



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO INTERACTIVO DE
UN POSICIONADOR DE PARTES CON LOGO
ETHERNET PARA EL LABORATORIO DE
AUTOMATIZACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL DE LA ESPOCH.”**

**EDWIN GERARDO SANGUCHO TACO
EDISON LENIN YANQUE CUYACHAMIN**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

RIOBAMBA-ECUADOR

2015

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-11-18

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

EDWIN GERARDO SANGUCHO TACO

Titulada:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO INTERACTIVO DE UN POSICIONADOR DE PARTES CON LOGO ETHERNET PARA EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA ESPOCH.”

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

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Jhonny Orozco Ramos
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Juan Carlos Cayán
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-11-18

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

EDISON LENIN YANQUE CUYACHAMIN

Titulada:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO INTERACTIVO DE UN POSICIONADOR DE PARTES CON LOGO ETHERNET PARA EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA ESPOCH.”

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

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Marco Heriberto Santillán Gallegos
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Jhonny Orozco Ramos
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Juan Carlos Cayán
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: EDWIN GERARDO SANGUCHO TACO

TÍTULO DE LA TESIS: “IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO INTERACTIVO DE UN POSICIONADOR DE PARTES CON LOGO ETHERNET PARA EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA ESPOCH.”

Fecha de Examinación: 2015-01-30

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán Mariño PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jhonny Orozco DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Juan Carlos Cayán 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. Carlos Santillán Mariño
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: EDISON LENIN YANQUE CUYACHAMIN

TÍTULO DE LA TESIS: “IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO INTERACTIVO DE UN POSICIONADOR DE PARTES CON LOGO ETHERNET PARA EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA ESPOCH.”

Fecha de Examinación: 2015-01-30

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán Mariño PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jhonny Orozco DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Juan Carlos Cayán 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. Carlos Santillán Mariño
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.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondiente a esta investigación a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Edwin Gerardo Sangucho Taco

Edison Lenin Yanque Cuyachamin

DEDICATORIA

Hay desenlaces que marcan nuestra vida como las experiencias y los recuerdos que día a día ilustran un íntimo sentimiento grabado en el corazón difícil de olvidar, por eso dedico este trabajo principalmente a Dios por haberme dado la vida y la oportunidad de llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre quien es un ejemplo de vida y quien con sacrificio, entrega y amor me apoyó para cumplir mi meta. A mi padre a pesar que ya no está con nosotros sé que este momento hubiera sido motivo de orgullo y felicidad. A mi hermano y hermanas que siempre me han brindado su apoyo incondicional.

Edwin Gerardo Sangucho Taco

El presente trabajo está dedicado a quienes me han apoyado y motivado durante todo este tiempo para que yo pueda culminar con éxito un reto más en mi vida, ya que gracias a ellos puedo disfrutar de un momento tan especial e inolvidable que solo se lo vive cuando existe ganas, paciencia y sobre todo la confianza incondicional que solo me la supieron brindar las personas que siempre confiaron en mí.

Agradezco a dios por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional, a mis padres Marcelo Yanque y María Ofelia Cuyachamin, por ser los pilares fundamentales en mi vida y por demostrarme su cariño y confianza a lo largo de mi existencia, a mis hermanos que siempre me han ofrecido su apoyo en todo momento sin importar las circunstancias a todos ellos les doy las gracias por ayudarme a cumplir una meta más.

Edison Lenin Yanque Cuyachamin

AGRADECIMIENTO

Quiero en esta oportunidad demostrar y dirigir una inmensa gratitud a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirnos sus puertas y realizar una labor tan Honorable y sacrificada que es la de impartir día a día la sabiduría y el conocimiento al estudiante, y de igual manera a la Escuela de Ingeniería Industrial que en su recinto nos han sabido guiar y encaminar hacia la luz de los valores profesionales y éticos para ser profesionales dignos de la patria.

De igual manera al Ing. Jhonny Orozco Director de tesis y al Ing. Juan Carlos Cayán asesor de tesis, quienes con su apoyo y colaboración permitieron la culminación de la presente Tesis

Edwin Gerardo Sangucho Taco

A Dios por acompañarme todos los días, a mi familia por estar a mi lado en los buenos y malos momentos hasta la culminación de una etapa más de mi vida.

A la escuela superior politécnica de Chimborazo, en especial a mi querida escuela de ingeniería industrial, por permitirme obtener una maravillosa profesión.

Al Ing. Jhonny Orozco e Ing. Juan Carlos Cayam, por ayudarme a finalizar mi tesis con la ayuda de su conocimiento y experiencia sobre el tema, brindándome su asesoramiento y amistad en todo momento.

Edison Lenin Yanque Cuyachamin

CONTENIDO

Pág.

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación	1
1.3	Objetivos.....	2
1.3.1	<i>Objetivo general</i>	2
1.3.2	<i>Objetivos específicos</i>	2
2.	MARCO TEÓRICO	3
2.1	Marco teórico	3
2.1.1	<i>Automatización</i>	3
2.1.2	<i>Definición del logo</i>	3
2.1.2.1	<i>Características del módulo lógico</i>	5
2.1.2.2	<i>Aplicaciones del módulo lógico</i>	5
2.1.3	<i>Descripción de la pantalla logo TD</i>	5
2.1.3.1	<i>Características técnicas del logo TD</i>	5
2.1.4	<i>Actuadores</i>	6
2.1.4.1	<i>Actuadores neumáticos</i>	6
2.1.4.2	<i>Generador de vacío</i>	7
2.1.4.3	<i>Ventosa de fuelle</i>	8
2.1.4.4	<i>Unidad de mantenimiento</i>	8
2.1.4.5	<i>Actuadores eléctricos</i>	10
2.1.5	<i>Sensores</i>	12
2.1.5.1	<i>Sensores de proximidad</i>	12
3.	DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL MÓDULO DIDÁCTICO	13
3.1	Descripción general del módulo y proceso a automatizar	13
3.1.1	<i>Descripción del módulo</i>	13
3.1.2	<i>Descripción del proceso a automatizar</i>	13
3.1.3	<i>Descripción de la parte a posicionar</i>	14
3.2	Diseño del módulo	14
3.2.1	<i>Definición del problema</i>	14
3.2.1.1	<i>Determinación de características</i>	15
3.2.1.2	<i>Comparación por pares</i>	16
3.2.2	<i>Diseño conceptual</i>	16
3.2.2.1	<i>Parámetros detallados para el diseño del módulo</i>	16
3.2.2.2	<i>Alternativas de solución</i>	17
3.2.3	<i>Diseño preliminar</i>	18
3.2.3.1	<i>Descripción del proceso de la alternativa seleccionada</i>	19
3.2.3.2	<i>Dimensionamiento del módulo</i>	19
3.2.3.3	<i>Selección de los materiales</i>	22
3.2.4	<i>Diseño detallado</i>	54
3.2.4.1	<i>Diseño y planos del módulo en 2 y 3D</i>	54
3.2.4.2	<i>Diseño final del módulo posicionador de partes</i>	74
3.2.4.3	<i>Diagramas de instalación</i>	74
3.3	Construcción del módulo didáctico posicionador de partes cilíndricas	79
3.3.1	<i>Estructura del módulo didáctico</i>	79
3.3.2	<i>Apoyo del brazo neumático</i>	80
3.3.3	<i>Banda transportadora</i>	80
3.3.4	<i>Matriz circular</i>	81
3.3.5	<i>Sistema de sujeción de probetas</i>	81
3.3.6	<i>Ensamblaje de los distintos elementos del módulo didáctico</i>	82

3.4	Construcción del panel de control	83
4.	MANUAL DE OPERACIÓN, DE MANTENIMIENTO Y GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO	84
4.1	Comunicación entre el ordenador y el Logo Ethernet.....	84
4.1.1	<i>Interfaz ordenador-LOGO</i>	<i>84</i>
4.2	Manual de operación.....	89
4.2.1	<i>Indicaciones para su utilización.....</i>	<i>89</i>
4.2.1.1	<i>Indicaciones de seguridad.....</i>	<i>89</i>
4.2.1.2	<i>Indicaciones mecánicas.....</i>	<i>89</i>
4.2.1.3	<i>Indicaciones eléctricas.....</i>	<i>90</i>
4.2.1.4	<i>Indicaciones neumáticas.....</i>	<i>90</i>
4.2.2	<i>Descripción del proceso.....</i>	<i>90</i>
4.2.2.1	<i>Asignación de entradas y salidas.....</i>	<i>91</i>
4.3	Guía práctica de aplicación.....	93
4.4	Manual de mantenimiento.....	93
4.4.1	<i>Justificación.....</i>	<i>93</i>
4.4.2	<i>Objetivos.....</i>	<i>93</i>
4.4.3	<i>Introducción.....</i>	<i>93</i>
4.4.4	<i>Partes del posicionador de partes cilíndricas</i>	<i>94</i>
4.4.6	<i>Mantenimiento a realizar.....</i>	<i>94</i>
4.4.6.1	<i>Mantenimiento eléctrico.....</i>	<i>94</i>
4.4.6.2	<i>Mantenimiento mecánico.....</i>	<i>95</i>
4.4.6.3	<i>Mantenimiento neumático.....</i>	<i>97</i>
4.4.6.4	<i>Cheklis.....</i>	<i>99</i>
5.	COSTOS.....	101
5.1	Costos directos	101
5.1.1	<i>Costos mecánicos.....</i>	<i>101</i>
5.1.2	<i>Costos neumáticos</i>	<i>101</i>
5.1.3	<i>Costos eléctricos.....</i>	<i>102</i>
5.1.4	<i>Costos por maquinaria y transporte</i>	<i>102</i>
5.1.5	<i>Costos directos totales.....</i>	<i>102</i>
5.2	Costos indirectos	103
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	104
6.1	Conclusiones	104
6.2	Recomendaciones	104

BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS
PLANOS

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1. Conexión ethernet.....	4
2. Módulo logo	4
3. Tipos de actuadores neumáticos	6
4. Cilindro de doble efecto	7
5. Cilindro de doble vástago.....	7
6. Principio del generador de vacío	8
7. Ventosa de fuelle	8
8. Unidad de mantenimiento	9
9. Posiciones de electroválvulas	9
10. Electroválvula monoestable	10
11. Motor paso a paso unipolar.....	11
12. Servomotor	12
13. Sensor de proximidad	12
14. Diagrama de flujo del proceso.....	13
15. Planteamiento del problema.....	14
16. Esquema de la clasificación de características	15
17. Encajadora de botellas de vidrio	17
18. Posicionador de partes	17
19. Dimensiones para el diseño del módulo.....	20
20. Regla del codo.....	20
21. Dimensiones de la altura del módulo	21
22. Determinación del ancho de la banda	22
23. Dimensiones del largo de la cinta.....	23
24. Diagrama de cuerpo libre al transportar la probeta	26
25. Diagrama de cuerpo libre.....	28
26. Curva de vacío p_u en función de la presión p_1	30
27. Diagrama de cuerpo libre de la ventosa.....	32
28. Diagrama de cuerpo libre 2 de la ventosa	33
29. Cilindro de doble efecto	35
30. Cilindro de doble efecto de vástago paralelo.....	35
31. Pinza.....	36
32. Acople de la pinza al ángulo de aluminio	36
33. Diseño del primer perfil de la banda.....	55
34. Diseño del segundo perfil de la banda	55
35. Diseño de rodillos	56
36. Diseño final de la banda transportadora.....	56
37. Diseño del depósito de probetas.....	57
38. Acople del motor paso a paso.....	57
39. Diseño final de la matriz circular	58
40. Diseño de la sección de sujeción	58
41. Diseño final de la sección de sujeción y apoyo del brazo neumático.....	59
42. Perfil cuadrado de aluminio.....	59
43. Acople para cilindros.....	60
44. Diseño final del posicionador	60
45. Dimensiones del perfil cuadrado de aluminio	61
46. Propiedades del perfil de aluminio.	61
47. Análisis estático de la tensión cortante	62
48. Desplazamiento estático del cilindro	63
49. Determinación del factor de seguridad mínimo	64

50.	Propiedades del acrílico	66
51.	Análisis estático de la base de acrílico	67
52.	Análisis del desplazamiento y deformidad del acrílico	67
53.	Determinación del factor de seguridad mínimo	69
54.	Propiedades del material	70
55.	Análisis estático tensión	71
56.	Desplazamiento estático	71
57.	Determinación del factor de seguridad	73
58.	Diseño del posicionador de partes	74
59.	Diagrama de instalación del LOGO ETHERNET	75
60.	Diagrama eléctrico de sensor de tres hilos	75
61.	Diagrama eléctrico de las electroválvulas	76
62.	Diagrama eléctrico de los motores	76
63.	Circuito eléctrico de control del proceso	77
64.	Circuito neumático del proceso	77
65.	Lenguaje de programación ladder	78
66.	Estructura del módulo con base de acrílico	80
67.	Apoyo del brazo neumático	80
68.	Banda transportadora	81
69.	Matriz circular	81
70.	Sujeción de probetas	82
71.	Ensamblaje del módulo didáctico	82
72.	Panel de control	83
73.	Comunicación ordenador-Logo Ethernet	84
74.	Selección desde el escritorio	84
75.	Cargando en el programa	85
76.	Programación ladder	85
77.	Selección de opción herramientas	85
78.	Selección de la opción interfaz	86
79.	Configuración de la dirección IP	86
80.	Transferencia de datos	87
81.	Carga de la programación en el software	87
82.	Desvinculación del modo RUN	88
83.	Transferencia de datos	88

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1.	Características de la electroválvula.....10
2.	Características de la parte cilíndrica .....14
3.	Comparación por pares.....16
4.	Ponderación de la mejor alternativa .....18
5.	Dimensiones del ancho de la banda .....23
6.	Dimensiones del largo de la cinta.....23
7.	Resistencias químicas y aplicaciones de las cintas transportadoras .....24
8.	Tipos de cintas transportadoras .....24
9.	Características de la cinta transportadora .....25
10.	Características de los rodillos .....25
11.	Datos técnicos del servomotor .....28
12.	Selección del motor paso a paso .....29
13.	Motor paso a paso seleccionado.....30
14.	Selección del tipo de ventosa para la succión de piezas .....31
15.	Selección de ventosas .....32
16.	Capacidad de aspiración del generador de vacío.....34
17.	Generador de vacío seleccionado.....35
18.	Datos técnicos de cilindros normalizados.....39
19.	Cilindro de doble efecto a seleccionar.....39
20.	Cilindro de doble efecto requerido.....40
21.	Selección de cilindro neumático .....43
22.	Cilindro de doble efecto a seleccionar.....44
23.	Cilindro de doble efecto requerido.....44
24.	Tamaños y longitudes de carreras normalizados de cilindros .....47
25.	Cilindro de doble efecto requerido.....47
26.	Electroválvula seleccionada .....48
27.	Unidad de mantenimiento seleccionado.....50
28.	Sensor inductivo de proximidad .....50
29.	Controlador lógico de funciones seleccionado .....51
30.	Expansión logo .....52
31.	Fuente de alimentación LOGO seleccionada .....52
32.	Pantalla logo TD seleccionada .....53
33.	Accesorios para el módulo posicionador de probetas .....53
34.	Masa total de los componentes de las secciones del proceso .....65
35.	Asignación de variables .....92
36.	Frecuencia de inspección .....94
37.	Mantenimiento de logo.....95
38.	Frecuencia de mantenimiento .....96
39.	Inspección de cinta transportadora .....96
40.	Mantenimiento FRL.....97
41.	Frecuencia de inspección de ventosa .....98
42.	Cheklis para mantenimiento preventivo neumático y eléctrico .....99
43.	Checklist para elementos mecánicos .....100
44.	Costos mecánicos.....101
45.	Costos neumáticos .....101
46.	Costos eléctricos.....102
47.	Costos de maquinaria .....102
48.	Costos de transporte de material .....102
49.	Costos totales .....103
50.	Costos indirectos .....103
51.	Costos totales .....103

SIMBOLOGÍA

F	Esfuerzo total	N
P	Potencia requerida para el accionamiento	W
P	Presión	Pa
V	Consumo de aire	mm ³ /h
W	Peso	N
M	Masa	kg
D	Diámetro del émbolo	cm
Ft	Fuerza teórica	N
Fe	Fuerza efectiva	N
Fr	Fuerza de rozamiento	N
D	Diámetro del vástago	cm

LISTA DE ABREVIACIONES

LOGO	Módulo lógico de funciones
HMI	Interfaz hombre máquina
VDC	Voltios de corriente continua
VAC	Voltios de corriente alterna
FRL	Filtro regulador lubricador o unidad de mantenimiento
Hc	Altura del codo
Pa	Pascales
MPa	Mega Pascales
N	Newton
Rc	Relación de compresión

LISTA DE ANEXOS

- A Guía práctica de laboratorio
- B Diagrama de movimiento de los cilindros
- C Tablero de control e instalaciones eléctricas y neumáticas
- D Construcción del módulo interactivo posicionador de probetas

RESUMEN

Se realizó la implementación de un módulo interactivo posicionador de partes con un LOGO ETHERNET para el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH, con el propósito de contribuir al desarrollo del conocimiento y la destreza técnica en la automatización de procesos industriales.

Estableciendo cada uno de los elementos neumáticos, eléctricos y mecánicos requeridos para el módulo posicionador de partes, se realizó la descripción del proceso mediante un diagrama electroneumático, detallando la función de cada componente del módulo, conformado por los siguientes equipos: banda transportadora, brazo neumático, sensores de proximidad inductivos, generador de vacío, ventosa y un LOGO ETHERNET. Posteriormente se efectuó un análisis estático al sistema de succión, base de acrílico y carcasa con el objetivo de conocer los pesos que soportaran, consecutivamente se llevó a cabo el ensamble verificando la correcta alineación, así como el ajuste de piezas, elementos para proceder a la programación e interfaz.

El módulo posicionador de partes puede ser adaptado para que cumpla distintas operaciones, relacionadas en actividades que impliquen su utilización, también fue elaborado para contribuir al mejoramiento del control de procesos en la industria y de esta manera fortalecer el desarrollo de la matriz productiva del país.

Se recomienda seguir las indicaciones en base a los parámetros establecidos en el respectivo manual de mantenimiento, caso contrario se produciría el deterioro en los elementos; también se debe utilizar el instructivo operacional previo a la manipulación del equipo, mismo que garantizará el adecuado funcionamiento. Finalmente se concluyó cada uno de los objetivos planteados para el desarrollo del módulo

ABSTRACT

The implementation of an interactive positioner module of parts was performed with a LOGO ETHERNET for Laboratory School of Industrial Engineering of ESPOCH, in order to contribute to development of the knowledge and technical expertise in automation of industrial processes.

Setting each of the pneumatics, electrical and mechanical elements required for the positioner module of parts, the description of process was performed using an electro pneumatic diagram detailing the function of each component of the module, consisting of the following equipment: conveyor belt, pneumatic arm, inductive proximity switches, circular matrix, vacuum generator, suction cup and ETHERNET LOGO. Subsequently a static analysis was performed to system suction acrylic base and casing in order to know the weights that will support, consecutively the assembly was carried out to verify the correct alignment and adjustment of parts, elements to carry out the programming and interface.

The positioner module of parts can be adapted to fulfill different operations related to activities involving the use, it was also elaborated to contribute to the improvement of process control in the industry and strengthen the development of the productive matrix of the country.

It is recommended to follow the directions on the basis of the parameters established in the respective maintenance manual, otherwise the elements damage will occur; also the operational instructive should be used previous to handle of equipment the same that will guarantee the proper functioning instructions. Finally it was concluded each one of the proposed objectives for the development of the module.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Para comprender de manera global la automatización y enfocar este trabajo en la dirección correcta debemos comenzar revisando los datos históricos que marcaron el desarrollo de los procesos automatizados. Los PLC's se introdujeron por primera vez en la industria en 1960 aproximadamente. La razón principal de tal hecho fue la necesidad de eliminar el gran costo que se producía al reemplazar el complejo sistema de control basado en relés y contactores.

La historia de la automatización industrial está caracterizada por periodos de constantes innovaciones de sistemas mecánico - eléctricos basados en computadoras para la operación y control de la producción, es así que nacen varios modelos, tipos, series, marcas de PLC's como en este caso el LOGO que es un PLC de gama baja, todas estas variedades de controladores programables son desarrollados en función de las necesidades de las industrias.

Esto se debe a que las técnicas de automatización están muy ligadas a los sucesos económicos mundiales. A día de hoy todas las carreras de ingeniería incluyen la automatización como una de sus asignaturas, es así que nace la necesidad de contribuir al desarrollo del laboratorio de la escuela mediante la implementación de un módulo didáctico que se aproxima a un proceso de producción industrial. Misma que permitirá a los alumnos observar, practicar y programar dicho proceso.

1.2 Justificación

Actualmente en la Escuela de Ingeniería Industrial se ve la necesidad de desarrollar un laboratorio de automatización donde se pueda percibir simulaciones didácticas de procesos productivos, que sirva para el aprendizaje de los alumnos de la institución.

El presente trabajo de investigación es de vital importancia puesto que es un requerimiento que presenta la escuela de ingeniería industrial previo a la incorporación como futuros profesionales de la nación. Mediante la realización de este trabajo de

investigación se podrá aplicar los conocimientos adquiridos durante la formación académica. A la vez permitirá ampliar los conocimientos a través de la investigación que se obtendrá con la consecución del módulo didáctico. Por tanto gracias al desarrollo e innovación de estas tecnologías se contribuirá al mejoramiento de la calidad educativa permitiendo a los alumnos palpar, practicar, programar y tener una visión con avances significativos de manera que en un futuro puedan implementar procesos de producción automatizados más eficientes, seguros y competitivos en cualquier compañía, contribuyendo así al cambio de la matriz productiva.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Implementar un módulo interactivo de un posicionador de partes con LOGO ETHERNET para el laboratorio de automatización de la Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Investigar el funcionamiento los componentes neumáticos y eléctricos que intervienen en el proceso automatizado del módulo didáctico.

Realizar la selección de los elementos mecánicos, neumáticos y eléctricos para la construcción del módulo didáctico.

Elaborar la programación y la comunicación PC-LOGO Ethernet para el funcionamiento del módulo didáctico.

Desarrollar el manual de operación, mantenimiento y guía práctica de laboratorio para el módulo didáctico.

Determinar los costos totales de elaboración del módulo didáctico.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Marco teórico

2.1.1 Automatización. La automatización es la facultad que poseen algunos procesos para desarrollar las actividades de operación y funcionamiento en forma autónoma es decir por cuenta propia.

La automatización industrial se refiere a la implementación de tecnología (Generalmente está familiarizada con la energía eléctrica, electrónica, informática, mecánica, hidráulica y neumática) las cuales permiten realizar operaciones o acciones repetitivas de la producción o fabricación de un producto disminuyendo el tiempo de producción como (bebidas, piezas, accesorios, ensamblajes) sustituyendo la acción humana en actividades peligrosas. También se puede referir a sistemas computacionales que controlan las operaciones financieras (HERRERA, 2011).

2.1.2 Definición del Logo. Los módulos lógicos son controladores programables permiten que máquinas y equipos realicen procesos sin la intervención humana. Por lo tanto, los módulos lógicos son controladores inteligentes.

Este controlador compacto se compone de un módulo básico y módulos de aplicación o ampliación que el usuario selecciona en base a los requerimientos lo cual convierte al logo en un equipo de aplicación universal.

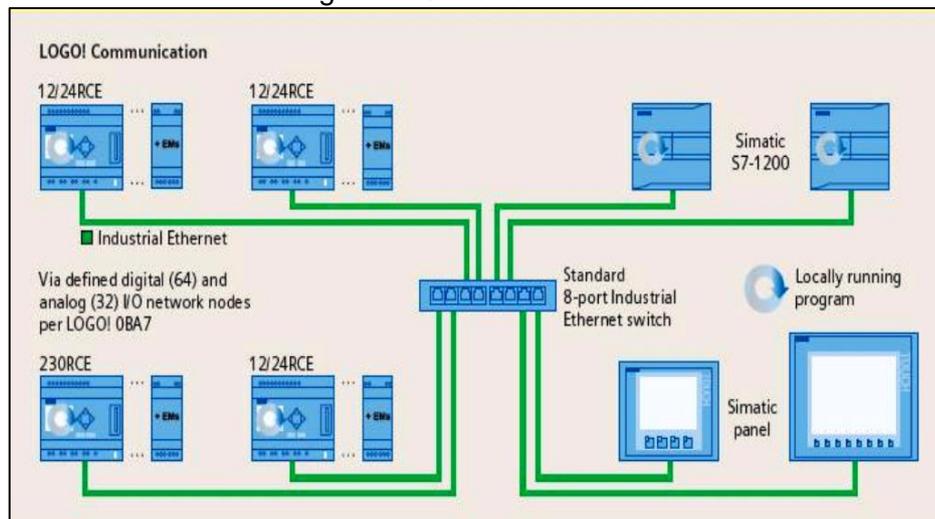
Los controladores con mayor frecuencia son utilizados sobre todo en la industria, donde grandes y complejas instalaciones trabajan con muchos procesos automatizados.

Los módulos logo !12/24 RCE para corriente continua y Logo !230 RCE para corriente alterna disponen de una interfaz Ethernet integrada.

Por lo que el usuario tiene varias posibilidades de aplicación en instalaciones domésticas, de edificios y de calefacción, ventilación y climatización, en dispositivos de

transporte e instalaciones de monitorización en máquinas y pequeñas instalaciones en red.

Figura 1. Conexión Ethernet



Fuente: <http://goo.gl/if374V>

Hasta ocho de los módulos lógicos pueden conectarse en red por intermedio de un switch Ethernet estándar.

De esta forma los módulos lógicos pueden usarse en modo maestro/maestro, es decir cada uno resuelve automáticamente su tarea particular y todos ellos disponen de programa propio e intercambian la información por Ethernet.

En modo esclavo, donde uno de los ocho logo es módulo guía y ejecuta el programa y usa los restantes módulos lógicos como ampliación de E/S (entrada/salida). (SIEMENS, 2011).

Figura 2. Módulo Logo



Fuente: <http://goo.gl/S6PIAZ>

2.1.2.1 *Características del módulo lógico.*

- Los nuevos módulos LOGO pueden acoplarse a través de la interfaz Ethernet a estructuras jerárquicamente superiores, lo que permite comunicarse con otros componentes de automatización SIMATIC como CPU SIMATIC S7, paneles HMI.
- Capacidad de comunicación prácticamente ilimitada con potencia escalable gracias a la tecnología de conmutación y al continuo aumento de las velocidades de transferencia.
- Apropiado para la conectividad en los más diversos campos de aplicación, ámbito de la oficina y de la producción.
- Tarjetas SD standard como soporte de almacenamiento.
- Compatible en programas y conexiones al LOGO.

2.1.2.2 *Aplicaciones del módulo lógico.*

- Iluminación de escalera o pasillo.
- Puerta automática.
- Sistemas de ventilación .
- Portón industrial mando .
- Hileras luminosas.
- Bomba de agua de servicio.
- Construcción de máquinas y aparatos. (SALINAS, 2003).

2.1.3 *Descripción de la pantalla logo TD.* El logo TD proporciona una interfaz hombre-máquina factible para los constructores de equipos y sus clientes, incluso en los sistemas de control de relé más sencillas. Gracias a su display con funciones de operación integradas y mensajes de diagnóstico personalizados para el proceso, los usuarios finales podrán realizar ajustes y detectar fallos rápidamente.

2.1.3.1 *Características técnicas del Logo TD.*

- 12 Vdc, 24 Vac/dc.
- Líneas con 12 caracteres por línea.
- Posibilidad de conexión a todos los módulos Logo de última generación i(OBA6).
- Logo TD suministrado con cable de conexión especial.
- Seis teclas estándar y cuatro de función (F1-F4). (ARÉVALO, 2013)

2.1.4 Actuadores. Un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado. Este recibe la orden de un regulador o controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control como por ejemplo, una válvula. Existen actuadores para varios tipos de energía como son:

- Hidráulicos.
- Neumáticos.
- Eléctricos.

2.1.4.1 Actuadores neumáticos. A los mecanismos que convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico se los denomina actuadores neumáticos. Aunque en esencia son idénticos a los actuadores hidráulicos, el rango de compresión es mayor en este caso, además de que hay una pequeña diferencia en cuanto al uso y en lo que se refiere a la estructura, debido a que estos tienen poca viscosidad.

Figura 3. Tipos de actuadores neumáticos



Fuente: <http://goo.gl/YMtkio>

a) Actuadores lineales. Los cilindros neumáticos independientemente de su forma constructiva, representan los actuadores más comunes que se utilizan en los circuitos neumáticos. (CISNEROS, 2013)

Existen dos tipos fundamentales de actuadores lineales.

- Cilindro de simple efecto.
- Cilindros de doble efecto.

Figura 4. Cilindro de doble efecto



Fuente: <http://goo.gl/4c6d9>

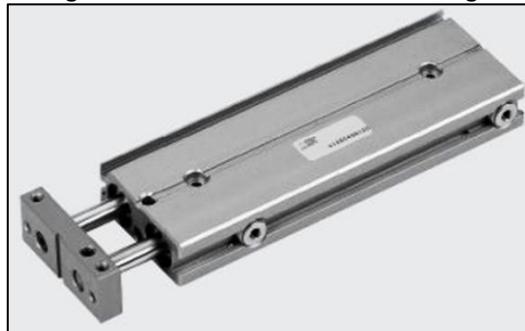
b) *Sistemas anti giro.* Uno de los principales problemas que plantean los cilindros de émbolo convencionales es el movimiento de giro que puede sufrir el vástago sobre sí mismo, ya que tanto el émbolo como el vástago, habitualmente son de sección circular al igual que la camisa, y por ello ningún elemento evita la rotación del conjunto pistón.

En determinadas aplicaciones, esto puede tener efectos negativos y se hace necesaria la incorporación de actuadores o elementos exteriores que realicen un efecto anti giro.

