

**UNIVERSIDAD DE SONORA**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE MÁQUINA  
ESTAMPADORA DE CARRETES**

**MEMORIA**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO EN MECATRÓNICA**

PRESENTA:

**ELIZANDRO LARA DURÁN**

**1942**

HERMOSILLO, SONORA

JUNIO DE 2017

# Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess



UNIVERSIDAD DE SONORA  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Hermosillo, Sonora, a 24 de MAYO del 2017

RAMÓN ALBERTO LUQUE MORALES  
Coor. del Programa de Ingeniería en Mecatrónica  
Presente.-

Por este conducto, hago de su conocimiento que estoy de acuerdo que se realice el examen profesional del alumno ELIZANDRO LARA DURÁN con expediente No. 21207398 el cual será el día 02 DE JUNIO en el aula SALA LOZANO TAYLOR a las 5:00 PM.

RELACION DE JURADOS:

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	<u>Angel Benjamín Gutiérrez Cuxéno</u>	<u>[Signature]</u>
SECRETARIO	<u>Ramón Alberto Luque Morales</u>	<u>Ramón A. Luque M.</u>
VOCAL:	<u>Cezaralo Mascayari Estrella</u>	<u>[Signature]</u>
SUPLENTE:	<u>Miguel Ángel López Arriaguel</u>	<u>[Signature]</u>

ATENTAMENTE

MIEMBROS DEL JURADO

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo especialmente a mi abuela María de los Ángeles Torres D. quien me ha apoyado siempre en mis estudios académicos, ella me ha alentado a seguir adelante, a superarme constantemente, buscar siempre lo mejor y evitar la conformidad.

Agradezco a una persona muy especial que conocí durante un tiempo, quien fue la chispa y el motivo de reanimarme, de aprender a soñar, fijar nuevas metas y tener la confianza y certeza de que todo es posible.

También va dedicado a mi familia, amigos y al maestro Benjamín Gutiérrez, quienes se han preocupado por mí, ofreciéndome un gran soporte para poder concluir con mi carrera Universitaria.

“Gracias, Dios por permitirme estar aquí hoy, en este momento y disfrutar este nuevo día.”

“Ningún mar en calma hizo experto al marinero”



## RESUMEN

El presente proyecto de memoria de prácticas profesionales se realizó en la empresa TE Connectivity división Industrial, la cual se dedica a la fabricación de terminales y conectores eléctricos para la industria Automotriz y Electrónica.

Este proyecto consiste en diseñar y fabricar una máquina estampadora de carretes, también llamada engrapadora de carretes, la cual es utilizada para producir carretes de cartón, dichos carretes se emplean para enrollar tiras de material terminado en el área de estampado.

La máquina estampadora de carretes construida en el proyecto se compone de diversas secciones, tales como eléctrica, electrónica, diseño CAD, programación, mecánica y neumática. Por la parte de electrónica se manejan dispositivos de seguridad como cortinas, sensores de seguridad, mando bimanual optoelectrónico y PLC de seguridad. En lo referente en lo eléctrico se manejaron dispositivos pasivos para el suministro efectivo de su alimentación. En el diseño se utiliza un software CAD para dimensionar la estructura de la máquina, así como sus mecanismos integrados. La lógica neumática la realiza con un controlador de seguridad programable el cual es utilizado para activar las electroválvulas y así programar la secuencia de los actuadores.

# ÍNDICE

Contenido	Pág.
RESUMEN.....	1
Índice de figuras y tablas.....	4
I. Introducción.....	6
II. Descripción del área de la institución.....	7
Misión.....	7
Visión.....	7
Objetivo.....	8
Política de calidad.....	8
Recorrido por áreas.....	8
III. Justificación del proyecto realizado.....	10
IV. Objetivos del proyecto.....	11
Objetivo general:.....	11
Objetivos específicos.....	11
V. Problemas planteados para resolverlos.....	12
VI. Alcances y limitación en la solución de problemas.....	14
Alcances.....	14
Limitantes.....	15
VII. Fundamento teórico de las herramientas y conocimientos aplicados.....	15
Categorías de Sistemas de Control.....	15
Componentes eléctricos.....	19
Dispositivos de seguridad.....	22
Componentes neumáticos, electroneumáticos y accesorios.....	29
Mecanismos y estructura.....	36
Softwares.....	39
VIII. Procedimientos empleados y actividades desarrolladas.....	42
Software CAD.....	42
Mecanismos y estructura.....	46
Lógica del sistema neumático.....	49
Programación del controlador de Seguridad.....	50

Construcción de estructura e instalación de equipos.....	53
Instalación de gabinete eléctrico .....	54
Instalación de equipo neumático .....	55
Instalación de mecanismos del sistema de engrapado .....	56
IX. Análisis de la experiencia adquirida en la realización de las prácticas profesionales. Retroalimentación. ....	59
Fortalezas.....	59
Debilidades.....	59
Oportunidades detectadas durante las prácticas.....	60
X. Resultados obtenidos.....	60
XI. Conclusiones y recomendaciones.....	62
Conclusión.....	62
Recomendaciones.....	63
Bibliografía .....	64



## Índice de figuras y tablas

Figura 1. Operador haciendo uso de la máquina engrapadora .....	12
Figura 2. Carrete terminado. ....	13
Figura 3. Diagrama de bloques correspondiente a la Categoría 3. ....	18
Figura 4. Interruptor térmico Schurter .....	19
Figura 5. Fusible (izquierda) y portafusible (derecha) .....	20
Figura 6. Fuente de alimentación de 24V / 60W .....	21
Figura 7. Clema o bornero .....	21
Figura 8. Cortinas de Seguridad. ....	22
Figura 9. Gama de Controladores de seguridad programables G9SP .....	23
Figura 10. Distribución de entradas, salidas y test. ....	24
Figura 11. Tabla de identificación de terminales. ....	24
Figura 12. Mando bimanual con botones STB y paro de emergencia. ....	25
Figura 13. Pulsador STB. ....	25
Figura 14. Detector magnético tipo Reed. ....	26
Figura 15. Pulsador paro de Emergencia (E-Stop). ....	26
Figura 16. Sensor magnético ferrosnante (Safety switch). ....	27
Figura 17. Interruptor de seguridad. ....	28
Figura 18. Diagrama del interruptor de seguridad. ....	28
Figura 19. Electroválvulas neumáticas. ....	29
Figura 20. Electroválvula de seguridad con interruptores de seguridad .....	30
Figura 21. Diagrama de válvula de seguridad. ....	30
Figura 22. Diagrama de válvula de seguridad. ....	31
Figura 23. Conectores para el flujo de aire. ....	31
Figura 24. Cilindro de doble efecto. ....	32
Figura 25. Actuador neumático rotativo. ....	32
Figura 26. Pistola engrapadora de accionamiento mecánico. ....	33
Figura 27. Regulador de flujo de aire. ....	33
Figura 28. Manguera flexible. ....	34
Figura 29. Unidad FRL. ....	35
Figura 30. Manómetro de Bourdon. ....	35
Figura 31. Material tubular de acero inoxidable. ....	36
Figura 32. Uniones o herrajes de metal. ....	36
Figura 33. Ejemplo del uso de policarbonato como guarda de seguridad. ....	37
Figura 34. Gabinete metálico. ....	38
Figura 35. Platina para gabinete eléctrico. ....	38
Figura 36. Glándula para cableado eléctrico. ....	39
Figura 37. Presentación de Inicio del software CAD SpaceClaim e interfaz. ....	39
Figura 38. Interfaz de FluidSim. ....	40
Figura 39. Interfaz del Software G9SP Configurator. ....	40
Figura 40. Panel de configuración. ....	41



Figura 41. Interfaz de configuración para bloques (lógica).....	41
Figura 42. Simulación en G9SP Configurator. ....	41
Figura 43. Máquina estampadora de carretes.....	42
Figura 44. Estructura base tubular. ....	43
Figura 45. Estructura con Mando Bimanual, paro de emergencia y cortinas de seguridad. ....	43
Figura 46. Montaje de cilindro y engrapadoras neumáticas. ....	45
Figura 47. Ubicación para la instalación del gabinete eléctrico y control neumático. ....	45
Figura 48. Plato o base para el soporte del carrete en producción. ....	46
Figura 49. Boomerang o vía. ....	47
Figura 50. Corredera o tren. ....	47
Figura 51. Sujetadores de las pistolas. ....	48
Figura 52. Mecanismo para la sujeción de pistolas al cilindro. ....	48
Figura 53. Diagrama electro neumático diseñado en FluidSim. ....	49
Figura 54. Representación de la lógica en FluidSim. ....	49
Figura 55. Tabla de entradas del controlador de seguridad. ....	50
Figura 56. Tabla correspondiente a la señal de prueba (Test). ....	51
Figura 57. Configuración de las salidas utilizadas. ....	51
Figura 58. Dispositivos de seguridad I/Os (Página 1). ....	52
Figura 59. Lógica (Página 2). ....	52
Figura 60. Continuación del programa, condiciones (Página 3). ....	53
Figura 61. Máquina engrapadora con ciertos componentes instalados. ....	53
Figura 62. Distribución de cableado eléctrico en gabinete. ....	54
Figura 63. Instalación de equipo neumático. ....	55
Figura 64. Fotografía de la máquina. ....	55
Figura 65. Fotografía de piezas que unen al cilindro con las pistolas engrapadoras. ....	56
Figura 66. Avance de Máquina engrapadora. ....	57
Figura 67. Ubicación del sensor safety switch MFS12 y puertas de policarbonato. ....	57
Figura 68. Máquina estampadora de carretes terminada. ....	58
Figura 69. Tabla de tiempos durante la fabricación de un carrete. ....	60
Figura 70. Máquina engrapadora operando. ....	61
Figura 71. Fotografías de un carrete fabricado por la engrapadora. ....	61

## I. Introducción

En la presente Memoria de prácticas profesionales se expone la solución a una problemática que se tenía en la empresa TE Connectivity con respecto a una máquina que no contaba con los parámetros de seguridad requeridos que demanda la empresa para poder ser utilizada por el personal.

La máquina estampadora de carretes construida en el proyecto engloba todas las áreas de la Ingeniería Mecatrónica. Esta máquina semiautomática ensambladora de carretes contará con los parámetros de seguridad adecuados para que el personal pueda hacer uso de ella disminuyendo las probabilidades de lesionarse.

En el capítulo número tres, número cuatro y cinco se describen las problemáticas, así como las justificaciones por las cuales esta máquina debe de ser reconstruida para obtener una mejora en uno de sus departamentos.

Para dar una solución factible y a beneficio de la empresa se consideró utilizar el menor material posible, cuidando el presupuesto, pero sin olvidar la seguridad que se debe de tener al instalar una máquina donde el usuario operará. En el capítulo número siete se da a conocer los elementos más relevantes que se instalaron en esta estampadora, algunos bastante sencillos y otros equipos con un alto grado de complejidad.

El desarrollo de la máquina estampadora, conllevó bastante tiempo invertido, se tuvieron algunos inconvenientes en decidir si la maquina se actualizaría, o se volvería a fabricar.

En el capítulo número ocho se habla sobre el desarrollo del proyecto, cómo se fue construyendo, se habla de los imprevistos que fueron surgiendo y como fueron resueltos al momento de ir montando cada pieza. En este capítulo se describe el desenlace del proyecto.

En el capítulo número nueve se describe un análisis de retroalimentación para alumno y en el capítulo diez, se presentan los resultados obtenidos al finalizar el proyecto.



## II. Descripción del área de la institución

TE Connectivity se basa en dos grandes compañías, AMP incorporated y Raychem Corporation. AMP fundada en 1942 y Raychem establecida en 1957. Estos dos líderes de la industria electrónica se fusionaron para formar la base de Tyco Electronics. En el año 2011 Tyco Electronics cambió su nombre por TE Connectivity con el ánimo de reflejar mejor los productos y soluciones que ofrece a sus clientes. TE Connectivity cuenta con fábricas operando en aproximadamente 20 países.

TE Connectivity provee mundialmente de componentes electrónicos destinados a miles de consumidores e industrias. Se diseñan, fabrican y comercializan productos para clientes en una amplia gama de industrias, que van desde el sector automotriz, aparatos electrodomésticos, aeroespacial y defensa hasta el sector de telecomunicaciones, computadoras y artículos electrónicos.

### Misión

Aumentar el valor de nuestra empresa y nuestros bienes a través del cumplimiento de la satisfacción de nuestros clientes, manteniendo el liderazgo en los mercados y excelencia en las operaciones de nuestra compañía.

### Visión

Esto toma más que el funcionamiento fuerte para construir una gran empresa. Los líderes abrazan un compromiso firme a la incorporación de valores fundamentales sirviendo a sus clientes. En TE, demostramos - cada día - nuestro compromiso a nuestras normas de excelencia ética. Esto también requiere un compromiso firme a los valores fundamentales de TE. Somos cometidos a la conducción de nuestro negocio de los modos responsables que proporcionan una ventaja a nuestros empleados, clientes, y accionistas por haciendo un impacto sostenible y positivo en nuestras comunidades. Es importante que nosotros enfoquemos nuestros esfuerzos de responsabilidad corporativos en aquellas publicaciones donde podemos tener el mayor impacto. Por esta razón, emprendimos un análisis de materialidad para identificar las publicaciones de



responsabilidad corporativas de la mayor importancia tanto a TE como a las más amplias comunidades.

#### Objetivo

Ser la mejor opción de manufactura para los clientes de TE Connectivity.

