



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

AUTORES:

BUSTILLOS MORENO DIEGO ALEJANDRO

ORTIZ BAUTISTA EDGAR ALEJANDRO

**TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO
DE CORTE LINEAL, TRANSPORTE Y EMPAQUETADO DE ENVASES
PLÁSTICOS CON UNA INTERFACE DE MONITOREO HMI EN LA
EMPRESA NS INDUSTRIAS DE LA CIUDAD DE LATACUNGA.**

DIRECTOR: ING. MANJARRÉS A. FÉLIX J.

CODIRECTOR: ING. RIVAS L. DAVID R.

Latacunga, Diciembre 2014

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA****CERTIFICACIÓN**

ING. MANJARRÉS A. FÉLIX J. (DIRECTOR)

ING. RIVAS L. DAVID R. (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CORTE LINEAL, TRANSPORTE Y EMPAQUETADO DE ENVASES PLÁSTICOS CON UNA INTERFACE DE MONITOREO HMI EN LA EMPRESA NS INDUSTRIAS DE LA CIUDAD DE LATACUNGA.**” realizado por los señores: DIEGO ALEJANDRO BUSTILLOS MORENO y EDGAR ALEJANDRO ORTIZ BAUTISTA; ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de estudiantes de la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE.



ING. MANJARRÉS A. FELIX J.
DIRECTOR



ING. RIVAS L. DAVID R.
CODIRECTOR

Latacunga, Diciembre del 2014.

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA****DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros,

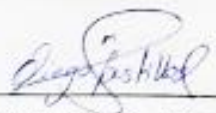

BUSTILLOS MORENO DIEGO ALEJANDRO y

ORTIZ BAUTISTA EDGAR ALEJANDRO

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CORTE LINEAL, TRANSPORTE Y EMPAQUETADO DE ENVASES PLÁSTICOS CON UNA INTERFACE DE MONITOREO HMI EN LA EMPRESA NS INDUSTRIAS DE LA CIUDAD DE LATACUNGA.”**, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan manteniendo normas APA, y cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

 BUSTILLOS M. DIEGO A. C.I.: 0502912728	 ORTIZ B. EDGAR A. C.I.: 0503491995
--	---

Latacunga, Diciembre del 2014.

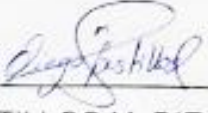

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA****AUTORIZACIÓN**

Nosotros,

BUSTILLOS MORENO DIEGO ALEJANDRO y

ORTIZ BAUTISTA EDGAR ALEJANDRO

Autorizamos a LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CORTE LINEAL, TRANSPORTE Y EMPAQUETADO DE ENVASES PLÁSTICOS CON UNA INTERFACE DE MONITOREO HMI EN LA EMPRESA NS INDUSTRIAS DE LA CIUDAD DE LATACUNGA.**” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad y autoría.

 BUSTILLOS M. DIEGO A. C.I.: 0502912728	 ORTIZ B. EDGAR A. C.I.: 0503491995
--	---

Latacunga, Diciembre del 2014.

DEDICATORIA

El presente proyecto está dedicado a personas que considero pilares fundamentales en mi vida, Papá René, Mamá Paty, Cristian, Patilú y Valeria; durante esta etapa hemos compartido logros, alegrías, penas y desaciertos, gracias por estar junto a mí. Hemos aprendido que conocer a Dios es lo mejor que nos ha pasado; es verdad, ¡Dios es fiel! y la culminación de este proyecto es producto de ello. “Clama a mí, y yo te responderé, y te enseñaré cosas grandes y ocultas que tú no conoces” dice su palabra y esa es mi confianza.

Estar consiente que puedo alcanzar grandes retos es mi convicción!!

Diego Alejandro.

Dedico este proyecto a Dios por todas las bendiciones en mi vida, a mi Padre Edgar por formarme como una persona correcta y responsable, A mi Madre Teresa por su cariño, consejos y sobre todo por siempre preocuparse por mi bienestar, A mis abuelitos Alejandra(+) y Segundo por ser una guía y ejemplo a seguir, A mi tía Inés por ser un apoyo constante e incondicional, A mis Tías y Tíos que siempre me brindaron apoyo, cariño y compartieron momentos importantes en mi vida, a Diana por su apoyo incondicional y cariño, a mi hermano Cristian y a mis primos por ser parte fundamental en mi vida y a todas las personas que aportaron de una u otra manera para cumplir y hacer realidad sueños y metas.

Edgar Alejandro.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Papá Dios por la dicha que me da al alcanzar un pedacito más en mi formación.

A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional.

De manera muy especial y sentida a Verito Romero, sí; ella, quien desde años atrás ha sido mi apoyo y confidente; mil gracias porque sabemos que sin su ayuda la realización de este proyecto no tendría su fin.

A mis compañeros: Alejandro, Stewe, Mori y Potre gracias por compartir tantos momentos inolvidables... como no recordar colegiala y el depar!! Gracias por todo.

Así mismo a todas las personas quienes aportaron directa como indirectamente en la realización y dirección del presente proyecto.

Sí no tiene obstáculos, no es el camino correcto!

Diego Alejandro.

Agradezco a Dios por darme la dicha de existir y disfrutar de mi vida.

A mis padres por el apoyo constante y aportar con cada cosa en todos los momentos importantes de mi vida.

A mis amigos con los compartí anécdotas y vivencias que siempre las llevare presente.

Agradezco a NS Industrias y al Ing. Freddy Naranjo por la apertura brindada para la realización y ejecución de este proyecto, de manera especial a todos los trabajadores del departamento de mecánicos de la empresa y a Verónica Romero por la ayuda brindada en la realización este proyecto.

De manera especial agradezco a los Ingenieros: Félix Manjarrés, Jaqueline Llanos y David Rivas que han sido importantes en la toda la realización de este proyecto.

Edgar Alejandro.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT.....	xxi
CAPÍTULO I.....	1
FUNDAMENTO TEÓRICO.....	1
1.1. GENERALIDADES.....	1
1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.3. OBJETIVOS.....	2
1.4. ALCANCE.....	3
1.5. ESTADO DE LA CIENCIA.....	3
1.5.1. Polímeros.....	3
a) Propiedades de los polímeros.....	3
b) Clasificación de los polímeros.....	4
c) Conformado de los polímeros.....	4
1.5.2. Generalidades del sistema de corte, transporte y empaquetado de envases plásticos.....	8

a) Sistema de corte de envases plásticos.....	8
b) Sistema de transporte de envases plásticos.....	9
c) Sistema de empaquetado de envases plásticos.....	10
1.6. VENTAJAS DE EMPLEO DE LOS SISTEMAS DE CORTE LINEAL, TRANSPORTE Y EMPAQUETADO DE ENVASES PLÁSTICOS.....	11
1.6.1. Tipos de sistemas de corte de envases plásticos.....	12
1.6.2. Tipos de sistemas de transporte de envases plásticos.....	14
1.6.3. Tipos de sistemas de empaquetado para envases plásticos.....	18
1.7. PROCESO DE CORTE, TRANSPORTE Y EMPAQUETADO DE ENVASES PLÁSTICOS EN NS INDUSTRIAS.....	21
1.8. MAQUINARIA DISPONIBLE EN EL MERCADO INTERNACIONAL	23
1.8.1. Maquinaria semi-automática.....	23
1.8.2. Maquinaria automática	24
1.9. TEORÍA DE DISEÑO.....	28
1.9.1. El diseño.....	28
a) Fases del proceso de diseño.....	28
b) Selección de materiales.....	29
c) Propiedades de los materiales.....	30
1.9.2. Ejes y flechas.....	40
a) Materiales para fabricar ejes.....	41

b) Configuración del eje.	42
c) Diseño de ejes para el esfuerzo.	44
d) Procedimiento para diseñar un eje.	45
1.9.3. Rodamientos.....	47
a) Dimensionamiento.	47
b) Tipos de rodamientos.	48
a) Guía para la elección del tamaño de un reductor o motorreductor.	52
1.9.5. Embragues	52
a) Parámetros de funcionamiento.	55
1.9.6. Transmisión por banda y cadena.....	56
a) Tipos de transmisiones por bandas.	56
b) Diseño de transmisiones por bandas.....	58
c) Transmisión por cadenas.....	58
d) Lineamientos de diseño para transmisiones por cadenas.	59
1.10 NEUMÁTICA.....	60
1.11 AUTOMATIZACIÓN.....	60
1.12. DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA DE CORTE, TRANSPORTE Y EMPAQUETADO DE ENVASES PLÁSTICOS.	61
1.12.1. Casa de la calidad	61

1.12.2. Voz del usuario	62
1.12.3. Voz del ingeniero	62
12.1.4. Conclusiones de la casa de la calidad	62
CAPÍTULO II	64
DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS	64
2.1 CARACTERÍSTICAS PRELIMINARES	64
2.2 DISEÑO MECÁNICO.....	64
2.2.1 Sistema de corte.....	64
a) Tornillo de potencia.....	65
b) Selección de banda	66
2.2.2 Sistema de empaquetado.....	68
a) Acoplamiento de embrague	68
b) Sistema de transmisión.....	69
b.1 Número de pasos de la cadena.....	70
b.2 Longitud de la cadena	70
b.3 Distancia entre centros.....	70
c) Sistema de empuje.....	71
d) Selección de Chumacera	75
e) Análisis estructural	76
2.3 DISEÑO ELÉCTRICO	80
2.3.1 Sistema de control	80

a) Selección del RELÉ INTELIGENTE.....	80
b) Selección del panel de visualización	83
c) Selección de automatismos	85
2.3.2 Circuito de control.....	85
a) Control 24 VDC.....	85
b) Carro principal	86
c) Carro posicionador.....	87
d) Bandas.....	89
e) Cortador.....	90
2.3.3 Circuito de potencia	91
a) Carro principal	91
a.1 Inversión de giro.....	91
a.2 Circuito de potencia.....	92
b) Carro posicionador.....	93
c) Bandas.....	95
d) Cortador.....	97
2.5 DISEÑO NEUMÁTICO	99
2.5.1 Pistón contador.....	99
2.5.2 Pistón paleta	99
2.6 DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO	100

CAPÍTULO III	102
CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN	102
3.1 INTRODUCCIÓN.....	102
3.2 CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA EMPACADORA	102
3.2.1 Estructura	102
3.2.2 Estructura carro principal	107
3.2.3 Estructura carro posicionador	110
3.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA EMPACADORA	111
3.3.1 Carro principal	111
3.3.2 Carro posicionador	116
3.4 CONSTRUCCIÓN DEL CORTADOR LINEAL.....	117
3.4.1 Base elevador.....	117
3.5 IMPLEMENTACIÓN DE LAS BANDAS	121
3.5.1 Base	121
3.5.2 Acoplamiento de motor	124
3.6 CONTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL TABLERO DE POTENCIA... ..	126
3.7 CONTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL TABLERO DE CONTROL	128
3.8 FLUJOGRAMAS DE CONSTRUCCIÓN.....	132
3.8.1 Operaciones de construcción	133
3.8.2 Flujograma sinóptico de la construcción	134
a) Desarrollo estructura - empacadora.....	134
b) Desarrollo Estructura - Cortadora	135

c) Desarrollo Implementación de Bandas Transportadoras	135
3.8.3 Flujograma de montaje	136
CAPÍTULO IV	137
PRUEBAS Y RESULTADOS	137
4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	137
4.2 PRUEBAS.....	137
4.2.1 Protocolo de pruebas.....	137
4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS	138
4.4 ANÁLISIS ECONÓMICO	139
CAPÍTULO V	142
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	142
5.1 CONCLUSIONES	142
5.2 RECOMENDACIONES.....	143
5.3 BIBLIOGRAFÍA.....	144
5.4 NETGRAFÍA	145
ANEXOS.....	149

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 Comparación de las tres clases de polímeros.	4
Tabla 1. 2. Comparación de escalas de dureza con resistencia a la tensión.	36
Tabla 2. 1. I/O requeridas	81
Tabla 2. 2. Entradas y Salidas Digitales del Relé inteligente LOGO!.....	82
Tabla 2.3. Entradas y Salidas Digitales Módulo de expansión I/O digitales LOGO! DM812/24R	83
Tabla 2. 4. Designación de Conexión Pantalla	84
Tabla 2. 5. Designación de Control 24VDC	86
Tabla 2. 6. Designación Control motor carro principal	87
Tabla 2. 7. Designación Control motor carro posicionador	88
Tabla 2. 8.Designación Control motor bandas	89
Tabla 2. 9. Designación Control motor cortador.....	90
Tabla 2. 10. Designación Circuito de inversión de giro	92
Tabla 2. 11. Datos de componentes	92
Tabla 2. 12. Componentes seleccionados	93
Tabla 2. 13.Designación esquema de potencia de motor posicionador...	94
Tabla 2. 14. Selección de componentes	95
Tabla 2. 15. Designación Control potencia motores bandas.....	96
Tabla 2. 16. Selección de componentes	97
Tabla 2. 17. Designación Circuito potencia motor cortador	98
Tabla 3. 1 Máquinas y equipos	133
Tabla 3. 2 Operaciones de construcción.....	133
Tabla 3. 3. Operaciones de montaje	136
Tabla 4. 1. Pruebas realizadas	138
Tabla 4. 2. Gastos del proyecto	140

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Procesos típicos de conformado de polímeros termoestables: (a) modelo por compresión y (b) modelo por transferencia.....	6
Figura 1. 2. Técnica mediante la cual se pueden producir películas de polímero.....	6
Figura 1.3. Procesos típicos de conformado para polímeros termoplásticos: (a) extrusión, (b) moldeado por soplado, (c) moldeado por inyección, (d) termoformado, (e) calandrado y (f) hilado.	7
Figura 1. 4. Cortadora de cúpula sobrante de envases plásticos.	9
Figura 1. 5. Banda transportadora para envases plásticos.....	10
Figura 1. 6. Empacadora de envases plásticos.	10
Figura 1. 7. Empacado de envases plásticos.	11
Figura 1. 8. Sistema de corte rotatorio.....	13
Figura 1. 9. Cortadora lineal.....	14
Figura 1. 10. Posicionador de envases plásticos.....	15
Figura 1. 11. Representación Transporte Neumático.	16
Figura 1. 12. Banda transportadora de tablillas.	17
Figura 1. 13. Banda transportadora con curva.....	17
Figura 1. 14. Banda transportadora con rodillos.	18
Figura 1. 15. Banda transportadora con cinta ahulada.	18
Figura 1. 16. Empaquetadora para envases rectangulares.	19
Figura 1. 17. Empaquetadora para envases redondos.	20
Figura 1. 18. Empaquetadora para envases pequeños.	21
Figura 1. 19. Área de corte de la extrusora-sopladora.....	22
Figura 1. 20. Acumulación de envases en la cuchilla radial.....	22
Figura 1. 21. Maquinaria de empaquetado Semi-Automática.	23
Figura 1. 22. Series SB de corte para envases plásticos.....	24
Figura 1. 23. Modelo SB3 de corte para envases plásticos.	25

Figura 1. 24. Fases del proceso de diseño.	28
Figura 1. 25. Diagrama típico de esfuerzo-deformación.	31
Figura 1. 26. Conversiones de dureza.	35
Figura 1. 27. Resistencias a la fatiga representativas.....	38
Figura 1. 28. Rodamiento de la marca FAG.	47
Figura 1. 29. Embrague	53
Figura 1. 30. Acoplamiento de embrague.	53
Figura 1. 31. Embrague de placa.....	54
Figura 1. 32. Geometría básica de una transmisión por bandas.....	56
Figura 1. 33. Ejemplos de tipos de bandas.....	57
Figura 1. 34. Cadena de rodillos.	59
Figura 1. 35. Componentes de la neumática	60
Figura 2. 1. Diseño de cortador.....	65
Figura 2. 2. Secciones de bandas en V estándar	67
Figura 2. 3. Diagrama de cuerpo libre.....	72
Figura 2. 4. Diagrama de momentos.....	74
Figura 2. 5. Análisis en el eje.....	75
Figura 2. 6. Selección de Chumacera.....	76
Figura 2. 7. Empacadora	77
Figura 2. 8. Análisis estático de la estructura.	79
Figura 2. 9. Ensamblaje total	80
Figura 2. 10. Diagrama RELÉ INTELIGENTE LOGO	81
Figura 2. 11. Módulo de expansión I/O digitales LOGO! DM812/24R.....	82
Figura 2. 12. Conexión Pantalla.....	84
Figura 2. 13. Control 24VDC.....	85
Figura 2. 14. Control motor carro principal.....	87
Figura 2. 15. Control motor carro posicionador.....	88
Figura 2. 16. Control motor bandas	89
Figura 2. 17. Control motor cortador	90
Figura 2. 18. Circuito de inversión de giro	91
Figura 2. 19. Esquema de potencia de motor posicionador.....	94

Figura 2. 20. Control potencia motores bandas	96
Figura 2. 21. Circuito potencia motor cortador	98
Figura 2. 22. Circuito neumático pistón contador.....	99
Figura 2. 23. Circuito neumático pistón paleta	100
Figura 2. 24. Flujograma del proceso completo	101
Figura 3. 1. Base de estructura.....	102
Figura 3. 2. Estructura	103
Figura 3. 3. Soldar bases faltantes	104
Figura 3. 4. Estructura final.....	104
Figura 3. 5. Soporte motores	105
Figura 3. 6. Sujeción del material.....	105
Figura 3. 7. Ranuras y taladros realizados	106
Figura 3. 8. Base de motor	106
Figura 3. 9. Carro principal de empaçado	107
Figura 3. 10. Soldar soporte de carro principal	107
Figura 3. 11. Torneado de guías de ejes.	108
Figura 3. 12. Perforado de guías	108
Figura 3. 13. Guías terminadas.....	109
Figura 3. 14. Torneado eje de bronce.....	109
Figura 3. 15. Placa de empuje	110
Figura 3. 16. Soporte chumaceras.....	110
Figura 3. 17. Ejes guías	111
Figura 3. 18. Acople embrague.....	111
Figura 3. 19. Colocación de motor y chumaceras.....	112
Figura 3. 20. Colocación de cadena	112
Figura 3. 21. Introducción de bocín.....	113
Figura 3. 22. Guía con bocín	113
Figura 3. 23. Guías terminadas.....	114
Figura 3. 24. Ejes en guías	114
Figura 3. 25. Pistón con guías	115
Figura 3. 26. Paleta colocada	115

Figura 3. 27. Servomotor carro posicionador.....	116
Figura 3. 28. Motor y placa de empuje.....	116
Figura 3. 29. Soporte	117
Figura 3. 30. Ejes cortador.....	117
Figura 3. 31. Banda de transmisión.	118
Figura 3. 32. Guías de regulación.....	118
Figura 3. 33. Base de guías.	119
Figura 3. 34. Colocación de regulación.....	119
Figura 3. 35. Montaje de motor	120
Figura 3. 36. Cortador final	120
Figura 3. 37. Banda en máquina sopladora.	121
Figura 3. 38. Placa soporte banda.	121
Figura 3. 39. Placa más perfil	122
Figura 3. 40. Base bandas	122
Figura 3. 41. Acople para giro.....	123
Figura 3. 42. Regleta principal	123
Figura 3. 43. Sensor reflectivo	124
Figura 3. 44. Reducción de diámetro	124
Figura 3. 45. Piñón montado.....	125
Figura 3. 46. Retorno de banda	125
Figura 3. 47. Motor montado.....	126
Figura 3. 48. Circuito potencia	126
Figura 3. 49. Tablero de potencia final.....	127
Figura 3. 50. Montaje de tablero de potencia.....	127
Figura 3. 51. Montaje fuente de alimentación	128
Figura 3. 52. Gabinete de tablero de control.....	128
Figura 3. 53. Perforación de gabinete del tablero	129
Figura 3. 54. Elementos colocados.....	129
Figura 3. 55. División de tablero.	130
Figura 3. 56. Conexiones	130
Figura 3. 57. Conexiones.....	131

Figura 3. 58. Tablero final.	131
Figura 3. 59. Montaje tablero	132
Figura 3. 60. Nomenclatura de construcción	134
Figura 3. 61. Desarrollo estructura-empacadora.....	134
Figura 3. 62. Desarrollo estructura-cortadora	135
Figura 3. 63. Desarrollo implementación de bandas transportadoras....	135
Figura 3. 64. Flujograma de montaje	136
Figura 4. 1. Análisis de tiempos	138

RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad el diseño e implementación de un sistema de corte lineal, transporte y empaquetado de envases plásticos, lo que permitirá obtener una producción en serie, de la línea de extrusión y soplado en la empresa NS INDUSTRIAS de la ciudad de Latacunga.

El proyecto se encuentra integrado por las etapas de corte, transporte y empaquetado. La primera etapa consta de un sistema de corte lineal regulable para envases de diferente tamaño, el mismo que permitirá incrementar el número de elementos a ser cortados. La segunda etapa está conformada por una banda transportadora que une las etapas de corte y empaquetado, esta banda poseerá un diseño mecánico ajustable a los diferentes tamaños de envases, además de un conjunto de sensores que permitan el control del transporte del producto. La etapa de empaquetado consta de un sistema neumático que actúa de acuerdo al número de envases que llegan al final de la banda; previamente establecido en el algoritmo de control.

En el Capítulo I se especifica los fundamentos teóricos de cada uno de los sistemas a ser implementados en el proyecto, seguidamente en el Capítulo II se detalla los aspectos de diseño y selección de elementos necesarios para el proceso, en el Capítulo III se muestra los pasos para la construcción de los diversos sistemas que incurren en el mismo, y para finalizar se realiza un análisis económico y conclusivo del proceso realizado, esto se describe en el Capítulo IV y V respectivamente.

PALABRAS CLAVES: INTERFACE HOMBRE MÁQUINA (HMI)/ EMPACADORA DE ENVASES PLÁSTICOS/ CORTE LINEAL-ENVASES PLÁSTICOS/ TRANSPORTE DE ENVASES PLÁSTICOS.

ABSTRACT

This project aims at the design and implementation of a system of linear cutting, transport and packaging of plastic containers, which will obtain a serial production line extrusion blow in the NS INDUSTRIAS in Latacunga city.

The project is composed of the cutting, transport and packaging steps. The first stage consists of an adjustable linear cutting system for containers of different size, the same which will increase the number of elements to be cut. The second stage consists of a conveyor belt that joins the cutting and packaging stages, this band will possess mechanical design adjustable to different sizes of containers, and a set of sensors capable of controlling the transport of the product. The packaging step comprises a pneumatic system that operates according to the number of containers arriving at the end of the band; previously established in the control algorithm.

In Chapter I the theoretical foundations of each of the systems to be implemented in the project, then in Chapter II aspects of design and selection of components necessary to the process outlined in Chapter III shows the steps specified for the construction of various systems that incur the same, and finally economic and conclusive process analysis is performed, this is described in Chapter IV and V.

KEYWORDS: HUMAN MACHINE INTERFACE (HMI) / PACKING PLASTIC PACKAGING / CUT LINEAR-PLASTIC PACKAGING / TRANSPORT OF PLASTIC CONTAINERS.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1. GENERALIDADES.

De acuerdo con la continua evolución y en busca de mejores alternativas para satisfacer una necesidad, el hombre ha ido desarrollando diversas aplicaciones que desde tiempos remotos se las consideraba inimaginables, éste es el caso de NS Industrias, empresa dedicada al proceso de inyección y extrusión de plástico, la misma que ha ido incorporando talento humano e implementando maquinaria con la finalidad de incrementar su productividad garantizando su calidad.

Debido a que todos los procesos que conforman la producción de envases plásticos son en serie, esta empresa requiere que su línea de producción sea automatizada con el fin de disminuir tiempos de producción y garantizar la eficiencia de sus procesos, es así que el presente proyecto integrará el proceso de extrusión, corte y empaquetado mediante el transporte del producto.

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

Para la producción de envases de polietileno la empresa dispone de una máquina extrusora-sopladora que posee una etapa de corte radial, la misma que presenta problemas al momento de realizar dicha acción, debido a que el corte de las campanas de los envases plásticos es individual y en ocasiones se produce un alto número de elementos aglomerados, trayendo consigo retraso en el tiempo de producción e incrementando el riesgo de accidentes en el trabajo.

Se diseñará e implementará un sistema de corte lineal incrementando el número de elementos producidos además de ser regulable que permita seleccionar diferentes tamaños de envases a cortar. También se incluirá el traslado de los envases hacia la etapa de empaquetado mediante una banda transportadora, para ser depositados en un bote de almacenamiento que posteriormente el operador se encargará de recogerlos. Esta automatización permitirá la reducción en costos de mano de obra, disminución de errores y decremento de tiempo de producción, así como eliminar los riesgos de accidente por efecto de la acumulación de envases en la etapa de corte.

1.3. OBJETIVOS.

GENERAL

Diseñar e Implementar un sistema automático de corte lineal, transporte y empaquetado de envases plásticos con una interface de monitoreo HMI en la empresa NS industrias de la ciudad de Latacunga.

ESPECÍFICOS

- Diseñar un sistema automático de corte lineal para envases plásticos.
- Implementar una banda transportadora como enlace entre las etapas de corte y empaquetado.
- Implementar el sistema mecánico y neumático de la etapa de empaquetado.
- Desarrollar el algoritmo de control que integra las etapas de corte, transporte y empaquetado.
- Integrar una interface gráfica HMI para el monitoreo del proceso de producción de envases plásticos.

1.4. ALCANCE.

En la actualidad y por el avance de la industria nacional se generó una creciente demanda de equipos más precisos, rápidos y actualizados tecnológicamente, para poder realizar operaciones con mayor efectividad

Una de las finalidades del proyecto es obtener la capacidad de producir Robots Manipuladores en el país, para lo cual, necesariamente se generara fuente de trabajo, vinculando a la universidad con la colectividad.

Las técnicas de diseño que se presentan en este proyecto son innovadoras y están al alcance y comprensión de fabricantes, diseñadores, ingenieros, técnicos y alumnos.

1.5. ESTADO DE LA CIENCIA.

1.5.1. Polímeros.

Los polímeros se encuentran entre los materiales industriales de mayor crecimiento en la Industria moderna. La amplia variedad y sus propiedades los hacen los más adaptables de todos los materiales en términos de aplicación. La molécula básica (polímero) del plástico se basa en el carbono, las materia prima para la producción de plásticos son los gases de petróleo y del carbón. La resina básica se produce por la reacción química de monómeros para formar moléculas de cadena larga llamada polímeros.

a) Propiedades de los polímeros



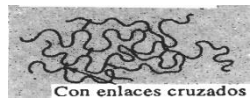
Es importante entender las propiedades características de los polímeros, entre los cuales se encuentran el alto peso molecular, la baja densidad, alta resistencia a la corrosión y baja conductividad térmica y eléctrica, todo al contrario de los

materiales metálicos, es por ello que su aplicación en la industria moderna es cada día más creciente. Las características antes mencionadas hacen posible su amplia aplicación y uso de tipo industrial, tal es así que en la actualidad existen plásticos con elevada resistencia al calor y a la tracción, con valores próximos a los aceros.

b) Clasificación de los polímeros

Los polímeros se clasifican de varias formas: primero, según la manera en que las moléculas son sintetizadas; segundo, en función de su estructura molecular y tercero, por su familia química. Sin embargo, el método más usado para describir los polímeros es en función de su comportamiento mecánico y térmico. La tabla 1.1 compara las tres clases principales de polímeros.

Tabla 1. 1 Comparación de las tres clases de polímeros.

Comportamiento	Estructura General	Diagrama
Termoplástico	Cadenas lineales flexibles	
Termoestable	Red rígida tridimensional	 Con enlaces cruzados
Elastómero	Cadenas lineales con enlaces cruzados	 Con enlaces cruzados

Elaborado por: Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

c) Conformado de los polímeros

Hay varios métodos para producir formas con polímeros, incluyendo el moldeo, la extrusión y la fabricación de películas y fibras. Las técnicas que se utilizan para conformar polímeros dependen en gran

medida de la naturaleza del mismo, en particular si es termoplástico o termoestable. Los procesos típicos se muestran de la Figura 1.