Existen múltiples posibilidades por ejemplo:

- Sistema de sección no circular.
- Sistema de guía (simple o doble).
- Sistema de doble vástago.

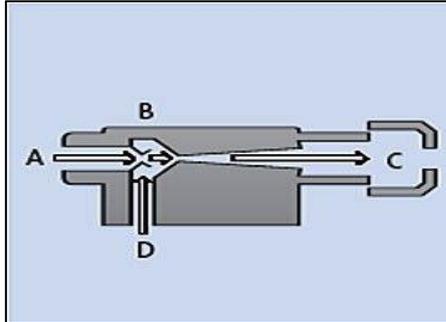
Figura 5. Cilindro de doble vástago



Fuente: <http://goo.gl/qCp6CT>

2.1.4.2 *Generador de vacío.* El funcionamiento del generador de vacío mono etapa se fundamenta en el principio de Venturi, mismo que acoplado a la ventosa genera un efecto de succión (Machine).

Figura 6. Principio del generador de vacío



Fuente: <http://goo.gl/ZKELq8>

2.1.4.3 Ventosa de fuelle. La ventosa es un aparato que sirve para manipular objetos que presentan superficies planas, al crear vacío entre la ventosa y la superficie del objeto.

La forma especial de las ventosas de fuelle les permite elevar cargas más pesadas, cuando entran en contacto con la superficie de la carga que se manipula esta crea un vacío, se repliega rápidamente, elevando la carga unos centímetros, independientemente de los movimientos del automatismo.

Gracias a esta característica, las ventosas de fuelle están recomendadas para todos aquellos casos en que se necesiten separar y manipular hojas de papel y cartón, chapa fina, tableros de madera, palcas de cristal, también pueden utilizarse para compensar errores de horizontalidad o para el agarre de superficies inclinadas.

Figura 7. Ventosa de fuelle



Fuente: <http://goo.gl/tkZImS>

2.1.4.4 Unidad de mantenimiento. Es una combinación de los elementos que se describen a continuación:

- Filtro de aire comprimido.
- Regulador de presión.
- Lubricador de aire comprimido.

- c) *Filtro.* Tiene la misión de extraer del aire comprimido circulante todas las impurezas y el agua condensada en los procesos de automatización neumática.
- d) *Regulador.* Tiene la misión de mantener la presión de trabajo (secundario) lo más constante posible, independientemente de las variaciones que sufra la presión de red (primario) y del consume de aire. La presión primaria siempre hade ser mayor que la secundaria.
- e) *Lubricador.* Tiene la misión de lubricar los elementos neumáticos en medida suficiente. El lubricante previene un desgaste prematuro de las piezas móviles, reduce el rozamiento y protege los elementos contra la corrosión. (RAMIREZ, 2010).

Figura 8. Unidad de mantenimiento

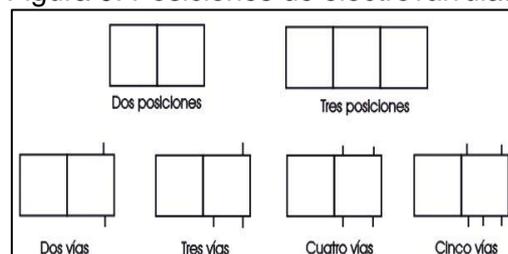


Fuente: <http://goo.gl/Cm4mml>

2.1.4.5 Electroválvulas. Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un fluido como puede ser una tubería.

La válvula está controlada por una corriente eléctrica a través de una bobina solenoidal. Las válvulas se componen de dos o más posiciones, es decir, dos o más formas de conectar las vías, y para diferente funcionamiento. (FESTO , 2009)

Figura 9. Posiciones de electroválvulas

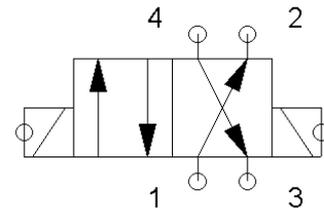


Fuente: Autores

Para evitar errores en el montaje de estos elementos, los orificios para las conexiones, se identifican con letras, o bien (según una norma) por medio de números.

Tabla 1. Características de la electroválvula

Orificios	Letras	Números
Alimentación de Presión	p	1
Conductos de trabajo	A,B,C	2,4,6..
Escapes	R,S,T	3,5,7..
Fuga	L	9
Conductos de pilotaje	Z,Y,X	12,14,16..



Fuente: Autores

Figura 10. Electroválvula monoestable



Fuente: <http://goo.gl/fX8Zgo>

2.1.4.5 Actuadores eléctricos. Los actuadores eléctricos son los más extendidos y los que poseen un mayor campo de aplicación dada la fácil disponibilidad de la energía eléctrica a través de las redes de distribución. Un ejemplo de actuadores eléctricos son:

- Motores de corriente alterna.
- Monofásicos.
- Trifásicos.
- Motores de corriente continua.
- Bobinados de derivación.
- Bobinados en serie.
- Excitación independiente.
- Motores con excitación independiente.
- Servomotores.

- Motor universal.
- Motor paso a paso.

a) *Motores paso a paso.* Son dispositivos electromagnéticos, rotativos, incrementales que convierten pulsos digitales en rotación mecánica.

La cantidad de rotación es directamente proporcional al número de pulsos y la velocidad de rotación es relativa a la frecuencia de dichos pulsos. Su uso más habitual es en aparatos de pequeña potencia, tales como impresoras, robots, escáner etc.

Figura 11. Motor paso a paso unipolar



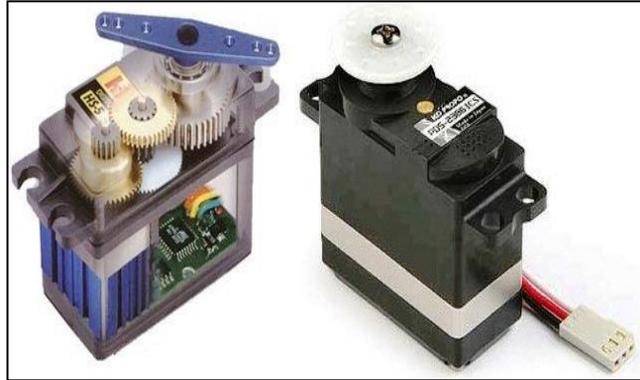
Fuente: <http://goo.gl/cvp0Qq>

b) *Servomotores.* Es un motor de corriente continua que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación y mantenerse estable en dicha posición.

Está conformado por un motor, una caja reductora, un circuito de control. El control de posición del motor se realiza en lazo cerrado con lo que se consigue un control de la posición muy preciso con requisitos de mantenimiento mínimo, se utiliza en máquinas de precisión tales como máquina herramienta, robots, impresoras, plotters, actuadores de control de superficie de aeronaves, etc.

Las ventajas que tales motores ofrecen incluyen un momento de torsión elevada, un tamaño de estructura y una carga ligera, así como una curva de velocidad lineal lo cual reduce el esfuerzo computacional.

Figura 12. Servomotor



Fuente: <http://goo.gl/c9R7RE>

Características de los servomotores

- Gran precisión de posicionamiento.
- Estabilidad de velocidad.
- Alta estabilidad de par.
- Repetitividad de movimiento.
- Elevada respuesta dinámica. (MENDOSA, 2009).

2.1.5 Sensores. Un sensor o captador es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación y transformarlas en variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, etc.

2.1.5.1 Sensores de proximidad. Hay dos tipos de sensores muy utilizados inductivos y capacitivos. Los inductivos detectan materiales metálicos mientras que los capacitivos detectan elementos metálicos y no metálicos como la madera líquidos y elementos plásticos. (MORÁN, 2010).

Figura 13. Sensor de proximidad



Fuente: <http://goo.gl/vOSyCY>

CAPÍTULO III

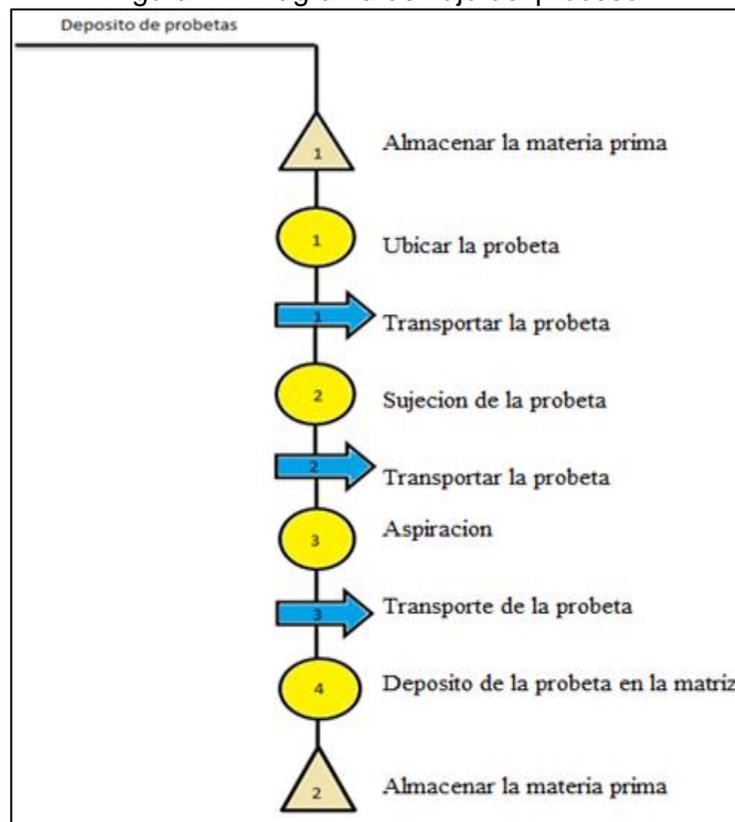
3. DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

3.1 Descripción general del módulo y proceso a automatizar

3.1.1 Descripción del módulo. Teniendo como referencia los conceptos básicos de la automatización se pretende elaborar un módulo didáctico posicionador de partes que realizara una aproximación sobre un proceso de producción a escala didáctica. El módulo didáctico contara con un sistema de mando el cual controlara y dirigirá todo el sistema automatizado para el correcto funcionamiento del proceso, el mismo que será controlado por un logo ethernet (módulo lógico de funciones).

3.1.2 Descripción del proceso a automatizar. El proceso a automatizar se basa en posicionar probetas cilíndricas de metal en una matriz circular la misma que contara con seis secciones para el depósito de la partes.

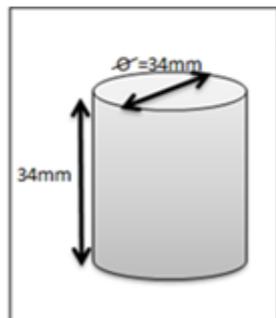
Figura 14. Diagrama de flujo del proceso



Fuente: Autores

3.1.3 Descripción de la parte a posicionar.

Tabla 2. Características de la parte cilíndrica

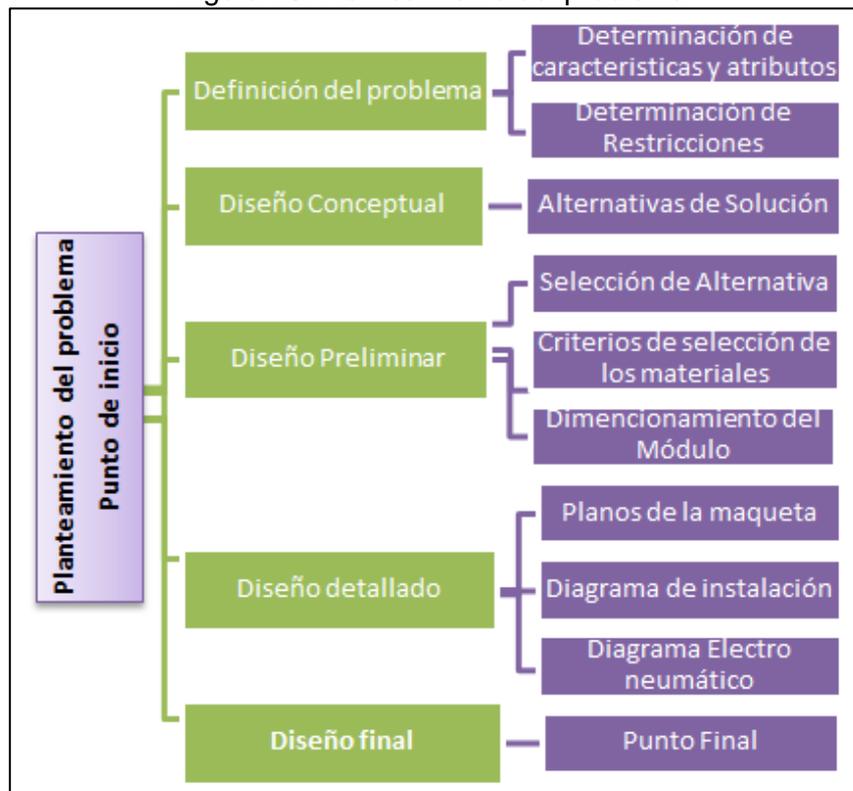
	Características
	Material: Aluminio
	Diámetro: 34mm
	Altura: 34 mm
	Peso: 0.11 kg

Fuente: Autores

3.2 Diseño del módulo

Para la realización del módulo se desarrollara un modelo descriptivo lineal de cuatro etapas que consiste en una serie de procedimientos hasta llegar al diseño final.

Figura 15. Planteamiento del problema



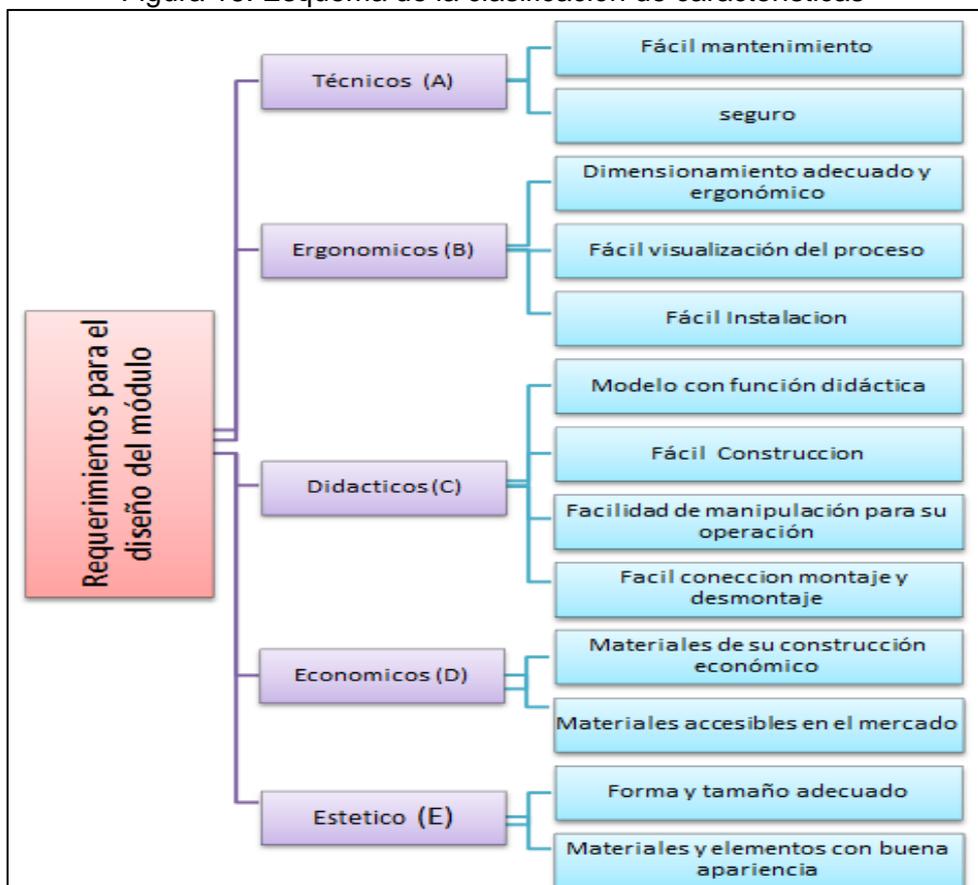
Fuente: Autores

3.2.1 *Definición del problema.* Elaborar un módulo didáctico posicionador de partes, controlado por un módulo lógico de funciones (LOGO).

3.2.1.1 Determinación de características. A continuación se muestra una lista de características que se requiere para el diseño del módulo, de las cuales se determinara su nivel de importancia mediante la comparación por pares.

- Fácil construcción.
- Modelo con función didáctica.
- Materiales de su construcción económico.
- Materiales accesibles en el mercado.
- Forma y tamaño adecuado.
- Dimensionamiento adecuado y ergonómico.
- Seguro.
- Facilidad de instalación.
- Materiales y elementos con buena apariencia.
- Fácil conexión, montaje y desmontaje.
- Fácil mantenimiento.
- Facilidad de manipulación para su operación.

Figura 16. Esquema de la clasificación de características



Fuente: Autores

3.2.1.2 Comparación por pares. Una vez que se aplica este método se obtiene la importancia relativa entre cada una de las características, mismas que nos servirán para la selección de la alternativa más adecuada para el diseño del módulo.

Donde más importante se valora con (1) y el menos importante se valora con (0).

Tabla 3. Comparación por pares

	Técnicos	Ergonómicos	Didácticos	Económicos	Estéticos	Total	Frecuencia Relativa
Técnicos	....	1	0	0	1	2	0,2
Ergonómicos	0	....	0	1	1	2	0,2
Didácticos	1	1	....	1	1	4	0,4
Económicos	1	0	0	....	0	1	0,1
Estéticos	0	0	0	1	....	1	0,1
Total						10	

Fuente: Autores

El grado de importancia de las características para el diseño es el siguiente:

Didácticos – Técnicos – Ergonómicos – Económicos – Estéticos.

Restricciones

- Disponibilidad de los materiales en el mercado.
- Módulo debe ser didáctico.
- El módulo debe ser menor o igual a 100 cm de ancho para el fácil acceso al laboratorio.

3.2.2 Diseño conceptual. En esta etapa del diseño se detallan los parámetros que se requerirán para la construcción del módulo así como las alternativas de solución.

3.2.2.1 Parámetros detallados para el diseño del módulo.

- El proceso debe ser automatizado por medio de un logo Ethernet.
- La banda transportadora debe soportar un peso de 0.11 kg.
- Cada 10(s) debe ser ubicada la pieza en la banda para su correcto funcionamiento.
- La matriz circular tiene una capacidad de 6 probetas para su depósito.

3.2.2.2 Alternativas de solución. Para el correcto diseño del módulo se generan dos alternativas para el proceso de posicionamiento de partes y depósito del mismo en una matriz.

Alternativa 1

Figura 17. Encajadora de botellas de vidrio

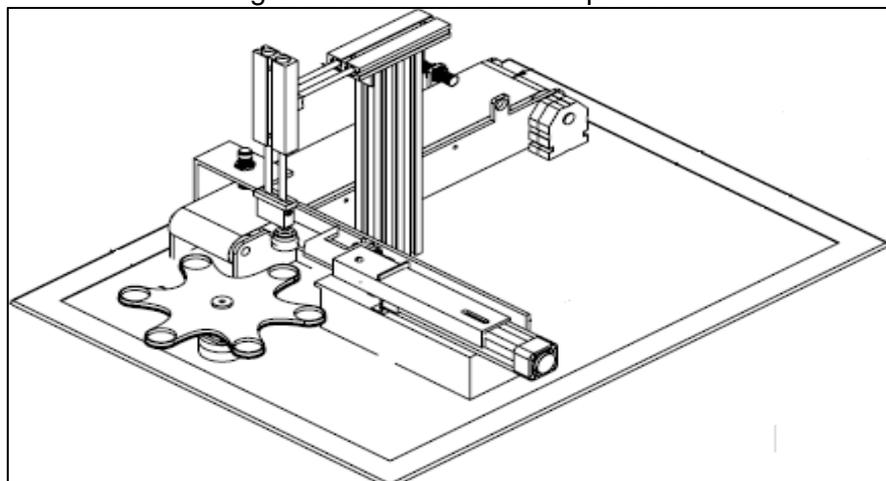


Fuente: <http://goo.gl/WmjMqH>

Este módulo es de tipo industrial, consta de cintas transportadoras estas cintas trasladan botellas de vidrio, mismas que al llegar a un punto específico se detiene para ser tomados y levantados por una ventosa y posteriormente llevados a una caja de cartón para su empaçado.

Alternativa 2

Figura 18. Posicionador de partes



Fuente: Autores

Esta maqueta es un modelo didáctico que simula un proceso de producción en una industria está conformada por una cinta transportadora, misma que traslada probetas o partes hacia una pinza acoplada a un cilindro neumático de doble efecto el mismo que actúa como brazo neumático.

Cuando la probeta es sujeta por la pinza esta se desplaza hacia una ventosa la misma que succiona el material y la deposita en una matriz circular.

3.2.3 Diseño preliminar. A continuación realizaremos la selección de la mejor alternativa de diseño, dimensionamiento y selección de los materiales para elaborar el módulo.

Selección de la mejor alternativa. Se realizara con una ponderación de 1 a 10

Tabla 4. Ponderación de la mejor alternativa

Características	Alternat. 1	Frecuencia relativa	Valoración	Alternat. 2	Frecuencia relativa	Valoración
Técnicos	6	0,2	1,2	8	0,2	1,6
Ergonómicos	7	0,2	1,4	7	0,2	1,4
Didácticos	3	0,4	1,2	10	0,4	4
Económicos	2	0,1	0,2	7	0,1	0,7
Estéticos	8	0,1	0,8	8	0,1	0,8
Total			4,8			8,5

Fuente: Autores

Ponderación: 1: (Menos importante), 2: (Más importante).

La mejor alternativa es la dos puesto que alcanza la mayor valoración y satisface las características más importantes para elaborar el diseño del módulo.

El módulo posicionador estará conformado por cuatro secciones importantes.

- Banda transportadora.
- Succión.
- Depósito.
- Control del proceso automatizado.

3.2.3.1 Descripción del proceso de la alternativa seleccionada. El proceso de posicionamiento consta de seis etapas que son:

- Etapa 1: Depósito de probetas.
- Etapa 2: Desplazamiento.
- Etapa 3: Sujeción.
- Etapa 4: Desplazamiento.
- Etapa 5: Succión.
- Etapa 6: Depósito en matriz circular.

En la primera etapa la parte cilíndrica es depositada en la banda transportadora la cual es accionada mediante un sensor pasando a su segunda etapa de desplazamiento, en el mismo instante que la parte cilíndrica es detectada por el primer sensor el brazo neumático se desplaza hacia la banda pasando a su tercera etapa que es de la sujeción.

En cuarta etapa se activa un sensor cuando la parte es sujeta por el brazo neumático haciéndolo desplazar hacia la ventosa.

En la quinta etapa la probeta es levantada o succionada mediante una ventosa la cual es activada mediante un sensor y en la sexta etapa la probeta es desplazada y depositada en una matriz circular.

3.2.3.2 Dimensionamiento del módulo. Para el dimensionamiento del módulo se debe tomar en cuenta todas las restricciones para su diseño y también se debe considerar la ergonomía de trabajo.

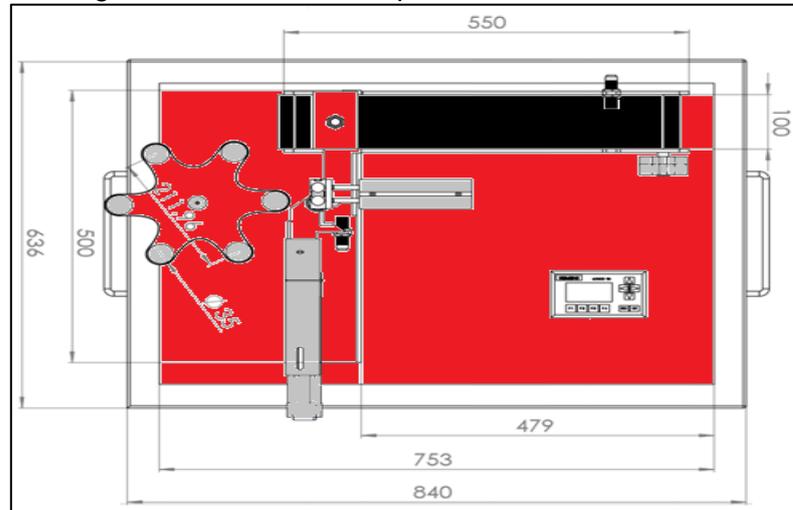
a) Determinación del ancho y largo del módulo. Para determinar un correcto dimensionamiento del módulo se debe tomar en cuenta el espacio en el cual va a ser ubicado para su respectivo uso.

Parámetros para su dimensionamiento

- Ancho: El módulo debe ser de 636 mm de ancho aproximadamente para el fácil acceso al laboratorio.

- Largo: Debe tener 840 mm aproximadamente debido al espacio disponible en el laboratorio de automatización.

Figura 19. Dimensiones para el diseño del módulo



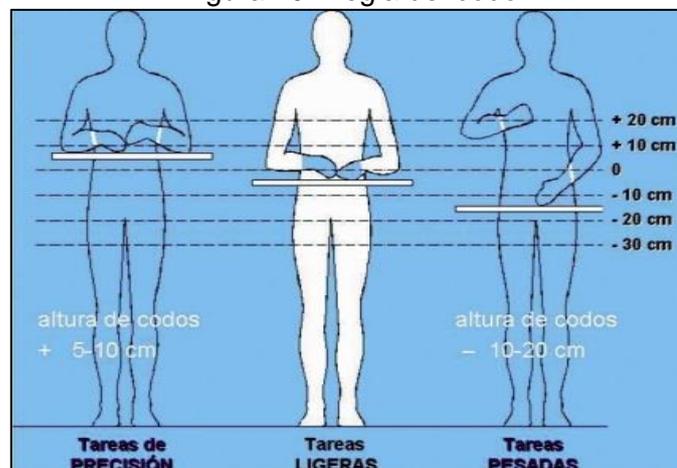
Fuente: Autores

Determinación de la altura del módulo. Para determinar una correcta ergonomía de trabajo se calculará la altura del módulo considerando parámetros ergonómicos y sobre todo aplicando la regla del codo.

Parámetros para aplicar la regla del codo

- Trabajo que exige una alta precisión visual: 10-12 cm sobre el nivel del codo.
- Trabajo que exige apoyo manual: 5-10 cm sobre el nivel del codo.
- Trabajo que exige mover libremente las manos: de 5-10 cm por debajo del codo.

Figura 20. Regla del codo



Fuente: <http://goo.gl/xvW6Zq>

Cálculos de la altura del módulo.

Se considera para este cálculo la posición para tareas ligeras.

$$\text{Altura} = hc - h1 \quad (1)$$

Datos:

Altura promedio de un estudiante: (h_p) = 165 cm.

Altura del codo: (hc) 100cm.

Distancia por debajo de la altura de los codos: ($h1$) =10cm.

$$\text{Altura} = hc - h1$$

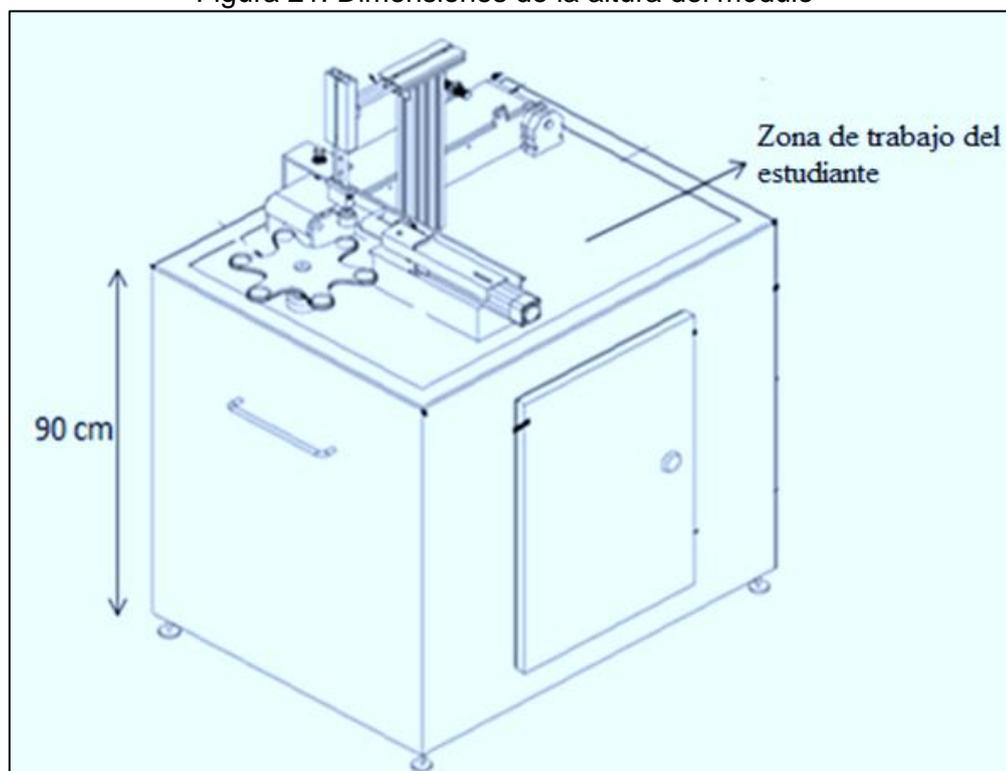
$$\text{Altura} = 100 - 10$$

$$\text{Altura} = 90\text{cm.}$$

La altura del módulo posicionador de partes será de 90 cm.