#### Política de calidad

Es la meta de AMP Amermex, SA de CV / TE Connectivity, entregar continuamente productos y servicios seguros, efectivos, de alta calidad y a tiempo. Se deben implementar procesos y controles de tal manera que las tareas se lleven a cabo bien la primera vez, para asegurar que todos los productos y servicios provistos a nuestros clientes y a las operaciones internas, cumplan con los requisitos establecidos. Calidad, satisfacción del cliente, mejora continua, mantener la efectividad del sistema de calidad y cumplir con los requisitos del cliente y regulatorios es responsabilidad de cada empleado

#### Recorrido por áreas

El departamento de auditoria interna se enfoca en la verificación de que todos los elementos de sistema de calidad se cumplan en el momento y el tiempo requerido.

El departamento de calibración y metodología se encarga de calibrar, dar mantenimiento y controlar el equipo de medición e inspección.

El departamento de compras se encarga de la adquisición de los materiales necesarios en la planta, cumpliendo con los tiempos de entrega y abatiendo costos.

El departamento de control y documentos, su responsabilidad es controlar, archivar, indexar, distribuir y mantener en buen estado los planos de inspección de calidad, procedimientos de manufactura y calidad, formatos y manual de calidad, sellos y registros de calidad correspondientes al departamento de aseguramiento de calidad.

El departamento de ingeniería de calidad responsable de la planeación de la calidad desde el recibo de los componentes hasta el recibo del producto terminado por el cliente.

El departamento de aseguramiento de calidad dirige las acciones hacia el aseguramiento de la calidad de los productos a través de todo el proceso productivo.

El departamento de sistemas coordina las actividades de servicio de información, desarrollo de nuevos sistemas y soporte técnico.

El departamento de tráfico y aduanas genera la documentación necesaria para embarques y obtiene y coordina los servicios de transporte y aduana adecuados para los mismos.

El departamento de producción procura la óptima utilización de los recursos para cumplir adecuadamente con los programas de producción.

El departamento de mantenimiento se encarga de optimizar el uso y conservación de toda la maquinaria y equipo.

El departamento de ingeniería de manufactura diseña, implementa y blinda seguimiento a mejoras con el fin de incrementar la productividad.

El departamento de moldeo es responsable de administrar los recursos a su disposición, destinados a la productividad propia del proceso.

El departamento de logística y abastecimiento dirige la adquisición, almacenamiento y distribución de materiales de producción y el embarque del producto terminado.

El departamento de ingeniería de planta es el responsable de coordinar las actividades y acciones necesarias para mantener en buen estado las instalaciones internas y externas del edificio, aires acondicionados, montacargas, compresores, electricidad y de servicios; manteniendo dentro de sus funciones el apoyo para el logro de las metas preestablecidas de cantidad, calidad y tiempo de entrega.

El departamento de personal coordina las actividades relacionadas con los recursos humanos, así como los servicios que son proporcionados a todos los empleados.

El departamento de medio ambiente seguridad e higiene establece y mantiene un sistema en materia de seguridad e higiene industrial, para salvaguardar la integridad física de los empleados, los bienes de la empresa y su interacción al medio ambiente.



El departamento de contabilidad establece controles que aseguren el óptimo aprovechamiento de los recursos financieros de la empresa y asegure el cumplimiento de las disposiciones fiscales.

### III. Justificación del proyecto realizado

La realización de las prácticas profesionales es un acercamiento que se le brinda al alumno para poder aplicar conocimientos adquiridos durante la licenciatura, en un sector correspondido. En este caso se expone un proyecto realizado para una empresa del sector secundario, específicamente en el sector industrial. El nombre de la empresa es TE Connectivity.

La empresa TE Connectivity está dividida por áreas, el área de estampado es la principal de todas ellas. Ahí los troqueles de las prensas se encargan de formar las tiras de material en contactores electrónicos que se distribuyen a otras áreas como platinado para ser tratados con químicos, adherirles chapa de oro para aumentar su conductibilidad, entre otros tratamientos. El trabajo que realizan las prensas en esta área es rápido, los troqueles dan más de 1000 golpes por minuto dependiendo del material que se esté trabajando.

El material producido por el troquel pasan por una maquina encargada de enrollar la tira de contactores en carretes de cartón para llevarse a su área donde serán tratados, un carrete lleva en promedio 5000 piezas dependiendo el contacto, el operador es quien se encarga de empacar el carrete listo y sustituirlo por uno nuevo, esos carretes son hechos manualmente con una engrapadora neumática uniendo dos círculos de cartón a un centro para poder empacar los pines y así evitar que sean maltratados.

Este método para el flujo del material no es muy eficiente, puesto que los carretes quitan tiempo para ensamblarse, es un trabajo sencillo pero muy rutinario que tiene que hacer el operador.



La problemática que se presentó en esta empresa la cual justifica la realización de dicho proyecto, es pues, una máquina engrapadora de carretes electroneumática no contaba con las especificaciones de seguridad que la empresa requería. La seguridad de la maquina estaba en una categoría baja según los estándares de seguridad industrial, por lo cual se le debía de invertir para reducir el riesgo hacia el personal u operarios que utilizaría esta máquina.

La construcción de una nueva máquina engrapadora de carretes resulta para el alumno bastante beneficiosa ya que podrá aplicar múltiples conocimientos adquiridos de las materias cursadas durante la licenciatura. La máquina engrapadora de carretes cuenta con la aplicación de distintas ramas de la Ingeniería Mecatrónica tales como; la integración de equipos electrónicos y eléctricos para la alimentación de dispositivos electromecánicos y de control; implementar los dispositivos de seguridad para disminuir la probabilidad de accidentes; integrar equipo neumático tales como actuadores, electroválvulas y la instalación de un sistema FRL; diseñar un modelo virtual desarrollado en software para la implementación de dichos dispositivos neumáticos, eléctricos y de seguridad.

A partir de un modelo CAD se realiza el plan de trabajo para la construcción de esta máquina. TE Connectivity no cuenta con personal exclusivo para poder desarrollar un proyecto de integración, así pues, se decidió darle la oportunidad al practicante para poder culminar su estancia profesional.

#### IV. Objetivos del proyecto

Objetivo general:

Lograr que el practicante alcance aplicar sus conocimientos diseñando, integrando y construyendo una máquina engrapadora de carretes semi automática que cuente con los niveles de seguridad adecuados que la empresa demanda, apoyándose de la experiencia de los demás empleados y de manera autodidacta.

Objetivos específicos

- Diseñar un modelo virtual de la engrapadora de carretes
- Diseñar la secuencia logica en softwares para su simulación

- Construir el diseño físico de la estructura de la máquina
- Realizar las conexiones para la lógica electroneumática
- Montar los actuadores neumáticos
- Realizar las conexiones eléctricas
- Integrar lógica de dispositivos de seguridad
- Examinar el mecanismo de ensamblado
- Examinar conexiones eléctricas
- Realizar pruebas en tiempo real

## V. Problemas planteados para resolverlos

Una máquina la cual es usada por personal en el área de estampado, debe de contar con las normas de seguridad adecuadas para que el operador realice con éxito su trabajo con la menor probabilidad de riesgo.

La función de la máquina engrapadora de carretes es sujetar dos circunferencias de cartón a un centro mediante grapas disparadas a presión por medio de un par de pistolas neumáticas. En la figura 1 se muestra una fotografía donde el operador hace uso de la máquina entapadora de carretes.



*Figura 1. Operador haciendo uso de la máquina engrapadora*

La máquina opera de la siguiente manera:

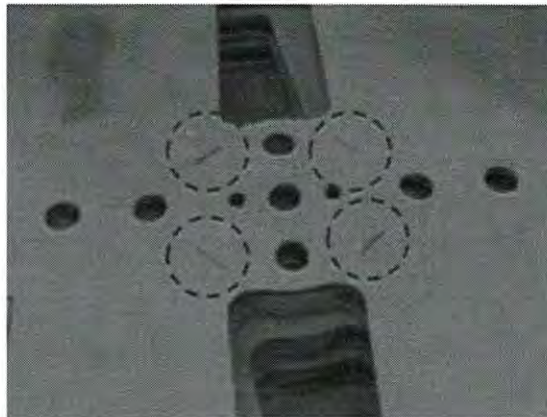
### **Pasos para la obtención de un carrete**

1. El operador toma un centro y lo posiciona en el disco según los diferentes diámetros



2. El operador toma un cartón de forma circular, como el que se logra ver sobre la máquina colocándolo encima del centro.
3. El operador presiona dos pulsadores neumáticos que están ubicados a los costados de la mesa. De esta manera el cilindro actúa haciendo bajar las pistolas hasta el cartón disparando un par de grapas cuando registra la presencia del material por medio de un interruptor. Cada grapa se ubica a 90 grados.
4. Teniendo un par de grapas insertadas en el cartón, el operador mueve manualmente el cartón 180 grados para poner un par de grapas más.
5. Se repite el paso 3
6. Teniendo 4 grapas ubicadas a 90 grados en una cara del carrete, el operador tiene que retirar manualmente el material, y lo voltea verticalmente 180 grados posicionando esta vez el cartón sobre la mesa y el centro hacia arriba.
7. Se repite el paso 2
8. Se repite el paso 3
9. Se repite el paso 4
10. El operador retira el material obteniendo así un carrete fabricado.

El carrete puede verse en la figura 2.



*Figura 2. Carrete terminado.*



Los problemas planteados son:

- La máquina no cuenta con los suficientes aspectos de seguridad, esta se encuentra en una categoría baja ya que únicamente cumple con los aspectos básicos de seguridad como guardas y un par de sensores de presencia
- La máquina tiene bastante tiempo de uso, aproximadamente 5 años, y está decayendo por lo cual las operaciones no están siendo totalmente exitosas
- Se ocupa de un mantenimiento correctivo constante
- El pistón que baja las pistolas neumáticas de engrape no se detiene al momento de la falla
- La activación del proceso para que la máquina engrapara los carretes es totalmente manual, tiene dos pulsadores neumáticos
- La máquina es totalmente neumática
- Es robusta y de grandes dimensiones
- El tiempo de fabricación de un carrete es de 34 segundos (106 piezas/hora)
- Es tedioso cambiar la posición de las pistolas cuando se requiere otro tipo de centro del carrete.

## VI. Alcances y limitación en la solución de problemas

Alcances

Cumplir con la resolución de cada uno los problemas planteados en el apartado anterior.

Los cuales son:

- Disminuir el tiempo de ciclo
- Utilizar el material proporcionado por la empresa
- Engrapado una cara del carrete automáticamente
- Reducir su tamaño
- Instalar dispositivos de seguridad; cortinas, paro de emergencia, bimanual, válvula de doble canal, interruptor de seguridad, guardas de seguridad, controlador de seguridad.

## Limitantes

- Bajo presupuesto
- Falta de disposición de herramienta para la fabricación de piezas
- Corto plazo para su entrega
- Capacitación no formal

## VII. Fundamento teórico de las herramientas y conocimientos aplicados

### Categorías de Sistemas de Control

Las "Categorías" de sistemas de control son originadas en la saliente de los estándares EN 954-1:1996 (ISO 13840-1:1999). Sin embargo, siguen siendo utilizadas para describir la seguridad en sistemas de control y además de ser una parte íntegra de EN ISO13849-A.

Existen cinco categorías las cuales describen la reacción del desempeño de fallas en un sistema de control de seguridad. Las siguientes notas describen las características de las categorías de seguridad.

Nota 1: La categoría B por sí misma no tiene ninguna medida especial para la seguridad, pero forma parte de la base de las otras categorías.

Nota 2: Fallas múltiples son causadas por una causa común o por consecuencias inevitables de la primera falla, estas deberán ser contadas como una simple falla.

Nota 3: La revisión de la falla puede estar limitada a dos fallas en combinación si esta puede ser justificada por circuitos complejos (ej. Microprocesadores) pueden ocupar más fallas en combinación para ser consideradas.

La categoría 1 va dirigida a las prevenciones de las fallas. Esta se logra a través del uso de principios de diseño adecuados, materiales y componentes. La simplicidad de principios y diseño juntos, con características del material estables y predecibles, son las claves para esta categoría.



Las categorías 2, 3 y 4 requieren que, si una falla no puede ser prevenida, estas pueden ser detectadas, y así poder ejecutar una acción apropiada.

La redundancia, la diversidad y el monitoreo son las claves principales en estas categorías. La redundancia es la duplicación de la misma técnica. La diversidad es usar dos técnicas diferentes y luego tomar la acción apropiada basada en el resultado del estatus.

### **Categoría B**

Proporciona los requerimientos básicos en cualquier sistema de control; aun sí es un sistema de control de seguridad o no. Un sistema de control debe trabajar en su entorno esperado. El concepto de confiabilidad proporciona una base para los sistemas de control, como la confiabilidad es definida como la probabilidad de que un dispositivo funciona de forma satisfactoria durante un intervalo específico bajo las condiciones esperadas.

Esta categoría nos dice que instalemos nuestro equipo eléctrico, neumático, hidráulico y mecánico según las condiciones que nos muestra los diagramas en los manuales de instalación.

### **Categoría 1**

La categoría 1 requiere que el sistema conozca los términos de la Categoría B y, además, de usar los componentes aprobados. EN ISO 13849-2 nos brinda información sobre los componentes aprobados por los sistemas neumáticos, mecánicos, hidráulicos y eléctricos.

Algunos componentes son aprobados eficazmente si estos han sido utilizados satisfactoriamente en muchas aplicaciones similares. Los componentes de seguridad diseñados recientemente son considerados en ser aprobados eficazmente si son diseñados y modificados en cumplimiento a los estándares apropiados. Los siguientes componentes eléctricos son unos cuantos ejemplos los cuales están aprobados según sus estándares:

- Dispositivo de paro de emergencia

- Fusible
- Cortacircuitos
- Contactores
- Transformadores
- Interruptores de seguridad (interlock)
- PLC

## **Categoría 2**

Además de cumplir los requisitos de la categoría B y hace el uso de los principios de seguridad de componentes aprobados, el sistema de seguridad debe someterse a "testing" o bien a puestas a prueba para cumplir con la Categoría 2. Las puestas a prueba deben ser diseñadas para detectar fallas dentro de las partes de seguridad en el sistema de control. Si las fallas no son detectadas, la máquina es libre de seguir funcionando. Si la falla es detectada, el "test" o la puesta a prueba deberá de iniciar una orden para llevar a la máquina a un estado seguro.