La mayoría de las técnicas son utilizadas para conformar los polímeros termoplásticos. El polímero es calentado a una temperatura cercana o superior a la temperatura de fusión, de tal manera que se haga plástico o líquido. Entonces, es vaciado o inyectado en un molde para producir la forma deseada. Los elastómeros termoplásticos se pueden conformar de la misma manera. En estos procesos, el material de desecho puede reciclarse fácilmente, minimizando así el desperdicio.

Para los polímeros termo estables se utilizan pocas técnicas de conformado, ya que una vez ocurrida la formación de enlaces cruzados, ya no se pueden conformar más. Después de la vulcanización, los elastómeros tampoco pueden ser conformados adicionalmente. En estos casos, el material de desecho no puede ser reciclado.

- **Extrusión.-** Un mecanismo de tornillo empuja al termoplástico caliente a través de un dado abierto, que produce formas sólidas, películas, tubos e incluso bolsas de plástico. En la Figura 1.2 aparece un proceso especial extrusión para la producción de películas. La extrusión puede utilizarse para cubrir conductores y cables, ya sea con termoplásticos o con elastómeros.
- **Moldeo por soplado.-** Una forma hueca de termoplástico, conocida como preforma, es introducida en un molde y mediante la presión de un gas se expande hacia las paredes del molde. Este proceso es utilizado para producir botellas de plástico, recipientes, tanques y otras formas huecas.

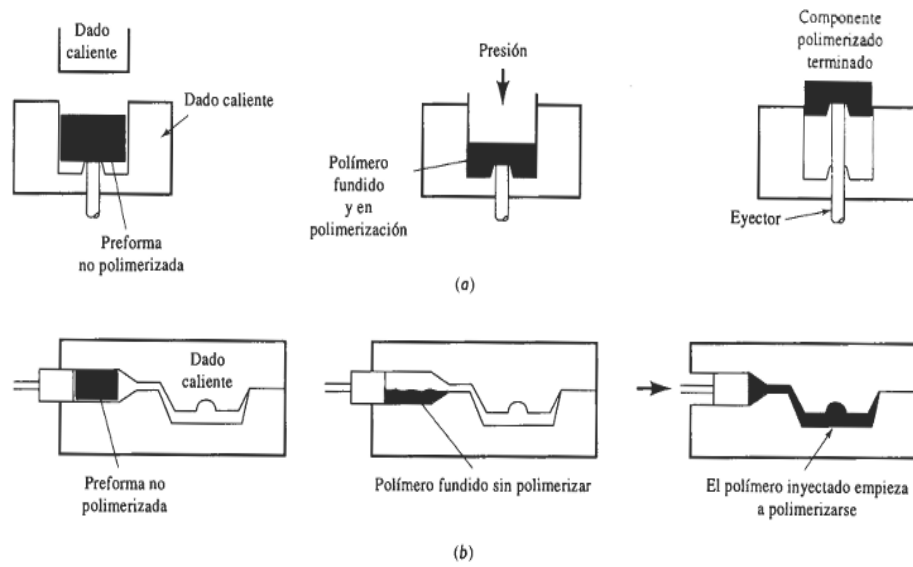


Figura 1. 1. Procesos típicos de conformado de polímeros termoestables:
(a) modelo por compresión y (b) modelo por transferencia

Fuente: <http://www.textoscientificos.com/polimeros/introduccion>

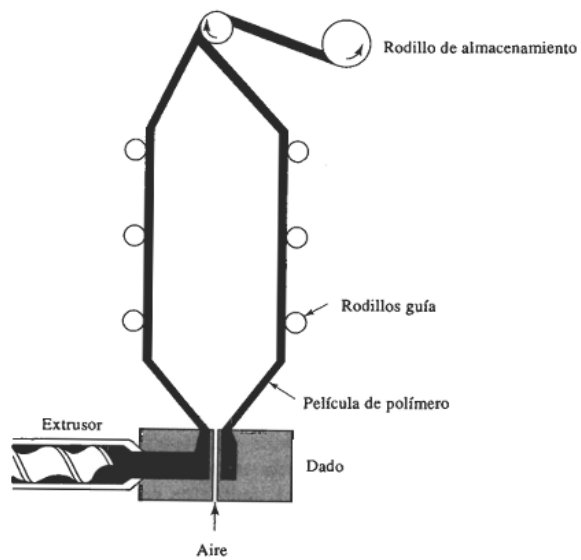


Figura 1. 2. Técnica mediante la cual se pueden producir películas de polímero.

Fuente: <http://www.ictp.csic.es/ICTP2/>

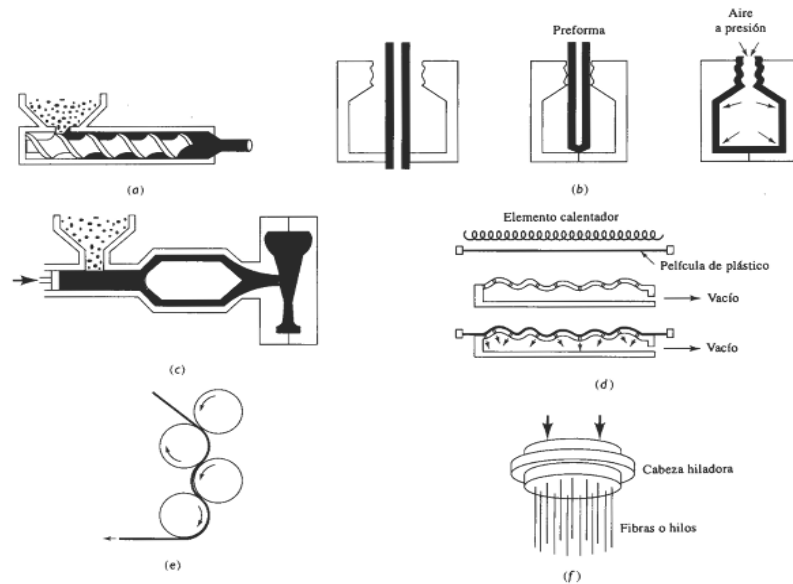


Figura 1. 3. Procesos típicos de conformado para polímeros termoplásticos: (a) extrusión, (b) moldeado por soplado, (c) moldeado por inyección, (d) termoformado, (e) calandrado y (f) hilado.

Fuente: <http://iq.ua.es/TPO/Tema4.pdf>

- **Moldeo por inyección.-** Los termoplásticos que se calientan por encima de la temperatura de fusión pueden ser forzados a entrar en un molde cerrado para producir una pieza. Este proceso es similar al moldeo por fundición a presión de los metales. Un émbolo o algún mecanismo especial de tornillo presiona para obligar al polímero caliente a entrar en el dado. Una amplia variedad de productos, como vasos y botes de basura se pueden construir de esta manera.
- **Termoformado.-** Las hojas de polímero termoplástico que son calentadas hasta llegar a la región plástica, se pueden conformar sobre un dado para producir diversos productos. El conformado se puede efectuar utilizando dados, vacío y aire a presión.
- **Calandrado.-** En una calandra se vierte plástico fundido en un juego de rodillos con una pequeña separación. Los rodillos, que

podrían estar grabados con algún dibujo, presionan al material y forman una hoja delgada de polímero, a menudo cloruro de polivinilo.

- **Hilado.-** Se pueden producir filamentos, fibras e hilos mediante el hilado. El polímero termoplástico fundido se empuja a través de un dado, que contiene muchas perforaciones pequeñas. El dado, conocido como hilador puede girar y producir un hilado. (Askeland)

1.5.2. Generalidades del sistema de corte, transporte y empaquetado de envases plásticos

a) Sistema de corte de envases plásticos.

El sistema de corte de envases plásticos es de especial utilidad para líneas de fabricación de lácteos y sus derivados en botellas de polietileno (PE, HDPE), si bien es cierto, también puede ser integrada en líneas de soplado de todo tipo de envases (bebidas, salsas, mayonesas, detergentes, cosméticos, químico, etc.), es así que, la adaptación de la etapa de corte satisface a las necesidades para una línea de alta producción.

Una cortadora de envases plásticos está conformada por un sistema de sujeción del envase, así como una cuchilla para el corte de la cúpula sobrante, algunos diseños ofrecen la posibilidad de un mecanismo que permite retirar el envase en caso de agarrotamiento y una resistencia térmica que garantice la eficiencia del corte. La figura 1.4 muestra una cortadora lineal de envases plásticos.



Figura 1. 4. Cortadora de cúpula sobrante de envases plásticos.

Fuente: <http://www.maer.es/en/cortadoras-de-botellas-sb330/>

b) Sistema de transporte de envases plásticos.

En la actualidad, el procesamiento de un producto industrial, está sujeto a diferentes movimientos, ya sean en sentido vertical, horizontal e inclinado. Un transportador de productos viene desempeñando un rol muy importante en los diferentes procesos industriales y esto se debe a varias razones entre las que destacamos; las grandes distancias en las que se efectúa el transporte, su facilidad de adaptación al terreno, su gran capacidad de transporte entre otras. Las aplicaciones más frecuentes de un sistema de transporte para envases plásticos son: transporte de envases entre extrusores y silos de almacenaje o transporte de rebabas y cúpulas sobrantes hasta el granulador de recobro de producto, de esta manera se evita el contacto directo entre el operador y el producto y se permite la automatización de los procesos.



Figura 1. 5. Banda transportadora para envases plásticos.

Fuente: <http://www.emplayadoras.com/03.htm>

c) Sistema de empaquetado de envases plásticos.

Un sistema de empaquetado es aquel que produce el envoltorio o empaque de diversos productos. El material de empaque puede ser un polímero, cartón, papel, etc. Para realizar el empaque de envases existen diferentes tipos de máquinas, diseñadas en distintas configuraciones de tal forma que los envases de tal manera que los envases sean alimentados hacia un dispositivo envoltorio y sellado.



Figura 1. 6. Empacadora de envases plásticos.

Fuente: <http://www.astimec.net/empacadora-termoencogible.html>

El sistema envoltorio empieza con una simple bolsa a la que se desea llenar y cerrar, el cierre puede ser haciendo un nudo al plástico, utilizando un precinto, una grapa, un alambre, o también usando soldador simple para plástico.



Figura 1. 7. Empacado de envases plásticos.

Fuente: <http://www.lanfranchigroup.com/eng/prodotti/bottiglie/bagger-machine.jsp>

1.6. VENTAJAS DE EMPLEO DE LOS SISTEMAS DE CORTE LINEAL, TRANSPORTE Y EMPAQUETADO DE ENVASES PLÁSTICOS.

La interrelación entre estos sistemas trae consigo una serie de ventajas, debido a su notoria y fundamental participación en líneas de producción para envases plásticos. Dentro de las ventajas del uso integrado de estos sistemas se tiene:

- **Alta Velocidad.-** La velocidad es un factor muy importante en el proceso de fabricación de envases plásticos, es decir al integrar la etapa de corte, transporte y empaquetado con la máquina extrusora, se logra hacer que el sistema sea más eficiente, donde se minimicen tiempos muertos de producción.

- **Facilita el CIP (Clean in Place).** - La practicidad de la integración de la etapa de corte, transporte y empaquetado, facilita la limpieza en sitio, pues no hay áreas ocultas dentro y fuera del proceso.
- **Libera a la máquina de soplado de la fase de corte.-** Permitiendo a esta alcanzar una mayor capacidad de producción.
- **Supresión de procesos auxiliares.-** La exacta sincronización del corte, transporte y empaquetado elimina la acumulación de envases, promoviendo así, un proceso industrial altamente fluido.
- **Mantenimiento mínimo.-** La integración del corte, transporte y empaquetado simplifican el ajuste y largos periodos de funcionamiento, sin intervenciones.
- **Ahorro de materia prima y costos inútiles.-** El armónico funcionamiento de la integración corte-transporte-empaquetado, el suave trato a los envases eliminan las pérdidas por defectos de acabado y deterioro de envases, eliminando así costos de recuperación y nueva fabricación.

1.6.1. Tipos de sistemas de corte de envases plásticos

Existen dos tipos de sistema de corte de la cúpula sobrante de los envases plásticos, sistema rotatorio y sistema lineal.

a) Sistema de corte rotatorio de envases plásticos

Una cortadora rotativa está basada en un sistema de corte fijo por rotación y traslación de la botella.

Se compone de un conjunto de ruedas (1) y de una porta-cuchilla (2) especialmente adaptados al cuello de las botellas y de una hoja de corte fija (4), pero regulable (3).

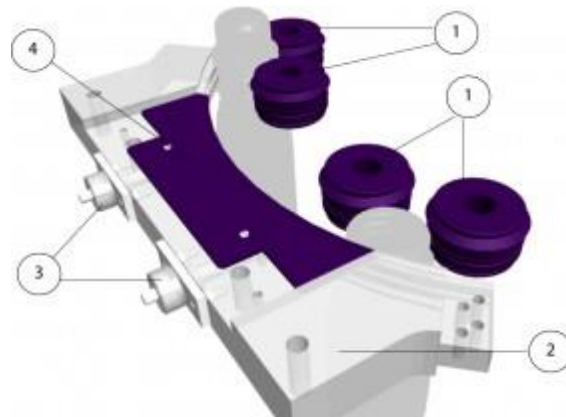


Figura 1. 8. Sistema de corte rotatorio.

Fuente: <http://www.maer.es/corte-de-botellas-de-plastico-2/>

El modo de asegurar el cuello de la botella por tres puntos de contacto evita cualquier movimiento extraño de ésta durante su rotación en la hoja de corte, garantizándose un acabado y corte perfectos en la superficie de sellado cualquiera que sea el material plástico a emplear.

La rotación del envase sobre la cuchilla se limita al diámetro o desarrollo de la boca, evitándose la generación de polvo o partículas de material plástico. La acción de corte se realiza en frío sin necesidad de calentar la hoja de corte. (MAER, 2009)

b) Sistema de corte lineal de envases plásticos

Un sistema de corte lineal está descrito por la traslación longitudinal del envase en una cuchilla térmicamente, lo que hace posible el corte de la cúpula sobrante.

La cúpula del envase es sujeta por una banda (1) que se mueve mediante un sistema de poleas, donde el punto de contacto es un riel que posee la cúpula, lo que hace posible que el envase gire totalmente cuando tiene contacto con la cuchilla (2), una resistencia térmica (3)

aumenta la temperatura de la cuchilla mejorando de esta manera el corte de la cúpula. La cortadora consta de un mecanismo de empuje (4) que permite el desprendimiento de los envases en caso de agarrotamiento. (AMSLER, 2012)

La figura 1.9 muestra el ejemplo de una cortadora lineal.



Figura 1. 9. Cortadora lineal.

Fuente: <http://www.interempresas.net/Envase/FeriaVirtual/Productos.asp>

1.6.2. Tipos de sistemas de transporte de envases plásticos

a) Posicionadores

El liderazgo tecnológico de los posicionadores garantiza el cumplimiento de tasas altas de producción con una eficiencia sin igual.



Figura 1. 10. Posicionador de envases plásticos.

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

El principio básico de un posicionador es el de dirigir al envase hacia la fase siguiente del proceso discriminando de esta manera los elementos en buen estado, así como los elementos defectuosos, sin lugar a duda que el sistema de control y automatización permite establecer la eficiencia necesaria para todos los requerimientos del proceso. Existen tres tipos de posicionadores:

- **Posicionador Clásico.-** Este tipo de posicionador se dirige principalmente a medianos envases utilizados para bebidas y refrescos.
- **Posicionador Compacto.-** Un posicionador compacto es el más utilizado para manejar envases con una altura máxima de 270 mm. Su uso está dedicado para envases de productos lácteos, jugos, alimentos, etc., debido a su alta velocidad de transferencia.
- **Posicionador Eco.-** Es un posicionador de baja velocidad, permitiendo así la extracción adecuada de envases defectuosos. Es muy utilizado en líneas de producción de PET. (LANFRANCHI, 2008)

b) Transporte neumático

El transporte neumático de envases es un sistema que haciendo uso de la capacidad de vacío y presión que genera un soplador de desplazamiento positivo, se logra generar el movimiento de aire que necesita el extractor. El soplador genera un vacío sobre un ciclón separador, donde ingresa una mezcla controlada de aire y el producto a ser transportado, mediante una cañería desde el punto de succión. A continuación se muestra una representación del transporte neumático de productos.

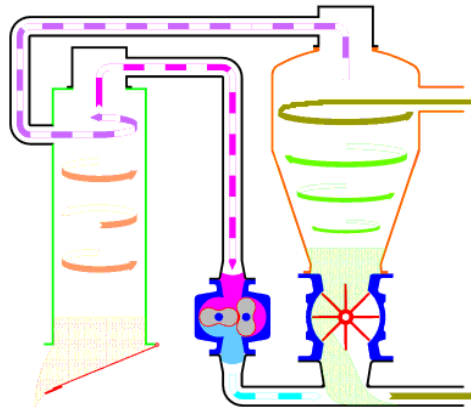


Figura 1. 11. Representación Transporte Neumático.

Fuente: <http://www.repicky.com.ar/tpn-funcionamiento.html>

Las aplicaciones típicas incluye: transferencia de envases vacíos de plástico de las máquinas de soplado de extrusión a los silos de almacenamiento y de los silos de almacenamiento hacia el posicionador. Para las aplicaciones que requieren mover grandes volúmenes de productos de plástico a largas distancias, los sistemas de transporte neumático son las soluciones más flexibles y rentables. (REPICKY, 2011)

c) Banda transportadora

Las bandas transportadoras son un práctico sistema de traslado de productos, indispensables en una línea de producción de media y alta capacidad, siendo su función el traslado del producto de un punto a otro de acuerdo a su velocidad de trabajo, evitando de éste modo el contacto directo del operador con el producto y garantizando la eficiencia del proceso. (PACKSistem, 2010)

A continuación las figuras muestran los tipos de bandas transportadoras:



Figura 1. 12. Banda transportadora de tablillas.

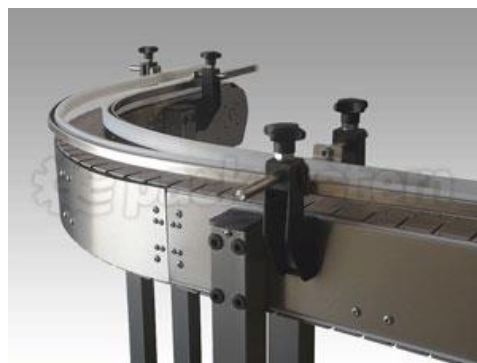


Figura 1. 13. Banda transportadora con curva.



Figura 1. 14. Banda transportadora con rodillos.



Figura 1. 15. Banda transportadora con cinta ahulada.

Fuente: <http://www.emplayadoras.com/03.htm>

1.6.3. Tipos de sistemas de empaquetado para envases plásticos

a) Empaquetadora para envases rectangulares.

Es una empaquetadora de bolsa cuadrada con principal aplicación para envases rectangulares como galones de leche. Los contenedores son transportados por gravedad donde se introducen en la máquina, aislados en filas para formar una matriz rectangular. La matriz es entonces empujada contra una pared de la película del contenedor cuya parte posterior se encuentra sellada. De esta manera los

recipientes e transportan en un área de sellado donde ambos lados de la película se tensan y sellan respectivamente. (Dyco, 2011)



Figura 1. 16. Empaquetadora para envases rectangulares.

Fuente: [http://www.dyco-inc.com/Automatic_Bagging#Model 3710](http://www.dyco-inc.com/Automatic_Bagging#Model%203710)

Autobagger for plastic bottles

b) Empaquetadora para envases redondos.

Es una empaquetadora de bolsa cuadrada o rectangular con principal aplicación para envases redondos de dos sopladoras. El valor único de esta máquina es la capacidad de la bolsa para diferentes recipientes de dos sopladoras simultáneamente. Los contenedores son transportados por gravedad y se introducen en la máquina, aislados en filas de tal manera que se forma una matriz rectangular. Esta máquina permite variar las características del patrón de la matriz de tal manera que antes de conformar la matriz se preselecciona el valor de filas y columnas anidadas. La matriz es entonces empujada contra una pared de la película del contenedor cuya parte posterior se encuentra sellada. De esta manera los recipientes e transportan en un área de sellado donde ambos lados de la película se tensan y sellan respectivamente.



Figura 1. 17. Empaquetadora para envases redondos.

Fuente: [http://www.dyco-inc.com/Automatic_Bagging#Model 3710](http://www.dyco-inc.com/Automatic_Bagging#Model%203710)
Autobagger for plastic bottles

c) Empaquetadora para envases pequeños.

Esta máquina es usada para envases pequeños e inestables donde la producción es de alta velocidad, por ejemplo más de 200 botellas por minuto. Los envases son transportados sobre dos carriles en la que se encuentra una sobremesa, donde se aíslan en filas. Una vez que las dos filas de recipientes están en posición un cabezal impulsado por servo precisión recoge dos filas de envases para formar una matriz rectangular. La matriz es entonces empujada contra una pared de la película del contenedor cuya parte posterior se encuentra sellada. De esta manera los recipientes e transportan en un área de sellado donde ambos lados de la película se tensan y sellan respectivamente.



Figura 1. 18. Empaquetadora para envases pequeños.

Fuente: http://www.dyco-inc.com/Automatic_Bagging#Model 3710
Autobagger for plastic bottles

1.7. PROCESO DE CORTE, TRANSPORTE Y EMPAQUETADO DE ENVASES PLÁSTICOS EN NS INDUSTRIAS.

Para la producción de envases de polietileno NS INDUSTRIAS dispone de una máquina extrusora-sopladora que posee una etapa de corte radial incorporada, la misma que presenta problemas al momento de realizar dicha acción, debido a que el corte de las campanas de los envases plásticos es individual y en ocasiones se produce un alto número de elementos aglomerados, trayendo consigo retraso en el tiempo de producción e incrementando el riesgo de accidentes en el trabajo.

La figura 1.19 muestra el área de corte radial (1) en la máquina extrusora-sopladora, así mismo la figura 1.20 muestra el problema que se tiene por el uso de una cuchilla radial, lo que provoca la acumulación de envases (2) y la intervención del operador para restablecer el proceso a condiciones normales.



Figura 1. 19. Área de corte de la extrusora-sopladora.

Fuente: Investigación de campo



Figura 1. 20. Acumulación de envases en la cuchilla radial.

Fuente: Investigación de campo

Luego del corte, la cúpula sobrante y el envase son almacenados en dos contenedores diferentes, y este es el final del proceso.

Debido a que todos los procesos que conforman la producción de envases plásticos son en serie, NS INDUSTRIAS requiere que su línea de producción sea automatizada con el fin de disminuir tiempos de producción y garantizar la eficiencia de sus procesos, es así que el presente proyecto integrará el proceso de extrusión, corte y empaquetado mediante el transporte del producto.

1.8. MAQUINARIA DISPONIBLE EN EL MERCADO INTERNACIONAL

1.8.1. Maquinaria semi-automática

a) Maquinaria de empaquetado



Figura 1. 21. Maquinaria de empaquetado Semi-Automática.

Fuente: <http://www.aicontainerhandling.com/container-handling-equipment/bottle-baggers/semi-automatic-bagger>

La empaquetadora semiautomática AIS es un método rentable y eficiente para el ensacado de botellas de plástico vacías. Práctico y económico, el sistema de empaquetado encierra capas individuales de filas de botellas de fácil manejo en bolsas de plástico selladas sanitariamente. Los sacos se pueden apilar fácilmente en una paleta para el almacenamiento y el transporte en el área de trabajo.

Con base en el rendimiento del operador y el suministro botella, la empaquetadora semiautomática AIS es capaz del embolsado de hasta 2 paquetes por minuto. Las bolsas se enganchan manualmente sobre abrazaderas de ensacado y después se sella la bolsa removidos manualmente. La acumulación de botellas vacías, el empuje de las botellas dentro de la bolsa y el sellado de la bolsa es completamente automático.

La empaquetadora semiautomática AIS tiene la versatilidad de embolsar una amplia variedad de formas y tamaños de recipientes, está construido de acero tubular, además el sistema cuenta con un RELÉ INTELIGENTE Allen Bradley para cambios simples a nuevas configuraciones. (AMSLER, 2012)

1.8.2. Maquinaria automática

a) Maquinaria de corte

Los modelos SB de MAER S.A. se adaptan perfectamente a las necesidades de cada proyecto, según la velocidad de producción, dimensiones de los envases y cuello a procesar, así como su desplazamiento y condiciones de trabajo en la línea productiva.

Series	Model	Speed (bph)	Diameter (mm)		
SB3	SB34	2.000 - 6.500	up to 1,5L or approx. 100 mm	20 - 40 mm	80 mm 300 mm
	SB36				
	SB36 SB310	6.500 - 10.000	up to 400 ml or approx. 70 mm	20 - 40 mm	80 mm 200 mm
SB5	SB510	8.000 - 12.000	up to 140 mm	20 - 36 mm	80 mm 300 mm
	SB520	16.000 - 24.000	up to 70 mm	27 - 36 mm	
	SB525	16.000 - 30.000	up to 55 mm	20 - 36 mm	
SB7	SB720	18.000 - 24.000	up to 100 mm	20 - 36 mm	80 mm 300 mm
	SB730	25.000 - 35.000	up to 62 mm	25 - 36 mm	
SB10	SB1025	17.500 - 25.000	up to 100 mm	20 - 40 mm	80 mm 300 mm
	SB1050	35.000 - 50.000	up to 55 mm	20 - 40 mm	

Figura 1. 22. Series SB de corte para envases plásticos.

Fuente: <http://www.maer.es/productos/corte-de-botellas-de-plastico/corte-cuellos-de-botella-sbseries/>

Los modelos de la gama SB están pensados para:

- El fabricante de botellas como complemento de la máquina de extrusión soplado. Se libera a la máquina de soplado de la fase de corte.

- Líneas de envasado en botella PE-HDPE (p.e. leche y bebidas lácteas) que requieren un proceso de embotellado en óptimas condiciones higiénicas. El embotellador puede integrar la cortadora en la línea previamente la máquina de llenado, (botella cerrada con cúpula – corte – llenado). (Borger, 2002)



Figura 1. 23. Modelo SB3 de corte para envases plásticos.

Fuente: <http://www.maer.es/productos/corte-de-botellas-de-plastico/corte-cuellos-de-botella-sbseries/>

Principio de funcionamiento:

Las botellas entran a la cortadora y salen de ella a través de un transportador de vacío con aspiración para asegurar la estabilidad de las mismas a la entrada y salida.

Opcionalmente éste puede ser de cadena, así como neumático para el caso de integrarse la cortadora en una línea con transportador de aire de la botella por el cuello.

La botella se desplaza describiendo un radio y girando al mismo tiempo sobre su propio eje. Esta serie de movimientos se producen

cuando la botella entra en la parte central, denominada “unidad rotativa de corte”. La cúpula, una vez cortada es extraída hacia un embudo colector permitiendo su posterior reutilización.

b) Maquinaria de transporte.



Figura 1.24. Transportador automático de envases.

Fuente: <http://www.aiscontainerhandling.com/container-handling-equipment/automated-conveyor-systems/multiflex-conveyor>

El modelo de transportador multi-flex AIS mueve con facilidad y rapidez las botellas y recipientes de la máquina de moldeo por soplado hacia el empaquetado, por lo que la producción se mantiene en movimiento sin interrupciones debido a sus guías con barandillas ajustables.

Disponible con accionamientos de velocidad fija o variable, este transportador puede mover envases hasta 150 ft / min. Otras características incluyen un panel de control que permite acoplarse a una gran variedad de envases con diferentes formas y medidas. Su construcción es de aluminio o acero inoxidable, su construcción, instalación y mantenimiento es sencillo y su diseño flexible facilita los cambios o actualizaciones futuras.

c) Maquinaria de empaquetado.



Figura 1.25. Empaquetador automático de envases.