Las dimensiones del módulo son las siguientes:

Figura 21. Dimensiones de la altura del módulo



Fuente: Autores

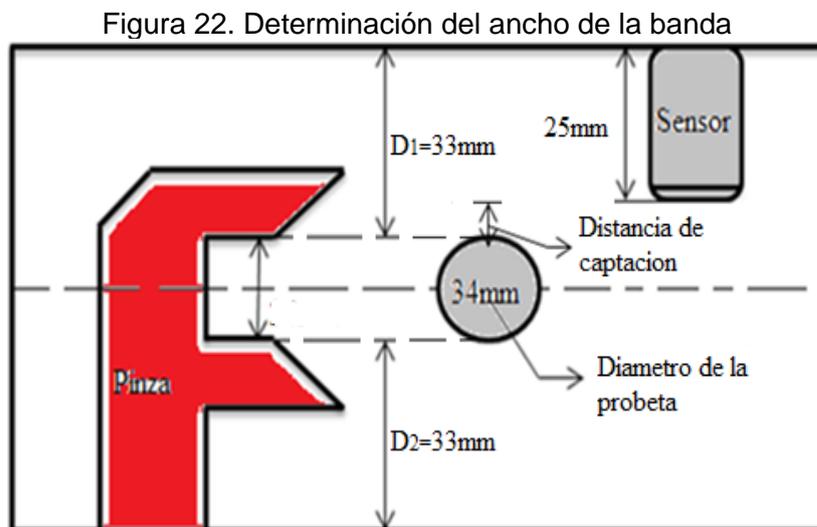
3.2.3.3 Selección de los materiales. Para la correcta selección de los materiales se debe tomar en cuenta todos los elementos requeridos en cada sección del módulo posicionador de partes.

a) *Selección de la cinta transportadora.* La cinta transportadora tendrá como función desplazar la parte cilíndrica desde su posicionamiento hasta la sujeción con el brazo neumático.

Criterios de selección:

- Conocer los elementos que se utilizarán para el desplazamiento.
- Debe ser de un material liviano y resistente.
- Unión mediante cocido textil.
- Se debe seleccionar de acuerdo al tipo de aplicación (didáctico).

a.1) *Determinación del ancho de la banda.* Para la determinación del ancho de la banda se toma en cuenta el diámetro de la parte cilíndrica y también se considera las dimensiones de la pinza y el sensor los cuales están ubicados en la banda transportadora, tal como se muestra en la siguiente figura.



Fuente: Autores

Después de detallar cada elemento sobre la banda se procede a determinar el ancho total de la cinta transportadora considerando las dimensiones de los componentes tal como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Dimensiones del ancho de la banda

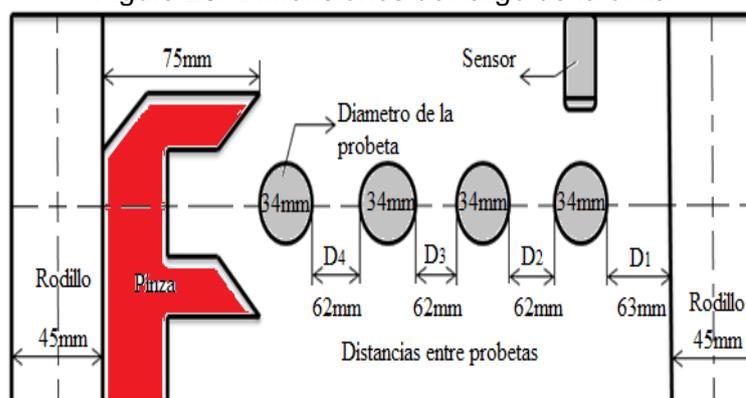
Elementos de la banda	Ancho de la banda (mm)
Distancia del sensor	25
Distancia de captación de la probeta	8
Diámetro de la probeta	34
Distancia 2 de la pinza	33
Total del ancho de la banda transportadora	100

Fuente: Autores

a.2) *Determinación de largo de cinta.* La longitud de la cinta es de 550mm de acuerdo al dimensionamiento del módulo. (ver figura 19 página 20)

La siguiente figura muestra cómo se determina el largo de la cinta.

Figura 23. Dimensiones del largo de la cinta



Fuente: Autores

Con la figura 23, se detalla cada una de las dimensiones de los elementos que actúan sobre la cinta transportadora para obtener el largo tal como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Dimensiones del largo de la cinta

Descripción	Número	Dimensiones (mm)	Largo de la cinta (mm)
Distancia entre el rodillo y la probeta(D1)	1	63	63
Probetas	4	34	136
Distancias entre probetas (D2,D3,D4)	3	62	186
Diámetro de los rodillos	2	45	90
Longitud de la pinza	1	75	75
Largo total de la cinta transportadora			550

Fuente: Autores

Para seleccionar el tipo de cinta que se necesita para el módulo se tomó en cuenta varias especificaciones que se encuentran en las siguientes tablas.

Tabla 7. Resistencias químicas y aplicaciones de las cintas transportadoras

MOD	RESISTENCIA	APLICACIONES DE BANDAS TRANSPORTADORAS
ALG-1	ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	GALLETAS, PAPELERIA, TRANSPORTACION LIGERA
ALG-2	ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	GALLETAS, PAPELERIA, QUIMICA, LAVANDERIA Y TRANSPORTACION LIGERA
ALG-3	ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	INDUSTRIA DE EMPAQUE Y HARINERA
ALG-4	ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	INDUSTRIA CARTONERA, TABACALERA, CERILLERA Y HARINERA
ALG-6	ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	INDUSTRIA CEMENTERA, ACUMULADORES, TRANSMISION DE FUERZA
POL-2	ACIDOS, ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	INDUSTRIA ALIMENTICIA, ACUMULADORES, QUIMICA, TRANSPORTE DE CARGA MEDIANA
POL-4	ACIDOS, ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	INDUSTRIA CEMENTERA, Y TRANSPORTACION PESADA
POL-6	ACIDOS, ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	INDUSTRIA CEMENTERA, TRANSPORTACION PESADA
PS-1	ALCALIS, DESGASTE, HUMEDAD	INDUSTRIA ALIMENTICIA, QUIMICA, Y TRANSPORTACION LIGERA
PS-2	ALCALIS, DESGASTE, HUMEDAD	INDUSTRIA ALIMENTICIA, QUIMICA, Y TRANSPORTACION LIGERA
S-230	ALCALIS, DESGASTE	TRANSPORTACION MEDIANA
TF	ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	INDUSTRIA ALIMENTICIA Y SALIDA DE HORNO
TECA	ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE, FRICCION	INDUSTRIA DE ACUMUADORES Y CEMENTERA
TECP	ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE, FRICCION	INDUSTRIA DE ACUMUADORES Y CEMENTERA
FF	ACIDOS, FRICCION, IMPACTO, CORTE, ACEITES, QUIMICOS	INDUSTRIA MINERA, CEMENTERA, CONCRETERA, MARMOLERA, TRANSPORTE DE CARGA PESADA
MINX16	ACIDOS, FRICCION, IMPACTO, CORTE, ACEITES, QUIMICOS	INDUSTRIA MINERA, CEMENTERA, CONCRETERA, MARMOLERA, TRANSPORTE DE CARGA PESADA
MINX08	ACIDOS, FRICCION, IMPACTO, CORTE, ACEITES, QUIMICOS	INDUSTRIA MINERA, CEMENTERA, CONCRETERA, MARMOLERA, TRANSPORTE DE CARGA PESADA
MIN168	ACIDOS, FRICCION, IMPACTO, CORTE, ACEITES, QUIMICOS	INDUSTRIA MINERA, CEMENTERA, CONCRETERA, MARMOLERA, TRANSPORTE DE CARGA PESADA

BANDAS TRANSPORTADORAS PARA MAQUINAS BOLSEADORAS, ALIMENTICIAS, CEMENTERAS, MINERAS, ELECTRONICAS

Fuente: <http://goo.gl/3DmHPK>

Tabla 8. Tipos de cintas transportadoras

MOD	MATERIAL DE BANDA	ESPESOR	ACABADO DE BANDA	TENSION	TEMP.
ALG-1	BANDA DE ALGODON	1 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	200 KG/IN	80°C
ALG-2	BANDA DE ALGODON	2 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	500 KG /IN	100°C
ALG-3	BANDA DE ALGODON	3 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	750 KG/IN	120°C
ALG-4	BANDA DE ALGODON	4 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	1000 KG /IN	140°C
ALG-6	BANDA DE ALGODON	6 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	1250 KG/IN	180°C
POL-2	BANDA DE POLIESTER	2 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	650 KG/IN	100°C
POL-4	BANDA DE POLIESTER	4 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	1300 KG/IN	120°C
POL-6	BANDA DE POLIESTER	6 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	1950 KG/IN	140°C
PS-1	BANDA DE POLIESTER/PVC	1.5 MM	BANDA ACABADO LISO	200 KG/IN	100°C
PS-2	BANDA DE POLIESTER/PVC	2.5 MM	BANDA ACABADO LISO	500 KG/IN	120°C
S-230	BANDA DE ALGODON/SILICON	2.5 MM	BANDA ACABADO LISO	800 KG/IN	230°C
TF	BANDA DE ALGODON/TEFLON	2 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	500 KG/IN	140°C
TECA	BANDA DE ALGODON-RIG	4 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	1000 KG/IN	140°C
TECP	BANDA DE POLIESTER-RIG	4 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	1300 KG/IN	130°C
FF	BANDA DE POLIESTER/HULE	2, 4, 6 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	650-1300-1950	100°C
MINX16	BANDA DE POLIESTER/HULE	3.5,5,6,7,5MM	LISO, MALLA, TELA, GRIP-TOP	650-1300-1950	100°C
MINX08	BANDA DE POLIESTER/HULE	5, 7, 9 MM	LISO, MALLA, TELA, GRIP-TOP	650-1300-1950	100°C
MIN168	BANDA DE POLIESTER/HULE	8.5, 10.5 MM	LISO, MALLA, TELA, GRIP-TOP	650-1300-1950	100°C

BANDAS TRANSPORTADORAS PARA MAQUINAS BOLSEADORAS, ALIMENTICIAS, CEMENTERAS, MINERAS, ELECTRONICAS

Fuente: <http://goo.gl/3DmHPK>

Entonces se obtiene la cinta con las siguientes características:

Tabla 9. Características de la cinta transportadora

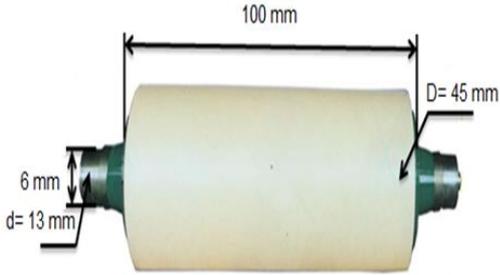
Cinta transportadora	Características
	Banda de Algodón Ancho: 100 mm Largo: 1100 mm Espesor: 1mm Resistente al desgaste Carga Ligera Cocido textil

Fuente: Autores

b) *Determinación de la longitud y diámetros de los rodillos de la banda transportadora.* Estos elementos son los encargados de transmitir el movimiento del motor generado entre la banda y los rodillos las cuales van a transportar las partes cilíndricas.

Para determinar la longitud de los rodillos se debe considerar el ancho de la cinta transportadora la cual es de 100 mm con este valor se determina el tipo de rodillo a utilizar en el proceso, el siguiente cuadro muestra el tipo de rodillos que se utilizara para efectuar el desplazamiento de la probeta.

Tabla 10. Características de los rodillos

Rodillo	Características
	Longitud: 100mm Diámetro del rodillo: 45mm Diámetro del eje de acople: 6mm Material: Nylon Unidades: 2

Fuente: Autores

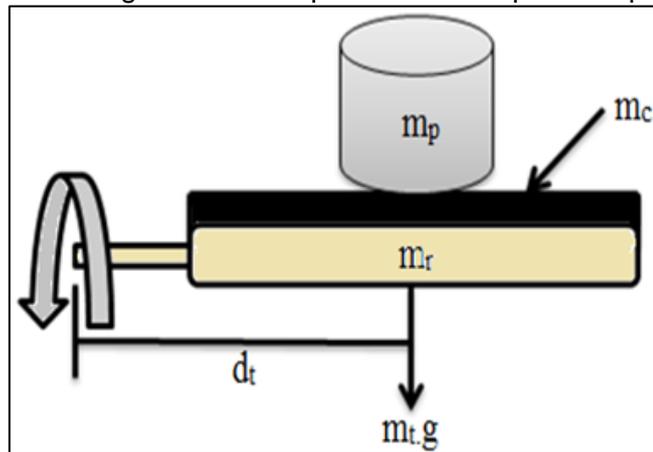
c) *Selección del motor eléctrico.* Para efectuar un correcto desplazamiento de la banda transportadora necesitamos un motor que tenga el suficiente torque y potencia y sobre todo que se ajuste a las dimensiones de todo el conjunto de la banda transportadora.

Criterios de selección.

- Para la selección del motor se debe considerar el peso de la parte cilíndrica y de los componentes de la banda que el motor debe mover.
- Determinar el número de revoluciones del motor para lo cual es necesario conocer la velocidad de la banda transportadora.
- Seleccionar el motor en base a la potencia requerida.
- Considerar dimensiones del módulo.
- Considerar rpm requeridas.
- Considerar peso del motor.

c.1) Cálculo para la selección del motor.

Figura 24. Diagrama de cuerpo libre al transportar la probeta



Fuente: Autores

Datos:

Masa de la cinta: $m_c = 0.05 \text{ kg}$

Masa de la parte: $m_p = 0.11 \text{ kg}$

Masa del rodillo: $m_r = 0.58 \text{ kg}$

Velocidad lineal: $v = 0.07 \text{ m/s}^2$

Distancia del rodillo: $r = 0.023 \text{ m}$

$$\omega = \frac{v}{r} \quad (2)$$

$$\omega = \frac{0.07 \text{ m/s}^2}{0.023 \text{ m}}$$

$$\omega = 3.04 \text{ rad}$$

Dónde:

w = Velocidad angular en rpm.

r = Radio del rodillo en m

v = velocidad lineal de la banda

Fuerza a vencer con la siguiente ecuación.

$$w = F \quad (3)$$

$$w = m_T \cdot g \quad (4)$$

$$F = (0.05\text{kg} + 0.11\text{kg} + 0.58\text{kg}) (9.8 \text{ m/s}^2)$$

$$F = 0.74 \text{ kg} \cdot 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$F = 7.2 \text{ N}$$

Dónde:

F = fuerza a vencer, en N

g = gravedad, en m/s^2

mT = Masa total en kg

Torque total requerido con la siguiente ecuación.

$$T = F \cdot d \quad (5)$$

$$T = 7.2 \text{ N} \cdot 0.5 \text{ m}$$

$$T = 3.6 \text{ N.m}$$

Dónde:

T = torque requerido en newton por metro

d= Distancia del eje del rodillo al motor

Potencia requerida.

$$P = T \cdot w \quad (6)$$

$$P = (3.6 \text{ N.m}) \cdot (3.04 \text{ rad/s})$$

$$P = 10.94 \text{ W}$$

Dónde:

P = Potencia requerida

w = Velocidad angular

Tabla 11. Datos técnicos del servomotor

	<p>Datos técnicos del motor:</p> <p>Voltaje: 24 DC</p> <p>Potencia: 12W</p> <p>RPM: 30</p>
---	---

Fuente: <http://goo.gl/Rv7b5j>

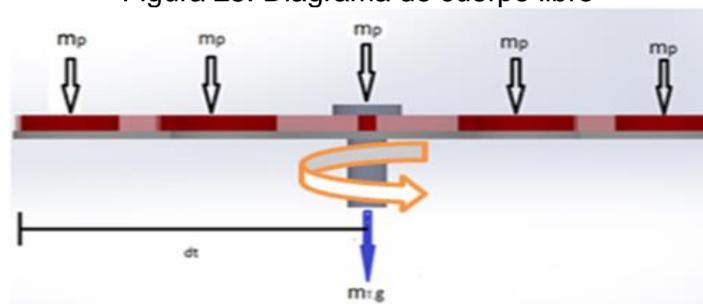
d) *Selección del motor de la matriz circular.* Debido a que la matriz girara cada cierto tiempo para recibir las probetas en sus respectivos depósitos se necesita de un motor en el cual se pueda regular los giros mediante un grado establecido para un correcto posicionamiento de las partes cilíndricas.

Criterios de selección:

- Movimiento preciso.
- Frecuencia de funcionamiento.
- Grado por paso.
- Carga a mover por el motor.
- Velocidad de trabajo del motor.

d.1) *Cálculo para la selección del motor.*

Figura 25. Diagrama de cuerpo libre



Fuente: Autores

Datos:

Masa de las partes: $m_p = 0.66 \text{ kg}$

Distancia de torque: $dt = 0.13 \text{ cm}$

Masa de la matriz circular: $m_c = 0.77 \text{ kg}$

$$W = m \cdot g$$

$$W = F$$

Calculo de la fuerza a vencer con la ecuación 4.

$$F = m_T \cdot g$$

$$F = (0.77\text{kg} + 0.66\text{kg}) (9.8\text{m/s}^2)$$

$$F = 14.01\text{N}$$

Dónde:

F = Fuerza o peso a vencer, en N

g = Gravedad, en m/s^2

m_T = Masa total, en kg

Torque requerido con la ecuación 5.

$$T = F \cdot d_t$$

$$T = (14.01\text{N}) (0,13\text{m})$$

$$T = 1.82 \text{ N.m}$$

Dónde:

T = Torque requerido en el motor reductor, N/m

d_t = Distancia de torque

Tabla 12. Selección del motor paso a paso

	Tamaño	Ángulo por paso	Par proporcionado	Corriente nominal
	mm	°/paso	Nm	A/fase
	28	1.8	0.032 - 0.1	0.25 - 1.00
	28 ultrapequeños	1.8	0.055 - 0.115	1.0
	42	1.8	0.2 - 0.51	0.25 - 1.2
	50	1.8	0.28 - 0.53	1.0 - 3.0
	50 ultrafino 11mm y 16mm	1.8	0.1 - 0.215	1
	56	1.8	0.39 - 2.0	1.0 - 3.0

Fuente: <http://goo.gl/2WO4Av>

Después de obtener un torque de 1.82N.m, se procede a seleccionar un motor que cumpla con el torque requerido tal como se muestra en la tabla 12 pág. 29.

Tabla 13. Motor paso a paso seleccionado

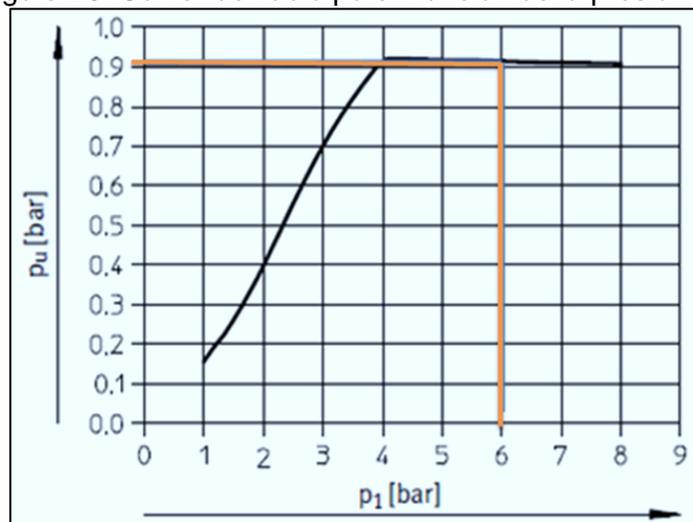
Motor paso a paso	Características
	<p>Tamaño: 56mm Angulo por paso: 1.8°/paso Torque: 1.82N.m Corriente nominal: 1-3 A/fase</p>

Fuente: Autores

e) *Selección de elementos neumáticos.*

Determinación de la presión de trabajo. Para un correcto funcionamiento del proceso automatizado se necesita una presión de trabajo adecuada que se ajuste a los cambios de presión del caudal, la siguiente grafica muestra la presión de trabajo que se utilizara para la selección de los elementos así como para los respectivos cálculos de cada uno.

Figura 26. Curva de vacío p_u en función de la presión p_1



Fuente: <http://goo.gl/DGSb74>

Se puede observar que el vacío que produce los 6 bares de presión de trabajo es de 0.9 bares.

e.1) Selección de la ventosa. La ventosa cumplirá con la función de elevar o succionar la probeta a su respectivo depósito.

Selección del tipo de ventosa a utilizar. Para la succión de probetas o partes cilíndricas se puede utilizar una ventosa de fuelle o a su vez una ventosa plana para lo cual se seleccionara el tipo de acuerdo a los siguientes parámetros:

Tabla 14. Selección del tipo de ventosa para la succión de piezas

Parámetros de selección	Ventosa de fuelle 	Ventosa plana 
Mejor aprehensión de objetos cilíndricos	8	6
Resistencia al desgaste para esfuerzo máximo	7	5
Facilidad de instalación	9	7
Presión de trabajo de 6 bares	7	6
Compensación de altura en la succión de piezas	9	6
Costo bajo	7	6
Ponderación total	47	36

Fuente: Autores

Con la respectiva ponderación de 1 a 10, se llegó a la conclusión que la ventosa de fuelle es la mejor alternativa para la succión de piezas.

Criterios para la selección de una ventosa de fuelle.

- Altura: Importante para calcular el tiempo de vaciado y el volumen de aire requerido (Consumo).
- Forma: De los labios de la ventosa, depende directamente de la forma de la pieza a manipular.
- Carrera: de los labios de la ventosa, sirve para determinar el volumen total del sistema de una o varias ventosas.

Para los cálculos siguientes en el proceso de posicionamiento de partes se realiza dos movimientos por lo cual se debe analizar cada uno de ellos.

- Movimiento en el eje vertical.
- Movimiento en el eje horizontal.

Movimiento en el eje vertical. Haciendo un equilibrio de fuerzas se tiene que:

$$F_{asp} = m * (g + a)S \quad (7)$$

Dónde:

F_{asp} = Fuerza de aspiración, en N.

m = Masa de la baldosa, en kg.

g = Gravedad, en m/s^2 .

a = Aceleración con la que la baldosa debe ser elevada, en m/s^2

S = Factor de seguridad.

Dinámico: ≥ 8

Figura 27. Diagrama de cuerpo libre de la ventosa



Fuente: Autores

Con el diámetro de la parte cilíndrica determinado se procede a escoger una ventosa con un diámetro < 34mm debido a que debe existir juego entre la probeta y la ventosa para una mejor sujeción.

Tabla 15. Selección de ventosas

Datos técnicos generales							
Diámetro de la ventosa en mm	Construcción	Conexión de vacío	Tipo de fijación	Diámetro nominal en mm	Diámetro útil de la ventosa en mm	Dureza	Fuerza de aspiración con 70% de vacío en N
1	Conexión de vacío en la parte superior.	M3	Rosca para atornillar	0,4	0,8	55±5	0.035
2		M3		1	1,6	55±5	0.14
5		M5		1,5	4	55±5	0.9
8		M5		2	5,5	73	1.6
10		M5		2	8	73	4.5
15		G1/8		3	12	73	7.9
30		G 1/8		3	25	73	34
40	redonda estándar	G1/4		4	32	73	556
55		G1/4		4	44	73	106

Fuente: <http://goo.gl/XIehzP>

Para el cálculo de la fuerza de aspiración se escogió una ventosa con diámetro de 30mm, Para un 70% de vacío se obtiene una fuerza de aspiración de 34 N, como se observa en la tabla 14 con un vacío del 90%, la fuerza de aspiración que se obtendrá será:

$$F_{asp} = \frac{0.9}{0.7} * 34 \text{ N}$$

$$F_{asp} = 43.71 \text{ N}$$

Cálculo de la aceleración con la ecuación 8.

$$g + a = \frac{F_{asp}}{m * s} \tag{8}$$

$$g + a = \frac{43.71 \text{ N}}{0.11 \text{ kg} * 8}$$

$$g + a = 49.67 \text{ m/s}^2$$

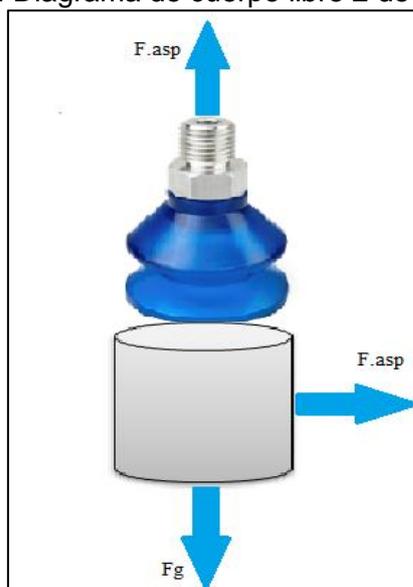
$$a = (49.67 \text{ m/s}^2 - 9.8 \text{ m/s}^2)$$

$$a = 39.87 \text{ m/s}^2$$

Por lo cual se obtiene una aceleración vertical de 39.87 m/s².

Movimiento en el eje horizontal

Figura 28. Diagrama de cuerpo libre 2 de la ventosa



Fuente: Autores

Datos:

Masa de la baldosa: $m = 0.11 \text{ kg}$

Gravedad: $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

Aceleración: $a = 39.87 \text{ m/s}^2$

Factor de seguridad: $S = 4$

Coefficiente de fricción: $\mu = 0.6$

Cálculo de la fuerza de aspiración

$$F_{\text{asp}} = m * \left(g + \frac{a}{\mu} \right) S \quad (9)$$
$$F_{\text{asp}} = m * \left(g + \frac{a}{\mu} \right) S$$
$$F_{\text{asp}} = 0.11 * \left(9.8 \text{ m/s}^2 + \frac{39.87 \text{ m/s}^2}{0.6} \right) 4$$
$$F_{\text{asp}} = 33.55 \text{ N}$$

En este caso se ha obtenido una fuerza de aspiración de 34 N, por lo tanto está dentro del rango de una ventosa de 30 mm tal como se puede observar en la tabla 15 pág. 32.

e.2) *Selección de generador de vacío.* La característica principal que debe tener el generador de vacío es la fuerza de aspiración de la ventosa de fuelle para la correcta succión de la parte cilíndrica.

La siguiente tabla muestra el caudal volumétrico del generador de vacío.

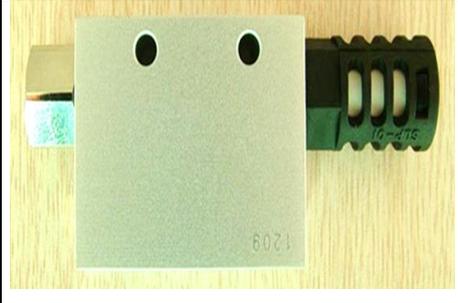
Tabla 16. Capacidad de aspiración del generador de vacío

Ø de la ventosa	Superficie de aspiración A[cm ²]	Caudal volumétrico \dot{V}	
		[m ³ /h]	[l/min]
hasta 60 mm	28	0,5	8,3
hasta 120 mm	113	1,0	16,6
hasta 215 mm	363	2,0	33,3
hasta 450 mm	1540	4,0	66,6

Fuente: <http://goo.gl/nj3Y9e>

El generador de vacío tiene una capacidad de aspiración de 8.3 L/min, la siguiente tabla muestra el generador de vacío seleccionado el cual tiene una capacidad de aspiración dentro del límite establecido.

Tabla 17. Generador de vacío seleccionado

Generador de vacío	Características
	<p>Tipo Neumático</p> <p>Alto vacío</p> <p>Diseño compacto</p> <p>Caudal máximo de aspiración con 6 bar(L/min): 6-19 L/min</p>

Fuente: <http://goo.gl/f6qniq>

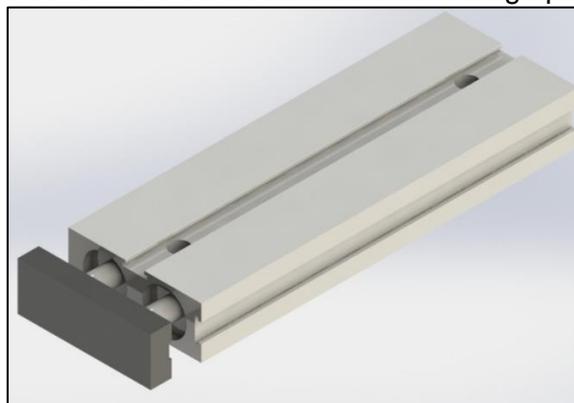
e.3) *Selección de cilindros neumáticos.* Para seleccionar un cilindro de doble efecto primero debemos normalizar su diámetro en base a los catálogos o tablas de cilindros neumáticos existentes en el mercado.

Figura 29. Cilindro de doble efecto



Fuente: Autores

Figura 30. Cilindro de doble efecto de vástago paralelo

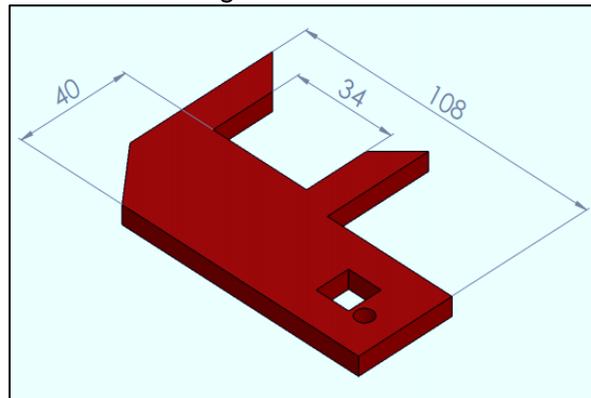


Fuente: Autores

Cilindro para la sujeción de la probeta (brazo neumático). La Función del primer cilindro de doble efecto es la de sujetar la probeta con la pinza que se encuentra acoplada al mismo.

Acoples para el brazo neumático. Para la sujeción de la probeta se requiere un acople en forma de pinza debido a que la probeta es desplazada de un punto a otro. Sabiendo que la probeta tiene forma cilíndrica con diámetro de 34mm, la pinza debe tener el mismo diámetro para una precisa sujeción.