La puesta a prueba debe de ejecutarse:

- Cuando la máquina es encendida
- Priorizando la iniciación de riesgos, y
- Periódicamente si se considera necesario debido a la evaluación de riesgo.

Las oraciones "cuando sea posible" y "razonablemente posible" indican que no todas las fallas son detectables. Dado que este es un solo sistema de canales (por ejemplo, un cable conecta la entrada de lógica a la salida), un simple error puede llevar a la pérdida de las funciones de seguridad. En algunos casos, la categoría 2 no puede ser totalmente aplicada a un sistema de seguridad, debido a que no todos los componentes pueden ser chequeados.

## **Categoría 3**

Además de cumplir con los requerimientos de la categoría B y los principios de seguridad aprobados, la categoría 3 requiere de un funcionamiento exitoso de las funciones de seguridad en la presencia de una simple falla. El error debe ser detectado



instantáneamente o antes de la siguiente petición en la función de seguridad, siempre que sea razonablemente posible.

Nuevamente se tiene la frase “razonablemente posible”. Esto engloba esas fallas que pueden no ser detectadas. Mientras las fallas indetectables no dirijan a la pérdida de las funciones de seguridad, las funciones de seguridad pueden cumplir con la categoría 3. Por consiguiente, una acumulación de fallas no detectadas puede llevar a la pérdida de la función de seguridad.

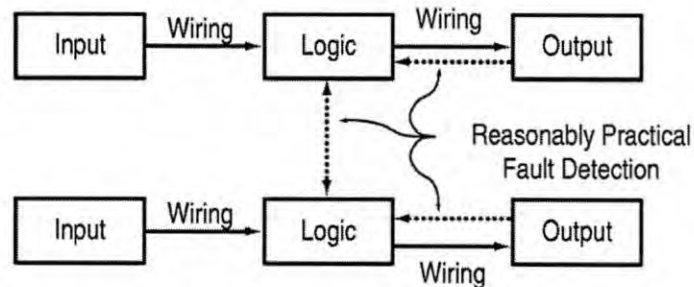


Figura 3. Diagrama de bloques correspondiente a la Categoría 3.

En figura 3 se muestra un diagrama de bloques donde se visualiza los principios asociados a un sistema de categoría 3. La redundancia combinada con el monitoreo de cruce razonablemente posible y el monitoreo de las salidas son utilizadas para asegurar la ejecución de las funciones de seguridad.

#### Categoría 4

Los requerimientos son cumplir con la categoría B, los principios de seguridad de los dispositivos aprobados y la aplicación de los siguientes requerimientos. Las partes relacionadas con la seguridad de un sistema de control categoría 4 deben estar diseñados para cumplir las siguientes condiciones:

- Una simple falla en cualquiera de estas partes relacionadas con la seguridad no lleva a la pérdida de las funciones de seguridad.
- Una única falla se detecta al instante o antes de que la siguiente función de seguridad sea ejecutada.
- Si esta detección es imposible, una acumulación de errores no lleva a la pérdida de funciones de seguridad

Para describir los distintos componentes que se utilizaron en la realización del proyecto se hizo un subtema de cada uno, los cuales son descritos a continuación:

#### Componentes eléctricos

En este subtema se describen todos aquellos dispositivos que están integrados dentro del gabinete eléctrico para el correcto funcionamiento de la máquina.

- Interruptor térmico.

Son dispositivos calibrados con precisión que abarcan un amplio intervalo de temperaturas. Este interruptor logra proteger el sistema de alimentación del control contra cargas elevadas de temperaturas las cuales son generadas por alto consumo de corriente. en un bimetálico térmico, una combinación de un elemento de calefacción bimetálico y eléctrico. El bimetálico está compuesto de acero y cinc, que se deforman con el calor. Cuando el bimetálico térmico alcanza una temperatura definida con una corriente demasiado alta, activa el mecanismo de desconexión.

Los interruptores térmicos de protección de dispositivos son una alternativa simple y económica para aplicaciones para las que no es obligatoriamente necesario una desconexión totalmente exacta. El térmico utilizado se puede ver en la siguiente figura.

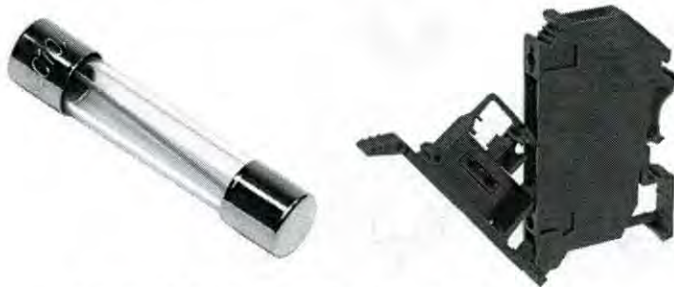


Figura 4. Interruptor térmico Schurter



- Fusible y portafusible.

El fusible es un dispositivo eléctrico pasivo utilizado para proteger dispositivos eléctricos. Este dispositivo permite la circulación de la corriente mientras esta no supere un valor establecido. Los fusibles o cortacircuitos, no son más que una sección de hilo más fino que los conductores normales, colocado en la entrada del circuito a proteger, para que, al aumentar la corriente, debido a un cortocircuito, sea la parte que más se caliente, y por tanto la primera en fundirse. Una vez interrumpida la corriente, el resto del circuito ya no sufre daño alguno. Los fusibles utilizados en esta aplicación tienen un valor de 250V a 1A. Actualmente la parte o elemento fusible suele ser un fino hilo de cobre o aleación de plata, o bien una lámina del mismo metal para fusibles de gran intensidad. Un portafusible es la base donde es montado el fusible. En la figura siguiente se muestra un fusible y portafusible respectivamente.



*Figura 5. Fusible (izquierda) y portafusible (derecha)*

- Fuente de alimentación.

Las fuentes de alimentación utilizadas son de un valor de 110 VAC a 24 VDC. Se le llama fuente de poder o de alimentación (PSU en inglés) al dispositivo que se encarga de transformar la corriente alterna de la línea eléctrica comercial que se recibe. En el ámbito industrial por lo general son utilizados 24 VDC debido a

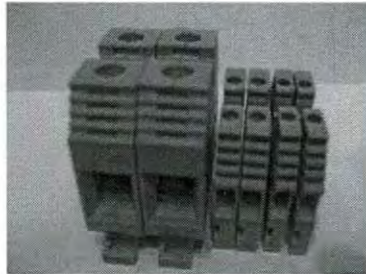
cuestiones de seguridad. En la siguiente figura se muestra una fuente de alimentación.



*Figura 6. Fuente de alimentación de 24V / 60W*

- Clema o bornero.

Son terminales donde se logra distribuir de una manera eficaz el cableado eléctrico, aquí se distribuyen las salidas y entradas de cada componente eléctrico que constituye a la lógica de la máquina. En la figura 6 se muestra la imagen de una clema.



*Figura 7. Clema o bornero*

- Cable eléctrico.

Se utiliza para distribuir la energía eléctrica a cada uno de los dispositivos electrónicos. Se utilizaron diversos calibres.



## Dispositivos de seguridad

- Cortinas de Seguridad.

Son dispositivos de seguridad optoelectrónicos de detección de presencia que detectan la existencia de un objeto en el campo de detección de la cortina de luz. En la figura de a continuación se muestra una imagen de un par de cortinas OMRON.



*Figura 8. Cortinas de Seguridad.*

Una cortina de luz consiste en dos largas y delgadas barras de luz, montadas en cualquier ángulo, pero estas deben de estar paralelas. El transmisor proyecta una fila de rayos de luz infrarroja al receptor, con poco espacio entre cada haz de luz. Los rayos de luz se secuencian rápidamente apagando y encendiendo. Un led después de otro, a un pulso y frecuencia específicos. Cuando un objeto interrumpe uno o más rayos, el controlador lógico de la cortina de luz envía una señal de paro a la máquina.

Se usan comúnmente en aplicaciones de barreras protectoras en la máquina para detectar la presencia de los dedos, las manos, un miembro o el cuerpo completo de una persona. En esta aplicación se hace el uso de cortinas marca OMRON, estas cortinas tienen una longitud de 90 centímetros de sensado activo, pueden ser instaladas dentro de un rango menor a 20 metros desde el emisor al receptor. La función principal de las cortinas que tendrán en esta aplicación es parar la alimentación de aire inmediatamente una vez que detecte la presencia de movimiento cuando la máquina este efectuando su operación.

- Controlador de seguridad

Los controladores de seguridad programables son dispositivos electrónicos los cuales hacen la función de monitoreo de señales digitales que se tienen en un circuito de control. Estos controladores cuentan con microprocesadores dobles y circuitos para detección síncrona y monitoreo constante en Flash y RAM. Además, las entradas de un PLC estándar no cuentan con la funcionalidad de hacer “testing” o bien de comprobar los circuitos de entrada, mientras que los controladores de seguridad programables si lo tienen. El controlador G9SP se muestra en la figura 9.



*Figura 9. Gama de Controladores de seguridad programables G9SP.*

Por otra parte, mientras que los PLCs estándar tienen un único dispositivo de conmutación de salida, los controladores programables de seguridad contienen dos puntos de prueba. En un sistema con dos conmutadores de seguridad, si una falla es detectada por cualquier conmutación (tanto del conmutador o falla del microprocesador), o después del punto de prueba, el sistema operativo del controlador programable de seguridad automáticamente reconoce la falla del sistema.

El beneficio de los Controladores programables de seguridad incluye, el seguimiento con la evolución de estándares de seguridad, la fácil integración, un costo bajo de propiedad, un mejoramiento en la configuración y flexibilidad, y las ventajas de funciones de seguridad. Invertir en estos controladores puede ayudar a las compañías de manejar mejor el riesgo mientras facilita la conformidad con los estándares internacionales. Especialmente en la creciente actualidad del mercado global, esta puede ser una ventaja significativa.



El diagrama del controlador de seguridad programable depende del modelo, existen diferentes versiones con diferente número de entrada, salida y test. La versión del controlador programable de seguridad que se utiliza en este proyecto es la G9SP-N20S, la cual cuenta con veinte entradas de seguridad, 8 salidas de estado sólido de seguridad y 6 salidas de prueba. En la siguiente figura se muestran como están distribuidas las entradas, salidas y test del controlador.

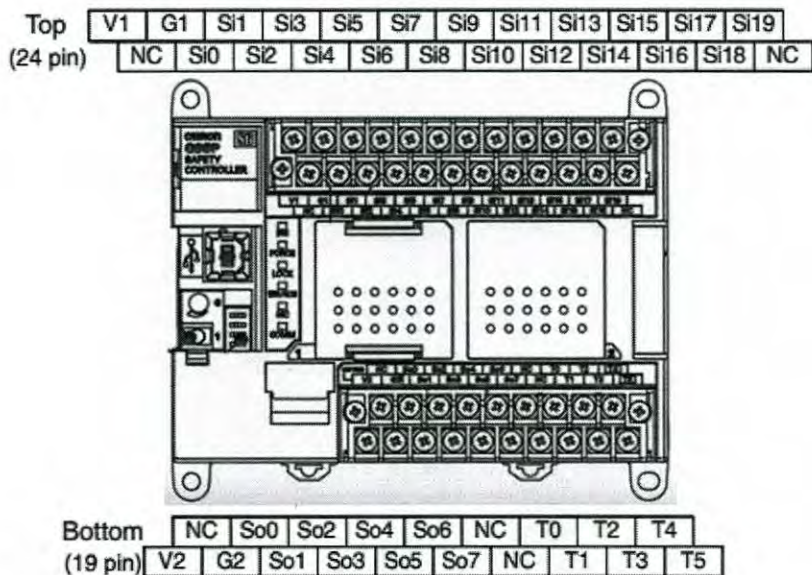


Figura 10. Distribución de entradas, salidas y test.

Como se puede ver en la tabla de la figura 11 se muestra la definición de cada una de las terminaciones utilizadas en la figura 10 para nombrar las terminales.

Terminal	Función
V1/G1	Terminales de fuente de poder para los circuitos internos y entradas 24VDC. V+; G-
V2/G2	Terminales de fuente de poder para los circuitos de salida 24VDC
NC	Sin uso (no se conecta)
Si0 – Si19	Terminales de entradas de seguridad
T0 – T5	Terminales de salida de prueba
So0 – So7	Terminales de salida de seguridad

Figura 11. Tabla de identificación de terminales.

- Mando bimanual (Duo Touch Run Bar with STB Buttons)

Este Sistema provee una medida de protección para el operador contra el alcance de zonas de peligro durante situaciones peligrosas situando el control de los dispositivos activos en una posición específica y monitoreando los dispositivos activos para condiciones específicas. En la figura 12 se muestra la imagen de un mando bimanual.



Figura 12. Mando bimanual con botones STB y paro de emergencia.

Este mando bimanual (dos mandos) cuenta con dos pulsadores del tipo STB, lo cual significa “Self-Checking Optical Touch Buttons” en inglés, “Pulsadores Ópticos de Automonitoreo” en español. El diseño interno de los pulsadores, desde luego, basados en microcontroladores de redundancia-diversa, permite el cableado a dispositivos de conmutación cuyas especificaciones sean de 1 contacto abierto y un contacto cerrado por canal de entrada.