FUENTE: http://www.dyco-inc.com/Automatic_Bagging#Model 3712

Autobagger for plastic bottles

El modelo 3732 Autobagger de DYCO normalmente se utiliza para bolsa cuadrada, rectangular y recipientes redondos de dos sopladoras. El valor único de esta máquina es la capacidad de la bolsa para diferentes recipientes de dos sopladoras simultáneamente. Los contenedores son transportados por gravedad y se introducen en la máquina, aislados en filas para formar una matriz rectangular. Variando Características del patrón de la matriz, tales como el número de botellas en una fila, el número o filas en una matriz pueden ser seleccionados desde la pantalla táctil del operador.

Los recipientes se transportan en un área de sellado donde ambos lados de la película se tensan y se sellan, la formación de la bolsa alrededor de los recipientes es de tecnología única de Dyco. Una vez que se forma el paquete es transportado a un lugar de entrega. Desde esta posición, un servo apilador recoge los paquetes, gira y coloca con cuidado el paquete en una pila.

1.9. TEORÍA DE DISEÑO.

1.9.1. El diseño

El diseño es un proceso innovador y altamente iterativo. También es un proceso de toma de decisiones, algunas veces estas deben tomarse con muy poca información, en otras con la cantidad adecuada y en ocasiones con un exceso de información parcialmente contradictoria. Algunas veces las decisiones se toman de forma tentativa, por lo cual es conveniente reservarse el derecho de hacer ajustes, a medida que se obtengan más datos.

a) Fases del proceso de diseño.

El proceso completo, de principio a fin, comienza con la identificación de una necesidad y de hacer algo al respecto. Después de muchas iteraciones termina con la presentación de los planes para satisfacer la necesidad. De acuerdo con la naturaleza de la tarea de diseño, algunas fases de éste pueden repetirse durante la vida del producto, desde la concepción hasta la terminación. (Shigley)

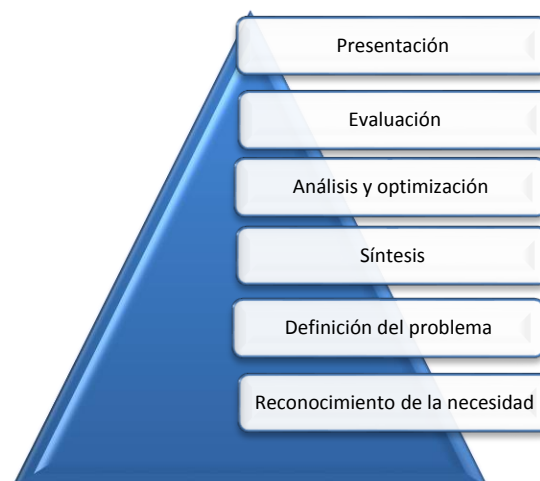


Figura 1. 24. Fases del proceso de diseño.

Fuente: <http://www.ictp.csic.es/ICTP2/>

b) Selección de materiales

Una de las tareas más importantes de un diseñador es especificar el material con el cual se fabricará un componente individual de un producto. En la decisión se debe considerar una cantidad gigantesca de factores.

El proceso de seleccionar un material debe comenzar con el claro entendimiento de las funciones y requisitos del diseño del producto y del componente individual, entonces, el diseñador debe considerar interrelaciones como las siguientes:

- Las funciones del componente.
- Forma del componente.
- El material con el cual se debe fabricar el componente.
- El proceso de manufactura usado para producir el componente.

Se deben detallar los requisitos generales de funcionamiento del componente. En ellos incluyen, por ejemplo:

- La naturaleza de las fuerzas aplicadas al componente.
- Los tipos y magnitudes de los esfuerzos creados por las fuerzas aplicadas.
- La deformación admisible del componente en sus puntos críticos.
- Las conexiones con otros componentes del producto.
- El ambiente en el que debe funcionar el componente.
- El tamaño físico y el peso del componente.
- Factores estéticos que se esperan del componente y del producto en general.
- Las metas de costos del producto en su totalidad y del componente en particular.
- Anticipar los procesos de manufactura disponibles.

Con un conocimiento mayor de las condiciones específicas, se puede elaborar una lista mucho más detallada. Con frecuencia se incluye los siguientes ejemplos:

1. Resistencia, indicada por la resistencia última a la tensión, resistencia de fluencia, resistencia a la compresión, resistencia a la fatiga, resistencia al cortante y otras.
2. Rigidez, indicada por el módulo de elasticidad en tensión, módulo de elasticidad en cortante o modulo deflexión.
3. Peso y masa, indicados por el peso específico o la densidad.
4. Ductilidad, indicada por el porcentaje de elongación.
5. Tenacidad, indicada por la energía de impacto
6. Datos del comportamiento de arrastramiento o deformación progresiva.
7. Resistencia a la corrosión y compatibilidad con el ambiente.
8. Costo del material.
9. Costo de procesar el material.

A continuación se debe formar una lista de materiales probables, mediante los conocimientos sobre el comportamiento de diversos tipos de materiales, aplicaciones similares con éxito y tecnologías de materiales emergentes. (Mott, 2006)

c) Propiedades de los materiales

- Resistencia a la tensión (s_u).

A veces se le llama resistencia última o simplemente resistencia a la tensión, y es el punto máximo de la curva esfuerzo - deformación unitaria. En ese punto de la prueba se mide el máximo esfuerzo aparente e una barra de prueba del material. Sin embargo, al observar en la figura 1.25, se obtiene la gráfica de carga contra deflexión en lugar del esfuerzo real contra deformación unitaria. El

esfuerzo aparente se calcula al dividir la carga entre el área de la sección transversal original de la barra de prueba.

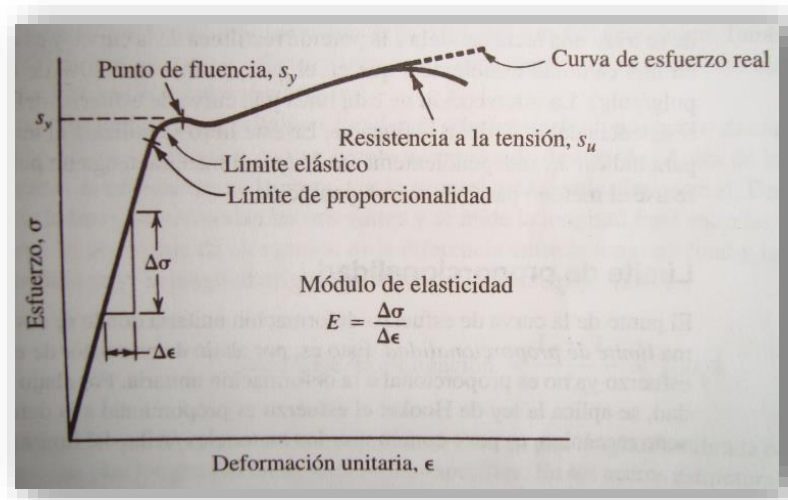


Figura 1. 25. Diagrama típico de esfuerzo-deformación.

Fuente: (Mott, 2006)

- **Resistencia a la fluencia (s_y).**

También conocida como resistencia de cedencia, es la parte del diagrama esfuerzo - deformación unitaria donde hay un gran incremento de la deformación con poco o ningún aumento del esfuerzo. Esta propiedad indica que, en realidad, el material ha cedido o se ha alargado en gran medida y en forma plástica y permanente. Si el punto de fluencia es muy notable como en la figura 1.25, a la propiedad se la llama punto de fluencia o de cedencia y no resistencia de fluencia.

- **Límite de proporcionalidad.**

El punto de la curva de esfuerzo - deformación unitaria mostrado en la figura 1.25, donde se desvía de una línea recta se llama límite de proporcionalidad. Esto es, por abajo de este valor de esfuerzo, u otros mayores, el esfuerzo ya no es proporcional a la deformación

unitaria. Por abajo del límite de proporcionalidad, se aplica la ley de Hooke: ***El esfuerzo es proporcional a la deformación unitaria.*** En el diseño mecánico es poco común utilizar los materiales arriba del límite de proporcionalidad.

- **Límite elástico.**

En algún punto, llamado límite elástico, el material tiene cierta cantidad de deformación plástica, por lo que no regresa a su forma original después de liberar carga. Por debajo de este nivel, el material se comporta en forma totalmente elástica. El límite de proporcionalidad y el límite elástico están bastante cerca de la resistencia de fluencia. Como son difíciles de determinar, rara vez se les cita.

- **Módulo de elasticidad en tensión (E).**

Para la parte rectilínea del diagrama esfuerzo - deformación unitaria, el esfuerzo es proporcional a la deformación unitaria y el valor de E, es la constante de proporcionalidad, esto es:

$$E = \frac{\text{esfuerzo}}{\text{deformación unitaria}} = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (1.1)$$

Esta es la pendiente de la parte rectilínea del programa. El módulo de elasticidad indica la rigidez o resistencia a la deformación del material.

- **Ductilidad y porcentaje de elongación.**

La ductilidad es el grado en el cual un material se deformará antes de su fractura final. Lo contrario de la ductilidad es la fragilidad. Cuando se usan materiales dúctiles en elementos de máquinas, se detecta con facilidad la inminente falla, y es rara una falla repentina. También los materiales dúctiles resisten, bajo condiciones

normales, las cargas repetidas sobre los elementos de máquina mejor que los materiales frágiles.

La medida usual de la ductilidad es el porcentaje de elongación o de alargamiento del material cuando se fractura en una prueba normalizada de tensión. El porcentaje de elongación es la diferencia entre la longitud final y la longitud original, dividida entre la longitud original y convertida a porcentaje. Esto es:

$$\text{porcentaje de elongación} = \frac{L_f - L_o}{L_o} * 100\% \quad (1.2)$$

- **Resistencia al corte (s_{ys} Y s_{us}).**

Tanto la resistencia a la fluencia como la resistencia última al corte (s_{ys} y s_{us} , respectivamente) son importantes propiedades de los materiales. Desafortunadamente rara vez se mencionan estos valores. Se usaran las siguientes estimaciones:

$$s_{ys} = 0.50 * s_y = \text{resistencia de fluencia al corte} \quad (1.3)$$

$$s_{us} = 0.75 * s_u = \text{resistencia última al corte} \quad (1.4)$$

- **Dureza.**

La resistencia de un material a ser penetrado por un dispositivo es indicativa de su *dureza*. La dureza se mide en varios aparatos, procedimientos y penetradores; el probador de dureza Brinell y el de Rockwell son los que se utilizan con más frecuencia para elementos de máquina. Para aceros, en el medidor de dureza Brinell se usa una bola de acero endurecido de 10mm de diámetro como penetrador, bajo una carga de 3000 Kg de fuerza. La carga causa una *indentación* permanente en el material de prueba, y el diámetro de la indentación se relaciona con el número de dureza Brinell BHN (*Brinell Hardness Number*) o HB (*Hardness Brinell*). La

cantidad real que se mide es la carga dividida entre el área de contacto de la indentación. Para los aceros el valor de HB, va desde 100 para un acero recocido de bajo carbono, hasta más de 700 para aceros de alta resistencia y de alta aleación, en la condición de recién templado. En los números altos, mayores que HB 500, el penetrador se fabrica a veces con carburo de tungsteno o de acero. Para los metales más suaves, se emplea una carga de 500 Kg.

El durómetro Rockwell utiliza una bola de acero endurecido de 1/16 pulg de diámetro bajo una carga de 100 Kg fuerza para metales blandos, y el resultado obtenido se indica como Rockwell, B, R_B , o HRB. Para metales más duros, tales como las aleaciones de acero con tratamiento térmico, se utiliza la escala Rockwell C se indica como R_C o HRC.

Los métodos Brinell y Rockwell se basan en distintos parámetros, y se obtienen números muy diversos. Sin embargo, como ambos miden dureza hay una correlación entre ellos. También es importante notar que, en especial con los aceros de aleación muy endurecibles, existe una relación casi lineal entre el número Brinell y la resistencia del acero a la tensión, definida por la ecuación:

$$0.50 (HB) = \text{resistencia aproximada a la tensión (ksi)} \quad (1.5)$$

Esta relación se la puede observar en la figura 1.28.

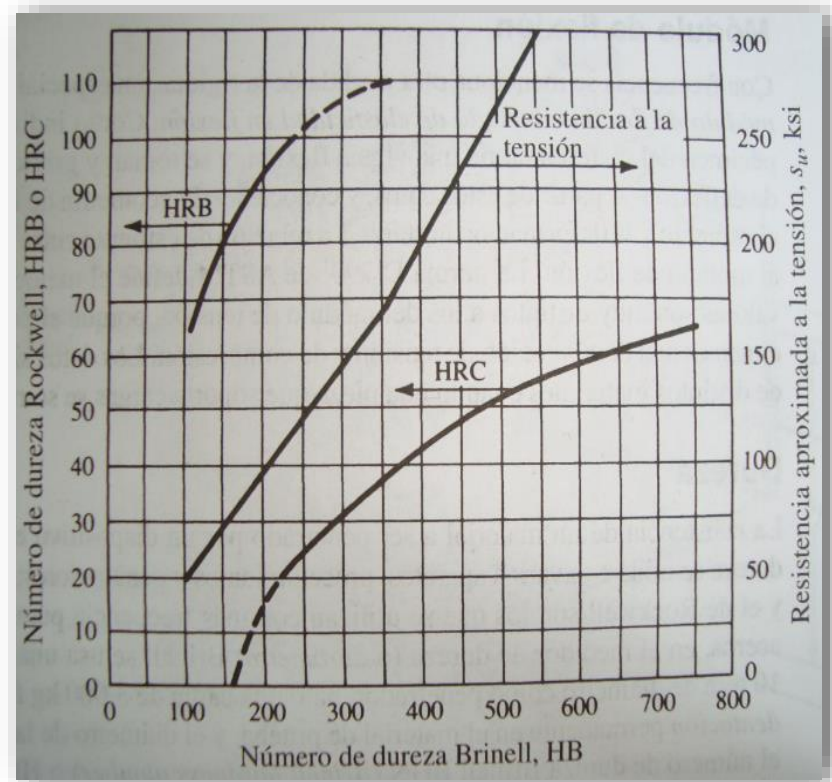


Figura 1. 26. Conversiones de dureza.

Fuente: (Mott, 2006)

Para comparar las escalas de dureza con la resistencia a la tensión, se considera la tabla 1.2, allí se observa que existe algún traslape entre las escalas HRB y HRC. Con frecuencia, se usa HRB para los materiales más suaves, y va de aproximadamente 60 a 100, mientras que HRC se utiliza para los materiales más duros, y va de 20 a 65. No se recomienda usar números HRB mayores que 100, o HRC menores que 20.

Tabla 1. 2. Comparación de escalas de dureza con resistencia a la tensión.

Material y Condición	Dureza			Resistencia a la tensión	
	HB	HRB	HRC	Ksi	MPa
1020 recocido	121	70	-	60	414
1040 laminado en caliente	144	79	-	72	496
4140 recocido	197	93	13	95	655
4140 OQT 1000	341	109	37	168	1160
4140 OQT 700	461		49	231	1590

Fuente:

http://ing.unne.edu.ar/mecap/Apuntes/Estabilidad_4Mod1/Estab4c1.pdf

- Maquinabilidad.

La maquinabilidad se relaciona con la facilidad con que se puede maquinar un material para obtener un buen acabado superficial con una duración razonable de la herramienta. Las tasas de producción se ven directamente afectadas por la facilidad de maquinado. Es difícil definir propiedades mensurables que se relacionen con maquinabilidad, por lo que esta propiedad se suele mencionar en términos comparativos, que relacionan el desempeño de determinado material en relación con un patrón.

- **Tenacidad, Energía de impacto.**

La *tenacidad* es la capacidad de un material para absorber la energía que se le aplica sin fractura. Las piezas sometidas a cargas aplicadas repentinamente, a choques o a impacto, necesitan tener un alto nivel de tenacidad. Para medir la cantidad de energía necesaria para romper determinado espécimen hecho con el material que interesa, se emplean varios métodos. Al valor de absorción de energía en estas pruebas se le llama con frecuencia *energía de impacto*, o *resistencia al impacto*. Sin embargo, es importante observar que el valor real depende mucho de la naturaleza de la muestra, en particular de su geometría.

- **Resistencia a la fatiga.**

La *resistencia a la fatiga* de un material es su capacidad de resistir cargas de fatiga. En general, es el valor del esfuerzo que puede resistir un material durante una cantidad dada de ciclos de carga. Si la cantidad de ciclos es infinita, el valor del esfuerzo se llama *límite de fatiga*.

Las resistencias a la fatiga se suelen graficar como en la figura 1.29, donde se muestra un diagrama S-N (o *diagrama esfuerzo-ciclos*). Las curvas A, B y D representan un material que si tiene un límite de fatiga, como puede ser el acero al carbono simple. La curva C es característica de la mayor parte de los metales no ferrosos, como el aluminio, que no tienen un límite de fatiga.

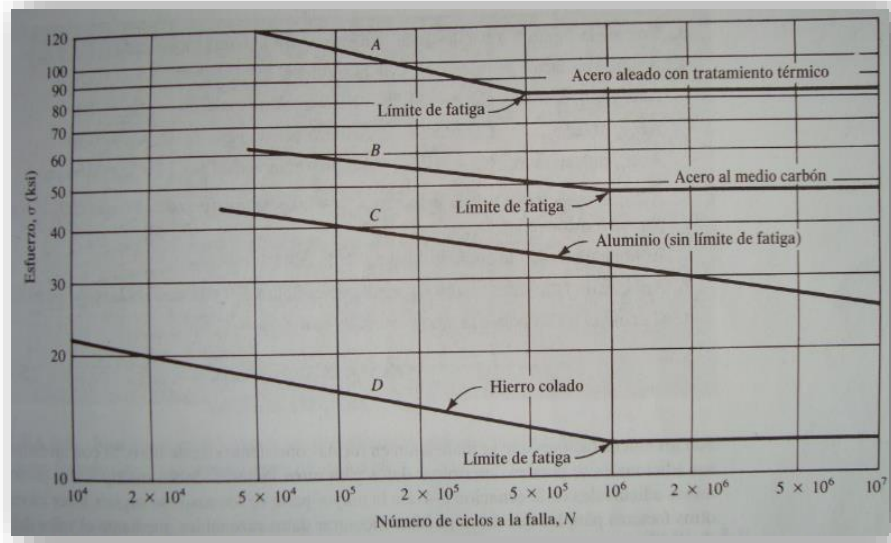


Figura 1. 27. Resistencias a la fatiga representativas.

Fuente: (Mott, 2006)

d) Factor de diseño o factor de seguridad (FDS).

El factor de diseño FDS, es una medida de seguridad relativa de un componente bajo la acción de una carga. En la mayor parte de los casos, la resistencia del material con que se fabricará el componente se divide entre el factor de diseño para determinar un *esfuerzo de diseño*, σ_d , que a veces se llama *esfuerzo admisible* o *esfuerzo permisible*. Entonces, el esfuerzo real que se desarrolla en el componente debe ser menor que el esfuerzo de diseño. Para algunos tipos de cargas, es más cómodo establecer una relación con la que se pueda calcular el factor de seguridad FDS, a partir de los esfuerzos reales aplicados y de la resistencia del material.

El diseñador debe determinar cuál será el valor razonable del factor de seguridad en determinado caso. Con frecuencia, el valor del factor de seguridad está definido por códigos establecidos por organizaciones de normalización, como la Sociedad Estadounidense

de Ingenieros Mecánicos, entre otras. Para estructuras, con frecuencia son los reglamentos de construcción local o estatal que indican los factores de diseño o factores de seguridad.

Cuando no se cuenta con códigos o normas, el diseñador debe aplicar su juicio para especificar el factor de seguridad adecuado. Parte de la filosofía de diseño, se refiere a asuntos como la naturaleza de la aplicación, el ambiente, la naturaleza de las cargas sobre el componente que se va a diseñar, el análisis de esfuerzos, las propiedades del material y el grado de confianza en los datos que se emplean en el proceso de diseño. Todas estas consideraciones afectan la decisión acerca de qué valor del factor de diseño es el adecuado, a continuación se establecen los siguientes lineamientos.

- **Materiales dúctiles.**

- **FDS = 1.25 a 2.0.** El diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño.
- **FDS = 2.0 a 2.5.** Diseño de elementos de máquina bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño.
- **FDS = 2.5 a 4.0.** Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.
- **FDS = 4.0 o más.** Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzos o el ambiente. El deseo de dar una seguridad adicional a

componentes críticos puede justificar también el empleo de estos valores.

- **Materiales frágiles.**

- **FDS = 3.0 a 4.0.** Diseño de estructuras bajo cargas estáticas donde haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño.
- **FDS = 4.0 a 8.0.** Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre acerca de cargas, propiedades de materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.

En general, el diseño para carga estática implica aplicar el factor de seguridad a la resistencia de fluencia, o a la resistencia última del material. En las cargas dinámicas se requiere la aplicación del factor de diseño a la resistencia a la fatiga.

e) Filosofía de un diseño seguro

Todos los métodos de diseño asegurarán que el valor del esfuerzo sea menor que la fluencia en materiales dúctiles, al garantizar, en forma automática que la pieza no se fracturará bajo una carga estática. Para materiales frágiles se asegura que los valores de esfuerzo estén muy por debajo de la resistencia última a la tensión.

- Existen dos modos de falla que se aplican a los elementos de máquina; éstos son la fatiga y el desgaste. La **fatiga** es la respuesta de una parte sometida a cargas repetidas. El **desgaste** se describe como el deterioro del material con el que está construido un elemento de la máquina. (Mott, 2006)

1.9.2. Ejes y flechas

Una **flecha** es un elemento rotatorio, por lo general de sección transversal circular, que se emplea para transmitir potencia o movimiento. Ella

constituye el eje de rotación u oscilación de elementos como engranes, poleas, volantes de inercia, manivelas, catalinas y miembros similares y, además, controla la geometría de su movimiento. Un **eje** es un elemento no giratorio que no transmite par de torsión que se utiliza para soportar ruedas rotatorias, poleas y elementos parecidos, no existe nada único acerca de un eje que requiera algún tratamiento especial más allá de los métodos básicos. Sin embargo, debido a la ubicuidad de las flechas en muchas aplicaciones de diseño de máquinas, es conveniente realizar un estudio más a fondo de la flecha y su diseño. El diseño de una flecha completa tiene mucha interdependencia con el de los componentes, así mismo con los siguientes temas:

- Selección del material.
- Configuración geométrica.
- Esfuerzo y resistencia.
- Deflexión y rigidez.
- vibración debida a la frecuencia natural.

a) Materiales para fabricar ejes.

La deflexión nos e ve afectada por la resistencia sino por la rigidez, representada por el módulo de elasticidad, que es esencialmente constante en todos los aceros. Por esta razón la rigidez no puede controlarse mediante decisiones sobre el material, sino por decisiones geométricas.

La resistencia necesaria para soportar esfuerzos de carga afecta la elección de los materiales y sus tratamientos. Muchos ejes están hechos de acero de bajo carbono, acero estirado en frio o acero laminado en caliente, como son los aceros ANSI 1020-1050.

A menudo no está garantizado el incremento significativo de la resistencia proveniente del tratamiento térmico ni el contenido de alta aleación. Una buena práctica consiste en iniciar con un acero de bajo o medio carbono de bajo costo, como primer paso en los

cálculos de diseño. Si las consideraciones de resistencia resultan dominar sobre las de deflexión, entonces debe probarse un material con mayor resistencia, lo que permite que los tamaños del eje se reduzcan hasta que el exceso de deflexión adquiera importancia. El costo del material y su procesamiento debe ponderarse en relación con la necesidad de contar con diámetros de eje más pequeños. Cuando están garantizadas, las aleaciones de acero más típicas para tratamiento térmico incluyen ANSI 1340-50, 3140-50, 4140, 4340, 5140 Y 8650.

Por lo general, el acero estirado en frío se usa para diámetros menores de 3 pulgadas. El diámetro nominal de la barra puede dejarse sin maquinarse en áreas que no requieren el ajuste de los componentes.

b) Configuración del eje.

La configuración general de un eje para acomodar los elementos que lo conforman, por ejemplo, engranes, cojinetes y poleas, debe especificarse en los primeros pasos del proceso de diseño para poder realizar un análisis de fuerzas de cuerpo libre y para obtener diagramas de momento cortante. Por lo general, la geometría de un eje es la de cilindro escalonado. No existen reglas absolutas para especificar la configuración general, pero las siguientes directrices pueden ser de utilidad.

- Configuración axial de componentes.

A menudo, el posicionamiento axial de los componentes está determinado por la configuración de la masa y otros componentes del engranaje. Con frecuencia, las poleas y coronas dentadas necesitan montarse por fuera para facilitar la instalación de la banda o cadena. La longitud del voladizo debe mantenerse corta para minimizar la deflexión. En la mayoría de los casos solo deberían usarse dos cojinetes. Para ejes extremadamente largos

que soportan varios componentes de carga, puede ser necesario proporcionar más de dos apoyos de cojinete. En este caso, debe tenerse cuidado especial en el alineamiento de los cojinetes.

Los ejes deben mantenerse cortos para minimizar los momentos flexionantes y las deflexiones. Es deseable cierto espacio axial entre los componentes para permitir el flujo de lubricante y proporcionar espacio de acceso para el desensamblare de componentes. Los componentes de carga deben colocarse cerca de los cojinetes, de nuevo para minimizar el momento flexionante en las ubicaciones que probablemente tendrán concentraciones de esfuerzo, y para minimizar la deflexión en los componentes sometidos a carga.

- **Soporte de cargas axiales.**

En los casos donde las cargas axiales no son triviales, es necesario proporcionar un medio para transferir las cargas axiales del eje, y después, mediante un cojinete, al suelo. Esto será particularmente necesario con engranes helicoidales o cónicos, o cojinetes ahusados de rodillo, puesto que cada uno de ellos produce componentes de fuerza axial. Con frecuencia, el mismo medio por el que se proporciona localización axial, por ejemplo, anillos de retención, y pasadores, también se usará para transmitir la carga axial en el eje.

- **Transmisión de par de torsión.**

Muchas flechas sirven para transmitir un par de torsión de un engrane o polea de entrada, a través del eje, a un engrane o polea de salida. Por supuesto, el eje debe tener tamaño adecuado para soportar el esfuerzo y la deflexión por torsión. También es necesario proporcionar un medio para transmitir el par de torsión

entre el eje y los engranes. Los elementos comunes para transmitir un par de torsión son:

- Cuñas
- Ejes estriados
- Tornillos de fijación
- Pasadores

Además de transmitir el par de torsión, muchos de estos dispositivos están diseñados para fallar si el par de torsión excede ciertos límites de operación aceptables, con lo que se protege a los componentes más caros.

c) Diseño de ejes para el esfuerzo.

- Ubicaciones críticas.

No es necesario evaluar los esfuerzos en todos los puntos de un eje; es suficiente hacerlo en unas cuantas ubicaciones potencialmente críticas. Por lo general, estas ubicaciones se localizan en la superficie exterior, en ubicaciones axiales donde el momento flexionante es grande, donde el par de torsión está presente y donde existen concentraciones de esfuerzo. Por comparación directa de diferentes puntos a lo largo del eje, pueden identificarse unas cuantas ubicaciones críticas sobre las cuales puede basarse el diseño.

La mayoría de los ejes transmiten el par de torsión sólo a través de una parte de ellos. De manera típica, el par de torsión entra al eje por un engrane y sale por otro engrane. Un diagrama de cuerpo libre del eje permite determinar el par de torsión en cualquier sección.

Con frecuencia el par de torsión es relativamente constante en un estado de operación estable. El esfuerzo cortante debido a la torsión será mayor en superficies exteriores. Los momentos flexionantes sobre un eje pueden determinarse mediante diagramas de cortante y momento flexionante.