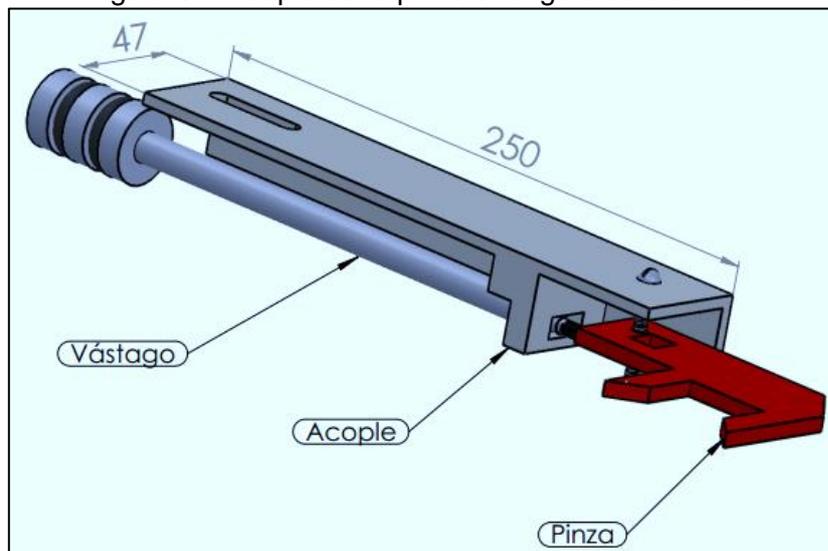
Figura 31. Pinza



Fuente: Autores

La pinza estará acoplada a un ángulo de aluminio el mismo que estará sujeto por medio de un acople sólido de metal al vástago, se detalla las dimensiones y forma para la construcción del acople del brazo neumático para la sujeción de la parte cilíndrica.

Figura 32. Acople de la pinza al ángulo de aluminio



Fuente: Autores

Criterios de selección

- La fuerza que va generar el cilindro debe ser mayor al peso de la probeta y la pinza para que pueda realizar un correcto desplazamiento y funcionamiento.
- La longitud de la carrera del cilindro debe ser mayor a la distancia de la banda transportadora (> 150 mm).
- Para la selección del cilindro primero se debe determinar el diámetro del émbolo en función de la fuerza que se desea mover.

Cálculo para el cilindro de doble efecto (desplazamiento de las partes cilíndricas).

Datos:

Masa de la parte: 0.11 kg

Masa de la pinza: 0.043 kg

Masa de los acoples: 0.22kg

Masa del perfil: 0.75kg

Coefficiente de fricción: (0.9)

Masa a vencer total: 1.123kg

Presión de trabajo: 6 Bar

$$6\text{bar} * \frac{10^5 \text{ pas}}{1 \text{ bar}} = 6 * 10^5 = \text{presión de trabajo}$$

Para calcular el diámetro del cilindro se debe considerar todos los elementos utilizados para su correcto desplazamiento.

$$D = \sqrt[2]{\frac{4 * Ft}{\pi * p}} \quad (10)$$

Dónde:

D = Diámetro del émbolo, en mm

Ft = Fuerza teórica, en N.

p = Presión de trabajo, en Pa.

Para calcular todos los pesos en el desplazamiento de la parte cilíndrica se utiliza la ecuación 4.

$$W = m_t * g$$

Dónde:

W = Peso total a vencer, en kg

m = Masa total a vencer, en kg

g = Gravedad, en m / s²

$$\begin{aligned}W &= 1.123 \text{ kg} \cdot g \\W &= 1.123 \text{ kg} \cdot 9.8 \text{ m/s}^2 \\W &= F_e = 11 \text{ N}\end{aligned}$$

La fuerza a vencer por el cilindro de doble efecto es de 4.45 N, tanto para el avance como para el retorno del émbolo del brazo neumático se debe sumar el 10% de la fuerza de rozamiento.

$$F_e = F_t - F_r \quad (11)$$

Dónde:

F_t = Fuerza teórica, en N

F_e = Fuerza efectiva, en N

F_r = Fuerza de rozamiento 10%(0.1), en N.

Para calcular la fuerza teórica, utilizamos la siguiente ecuación.

$$\begin{aligned}F_r &= 0.1 \cdot F_t \\F_e &= F_t - 0.1F_t \\F_e &= 0.9F_t\end{aligned} \quad (12)$$

Se despeja la fuerza teórica.

$$\begin{aligned}F_t &= \frac{F_e}{0.9} \\F_t &= \frac{11 \text{ N}}{0.9} \\F_t &= 12.22 \text{ N}\end{aligned}$$

La fuerza teórica se reemplaza en la ecuación 4.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 12.22 \text{ N}}{\pi \cdot 6 \cdot 10^5 \text{ Pa}}}$$

$$D = 0.00409 \text{ m}$$

$$D = 5.09 \text{ mm}$$

Con el diámetro obtenido del émbolo de 5.09 mm se procede a seleccionar el cilindro en la tabla 18.

Tabla 18. Datos técnicos de cilindros normalizados

\varnothing Vástago (mm)	\varnothing Émbolo (mm)	Fuerza neta (N)	Longitudes de carreras normalizadas (mm)
-	6	15	10,25,40,80,
4	12	60	10,25,40,80,140,200
6	16	106	10,25,40,80,140,200,300
10	25	260	25,10,80,140,200,300
12	35	509	70,140,200,300
16	40	665	40,80,140,200,300
18	50	1039	70,140,200,300
22	70	2037	70,140,200,300
25	100	4156	70,140,200,300
30	140	8146	70,140,200,300
40	200	16625	70,140,200,300
50	250	25977	70,140,200,300

Fuente: <http://goo.gl/i3AS2g>

Según la tabla 18, el cilindro a seleccionar de acuerdo al émbolo calculado tendría las siguientes especificaciones:

Tabla 19. Cilindro de doble efecto a seleccionar

Cilindro de doble efecto	Características
	<p>Diámetro del émbolo: 6mm Diámetro del vástago: 4mm Carrera: 80mm Fuerza neta con 6bar: 15N Vástago con rosca exterior</p>

Fuente: <http://goo.gl/nmMgBR>

Selección del cilindro requerido. De acuerdo a que las carreras de los cilindros vienen normalizadas en base a los catálogos de los fabricantes se requiere construir un cilindro que cumpla con una carrera de 150mm.

Tabla 20. Cilindro de doble efecto requerido

Cilindro de doble efecto	Características
	Diámetro del émbolo: 35mm Diámetro del vástago: 12mm Carrera: 150mm Fuerza neta con 6bar: 509N Vástago con rosca exterior

Fuente: <http://goo.gl/Jzgr3q>

Cálculo del consumo de aire con la ecuación.

$$V = A + A''(\text{Carrera} * n) * Rc \quad (13)$$

Dónde:

V = Consumo de aire en mm³/min

Rc = Relación de compresión

A = Área del cilindro en el avance, en mm²

D = Diámetro del cilindro, en mm

A''= Área del cilindro en el retorno, en mm²

N = número de ciclos por minuto 3 ciclos/min

Cálculo del área del cilindro en el avance con la ecuación 9.

$$A = 0.785D^2 \quad (14)$$

Dónde:

D: Diámetro del cilindro, en mm

$$A = 0.785(35\text{mm})^2$$

$$A = 961.63 \text{ mm}^2$$

Cálculo área del cilindro en el retorno con la ecuación 10.

$$A'' = 0.785(D^2 - d^2) \quad (15)$$

Dónde:

d = Diámetro del vástago, en mm

$$A'' = 0.785(35^2 - 12^2)$$

$$A'' = 0.785(1125 - 144)$$

$$A'' = 848.59\text{mm}^2$$

Cálculo de la relación de compresión en la ecuación 16.

$$R_c = \frac{P_{atm+p}}{P_{atm}} \quad (16)$$

Dónde:

R_c = Relación de compresión

P_{atm} = Presión atmosférica, en Pa

p = Presión de trabajo, en Pa

$$R_c = \frac{(10^5 + 6 \cdot 10^5) \text{ Pa}}{10^5 \text{ Pa}}$$

$$R_c = 7$$

Reemplazando en la ecuación 13 se obtiene.

$$V = (961.63\text{mm}^2 + 848.59\text{mm}^2) \left(150\text{mm} \cdot \frac{3\text{ciclos}}{\text{min}} \right) \cdot 7$$

$$V = 5702193 \frac{\text{mm}^3}{\text{min}}$$

$$V = 5.70 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

Cilindro para la succión de la probeta. Su función es la de succionar la probeta con la ventosa mediante el generador de vacío que se encuentran acoplados al cilindro de doble vástago, al momento que la probeta es depositada en la matriz circular, el cilindro junto con la ventosa retorna a su posición inicial para continuar nuevamente con el proceso.

Criterios de selección

- La fuerza que va generar el cilindro de doble vástago, debe ser mayor que el peso de todos los elementos que se encuentran acoplados al cilindro neumático de doble efecto.
- El cilindro debe tener una longitud de carrera de 100mm para un correcto funcionamiento del proceso.
- El cilindro debe cumplir con todas las características necesarias para su funcionamiento.

Cálculo para el cilindro de doble efecto.

Datos:

Masa de la parte: 0.11 kg

Masa de la ventosa y generador de vacío: 0.64kg

Coefficiente de fricción: (0.9)

Masa a vencer total: 0.75kg

Presión de trabajo: 6 Bar

Con la ecuación 10 determinamos el diámetro del cilindro, en el cual deben tomarse en cuenta todos los pesos que debe soportar el cilindro para su funcionamiento, como la ventosa, generador de vacío y la probeta.

$$D = \sqrt[2]{\frac{4 \cdot Ft}{\pi \cdot p}}$$

Para obtener el peso de todas las cargas a elevar, se debe utilizar la ecuación 4.

$$\begin{aligned} W &= m_t \cdot g \\ W &= 0.75 \text{ kg} \cdot 9.8 \text{ m/s}^2 \\ W &= Fe = 7.35 \text{ N} \end{aligned}$$

El cilindro debe tener una fuerza de vencimiento de 7.35 N, tomando en cuenta la fuerza de rozamiento del 10% se debe sumar, consiguiendo así un rendimiento del 90%.

Cálculo de la fuerza teórica del cilindro con la ecuación 11.

$$F_e = F_t - F_r$$

$$F_r = 0.1 \cdot F_t$$

$$F_e = F_t - 0.1F_t$$

$$F_e = 0.9F_t$$

Despeje de la fuerza teórica.

$$F_t = \frac{F_e}{0.9}$$

$$F_t = \frac{7.35 \text{ N}}{0.9}$$

$$F_t = 8.16 \text{ N}$$

Se reemplaza en la ecuación 10 la fuerza teórica.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 8.16 \text{ N}}{\pi \cdot 6 \cdot 10^5 \text{ Pa}}}$$

$$D = 0.00416 \text{ m}$$

$$D = 4.16 \text{ mm}$$

Con el diámetro obtenido del émbolo de 4.16 mm se procede a seleccionar en base a la tabla.21.

Tabla 21. Selección de cilindro neumático

\varnothing Vástago (mm)	\varnothing Émbolo (mm)	Fuerza neta (N)	Longitudes de carreras normalizadas (mm)
-	6	15	10,25,40,80,
4	12	60	10,25,40,80,140,200
6	16	106	10,25,40,80,140,200,300
10	25	260	25,10,80,140,200,300
12	35	509	70,140,200,300
16	40	665	40,80,140,200,300
18	50	1039	70,140,200,300
22	70	2037	70,140,200,300
25	100	4156	70,140,200,300
30	140	8146	70,140,200,300
40	200	16625	70,140,200,300
50	250	25977	70,140,200,300

Fuente: <http://goo.gl/i3AS2g>

Según la tabla 21, pág. 43. El cilindro a seleccionar de acuerdo al émbolo calculado tendría las siguientes especificaciones:

Tabla 22. Cilindro de doble efecto a seleccionar

Cilindro de doble efecto	Características
	<p>Diámetro del émbolo: 6mm Diámetro del vástago: 4mm Carrera: 80 Fuerza neta con 6bar: 15N Vástago con rosca exterior</p>

Fuente: <http://goo.gl/Jzgr3q>

Selección del cilindro requerido

De acuerdo a que las carreras de los cilindros vienen normalizadas en base a los catálogos de los fabricantes se requiere un cilindro neumático con una carrera de 100mm.

Tabla 23. Cilindro de doble efecto requerido

Cilindro de doble efecto	Características
	<p>Diámetro del émbolo: 12mm Diámetro del vástago: 4mm Carrera: 100mm Fuerza neta con 6bar: 60N Vástago con rosca exterior</p>

Fuente: <http://goo.gl/qCp6CT>

Cálculo del consumo de aire con la ecuación 13.

$$V = A + A''(\text{Carrera} * n) * R_c$$

Cálculo del área del cilindro en el avance con la ecuación 14.

$$A = 0.785(12\text{mm})^2$$

$$A = 0.785(144\text{mm})$$

$$A = 113.04 \text{ mm}^2$$

Cálculo del área del cilindro en el retorno con la ecuación 15.

$$A'' = 0.785(D^2 - d^2)$$

$$A'' = 0.785(12^2 - 4^2)$$

$$A'' = 100.48\text{mm}^2$$

Cálculo de la relación de compresión en la ecuación 16.

$$R_c = \frac{P_{atm} + p}{P_{atm}}$$

$$R_c = \frac{(10^5 + 6 \cdot 10^5) \text{ Pa}}{10^5 \text{ Pa}}$$

$$R_c = 7$$

Reemplazando en la ecuación 13 se obtiene.

$$V = (113.04\text{mm}^2 + 100.48) \left(100\text{mm} \cdot \frac{6\text{ciclos}}{\text{min}}\right) \cdot 7$$

$$V = 896784 \frac{\text{mm}^3}{\text{min}}$$

$$V = 0.89 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

Cilindro para el desplazamiento de la ventosa. La función del tercer cilindro neumático es la de avanzar y retornar en forma horizontal.

Este cilindro es la base para que el proceso de depósito de las partes cilíndricas sea exacto ya que este tiene que soportar el mayor peso.

Cálculo para el cilindro de doble efecto

Datos:

Masa de la probeta: 0.11 kg

Masa de la ventosa y generador de vacío: 0.64kg

Masa del cilindro de vástago paralelo: 0.7kg

Coefficiente de fricción: (0.9)

Masa a vencer total: 1.45kg

Presión de trabajo: 6 Bar

Se calcula el diámetro con la fórmula 10:

$$D = \sqrt[2]{\frac{4 \cdot Ft}{\pi \cdot p}}$$

Para obtener el peso de todas las cargas a soportar, se debe utilizar la ecuación 4.

$$\begin{aligned} W &= m_t \cdot g \\ W &= 1.45 \text{ kg} \cdot 9.8 \text{ m/s}^2 \\ W &= F_e = 14.21 \text{ N} \end{aligned}$$

El cilindro debe tener una fuerza a vencer de 14.21 N, tomando en cuenta la fuerza de rozamiento del 10% se debe sumar, consiguiendo así un rendimiento del 90%.

Cálculo de la fuerza teórica del cilindro con la ecuación 11

$$\begin{aligned} F_e &= Ft - Fr \\ Fr &= 0.1 \cdot Ft \\ F_e &= Ft - 0.1Ft \\ F_e &= 0.9Ft \end{aligned}$$

Se despeja la fuerza teórica

$$\begin{aligned} Ft &= \frac{F_e}{0.9} \\ Ft &= \frac{14.21 \text{ N}}{0.9} \\ Ft &= 15.79 \text{ N} \end{aligned}$$

Reemplazamos en la ecuación 10 la fuerza teórica

$$\begin{aligned} D &= \sqrt[2]{\frac{4 \cdot 15.79 \text{ N}}{\pi \cdot 6 \cdot 10^5 \text{ Pa}}} \\ D &= 0.00579 \text{ m} \\ D &= 5.79 \text{ mm} \end{aligned}$$

Aproximando se obtiene un $D = 6\text{mm}$.

Con el diámetro obtenido del émbolo de 5.79 mm se procede a seleccionar el cilindro en base a la tabla 24.

Tabla 24. Tamaños y longitudes de carreras normalizados de cilindros

∅ Vástago (mm)	∅ Émbolo (mm)	Fuerza neta (N)	Longitudes de carreras normalizadas (mm)
-	6	15	10,25,40,80,
4	12	60	10,25,40,80,140,200
6	16	106	10,25,40,80,140,200,300
10	25	260	25,10,80,140,200,300
12	35	509	70,140,200,300

Fuente: <http://goo.gl/i3AS2g>

Según la tabla 24, el cilindro a seleccionar de acuerdo al émbolo calculado tendría las siguientes especificaciones:

Tabla 25. Cilindro de doble efecto requerido

Cilindro de doble efecto	Características
	<p>Diámetro del émbolo: 12mm Diámetro del vástago: 4mm Carrera: 100mm Fuerza neta con 6bar: 60N Vástago con rosca exterior</p>

Fuente: <http://goo.gl/qCp6CT>

Se calcula el consumo de aire con la ecuación 13

$$V = A + A''(\text{Carrera} * n) * R_c$$

Cálculo del área del cilindro en el avance con la ecuación 14

$$A = 0.785(12\text{mm})^2$$

$$A = 113.04 \text{ mm}^2$$

Cálculo área del cilindro en el retorno con la ecuación 15

$$A'' = 0.785(D^2 - d^2)$$

$$A'' = 0.785(12^2 - 4^2)$$

$$A'' = 100.48\text{mm}^2$$

Cálculo de la relación de compresión en la ecuación 16.

$$R_c = \frac{P_{atm} + p}{P_{atm}}$$

$$R_c = \frac{(10^5 + 6 \cdot 10^5) \text{ Pa}}{10^5 \text{ Pa}}$$

$$R_c = 7$$

Reemplazando en la ecuación 13 se obtiene:

$$V = (113.04 \text{ mm}^2 + 100.48 \text{ mm}^2) \left(100 \text{ mm} \cdot \frac{3 \text{ ciclos}}{\text{min}} \right) \cdot 7$$

$$V = 448392 \frac{\text{mm}^3}{\text{min}}$$

$$V = 0.44 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

e.4) Selección de electroválvulas. Para los cilindros de doble efecto es necesario utilizar electroválvulas monoestables debido al consumo de aire.

Criterios de selección:

- La electroválvula deberá tener una presión de trabajo superior a 6bar.
- El voltaje para el accionamiento debe ser de 24V.
- Al tratarse de cilindros de doble efecto los cuales realizan un trabajo de avance y retorno se requiere electroválvulas monoestables.
- Para el funcionamiento del módulo didáctico se seleccionara válvulas de 5 vías debido a que se requiere controlar el escape de aire.

Tabla 26. Electroválvula seleccionada

Electroválvula	Características
	Modelo: DS31305D01 Marca: TPC Tipo: Válvula 5/2 Conexión: 1/8 Npt Voltaje: 24 Vdc Unidades: 4 Válvulas

Fuente: <http://goo.gl/ebAOCT>

Para el funcionamiento de la ventosa de fuelle se utilizó la misma electroválvula monoestable pero se cerró una vía para que la ventosa pueda recibir la suficiente cantidad de aire para su funcionamiento debido a esto no se utilizó una válvula de paso.

e.5) *Selección de la unidad de mantenimiento (FRL).* Este componente regulara, lubricara y retendrá impurezas en el filtro debido al aire que circula por la misma, esto ayudara a que el sistema funcione perfectamente cuando está en uso y de esta manera poder prevenir el deterioro de los elementos neumáticos que conforman el módulo posicionador de partes.

Criterios de selección:

- EL FRL seleccionado debe soportar una presión mayor a 6 bares.
- Conocer el consumo de aire del sistema en L/min.
- Tipo de lubricación.
- Capacidad de condensado.

Cálculo del consumo de aire de todo el sistema

Datos:

Caudal del cilindro 1: $Q_{c1} = 5.70$ L/min

Caudal del cilindro 2: $Q_{c2} = 0.89$ L/min

Caudal del cilindro 3: $Q_{c3} = 0.44$ L/min

Con la siguiente formula calculamos el caudal total del sistema.

$$\begin{aligned} Q_T &= Q_{c1} + Q_{c2} + Q_{c3} && (17) \\ Q_T &= (5.70+0.89+0.44)\text{L/min} \\ Q_T &= 7.03 \text{ L/min} \end{aligned}$$

Dónde:

Q_T = Caudal total de consumo, en litros por minuto

Con el respectivo $Q_T = 7.03$ L/min, se procede a seleccionar la unidad FRL la cual deberá trabajar con una presión mayor de 6 bar.

Tabla 27. Unidad de mantenimiento seleccionado

Unidad FRL	Características
	<p>Tipo..... Unidades FRL de tratamiento del aire, filtro-regulador más lubricador, con cuerpos y vasos plásticos (conexiones con insertos metálicos), con bloqueo en el regulador</p> <p>Posición de trabajo..... Vertical, con los vasos hacia abajo</p> <p>Temperaturas..... 0...50 °C (32...122 °F)</p> <p>Poder filtrante..... Standard 25µ (opcional 5µ)</p> <p>Presión de trabajo Standard: 0,5...8 bar (8...116 psi) Opcional: 0,5...4 bar (8...58 psi)</p> <p>Drenaje condensados..... Manual (opcional semiautomático por caída de presión)</p> <p>Conexiones..... G 1/8" y G 1/4"</p> <p>Capacidad condensados 22 cm³ (0,74 oz.)</p> <p>Capacidad de aceite..... 35 cm³ (1,18 oz.)</p> <p>Aceites recomendados... ISO VG 32 - SAE 10</p> <p>Manómetro Ø 40 mm 1/8", incluido con las unidades</p>

Fuente: <http://goo.gl/ebAOCT>

f) *Selección de sensores.* Los sensores tienen como función captar la presencia de cualquier material para enviar una señal para abrir o cerrar un circuito.

Criterios de selección

- El tipo de sensor se lo debe seleccionar al tipo de material a censar por lo cual se debe escoger un sensor de proximidad inductivo debido a que el material es metálico.
- Tipo de señal NPN o PNP, este depende de la alimentación que tenga las entradas del Logo Ethernet, por lo que se necesita un PNP (señal positiva) que permita cerrar el circuito.

Tabla 28. Sensor inductivo de proximidad

Sensor de proximidad inductivo	Características
	<p>Código: XS618B1PAL2</p> <p>Salida: PNP NA</p> <p>Tensión de alimentación nominal: 12-48Vdc.</p> <p>Capacidad de conmutación: 200mA</p> <p>Rango nominal: 8mm</p>

Fuente: <http://goo.gl/G3Yrk4>

g) Selección del Logo Ethernet (módulo lógico de funciones). La función del Logo Ethernet es la de ejecutar el programa para el posicionamiento de partes o probetas cilíndricas así como llevar el control de secuencia de todo el proceso.

Criterios de selección:

- Logo Ethernet con 4 salidas (Q) a 24 VAC y 8 entradas (I) a 24 VAC
- Logo Ethernet OBA-7 SIEMENS.
- Fuente de alimentación de 24VAC
- Logo Ethernet compatibles con expansiones logo
- Compatible con la pantalla logo TD

Tabla 29. Controlador lógico de funciones seleccionado

LOGO ETHERNET	Características
 <p>The image shows a Siemens LOGO 12/24RCE Ethernet controller module. It is a grey, rack-mountable device with a green LCD screen and a navigation pad. The top panel has terminals for inputs (I1-I8) and outputs (Q1-Q4). The front panel includes a 'DC 12/24V INPUT 8xDC' label, a 'LOGO! 12/24RCE' label, and a 'RECY 052-1M000-0BA1' label. There are also 'ESC' and 'OK' buttons and a 'LINK' indicator.</p>	<p>Interfaz Ethernet Conexión a red con hasta 8 equipos Comunicación con controladores Simatic, paneles Simatic y PCs (servidor OPC) Registro de datos en la memoria interna o la tarjeta SD Compatible con los módulos de ampliación LOGO, con el LOGO TD (pantalla)</p>

Fuente: <http://goo.gl/Ka0KkB>

Selección de las expansiones compatibles con el Logo Ethernet. Debido al número de entradas (I) y salidas (Q) que se requiere para las conexiones, se debe utilizar expansiones compatibles con el Logo Ethernet OBA-7, las cuales serán necesarias para completar el número de entradas y salidas que se requiere para una correcta programación.

Criterios de selección

- La expansión debe tener 8 entradas y cuatro salidas.
- La expansión debe ser a tipo relé.
- La expansión deben funcionar con un voltaje de 24 VCA.

Tabla 30. Expansión Logo

Expansión LOGO	Características
 <p>The image shows a Siemens LOGO expansion module, model DM16 24R. It is a dark grey, rectangular device with a DIN rail mounting base. The top panel features eight terminal blocks labeled L1 through L8. Below the terminals, there is a 'DC 24V' label and an 'INPUT B+ DC' terminal. The front face has a 'RUN/STOP' button and a 'REDI 054-1M1/0-08A0' label. The bottom panel shows four relay outputs labeled Q1 through Q4, with 'OUTPUT B+ RELAY A' and '2.5 7.5' markings.</p>	<p>Tipo: Módulo de expansión Entradas y salidas: 8 Terminales de entrada: 24V DC Para señal "0" : max. 5V DC Para señal "1" : min. 12V DC Salidas de corriente continua: 5ª con carga resistiva: 3ª con carga inductiva</p>

Fuente: <http://goo.gl/i1u3S6>

Selección de la fuente de alimentación del Logo Ethernet. La fuente que se necesita debe garantizar un suministro de energía fiable a todo el sistema cuando el proceso esté funcionando.

- Tensión de salida de 24V DC y una intensidad de 2,5 A.
- Ofrezca gran potencia en un reducido espacio y también un alto rendimiento.
- Garantice su eficiencia durante todo el intervalo de carga hasta la baja disipación de energía en reposo.
- Conexión con corriente nominal de salida de 2.5A.

Tabla 31. Fuente de alimentación Logo seleccionada

Fuente de alimentación LOGO	Características
 <p>The image shows a Siemens LOGO Power power supply, model 8873D-25A1. It is a dark grey, rectangular device with a DIN rail mounting base. The top panel has 'L1' and 'L2' terminals. The front face features a 'SIEMENS' logo, 'LOGO Power 8873D-25A1' text, and 'INPUT AC 100-240V' and 'OUTPUT DC 24V/2.5A' labels. There is also a '24V 0.1' label and a small circular indicator.</p>	<p>Variante: 1-fase Tensión nominal de entrada: 100-240 V AC Rango de frecuencia: 50/60 Hz Consumo de corriente: 0,66-1,22 A Tensión nom. De salida: 24 V DC Corriente nom. De salida: 2,5 A Ancho: 72 mm Altura: 90 mm Fondo: 58 mm</p>

Fuente: <http://goo.gl/WR8q7B>

h) Selección de la pantalla Logo TD. La pantalla Logo TD tiene como función controlar todas las etapas del proceso de posicionamiento de partes.

Gracias a su display con funciones de operación integradas y mensajes de diagnóstico personalizados para el proceso, los usuarios finales podrán realizar ajustes y detectar fallos rápidamente.

Criterios de selección

- Compatible con el Logo OBA-7.
- Tensión nominal de entrada de 24 VAC.
- Interfaz Ethernet.
- Marca SIEMENS.

Tabla 32. Pantalla Logo TD seleccionada

Pantalla Logo TD	Características Técnicas
	<p>Marca: SIEMENS Referencia: 6ED1055-4MH00-OBA0 Modelo: LOGO TD Campo de aplicación: conexión a todos los modelos base LOGO! Desde OBA6 Núm. De interfaces RS 232: 1 Número de líneas: 4 Número de caracteres por línea: 24</p>

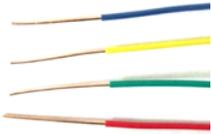
Fuente: <http://goo.gl/9iaKR3>

i) *Selección de accesorios.* El posicionador de probetas también requiere de accesorios indispensables para las conexiones eléctricas y neumáticas así como para su construcción.

Tabla 33. Accesorios para el módulo posicionador de probetas

Nombre	Imagen	Características
Manguera		<p>Diámetro: 1/4in Longitud: 7m</p>

Tabla 33. Continuación

Regulador de Escape de aire		Diámetro: 3-4-6 mm Rosca: G 1/8 Presión: 0 a 10 bar Unidades: 2
Uniones Neumáticas		Diámetro: 1/4in Unidades: 2 rectas 2 codos
Borneras		Para un diámetro de 16mm
Cable flexible AWG		Cable de 16 mm, extensiones para bajo consumo
Pernos, tornillos y tuercas		En diferentes medidas

Fuente: Autores

3.2.4 Diseño detallado. Después de seleccionar todos los elementos necesarios para llevar a cabo el funcionamiento del módulo se realiza el respectivo diseño del mismo con los planos de cada componente mecánico del módulo el que posteriormente será construido, se realizaran los diagramas de instalación y electroneumático.

3.2.4.1 Diseño y planos del módulo en 2 y 3D. Diseño y planos de la banda transportadora. Para el respectivo diseño se tomó en cuenta los componentes del módulo así como su dimensionamiento, (ver figura 19, pág. 20).

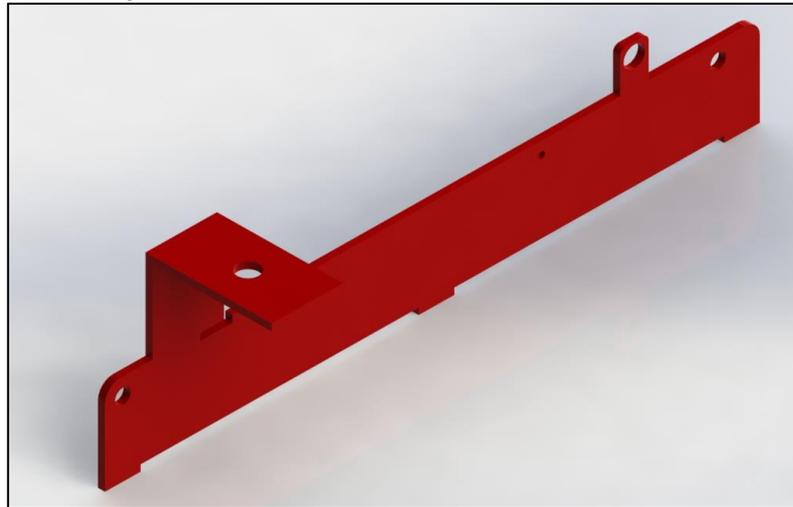
a) Componentes de la banda transportadora:

- Perfiles de la banda.
- Rodillos.