El botón STB es un dispositivo fotoelectrónico de activación por haz de ruptura que incorpora un circuito óptico de automonitoreo diseñado para detectar fallas internas de seguridad críticas. El emisor y receptor son continuamente activados y monitorizados por fotoelementos secundarios. Si una falla es detectada, los microcontroladores mantendrán las salidas en estado apagado, y se encenderá un LED de falla para alertar al operador. En la figura 13 se tiene la imagen de un pulsador STB.



Figura 13. Pulsador STB.



- Detector magnético

El detector magnético es un sensor el cual indica la posición del pistón de un cilindro neumático. El imán puede estar instalado, por ejemplo, en un embolo, una mesa deslizante, etc. Este sensor cuenta con un led el cual enciende cuando detecta el pistón del cilindro, y se apaga cuando no hay detección del pistón dependiendo del tipo de sensor si es PNP o NPN. En la figura 14 se muestra la ilustración de un detector magnético tipo Reed.



*Figura 14. Detector magnético tipo Reed.*

- Paro de emergencia

La función de paro de emergencia sirve para prevenir situaciones que puedan poner en peligro a las personas, para evitar daños en la máquina, en trabajos en curso o para minimizar los riesgos ya existentes, y ha de activarse con una sola maniobra de una persona. Los dispositivos de parada de emergencia deben ser instalados en todas aquellas máquinas en las cuales existan peligros de tipo mecánico durante las condiciones normales de trabajo.



*Figura 15. Pulsador paro de Emergencia (E-Stop).*

Para ello se necesitan unidades de mando que estén equipadas con un pulsador tipo champiñón rojo y un fondo amarillo. La función de paro de emergencia puede utilizarse en general como medida de seguridad complementaria a las funciones de protección directas, como los interruptores de seguridad instalados en puertas de protección que neutralizan las situaciones de peligro sin necesidad de que la persona actúe. En la figura 15 se muestra la imagen de un pulsador típico utilizado como paro de emergencia.

- Interruptor de seguridad (Safety switch)

Este es un conmutador magnético ferrosónico, es un interruptor eléctrico el cual es activado o desactivado dependiendo del campo magnético de su emisor. Presenciando el actuador (emisor) al interruptor, el campo magnético de alta intensidad, juntos con una señal resonante de frecuencia, provoca cerrar los contactos. Cuando se remueve el actuador (abriendo la puerta donde se instalen), los contactos de seguridad se abren, obteniendo una señal digital.

Generalmente son instalados en estructuras donde haya un compartimiento el cual el operador o personal ocupe abrir y exista un movimiento, o deslizamiento para acceder, mayormente en puertas deslizantes, de bisagra, entre otras. En la figura 16 se muestra el sensor utilizado en esta aplicación.



Figura 16. Sensor magnético ferrosónico (Safety switch).



- Interruptor de seguridad para electroválvula doble canal.

Un interruptor de seguridad es un dispositivo electromecánico el cual es utilizado para garantizar el funcionamiento correcto de una válvula o electroválvula. Los contactos de este interruptor cambian de estado por medio de la actuación mecánica de un cilindro de la electroválvula, cuando el interruptor sensa la presencia del pequeño cilindro abre o cierra sus contactos. Este interruptor funciona análogamente como un interruptor final de carrera.

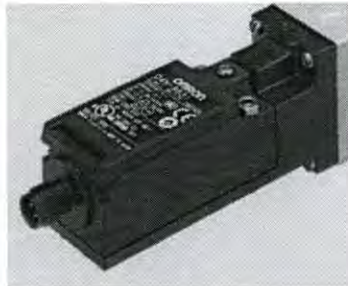


Figura 17. Interruptor de seguridad.

Este interruptor queda instalado en la electroválvula doble por medio de tornillería. El diagrama de este dispositivo puede verse en la figura 18, en la cual se puede visualizar dos contactos normalmente cerrados.

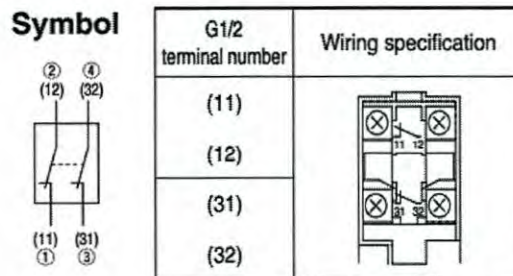


Figura 18. Diagrama del interruptor de seguridad.

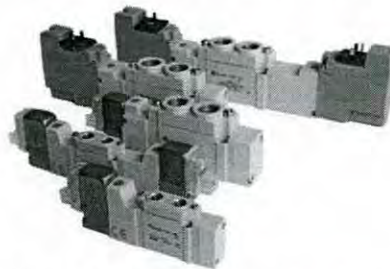
## Componentes neumáticos, electroneumáticos y accesorios

- **Electroválvula**

Una electroválvula está compuesta por dos partes

1. Una cabeza magnética constituida principalmente por una bobina, tubo, culata, anillo de desfasado, resorte(s).
2. Un cuerpo, con orificios de racordaje, obturados por clapet, membrana, pistón, etc. según el tipo de tecnología empleada. La apertura y el cierre de la electroválvula está unida a la posición del núcleo móvil que se desplaza bajo el efecto del campo magnético provocado por la puesta con tensión de la bobina.

Es una válvula mecánica, la cual está diseñada para controlar el paso de un fluido por un conducto. La válvula logra efectuar su movimiento mediante la energización de una bobina solenoide. Generalmente se tiene dos estados, que la válvula esté energizada o desenergizada. La aplicación de la electroválvula 5/2 en este caso es para activar el pistón de dos posiciones que activa el mecanismo de la pistola de aire, y una segunda electroválvula la cual hace cambiar de posición a un actuador de dos posiciones que gira 180 grados.



*Figura 19. Electroválvulas neumáticas.*



- Electroválvula de seguridad

Una electroválvula de seguridad tiene el mismo principio de funcionamiento que una electroválvula común, cuenta con el solenoide el cual hace cambiar de posición la electroválvula. Lo que cambia es que esta electroválvula es doble, es decir son dos electroválvulas tres vías y dos posiciones conectadas en serie en una sola pieza formando una condición, si una funciona la otra también debería de funcionar. Análogamente en circuitos analógicos funciona como una compuerta AND, sí y sólo sí las dos funcionan permite el paso al fluido. Se puede ver en la figura 20 la imagen de una válvula de seguridad tres vías dos posiciones con interruptores de seguridad como los anteriormente mencionados.



Figura 20. Electroválvula de seguridad con interruptores de seguridad.

Estas electroválvulas entran en la categoría 3-4 de seguridad según los estándares de seguridad ISO13849-1. Es una válvula solenoide liberadora de presión residual con detección de posición. El funcionamiento de este equipo es que cuando la válvula de presión residual está en uso, si una de las válvulas falla al operar, la otra válvula libera la presión residual, y así evitando el riesgo hacia el personal.

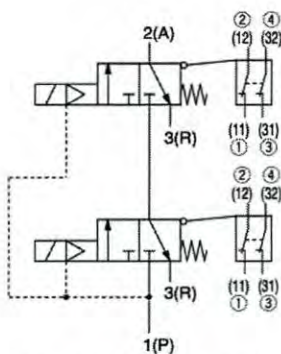


Figura 21. Diagrama de válvula de seguridad.

El diagrama de la válvula de seguridad liberadora de presión residual y el interruptor de seguridad pueden ser visualizados en la figura 21.

- Silenciadores

Un silenciador neumático es un componente que sirve para disminuir el ruido y los riesgos de proyección de partículas producidas por los escapes de diferentes dispositivos neumáticos. Comúnmente son instalados en las vías de escape de las válvulas de control. En la figura 22 se observa el componente descrito.



*Figura 22. Diagrama de válvula de seguridad.*

- Conectores

Son componentes utilizados para realizar conexiones neumáticas que van desde las válvulas de control hacia los actuadores por medio de manguera (figura 23).



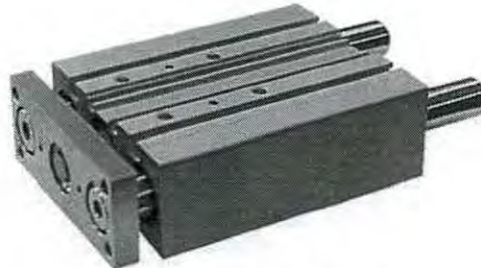
*Figura 23. Conectores para el flujo de aire.*

- Cilindro de doble efecto

Es un actuador neumático capaz de producir trabajo útil en dos sentidos, ya que disponen de una fuerza activa tanto en avance como en retroceso. Se construyen siempre en formas de cilindros de embolo y poseen dos tomas para aire comprimido, cada una de ellas situada en una de las tapas del cilindro.



Se emplea, en los casos en los que el émbolo tiene que realizar también una función en su retorno a la posición inicial. El cilindro utilizado se visualiza en la figura 24.



*Figura 24. Cilindro de doble efecto.*

- Actuador neumático rotativo

Los actuadores rotativos son los encargados de transformar la energía neumática en energía mecánica de rotación. Dependiendo de si el móvil de giro tiene un ángulo limitado o no, se forman los dos grandes grupos a analizar: Actuadores de giro limitado, que son aquellos que proporcionan movimiento de giro, pero no llegan a producir una revolución (exceptuando alguna mecánica particular como por ejemplo piñón – cremallera).

Existen disposiciones de simple y doble efecto para ángulos de giro de  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ , hasta un valor máximo de unos  $300^\circ$  (aproximadamente). En la siguiente figura se muestra el actuador giratorio que se utilizara para la aplicación.



*Figura 25. Actuador neumático rotativo.*

- Pistola estampadora de grapas

Es una herramienta utilizada para unir piezas disparando una grapa por medio de aire a presión. La pistola cuenta con un mecanismo de seguridad y no puede ser lanzadas dos grapas al mismo tiempo si se tiene presionado el gatillo. Para que la pistola engrape automáticamente es necesario realizar el diseño de un mecanismo para que pueda presionar el gatillo una vez que se requiera. En la figura siguiente se tiene la imagen de una pistola engrapadora.



*Figura 26. Pistola engrapadora de accionamiento mecánico.*

- Reguladores de presión

Los reguladores de presión son aparatos de control de flujo diseñados para mantener una presión constante aguas abajo de los mismos. Este debe ser capaz de mantener la presión, sin afectarse por cambios en las condiciones operativas del proceso para el cual trabaja. Los reguladores de presión instalados son como el que se muestra en la figura 27.



*Figura 27. Regulador de flujo de aire.*



- Manguera flexible

Es manguera utilizada para realizar conexiones neumáticas. Tiene la función de conectar los dispositivos neumáticos, actuadores y de control alimentando con aire sus respectivas entradas haciendo efectuar su funcionamiento. En la figura 27 se tiene la imagen del tipo de manguera utilizada.



*Figura 28. Manguera flexible.*

- Unidad FRL

Evidentemente, el aire que es succionado por el compresor no se encuentra limpio, debido a la presencia de diversos tipos de contaminantes de la atmosfera, por lo tanto, se ocupa un filtraje. También es un hecho que la presión del aire rara vez permanece estable debido a la posibilidad de fluctuaciones en la línea, entonces se necesita un regulador. Por un tanto un filtro de aire y un regulador de presión en la línea ocupan un lugar importante en el sistema neumático, junto con un tercer componente; un lubricador de la línea de aire. Estas tres unidades en conjunto se conocen como unidad de servicio o unidad FRL. De donde los tres elementos principales de un FRL son:

1. Filtro de aire
2. Regulador de presión
3. Lubricador de la línea de aire

En la figura 29 se muestra una unidad de servicio FRL comúnmente utilizada.



Figura 29. Unidad FRL.

- Manómetro

Normalmente, un manómetro forma parte de la unidad de servicio que mide la presión por encima de la atmosférica del aire que va hacia el sistema y componentes corriente abajo, después de la regulación. A veces a este manómetro se conoce como Bourdon ya que en él se emplea un “tubo de presión de Bourdon”. Se trata de un tubo de bronce fosforado de sección transversal ovalada y curvado en forma circular. Cuando se aplica presión al tubo, tiende a enderezarse y este movimiento del tubo se transfiere a una aguja o puntero a través de un eslabón, un brazo en forma de sector circular y un piñón. La presión se puede leer en el puntero que barre un cuadrante graduado. Hoy en día también se están usando manómetros digitales.

Los manómetros de Bourdon del tipo mecánico se usan mucho en la industria. Para mantener la exactitud del movimiento del puntero y evitar daños al mecanismo de eslabón, toda la cámara interna del aparato se llena con un líquido transparente, como la glicerina. Con esto se suprime cualquier vibración y, de este modo, se asegura la exactitud de la lectura de la presión. En la figura 30 se visualiza un manómetro de tubo de Bourdon.



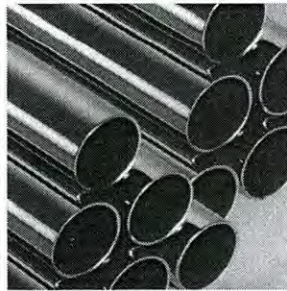
Figura 30. Manómetro de Bourdon.



## Mecanismos y estructura

- Perfiles para estructura

La estructura de la engrapadora fue hecha mayormente con material tubular de acero inoxidable. Es un material resistente que cumple con las cualidades necesarias. Se eligió este material por el motivo de que había disponibilidad de uso del material en la empresa. El material usado se visualiza en la figura 31.



*Figura 31. Material tubular de acero inoxidable.*

- Herrajes

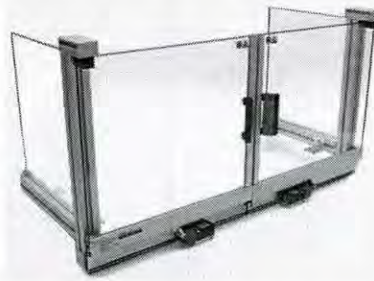
Son herramientas que se utilizan para realizar uniones entre cada tramo de tubo utilizado para formar la estructura. En la figura 32 se observan los diferentes tipos de uniones o herrajes.