- **Esfuerzos en ejes.**

Los esfuerzos de flexión, torsión o axiales pueden estar presentes tanto en componentes medios como en alternantes. Para el análisis, es suficientemente simple combinar los diferentes tipos de esfuerzos en esfuerzos de Von Mises alternantes y medios. Algunas veces es conveniente adaptar las ecuaciones específicamente para aplicaciones de ejes. En general, las cargas axiales son comparativamente muy pequeñas en ubicaciones críticas donde dominan la flexión y la torsión.

d) Procedimiento para diseñar un eje.

- Determine la velocidad de giro del eje.
- Determine la potencia o el par torsional que debe transmitir el eje.
- Determine el diseño de los componentes transmisores de potencia, u otras piezas que se montarán sobre el eje, y especificar el lugar requerido en cada uno.
- Especificar la ubicación de los cojinetes que soporta el eje.
- Proponga la forma general de los detalles geométricos para el eje, considerando la forma de posición axial en que se mantendrá cada elemento sobre el eje, y la forma en que se vaya a efectuarse la transmisión de potencia de cada elemento al eje.
- Determine la magnitud del par torsional que se desarrolla en cada punto del eje. Se recomienda preparar un diagrama de par torsional.

- Determine las fuerzas que obran sobre el eje, en dirección radial y axial.
- Descomponga las fuerzas radiales en direcciones perpendiculares, las cuales serán, en general, vertical y horizontal.
- Calcule las reacciones en cada plano sobre todos los cojinetes de soporte.
- Genere los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante completos, para determinar la distribución de momentos flexionantes en el eje.
- Seleccione el material con el que se fabricará el eje y especifique su condición se recomienda que la ductilidad sea buena, y que el porcentaje de elongación sea mayor que el 12%, aproximadamente. Determine la resistencia última, la resistencia de fluencia y el porcentaje de elongación del material seleccionado.
- Determine un esfuerzo de diseño adecuado, contemplando la forma de aplicar la carga.
- Analice cada punto crítico del eje, para determinar el diámetro mínimo aceptable del mismo, en ese punto, y para garantizar la seguridad frente a las cargas en ese punto.
- Especifique las dimensiones finales para cada punto del eje. A veces, el tamaño y las tolerancias de diámetro de un eje quedan determinados por el elemento que se va a montar en él. Por ejemplo, en los catálogos de los fabricantes de rodamientos se especifican los límites de los diámetros en ejes, para que sus rodamientos asienten.

1.9.3. Rodamientos

Los rodamientos son elementos mecánicos con un amplio campo de aplicación. Su fiabilidad ha quedado demostrada incluso en condiciones de servicio severas. Los fallos prematuros son poco frecuentes. La figura 1.28 muestra un rodamiento de la marca FAG.



Figura 1. 28. Rodamiento de la marca FAG.

Fuente: <http://www.skf.com/uy/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/index.html>

a) Dimensionamiento.

Muchas veces el diámetro del agujero de los rodamientos viene especificado por el diseño general de la máquina o dispositivo. Sin embargo, para determinar finalmente las demás medidas principales y el tipo de rodamiento, conviene averiguar mediante un cálculo de dimensionado, si las exigencias de vida, seguridad estática y rentabilidad quedan satisfechas. En este cálculo se hace una comparación entre la sollicitación del rodamiento y su capacidad de carga.

En la técnica de rodamientos se distingue entre sollicitación dinámica y sollicitación estática. Una sollicitación estática tiene lugar si el

movimiento relativo entre los aros de los rodamientos es nulo o muy lento ($n < 10 \text{ min}^{-1}$). En estos casos se examinará la seguridad contra deformaciones plásticas demasiado elevadas en los caminos de rodadura y en los cuerpos rodantes.

La mayoría de los rodamientos se solicitan dinámicamente. Sus aros giran relativamente entre sí.

Con el cálculo de dimensionado se examina la seguridad contra la fatiga prematura del material de los caminos de rodadura y de los cuerpos rodantes.

Sólo en escasas ocasiones el cálculo de vida nominal según DIN ISO 281 indica la vida realmente alcanzable. Sin embargo, para obtener construcciones económicas ha de sacarse el máximo provecho posible de las capacidades de los rodamientos. Cuanto más prestaciones se exijan, tanto más importante es tener un dimensionado preciso de los rodamientos.

El acreditado método de cálculo FAG para la vida alcanzable considera las influencias del servicio y del ambiente en el cálculo

b) Tipos de rodamientos.

- Rodamientos solicitados estáticamente.

Bajo una sollicitación a carga estática, se calcula el factor de esfuerzos estáticos f_s , para demostrar que se ha elegido un rodamiento con suficiente capacidad de carga.

$$f_s = \frac{C_o}{P_0} \quad (1.6)$$

Siendo:

f_s = Factor de esfuerzos estáticos.

C_o = Capacidad de carga estática [kN].

P_0 = Carga estática equivalente [kN].

El factor de esfuerzos estáticos f_s se toma como valor de seguridad contra deformaciones demasiado elevadas en los puntos de contacto de los cuerpos rodantes. Para rodamientos que deban girar con gran suavidad y facilidad, habrá que elegir un factor de esfuerzos estáticos f_s mayor. Si las exigencias de suavidad de giro son más reducidas, bastan valores más pequeños. En general se pretende conseguir los siguientes valores:

$$f_s = 1,5 \dots 2,5 \text{ para exigencias elevadas.}$$

$$f_s = 1,0 \dots 1,5 \text{ para exigencias normales.}$$

$$f_s = 0,7 \dots 1,0 \text{ para exigencias reducidas.}$$

Los valores recomendados para los rodamientos axiales oscilantes de rodillos y rodamientos de precisión se indican en las tablas.

La capacidad de carga estática (C_o) [kN] según DIN ISO 76 – 1988, está indicada en las tablas para cada rodamiento. Esta carga (en rodamientos radiales una carga radial y en rodamientos axiales una carga axial y centrada) en el centro del área de contacto más cargada entre los cuerpos rodantes y el camino de rodadura produciría una presión superficial teórica (P_0) de:

- 4600 N/mm² para rodamientos oscilantes de bolas
- 4200 N/mm² para todos los demás rodamiento de bolas
- 4000 N/mm² para todos los rodamientos de rodillos

Bajo una sollicitación C_o (correspondiente a $f_s = 1$) se origina una deformación plástica total del elemento rodante y el camino de rodadura de aprox. 1/10,000 del diámetro del elemento rodante en el área de contacto más cargada.

La carga estática equivalente (P_0) [kN] es un valor teórico. Es una carga radial en rodamientos radiales y una carga axial y centrada en los rodamientos axiales. (P_0) Origina la misma sollicitación en el

punto de contacto más cargado entre cuerpos rodantes y camino de rodadura que la carga combinada real.

- **Rodamientos solicitados dinámicamente.**

En el método de cálculo normalizado (DIN/ISO 281) para rodamientos solicitados dinámicamente, se parte de la fatiga del material (formación de pitting) como causa del deterioro del rodamiento.

La fórmula de vida es:

$$L_{10} = L = \left(\frac{C}{P}\right)^p [10^6 \text{ revoluciones}] \quad (1.7)$$

Siendo:

$L_{10} = L =$ Vida nominal [10^6 revoluciones].

$C =$ Capacidad de carga dinámica [kN].

$P =$ Carga dinámica equivalente [kN].

$p =$ Exponente de vida.

(L_{10}) , es la vida nominal en millones de revoluciones alcanzada o rebasada por lo menos de un 90% de un gran lote de rodamientos iguales.

La capacidad de carga dinámica C [kN] según DIN ISO281 - 1993 se indica en las tablas para cada rodamiento. Con esta carga se alcanza una vida L_{10} de 10^6 revoluciones. (Askeland)

1.9.4. Reductores y motoredutores

Los Reductores ó Motorreductores son apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente.

Las transmisiones de fuerza por correa, cadena o trenes de engranajes que aún se usan para la reducción de velocidad presentan ciertos inconvenientes.

Al emplear REDUCTORES O MOTORREDUCTORES se obtiene una serie de beneficios sobre estas otras formas de reducción. Algunos de estos beneficios son:

- Una regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.
- Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.
- Mayor seguridad en la transmisión, reduciendo los costos en el mantenimiento.
- Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje.
- Menor tiempo requerido para su instalación.

Los motorreductores se suministran normalmente acoplado a la unidad reductora un motor eléctrico normalizado asíncrono tipo jaula de ardilla, totalmente cerrado y refrigerado por ventilador para conectar a redes trifásicas de 220/440 voltios y 60 Hz.

Para proteger eléctricamente el motor es indispensable colocar en la instalación de todo Motorreductor un guarda motor que limite la intensidad y un relé térmico de sobrecarga. Los valores de las corrientes nominales están grabados en las placas de identificación del motor.

Normalmente los motores empleados responden a la clase de protección IP-44 (Según DIN 40050). Bajo pedido se puede mejorar la clase de protección en los motores y unidades de reducción.

a) Guía para la elección del tamaño de un reductor o motorreductor.

Para seleccionar adecuadamente una unidad de reducción debe tenerse en cuenta la siguiente información básica:

- **Características de operación.**
 - Potencia (HP tanto de entrada como de salida)
 - Velocidad (RPM de entrada como de salida)
 - Torque (par) máximo a la salida en kg/m.
 - Relación de reducción (I).
- **Características del trabajo a realizar.**
 - Tipo de máquina motriz (motor eléctrico, a gasolina, etc.)
 - Tipo de acople entre máquina motriz y reductor.
 - Tipo de carga uniforme, con choque, continua, discontinua etc. (ArthurGill, 2007)

1.9.5. Embragues

Un embrague es un dispositivo para conectar o desconectar un componente impulsado con el impulsor del sistema. Por ejemplo, en una máquina que deba parar y arrancar con frecuencia, el motor de impulsión se deja trabar en forma continua y se intercala un embrague entre él y la máquina impulsada. Entonces el embrague entra y sale para conectar y desconectar la carga. Eso permite que el motor funcione a una velocidad eficiente, y también permite que el ciclo se mueva y se pare con rapidez. Porque no hay necesidad de acelerar el pesado rotor del motor en cada ciclo.

A continuación se aprecian varios arreglos de embragues. Por convección el término embrague se reserva a la aplicación donde se hace la conexión con un eje paralelo al eje motriz, como se ve en la figura 2.7. Si la conexión es con un eje en línea con el motor, entonces se emplea el término acoplamiento de embrague, como se ve en la figura 2.8.

- **Embrague.-** Transmite movimiento giratorio a un eje paralelo, sólo cuando esta energizada la bobina, mediante poleas, catalinas, engranes o poleas de tiempo.

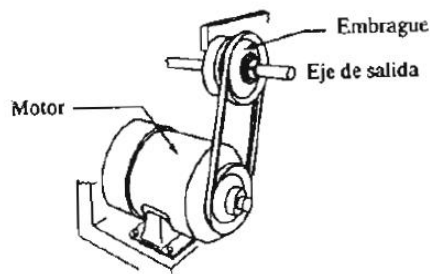


Figura 1. 29. Embrague

Fuente: (Shigley)

- **Acoplamiento de embrague.-** Transmite movimiento rotatorio a un eje en línea, solo cuando está energizada la bobina. Aplicaciones en ejes separados.

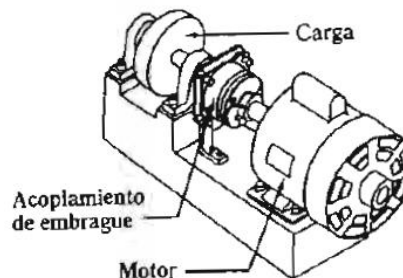


Figura 1. 30. Acoplamiento de embrague.

Fuente: (Shigley)

Un embrague, por diseño, solo transmite un par torsional limitado; si el par torsional es mayor, se desliza. Se usa para dar aceleración controlada a una carga uniforme y que requiera menor potencia de motor. También se usa como dispositivo de seguridad, protegiendo piezas costosas o *sensibles cuando el sistema se atore*. La figura 2.9 muestra la representación de un embrague de fricción, comúnmente utilizado como elemento de seguridad.

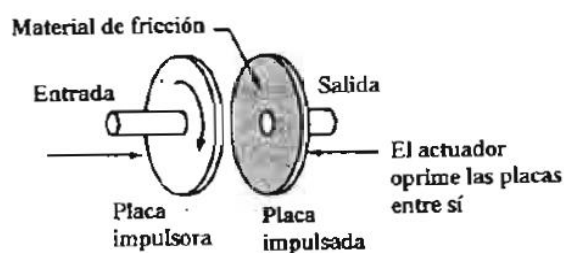


Figura 1. 31. Embrague de placa.

Fuente: (Shigley)

Para actuar los embragues se usan los métodos siguientes.

- **Manual.-** El operador suministra la fuerza, en general mediante un arreglo de palancas para obtener multiplicación de fuerza.
- **Aplicada con resorte.-** También se le conoce como diseño a prueba de fallas, los resortes aplican el freno automáticamente, a menos que se presente una fuerza opuesta. Así, si falla la electricidad, o se pierde la presión neumática o hidráulica, o si el operador no puede hacer sus funciones, los resortes aplican el freno y detienen la carga. El concepto también se aplica para poder soltar un embrague.
- **Centrífugo.-** Se emplea con frecuencia un embrague centrífugo para permitir que el sistema impulsor acelere sin que tenga carga conectada, después cuando tiene una velocidad preseleccionada, la fuerza centrífuga mueve los elementos del embrague, los cuales

tocan y conectan la carga. Al desacelerar el sistema la carga se desconecta en forma automática.

- **Neumático.-** Se introduce aire comprimido en un cilindro o alguna otra cámara. La fuerza que produce la presión, sobre un pistón o diafragma, junta las superficies de fricción con los miembros conectados a la carga.
- **Electromagnético.-** Se aplica una corriente a una bobina, formando un flujo electromagnético. La fuerza magnética atrae entonces una armadura fija a la máquina que se debe controlar. La armadura es por lo general del tipo placa.

a) Parámetros de funcionamiento.

Los principios de la física indican que siempre que se cambia la dirección del movimiento de un cuerpo, debe haber una fuerza que se ejerza sobre él. Si éste gira, se debe aplicar un par torsional al sistema, para acelerarlo o desacelerarlo. Cuando hay un cambio de velocidad, se acompaña de un cambio de energía cinética del sistema. Así, el control de movimiento implica, en forma inherente, el control de la energía, ya sea agregándola para acelerar un sistema, o absorbiéndola para desacelerarlo.

Los parámetros que intervienen en la capacidad de embragues son los siguientes:

- El par torsional necesario para acelerar o desacelerar el sistema.
- El tiempo necesario para efectuar el cambio de velocidad.
- La frecuencia de accionamiento.
- La inercia de las piezas en rotación y traslación.
- Tamaño y configuración física.
- Costo y disponibilidad.

1.9.6. Transmisión por banda y cadena

a) Tipos de transmisiones por bandas.

Una banda es un elemento flexible de transmisión de potencia que asienta firmemente en un conjunto de poleas o poleas acanaladas. La figura 1.32 muestra la distribución básica. Cuando se usa la banda para reducir la velocidad, que es el caso típico, la polea menor se monta en el eje de alta velocidad, que puede ser en el eje de un motor eléctrico, la polea mayor se monta en la máquina impulsada.

Cuando la banda transmite potencia, la fricción hace que se agarre a la polea impulsora, e incrementa la tensión en un lado, que es el *lado tenso* de la transmisión. La fuerza de tensión en la banda ejerce una fuerza tangencial en la polea conducida, con lo que se aplica un par torsional al eje conducido, el lado contrario de la banda se encuentra todavía en tensión, pero con un valor menor, por tanto se dice que es el *lado flojo*.

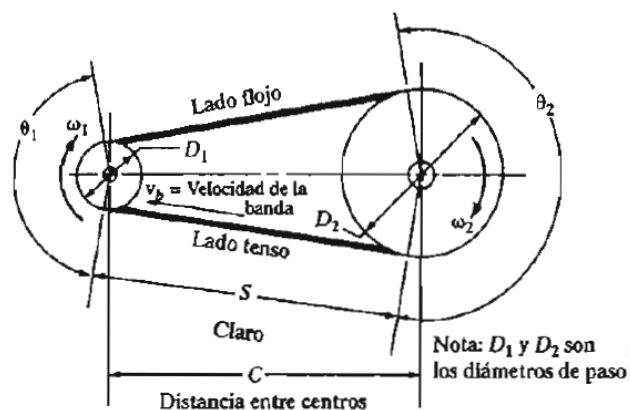


Figura 1. 32. Geometría básica de una transmisión por bandas.

Fuente: (Shigley)

Existen muchos tipos de bandas disponibles: planas, acanaladas o dentadas, bandas V normales, bandas V ángulo doble y otras. La figura 1.33 muestra los ejemplos típicos de bandas.

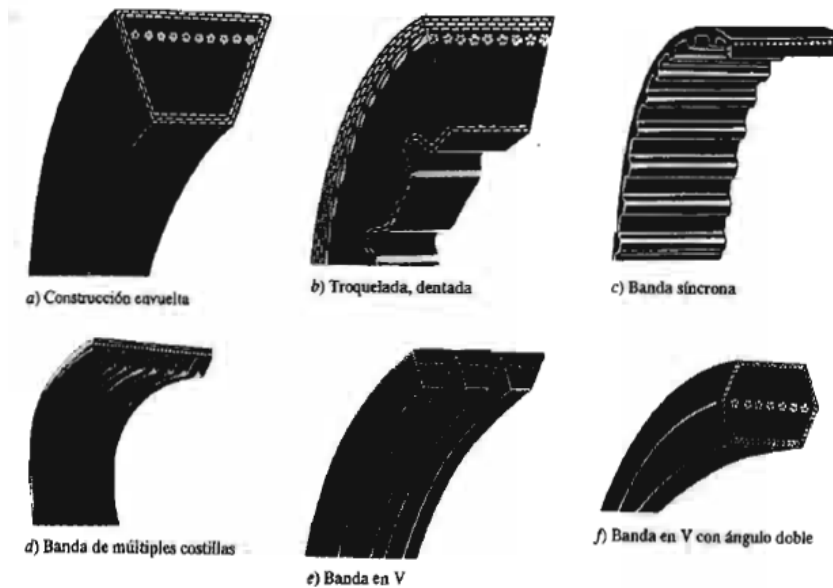


Figura 1. 33. Ejemplos de tipos de bandas.

Fuente: (Shigley)

La banda plana es el tipo más sencillo, y con frecuencia se fabrica de cuero o de lona ahulada. La superficie de la polea también es plana y lisa, y la fuerza impulsora se limita, por consiguiente la fricción pura entra en la banda y la polea.

Las bandas síncronas o también llamadas de sincronización, pasan sobre poleas con ranuras en las que asientan los dientes de la banda, éste es un impulsor positivo, y solo se limita por la resistencia de la banda a la tensión y a la resistencia cortante de los dientes.

Un tipo de banda muy usado, en especial en transmisiones industriales y en aplicaciones vehiculares, es el accionamiento con bandas V. la forma en V hace que la banda se acúñe firmemente en la ranura, lo cual incrementa la fricción y permite la transmisión de grandes pares torsionales sin que exista deslizamiento. La mayor parte de las bandas tienen lonas de resistencia, colocadas

en el diámetro de paso de la sección transversal de la banda, para aumentar la resistencia a la tensión de la banda.

b) Diseño de transmisiones por bandas.

Los factores que intervienen en la selección de una banda y las poleas motriz y conducida de la transmisión se resumen a continuación.

- La potencia especificada del motor o máquina motriz.
- El factor de servicio, con base en el motor y la carga impulsada.
- La distancia entre centros.
- La capacidad de potencia de una banda, en función del tamaño y la velocidad de la polea menor.
- La longitud de la banda.
- El tamaño de las poleas motriz y conducida.
- El factor de corrección por longitud de la banda.

c) Transmisión por cadenas.

Una cadena es un elemento de transmisión de potencia formado por una serie de eslabones unidos con pernos. Este diseño permite tener flexibilidad, y además que la cadena transmita grandes fuerzas de tensión.

Cuando se transmite potencia entre ejes giratorios, la cadena entra en ruedas dentadas correspondientes llamadas catalinas. La figura 1.34 muestra una transmisión típica de cadena.

El tipo más cómodo de cadena es la *cadena de rodillos*, en la que el rodillo sobre cada perno permite tener una fricción excepcionalmente baja entre la cadena y las catalinas.

La cadena de rodillos se caracteriza por su paso, que es la distancia entre las partes correspondientes de los eslabones adyacentes.

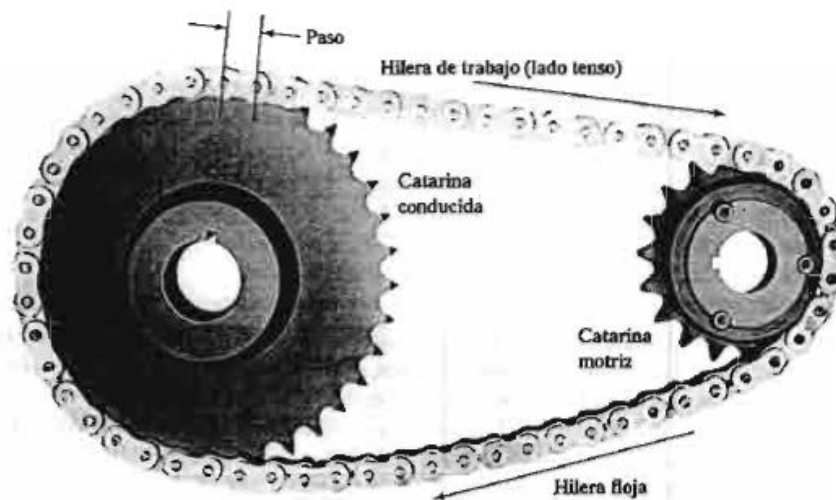


Figura 1. 34. Cadena de rodillos.

Fuente: (Shigley)

d) Lineamientos de diseño para transmisiones por cadenas.

A continuación se presentan las recomendaciones para diseñar transmisiones por cadenas.

- La cantidad mínima de dientes en una cadena debe ser 17, a menos que el impulsor funcione a una velocidad muy pequeña, menor que 100 rpm.
- La relación de velocidad máxima debe ser 7, aunque son posibles relaciones mayores. Se pueden emplear dos o más etapas de reducción para obtener relaciones mayores.
- La distancia entre centros de los ejes de catarinas debe ser de 30 a 50 pasos de cadena.
- El arreglo preferido en una transmisión por cadena es con la línea central de los ejes horizontal y con el lado tenso de la parte superior.
- La longitud de la cadena debe ser un número entero del paso y se recomienda tener un número par de pasos.

1.10 NEUMÁTICA

La neumática es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos.

Mediante un fluido, ya sea aire (neumática), aceite o agua (hidráulica) se puede conseguir mover un motor en movimiento giratorio o accionar un cilindro para que tenga un movimiento de salida o retroceso de un vástago (barra). Esto hoy en día tiene infinidad de aplicaciones como pueden ser la apertura o cierre de puertas en trenes o autobuses, levantamiento de grandes pesos, accionamientos para mover determinados elementos, etc. (AMSLER, 2012)

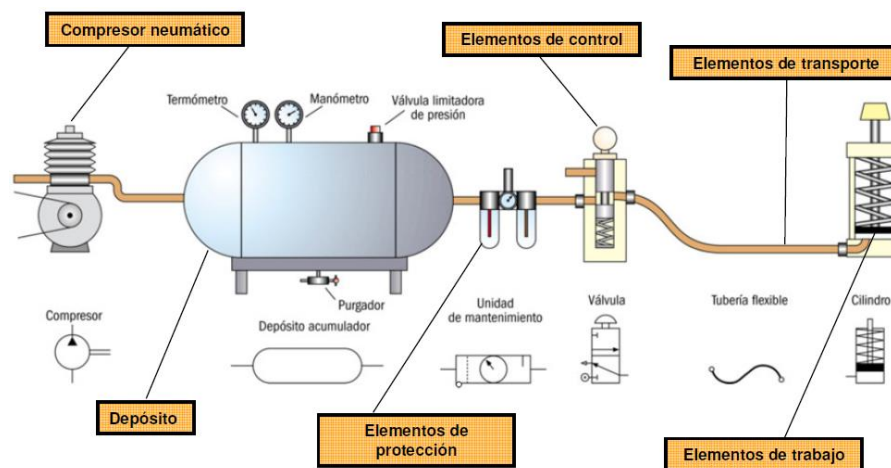


Figura 1. 35. Componentes de la neumática

Fuente: <http://www.areatecnologia.com/NEUMATICA.htm>

1.11 AUTOMATIZACIÓN

La automatización, producto del gran desarrollo industrial ocurrido desde la Revolución; ha traído consigo aspectos sociales devastadores así como grandes aportes científicos y económicos.

El desarrollo de la automatización libera al hombre de los trabajos más rutinarios y le permiten dedicar mayor tiempo al ocio. La automatización genera paro; y el posible mal uso de la informática como parte de la

automatización puede convertirse en una amenaza para la libertad del hombre.

La falta del desarrollo de nuevas formas de empleo es preocupante. Cada día se está diseñando una nueva máquina que reemplazará al hombre en una más de sus funciones. Una vez que las máquinas reemplacen todas las funciones del hombre, no se sabe qué pasará con él. (Bolaños, 2013)

1.12. DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA DE CORTE, TRANSPORTE Y EMPAQUETADO DE ENVASES PLÁSTICOS.

1.12.1. Casa de la calidad

La casa de la calidad es un método gráfico mediante el cual se relacionan las necesidades del cliente con los atributos del diseño. Utilizando una estructura matricial se puede determinar los grados de relación entre los deseos de los clientes y el cómo llevarlos a cabo en la realización del producto.

Esta herramienta del Quality Function Deployment (QFD) permite entender de mejor manera las prioridades del cliente o los clientes y buscar una alternativa que satisfaga de mejor manera sus necesidades.

El desarrollo de la casa de la calidad requiere de las necesidades del usuario o “voz del cliente”, luego estos deben ser traducidos en requerimientos técnicos para cada fase del diseño; acompañado de una evaluación de la incidencia de cada una de las características técnicas en la satisfacción de las necesidades del usuario, finalmente se selecciona la más apropiada para la ejecución del diseño. (ritchiewiki, 2010)

1.12.2. Voz del usuario

La voz del usuario describe las demandas (requerimientos y deseos) de los usuarios. En tal virtud las etapas de corte, transporte y empaquetado deberán cumplir con lo siguiente:

Las etapas deben ser modulares, en el caso de ser requeridas en procesos similares a la extrusión y soplado de envases plásticos, deben ser ligeras y de bajo costo, con alta estabilidad y disminución de mantenimientos programados, la etapa de corte debe garantizar un acabado uniforme, y lo primordial es que se reduzcan los tiempos muertos en todo el proceso.

1.12.3. Voz del ingeniero

Describe los requerimientos técnicos que deberán articularse para satisfacer la necesidad de los usuarios. De esta manera se procede a traducirlos en especificaciones o características técnicas:

Altura, Peso, Costo del proyecto, Volumen y tiempos de producción y Sistema de control.

12.1.4. Conclusiones de la casa de la calidad

Una vez desarrollado cada parámetro de la casa de la calidad en función al proceso actual de NS industrias descrito en este capítulo y a la teoría de diseño detallado antes mencionado, se obtienen datos de características técnicas que predominaran en el diseño y satisfagan las necesidades del cliente.

Entre estos tenemos:

Diseño: Parámetro de mayor importancia, ya que de éste depende las características que satisfagan al cliente como son: que el proyecto sea resistente, duradero, de bajo costo, de fácil operación y con etapas modulares.

Fiabilidad del sistema eléctrico: Segundo parámetro de mayor importancia ya que garantizará el adecuado y correcto funcionamiento de las etapas de corte, transporte y empaquetado.

Fiabilidad del sistema neumático: En conjunto con el sistema eléctrico proveerán de la seguridad necesaria durante el proceso de empaquetado.