Perfiles de la banda. Sirve para armar la estructura de la banda para que esta pueda efectuar su desplazamiento.

Los perfiles se construyen con un material de acrílico de $e = 6\text{mm}$.

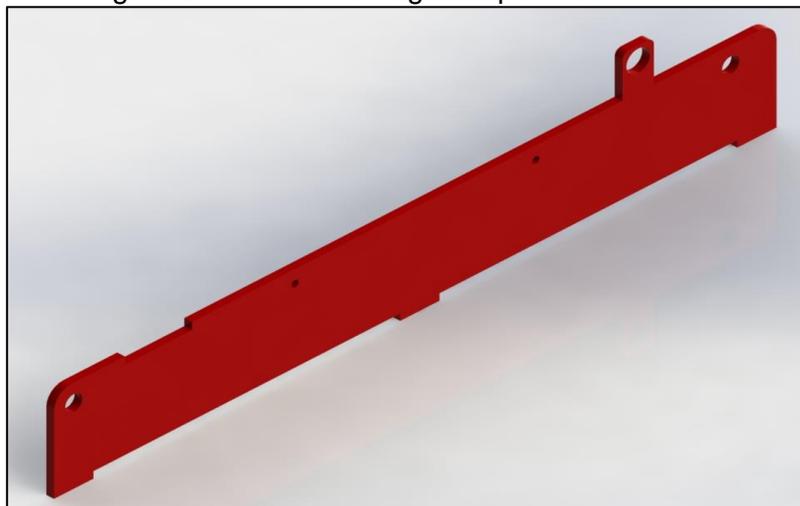
Figura 33. Diseño del primer perfil de la banda



Fuente: Autores

Ver detalles de dimensionamiento en el plano 9.

Figura 34. Diseño del segundo perfil de la banda

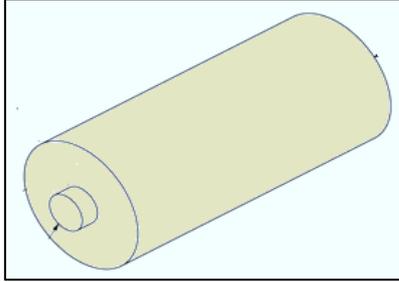


Fuente: Autores

Ver detalles de dimensionamiento en el plano 8.

Rodillos. Estos componentes sirven para efectuar el desplazamiento de la banda mediante la fricción entre los rodillos y la banda mediante el movimiento generado por la potencia del servomotor.

Figura 35. Diseño de rodillos

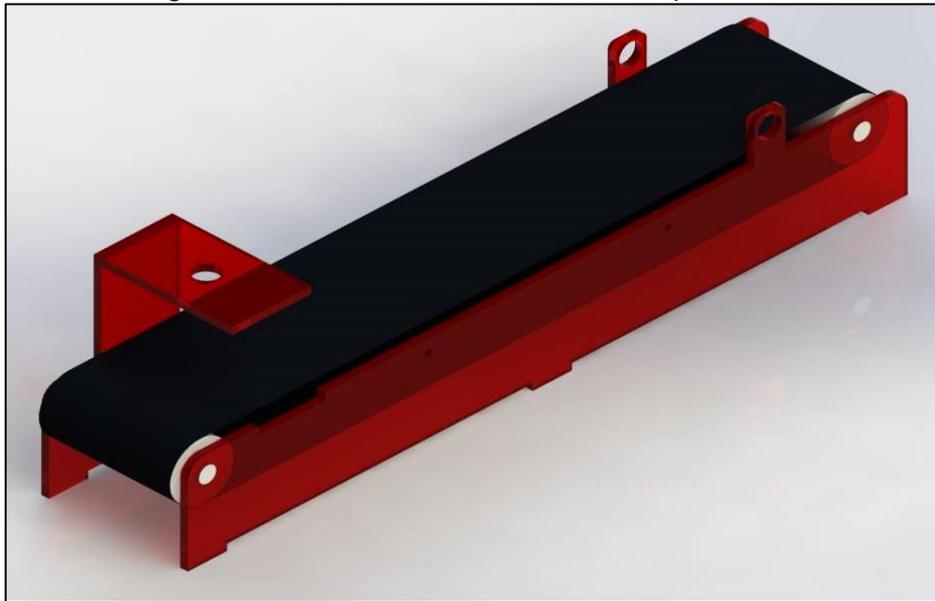


Fuente: autores

Ver detalles de dimensionamiento en el plano 10.

Diseño final de la banda transportadora (ver detalles en el plano 3).

Figura 36. Diseño final de la banda transportadora



Fuente: Autores

b) *Diseño y planos de la matriz circular.* Para el diseño del depósito de las partes o probetas se consideró posicionar 6 partes cilíndricas cada una ubicada cada cierto tiempo en su respectivo depósito.

Los componentes de la matriz circular son:

- Depósitos de partes cilíndricas.
- Acople en forma de eje.

Depósitos de partes cilíndricas. Sirve para almacenar las partes cuando el posicionador está funcionando.

El depósito de partes cilíndricas se construye con el siguiente material.

Perfil de $e= 6\text{mm}$ y 3 mm

Figura 37. Diseño del depósito de probetas



Fuente: Autores

Ver de talle de dimensiones en plano 11.

Acople en forma de eje. Este elemento sirve para sujetar eje de la matriz al eje del motor paso a paso para que pueda efectuar el giro cuando la probeta es depositada.

El acople se construye con el siguiente material.

Aluminio de $e= 5\text{mm}$.

Figura 38. Acople del motor paso a paso



Fuente: Autores

Diseño final de la matriz circular. (Ver detalles en el plano 4).

Figura 39. Diseño final de la matriz circular



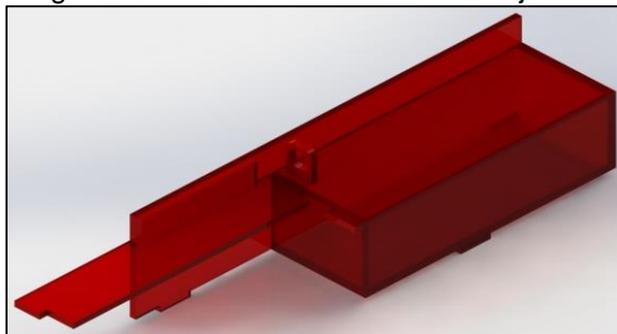
Fuente: Autores

c) *Diseño y plano de la sección de sujeción y apoyo del brazo neumático.* Para el diseño de esta sección se ha considerado el tamaño y la carrera del brazo neumático el cual debe efectuar un desplazamiento de avance hacia la banda para la sujeción y otro desplazamiento para la posición de la probeta hacia el punto de succión.

La sección de sujeción y apoyo del brazo neumático se construye con el siguiente material:

Acrílico de $e = 6\text{mm}$

Figura 40. Diseño de la sección de sujeción

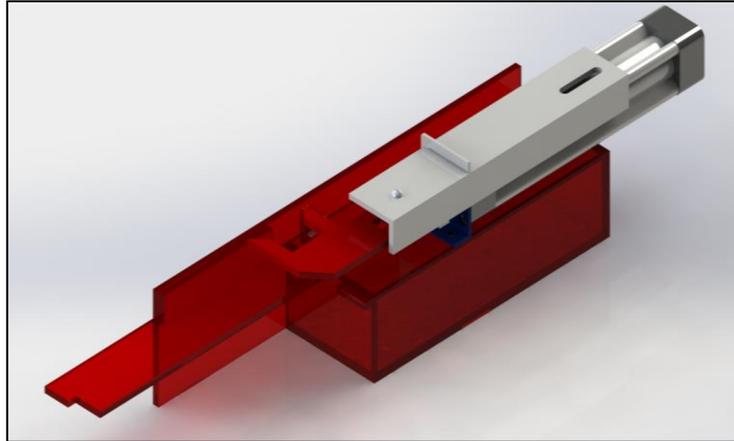


Fuente: Autores

Ver detalles de dimensionamiento en el plano 12.

Diseño final de la sección de sujeción y apoyo del brazo neumático. (Ver detalles en el plano 6).

Figura 41. Diseño final de la sección de sujeción y apoyo del brazo neumático



Fuente: Autores

d) *Diseño y planos de la sección de posicionamiento.* En esta sección la probeta es succionada mediante una ventosa para su respectivo posicionamiento en uno de los depósitos de la matriz circular.

Componentes de la sección de posicionamiento:

- Apoyo de los cilindros
- Acoples

Apoyo de los cilindros. Este apoyo se construye con los siguientes materiales:

Perfil cuadrado de aluminio de 40x40x350mm.

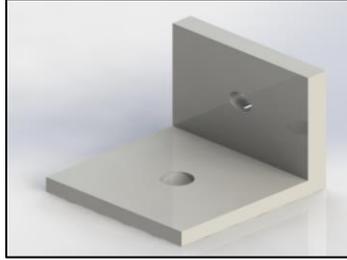
Figura 42. Perfil cuadrado de aluminio



Fuente: <http://goo.gl/xyneqJ>

Acoples. Sirven para sujetar el perfil cuadrado de aluminio al cilindro de doble vástago esta fijación le da estabilidad al cilindro cuando efectúa su desplazamiento para succionar la parte cilíndrica y posicionarla en la matriz.

Figura 43. Acople para cilindros

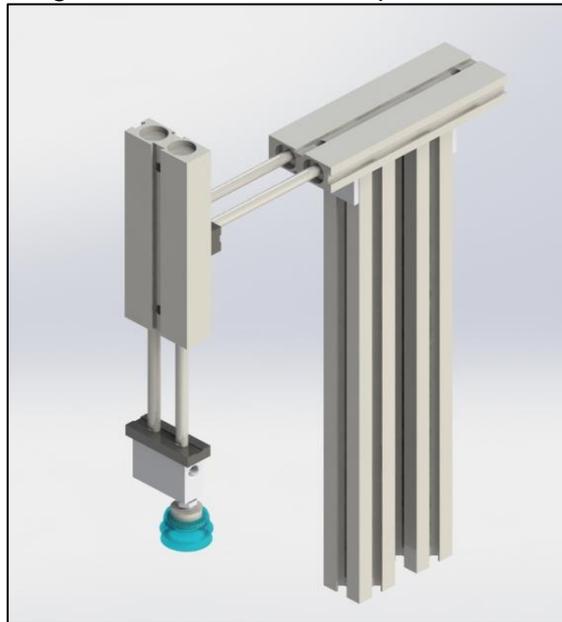


Fuente: Autores

Ver detalles de dimensionamiento en el plano 7.

Diseño final de la sección de posicionamiento. (Ver detalles en el plano 5)

Figura 44. Diseño final del posicionador

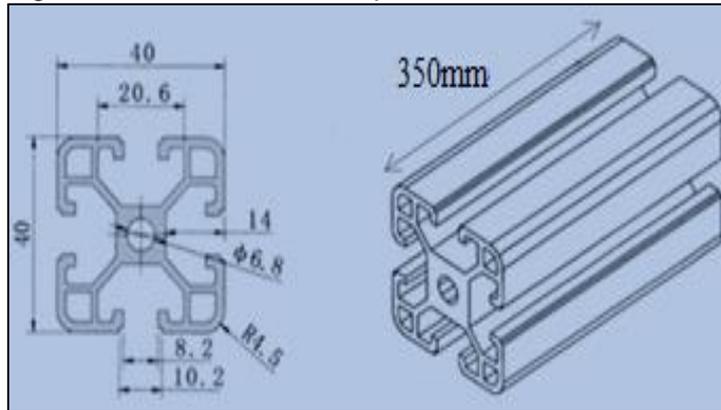


Fuente: Autores

e) *Selección y análisis estático de la base de acrílico, posicionador y carcasa.* Debido a la inestabilidad de las cargas que presenta cortes en el material y no es continuo y también por tener más de dos sujeciones se ha visto necesario aplicar interacciones por el método finito en el software de diseño mecánico mismo que nos arroja datos confiables en un 85 por ciento.

Análisis del posicionador. Tiene como Bases dos perfiles cuadrado de aluminio 6063-T1 (40x40x350mm). La característica principal de este perfil es su fácil acoplamiento en cualquier tipo de superficie.

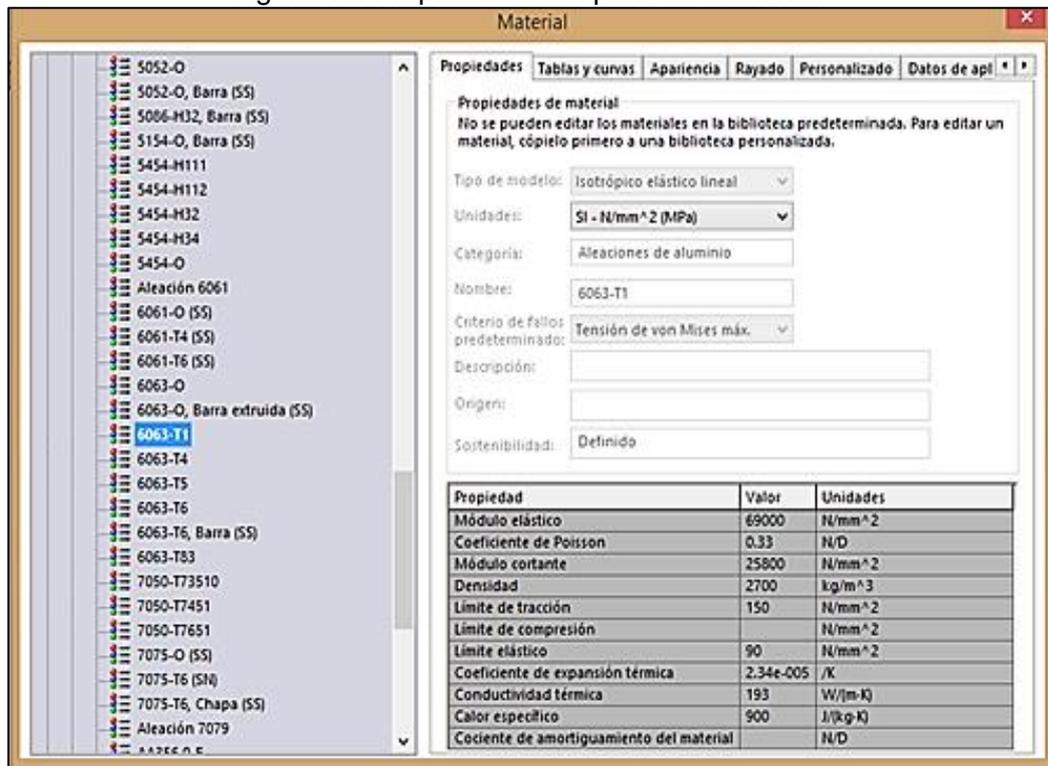
Figura 45. Dimensiones del perfil cuadrado de aluminio



Fuente: <http://goo.gl/OE9PLx>

Mediante un software se inicia el análisis resistencia del posicionador.

Figura 46. Propiedades del perfil de aluminio.



Fuente: Solidworks corporation

Para Iniciar el análisis se requiere conocer los pesos que va a soportar los cuales son:

Datos:

Masa de los cilindros de doble vástago: $m = 1.4$ kg.

Masa de la ventosa y generador de vacío: $m = 0.64$ kg.

Masa total: $m_T = 2.04$ kg.

Cálculo del peso sobre el perfil de aluminio:

$$\begin{aligned} F &= W = m_T & (18) \\ F &= m_T \times g \\ F &= 2.04 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 \\ F &= 20 \text{ N} \end{aligned}$$

Dónde:

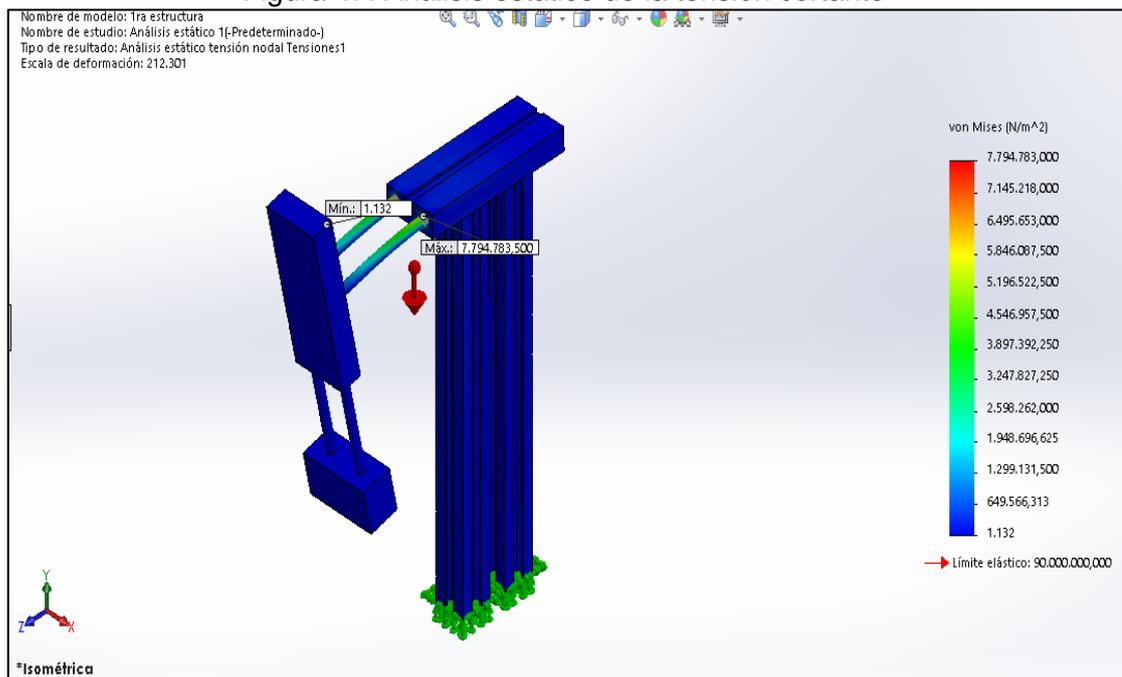
F = fuerza total, en N

W = Peso, kg

m_T = masa total, en kg.

Para el primer análisis del material se aplica la fuerza de 20 N que actúa sobre el perfil de aluminio, en la siguiente figura se muestra tensiones máximas y mínimas, donde se aprecia el área de máximo esfuerzo cortante que es de 7.79 MPa.

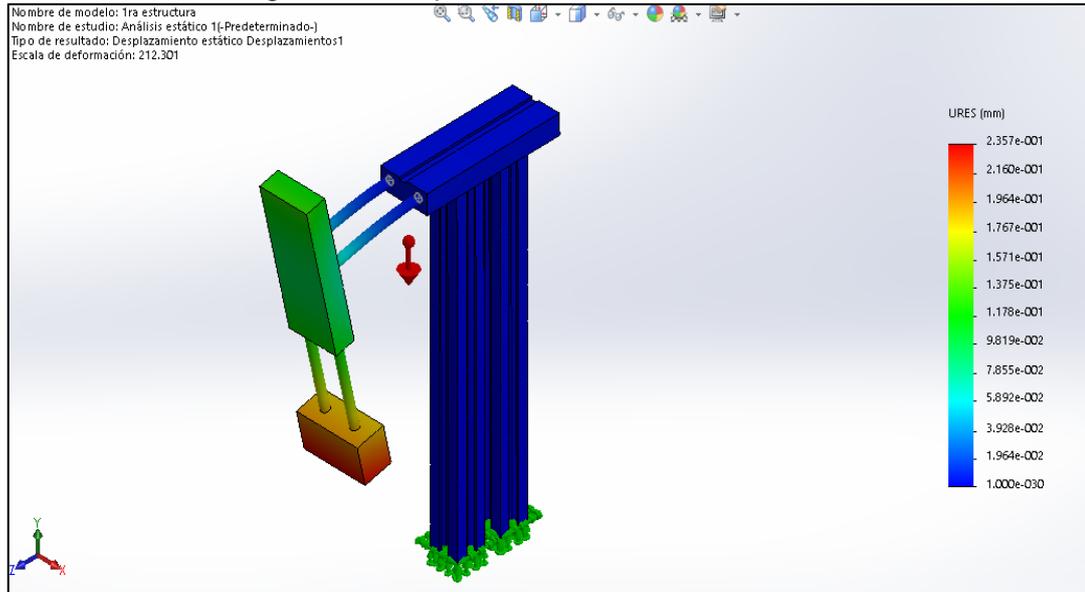
Figura 47. Análisis estático de la tensión cortante



Fuente: Solidworks corporation

En la figura 48, pág. 63. Se presenta el análisis de desplazamiento y deformidad que es de 2.3 mm mismos presenta el material ante la aplicación del esfuerzo máximo los cuales son representados en el software en una escala de 212.3 veces para poder apreciarlo.

Figura 48. Desplazamiento estático del cilindro



Fuente: Solidworks corporation

Para obtener el factor de seguridad utilizamos la Tensión de Von Mises aplicado al área de máximo esfuerzo.

Datos:

Fmax. De deformidad = $\sigma_{\text{vonMises}} = 7794783 \text{ N/m}^2$

Limite elástico del acrílico = $\sigma_{\text{limit}} = 90000000 \text{ N/m}^2$

Cálculo de la Tensión de Von Mises:

$$\frac{\sigma_{\text{vonMises}}}{\sigma_{\text{Limit}}} < 1 \quad (19)$$

$$\frac{7794783 \text{ N/m}^2}{90000000 \text{ N/m}^2} = 0.08660 < 1$$

Dónde:

σ_{vonMises} = Tensión de Von Mises, en N/m^2

σ_{Limit} = Tensión Limite del acrílico, en N/m^2

Cálculo del factor de seguridad:

$$\text{FDS} = \frac{1}{\frac{\sigma_{\text{vonMises}}}{\sigma_{\text{Limit}}}} \quad \dots \quad (20)$$

$$FDS = \frac{1}{0.0866}$$

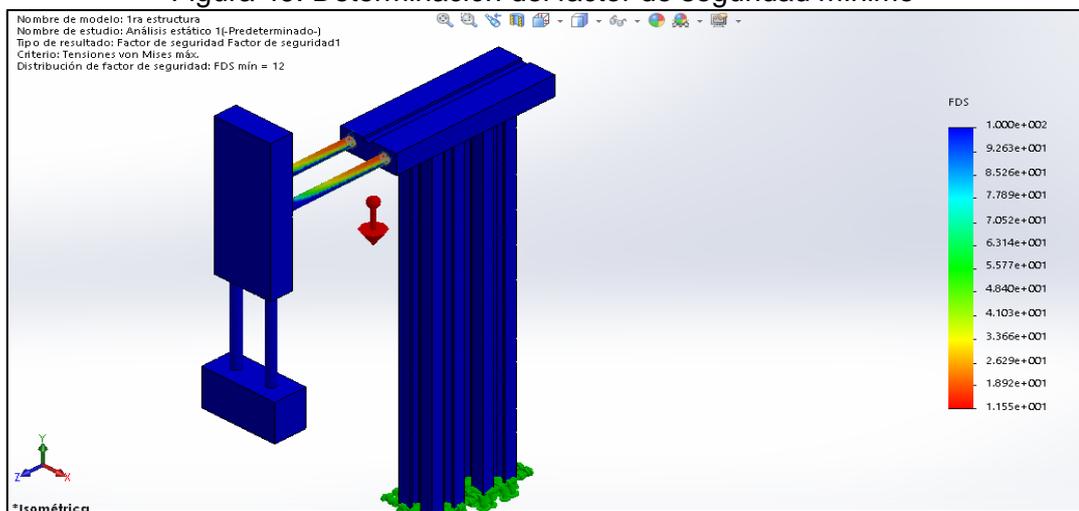
$$FDS = 12$$

Dónde:

FDS = Factor de seguridad de seguridad

El siguiente gráfico muestra el análisis de seguridad mínimo admisible que es de 12 lo cual indica que es totalmente seguro para soportar la carga aplicada en el material.

Figura 49. Determinación del factor de seguridad mínimo



Fuente: Solidworks corporation

Para demostrar que el factor de seguridad de $n = 12$ es confiable se realiza la comparación entre la tensión de Von Mises y el esfuerzo de trabajo del material, considerando un coeficiente de seguridad para estructura de $n = 2$, debido a que la base va soportar el peso de las respectivas secciones.

Datos:

Factor de seguridad: $n = 2$

Límite elástico: $S_y = 90 \text{ MPa}$

Cálculo del esfuerzo de trabajo:

$$\sigma = \frac{S_y}{n} \tag{21}$$

$$\sigma = \frac{90 \text{ MPa}}{2}$$

$$\sigma = 45 \text{ MPa}$$

Comparación entre la tensión de Von Mises y el esfuerzo de trabajo del posicionador:

$$\sigma_{\text{Von Mises}} = 7.794 \text{ MPa}$$

$$n = 12$$

$$\sigma = 45 \text{ MPa}$$

$$n = 2$$

$$7.794 \text{ MPa} < 45 \text{ MPa}$$

La tensión de Von Mises es menor al esfuerzo de trabajo, por lo tanto el material es confiable y seguro.

Análisis de la base de acrílico para las secciones y análisis de resistencia.

Para iniciar el análisis se requiere conocer todos los pesos de los componentes que se aplica sobre el acrílico.

Tabla 34. Masa total de los componentes de las secciones del proceso

Componentes de las secciones del proceso	Pesos
Cilindros de doble vástago	1.40 kg
Cilindro de un vástago	0.89 kg
Motores	0.55 kg
Sensores	0.33 kg
Acoples del brazo neumático	0.22 kg
Perfil cuadrado de aluminio	0.54 kg
Cinta transportadora	0.05 kg
Probeta	0.11 kg
Rodillos	0.68 kg
Ventosa y generador de vacío	0.64 kg
Angulo de aluminio	0.94 kg
Matriz circular	0.78 kg
Masa de accesorios	0.90 kg
Masa total:	8,03kg

Fuente: Autores

Una vez obtenido los pesos se procede a determinar la fuerza.

Datos:

Masa total de componentes: $m_T = 16.93 \text{ kg}$.

Cálculo de la fuerza que actúa sobre la base con la ecuación 18.

$$F = W = m_T$$

$$F = m \times g$$

$$F = 8.03 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$F = 78.69 \text{ N}$$

Dónde:

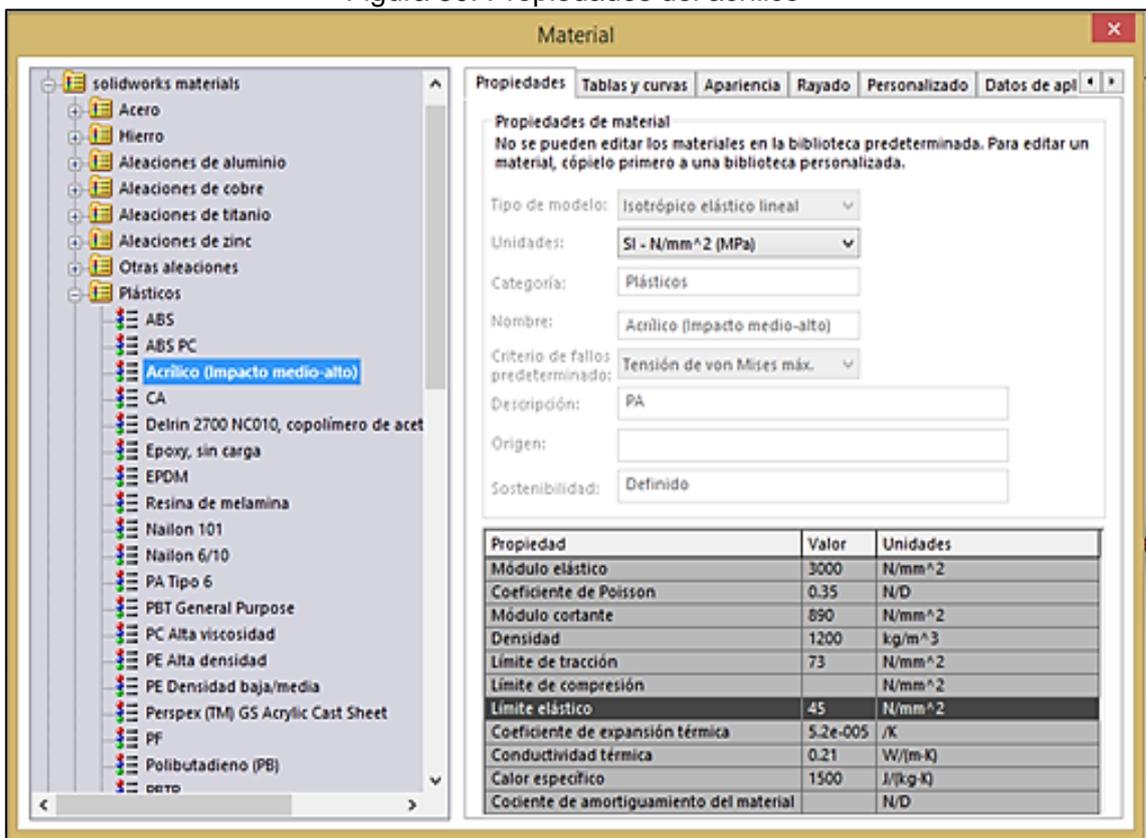
F = fuerza total, en N

W = Peso, en kg

m_T = masa total, en kg

En la siguiente figura se muestran las propiedades del acrílico mismas que servirán para realizar un análisis al material una vez que se haya ingresado los datos técnicos del material en el software de diseño mecánico.