*Figura 32. Uniones o herrajes de metal.*

- Guardas de seguridad de policarbonato

El policarbonato forma parte de los polímeros. Es un material fácil de trabajar y bastante utilizado en la industria para crear guardas de seguridad. Las guardas de seguridad en una empresa son indispensables cuando el operador se encuentra expuesto a la máquina y pudiera existir un accidente. Las guardas de policarbonato disminuyen el riesgo que presenta el personal al interactuar con maquinaria aumentando así la seguridad de una empresa.



*Figura 33. Ejemplo del uso de policarbonato como guarda de seguridad.*

Las guardas de seguridad pueden limitar al personal u objetos a acceder a un lugar de alto riesgo, prevén al personal de daños de ciertos procesos donde exista desbaste de material, o dicho material exponga al personal a ser alcanzado por alguna partícula o rebaba, la guarda puede cubrir al operador de estos riesgos.

Se utilizarán placas o paredes de policarbonato para instalarlas en la parte posterior y a los costados. En la figura 33 se tiene un ejemplo de uso de policarbonato como guarda de seguridad.

- Gabinete eléctrico

Un gabinete eléctrico es una estructura con forma de un poliedro de metal utilizada para distribuir material eléctrico como relés, fuentes de poder, cableado, térmicos, etc. protegiéndolos de factores externos que pudieran tener contacto con los dispositivos dentro del gabinete, tales como polvo, descuidos del personal, lanzamientos de agua, entre otros ejemplos.

De esta manera el material eléctrico de la maquina está protegido. La propiedad de un gabinete varía según el área que se requiera.

En la figura 34 se muestra la fotografía de un gabinete típico utilizado en el área industrial.



*Figura 34. Gabinete metálico.*

- **Platina**

Una platina es un accesorio para el gabinete eléctrico de forma rectangular comúnmente de metal. La función de la platina es evitar que el gabinete sea barrenado para instalar componentes eléctricos, la platina queda sobre la pared de fondo, siendo una base para poder colocar los componentes eléctricos en ella y no en la carcasa del gabinete. En la figura 35 vemos un ejemplo de una platina.



*Figura 35. Platina para gabinete eléctrico.*

- **Glándulas para cableado eléctrico**

Una glándula, también conocida como prensaestopas o pasacables, es un conector de cierre rápido y hermético utilizado para proteger el cable de los riesgos



de daño en el punto de corte en un gabinete, evita los riesgos por la desconexión por tracción sobre el conductor mediante una adecuada sujeción. Se emplea en todo tipo de industria del armado de tableros y gabinetes eléctricos. En la siguiente figura se tiene la imagen de una glándula.



Figura 36. Glándula para cableado eléctrico.

## Softwares

- Diseño CAD

Las herramientas CAD (diseño asistido por computadora) permiten hacer uso de las tecnologías informáticas para el diseño y la documentación sobre diseño. El software de diseño reemplaza los dibujos a mano con procesos automatizados.

El nombre del software que se utiliza para diseñar el modelo 3D de la máquina estampadora se llama SpaceClaim. Este software fue desarrollado por la corporación de SpaceClaim, la cual después fue absorbida por Ansys. Este software permite al usuario crear, editar y reparar figuras geométricas.

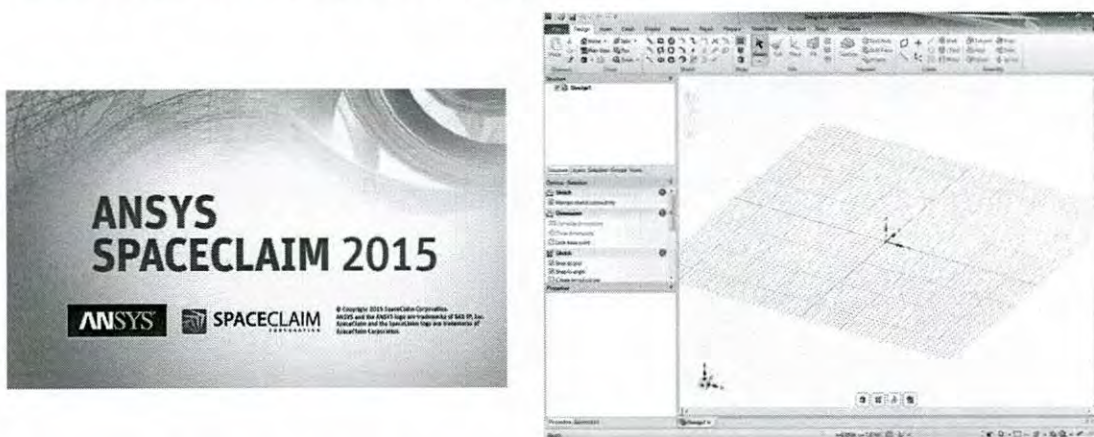


Figura 37. Presentación de Inicio del software CAD SpaceClaim e interfaz.

En la figura 37 se tiene la presentación de inicio del software, así como la interfaz que permite al usuario realizar diseños 3D.

- Diseño electroneumático.

El diseño neumático es realizado en el software FESTO FluidSim para neumática e hidráulica. Este software permite crear diagramas y simulaciones de circuitos eléctricos y neumáticos. Las herramientas con las que cuentan lo hacen más fácil para planificar completamente sistemas e implementar componentes individuales. En la siguiente figura se tiene una imagen con la interfaz de FluidSim.

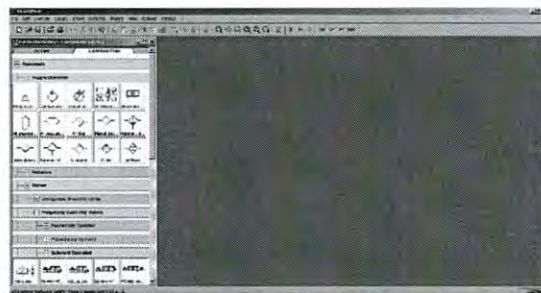


Figura 38. Interfaz de FluidSim.

- Programación del controlador de seguridad

El nombre del software utilizado para la programación del Controlador de seguridad G9SP es "configurador de G9SP", en inglés "G9SP Configurator". El controlador de seguridad se programa por método grafico utilizando una configuración fácil, personalizando bloques de funciones, también permite la realización de compilación del programa y simulaciones. Para cargar un programa desarrollado en el controlador G9SP es necesario utilizar un cable tipo USB A B. La interfaz para la programación del software utilizado se visualiza en la figura 39.



Figura 39. Interfaz del Software G9SP Configurator.



Las características de este software son:

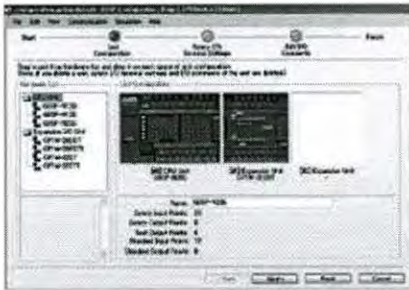


Figura 40. Panel de configuración.

### Fácil configuración

Todas las funciones de seguridad están listas para para usarse. Los bloques de funciones certificados pueden ser fácilmente seleccionados en la interfaz gráfica y ser modificados para adecuar tu aplicación.

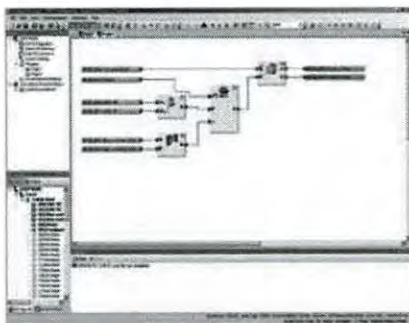


Figura 41. Interfaz de configuración para bloques (lógica).

### Bloques de funciones definidas por el usuario

Aprobar la configuración de elementos tal como una solución de monitoreo de prueba puede ser fácilmente almacenado como un block de funciones y ser reutilizado en proyectos futuros. Esto minimiza el tiempo que toma crear un nuevo sistema de configuración.

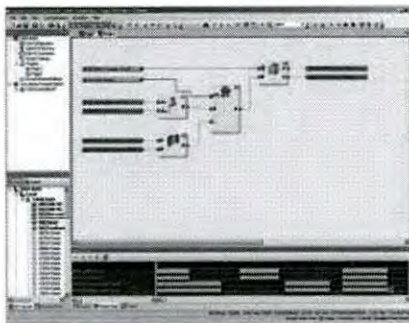


Figura 42. Simulación en G9SP Configurator.

### Simulación

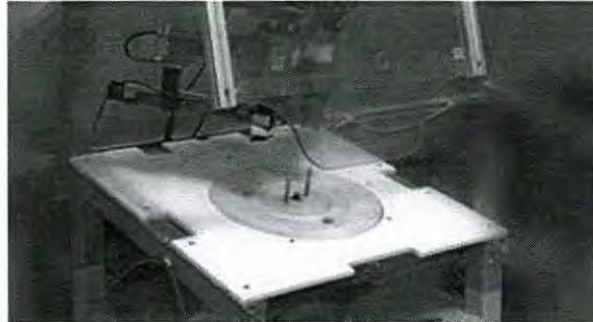
Todas las funciones pueden ser probadas y simuladas con la herramienta de configuración, así que no hay trabajo cargado adicional para el ingeniero.



## VIII. Procedimientos empleados y actividades desarrolladas

Es necesario tener en claro las necesidades que la empresa demanda. Para comenzar con este proyecto es necesario realizar un análisis del proceso de estampado que realiza la máquina a actualizar. En la siguiente figura se muestra una fotografía de la máquina engrapadora anterior.

Se debe realizar un plan de trabajo, se hacen divisiones de las diferentes áreas que engloba la integración de una nueva máquina engrapadora tales como, diseño CAD, circuitos eléctricos, circuitos neumáticos, programación, montaje de la estructura, conexiones eléctricas y neumáticas, y pruebas físicas.



*Figura 43. Máquina estampadora de carretes.*

### Software CAD

Como se había señalado anteriormente, el diseño se realizó en el software SpaceClaim. Este software puede ser manipulado por el usuario muy fácilmente, ya que cuenta con una interfaz relativamente sencilla.

El diseño de la estructura de la máquina tiene que cumplir ciertas dimensiones. En la figura 44 se muestra el diseño de la estructura

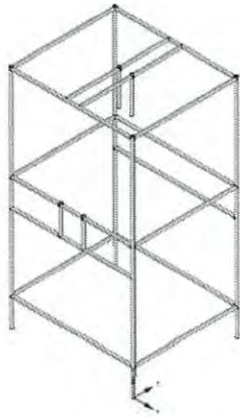


Figura 44. Estructura base tubular.

Se decidió utilizar material tubular que actualmente estaba en uso en la empresa. La estructura tiene una altura de 1.80 metros, por 0.80 metros de profundidad y 1 metro de longitud.

En la siguiente figura se muestra la estructura con dispositivos de seguridad instalados. Por normas de seguridad y estudios ergonómicos, el mando bimanual debe estar situado entre 995 y 1150 milímetros desde el piso hasta la colocación de ambas manos contemplando el uso de zapatos del operador.

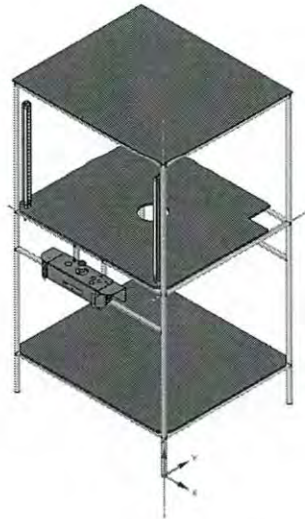


Figura 45. Estructura con Mando Bimanual, paro de emergencia y cortinas de seguridad.

Para asignar la distancia desde el mando hasta el primer actuador es necesario realizar la siguiente operación:

$$S = (K \times T) + C$$

Donde;

S = Distancia mínima de seguridad en milímetros

K = Constante equivalente a 1600mm/s

T = Parada general de la máquina, medido desde la actuación de sensado hasta que la máquina para su proceso por completo.

C = Distancia de seguridad añadida debido al factor de profundidad: 250 mm, por ISO 13855, el factor "C" puede ser reducido a 0 si los riesgos de invasiones son eliminados, pero la distancia de seguridad debe ser siempre 100mm o mayor.

Por lo tanto se tiene que:

K = 1600mm/s; T = 0.1 s; C = 250 mm (se usa ISO 13855)

Sustituyendo:

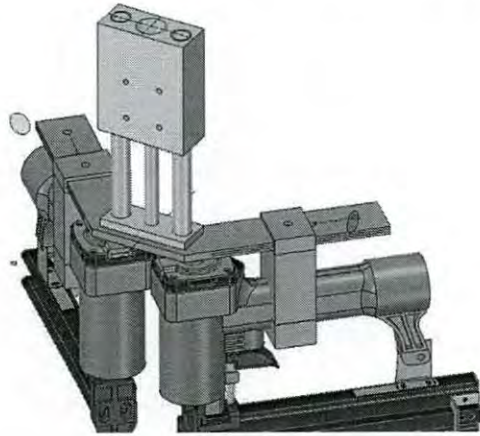
$$S = \left( \frac{1600mm}{s} \times 0.1s \right) + 250mm = 410mm$$

Por lo tanto, se tiene que el bimanual debe estar colocado a una distancia mínima de 410 mm del punto de peligro.