Peso: Debe ser el menor admisible, considerando la capacidad de la máquina.

El ANEXO A1 muestra el esquema utilizado para el desarrollo de la casa de la calidad.

CAPÍTULO II

DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS

2.1 CARACTERÍSTICAS PRELIMINARES

La característica principal que se debe tomar en cuenta en el diseño es la precisión con la que se va a empaquetar las botellas puesto que la máquina debe ser exacta tanto en el trabajo que va a realizar como en el tiempo, para el funcionamiento correcto de la misma. Es necesario evitar que los tiempos de empaquetado tengan rangos de variación lo que afectaría a la producción de la empresa.

Uno de los aspectos a tomar en cuenta es que la empaquetadora tenga la capacidad de embolsar los productos sin ningún tipo de problema, ayudando a mejorar el proceso en general a más de eliminar mano de obra innecesaria.

2.2 DISEÑO MECÁNICO

2.2.1 Sistema de corte

El diseño del sistema de corte se lo realizó de acuerdo a los datos de los envases que la empresa produce ya que las campanas de estos son estandarizadas, para de esta manera facilitar el proceso ya que actualmente se usan operarios que lo hacen, lo cual no es beneficioso puesto que no cumplen con normas de calidad, de esta manera se mejora la producción y ayuda a disminuir los tiempos en los cuales se producen las botellas plásticas.

En la Figura 2.1 se muestra el diseño del cortador lineal el cual tiene regulaciones y fue diseñado de acuerdo a ciertos parámetros propios de los envases producidos.

En el cortador lineal se utilizó una niquelina de 15.6Ω , la cual sirve para calentar la cuchilla que corta las rebabas de las botellas plásticas.

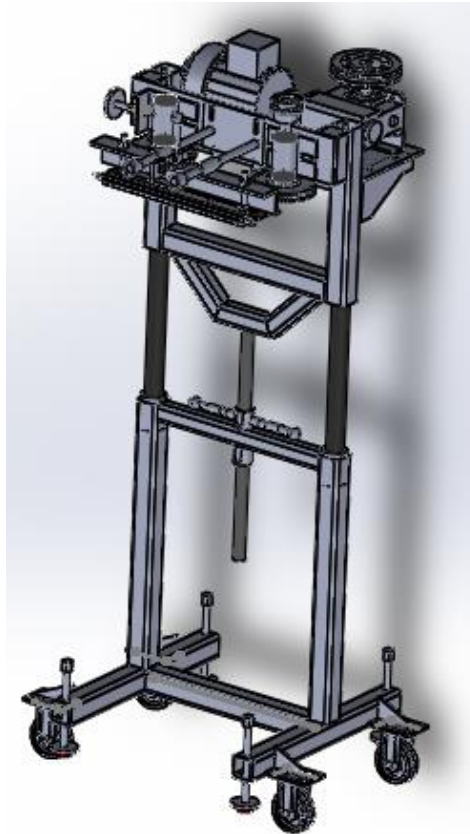


Figura 2. 1. Diseño de cortador

Fuente: Investigación de campo

a) Tornillo de potencia

Un elemento importante de análisis es el tornillo el cual va a soportar la carga que está sobre él, de esta manera se puede asegurar la regulación sin tener problemas de fallas al momento de su utilización.

Para el cálculo de la fuerza requerida por el mismo se emplea la Ecuación 2.1

$$P = \frac{F(\sin \lambda + f \cos \lambda)}{\cos \lambda - f \sin \lambda} \quad (2.1)$$

Dónde:

$P =$ fuerza de levantamiento [N]

$F =$ fuerza aplicada [N]

$f =$ fricción

$\lambda =$ ángulo de rosca

Los datos de la rosca son los siguientes:

$m = 12Kg$

$$F = m \times g$$

$$F = 12Kg \times (9.81 \text{ m/s}^2)$$

$$F = 117.72 \text{ N}$$

$f = 0.08$

$\lambda = 14^\circ$

$$P = \frac{117.72N(\sin 14^\circ + (0.08) \cos 14^\circ)}{\cos 14^\circ - (0.08) \sin 14^\circ}$$

$$P = 48 \text{ N}$$

La fuerza requerida del tornillo de potencia para levantar el peso que tiene sobre él es de 48 N lo que satisface el diseño.

b) Selección de banda

Para seleccionar la banda a ser utilizada en la cortadora se toma en cuenta varios datos como se muestran a continuación:

- Potencia del motor $P = 0.55KW$
- Velocidad angular del reductor $n = 77 rpm$

Una vez conocidos los datos se procede a calcular el torque producido por el motor a las poleas utilizando la Ecuación 2.2.

$$P = \frac{T(n)}{9550} \quad (2.2)$$

$$T = \frac{P(9550)}{n}$$

$$T = \frac{(0.55KW)(9550)}{77rpm}$$

$$T = 68 Nm$$

De acuerdo al diseño y requerimiento de los envases y diseño de la cortadora con unas poleas de 12 cm de diámetro se selecciona una banda en V tipo B, lo cual se toma de tablas referenciadas como se muestra en la Figura 2.2.

Belt Section	Width a , in	Thickness b , in	Minimum Sheave Diameter, in	hp Range, One or More Belts
A	$\frac{1}{2}$	$\frac{11}{32}$	3.0	$\frac{1}{4}$ -10
B	$\frac{21}{32}$	$\frac{7}{16}$	5.4	1-25
C	$\frac{7}{8}$	$\frac{17}{32}$	9.0	15-100
D	$1\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	13.0	50-250
E	$1\frac{1}{2}$	1	21.6	100 and up

Figura 2. 2. Secciones de bandas en V estándar

Fuente: Shigley's Mechanical Engineering Design

La longitud de la banda seleccionada se la realiza empelando la Ecuación 2.3.

$$L = 2C + 1.57(D + d) \quad (2.3)$$

Dónde:

$L = \text{longitud de la banda [m]}$

$C = \text{distancia entre centros [m]}$

$D = \text{diametro mayor de la polea [m]}$

$d = \text{diametro menor de la polea [m]}$

Como datos se tiene:

$$C = 0.296 \text{ m}$$

$$D = d$$

$$D = 0.0115 \text{ m}$$

$$L = 2(0.296\text{m}) + 1.57(0.0115\text{m} + 0.0115\text{m})$$

$$L = 0.59 \text{ m}$$

La longitud de la banda calculada es de 0.59 m, lo que satisface el diseño de la cortadora de rebabas de botellas plásticas.

2.2.2 Sistema de empaquetado

Para el diseño del sistema de empaquetado es necesario tomar varios aspectos para evitar fallas al momento de su funcionamiento, es decir analizar correctamente las dimensiones, cargas, torques y demás parámetros que van a ser parte de toda la estructura para asegurar el trabajo que debe cumplir en los tiempos correctos.

a) Acoplamiento de embrague

Los datos que se tiene del acoplamiento de embrague son los siguientes:

- Potencia del motor $P = 0.25 \text{ KW}$

- Velocidad angular de la rueda motriz $n = 16 \text{ rpm}$

Para el cálculo del torque proporcionado por el motor se lo realiza con la Ecuación 2.4.

$$T = \frac{P \times 9550}{n} \quad (2.4)$$

Dónde:

$T = \text{torque [Nm]}$

$P = \text{potencia [KW]}$

$n = \text{velocidad angular [rpm]}$

$$T = \frac{(0.25 \text{ KW}) \times 9550}{16}$$

$$T = 149.2 \text{ Nm}$$

El torque al que está sometido el acople de embrague es de 149.2 Nm.

b) Sistema de transmisión

Para realizar el diseño del sistema de transmisión se tiene como datos los siguientes parámetros:

- Potencia del motor $P = 0.25 \text{ KW}$
- Velocidad angular de la rueda motriz $n = 16 \text{ rpm}$
- Número de dientes de la rueda motriz $N1 = 16$
- Relación de transmisión 1:1
- Tipo de cadena ANSI 40

b.1 Número de pasos de la cadena

Para determinar el número de pasos de la cadena se lo realiza utilizando la Ecuación 2.5.

$$\frac{L}{P} = \frac{2C}{p} + \frac{N1 + N2}{2} + \frac{N2 - N1}{4\pi^2 \frac{C}{p}} \quad (2.5)$$

$$\frac{L}{P} = 2(112) + \frac{16 + 16}{2} + \frac{16 - 16}{4\pi^2(12)}$$

$$\frac{L}{P} = 240 \text{ pasos.}$$

b.2 Longitud de la cadena

Para determinar la longitud de la cadena se aplica la Ecuación. 2.6, para lo cual el paso de la cadena es de ½ pulgada.

$$\frac{L}{P} = p \quad (2.6)$$

Dónde:

$p = \text{paso de la cadena [pulg]}$

$$L = P \times p$$

$$L = 240 \times (0.5)\text{pulg}$$

$$L = 120 \text{ pulg} \approx 3.05 \text{ m}$$

La longitud total requerida de la cadena es de 0.51m, lo cual es importante para que el sistema de transmisión sea correcto.

b.3 Distancia entre centros

Para calcular la distancia entre centros desde el piñón del motor hacia el piñón del sistema de empuje se emplea la Ecuación. 2.7., y 2.8.

$$A = \frac{N1 + N2}{2} - \frac{L}{P} \quad (2.7)$$

$$A = \frac{16 + 16}{2} - 40$$

$$A = -25$$

$$C = \frac{1}{4}p \left[-A + \sqrt{A^2 - 8 \left(\frac{N2 - N1}{2\pi} \right)^2} \right] \quad (2.8)$$

$$C = \frac{1}{4}p \left[-(-25) + \sqrt{(-25)^2 - 8 \left(\frac{16 - 16}{2\pi} \right)^2} \right]$$

$$C = 12.5 \times (0.5 \text{ pulg})$$

$$C = 6.25 \text{ pulg} \approx 0.158 \text{ m}$$

c) Sistema de empuje

Para el análisis del sistema de empuje se tienen los siguientes datos:

- Potencia del motor $P = 0.25 \text{ KW}$
- Velocidad angular $n = 16 \text{ rpm}$

A partir de los datos obtenidos se procede a calcular el torque producido por el motor para el empuje de las botellas, con el uso de la Ecuación. 2.4

$$T = \frac{P \times 9550}{n}$$

$$T = \frac{(0.25 \text{ KW}) \times 9550}{16}$$

$$T = 149.2 \text{ Nm}$$

Con los datos obtenidos de los cálculos se procede a calcular la fuerza de empuje que va requerir el eje del sistema, como se trató en el capítulo 1.9.2, para lo que se realiza el diagrama de cuerpo libre del mismo, como se muestra en la Figura 2.3.

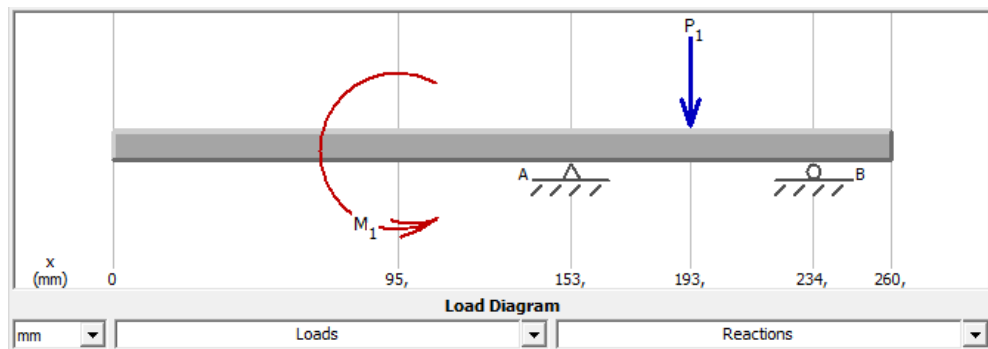


Figura 2. 3. Diagrama de cuerpo libre

Fuente: Investigación de campo

Para determinar la fuerza aplicada en el punto A se aplica la Ecuación 2.9.

$$T = F \times d \quad (2.9)$$

Dónde:

$T = \text{torque [Nm]}$

$F = \text{fuerza disco [N]}$

$d = \text{distancia [m]}$

$$F_A = \frac{T}{r}$$

$$F_A = \frac{149.2 \text{ Nm}}{0.050 \text{ m}}$$

$$F_A = 2984 \text{ N}$$

La fuerza aplicada en el punto B es la requerida para el empuje de las botellas y el carro, lo cual se determina a continuación con la Ecuación 2.10.

$$F_B = Fe + Fc \quad (2.10)$$

Dónde:

$F_B = \text{fuerza en el punto B [N]}$

$F_e = \text{fuerza de empuje de botellas [N]}$

$F_c = \text{fuerza del carro [N]}$

El sistema de empaquetado sirve para diversos tipos de botellas, por lo cual el peso total de las mismas se estimará un valor máximo de 5Kg de acuerdo al envase más grande que se produce en la empresa.

$$F_e = m_T \times g \quad (2.11)$$

$$F_e = 5Kg \times (9.81 \text{ m/s}^2)$$

$$F_e = 49.05 \text{ N}$$

Para calcular la masa del carro de empuje de las botellas se toma del diseño realizado en Solid Works la cual es de 22Kg.

$$F_c = m \times g \quad (2.12)$$

$$F_c = 22Kg \times (9.81 \text{ m/s}^2)$$

$$F_c = 215.82 \text{ N}$$

Se reemplaza en la ecuación principal para encontrar el valor de la fuerza en el punto B.

$$F_B = 49.05 \text{ N} + 215.82 \text{ N}$$

$$F_B = 264.87 \text{ N}$$

Una vez calculadas las fuerzas aplicadas en los puntos A y B se procede a calcular las reacciones en los puntos de sujeción.

$$\sum F_y = 0$$

$$F_B - R_A - R_B = 0$$

$$R_A = F_B - R_B$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-149.2Nm + 0.04m F_B - 0.081m R_B = 0$$

$$0.081mR_B = -149.2Nm + 0.04m(264.87 N)$$

$$R_D = -1.71KN$$

$$R_A = 264.87N - (-1710N)$$

$$R_A = 1.97 KN$$

El análisis respectivo del momento flector se muestra en la Figura 2.4, lo cual fue realizado en el simulador MDSolid.

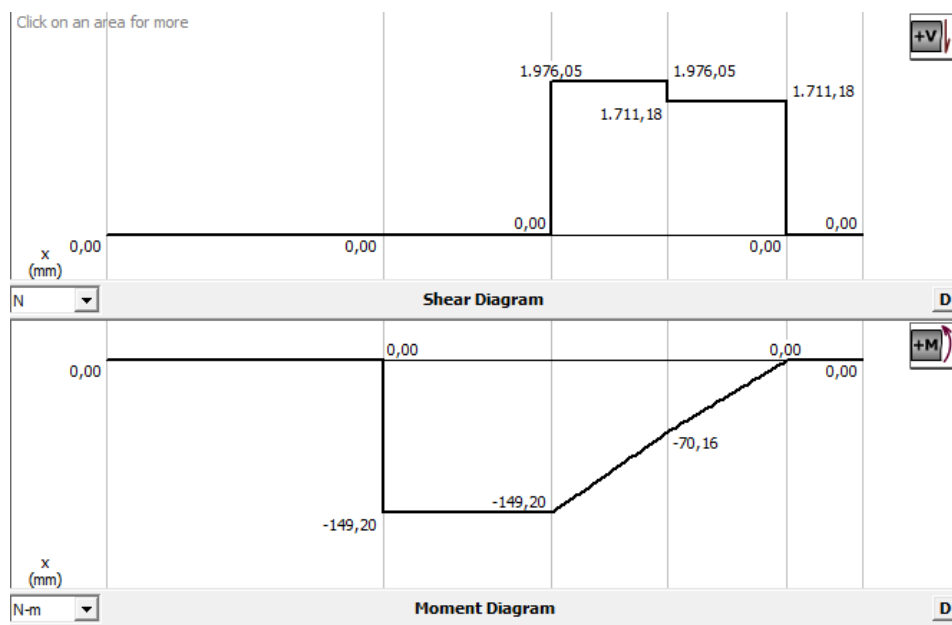


Figura 2. 4. Diagrama de momentos

Fuente: Investigación de campo.

A continuación se procede a realizar el análisis estático del eje con el uso del software SolidWorks, en el cual se puede visualizar el factor máximo al cual está diseñado dicho elemento, como se muestra en la Figura 2.5.

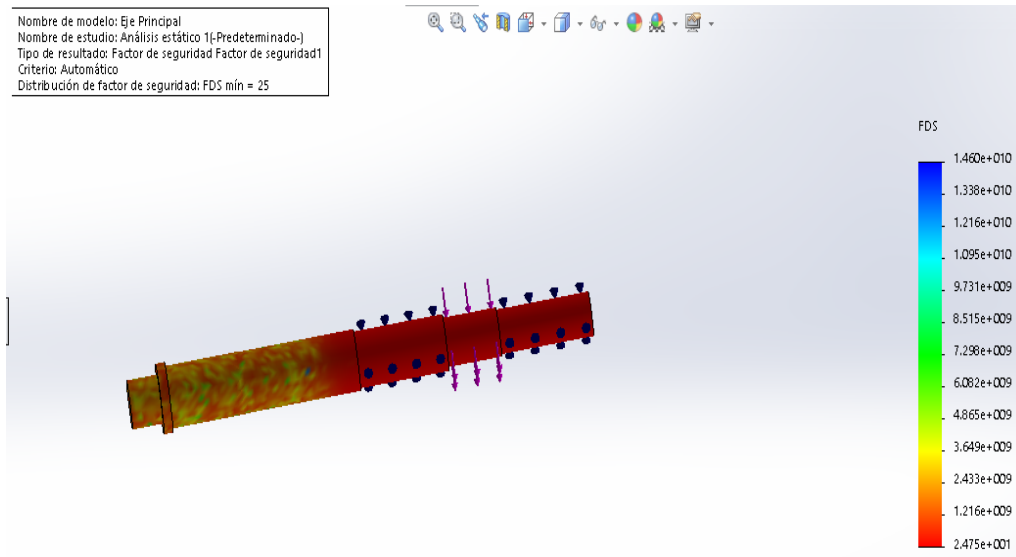


Figura 2. 5. Análisis en el eje

Fuente: Investigación de campo.

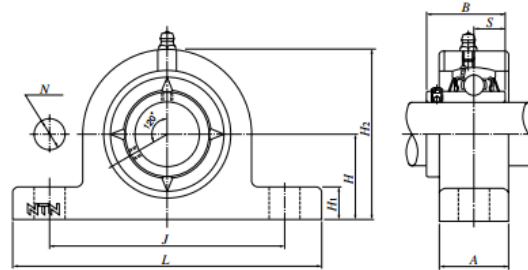
Como se puede observar el eje tiene un factor de seguridad alto lo que asegura el trabajo que va a realizar y la carga que va a soportar durante su funcionamiento.

d) Selección de Chumacera

De acuerdo al diámetro del eje principal que es de 25 mm se procede a seleccionar la chumacera adecuada para el mismo la cual se muestra en la figura 2.6.

Pillow Block Unit; UCPG3 series

Cylindrical bore with set screw



Bore dia. mm	Part number	Boundary dimensions mm										Nominal bolt dia.	Insert bearing number	Basic dynamic rated load kN C _r	Basic static rated load kN C _{0r}	Housing part number	Mass kg (Ref.)
		H	L	J	A	N	H ₁	H ₂	B	S							
25	UCPG305D1	45	175	132	35	15	85	38	15			UC305D1	21.2	10.9	PG305D1	1.4	
30	UCPG306D1	50	180	140	17	18	95	43	17			UC306D1	26.7	15.0	PG306D1	1.8	
35	UCPG307D1	56	210	160	40	20	106	48	19		M14	UC307D1	33.5	19.1	PG307D1	2.8	
40	UCPG308D1	60	220	170	45	22	116	52				UC308D1	40.5	24.0	PG308D1	3.0	

Figura 2. 6. Selección de Chumacera

Fuente: <http://www.ntsudamericana.com/images/stories/PDF/5-cat.pdf>

e) Análisis estructural

Para el diseño estructural de la máquina se utilizó el software SoliWorks en el que se detallaron características propias de los componentes que forman parte de la etapa de empaquetado y corte, como se muestra en la Figura 2.7.

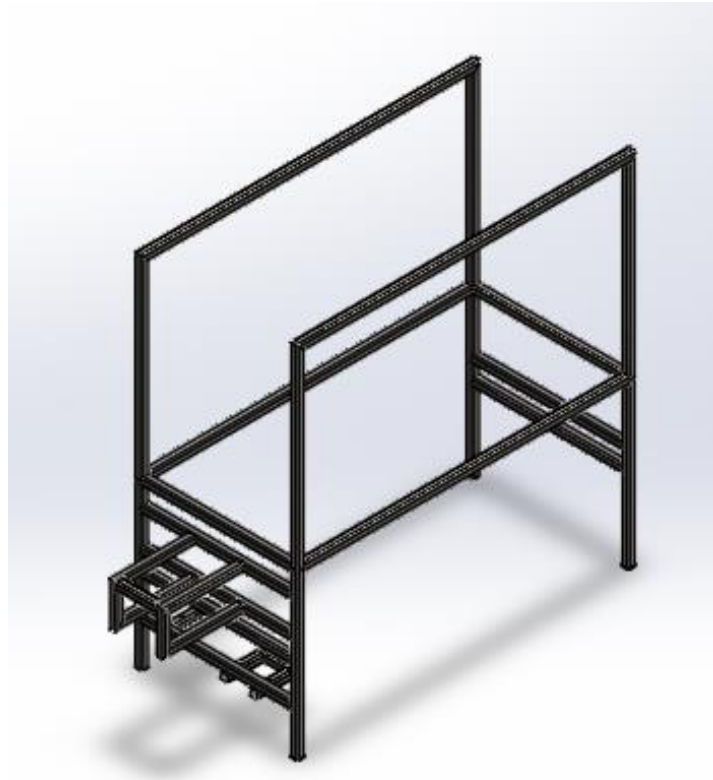
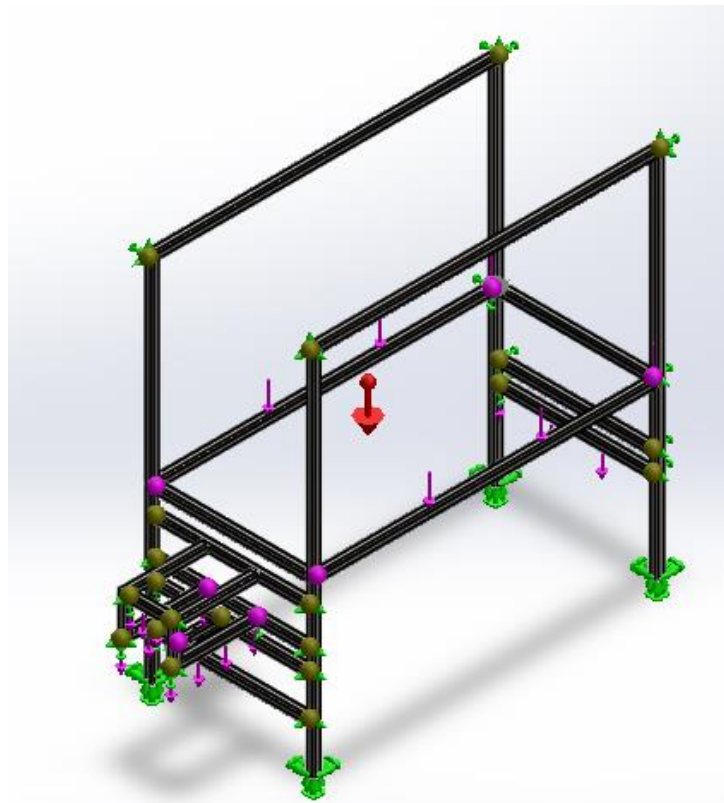


Figura 2. 7. Empacadora

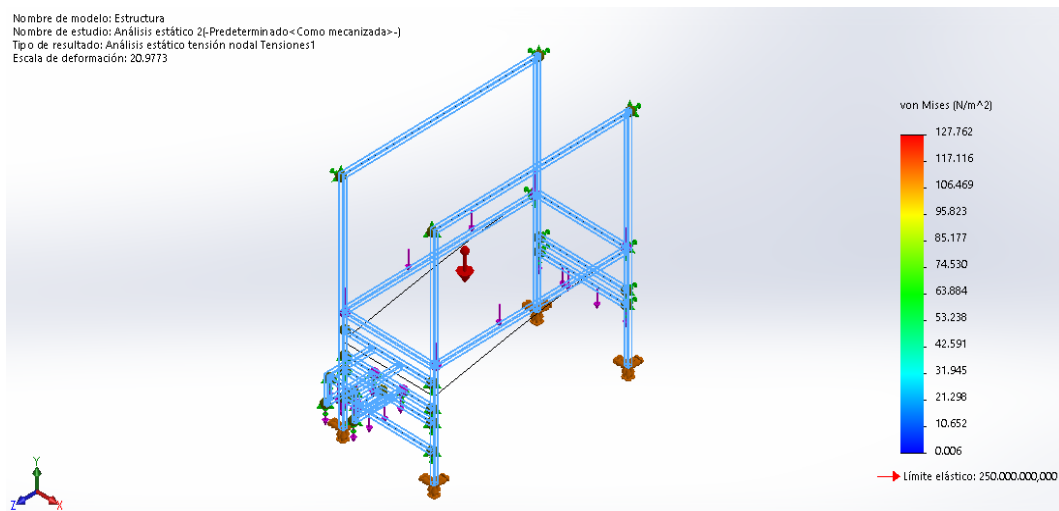
Fuente: Investigación de campo.

Para el análisis de la estructura de la máquina empacadora es necesario conocer cada una de las fuerzas presentes en la misma, para de esta manera obtener un resultado correcto de los esfuerzos presentes a más del factor de seguridad que es de suma importancia para el diseño.

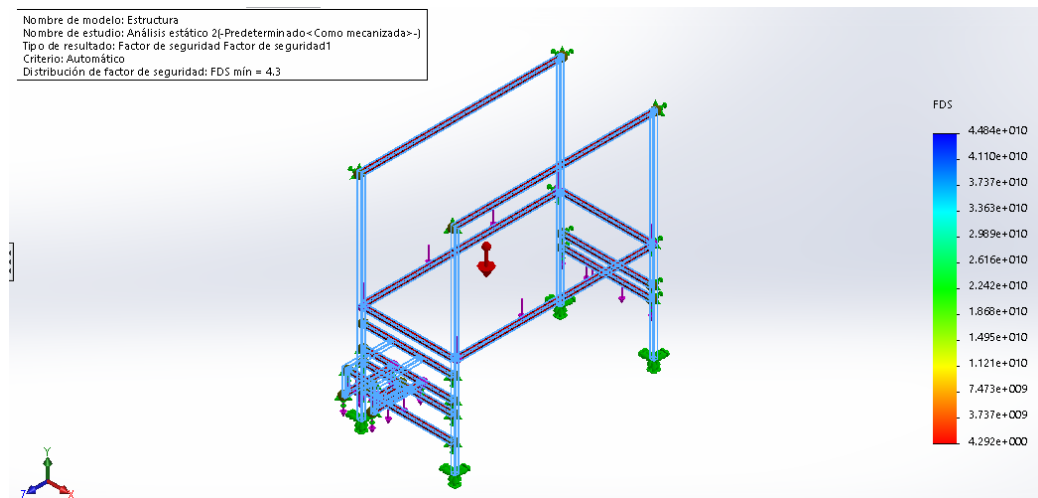
A continuación se muestra en la Figura 2.8 (a) fuerzas aplicadas en la estructura, (b) Tensión de Von Mises y (c) factor de seguridad respectivamente comprobando de esta manera que la estructura soporta la carga que actúa directamente en la misma.



(a) Fuerzas aplicadas en la estructura



(b) Tensión de Von Mises



(c) Factor de seguridad

Figura 2. 8. Análisis estático de la estructura.

Fuente: Investigación de campo.