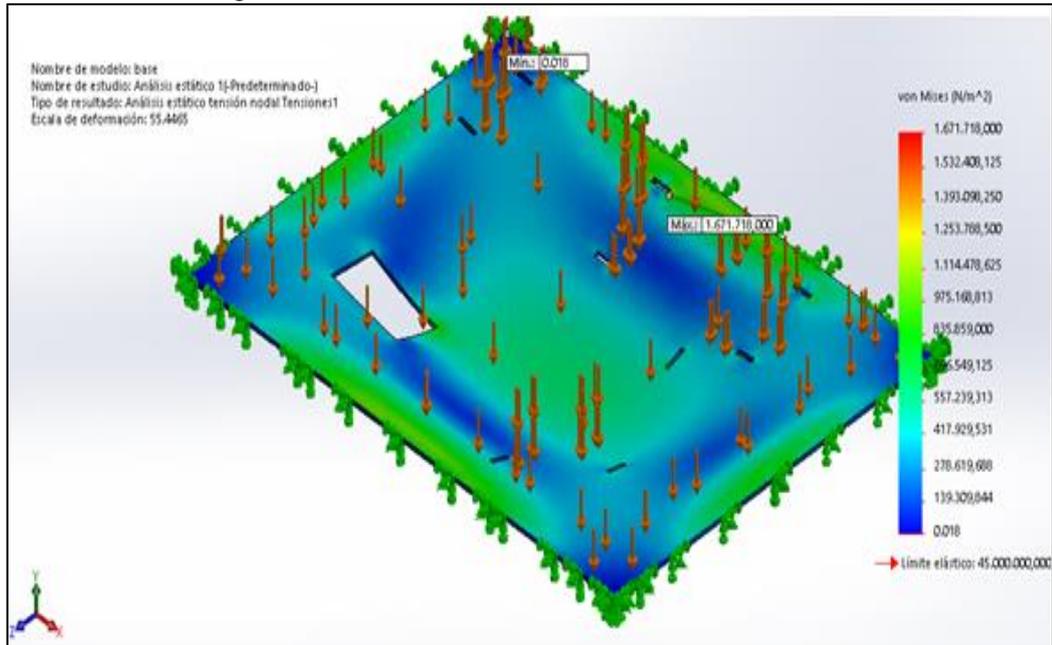
Figura 50. Propiedades del acrílico



Fuente: Solidworks corporation

Se realiza el primer análisis de la distribución de la carga sobre toda la base y con ello obtener un esfuerzo máximo de 1.67 N/m² y un esfuerzo mínimo de 0.018 N/m², tal como se muestra en la figura 51.pág. 67.

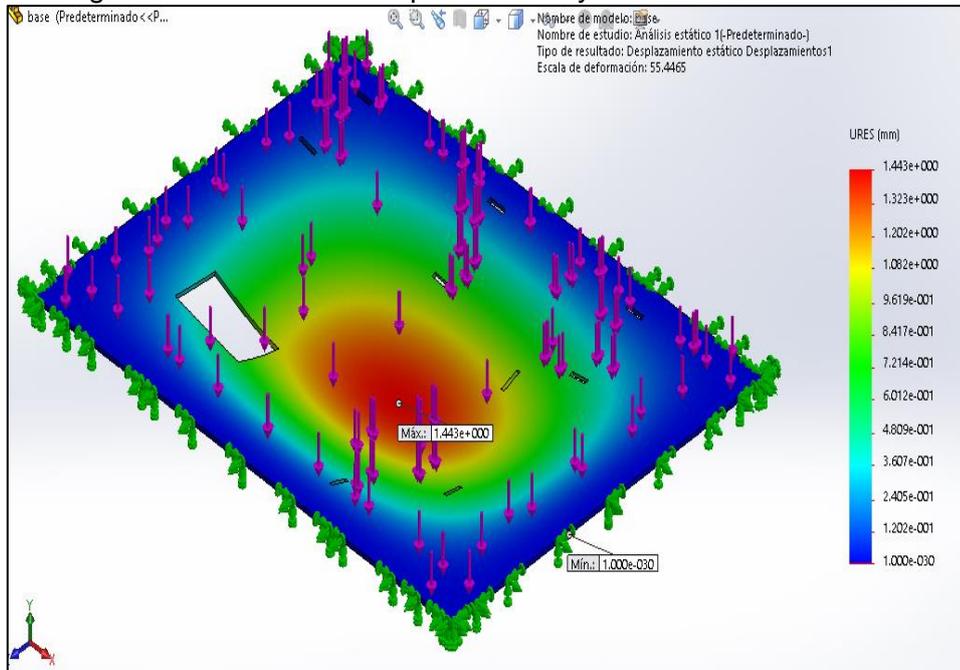
Figura 51. Análisis estático de la base de acrílico



Fuente: Solidworks corporation

Posteriormente en el siguiente gráfico presenta el análisis de desplazamiento y deformidad debido a las cargas sobre el acrílico, donde se observa en el punto crítico hay una deformación máxima de 1.4 mm y un mínimo de 1 mm que muestra el software en una escala de 55.44 veces.

Figura 52. Análisis del desplazamiento y deformidad del acrílico.



Fuente: Solidworks corporation

Para obtener el factor de seguridad utilizamos la tensión de Von Mises aplicado al área de mayor deformidad ya que es el punto máximo de flexión en la base de acrílico de manera que la tensión de Von Mises se divide para el límite elástico que tiene el material.

Datos:

Fmax. de deformidad = $\sigma_{\text{vonMises}} = 161718 \text{ N/m}^2$

Límite elástico del acrílico = $\sigma_{\text{limit}} = 45000000 \text{ N/m}^2$

Cálculo de la Tensión de Von Mises con la ecuación 19.

$$\frac{\sigma_{\text{vonMises}}}{\sigma_{\text{Limit}}} < 1$$

$$\frac{1671718 \text{ N/m}^2}{45000000 \text{ N/m}^2} = 0.0371 < 1$$

Dónde:

σ_{vonMises} = Tensión de Von Mises, en N/m^2

σ_{Limit} = Tensión límite elástico del acrílico, en N/m^2

Cálculo del factor de seguridad con la ecuación 20.

$$\text{FDS} = \frac{1}{\frac{\sigma_{\text{vonMises}}}{\sigma_{\text{Limit}}}}$$

$$\text{FDS} = \frac{1}{0.0371}$$

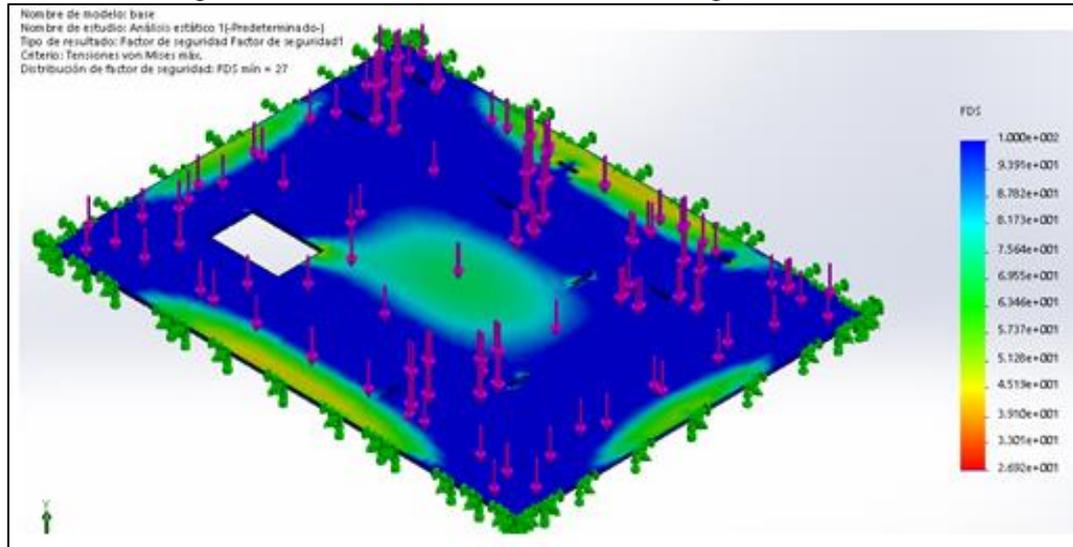
$$\text{FDS} = 27$$

Dónde:

FDS = Factor de seguridad.

En la fig. 53. Pag.69. Se muestra el análisis para obtener el factor de seguridad mínimo que es de 27 lo cual indica que es totalmente seguro para soportar la carga aplicada en el material, es decir el peso aplicado actualmente se lo puede aumentar en 27 veces.

Figura 53. Determinación del factor de seguridad mínimo



Fuente: Solidworks corporation

Para demostrar que el material es seguro y confiable con un factor de seguridad de $n= 27$ realiza la comparación entre la tensión de Von Mises y el esfuerzo de trabajo del acrílico, considerando un coeficiente de seguridad para estructura de $n = 2$

Datos:

Factor de seguridad: $n = 2$

Limite elástico: $S_y = 45 \text{ Mpa}$

Cálculo del esfuerzo de trabajo con la ecuación 21.

$$\sigma = \frac{S_y}{n}$$

$$\sigma = \frac{45 \text{ Mpa}}{2}$$

$$\sigma = 22.5 \text{ Mpa}$$

Comparación entre la tensión de Von Mises y el esfuerzo de trabajo del acrílico.

$$\sigma_{Von\ Mises} = 1.671 \text{ MPa}$$

$$n = 27$$

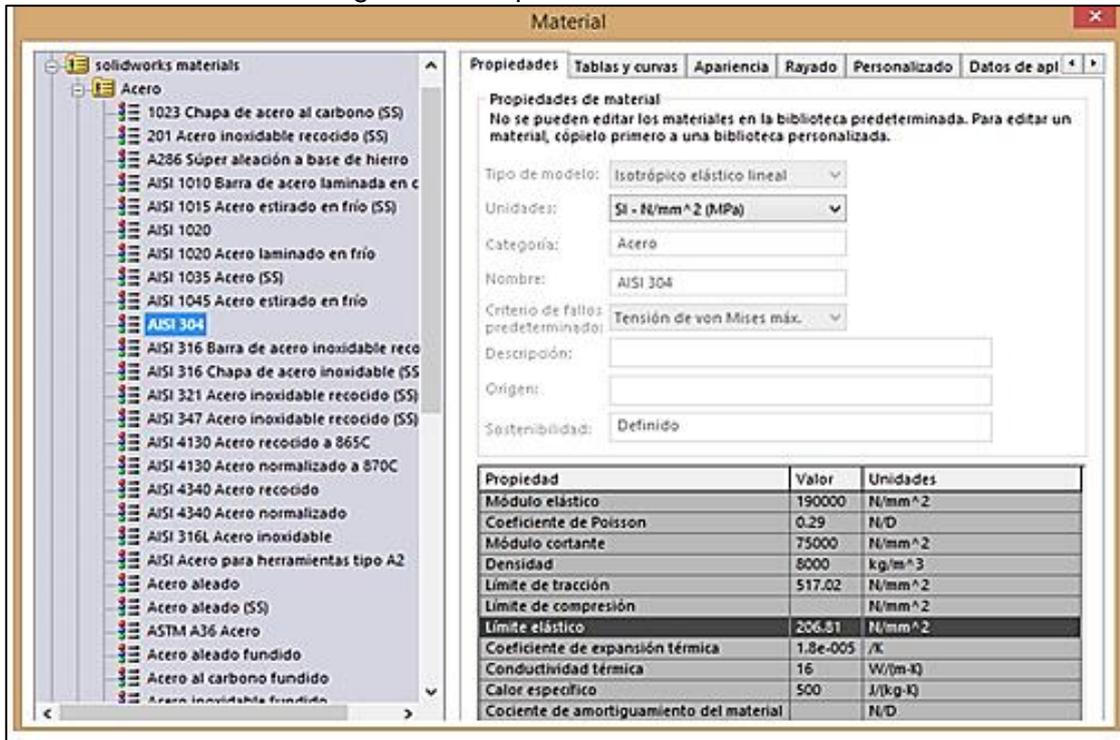
$$\sigma = 22.5 \text{ MPa}$$

$$n = 2$$

$$1.67 \text{ MPa} < 22.5 \text{ MPa}$$

Análisis de la carcasa de acero inoxidable para el módulo didáctico. La siguiente figura muestra las propiedades del acero inoxidable ASI 304.

Figura 54. Propiedades del material



Fuente: Solidworks corporation

Una vez identificado el límite elástico de 206.51 N/mm², Se requiere conocer los pesos de todos los componentes del módulo así como de la base acrílico las cuales actúan sobre la carcasa y posteriormente a su análisis en el software.

Datos:

Masa total de componentes: $m_{TC} = 8.03 \text{ kg}$

Masa de la base acrílico: $m_A = 8.9 \text{ kg}$

Masa total: $m_T = 16.93 \text{ kg}$

Masa considerada para sobrepeso = 9 kg

Cálculo de la fuerza que actúa sobre la base con la ecuación 18.

$$F = W = m_T$$

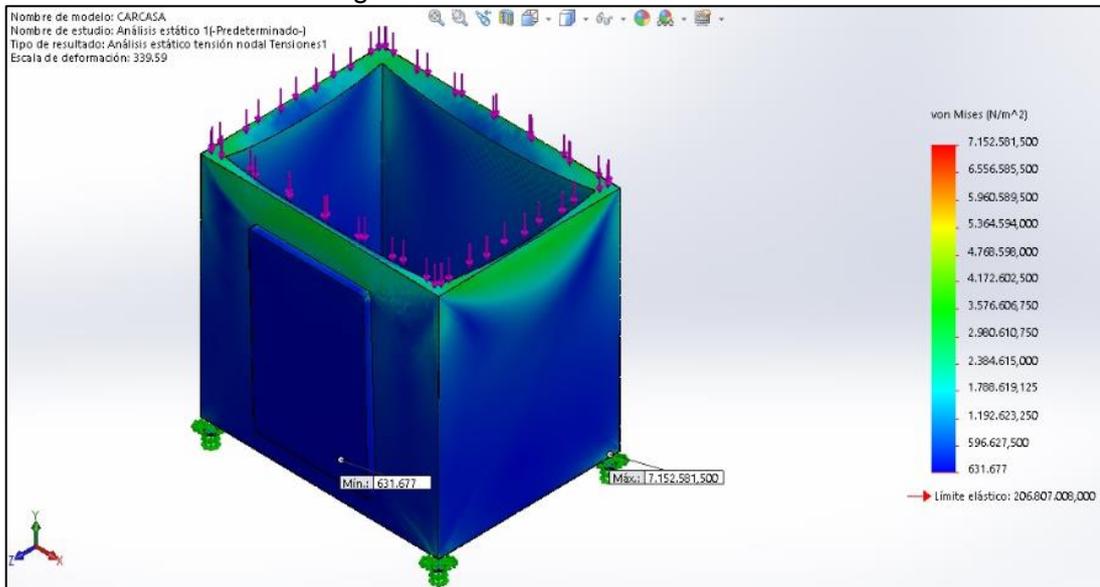
$$F = m \times g$$

$$F = 25.93\text{kg} \times 9.8\text{m/s}^2$$

$$F = 254 \text{ N}$$

Una vez obtenido una $F = 254 \text{ N}$, se procede a ingresar esta fuerza en el software para obtener la simulación de la distribución de la carga en la carcasa y con ello obtener un esfuerzo máximo de 7.152 N/m^2 , tal como se muestra en la figura 55.

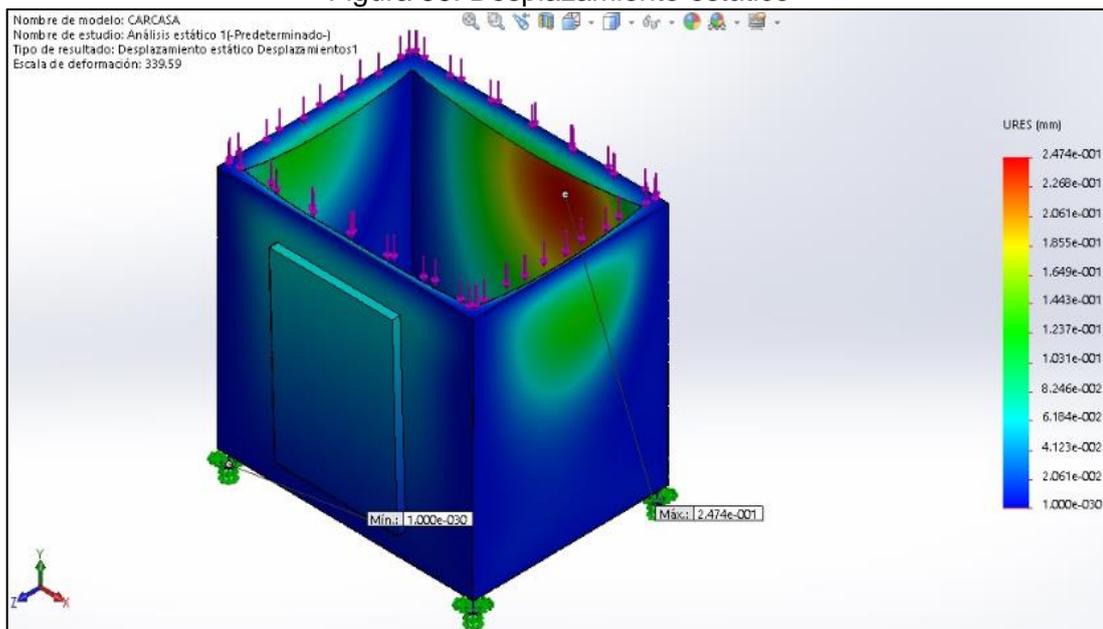
Figura 55. Análisis estático tensión



Fuente: Solidworks corporation

El siguiente gráfico se aprecia el desplazamiento y deformidad que presenta el material ante la aplicación de fuerzas, que es de 2.4 mm mismos que está representado en el software en una escala de 339.59 veces.

Figura 56. Desplazamiento estático



Fuente: Solidworks corporation

Para obtener el factor de seguridad utilizamos la tensión de Von Mises aplicado al área de mayor tensión.

Datos:

$$\sigma_{\max} \cdot \text{De deformidad} = \sigma_{\text{Von Mises}} = 7152581.5 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Limite elástico del acrílico} = \sigma_{\text{limit}} = 206807008 \text{ N/m}^2$$

Cálculo de la Tensión de Von Mises con la ecuación 19.

$$\frac{\sigma_{\text{Von Mises}}}{\sigma_{\text{Limit}}} < 1$$

$$\frac{7152581.5 \text{ N/m}^2}{206807008 \text{ N/m}^2} = 0.0345 < 1$$

El coeficiente de seguridad es menor a uno indicando ya que es confiable según Von mises.

Dónde:

$$\sigma_{\text{vonMises}} = \text{Tensión de Von Mises, en N/m}^2$$

$$\sigma_{\text{Limit}} = \text{Tensión Limite del acrílico, en N/m}^2$$

Cálculo del factor de seguridad con la ecuación 20.

$$\text{FDS} = \frac{1}{\frac{\sigma_{\text{vonMises}}}{\sigma_{\text{Limit}}}}$$

$$\text{FDS} = \frac{1}{0.0345}$$

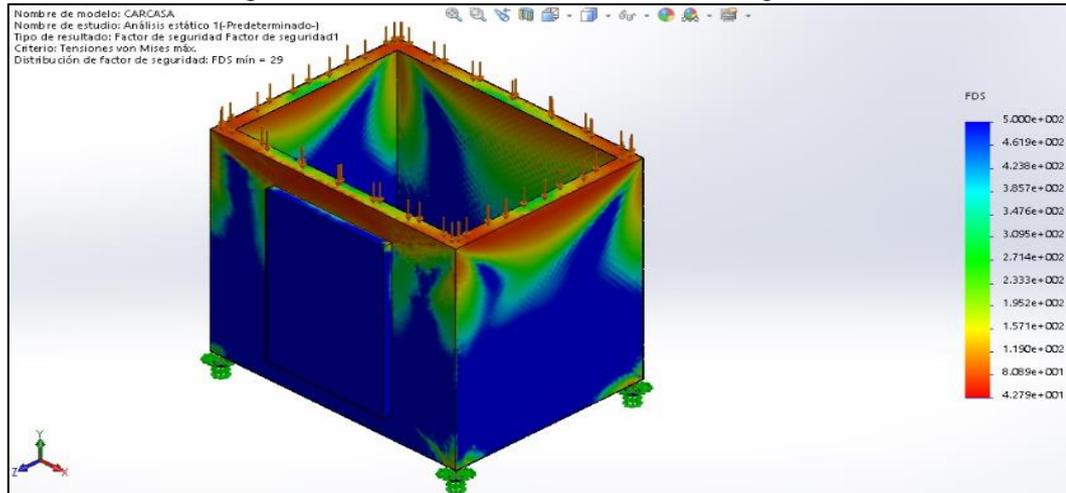
$$\text{FDS} = 29$$

Dónde:

FDS = Factor de seguridad de seguridad

El factor de seguridad mínimo admisible es de 29 indicando que es totalmente seguro al soporte de la carga aplicada en el material, es decir que se puede aplicar en 29 veces la carga actual a la que está sometida.

Figura 57. Determinación del factor de seguridad



Fuente: Solidworks corporation

Para demostrar que el factor de seguridad de $n = 29$ es confiable y el material es seguro se realiza la comparación entre la tensión de Von Mises y el esfuerzo de trabajo del acero, considerando un coeficiente de seguridad para estructura de $n = 2$, debido a que la carcasa va soportar el peso de la base de acrílico con los componentes del módulo.

Datos:

Factor de seguridad: $n = 2$

Límite elástico: $S_y = 206.81 \text{ MPa}$

Cálculo del esfuerzo de trabajo con la ecuación 21.

$$\sigma = \frac{S_y}{n}$$

$$\sigma = \frac{206 \text{ MPa}}{2}$$

$$\sigma = 103 \text{ MPa}$$

Comparación entre la tensión de Von Mises y el esfuerzo de trabajo del acrílico.

$$\sigma_{Von\ Mises} = 7.15 \text{ MPa}$$

$$n = 29$$

$$\sigma = 103 \text{ MPa}$$

$$n = 2$$

$$7.15 \text{ MPa} < 103 \text{ MPa}$$

La tensión de Von Mises aplicado al material es menor al esfuerzo de trabajo del material, por lo tanto el factor de seguridad mínimo que ese puede aplicar es de 29.

3.2.4.2 *Diseño final del módulo posicionador de partes.* En el diseño final se puede observar todo el ensamble en tres dimensiones de todas las secciones del módulo distribuidas en la base de acrílico y apoyada en una carcasa de acero inoxidable, además se detalla cada componente de cada sección en dos dimensiones.

Figura 58. Diseño del posicionador de partes



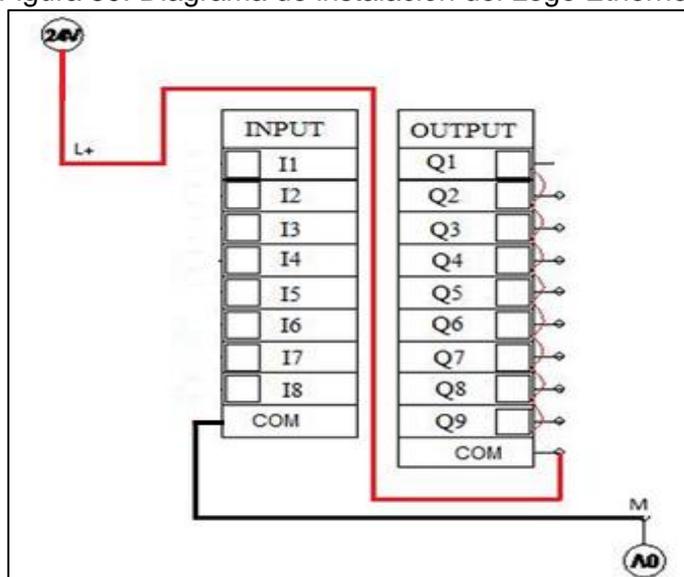
Fuente: Autores

Ver detalle de ensamble, lista de elementos mecánicos en el plano 1.

3.2.4.3 *Diagramas de instalación.* En estos diagramas se detalla el funcionamiento de cada uno de los elementos eléctricos, neumático o electroneumático.

Diagrama de instalación del LOGO ETHERNET. Para la energización del logo se necesita una fuente de alimentación de 24VCA es decir, una línea está conectada a la fase de la fuente de alimentación la cual está representado mediante el símbolo L + mientras que M será conectado a la línea del neutro.

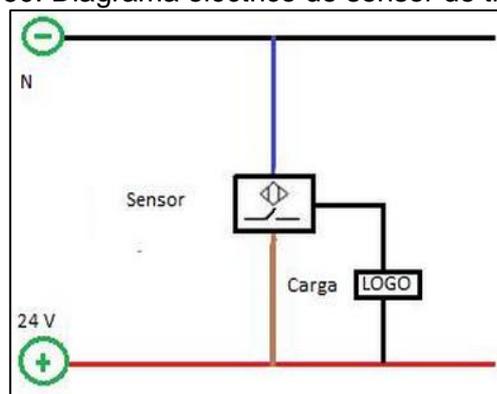
Figura 59. Diagrama de instalación del Logo Ethernet



Fuente: Autores

Diagrama de instalación del sensor de proximidad inductivo. El siguiente diagrama explica la forma de conectar los sensores inductivos de proximidad hacia el Logo. Cada sensor viene con tres cables de color café, azul y negro. El cable de color café se conecta a la fase y el cable azul va conectado al neutro de la fuente de alimentación de 24V, y por último el cable de color negro se conectara a una de las entradas del Logo Ethernet de acuerdo al número de entrada que haya sido identificada (I1, I2, I3) respectivamente.

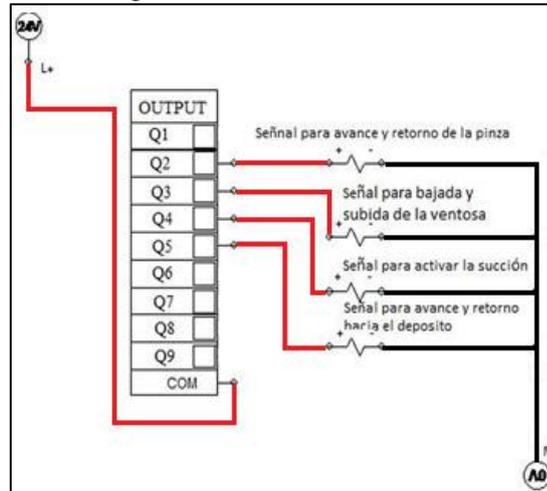
Figura 60. Diagrama eléctrico de sensor de tres hilos



Fuente: Autores

Diagrama de instalación de electroválvulas. Cada electroválvula tiene en su solenoide dos borneras que sirven para conectar los cables de tensión a la fase en una de las salidas del Logo y una bornera adicional para conectar a tierra o al neutro. Por lo que cada válvula debe ser identificada con el número de salida para una correcta instalación. (Q1, Q2, Q3, Q4).

Figura 61. Diagrama eléctrico de las electroválvulas

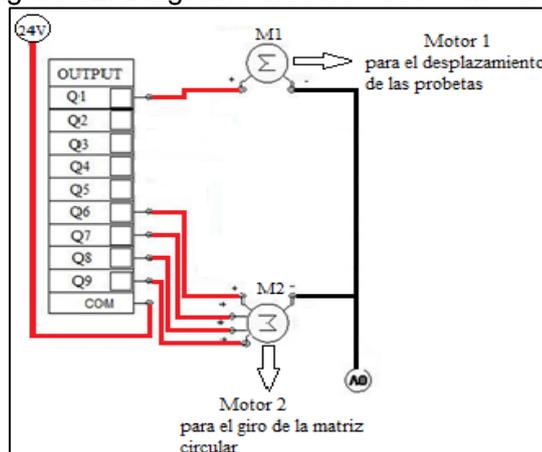


Fuente: Autores

Diagrama de instalación de motores. Para conectar el motor paso a paso existen 6 cables de distinto color, dos cables pertenecen al común de cada par de bobinas, los cables de color blanco y celeste estarán conectados al neutro, los cuatro cables restantes de color azul, rosado, amarillo y tomate pertenecen a cada bobina las cuales van conectados a las salidas del Logo a 24VCA.

Para el servomotor se cuenta con dos cables de color negro y blanco, el cable negro irá conectado a la fase a 24VAC y el cable de color blanco ira conectado al neutro.

Figura 62. Diagrama eléctrico de los motores

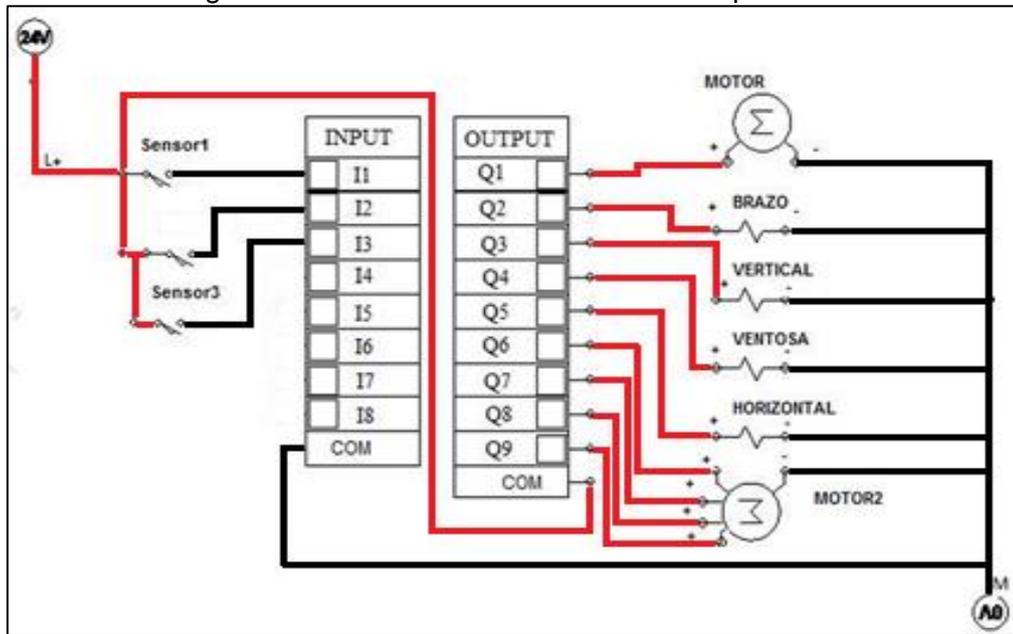


Fuente: Autores

Diagrama electroneumático del sistema. Este diagrama está formado por los circuitos eléctricos de control y el circuito neumático. Para realizar el circuito de control eléctrico primero se debe asignar las variables tanto de entradas como de salidas al Logo Ethernet para luego realizar las conexiones del circuito de control.