Las cortinas de seguridad son instaladas usualmente donde exista un riesgo de atrape con un actuador, esta máquina cuenta con un cilindro de doble efecto el cual soporta dos pistolas engrapadoras, cada una pesa poco más de 2 kilogramos, además que cuenta con mecanismos de agarre para tener un buen soporte con el pistón. Dichos mecanismos de soporte pesan alrededor de 2 kilogramos, entonces el cilindro tiene que levantar una cantidad aproximada de 7 kilogramos. Por lo tanto, existe el riesgo de que algún miembro de una persona sea aplastado y pueda causarle daño.

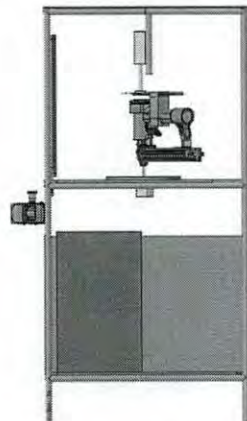


En la figura siguiente se muestra el montaje de equipo de estampado, donde, se visualiza el cilindro con sus respectivas bases, además se logra ver el montaje de ambas pistolas con sus respectivos soportes los cuales están instalados al cilindro.



*Figura 46. Montaje de cilindro y engrapadoras neumáticas.*

En la figura 47 se logra visualizar el lugar donde el gabinete eléctrico estará instalado, así como el control neumático. El gabinete está representado por el rectángulo izquierdo en la parte de abajo, y el área donde se ubicará el equipo neumático es representada por el rectángulo derecho



*Figura 47. Ubicación para la instalación del gabinete eléctrico y control neumático.*

A los costados de la máquina se instalará un par de hojas de policarbonato a cada lado. Por la parte trasera habrá una puerta de policarbonato la cual podrá abrirse fácilmente para así poder dar acceso al personal de mantenimiento en dado caso que se requiera.

#### Mecanismos y estructura

- Plato o disco de base y sujeción

Para este proyecto se diseñó un disco el cual es la base para reposar el material cuando se hace un carrete. El disco se adapta a la flecha del actuador rotatorio por medio de una cuña y un par de opresores, esto para hacer rotar al material y seguir efectuando el proceso de engrapado. El material de la pieza está fabricado de nylonamid en su por la parte de arriba, y una placa de aluminio debajo de esta para tener soporte al momento de dejar caer las pistolas cuando se ejecute la acción.

En la siguiente figura se muestra una el diseño del plato el cual será la base para poner el carrete en construcción.

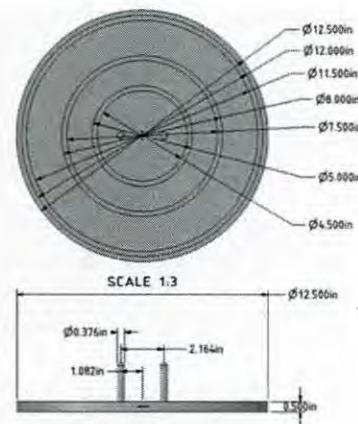


Figura 48. Plato o base para el soporte del carrete en producción.

- Unión para la sujeción del cilindro a pistolas engrapadoras

Es un mecanismo que consta de un conjunto de piezas diseñado particularmente para unir el cilindro con el par de pistolas haciéndolas bajar hasta el punto de contacto y así realice el engrapado del carrete. Este mecanismo consta de 3 partes principales, a la primera se le asignó el nombre de “vía o boomerang”, a la segunda se le asignó el nombre de “corredera” y la tercera pieza se le asignó el nombre de “sujetador”.

**Vía o boomerang.** Esta pieza fue diseñada para realizar la función de poder deslizar las pistolas de una manera sencilla según el tipo de aro que se necesite. El boomerang montado al cilindro se puede visualizar en la figura 49.

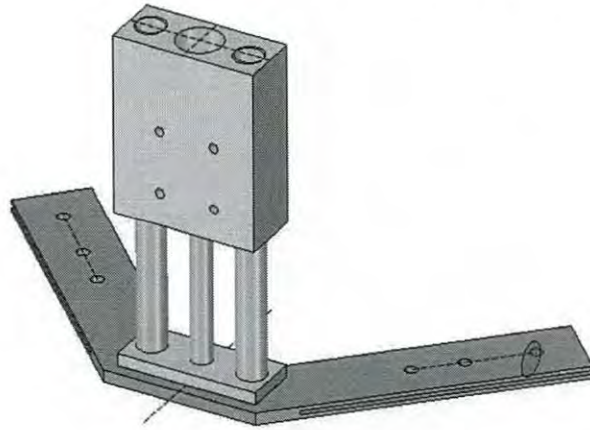


Figura 49. Boomerang o vía.

**Corredera.** Esta pieza es una adaptación que es capaz de deslizarse por las vías del boomerang, así mismo esta pieza se encuentra unida al sujetador del mango de la pistola formando una sola pieza. Como se puede ver en la figura 50, se tiene la corredera montada en el boomerang.

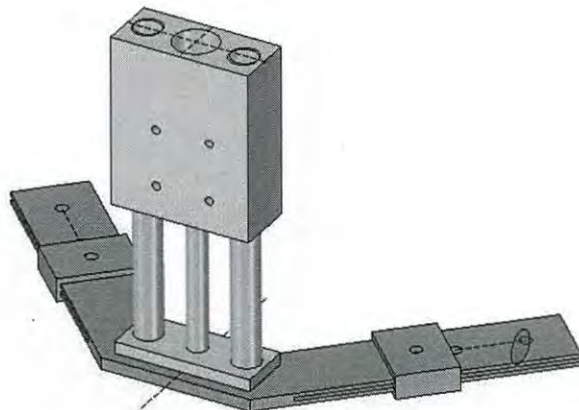


Figura 50. Corredera o tren.



**Sujetador.** Esta pieza fue diseñada para sujetar la pistola de su mango dejándola en una posición fija, la pieza cuenta con dos partes unidas con tornillos por una bisagra y un candado ajustable. Es capaz de abrirse para poder dar mantenimiento a la pistola o en un futuro lograr hacer un cambio. Esta pieza va unida con tornillos a la corredera, formando así la unión entre las pistolas y el cilindro. En la figura 51 se muestra el diseño del sujetador unidas a la corredera.

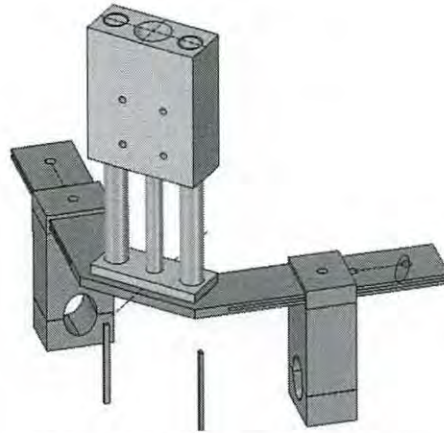


Figura 51. Sujetadores de las pistolas.

En la siguiente figura se tiene el mecanismo completo el cual se instalará en la parte superior de la máquina para efectuar el engrapado del carrete.

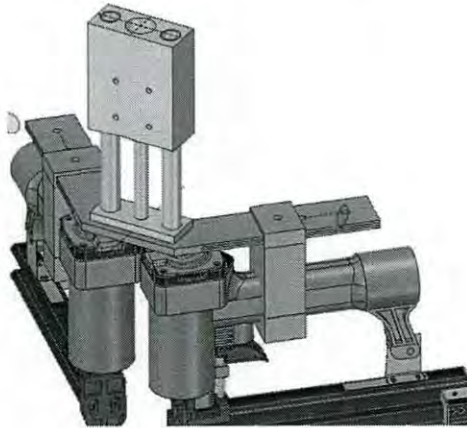


Figura 52. Mecanismo para la sujeción de pistolas al cilindro.

Lógica del sistema neumático.

Para tener una visualización mejor sobre la lógica que debe seguir la máquina se realizó la secuencia en FluidSim para posteriormente pasarla a la programación del controlador. La secuencia es la siguiente “P+, P-, M+, P+, P-, M-”, donde P es el pistón, y M es el actuador giratorio.

En la siguiente figura se tiene el diagrama de los actuadores y de las electroválvulas utilizadas que se diseñó:

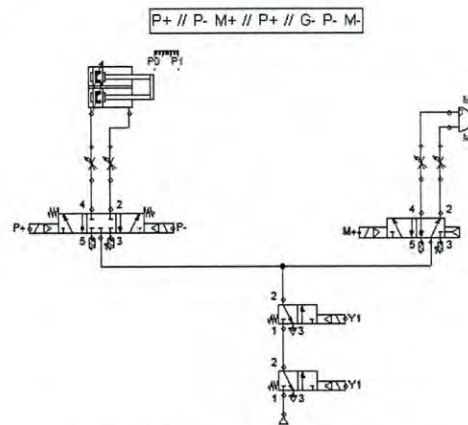


Figura 53. Diagrama electro neumático diseñado en FluidSim.

En la figura 54 se observa el diagrama eléctrico que realizará la lógica del sistema.

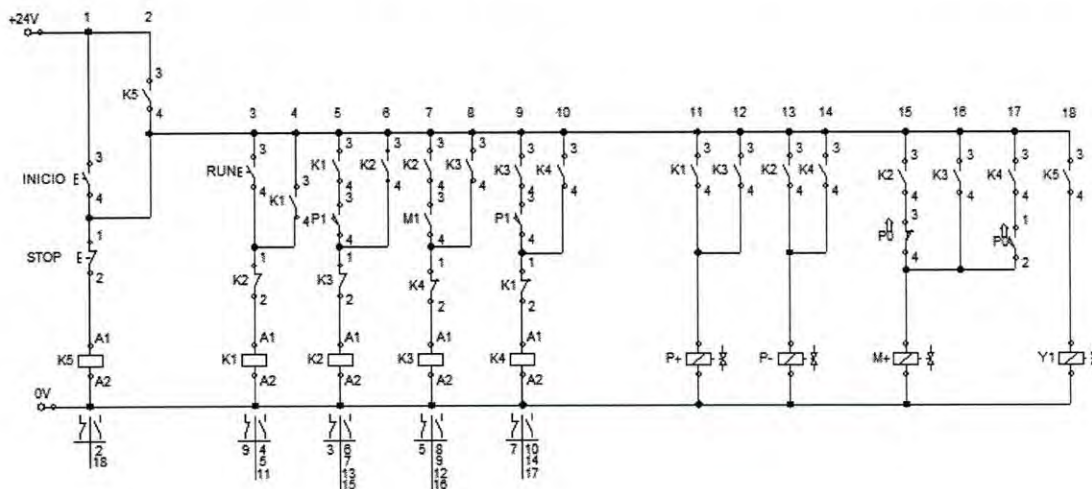


Figura 54. Representación de la lógica en FluidSim.

## Programación del controlador de Seguridad

El controlador de seguridad GS9P-N20S tiene como función monitorear los dispositivos que se estén utilizando, tanto dispositivos de entrada como de salida. Este dispositivo de seguridad es utilizado en ocasiones donde se ocupa tener una categoría mayor de seguridad ya que la principal característica de este controlador es realizar la redundancia de ciertas salidas.

La siguiente figura muestra una tabla correspondiente a la configuración de entradas que se asignó.

No.	Name of settings	I/O Comment	Test Source	Diagnosis
00	Emergency Stop Switch(2NC)	EMO NC	T0	Diagnosis
01	Emergency Stop Switch(2NC)	EMO NC	T0	Diagnosis
02	No Setting	No Name	---	Not Used
03	No Setting	No Name	---	Not Used
04	Two Hand Switch	Two Hand NO	T1	Diagnosis
05	Two Hand Switch	Two Hand NC	T1	Diagnosis
06	Two Hand Switch	Two Hand NO	T1	Diagnosis
07	Two Hand Switch	Two Hand NC	T1	Diagnosis
08	Light Curtain	Light Curtain	---	No Diagnosis
09	Light Curtain	Light Curtain	---	No Diagnosis
10	Safety Switch(1NC/1NO)	MFS12 NC	T4	Diagnosis
11	Safety Switch(1NC/1NO)	MFS12 NO	T4	Diagnosis
12	Enable Switch(2NO)	LIMIT SWITCH NO	T4	Diagnosis
13	Enable Switch(2NO)	LIMIT SWITCH NO	T4	Diagnosis
14	Single Standard PNP Output	Standard	---	No Diagnosis
15	No Setting	No Name	---	Not Used
16	EDM(Contact Welding Detection)	EDM(Contact Welding Check)	T3	Diagnosis
17	EDM(Contact Welding Detection)	EDM(Contact Welding Check)	T3	Diagnosis
18	No Setting	No Name	---	Not Used
19	No Setting	No Name	---	Not Used

Figura 55. Tabla de entradas del controlador de seguridad.

En la primera columna se encuentra el número de la entrada, el controlador cuenta con 20 entradas de las cuales sólo se usaron 15 de ellas.

La segunda columna muestra el nombre de la aplicación, la tercera columna es para que el usuario pueda editar o comentar sobre la aplicación que se está usando.

La cuarta columna describe el número que se le asigna a la señal de prueba, llamada *Test* en inglés, y en la quinta columna se describe el diagnostico que se le aplica al dispositivo correspondiente.

Los *Test* son señales de prueba que monitorean ciertos dispositivos creando una redundancia. Se tienen diferentes números de señales ya que cada una maneja una



señal de frecuencia distinta. Por lo general una señal de prueba se toma como la fuente o alimentación de algún dispositivo, y los contactos abiertos o cerrados de dichos dispositivos se configuran en las señales de entrada. Internamente el controlador de seguridad realiza la comparación entre la señal de prueba y la entrada que se le asignó a los contactos.

En la siguiente figura se observa una tabla que muestra la configuración de las señales de prueba utilizadas.

No.	I/O Comment	Test Pulse Type
00	-----	Mechanical Contact
01	-----	Mechanical Contact
02	-----	Not Used
03	-----	Mechanical Contact
04	-----	Mechanical Contact
05	-----	Not Used

Figura 56. Tabla correspondiente a la señal de prueba (Test).

