%B3nica\)](http://es.m.wikipedia.org/wiki/Puente_H_(electr%C3%B3nica)).

ANEXOS

ANEXO A

ANEXO B

PLANOS