Circuito eléctrico de control. Este circuito muestra la forma de conectar las entradas y salidas del Logo Ethernet y también de cada uno de los elementos a la fuente de 110V que servirán para el control y mando del proceso.

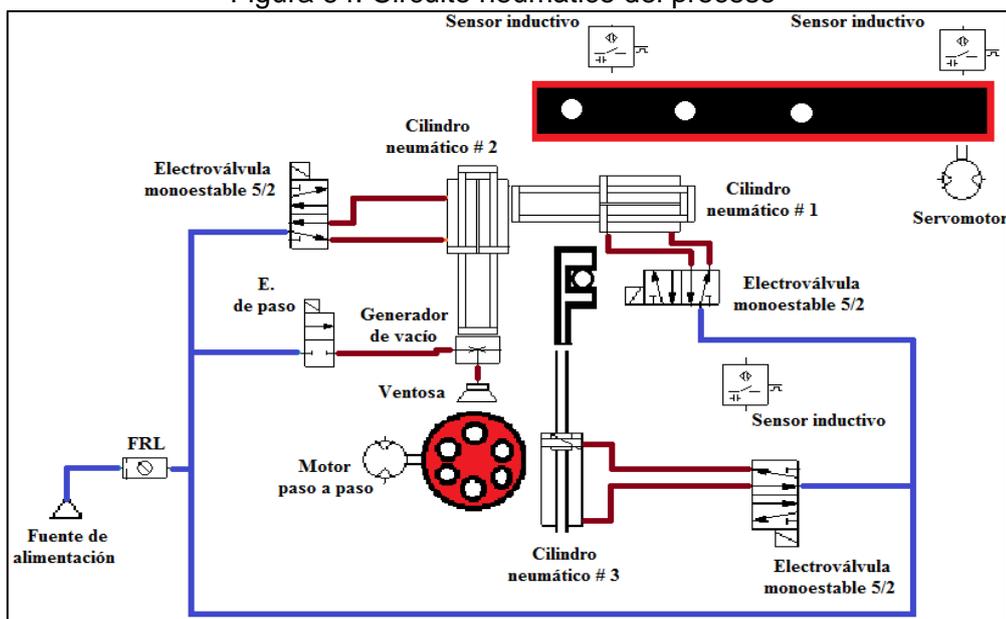
Figura 63. Circuito eléctrico de control del proceso



Fuente: Autores

Circuito electroneumático. En este circuito se puede apreciar el avance y retorno de los cilindros neumáticos accionados por las electroválvulas que controlan la carrera de los mismos mediante una fuente de aire comprimido.

Figura 64. Circuito neumático del proceso

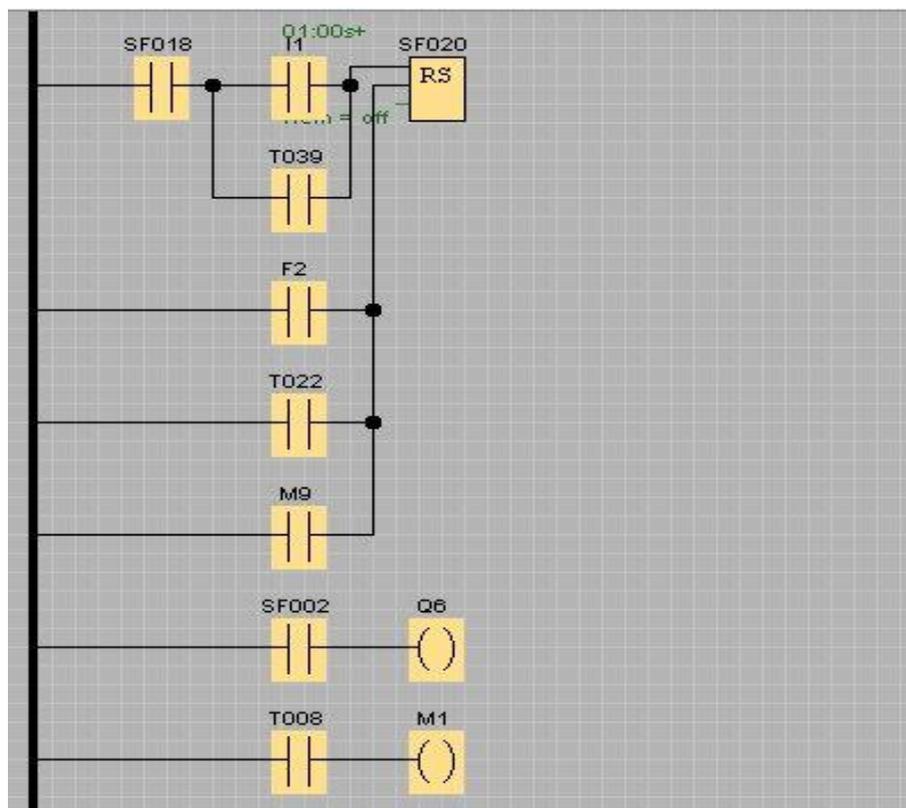
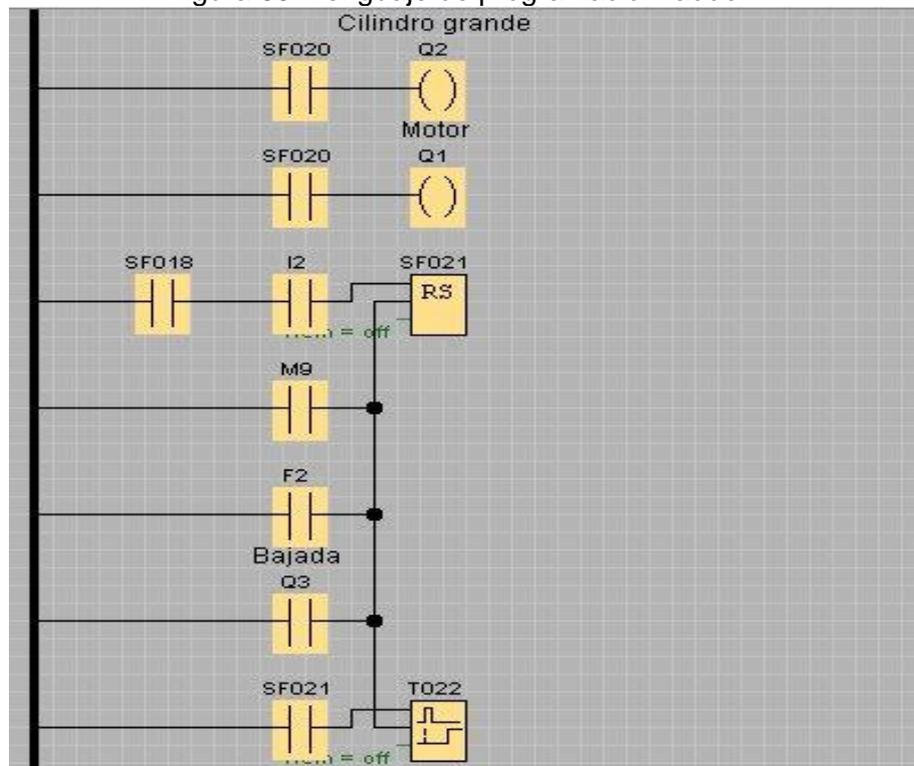


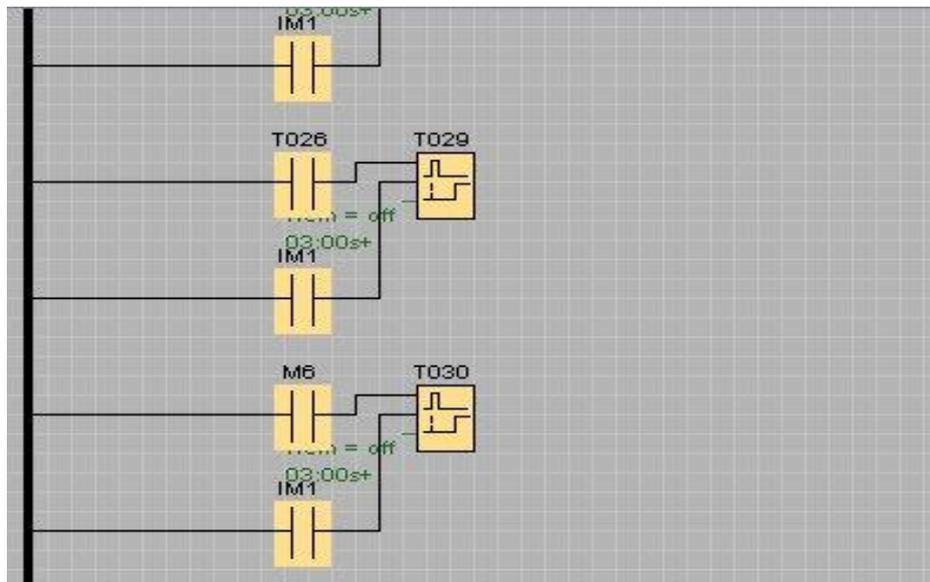
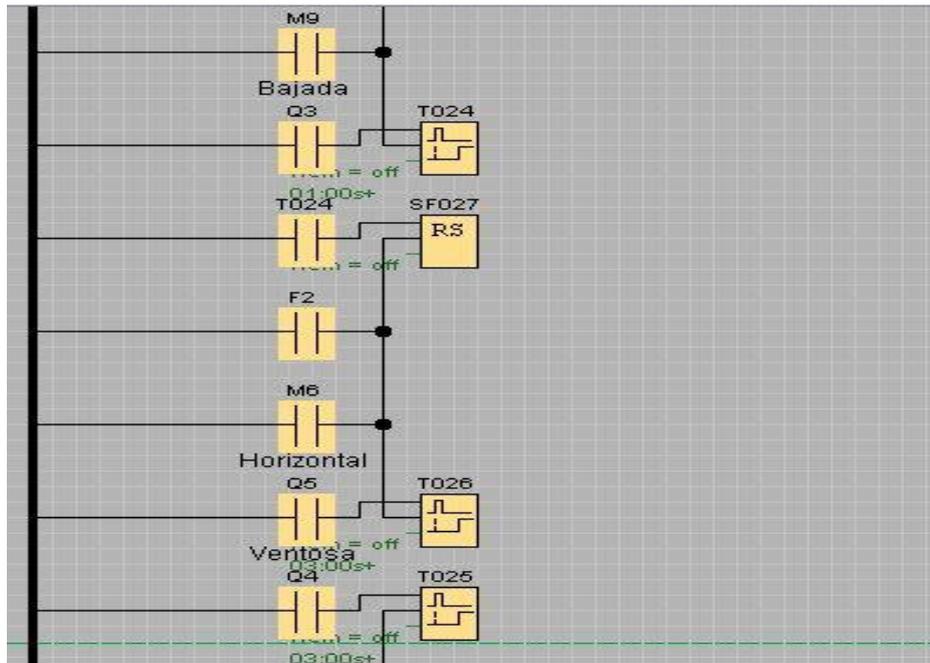
Fuente: Autores

Diagrama de programación

Circuito ladder.

Figura 65. Lenguaje de programación ladder





Fuente: Autores

3.3 Construcción del módulo didáctico posicionador de partes cilíndricas

3.3.1 Estructura del módulo didáctico.

- Corte y doblado de la plancha de acero inoxidable.
- Soldado de las aberturas en cada esquina de la carcasa y pulido.
- Colocación de pletinas para el apoyo de la base de acrílico.
- Corte de la plancha de acrílico, elaboración del orificio para el panel de control y montaje en la carcasa.

Figura 66. Estructura del módulo con base de acrílico

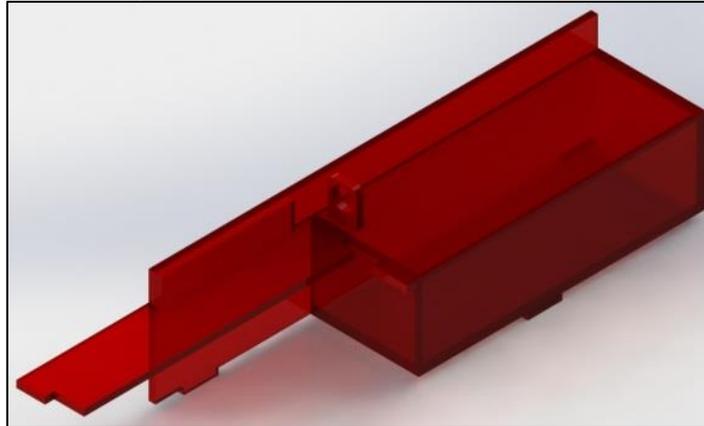


Fuente: Autores

3.3.2 *Apoyo del brazo neumático.*

- Corte de cada elemento con sus distintas medidas en la plancha de acrílico.
- Ensamblaje de los elementos.

Figura 67. Apoyo del brazo neumático

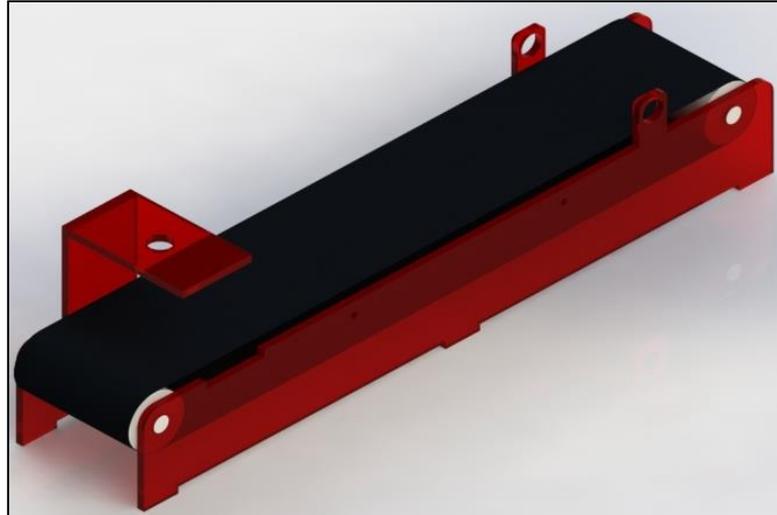


Fuente: Autores

3.3.3 *Banda transportadora.*

- Corte del acrílico para la elaboración de los perfiles de la banda transportadora.
- Construcción y ubicación de los rodillos en los perfiles para el desplazamiento de la cinta transportadora.
- Colocación de la cinta transportadora y alineación.

Figura 68. Banda transportadora

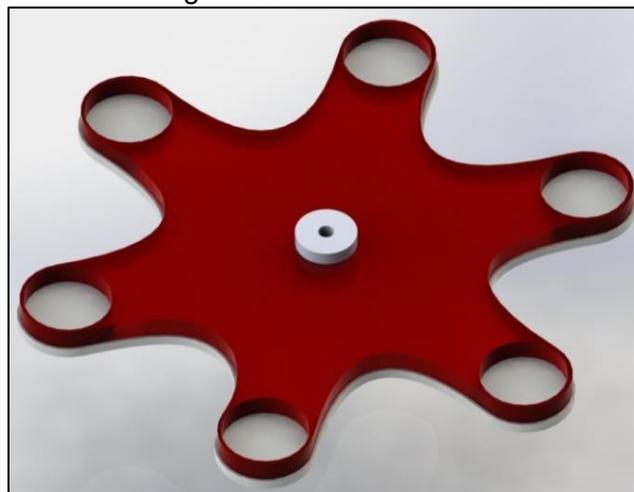


Fuente: Autores

3.3.4 *Matriz circular.*

- Diseño mecánico para elaborar la matriz con seis depósitos.
- Extrucción - corte de los depósitos de probetas cilíndricas.
- Elaboración y ubicación del eje de sujeción.

Figura 69. Matriz circular

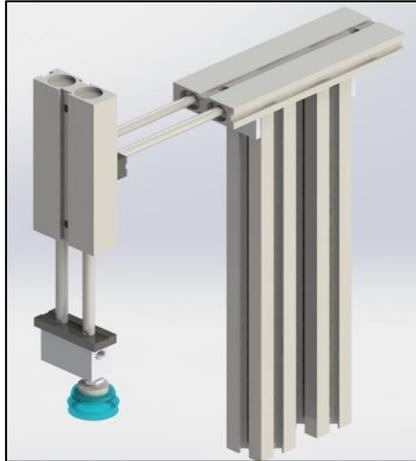


Fuente: Autores

3.3.5 *Sistema de sujeción de probetas.*

- Corte del perfil cuadrado de aluminio.
- Montaje de los cilindros neumáticos 2 y 3.
- Ubicación del generador de vacío y ventosa de fuelle.

Figura 70. Sujeción de probetas



Fuente: Autores

3.3.6 *Ensamblaje de los distintos elementos del módulo didáctico.*

Montaje en la base de:

- Apoyo del brazo neumático.
- Banda transportadora.
- Matriz circular.
- Sistema de sujeción de probetas.
- Caja térmica.
- Pantalla Logo Ethernet.

Figura 71. Ensamblaje del módulo didáctico



Fuente: Autores

3.4 Construcción del panel de control

Las conexiones del panel son:

- Fuentes de alimentación.
- Logo Ethernet.
- Válvulas electroneumáticas.
- Red neumática.
- Red eléctrica.

Figura 72. Panel de control



Fuente: Autores

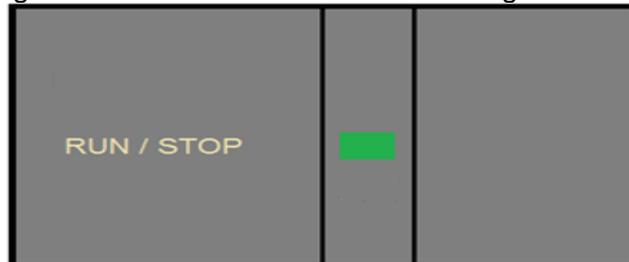
CAPÍTULO IV

4. MANUAL DE OPERACIÓN, DE MANTENIMIENTO Y GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO.

4.1 Comunicación entre el ordenador y el Logo Ethernet

Para realizar la comunicación entre el ordenador y el Logo Ethernet es importante contar con el cable para transferir datos (cable Ethernet). De tal forma que el ordenador al realizar el reconocimiento del Logo, inmediatamente el led RUN parpadea indicando si la comunicación se ha realizado exitosamente.

Figura 73. Comunicación ordenador-Logo Ethernet



Fuente: Autores

4.1.1 Interfaz ordenador-Logo.

- Se selecciona del escritorio el acceso directo del programa LOGO Soft y se ejecuta.

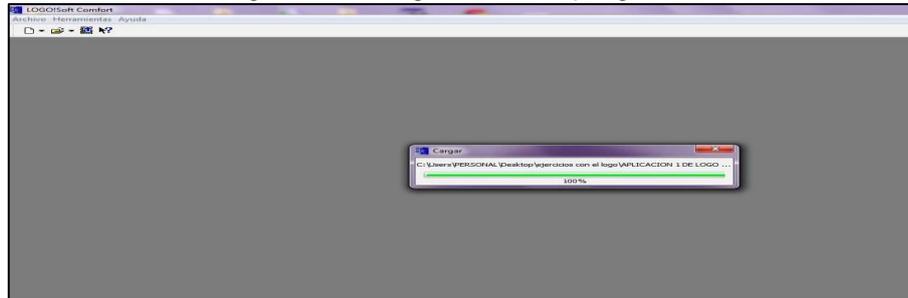
Figura 74. Selección desde el escritorio



Fuente: Autores

- Se selecciona la programación y se espera que se cargue.

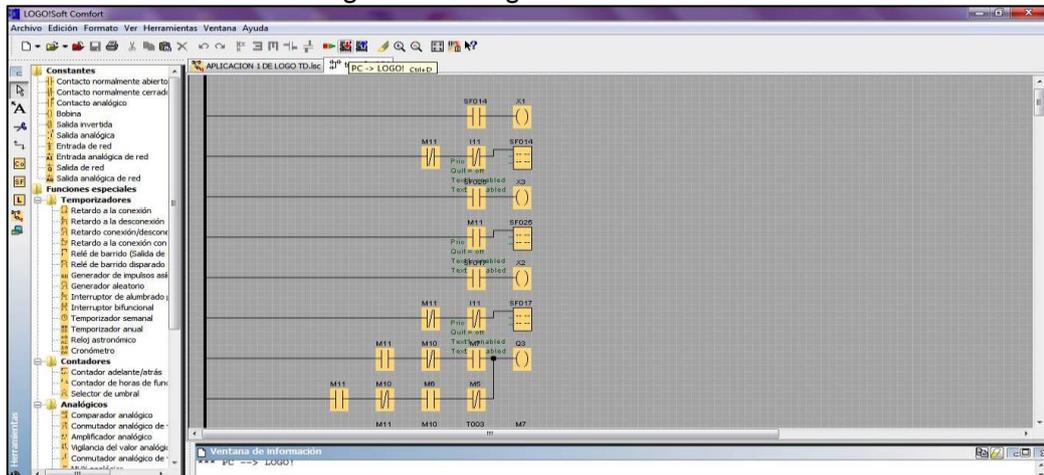
Figura 75. Cargando en el programa



Fuente: Autores

- Una vez cargado se realiza la programación.

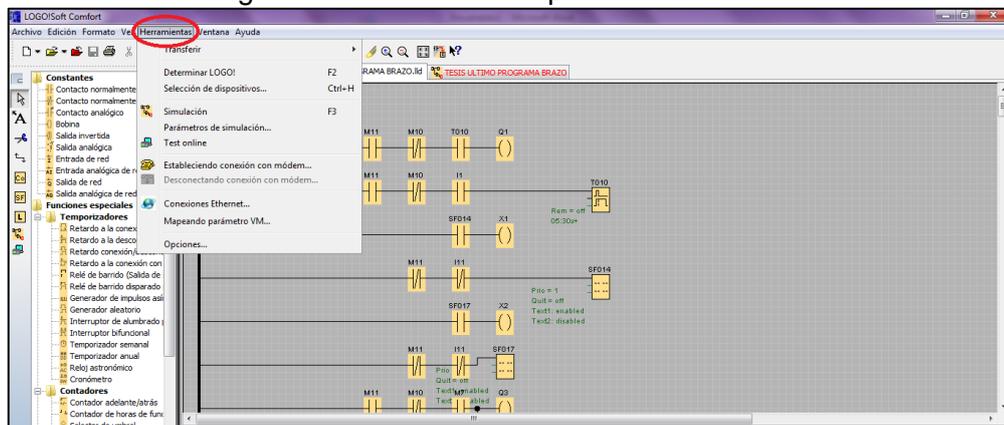
Figura 76. Programación ladder



Fuente: Autores

- En la barra de aplicaciones del programa se selecciona la opción herramientas.

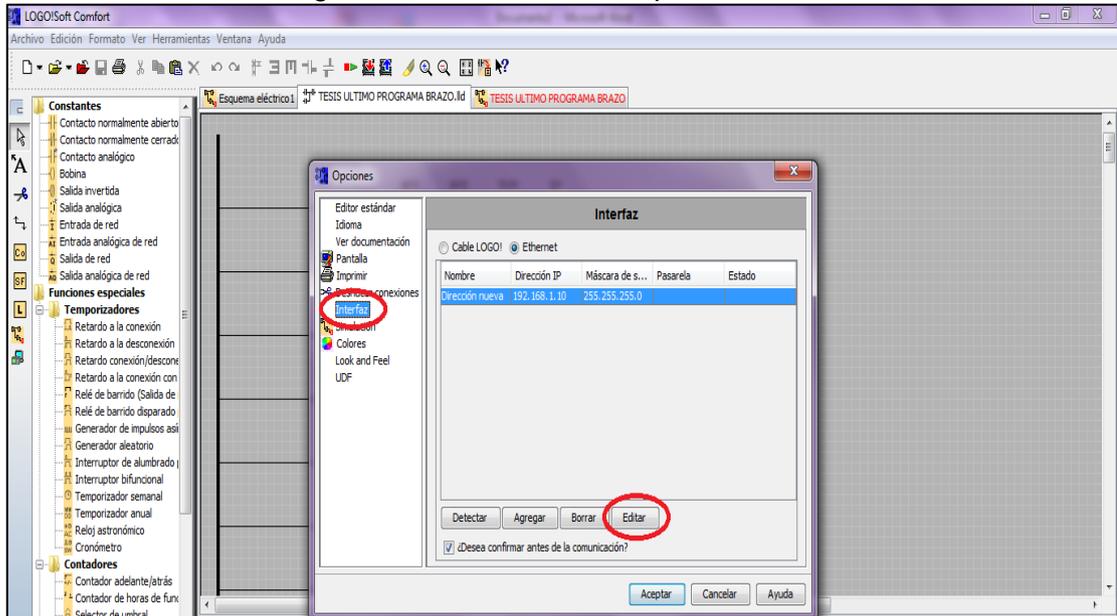
Figura 77. Selección de opción herramientas



Fuente: Autores

- Una vez que se abra la ventana de opciones se selecciona la opción interfaz y luego la opción editar.

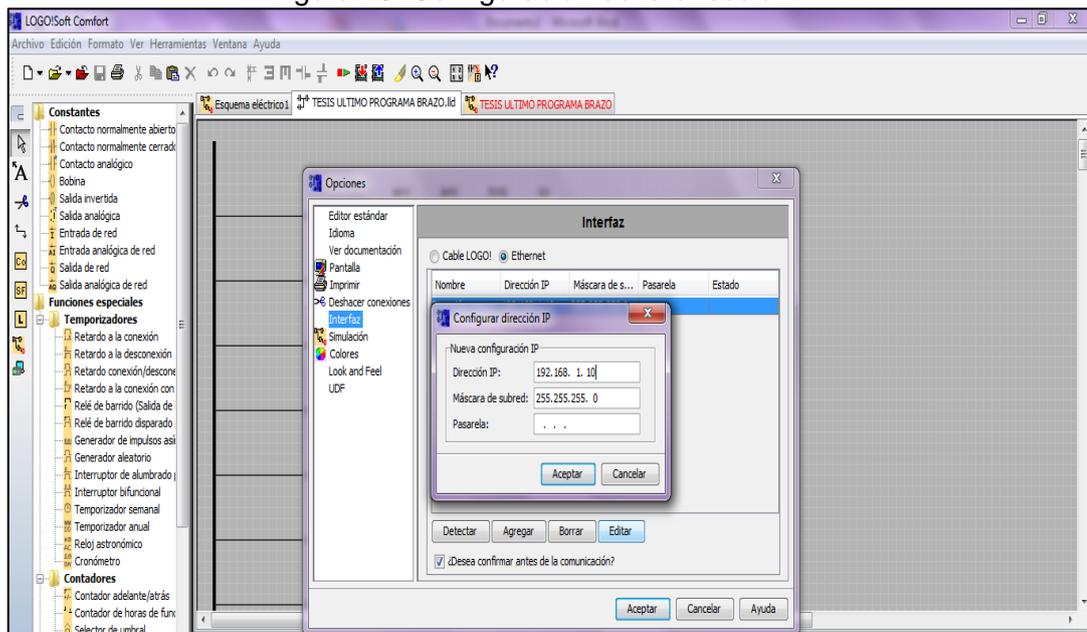
Figura 78. Selección de la opción interfaz



Fuente: Autores

- Configuramos la dirección del IP del Logo Ethernet, la cual se consigue de los datos técnicos del equipo para el reconocimiento entre el Logo y el software LOGO Soft y aplicamos la opción aceptar en la ventana de la interfaz y de configuración.

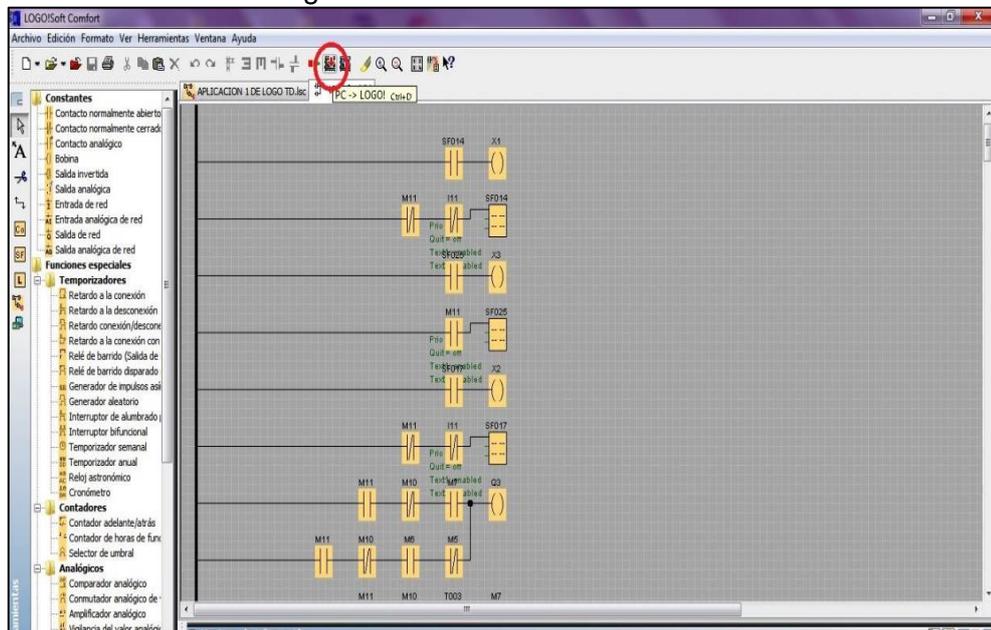
Figura 79. Configuración de la dirección IP



Fuente: Autores

- Inmediatamente aplicamos la opción PC- Logo Para lograr la transferencia de datos.