Para la configuración de las salidas se configuran las electroválvulas correspondientes al sistema, de aquí se alimentan las bobinas de la electroválvula de seguridad, la electroválvula que mueve al pistón y otra electroválvula que mueve al actuador rotatorio.

En la figura 56 se muestra la tabla con las descripciones de los componentes de salida utilizados.

No.	Name of settings	I/O Comment	Diagnosis	Single/Dual setting
00	1 Safety Relay	VALVULA SEGURIDAD 3, 2	With Test Pulse	Single Channel
01	1 Safety Relay	VALVULA SEGURIDAD 3, 2	With Test Pulse	Single Channel
02	Single Safety PNP Output w/ Pulse Test	PISTON OUT VALV 5, 3	With Test Pulse	Single Channel
03	Single Safety PNP Output w/ Pulse Test	PISTON IN VALV 5, 3	With Test Pulse	Single Channel
04	No Setting	No Name	Not Used	Single Channel
05	1 Safety Relay	MOTOR VALVULA 5, 2	With Test Pulse	Single Channel
06	No Setting	No Name	Not Used	Dual Channel
07	No Setting	No Name	Not Used	Dual Channel

Figura 57. Configuración de las salidas utilizadas.

La programación de este dispositivo se realiza por lenguaje gráfico, cada dispositivo que se utiliza tiene un bloque con el dibujo que representa.

En la realización de la programación del controlador se tradujo el diagrama que usa FluidSim al lenguaje gráfico del software G9SP. La programación se ordenó en tres páginas las cuales pueden ser visualizadas en las siguientes ilustraciones:

En la primera página se ubican los bloques correspondientes a los dispositivos de seguridad, a cada componente se le asignó una etiqueta para poder hacer su uso posteriormente en las siguientes páginas. La figura 58 muestra la configuración de los dispositivos en la primera página.

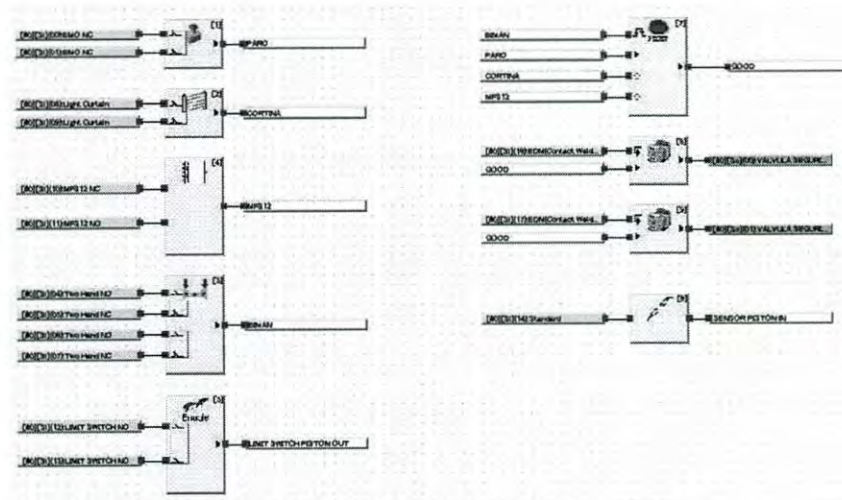


Figura 58. Dispositivos de seguridad I/Os (Página 1).

En la figura 59 se muestra la lógica utilizada para la programación de la secuencia, utilizando compuertas AND, un comparador lógico, bloques de enclavamiento que representan las bobinas, y etiquetas.

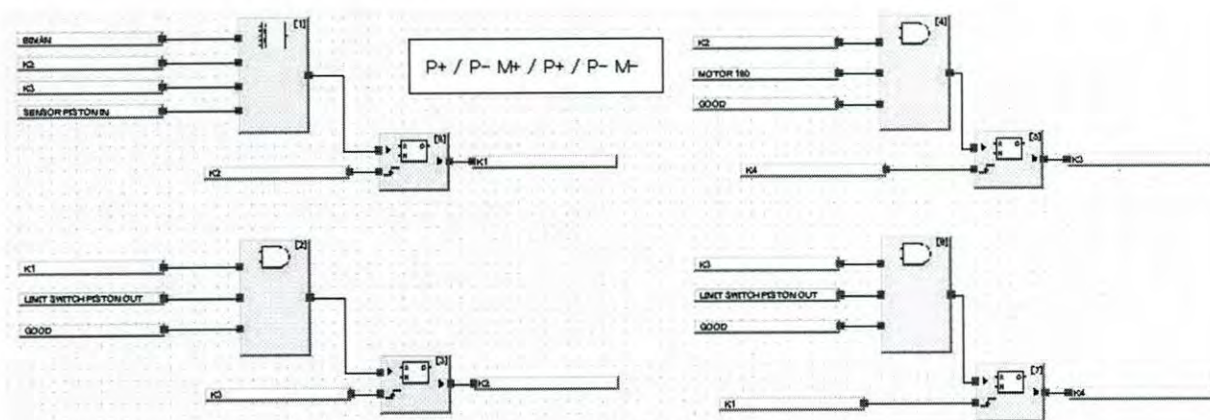


Figura 59. Lógica (Página 2).



En la página número 3, como se muestra en la figura 60 se tiene las condiciones para la conmutación de las electroválvulas, se utilizan compuertas lógicas, multiconectores y etiquetas.

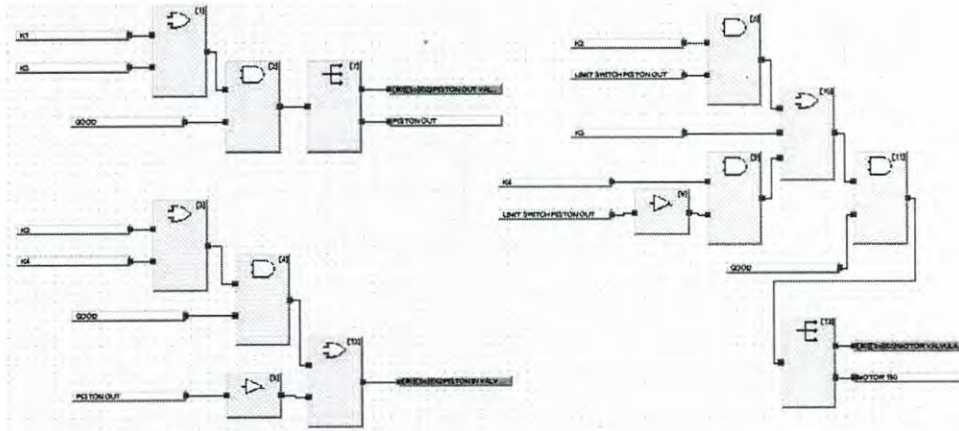


Figura 60. Continuación del programa, condiciones (Página 3).

Construcción de estructura e instalación de equipos.

Se comenzó a construir las bases de la máquina con material tubular con los cuales construían racks en la empresa en ese momento. Se empezó a instalar primeramente los componentes que estaban presentes tales como; cilindro, actuador giratorio, mando bimanual, cortinas y la preparación para la instalación del equipo eléctrico y neumático. Además de las placas de plástico que forman parte de la carcasa de la estructura la cual se logra visualizar en la figura 61.



Figura 61. Máquina engrapadora con ciertos componentes instalados.



### Instalación de gabinete eléctrico

El gabinete eléctrico consta de situar en la posición adecuada los dispositivos eléctricos, teniendo un orden y una visualización apropiada de cada una de las conexiones. Este gabinete tiene dimensiones de 380 mm de anchura, 600 mm de altura y 210 de profundidad, la caja es de chapa de acero. La dimensión para la placa de montaje es de 570 mm de altura y 334 mm de anchura con un grosor de 2.5 mm. La placa de montaje se dividió en tres secciones, cada una de estas líneas se instaló riel DIN para ubicar cada uno de los componentes.

Sobre la primera línea se instaló el interruptor con su respectivo fusible, también se ubican dos fuentes de alimentación, cada una con fusible de 1A, y un par de borneros en los cuales se conectan algunos dispositivos.

En la segunda línea se encuentra el controlador G9SP, a un lado de él se ubican borneros para realizar la distribución de entradas y salidas de los dispositivos.

En la tercera línea se ubica otra distribución de cableado con un bornero.

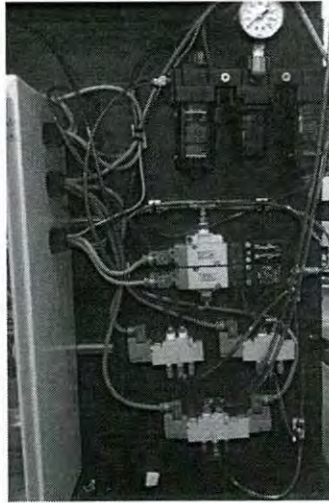
Se puede observar la distribución de cableado y de los componentes dentro del gabinete en la figura 62.



*Figura 62. Distribución de cableado eléctrico en gabinete.*

### Instalación de equipo neumático

La instalación del equipo de control para los actuadores se situó a un lado del gabinete eléctrico, montadas sobre una placa de plástico de un grosor de 10 mm. El equipo FRL se sitúa en la parte de arriba, la electroválvula de seguridad se encuentra en medio. La electroválvula de seguridad suministra el aire para el sistema. En la parte baja se instalaron las electroválvulas. La instalación del equipo se muestra en la fotografía de la figura 63.



*Figura 63. Instalación de equipo neumático.*

En la siguiente figura se muestra una fotografía con los elementos anteriormente descritos, además que se visualiza la instalación del disco el cual va unido a la flecha del actuador giratorio.



*Figura 64. Fotografía de la máquina.*



### Instalación de mecanismos del sistema de engrapado

La pieza principal llamada boomerang va unida a la placa del cilindro por medio de 4 tornillos. En los extremos del boomerang van puestos las correderas, las cuales son capaces de moverse a través del riel diseñado. La corredera a su vez tiene unida la pieza que sujeta a las pistolas por el mango.

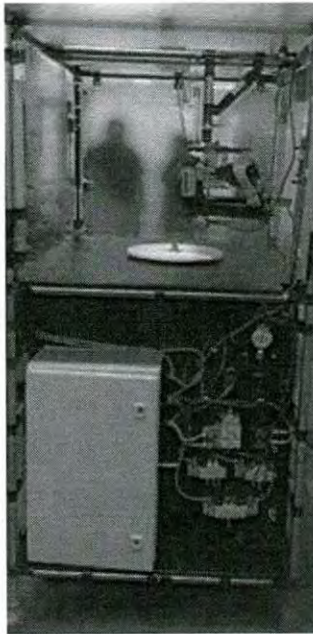
Este conjunto de mecanismos fue maquinado en CNC. En la figura 65 se muestra una fotografía del mecanismo elaborado.



*Figura 65. Fotografía de piezas que unen al cilindro con las pistolas engrapadoras.*

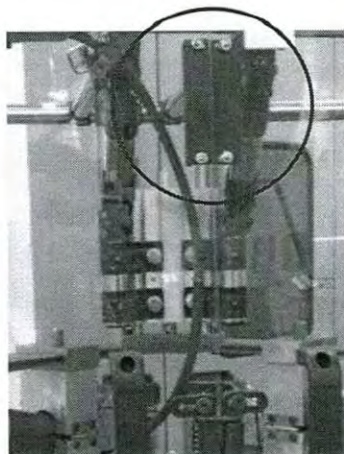
Una vez instalado el equipo neumático, los componentes eléctricos, los dispositivos de seguridad y la mayor parte de la estructura lo siguiente que se realizó fue hacer las pruebas necesarias para verificar que el sistema funcione correctamente. En la figura número 66 se muestra el avance hasta este momento.





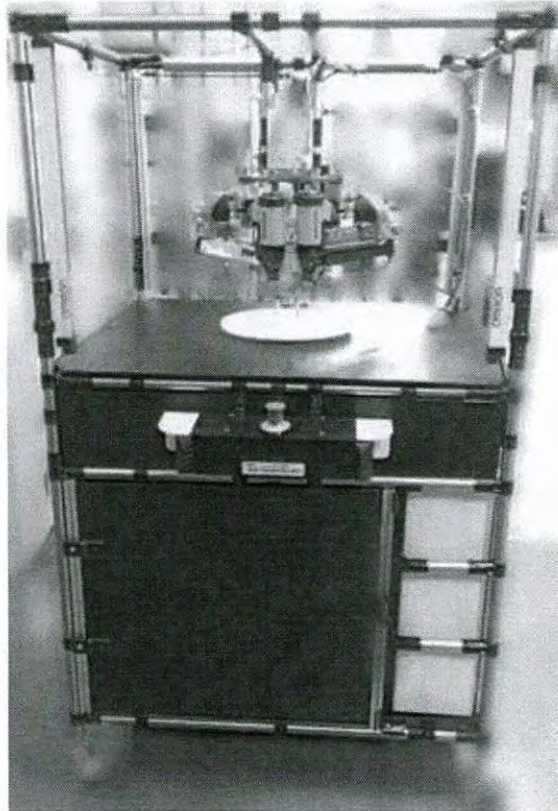
*Figura 66. Avance de Máquina engrapadora.*

Como se logra ver en la figura 67, se colocó una puerta para poder guardar material dentro. Además, se colocó una puerta hecha de policarbonato por la parte de atrás, donde se instaló el sensor magnético MFS12 el cual verifica si la puerta trasera se encuentra abierta. En dado caso que el personal quiera realizar mantenimiento a las pistolas o requiera colocar grapas, al abrir esta puerta el sistema queda inhabilitado y la maquina no podrá operar. En la figura número 66 se puede visualizar donde se encuentra ubicado dicho sensor.