Como se puede observar el factor de seguridad mínimo de la estructura es de 4.3, por lo que satisface el diseño de la misma, de esta manera se asegura el soporte y correcto funcionamiento.

Después de haber realizado un análisis estático y mecánico de cada uno de los componentes de la maquina empacadora se llega a la conclusión que satisface las necesidades de la empresa, el diseño final de la máquina se muestra en la Figura 2.9.

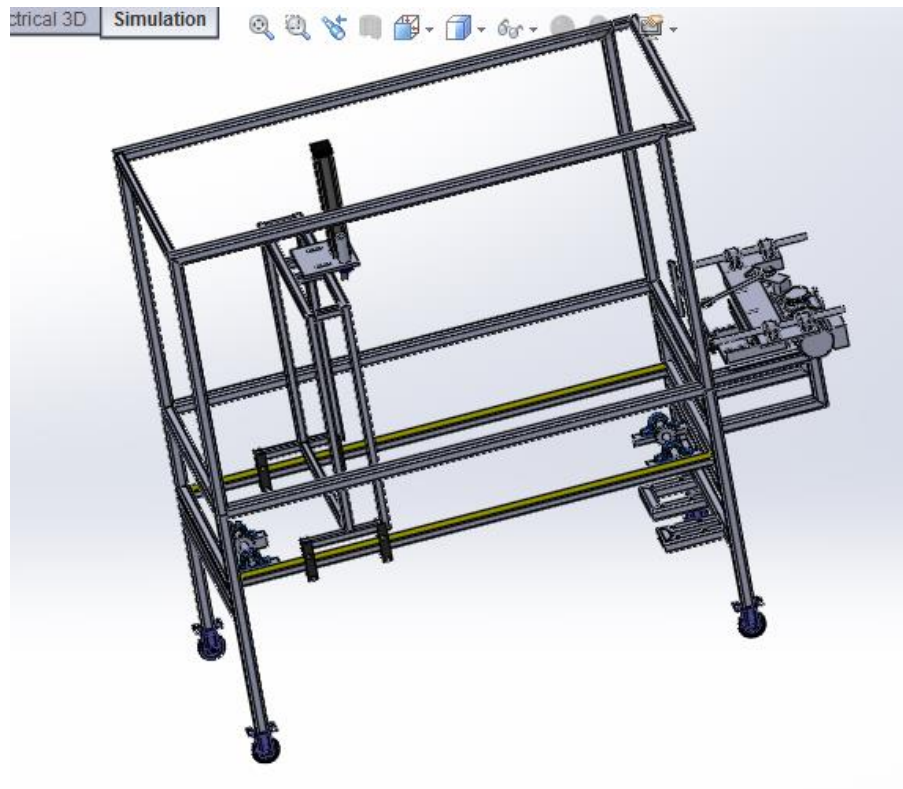


Figura 2. 9. Ensamblaje total

Fuente: Investigación de campo

Los planos mecánicos de la empacadora y el cortador se muestran en el ANEXO B para una mejor apreciación.

2.3 DISEÑO ELÉCTRICO

2.3.1 Sistema de control

El sistema de control cuenta con diversos aspectos que deben tomarse en cuenta de acuerdo a lo que se desee monitorear, en este caso se analiza y selecciona los elementos a ser tomados en cuenta para un correcto sistema de control.

a) Selección del RELÉ INTELIGENTE

Las entradas y salidas que se necesitan controlar con las que se muestran en la Tabla 2.1.

Tabla 2. 1. I/O requeridas

Entradas	Salidas
12	7

Elaborado por: Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

Debido a los requerimientos de entradas y salidas se escoge el RELÉ INTELIGENTE LOGO Siemens el cual posee 8 entradas y 4 salidas, a más de esto se usa un módulo de expansión de 4 entradas y 4 salidas, con lo cual es suficiente para el trabajo que va a realizar, su diagrama se muestra en la Figura 2.10 y 2.11 respectivamente.

En el ANEXO C – 1 y C- 2 se muestra las características del RELÉ INTELIGENTE y módulo de expansión escogidos respectivamente.

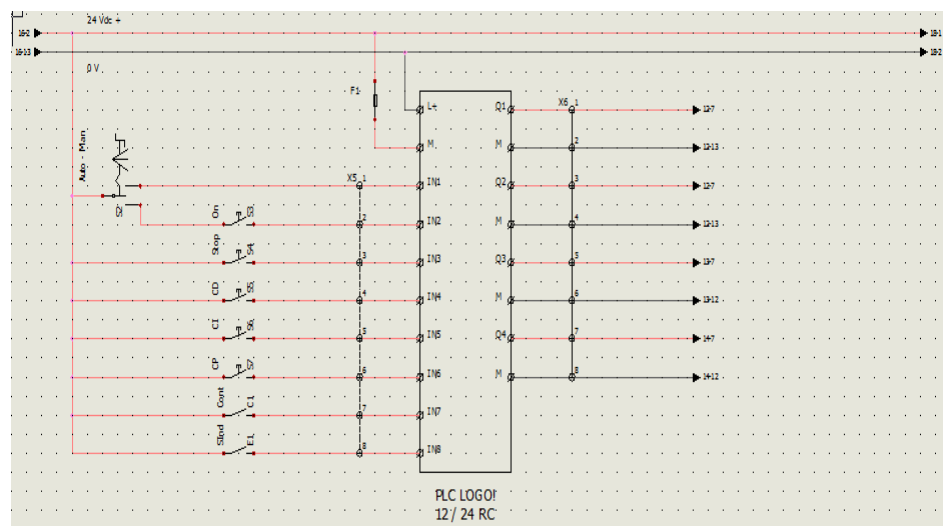


Figura 2. 10. Diagrama RELÉ INTELIGENTE LOGO

Fuente: Investigación de campo

Tabla 2. 2. Entradas y Salidas Digitales del Relé inteligente LOGO!

ENTRADAS	
I1	Selector modo manual
I2	Selector automático más pulsador ON.
I3	Stop
I4	Sensor inductivo (entrada de conteo rápido)
I5	Sensor reflectivo (entrada de conteo rápido)
I6	Pulsador carro posicionador
SALIDAS	
Q1	Motor carro principal derecha
Q2	Motor carro principal izquierda
Q3	Motor carro posicionador
Q4	Motor bandas

Elaborado por: Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

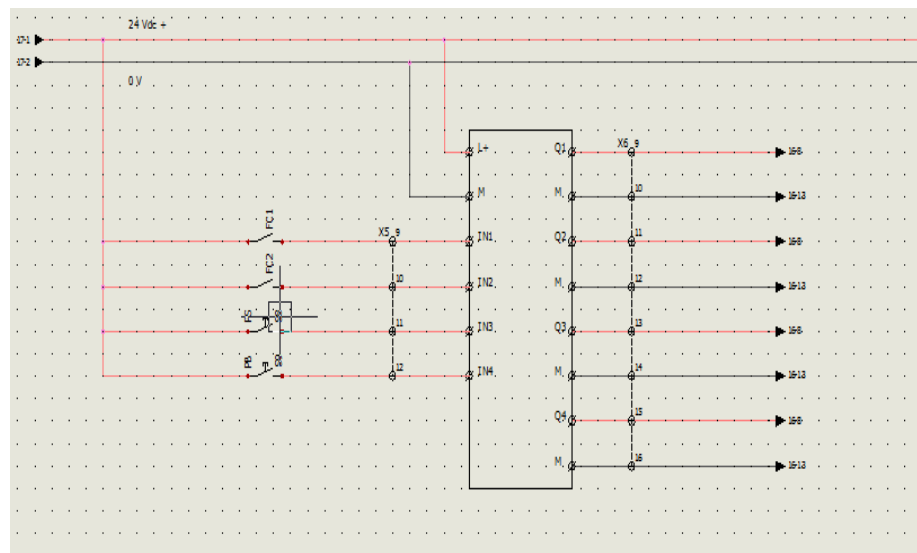


Figura 2. 11. Módulo de expansión I/O digitales LOGO! DM812/24R

Fuente: Investigación de campo

Tabla 2. 3. Entradas y Salidas Digitales Módulo de expansión I/O digitales LOGO! DM812/24R

ENTRADAS	
I1	Final de carrera 1
I2	Final de carrera 2
I3	Pistón paleta sube
I4	Pistón paleta baja
SALIDAS	
Q1	Pistón conteo
Q2:	Relé ON/OFF
Q3	Pistón paleta

Elaborado por: Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

b) Selección del panel de visualización

Es necesario contar con un panel de visualización puesto que de esta manera se mantiene una interacción entre el operario y la máquina para seleccionar parámetros al momento de que el proceso esté funcionando, como por ejemplo el número de botellas a empacar tanto filas como columnas y un menú de selección.

El panel de visualización debe ser compatible con el RELÉ INTELIGENTE utilizado por lo cual se seleccionó LOGO! TD DISPLAY, la cual es una herramienta fácil de operar y controlar.

El diagrama de conexión de la pantalla se muestra en la Figura 2.12.

En el ANEXO C-3 se muestra las características de la pantalla seleccionada.

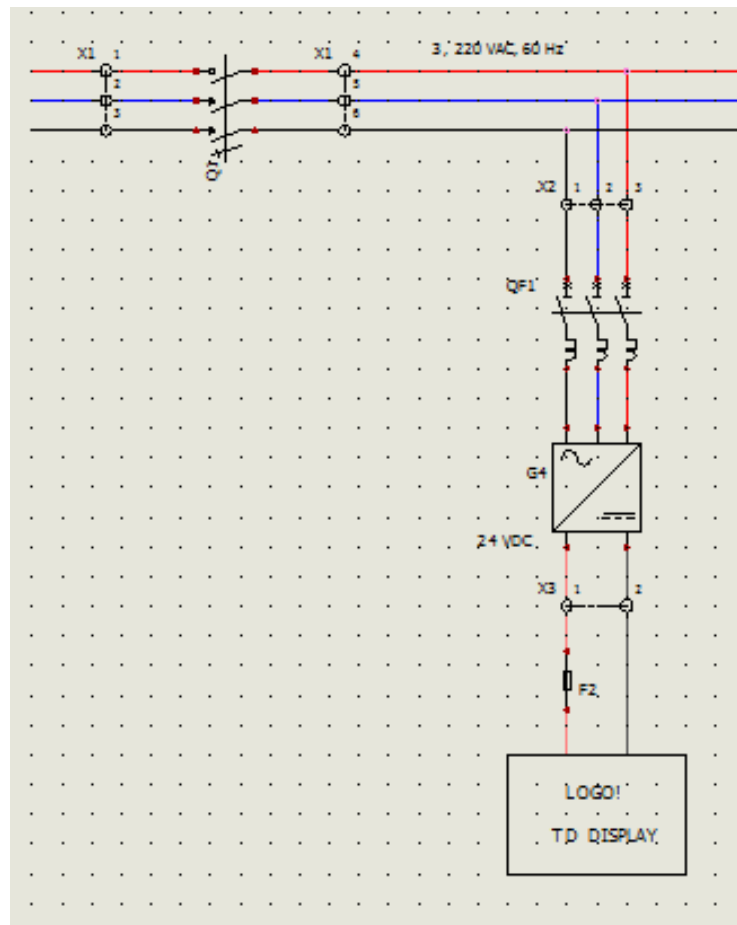


Figura 2. 12. Conexión Pantalla

Fuente: Investigación de campo

Tabla 2. 4. Designación de Conexión Pantalla

TAG	DENOMINACIÓN
Q1	Breaker trifásico principal
QF1	Fusible de protección trifásico
G4	Fuente de alimentación 220VAC/24VDC
F2	Fusible de protección secundario.

Elaborado por: Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

c) Selección de automatismos

Para el proceso de empacado se requiere un algoritmo de conteo rápido para lo cual el RELÉ INTELIGENTE cuenta con entradas que satisfacen esta necesidad, por lo que se seleccionan 2 relés de 24VDC como carga previa a los sensores utilizados para cumplir con su correcto funcionamiento.

2.3.2 Circuito de control

Para el diseño del sistema de control se utilizó el software SolidWorks Electrical lo cual facilitó

a) Control 24 VDC

El control de 24VDC se utiliza tanto en el mando manual como automático monitoreado desde el RELÉ INTELIGENTE, su esquema eléctrico se muestra en la Figura 2.13.

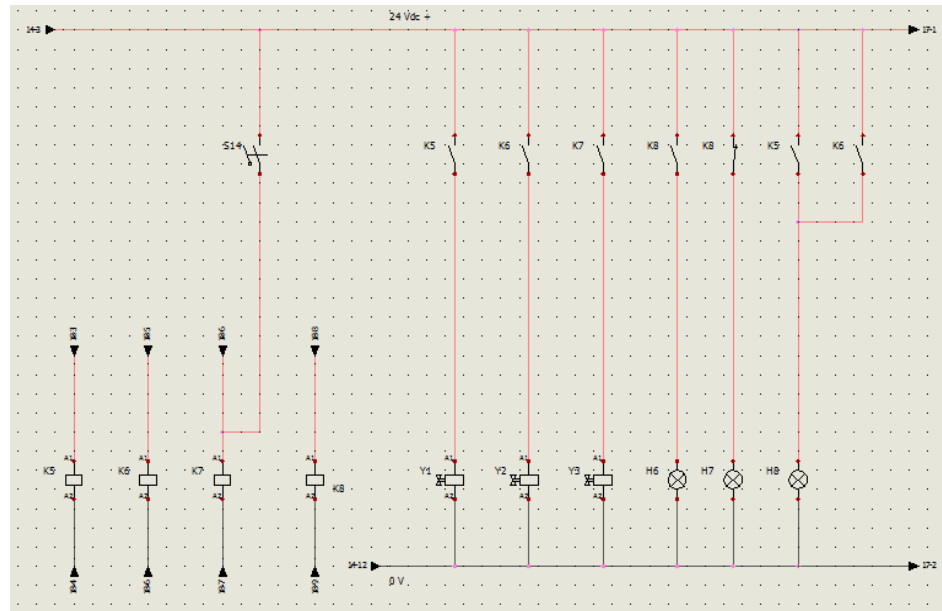


Figura 2. 13. Control 24VDC

Fuente: Investigación de campo

Tabla 2. 5. Designación de Control 24VDC

TAG	DENOMINACIÓN
K5	Relé pistón paleta sube
K6	Relé pistón paleta baja
K7	Relé pistón contador
K8	Relé ON/OFF
Y1	Electroválvula pistón paleta sube
Y2	Electroválvula pistón paleta baja
Y3	Electroválvula pistón contador
H6	ON
H7	STOP
H8	Pistón paleta

Elaborado por: Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

b) Carro principal

El circuito de control del sistema de empaclado del carro principal que transmite el movimiento de la cadena se muestra en la Figura 2.14.

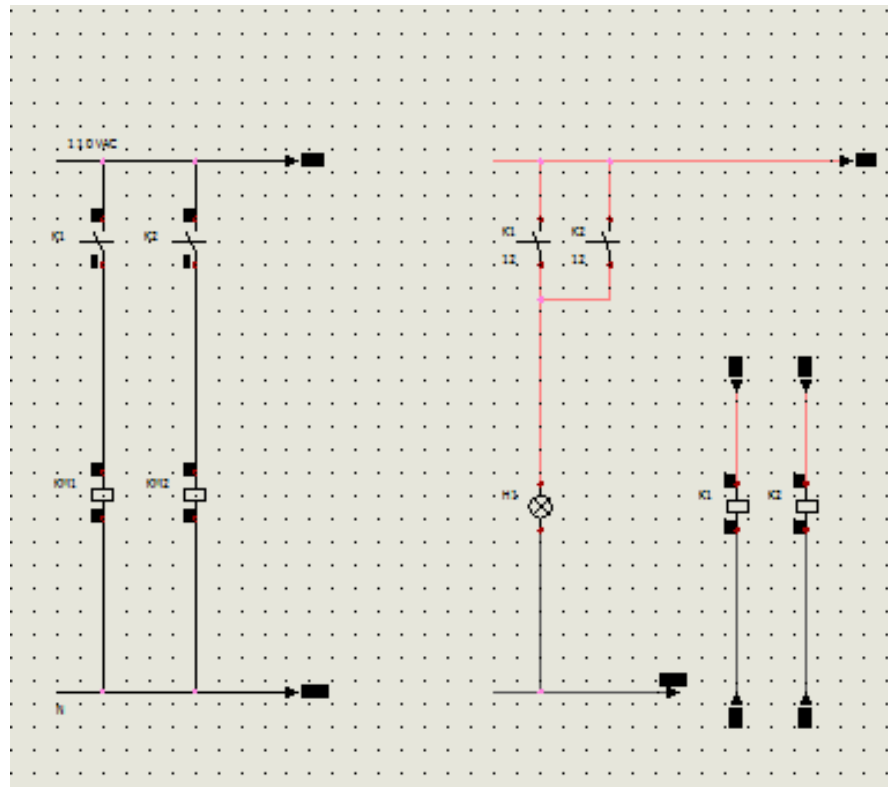


Figura 2. 14. Control motor carro principal

Fuente: Investigación de campo

Tabla 2. 6. Designación Control motor carro principal

TAG	DENOMINACIÓN
KM1	Contactador trifásico giro izquierda
KM2	Contactador trifásico giro derecha
H1	Luz piloto carro principal ON
K1	Relé mando giro izquierda
K2	Relé mando giro derecha

Elaborado por: Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

c) Carro posicionador

El circuito de control del sistema de posición de las botellas en la máquina empacadora se muestra en la Figura 2.15.

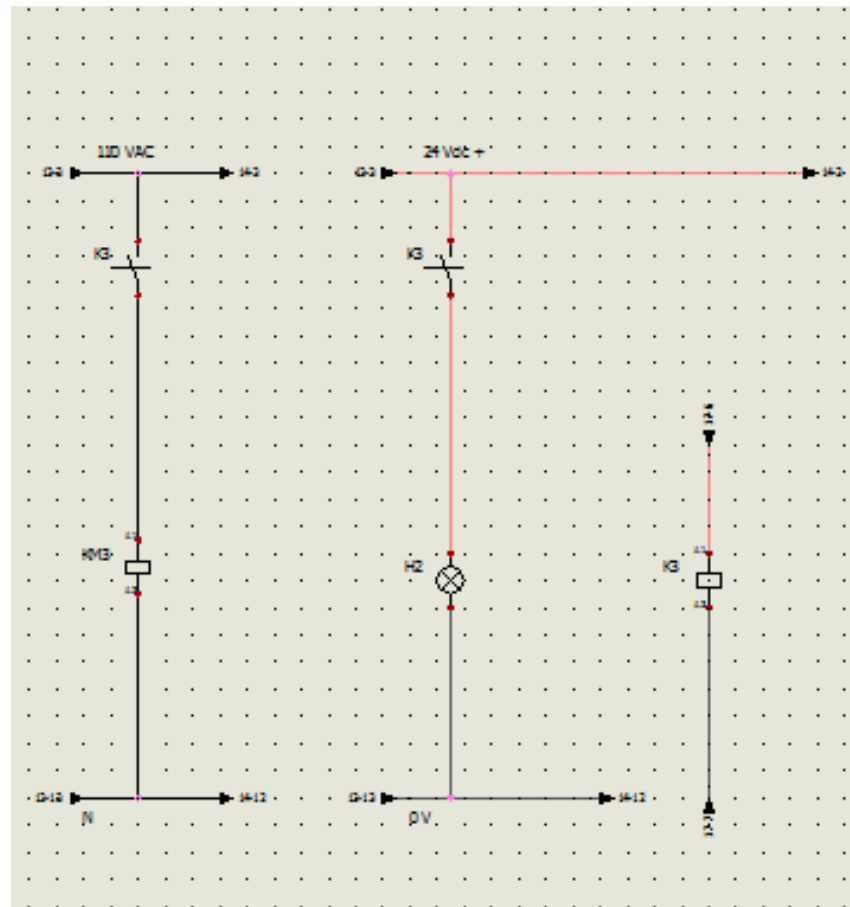


Figura 2. 15. Control motor carro posicionador

Fuente: Investigación de campo

Tabla 2. 7. Designación Control motor carro posicionador

TAG	DENOMINACIÓN
KM3	Contactador trifásico principal
K3	Relé mando
H2	Luz piloto carro posicionador ON

Elaborado por: Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

d) Bandas

Para el control de las bandas I circuito se muestra en la Figura 2.16.

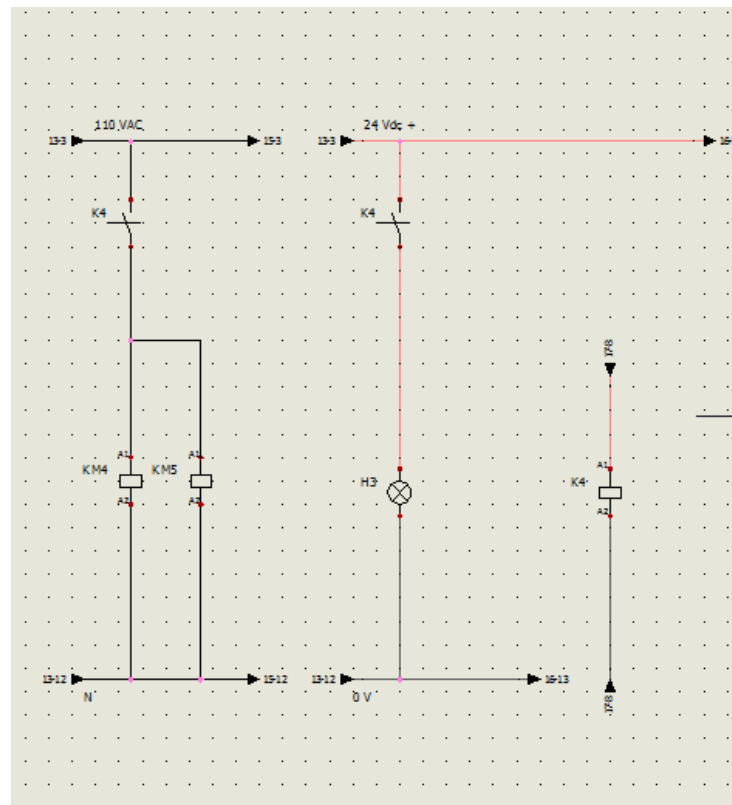


Figura 2. 16. Control motor bandas

Fuente: Investigación de campo

Tabla 2. 8.Designación Control motor bandas

TAG	DENOMINACIÓN
KM4	Contactador trifásico banda 1
KM5	Contactador trifásico banda 2
H3	Luz piloto bandas ON
K4	Relé mando

Elaborado por: Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

e) Cortador

Para el control de las bandas I circuito se muestra en la Figura 2.17.

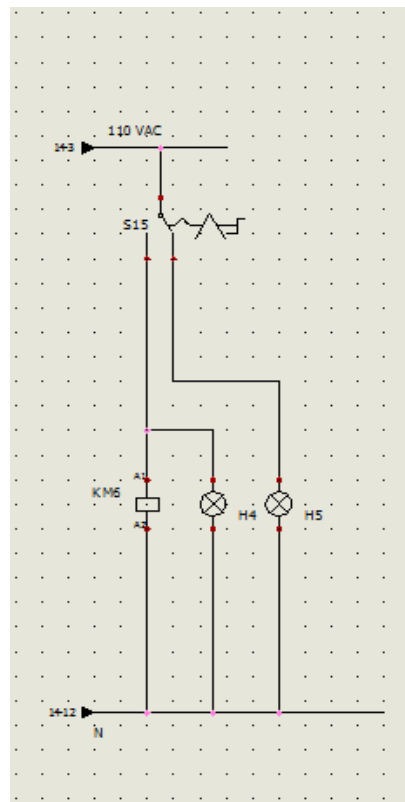


Figura 2. 17. Control motor cortador

Fuente: Investigación de campo

Tabla 2. 9. Designación Control motor cortador

TAG	DENOMINACIÓN
S15	Selector ON/OFF
KM6	Contactador trifásico principal
H4	Luz piloto ON
H5	Luz piloto OFF

Elaborado por: Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

En el ANEXO D se muestra las líneas de programación del proceso de empaclado con el RELÉ INTELIGENTE LOGO!.

2.3.3 Circuito de potencia

a) Carro principal

a.1 Inversión de giro

El motor tiene como función girar en sentido horario al momento de empujar las botellas y de girar en sentido anti horario al momento de retornar a su posición original, para realizar esta inversión de giro se utilizan dos relés trifásicos de 220VAC que activan a 2 contactores trifásicos de 220VAC, realizando el cambio de dos de las tres fases para que se produzca el cambio. El esquema del mismo de muestra en la Figura 2.18.

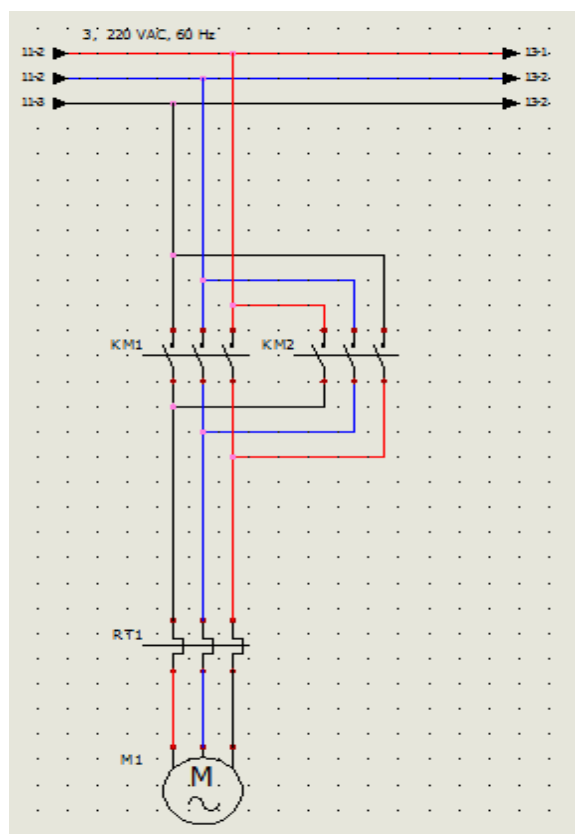


Figura 2. 18. Circuito de inversión de giro

Fuente: Investigación de campo

Tabla 2. 10. Designación Circuito de inversión de giro

TAG	DENOMINACIÓN
KM1	Contactador trifásico giro izquierda
KM2	Contactador trifásico giro derecha
RT1	Relé térmico
M1	Motor carro principal

Elaborado por: Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

a.2 Circuito de potencia

Los datos del motor del carro principal se muestran a continuación:

- Potencia del motor $P = 0.25 \text{ KW}$
- Corriente nominal $I = 1.19 \text{ A}$
- Voltaje nominal $V = 220 \text{ V}$
- Factor de potencia $fp = 0.81$

Con los datos del motor se selecciona los contactores y los relés térmicos que van a servir de protección al motor, estos datos se muestran en la Tabla 2.11

Tabla 2. 11. Datos de componentes

	Voltaje (V)	Intensidad (A)
Contactador	220V	9A
Relé térmico	220V	Rango de operación de 1.6 – 2.5 A

Elaborado por: Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

El esquema de potencia se muestra en la Figura 2.17.

b) Carro posicionador

Según los datos obtenidos del motor que se muestran a continuación se procede a seleccionar los elementos para el esquema de potencia, los cuales se muestran en la Tabla 2.12.

- Potencia del motor $P = 0.18 \text{ KW}$
- Corriente nominal $I = 0.87 \text{ A}$
- Voltaje nominal $V = 220 \text{ V}$
- Factor de potencia $fp = 0.78$

Tabla 2. 12. Componentes seleccionados

	Voltaje (V)	Intensidad (A)
Contactador	220V	9A
Relé térmico	220V	Rango de operación de 1 – 1.6 A

Elaborado por: Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

El esquema de potencia se muestra a continuación en la Figura 2.19.