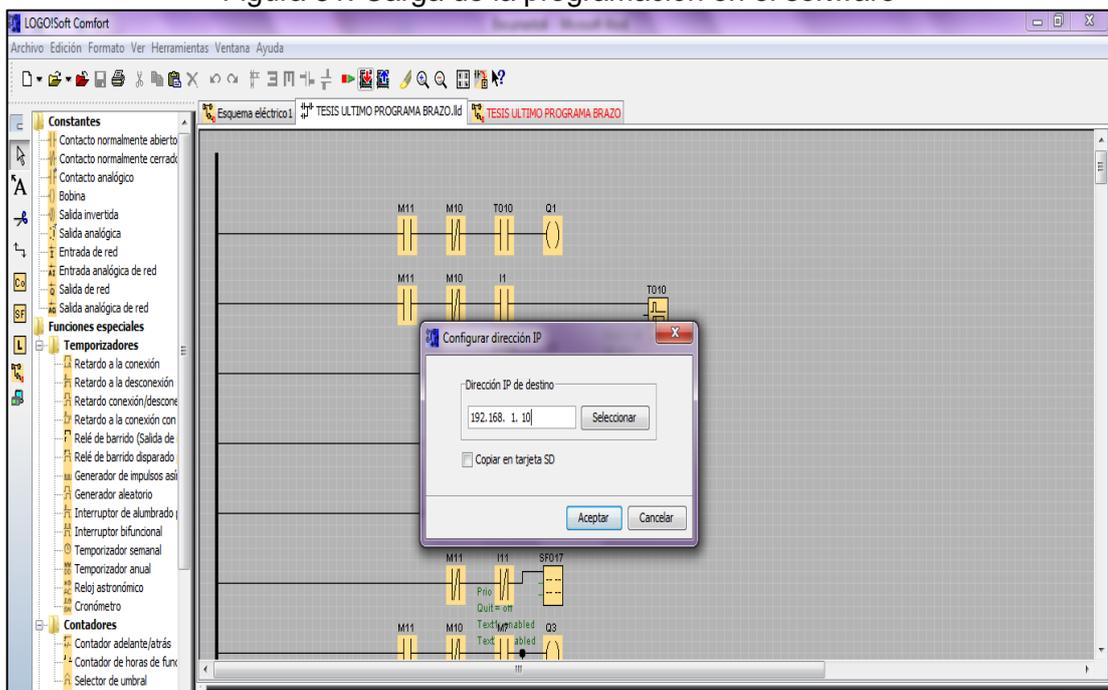
Figura 80. Transferencia de datos



Fuente: Autores

- Aparecerá una nueva ventana en la cual se debe colocar nuevamente el IP del Logo Ethernet y así conseguir cargar la programación en el software.

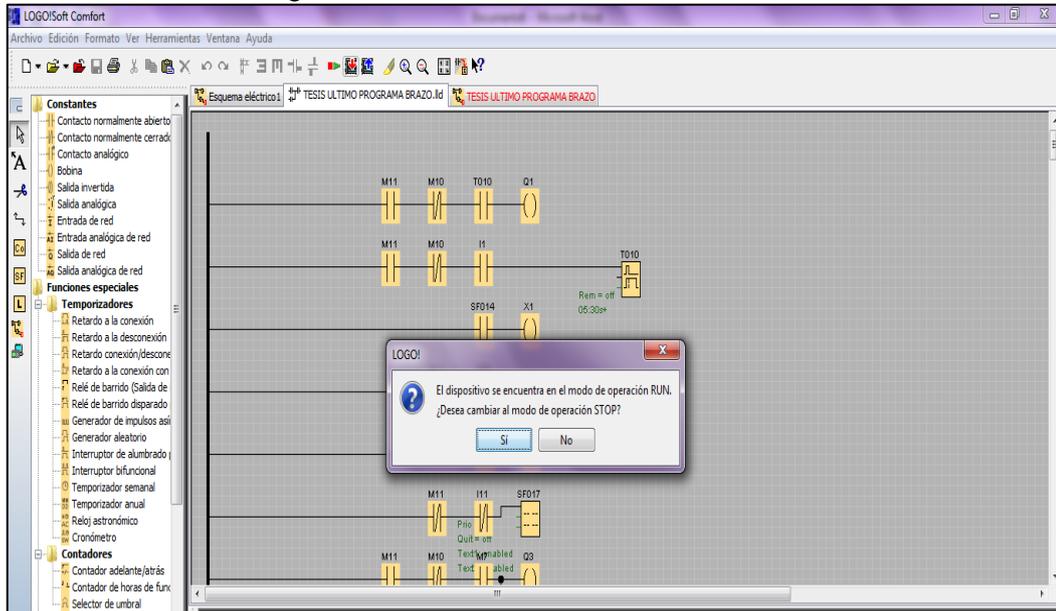
Figura 81. Carga de la programación en el software



Fuente: Autores

- A continuación se selecciona la opción SI para desvincular el modo RUN y que permanezca la programación en STOP hasta poner a punto el módulo didáctico.

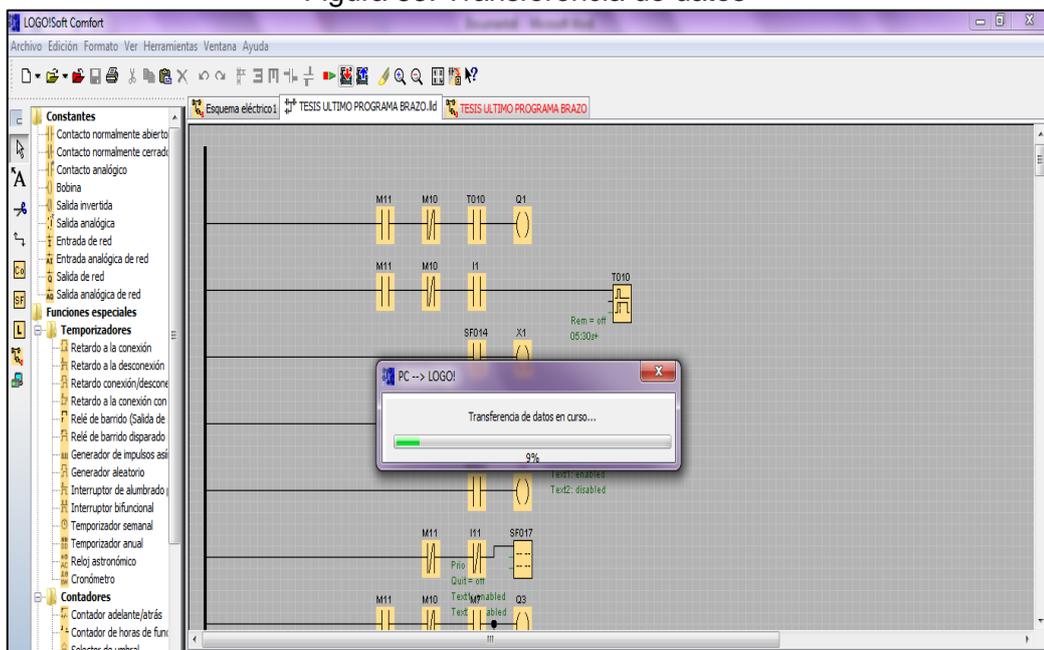
Figura 82. Desvinculación del modo RUN



Fuente: Autores

- Y finalmente se transfiere los datos con lo que el Logo Ethernet quedará listo para funcionar.

Figura 83. Transferencia de datos



Fuente: Autores

4.2 Manual de operación

El objetivo del manual, es guiar al estudiante sobre el correcto manejo del módulo didáctico para el proceso de posicionamiento de partes cilíndricas, el cual contiene una serie de elementos mecánicos, neumáticos, eléctricos y electrónicos mismos que deben ser manipulados con cuidado.

Estos elementos representan un riesgo al instante de manipular el equipo, el siguiente manual de operación detalla la forma de cómo utilizar el módulo didáctico.

Vale recalcar que durante la marcha del módulo didáctico no se podrá modificar el proceso, es decir, cuando uno de los tres sensores detecta el objeto y si se realiza alguna manipulación a la parte cilíndrica por el usuario alteraría el proceso.

4.2.1 *Indicaciones para su utilización.* El manipular el equipo implica riesgos por eso se detalla indicaciones para su utilización.

4.2.1.1 *Indicaciones de seguridad.* En la ejecución de diferentes procesos automáticos, se requiere de máquinas y equipos, las mismas que son alimentadas con energía eléctrica, neumática.

El exceso de confianza de los operadores es uno de los principales motivos que generan un sin número de accidentes que afectan a la salud, al medio ambiente e instalaciones industriales, por lo tanto se recomienda lo siguiente:

- Al iniciar el trabajo con el módulo didáctico se debe realizar una inducción para evitar los actos inseguros.
- Comprobar que los ductos de aire estén todos conectados correctamente y verificar si no existe fugas.
- Revisar las conexiones eléctricas estén completamente aisladas y los cables en perfecto estado.
- Verificar el diagrama de conexiones de entradas (I) y salidas (Q).

4.2.1.2 *Indicaciones mecánicas.*

- Comprobar que todos los componentes estén fijos.
- Alinear los componentes a la estructura del módulo didáctico.

4.2.1.3 *Indicaciones eléctricas.*

- Electroválvulas neumáticas, motores funcionan a 24 VCD.
- Sensores y la pantalla Logo TD 90 funcionan a 24 VDC.
- El Logo Ethernet se conecta directamente a la fuente de alimentación de 110 VAC el mismo transforma el voltaje a 24 VCD necesario para su funcionamiento.

4.2.1.4 *Indicaciones neumáticas.*

- No se debe superar la presión máxima admisible de 8 bares, considerando que usamos en el módulo didáctico la presión de trabajo de 6 bares, el mismo que es regulado por FRL (Filtro regulador lubricador).
- Por seguridad se debe conectar los ductos neumáticos en los racores de los elementos neumáticos antes que se realice el paso de aire comprimido al sistema.

4.2.2 *Descripción del proceso.* El proceso inicia al momento que presionamos (F1) de la pantalla Logo TD misma que activara y dará paso a las señales de entrada de manera que ya se puede colocar la primera parte cilíndrica en la banda transportadora e inmediatamente es detectada por un sensor inductivo (I1), el cual activa al servomotor (Q1) de la banda transportadora para que traslade la probeta, a su vez activa al solenoide de la electroválvula (Q2) para que avance el vástago del cilindro neumático "A", el mismo que tendrá en su vástago una pinza que sujeta a la parte cilíndrica.

En ese mismo instante el sensor capacitivo (I2) detectará el objeto y permitirá la activación de un segundo temporizador para que al transcurrir un cierto tiempo, detenga el paso de energía y así el vástago del cilindro neumático "A" retorne trasladando la probeta a la posición de sujeción.

Con la probeta en posición, el sensor capacitivo (I3) detectará el elemento cilíndrico y activará la bobina de la electroválvula monoestable (Q3) para que el vástago del cilindro neumático "B" descienda toda su carrera permitiéndole llegar a la ventosa a la cara superior de las partes cilíndricas.

Luego de un periodo de tiempo con ayuda de un tercer temporizador, el Logo Ethernet activará a la electroválvula de paso (Q4), permitiendo el paso de aire al generador de vacío y entregue la depresión a la ventosa de fuelle.

La misma que sujeta a la parte cilíndrica y con ayuda de un cuarto temporizador al transcurrir un periodo de tiempo detiene el paso de energía y permite el retorno del vástago del cilindro neumático “B”.

A continuación el Logo Ethernet al transcurrir un cierto tiempo con ayuda de un quinto temporizador activará la bobina de la electroválvula monoestable (Q5) permitiendo el avance del vástago del cilindro neumático “C”.

Con apoyo de un sexto temporizador, nuevamente se activa la bobina de la electroválvula monoestable (Q3) permitiéndole descender al vástago del cilindro “B” y se desactivará la electroválvula de paso permitiéndole soltar a la ventosa la parte cilíndrica que será colocada en la matriz circular.

Una vez colocada la primera parte cilíndrica se desactiva el solenoide tanto el cilindro B como el cilindro C permitiendo retornar a su posición inicial listos para el siguiente proceso.

Finalmente el Logo Ethernet con ayuda de un séptimo temporizador activará (Q6) (Q7) (Q8) y (Q9) siguiendo una secuencia de activación la cual va a girar el motor con una precisión o apreciación de 1.8 grados por cada pulso o señal que envía el logo al motor activara las bobinas logrando que la matriz circular gire ubicándose en una nueva posición para una siguiente parte cilíndrica.

Finalmente para cuando se termina el proceso se presiona (F2) de la pantalla TD misma que bloquea las señales de entrada desactivando así el funcionamiento del posicionador.

Se cuenta también con la tecla (F3), (F4). La tecla (F3) es el paro de emergencia misma que desactiva todo el sistema al instante y las la tecla. (F4) se conserva para un siguiente proceso, alguna modificación o aumento que se requiera en el módulo posicionador de partes.

4.2.2.1 *Asignación de entradas y salidas.* Las entradas (I) y salidas (Q) funcionan a 24VDC, misma que es alimentada por una fuente de alimentación Logo. Las conexiones están realizadas con cables, con terminales ponchados de color rojo para la línea fase y negro para la línea neutra.

Tabla 35. Asignación de variables

Entradas/salidas	Dirección física	Nombre	Descripción
Logo TD	F ₁	ON	Pulsador de encendido
Logo TD	F ₂	OFF	Pulsador de apagado
Logo TD	F ₃	Paro Emergencia	Pulsador de paro total del proceso
Entrada	I ₁	S ₁	Sensor de proximidad 1
Entrada	I ₂	S ₂	Sensor de proximidad 2
Entrada	I ₃	S ₃	Sensor de proximidad 3
Salida	Q ₁	M ₁	Servomotor 1
Salida	Q ₂	C.N. 1	Acciona la electroválvula 5/2 y avanza el vástago del cilindro1
Salida	Q ₃	C.N. 2	Acciona la electroválvula 5/2 y desciende el vástago del cilindro2
Salida	Q ₄	Ventosa	Acciona la electroválvula unidireccional para generar vacío
Salida	Q ₅	C.N. 3	Acciona la electroválvula 5/2 y avanza el vástago del cilindro3
Salida	Q ₆	M ₂	Motor paso a paso
	Q ₇		
	Q ₈		
	Q ₉		

Fuente: Autores

Recomendaciones:

- Utilizar partes cilíndricas con un diámetro de 34 mm y una altura de 34 mm por lo que la matriz circular para depositar estas probetas está diseñada para esas dimensiones.
- El Logo Ethernet debe funcionar con las entradas (I) y salidas (Q) con un voltaje de 24VDC.
- Se debe drenar la unidad de mantenimiento.
- Verificar que la conexión este correcta.
- Regular avance y retorno de los cilindros.
- Utilizar partes cilíndricas metálicas

4.3 Guía práctica de aplicación

La guía indica todos los parámetros que se debe seguir para una correcta manipulación del módulo didáctico, (ver anexo A).

4.4 Manual de mantenimiento.

4.4.1 Justificación. El manual de mantenimiento ayuda a mantener en continuo funcionamiento los elementos que conforman el módulo didáctico mediante la prevención y eliminación de los desperfectos que presente.

Con el manual de mantenimiento es posible anticipar y planificar con precisión sus requerimientos reduciendo los inventarios de refacciones y así evitar paros imprevistos debido a un daño parcial o completo.

4.4.2 Objetivos.

Objetivo general

Realizar el manual de mantenimiento preventivo y correctivo para el módulo didáctico posicionador de partes.

Objetivos específicos

- Realizar la hoja de datos técnicos.
- Realizar el checklist.
- Determinar la regularidad con la cual se realiza el mantenimiento.

4.4.3 Introducción. El mantenimiento va junto con el crecimiento tecnológico, por lo que es necesario prepararnos con técnicas ideales, así como los procesos que se realizan para ejecutar y evaluar el mantenimiento más apropiado.

Por último se concluye que al realizar este trabajo se estableció la programación para el mantenimiento con la realización de los respectivos checklist según sea la necesidad.

4.4.4 Partes del posicionador de partes cilíndricas.

Parte mecánica. Está conformada por un servomotor, motor paso a paso, banda transportadora, pinza de sujeción, matriz circular.

Parte neumática. Está conformado por electroválvulas neumáticas monoestables, cilindros de doble efecto, manguera, FRL, ventosa, generador de vacío.

Parte eléctrica y electrónica. Conformada por sensores de proximidad, pantalla Logo TD, Logo y cable Ethernet.

4.4.6 Mantenimiento a realizar. Se debe realizar mantenimiento mecánico, eléctrico y neumático.

4.4.6.1 Mantenimiento eléctrico.

- Inspeccionar el motor y el circuito eléctrico.
- Verificar el Logo Ethernet y la pantalla.

Tabla 36. Frecuencia de inspección

Tarea	Frecuencia
Inspeccionar el motor y el circuito eléctrico.	300 Horas

Fuente: Autores

Procedimiento

- Desconectar la alimentación eléctrica del módulo didáctico.
- Abrir la carcasa del motor.
- Limpiar.
- Inspeccionar el estado del eje y rodamiento.
- Verificar las líneas fase y neutro del motor.
- Inspeccionar el estado de los cables.

Herramientas y materiales

- Destornillador plano y estrella.
- Multímetro.

- Brocha.
- Guaípe.
- Cable delgado.

Observaciones de seguridad

- Desconectar la alimentación eléctrica del equipo.
- Utilizar guantes y gafas.
- Conectar las fases en base al sentido de giro del motor.

Tabla 37. Mantenimiento de Logo

Tarea	Frecuencia
Inspección del Logo Ethernet.	100 horas

Fuente: Autores

Procedimiento

- Quitar la alimentación eléctrica del módulo didáctico.
- Desenergizar el Logo Ethernet y pantalla Logo TD .
- Verificar el estado del Logo Ethernet.

Herramientas y materiales

- Destornillador plano y estrella.
- Multímetro.
- Brocha.
- Guaípe.

Observaciones de seguridad

- Quitar la alimentación del equipo.
- Utilizar guantes y gafas.
- Evitar golpear el Logo Ethernet.

4.4.6.2 Mantenimiento mecánico.

- Inspección del anclaje del motor al rodillo motriz.

- Inspeccionar cinta transportadora.

Inspeccionar rodillos y acople hacia el motor

Tabla 38. Frecuencia de mantenimiento

Tarea	Frecuencia
Inspección del anclaje del motor al rodillo motriz	200 horas

Fuente: Autores

Procedimiento

- Desconectar la alimentación eléctrica y neumática del módulo didáctico.
- Inspeccionar los pernos de anclaje del motor al rodillo.

Herramientas y materiales

- Llave hexagonal.
- Nivel.

Materiales

- Guaípe.
- Pernos.

Observaciones de seguridad

- Utilizar guantes.
- Utilizar gafas.
- Utilizar mandil.

Tabla 39. Inspección de cinta transportadora

Tarea	Frecuencia
Inspeccionar cinta transportadora	Cada 200 horas

Fuente: Autores

Procedimiento

- Desmontar la banda transportadora con los rodillos de los perfiles de acrílico.
- Verificar la unión entre los extremos de la banda transportadora.

- Limpiar los rodillos y los perfiles de acrílico.
- Ubicar las banda transportadora en los rodillos.
- Montarlo en los perfiles de acrílico.
- Alinear y tensar las cinta transportadora.

Herramientas y materiales

- Llave Allen # 1/8.
- Llave hexagonal.
- Nivel.
- Brocha.
- Guaípe, agua y jabón.
- Brocha.

Observaciones de seguridad

- Utilizar guantes y gafas.
- Utilizar mandil y mascarilla.

4.4.6.3 *Mantenimiento neumático.*

- Drenar el FRL.
- Inspeccionar que no exista fugas en las uniones del conducto neumático.
- Inspeccionar los cilindros de doble efecto.
- Inspeccionar el estado de la ventosa.
- Inspeccionar el estado de las mangueras.
- Inspeccionar las electroválvulas monoestables.

Tabla 40. Mantenimiento FRL

Tarea	Frecuencia
Drenar el FRL	Cada 100 horas

Fuente: Autores

Procedimiento

- Controlar fugas.
- Verificar de forma visual la contaminación ambiental.

- Ubicar la perilla de drenaje, inspeccionar los racores y limpiar.
- Retirar y sopletear el filtro para eliminar las impurezas detenidas.

Observaciones de seguridad

- Quitar la alimentación neumática.
- Utilizar guantes.
- Gafas.
- Utilizar mandil.

Tabla 41. Frecuencia de inspección de ventosa

Tarea	Frecuencia
Inspeccionar de que no exista fugas en las uniones del conducto neumático	Cada 100 horas

Fuente: Festo Pneumatic, 2009

Procedimiento

- Desmontar los elementos neumáticos de la red neumática y limpiar.
- Inspeccionar que el filtro del aire no contenga partículas sólidas.
- Comprobar el funcionamiento del generador de vacío.

Observaciones de seguridad

- Quitar la alimentación neumática.
- Utilizar guantes.
- Gafas.
- Utilizar mandil.

4.4.6.4 Checklist

Tabla 42. Checklist para Mantenimiento Preventivo Neumático y Eléctrico

	CHECKLIST PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO MENSUAL NEUMÁTICO Y ELÉCTRICO DEL MODULO POSICIONADOR DE PARTES													
	Responsable:	Fecha de inicio:						Fecha de finalización:						
Elementos neumático	Lista de actividades	Periodicidad (mensual)												Observación
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Cilindros de doble efecto	Operaciones de limpieza													
	Inspeccionar en todo el sistema si hay fugas													
	Verificar el apriete de los estrangulares de los cilindros													
	Verificar la lubricación del cilindro (émbolo y vástago)													
Unidad de mantenimiento	Operaciones de limpieza													
	Verificar que la presión de trabajo este a 6 bar													
	Drenar las impurezas													
LOGO TD	Operaciones de limpieza													
	Revisar la alimentación del Logo													
	Revisar conexiones de entradas y salida													
Cables y bomeras	Revisión del estado de los conectores													
	Inspección de los terminales de los conectores													
	Revisión del estado de las bomeras													

Fuente: Autores

Tabla 43. Checklist para elementos mecánicos

	CHECKLIST PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO MENSUAL MECÁNICO DEL MÓDULO POSICIONADOR DE PARTES													
	Responsable:	Fecha de inicio:						Fecha de finalización:						
Elementos mecánicos	Lista de actividades	Periodicidad (mensual)												OBSERVACIONES
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Servomotor	Operaciones de limpieza													
	Visitas de inspección (vibraciones, temperatura)													
Motor paso a paso	Operaciones de limpieza													
	Visitas de inspección (vibraciones, temperatura)													
Banda transportadora	Operaciones de limpieza													
	Verificar la alineación entre rodillos													
	Verificar el tensado de la cinta													

Fuente: Autores

CAPÍTULO V

5. COSTOS

5.1 Costos directos

5.1.1 Costos mecánicos.

Tabla 44. Costos mecánicos

N	Descripción	Unidad	Total (USD)	Precio
1	Plancha de acero inoxidable	2	140	
2	Perfil cuadrado de aluminio	1	5	
3	Nylon para eje	2	30	
4	Plancha de acrílico de 6 mm de espesor	1	65	
5	Rodillos de nylon de 30mm de diámetro	2	15	
6	Caja térmica	1	80	
7	Pernos y arandelas	10	0,6	
8	Pernos de 1/4"	8	3	
9	Perfil de aluminio de 200 mm de longitud	1	10	
10	Cinta transportadora	1	10	
11	Pletina de acero de 2 mm de espesor	1	10	
Total			368,6	

Fuente: Autores

5.1.2 Costos neumáticos.

Tabla 45. Costos neumáticos

N	Descripción	Unidad	Total (USD)	precio
1	Cilindro de doble efecto	1	80	
2	Cilindro de doble efecto y doble vástago	2	140	
3	Generador de vacío	1	54	
4	Ventosa	1	24	
5	Unidad de mantenimiento(FRL)	1	80	
6	Electroválvula 5/2 monoestable	4	160	
7	Records	7	5,4	
8	Manifull	1	40	
9	Válvulas estranguladoras	2	12	
10	Manguera azul de 6 mm de diámetro por 6 m	1	5	
Total			600,4	

Fuente: Autores

5.1.3 Costos eléctricos.

Tabla 46. Costos eléctricos

N	Descripción	Unidad	Total precio (USD)
1	Canaleta plásticas	1	5
2	Módulo de conexiones	2	7
3	Fuente de alimentación	1	86,75
4	Terminales planos	60	6
5	Sensores inductivos de proximidad	3	135
6	Cable # 16 de 10 m de longitud	1	10
7	Expansiones de Logo de 4 entradas	1	78,94
8	Expansiones de Logo de 8 entradas	1	128
9	Pantalla Logo TD 90	1	175
10	Logo Ethernet	1	194,74
Total			826,43

Fuente: Autores

5.1.4 Costos por maquinaria y transporte.

Tabla 47. Costos de maquinaria

N	Descripción	Total precio (USD)
1	Soldadora autógena	35
2	Dobladora	15
3	Amoladora	10
4	Limatón	2
5	Cortadora eléctrica	15
6	Taladro	5
7	Corte por Plasma	20
8	Torno	15
Total		117

Fuente: Autores

Tabla 48. Costos de transporte de material

N	Descripción	Total precio (USD)
1	Material al taller	25
Total		25

Fuente: Autores

5.1.5 Costos directos totales.

Una vez que se ha determinado los costos mecánicos, eléctricos, neumáticos, costos de maquinaria, costos de transporte se procede a sumar para obtener los costos directos totales.

Tabla 49. Costos totales

N	Descripción	Total precio (USD)
1	Costos mecánicos	368,6
2	Costos neumáticos	600,4
3	Costos eléctricos	826,43
4	Costos de maquinaria	117
5	Costos de transporte	25
Total		1937.43

Fuente: Autores

5.2 Costos indirectos

Tabla 50. Costos indirectos

N	Descripción	Total precio (USD)
1	Imprevistos	220
Total		220

Fuente: Autores

5.3 Costos totales

Tabla 51. Costos totales

N	Descripción	Total precio (USD)
1	Costos directos totales	1937,43
2	Costos indirectos totales	220
Total		2157,43

Fuente: Autores

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Se investigó el funcionamiento de cada uno de los componentes que intervienen en el proceso automatizado del módulo, por lo cual se concluye que cada elemento tiene su respectivo funcionamiento en el proceso, los cuales son controlados mediante una programación.

Se realizó la selección de los elementos mecánicos, neumáticos y eléctricos, considerando sus características técnicas, estética, costos y disponibilidad en el mercado. Para llevar a cabo una adecuada construcción.

Se desarrolló la programación y la comunicación PC- LOGO Ethernet para el respectivo control y funcionamiento del proceso automatizado para el posicionador de partes.

Se elaboró un manual de operación, mantenimiento, y guía práctica de laboratorio en el cual se indica los parámetros técnicos, las normas básicas de seguridad para la correcta operación del módulo didáctico.

Se determinaron los costos directos e indirectos los cuales nos dieron un costo total, para llevar a cabo la fabricación del módulo didáctico.

6.2 Recomendaciones

Antes de poner en funcionamiento el módulo posicionador de partes se debe contar con el respectivo manual de operación para evitar cualquier tipo de incidente.

Luego que la ventosa succione la probeta se debe proceder a enviar otra probeta, caso contrario alteraría el funcionamiento para el cual está programado.

Si se desea controlar la velocidad de avance y retorno de los cilindros neumáticos se debe regular los estranguladores de caudal mismos que están acoplados al cilindro y en las electroválvulas

BIBLIOGRAFÍA

ARÉVALO, Animata S.A. 2013. Control de procesos. [En línea] 2013. [Citado el: 25 de 08 de 2014.] <http://es.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=control-de-procesos/logo>.

CISNEROS, David. 2013. Conceptos basicos de neumatica e hidraulica. [En línea] Stone Crusher Machine., 2013. [Citado el: 05 de 10 de 2014.] <http://www.ehu.es/manufacturing/docencia>.

FESTO , Automatizacion. 2009. Automatizacion. [En línea] Catalogo FESTO PNEUMATIC, 2009. [Citado el: 12 de 11 de 2014.] <http://www.interempresas.net/FotosArtProductos/P79454.jpg>.

HERRERA, Juan. 2011. Electro Industria. [En línea] EMB, 2011. [Citado el: 25 de 07 de 2014.] Disponible en: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=81>.

MENDOSA, Diego. 2009. Actuadores electricos. [En línea] 29 de 01 de 2009. [Citado el: 18 de 08 de 2014.] <http://es.slideshare.net/diego5wh/actuadores-electricos-presentation>.

MORÁN . 2010. Sensores. [En línea] 2010. [Citado el: 20 de 10 de 2014.] <http://www./thelastlabproject.blogspot.com/2010/12clasificacion-de-los-sensores.html..>

RAMIREZ, Fsjojrin. 2010. Introducción. [En línea] Adobe Acrobat 9.3.4, 09 de 08 de 2010. [Citado el: 16 de 08 de 2014.] http://www.distritec.com.ar/micro/unidades_frl/INTRODUCCION.pdf.

SALINAS, A&D AS SM ID. 2003. Logo_s.pdf. [En línea] 22 de 05 de 2003. [Citado el: 06 de 08 de 2014.] http://cache.automation.siemens.com/dnl/zQ/zQ1ODg5AAAA_16527461_HB/Logo_s.pdf.

SIEMENS. 2011. Logo con Ethernet. [En línea] 07 de 10 de 2011. [Citado el: 26 de 07 de 2014.] <https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/noticias/pages/logo!ahora2igualdegeniales.aspx>.