*Figura 67. Ubicación del sensor safety switch MFS12 y puertas de policarbonato.*

Ya que se realizaron suficientes pruebas, y ciertos ajustes a los mecanismos se procedió a instalar las paredes de policarbonato restantes. De esta manera se termina la construcción de la máquina estampadora de carretes. La cual puede ser visualizada en su totalidad en la figura 68.



*Figura 68. Máquina estampadora de carretes terminada.*



## IX. Análisis de la experiencia adquirida en la realización de las prácticas profesionales. Retroalimentación.

### Fortalezas

Al integrarme como practicante en la empresa TE Connectivity, fue un ambiente totalmente diferente al que se idealiza en la Universidad. El área donde me integré fue en mantenimiento en el área estampado. No reconocía en sí muchos procesos a simple vista, sin embargo, conforme fueron pasando los días, los fui relacionando con temas visto durante mi estancia en la Universidad de Sonora.

Un claro ejemplo fue que cuando me presentaron esta máquina de engrapado de carretes que trabajaba con aire a presión, no supe identificar en si una válvula neumática, porque no era como las que usualmente se ven en la Universidad, pero fue cuestión de segundos en darme cuenta que se trataba de una simple válvula de n vías y m posiciones.

Considero que el conocimiento adquirido en mi etapa de universitario fue bastante satisfactorio aplicándolo en un ámbito industrial, ya que me fue fácil adaptarme a los términos, máquinas y herramientas que se utilizan. El proyecto que me tocó desarrollar se adaptó perfectamente a mi perfil como ingeniero Mecatrónico, ya que pude poner en práctica varias herramientas aprendidas en la universidad tales como, programación, diseño, electricidad, electrónica, mecánica, neumática, entre otras.

### Debilidades

La principal debilidad que encuentro como ingeniero mecatrónico es el tema de desarrollos de proyectos, ya que me fue difícil seguir con un seguimiento constante. La gran diferencia de desarrollar un proyecto en la universidad y en una industria es grandísima, porque tienes que ajustarte a lo que la empresa demanda, tanto normas de seguridad, precios de material, tiempos de entrega, entre otros factores.

En cuanto a lo teórico, considero que es relativamente sencillo adaptarse, existen muchos dispositivos que se ven durante la carrera que son muy similares a los que manejan en una industria.



Oportunidades detectadas durante las prácticas

Las oportunidades que tiene un ingeniero mecatrónico en un ambiente industrial son bastantes. Un ingeniero mecatrónico cuenta con un buen perfil al egresar, ya que posee el conocimiento para adaptarse fácilmente en procesos industriales. Hoy en día seguimos en una era de avances tecnológicos exponenciales, oportunidades de tener éxito como ingeniero mecatrónico sí las existen, y no sólo para una única empresa.

Como experiencia personal y de una manera constructiva, recomiendo interesarse en temas sobre planeación y desarrollo de un proyecto. También me gustaría que por parte de la Universidad de Sonora se manejasen temas sobre seguridad industrial, específicamente en temas de dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos.

## X. Resultados obtenidos

Como resultado se obtuvo una mejora en el tiempo de producción de un carrete. En la siguiente figura se visualiza una tabla donde muestra la medición de tiempos en 10 eventos.

Evento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tiempo (s)	24.43	23.07	25.85	24.64	26.96	23.14	22.78	26.45	24.20	23.89

*Figura 69. Tabla de tiempos durante la fabricación de un carrete.*

En promedio tenemos como resultado 24 segundos, lo cual nos da un promedio de 106 carretes por hora. Este tiempo reduce en 10 segundos a las mediciones realizadas en la fabricación de carretes con la máquina utilizada anteriormente.

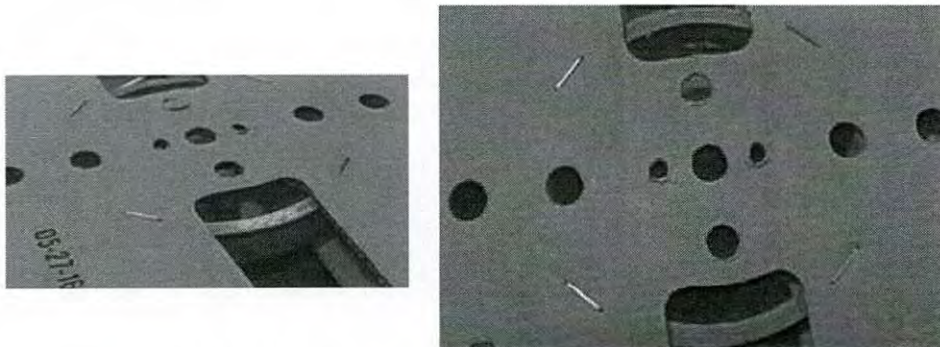
En la figura 70 se tiene una fotografía de la máquina engrapadora de carretes operando donde se logra ver el centro del carrete y la circunferencia de cartón.

La seguridad aumentó considerablemente, ahora la máquina cuenta con suficientes dispositivos de seguridad para garantizar la disminución de riesgo al operador.



*Figura 70. Máquina engrapadora operando.*

El carrete terminado puede verse en la figura 71, donde se tienen dos fotografías tomadas después del proceso de engrapado.



*Figura 71. Fotografías de un carrete fabricado por la engrapadora.*

Los resultados obtenidos fueron satisfactorios ya que se cumplieron los objetivos necesarios. Se remplazaron dispositivos que no contaban con las características de seguridad adecuadas. La máquina ahora cuenta con un nivel de seguridad categoría 3 (antes categoría 1) ya que ahora obtiene la detección de fallas inmediatamente, o antes de que se ejecuta la siguiente y no existen perdidas en las funciones de seguridad, el sistema sigue funcionando hasta aplicar un reinicio.



## XI. Conclusiones y recomendaciones

### Conclusión

Durante el desarrollo del proyecto se tuvieron algunas limitaciones. Parte del material ya se tenía almacenado por lo cual se tuvo que ajustar a lo que existía. Hubo bastantes cambios durante el desarrollo, como por ejemplo el material de la estructura de la engrapadora, utilizar el material tubular hizo que cambiara bastante el diseño ya que inicialmente se trabajaría con perfiles de aluminio rectangulares. Parte del material se retrasó en llegar y algunas instalaciones fueron tediosas de colocar, lo cual también provocó un poco de retraso a la planeación del proyecto.

Por otra parte, el tiempo de engrapado de carretes disminuyó 10 segundos, pasando de 34 segundos a 24 segundos por carrete, obteniendo 150 carretes/hora a diferencia de 106 carretes/hora.

Se obtuvo un nivel mayor de seguridad para el operador con los dispositivos de seguridad instalados.

Se ahorró espacio debido a las dimensiones de la máquina anterior. Se tuvo una mejor organización del cableado eléctrico y en el ruteo de manguera neumática.

Ha sido bastante satisfactorio haber tenido la oportunidad de trabajar en un proyecto de esta magnitud, sobre todo, me gustó bastante aprender a cerca de la seguridad en una empresa. He obtenido bastante aprendizaje en esta experiencia, ya que, al ver una máquina así a primera vista parece algo sencillo de realizar, pero no es así, sí resulta complicado sobre todo los detalles que salen repentinamente. Se requiere de bastante planeación y exactitud con los cálculos para el diseño.

Los resultados obtenidos personalmente me fueron muy gratos, ya que la mayoría de los propósitos se cumplieron.



### Recomendaciones

Personalmente recomiendo a estudiantes de ingeniería, específicamente ingeniería mecatrónica, involucrarse con este tipo de proyectos porque engloba bastantes temas relacionados con la carrera. Se trabajó con las principales ramas de la mecatrónica, diseño, programación, electricidad y mecánica, también temas como planeación de proyectos, mantenimiento, seguridad industrial, entre otros.

TE Connectivity es una empresa en la que profesionistas pueden lograr desarrollarse en un ambiente industrial. Actualmente esta empresa se encuentra en una etapa de crecimiento y a la vanguardia, con lo cual el practicante puede desenvolverse en el campo laboral si así se desea.

## Bibliografía

- Banner Engineering Corp. (08 de Dec de 2008).  
<https://www.bannerengineering.com/us/en.html>. Obtenido de  
<http://info.bannerengineering.com/cs/groups/public/documents/literature/em004.pdf>
- Banner Engineering Corp. (15 de Agosto de 2016). <http://www.manualsdir.com>. Obtenido de  
<http://www.manualsdir.com/manuals/587619/banner-duo-touch-run-bar-with-stb-buttons-stb-self-checking-touch-buttons.html?download>
- Bolton, W. (2013). *Mecatrónica. Sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica*. México: Alfaomega.
- <http://www.controlglobal.com>. (21 de Septiembre de 2016). Obtenido de  
[http://www.controlglobal.com/assets/assets/abb\\_wp\\_diverse\\_redundancy.pdf](http://www.controlglobal.com/assets/assets/abb_wp_diverse_redundancy.pdf),
- <http://www.insht.es>. (13 de Febrero de 2015). Obtenido de  
[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/001a100/ntp\\_086.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/001a100/ntp_086.pdf)
- <https://www.asconumatics.eu>. (6 de Agosto de 2014). Obtenido de  
[https://www.asconumatics.eu/images/site/upload/\\_es/pdf1/00005es.pdf](https://www.asconumatics.eu/images/site/upload/_es/pdf1/00005es.pdf)
- IXYS Integrated Circuits Division. (21 de Abril de 2014). <http://www.ixysic.com>. Obtenido de  
[http://www.ixysic.com/home/pdfs.nsf/www/AN-145ES.pdf/\\$file/AN-145ES.pdf](http://www.ixysic.com/home/pdfs.nsf/www/AN-145ES.pdf/$file/AN-145ES.pdf)
- LitStore. (15 de Agosto de 2016). <http://litstore.phdinc.com/>. Obtenido de  
<http://litstore.phdinc.com/pdf.asp?filename=PHDV1part2.pdf>
- Majumdar, S. (1997). *Sistemas neumáticos, principios y mantenimiento*. McGraw Hill Interamericana Editores, S.A de C.V.
- Martín Franco, A. M. (2003). *Nuevo manual de instalaciones eléctricas*. Madrid: AMV.
- NHP Electrical Engineering Products. (10 de Enero de 2012). <http://www.nhp.com.au>. Obtenido de  
[http://www.nhp.com.au/files/editor\\_upload/File/Safety/Safety-Category-Assessment-Summary.pdf](http://www.nhp.com.au/files/editor_upload/File/Safety/Safety-Category-Assessment-Summary.pdf)
- OMRON Corporation. (20 de Noviembre de 2009). <http://www.airlinehyd.com>. Obtenido de  
<http://www.airlinehyd.com/apollo/sti/mfS.pdf>
- OMRON Corporation. (Abril de 2014). Obtenido de  
<https://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj6zfvbocTPAhUBxWMKHfF-BuQQFggdMAA&url=https%3A%2F%2Fdownloads.omron.us%2Ffiab%2Fproducts%2FSafety%2FSafety%2520door%2520switches%2FNon-contact%2520switches%2FMFS%2>
- OMRON Corporation. (10 de Agosto de 2016). <http://industrial.omron.com.br/>. Obtenido de  
[http://industrial.omron.com.br/uploads/arquivos/G9SP-Operation-Manual\\_2010.pdf](http://industrial.omron.com.br/uploads/arquivos/G9SP-Operation-Manual_2010.pdf)
- OMRON Corporation. (21 de Septiembre de 2016). <http://www.motioncontroltips.com>. Obtenido de  
<http://www.motioncontroltips.com/safety-plcs-a-new-paradigm-for-safety/>

- OMRON Corporation. (21 de Septiembre de 2016). <https://industrial.omron.us>. Obtenido de <https://industrial.omron.us/en/products/downloads>
- OMRON Corporation. (10 de Agosto de 2016). <https://www.ia.omron.com>. Obtenido de [https://www.ia.omron.com/data\\_pdf/cat/d4f\\_ds\\_e\\_5\\_2\\_csm1249.pdf?id=1327](https://www.ia.omron.com/data_pdf/cat/d4f_ds_e_5_2_csm1249.pdf?id=1327)
- Rittal Corp. (10 de Agosto de 2016). <http://www.rittal.com>. Obtenido de <http://www.rittal.com/mx-es/product/show/variantdetail.action?c=/Armarios%20de%20distribuci%C3%B3n/Armarios%20compactos&categoryPath=/PG0001/PG0002SCHRANK1/PG0021SCHRANK1/PRO0023SCHRANK&productID=1038500#>
- Rockwell Automation, Inc. (1 de Octubre de 2016). <http://www.ab.com>. Obtenido de <http://www.ab.com/en/epub/catalogs/3377539/5866177/3378076/10334651/Categories-of-Control-Systems.html>,
- SMC Corporation. (5 de Septiembre de 2012). <https://www.smc.eu>. Obtenido de [https://www.smc.eu/smc/Net/EMC\\_DDBB/ce\\_documentation/data/attachments/IMM\\_D-Zx\\_TFP30ES.pdf](https://www.smc.eu/smc/Net/EMC_DDBB/ce_documentation/data/attachments/IMM_D-Zx_TFP30ES.pdf)
- SMC Corporation. (12 de Ago de 2016). <http://www.alliedelec.com>. Obtenido de <http://www.alliedelec.com/smc-corporation-sy7120-5dz-02t/70071153/>
- SMC Corporation. (12 de Agosto de 2016). <https://www.smc.eu>. Obtenido de [http://content2.smcetech.com/pdf/VP\\_VG.pdf](http://content2.smcetech.com/pdf/VP_VG.pdf)
- Stanley Black & Decker, Inc. (15 de Agosto de 2016). <http://servicenet.bostitch.com>. Obtenido de <http://servicenet.bostitch.com/documents/English/Instruction>