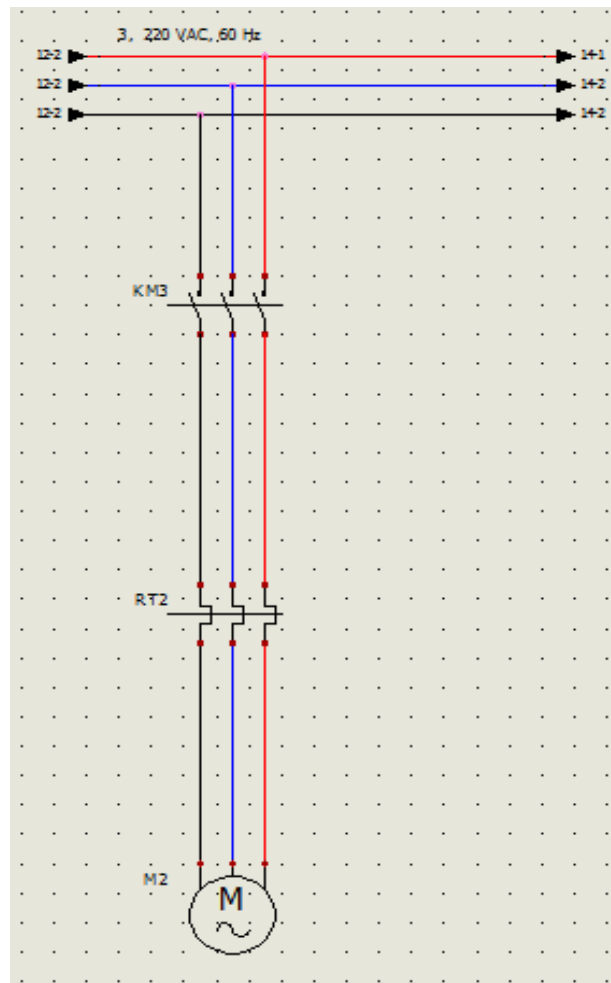


Figura 2. 19. Esquema de potencia de motor posicionador

Fuente: Investigación de campo

Tabla 2. 13. Designación esquema de potencia de motor posicionador

TAG	DENOMINACIÓN
KM3	Contactador trifásico principal
RT2	Relé térmico
M2	Motor carro posicionador

Elaborado por: Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

c) Bandas

Los datos del motor se muestran a continuación, y seguidamente se procede a seleccionar los elementos para el esquema de potencia, los cuales se muestran en la Tabla 2.14.

- Potencia del motor $P = 0.55 \text{ KW}$
- Corriente nominal $I = 2.9\text{A}$
- Voltaje nominal $V = 220\text{V}$
- Factor de potencia $fp = 0.79$

Tabla 2. 14. Selección de componentes

	Voltaje (V)	Intensidad (A)	Potencia (KW)
Relé térmico	220	Rango de operación de 2.5 – 4	_____
Variador de frecuencia	220	11	0.75

Elaborado por: Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

El esquema de potencia se muestra a continuación en la Figura 2.20.

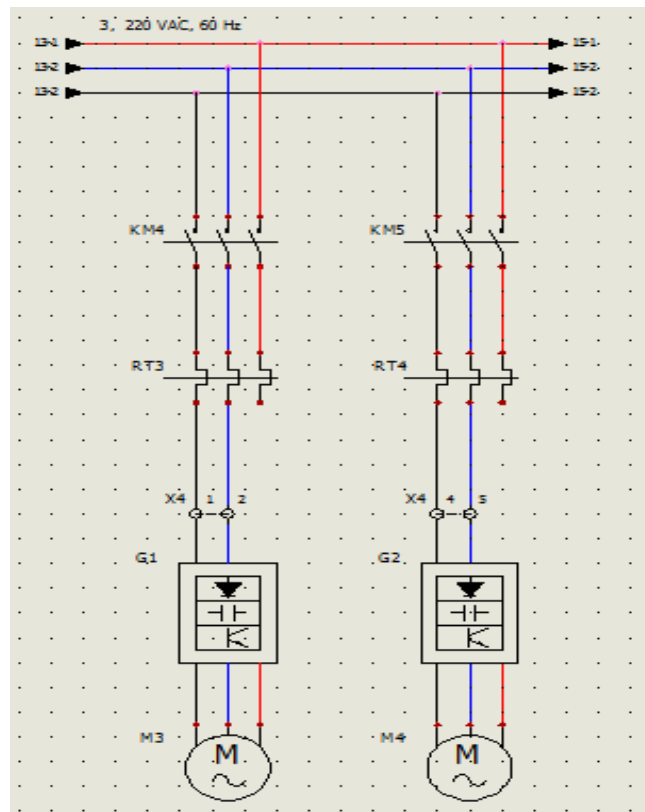


Figura 2. 20. Control potencia motores bandas

Fuente: Investigación de campo

Tabla 2. 15. Designación Control potencia motores bandas

TAG	DENOMINACIÓN
KM4	Contactador trifásico banda 1
KM5	Contactador trifásico banda 2
RT3	Relé térmico banda 1
RT4	Relé térmico banda 2
G1	Variador banda 1
G2	Variador banda 2
M3	Motor banda 1
M4	Motor banda 2

Elaborado por: Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

d) Cortador

Los datos del motor se muestran a continuación, y seguidamente se procede a seleccionar los elementos para el esquema de potencia, los cuales se muestran en la Tabla 2.16.

- Potencia del motor $P = 0.56 \text{ KW}$
- Corriente nominal $I = 2.7 \text{ A}$
- Voltaje nominal $V = 220 \text{ V}$
- Factor de potencia $fp = 0.77$

Tabla 2. 16. Selección de componentes

	Voltaje (V)	Intensidad (A)	Potencia (KW)
Relé térmico	220	Rango de operación de 2.5 – 4	_____
Variador de frecuencia	220	11	0.75

Elaborado por: Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

El esquema de potencia del cortador se muestra a continuación en la Figura 2.21.

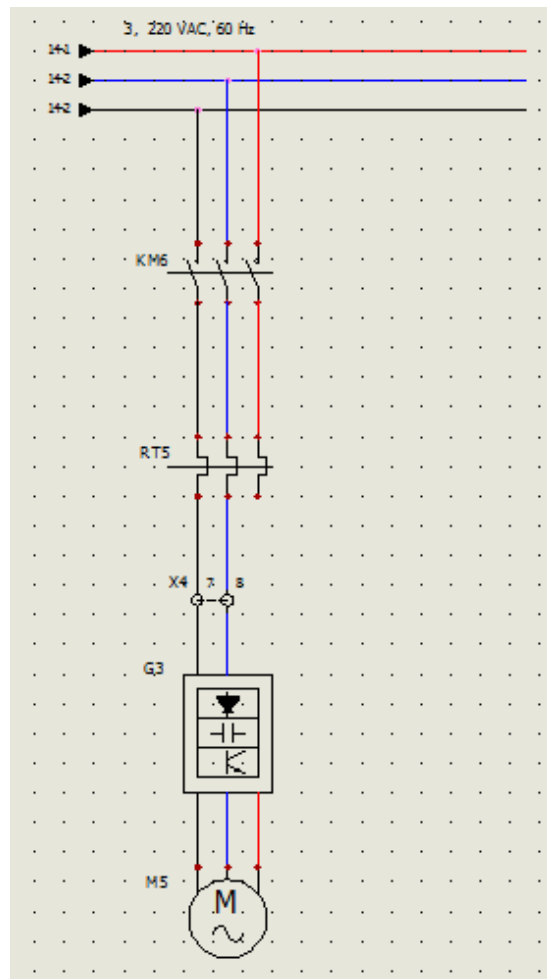


Figura 2. 21. Circuito potencia motor cortador

Fuente: Investigación de campo.

Tabla 2. 17. Designación Circuito potencia motor cortador

TAG	DENOMINACIÓN
KM6	Contacto trifásico principal
RT5	Relé térmico
G3	Variador
M5	Motor cortador

Elaborado por: Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

Para la creación de los planos eléctricos se utilizó el software Logo! SOFT CONFORT V1.5, como se muestran en el ANEXO E para una mejor comprensión.

2.5 DISEÑO NEUMÁTICO

2.5.1 Pistón contador

Para el diseño neumático se utiliza el software Festo Fluidsim, donde se realizará la simulación del funcionamiento del cilindro de conteo. La Figura 2.22 muestra el circuito neumático del mismo.

En el ANEXO F se muestran los símbolos estándar utilizados en las simulaciones.

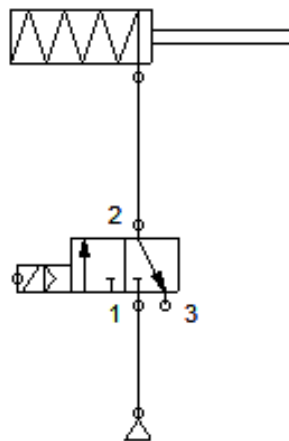


Figura 2. 22. Circuito neumático pistón contador

Fuente: Investigación de campo.

2.5.2 Pistón paleta

Para el diseño neumático se utiliza el software Festo Fluidsim, donde se realizará la simulación del funcionamiento del cilindro de la paleta. La Figura 2.23 muestra el circuito neumático del mismo.

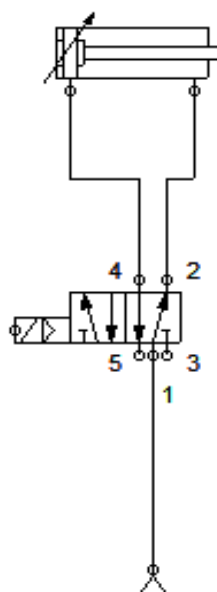


Figura 2. 23. Circuito neumático pistón paleta

Fuente: Investigación de campo.

2.6 DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO

Para explicar de mejor manera el sistema automático de empaquetado se realiza un flujograma que expresa de mejor manera el proceso, el cual se puede observar en la Figura 2.24.

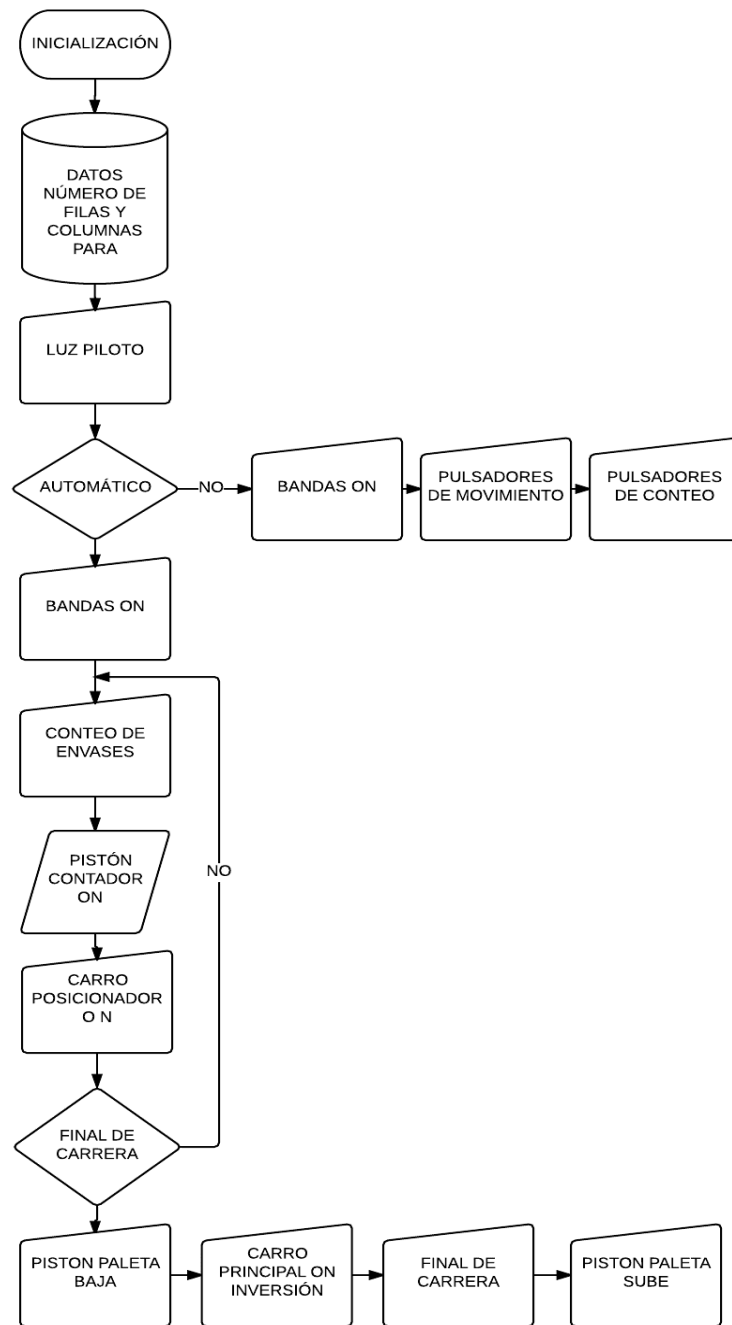


Figura 2. 24. Flujograma del proceso completo

Fuente: Investigación de campo.

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN

3.1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo al análisis realizado en el capítulo 2 y con los resultados obtenidos se procede a realizar la construcción de la empacadora y el cortador lineal basándose en el diseño antes realizado con la ayuda del software SolidWorks, tomando en cuenta que cada una de las medidas sean correctas para encajar correctamente los elementos que van a formar parte de las mismas.

3.2 CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA EMPACADORA

3.2.1 Estructura

Con el uso de tubos estructurales de forma cuadra 4x4x2 de un material ASTM A36 se comienza a construir la base de la estructura de la máquina empacadora, como se muestra en la Figura 3.1



Figura 3. 1. Base de estructura

Fuente: Investigación de campo

De acuerdo al diseño previo realizado se continúa con la construcción de la empacadora y soldar los perfiles para dar la forma requerida, Figura 3.2.



Figura 3. 2. Estructura

Fuente: Investigación de campo

Para finalizar se suelen los soportes de la máquina faltantes para el empacado sobre la estructura base, como se puede observar en la Figura 3.3.

El tipo de electrodo usado es el E6011, el cual se muestra con detalle en el ANEXO G – 1.



Figura 3. 3. Soldar bases faltantes

Fuente: Investigación de campo

La estructura final se muestra en la Figura 3.4.



Figura 3. 4. Estructura final

Fuente: Investigación de campo

Una vez terminada la estructura se procede a colocar las bases donde van a estar soportados los motores, como se muestra en la Figura 3.5.



Figura 3. 5. Soporte motores

Fuente: Investigación de campo

Para construir la base de soporte del motor se utiliza la fresadora, primeramente sujetando el material como se muestra en la Figura 3.6



Figura 3. 6. Sujeción del material

Fuente: Investigación de campo

Se realiza el trabajo para la sujeción mostrada en la Figura 3.7



Figura 3. 7. Ranuras y taladros realizados

Fuente: Investigación de campo

Seguidamente se procede a colocar la platina de base para el motor, Figura 3.8



Figura 3. 8. Base de motor

Fuente: Investigación de campo

3.2.2 Estructura carro principal

Una vez terminada la estructura base se procede a construir y soldar el carro principal de empaquetado, como se muestra en la Figura 3.9.



Figura 3. 9. Carro principal de empaquetado

Fuente: Investigación de campo

Seguidamente se sueldan los soportes para el carro principal en la estructura base, mostrada en la Figura 3.10.



Figura 3. 10. Soldar soporte de carro principal

Fuente: Investigación de campo

Con la ayuda del torno se procede a realizar 2 guías para los ejes guías del cilindro indicada en la Figura 3.11



Figura 3. 11. Torneado de guías de ejes.

Fuente: Investigación de campo

Se realiza el perforado por todo el eje para crear las guías, Figura 3.12



Figura 3. 12. Perforado de guías

Fuente: Investigación de campo

Las 2 guías terminadas se muestran en la Figura 3.13



Figura 3. 13. Guías terminadas

Fuente: Investigación de campo

Seguidamente se construye los 4 bocines de bronce con la ayuda del torno, los cuales tienen como función deslizar sin causar desgaste a los ejes guías del pistón, indicado en la Figura 3.14



Figura 3. 14. Torneado eje de bronce

Fuente: Investigación de campo

3.2.3 Estructura carro posicionador

Para empuje del conteo de botellas se realiza la placa, con el uso de la fresadora para realizar los taladros necesarios, indicado en la Figura 3.15.



Figura 3. 15. Placa de empuje

Fuente: Investigación de campo

Se realiza la construcción de los soportes para las chumaceras de los ejes del carro posicionador, mostrado en la Figura 3.16.



Figura 3. 16. Soporte chumaceras

Fuente: Investigación de campo

Se cortan los ejes guías para el carro posicionador mostrado en la Figura 3.17.



Figura 3. 17. Ejes guías

Fuente: Investigación de campo

3.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA EMPACADORA

3.3.1 Carro principal

Con el motor del carro principal se coloca el acople de embrague, Figura 3.18

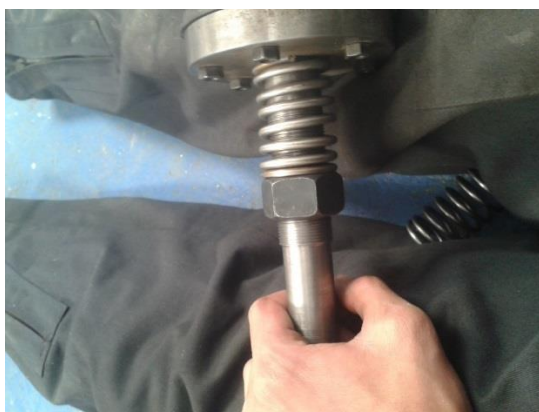


Figura 3. 18. Acople embrague

Fuente: Investigación de campo

Se coloca el motor en la base al igual que las chumaceras, para encajar el eje y el acople de embrague, como se indica en la Figura 3.19.

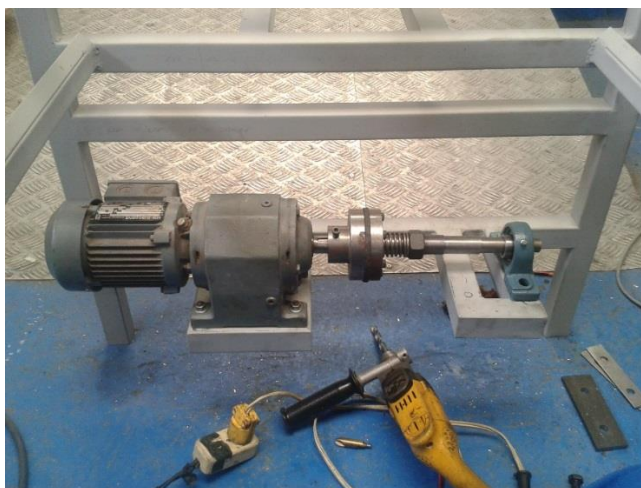


Figura 3. 19. Colocación de motor y chumaceras

Fuente: Investigación de campo

Una vez realizados los cálculos de la cadena se procede a colocarla en el motor del carro principal y en los engranes correspondientes, mostrado en la Figura 3.20.



Figura 3. 20. Colocación de cadena

Fuente: Investigación de campo

Se coloca en las guías los bocines con ayuda de una prensa para introducirlos a presión y se quedan fijos, indicado en la Figura 3.21.



Figura 3. 21. Introducción de bocín

Fuente: Investigación de campo

El bocín en la guía debe quedar como se muestra en la Figura 3.22.



Figura 3. 22. Guía con bocín

Fuente: Investigación de campo

Una vez el bocín dentro de la guía se procede a perforarlo a la medida de los ejes con la ayuda del torno, como en la Figura 3. 23.



Figura 3. 23. Guías terminadas.

Fuente: Investigación de campo

Se colocan los ejes en las guías como de muestran en la Figura 3.24



Figura 3. 24. Ejes en guías

Fuente: Investigación de campo

Una vez culminada la etapa de transmisión se procede a colocar el cilindro de la paleta en conjunto con los bocines en el carro de empuje, como se muestra en la Figura 3.25



Figura 3. 25. Pistón con guías

Fuente: Investigación de campo

Seguidamente se coloca la paleta en el extremo del pistón y las guías como se indica en la Figura 3.26.

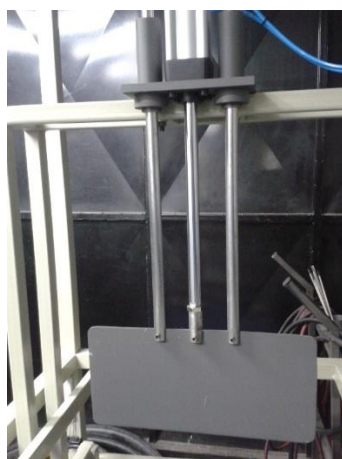


Figura 3. 26. Paleta colocada

Fuente: Investigación de campo

3.3.2 Carro posicionador

El motor a ser utilizado es un Servo motor el cual se disponía en la empresa auspiciante, el cual se muestra en la Figura 2.27.



Figura 3. 27. Servomotor carro posicionador.

Fuente: Investigación de campo

Se coloca el motor en conjunto con la placa de empuje y las guías como se muestra en la Figura 3.28.

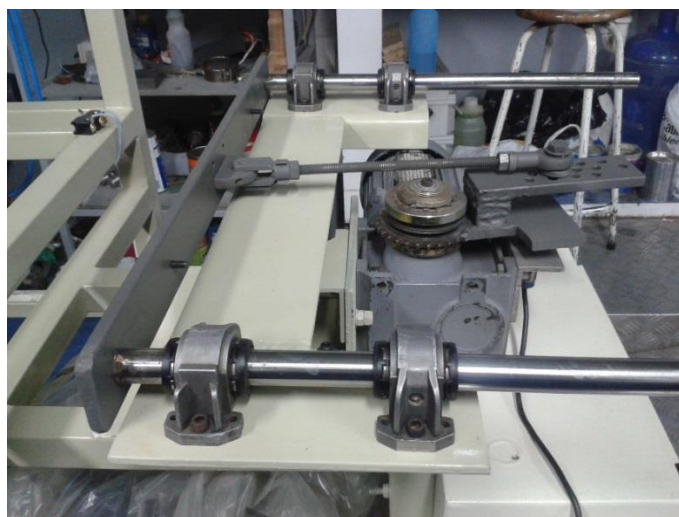


Figura 3. 28. Motor y placa de empuje.

Fuente: Investigación de campo

3.4 CONSTRUCCIÓN DEL CORTADOR LINEAL

3.4.1 Base elevador

Se utiliza en acero ASTM A36 para la construcción de la base del elevador y se cortan en partes para el soporte, como se muestra en la Figura 3.29.



Figura 3. 29. Soporte

Fuente: Investigación de campo

Se sueldan los ejes que van sobre la placa del cortador de la cuchilla, Figura 3.30.



Figura 3. 30. Ejes cortador

Fuente: Investigación de campo

Colocar la banda de transmisión en el eje del cortador como se muestra en la Figura 3.31.



Figura 3. 31. Banda de transmisión.

Fuente: Investigación de campo

Se construye las guías de regulación del cortador como se muestra en la Figura 3.32.



Figura 3. 32. Guías de regulación

Fuente: Investigación de campo

Se coloca la placa base de las guías, Figura 3.33.



Figura 3. 33. Base de guías.

Fuente: Investigación de campo

Se coloca las guías de regulación de la cuchilla como se indica en la Figura 3.34.



Figura 3. 34. Colocación de regulación

Fuente: Investigación de campo

Se implementa el motor del cortador en la estructura como se muestra en la figura 3.35.

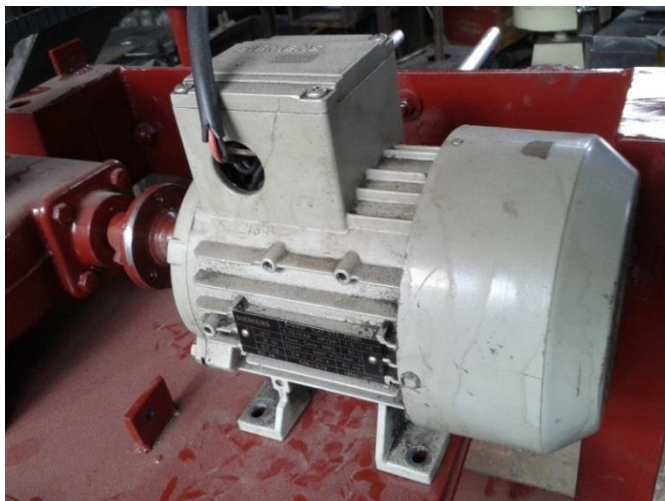


Figura 3. 35. Montaje de motor

Fuente: Investigación de campo

La estructura del cortador final se muestra en la Figura 3.36.



Figura 3. 36. Cortador final

Fuente: Investigación de campo

3.5 IMPLEMENTACIÓN DE LAS BANDAS

3.5.1 Base

Se coloca la banda y su soporte en la máquina de producción de envases plásticos como se muestra en la Figura 3.37



Figura 3. 37. Banda en máquina sopladora.

Fuente: Investigación de campo

Se construye la placa para la base de las bandas como se muestra en la Figura 3.38.

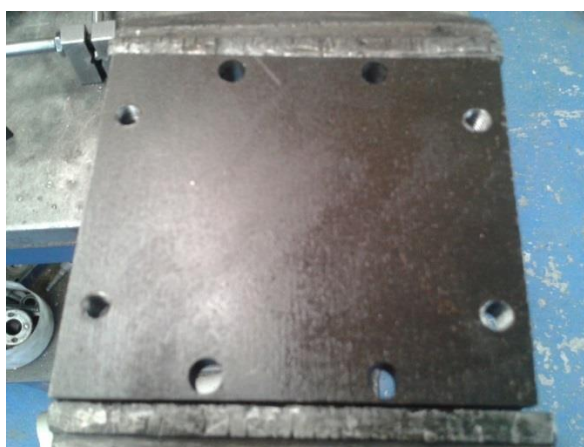


Figura 3. 38. Placa soporte banda.

Fuente: Investigación de campo

Se coloca el perfil de aluminio del soporte de las bandas en la placa, como se indica en la Figura 3.39



Figura 3. 39. Placa más perfil

Fuente: Investigación de campo

Se arma la base de toda la banda como se muestra en la Figura 3.40.



Figura 3. 40. Base bandas

Fuente: Investigación de campo

Se coloca el acople para giro en las bandas, Figura 3.41.

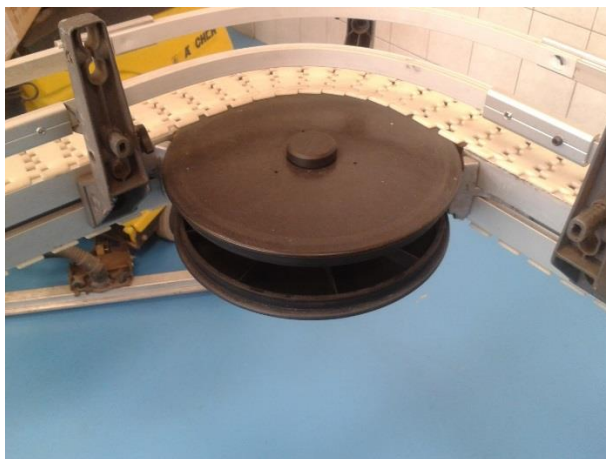


Figura 3. 41. Acople para giro

Fuente: Investigación de campo

Se arma la regleta principal alrededor de toda la base de las bandas, como se muestra en la Figura 3.42.



Figura 3. 42. Regleta principal

Fuente: Investigación de campo

Se coloca el sensor reflectivo en las bandas como se muestra la Figura 3.43, el cual es de conteo rápido para las botellas plásticas.



Figura 3. 43. Sensor reflectivo

Fuente: Investigación de campo

3.5.2 Acoplamiento de motor

Con la ayuda del torno se reduce el diámetro del piñón para que encaje en las bandas, como se muestra en la Figura 3.44.



Figura 3. 44. Reducción de diámetro

Fuente: Investigación de campo

Se coloca el piñón en la base de retorno de la banda, Figura 3.45.



Figura 3. 45. Piñón montado

Fuente: Investigación de campo

El piñón armado en el retorno de la banda se muestra en la Figura 3.46.



Figura 3. 46. Retorno de banda

Fuente: Investigación de campo

Se implementa el motor de las bandas, como se muestra en la Figura 3.47.



Figura 3. 47. Motor montado.

Fuente: Investigación de campo

3.6 CONTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL TABLERO DE POTENCIA

Una vez adquirido el gabinete se procede a construir el tablero de potencia como se muestra en la Figura 3.48.

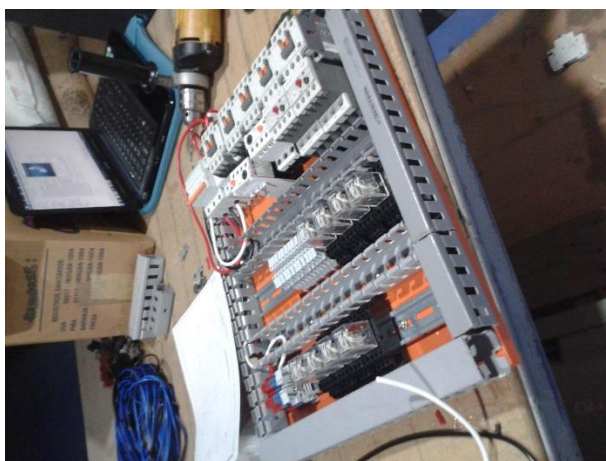


Figura 3. 48. Circuito potencia

Fuente: Investigación de campo

El tablero de potencia final se muestra en la Figura 3.49.

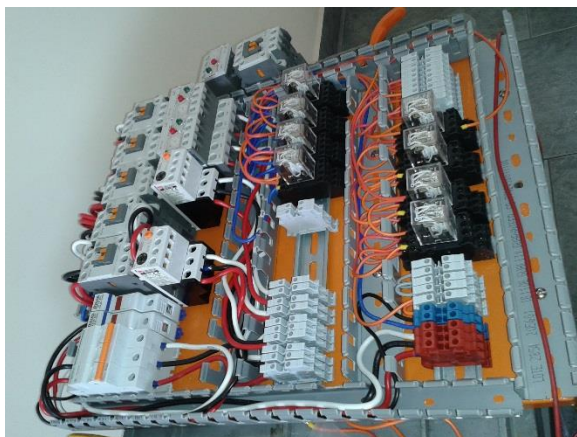


Figura 3. 49. Tablero de potencia final

Fuente: Investigación de campo

A continuación de monta el tablero en la parte frontal inferior de la estructura de la máquina empacadora como se indica en la Figura 3.50.

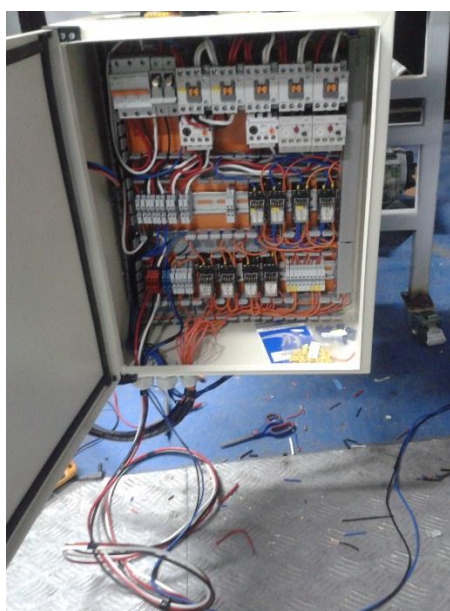


Figura 3. 50. Montaje de tablero de potencia

Fuente: Investigación de campo

Como punto final se coloca la fuente de alimentación requerida para los componentes, Figura 3.51.

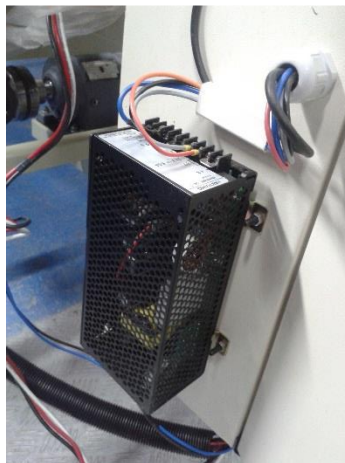


Figura 3. 51. Montaje fuente de alimentación

Fuente: Investigación de campo

3.7 CONTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL TABLERO DE CONTROL

Con la adquisición del gabinete se empieza a perforar para la pantalla como se muestra en la Figura 3.52.



Figura 3. 52. Gabinete de tablero de control

Fuente: Investigación de campo

Se realizan las perforaciones necesarias para cada uno de los elementos eléctricos, como se indica en la Figura 3.53.

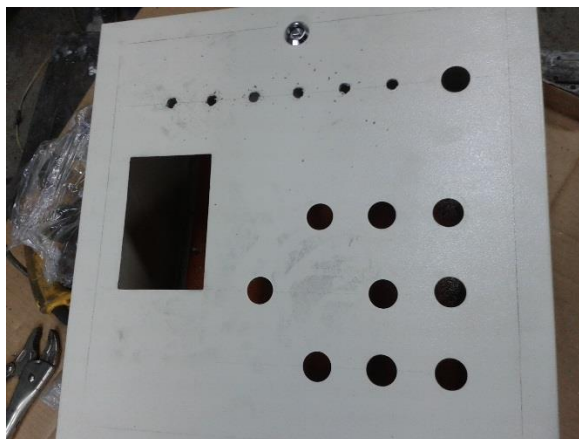


Figura 3. 53. Perforación de gabinete del tablero

Fuente: Investigación de campo

Se colocan los elementos electrónicos en la parte delantera del gabinete del tablero de control como muestra la Figura 3.54.



Figura 3. 54. Elementos colocados

Fuente: Investigación de campo

Se divide el tablero para colocar correctamente la riel y canaletas como se indica en la Figura 3.55.



Figura 3. 55. División de tablero.

Fuente: Investigación de campo

Seguidamente se procede a conectar los componentes de la parte delantera del gabinete, indicada en la Figura 3.56.



Figura 3. 56. Conexiones

Fuente: Investigación de campo

Se procede a realizar las conexiones del tablero de control como se indica en la Figura 3.57.



Figura 3. 57. Conexiones.

Fuente: Investigación de campo

El tablero terminado es el que se indica en la Figura 3.58.



Figura 3. 58. Tablero final.

Fuente: Investigación de campo

Como punto final se procede a montarlo en la máquina empacadora como se muestra en la Figura 3.59.



Figura 3. 59. Montaje tablero

Fuente: Investigación de campo

3.8 FLUJOGRAMAS DE CONSTRUCCIÓN

La construcción de la etapa de corte lineal, transporte y empaquetado de envases plásticos se realizó en el taller de mantenimiento y matricería de la empresa NS Industrias de la ciudad de Latacunga. En la tabla 3.1 se indican máquinas y equipos utilizados para la construcción del proyecto.

Tabla 3. 1 Máquinas y equipos

DESIGNACIÓN	MÁQUINA / EQUIPO	CARACTERÍSTICAS
M1	Sierra BELFLEX 2DS150	220 VAC / 2 HP
M2	Torno PINACHO L-1/200	220 VAC / 3 HP
M3	Fresadora MILKO 20	220 VAC / 2 HP X860 Y280 Z400
M4	Taladro ERLO TCA 60	220 VAC / 2 HP
M5	Soldadora NOVASTICK 161	220 VAC / 200 A
M6	Amoladora DEWALT D28490	110 VAC / 230 mm

Elaborado por: Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

3.8.1 Operaciones de construcción

Las operaciones de construcción son las actividades realizadas previo a la obtención de la máquina principal que forma parte de la etapa de corte lineal, transporte y empaquetado de envases plásticos. A continuación en la tabla 3.2 se indican operaciones de construcción realizadas.

Tabla 3. 2 Operaciones de construcción

N° DE OPERACIÓN	OPERACIÓN
1	Medición y trazado
2	Corte del material
3	Soldadura
4	Nivelado
5	Grateado
6	Montaje

Elaborado por: Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

3.8.2 Flujograma sinóptico de la construcción

En la Figura 3.60 se presenta la nomenclatura utilizada para la realización del flujograma sinóptico de la construcción. Las operaciones no tienen un orden establecido, se ejecutan de acuerdo a la necesidad de la construcción, el tiempo empleado en minutos, se muestra a la izquierda de la cada operación.

Símbolo	Significado
○	Operación de construcción
△	Inspección
⇒	Traslado o transporte
□	Almacenamiento
⊔	Espera

Figura 3. 60. Nomenclatura de construcción

Fuente: Investigación de campo

a) Desarrollo estructura - empacadora

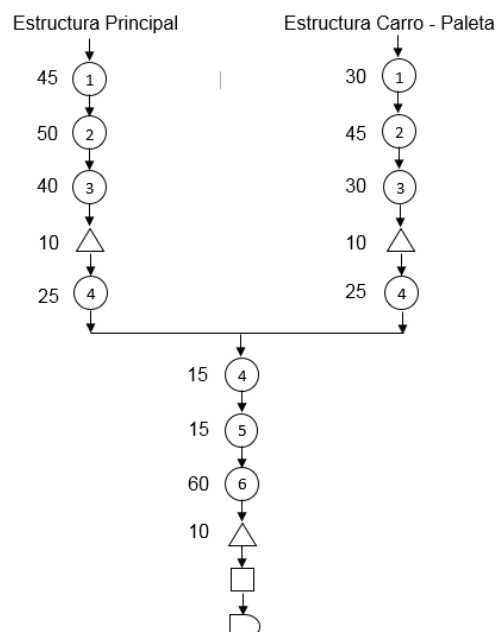


Figura 3. 61. Desarrollo estructura-empacadora

Fuente: Investigación de campo

b) Desarrollo Estructura - Cortadora

Estructura - Cortadora

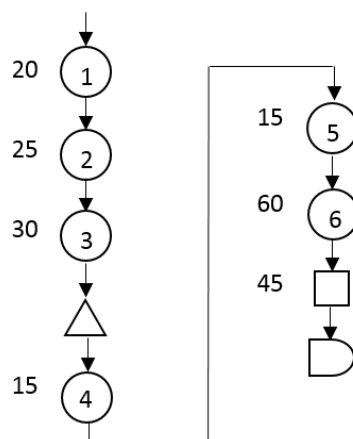


Figura 3. 62. Desarrollo estructura-cortadora

Fuente: Investigación de campo

c) Desarrollo Implementación de Bandas Transportadoras

Implementación de Bandas

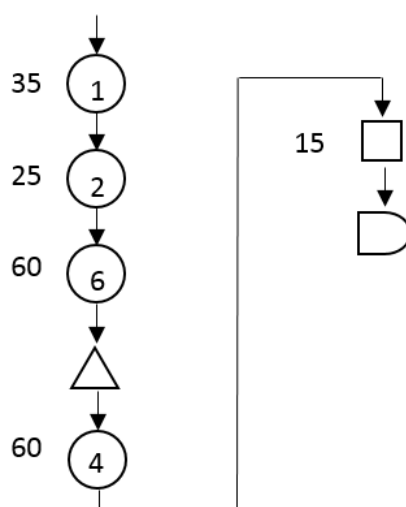


Figura 3. 63. Desarrollo implementación de bandas transportadoras

Fuente: Investigación de campo

3.8.3 Flujograma de montaje

Las operaciones de montaje y la implementación de las etapas de corte lineal, transporte y empaquetado de envases plásticos se describen en la tabla 3.3.

Tabla 3. 3. Operaciones de montaje

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
m1	Montaje de Pistón Paleta
m2	Montaje de Motores
m3	Montaje de Carro Posicionador
m4	Montaje de Control Neumático
m5	Montaje de Tablero de Potencia
m6	Montaje de Tablero de control

Elaborado por: Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

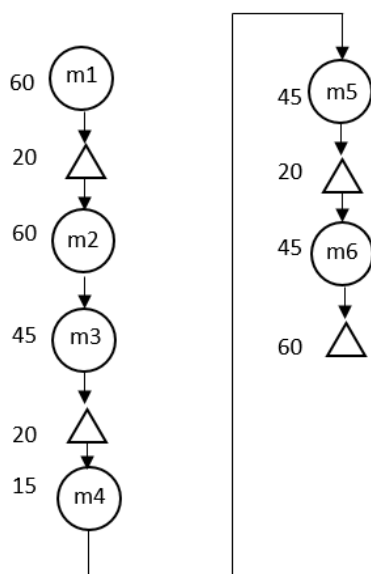


Figura 3. 64. Flujograma de montaje

Fuente: Investigación de campo

CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

La máquina empacadora está ubicada en un lugar estratégico para ganar espacio y facilitar el proceso de empaqueo de las botellas plásticas, teniendo las longitudes correctas sin desperdiciar material y asegurando resistencia con las cargas que debe soportar, a más de esto se cerciora un correcto funcionamiento de la misma puesto que es versátil en cuanto al número de botellas que van a ser empaçadas.

Los elementos como motores, variador de frecuencia, relés de potencia y el relé inteligente de la máquina, funcionan a 220 VAC. Los elementos electrónicos como sensores, relés de control y electroválvulas funcionan a 24VDC.

4.2 PRUEBAS

4.2.1 Protocolo de pruebas

El proceso a seguir para realizar las pruebas es el siguiente:

- Verificar la alimentación de energía en la máquina.
- Verificar al funcionamiento correcto de cada parte de la máquina mediante el mando manual desde el tablero de control.
- Verificar el funcionamiento correcto de la banda transportadora.
- Tener preparadas fundas para el empaqueo.

4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para analizar el empacado se realizó pruebas del proceso y se obtuvieron datos que se muestran en la Tabla 4.1

Tabla 4. 1. Pruebas realizadas

# Pruebas	Tiempo (min)
1	3.13
2	3.10
3	3.15
4	3.11

Elaborado por: Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

El tiempo promedio es de 3.12 minutos.

A continuación se muestra una gráfica de acuerdo a la variación de los tiempos en cuanto a las pruebas realizadas, se puede observar en la Figura 4.1.

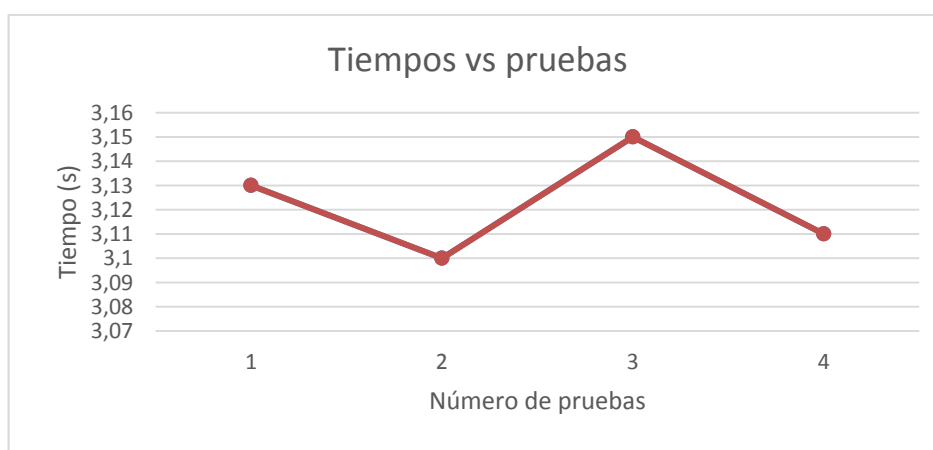


Figura 4. 1. Análisis de tiempos

Fuente: Investigación de campo

El tiempo que se demora en colocar la funda en el molde depende de la habilidad del operario, el tiempo considerado es de 35 segundos.

El tiempo de empuje es de 30 segundos, este tiempo es fijo.

Para calcular el tiempo total se lo realizar utilizando la Ecuación 4.1.

$$T_T = T_{prom} + T_c + T_e \quad (4.1)$$

Dónde:

$T_T =$ tiempo total

$T_{prom} =$ tiempo promedio

$T_c =$ tiempo de colocación

$T_e =$ tiempo de empuje

$$T_T = 3.12 \text{ min} + 35 \text{ seg} + 30 \text{ seg}$$

$$T_T = 4.17 \text{ min}$$

El tiempo total requerido es de 4.17 minutos para que se realice el empaclado correctamente, pero puede variar de acuerdo al tiempo que emplee el operario en colocar la funda en el molde

4.4 ANÁLISIS ECONÓMICO

A continuación se realiza un análisis detallado de los gastos en la ejecución del proyecto tanto con los componentes eléctricos, electrónicos y neumáticos.

Los componentes mecánicos fueron utilizados de la materia prima que posee la bodega de la empresa auspiciante, por lo que no existieron gastos adicionales en la construcción de la máquina.

Tabla 4. 2. Gastos del proyecto

Cantidad	Detalle	V. Unitario	V. Total
COMPONENTES ELÉCTRICOS/ELECTRÓNICOS			
1	RELÉ INTELIGENTE LOGO! 12/24RC	150	150
1	Módulo I/O LOGO! DM8 12/24RC	100	100
1	Display LOGO! TD	195	195
1	Fuente 220VAC/24VDC	143	143
8	Pulsador CAMSCO	1,74	13,92
2	Selector 3 posiciones CAMSCO	2,63	5,26
1	Selector 2 posiciones CAMSCO	2,05	2,05
6	Luz piloto 16mm 24VDC	1,61	9,66
2	Luz piloto 16mm 110VDC	1,53	3,06
1	Interruptor CAMSCO 3P	24,72	24,72
5	Relé térmico	32	160
10	Mini Relay CAMSCO 24DC	3,58	35,8
10	Base CAMSCO	2,6	26
2	Micro Switch MJ2	6,17	12,34
1	Sensor RETROALC	86,5	86,5
1	Sensor Inductivo 30VDC	40	40
3	Variador ACS 150 1HP	269	807
40	Borneras 2.5 mm	1,14	45,6
50	Cable flexible 18	0,23	11,5
50	Cable flexible 16	0,32	16
50	Cable flexible 12	0,74	37
5	Terminal puntero CAMSCO	1,94	9,7
1	Terminal puntero CAMSCO	2,76	2,76
1	Gabinete Eléctrico 60x40	60	60

1	Gabinete Eléctrico 40x30	40	40
1	Gabinete Eléctrico 20x30	20	20
1	Libretín DEXON	12,72	12,72
6	Contactador LG9	14,37	86,22
1	Riel DIN	12	12
1	Canaleta DEXON	6,6	6,6
COMPONENTES NEUMÁTICOS			
1	Pistón CHELIC Ø50.63mm	100	100
1	Pistón CHELIC Ø15 mm	30	30
1	Electroválvula 1/4 5-2 NC 24VDC	53,1	53,1
1	Electroválvula 1/8 3-2 NC 24VDC	21,57	21,57
VALOR TOTAL		2379,08	

Elaborado por: Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

La Tabla 4.2 muestra el presupuesto gastado en la construcción e implementación del sistema de empacado y corte automático, estos costos fueron financiados por la empresa auspiciante NS Industrias de ciudad de Latacunga.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se diseñó un sistema automático de corte lineal para envases plásticos.
- Se implementó una banda transportadora como enlace entre las etapas de corte y empaquetado.
- Se implementó el sistema mecánico y neumático de la etapa de empaquetado.
- Se desarrolló el algoritmo de control que integra las etapas de corte, transporte y empaquetado.
- Se logró integrar una interface gráfica HMI para el monitoreo del proceso de producción de envases plásticos.
- Los cálculos realizados fueron semejantes a las simulaciones realizadas con la ayuda de diferentes softwares.
- Es importante diseñar correctamente los elementos mecánicos que van a ser parte del proceso puesto que de estos dependen el correcto funcionamiento de la máquina.
- El uso de un relé inteligente de tecnología actual en el control eléctrico de la máquina ha producido gran satisfacción ya que su manejo y programación resulta sencilla, además permitió incrementar más funciones en la máquina.

- Es de suma importancia calibrar los sensores a usar para evitar colusiones de las botellas o fallos inesperados en la empacadora.
- Las pruebas de funcionamiento fueron determinantes para analizar el tiempo de empaclado correcto con respecto al tiempo que se lo realizaba a mano, reduciendo considerablemente el tiempo empleado antes de implementar la máquina empacadora de botellas.

5.2 RECOMENDACIONES

- Capacitar a los operarios antes de manipular la máquina para evitar daños.
- Seleccionar correctamente las protecciones de los motores para que puedan actuar al momento de presentarse un percance y evitar daños a las personas y a los equipos.
- Verificar la correcta conexión de fuente de alimentación antes de encender la máquina.
- Verificar que no existan objetos sobre la mesa de trabajo de la empacadora para evitar accidentes y daños en los componentes de la misma.
- Trabajar con sumo cuidado con los sensores capacitivos, puesto que son importantes en el empaclado correcto.
- Para evitar daños en la estructura se recomienda no sobrecargar la capacidad de los motores.

- Calibrar todas las regulaciones del cortador de rebabas para el correcto funcionamiento del mismo y evitar daños o deformaciones en los envases plásticos.
- Se recomienda sujetar adecuadamente la base de la estructura sobre una superficie plana y horizontal.
- Revisar los elementos eléctricos, neumáticos y electrónicos constantemente para evitar complicaciones en el funcionamiento de la máquina.

5.3 BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, J. (2008). Actuadores eléctricos y mecánicos. Actuadores eléctricos y mecánicos. Instituto Universitario Politécnico "Santiago Mariño", Jalisco, Puerto Vallarta, Venezuela.
- ArthurGill, K. a. (2007). Computer Numerical Control Simplified. Illustrated.
- Askeland, D. R. (s.f.). Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Thomson.
- Flores, H. &. (2011). Tecnología de los materiales en la construcción. El Acero. Universidad Católica "Santo Toribio de Mogrovejo", Chiclayo.
- Gordón, N. (2013). Diseño e implementación de torno fresador de control numérico computarizado para el laboratorio CNC de la ESPE extensión Latacunga. Escuela politécnica del Ejército, Latacunga.
- KRAR. (2008). Tecnología de las Máquinas Herramienta. Alfaomega.

- Mott, R. L. (2006). Diseño de elementos de máquinas. México: PEARSON Educación.
- Rocha, J. &. (2011). Ingeniería de Control. Introducción a los Sistemas de Control. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey.

5.4 NETGRAFÍA

- Fundación Wikimedia, Inc. (15 de octubre de 2011). wikipedia. Recuperado el 12 de noviembre de 2013, de <http://es.wikipedia.org/wiki/RS-232>
- @NestorL. (14 de noviembre de 2012). civilgeeks. Recuperado el 13 de noviembre de 2013, de <http://civilgeeks.com/2012/11/14/horometro-dispositivo-digital-en-maquinarias-pesadas/>
- AMSLER. (2012). Empty Bottle Inspection & Spin Dome Trimming. Obtenido de <http://amsler.vestrahost.com/products/ancillary-equipment/spin-trimmer.html>
- Artsoft, C. (01 de 01 de 2006). Newfangled Solutions. Recuperado el 03 de 12 de 2012, de Newfangled Solutions: <http://www.machsupport.com/software/mach3/>
- Bolaños, D. (04 de 03 de 2013). Apuntes de Electrónica - Informática - Tecnología. Recuperado el 01 de 05 de 2013, de Apuntes de Electrónica - Informática - Tecnología: <http://www.bolanosdj.com.ar/index2.htm>
- caterpillar. (25 de mayo de 1930). caterpillar. Recuperado el 9 de noviembre de 2013, de <http://www.caterpillar.com/>

- Dirks, A. (23 de Mayo de 2013). CrustCrawler Inc. Recuperado el 11 de Febrero de 2014, de CrustCrawler Inc.: <http://www.crustcrawler.com/products/ProRoboticArm/docs/ProSeries%20Technical%20Reference%20Guide.pdf>
- Dyco. (2011). Automatic Bagging. Obtenido de [http://www.dyco-inc.com/Automatic_Bagging#Model 3710 Autobagger for plastic bottles](http://www.dyco-inc.com/Automatic_Bagging#Model_3710_Autobagger_for_plastic_bottles)
- Freescale Semiconductor. (4 de abril de 2008). sparkfun. Recuperado el 11 de noviembre de 2013, de <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/General/MMA7361L.pdf>
- Gerling. (1996). Alrededor de las Máquinas - Herramientas. Mexico D. F.: Reverté Ediciones.
- Gutierrez, D. (12 de julio de 2011). ehowenespanol. Recuperado el 9 de noviembre de 2013, de http://www.ehowenespanol.com/definicion-maquinaria-pesada-hechos_104163/
- Karlo, A. (2008). Secrets of 5 - Axis Machining. New York: Library of Congress Catalogin.
- LANFRANCHI. (2008). AUTOMATIZACIÓN. Obtenido de <http://www.lanfranchigroup.com/eng/prodotti/bottiglie/riordinatore.jsp>
- Larburu, N. (1990). Máquinas Prontuario Técnicas Máquinas Herramientas. Madrid: Paraninfo S.A.
- MAER. (2009). Corte de botellas de plástico. Obtenido de : <http://www.maer.es/corte-de-botellas-de-plastico-2/>

- Mena, A. (2013). Ingeniería Mecatrónica. CONVERSIÓN DE UN TORNO CONVENCIONAL A UNO. Escuela Politécnica del Ejército, Latacunga.
- Ming, X. (2003). Fundamentals of Robotics. Singapore: World Scientific.
- norberto. (5 de agosto de 2004). sisman. Recuperado el 12 de noviembre de 2013, de <http://www.sisman.utm.edu.ec/libros/FACULTAD%20DE%20CIENCIAS%20MATEM%C3%81TICAS%20F%C3%8DSICAS%20Y%20QU%C3%8DMICAS/INGENIER%C3%8DA%20INDUSTRIAL/09/MANTENIMIENTO%20INDUSTRIAL/18358130-Libro-de-Mantenimiento-Industrial.pdf>
- PACKSistem. (2010). Bandas Transportadoras de Tablilla. Obtenido de <http://www.emplayadoras.com/03.htm>
- Pareto, L. (1976). Formulario de Mecánica. Barcelona, España: Ediciones CEAC, S.A.
- REPICKY. (2011). TRANSPORTE NEUMÁTICO PORTATIL. Obtenido de <http://www.repicky.com.ar/tpn-funcionamiento.html>
- Romero, J. M. (4 de enero de 2012). electroaut.blogspot. Recuperado el 12 de noviembre de 2013, de <http://electroaut.blogspot.com/2012/06/como-instalar-o-reparar-fallas-en-el.html>
- sabelotodo.org. (11 de mayo de 2010). sabelotodo.org. Recuperado el 12 de noviembre de 2013, de <http://www.sabelotodo.org/automovil/relojgasolina.html>

- Sensores. (02 de 05 de 2011). SENSORES. Recuperado el 03 de 11 de 2012, de SENSORES: <http://sensoresdeproximidad.blogspot.com/>
- Shigley. (s.f.). DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA. Mc Graw Hill.
- Sierra, J. G. (1998). circuitos hidraulicos (direccion hidraulica). En J. G. Sierra, Elementos hidráulicos en los tractores y máquinas agrícolas (págs. 139-152). barcelona: Mundi-Prensa Libros s. a.
- TRANSPORTES MARSIO S. L. (20 de febrero de 1978). TRANSPORTES MARSIO S. L. Recuperado el 9 de noviembre de 2013, de http://www.transportesmarsio.com/?page_id=5
- TRATECO S.A. de C.V. (14 de septiembre de 2007). TRATECO S.A. . Recuperado el 8 de noviembre de 2013, de <http://www.trateco.net/>: <http://www.trateco.net/>
- unitronics. (13 de noviembre de 2006). unitronics. Recuperado el 10 de diciembre de 2013, de www.unitronics.com

ANEXOS