



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

TEMA:

**MÁQUINA DESESPINADORA DE TUNAS PARA LA VARIEDAD AMARILLA O DE
CASTILLA (OPUNTIA FICUS INDICA (L))**

AUTOR:

CUACÉS HERNÁNDEZ MARIO GILBERTO

DIRECTOR:

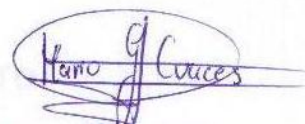
ING. CARLOS VILLARREAL

IBARRA-ECUADOR

2013

DECLARACIÓN


Yo, MARIO GILBERTO CUACÉS HERNÁNDEZ, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún trabajo de grado o calificación profesional, y certifico la veracidad de las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A handwritten signature in blue ink, enclosed in an oval shape. The signature reads "Mario G. Cuacés".

.....
Cuacés Hernández Mario Gilberto

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el señor Mario Gilberto Cuacés Hernández, bajo mi supervisión.



Ing. Carlos Villarreal

DIRECTOR DEL PROYECTO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. Identificación de la obra

La Universidad Técnica del Norte dentro del Proyecto Repositorio digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos en forma con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo la disposición de la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
Cédula:	040159293-6
Apellidos y nombres:	Cuacés Hernández Mario Gilberto
Dirección:	Sector Natabuela panamericana norte
E-mail:	mario.cuaces2050@gmail.com
Teléfono:	0939031836

DATOS DE LA OBRA	
Título:	MÁQUINA DESESPINADORA DE TUNAS PARA LA VARIEDAD AMARILLA O DE CASTILLA (OPUNTIA FICUS INDICA (L))
Autor:	Caucus Hernández Mario Gilberto
Fecha:	20/06/2012
Programa:	Pregrado
Título por el que opta:	Ingeniero en Mecatrónica
Director:	Ing. Carlos Villarreal

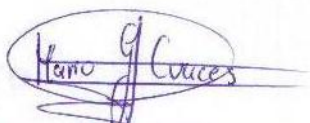
2. Autorización de uso a favor de la Universidad Técnica del Norte

Yo, Cuacés Hernández Gilberto Mario, con cédula de identidad Nro. 040159293-6, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de

grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el repositorio Digital Institucional y uso del archivo en la biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior, Artículo 144.

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Cuacés Hernández Mario Gilberto, con cédula de identidad Nro. 040159293-6, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, Artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado "Diseño y construcción de una máquina desespinaadora de tunas para la variedad Opuntia Ficus-indica (L) Miller de la Asociación Mirador del Juncal de la comunidad el Juncal", que ha sido desarrollada para optar por el título de ingeniero en Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital en la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.



(Firma) _____

Nombre: Cuacés Hernández Gilberto Mario

Cédula: 0401592936

Ibarra, a los 25 días del mes de junio del 2012

AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme dado a mis padres que me han apoyado para ser mejor cada día.

El presente trabajo de grado está dirigido con expresión de agradecimiento y gratitud para nuestros distinguidos maestros que con sacrificio pusieron su apostolado en nuestras manos.

A nuestras distinguidas autoridades, que con su responsabilidad han puesto en alto el nombre de la Universidad Técnica del norte, adquiriendo herramientas y equipos para complemento de nuestro aprendizaje.

A nuestra querida facultad, que en sus aulas he pasado un tiempo de mi vida, me dejan buenos amigos y recuerdos inolvidables.

DEDICATORIA

A Dios por haberme regalado la vida y bendecido con unos maravillosos padres Gilberto y Clemencia, los cuales por su sacrificio me apoyaron cada día para llegar a la culminación de mis estudios.

A mí querida hija Verito, que con su ternura y alegría me ha dado valor para seguir continuando con mis estudios.

A mi querida Gaby, compañera de hoy y siempre que con su voluntad y sacrificio hemos podido salir adelante en los estudios.

A mis Hermanos Silvia, Gonzalo, Elena, Diego, Juan y Oscar, los cuales me apoyaron de muchas maneras y en especial a mi querida hermana Gaby que desde el cielo me ha dado fuerzas para continuar con mi vida y con mis estudios.

A mis tíos, primos, sobrinos y cuñados que de una u otra manera me apoyaron en mi formación estudiantil.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
Portada.....	i
Declaración.....	ii
Certificación.....	iii
Autorización de uso y publicación a favor de la UTN.....	iv
Cesión de derechos de autor del trabajo de grado a favor de la UTN.....	v
Agradecimiento.....	vi
Dedicatoria.....	vii
Índice general.....	viii
Índice de tablas.....	xiv
Índice de figuras.....	xv
Índice de anexos.....	xvii
Resumen.....	xix
Abstract	xx
Presentación.....	xxi
CAPÍTULO 1	
FUNDAMENTOS.....	1
1.1. Estudio agronómico.....	1
1.2. Características y composición química de los nopales.....	1
1.2.1. El nopal.....	1
1.2.2. Origen del nopal.....	3
1.2.3. Clasificación taxonómica.....	4
1.2.4. Clasificación botánica de la opuntias	4
1.3. La tuna.....	5
1.3.1. Morfología de la tuna.....	5
1.3.2. Inclinación de las espinas según su naturaleza.....	6

1.3.3.	Composición mineral de la tuna.....	9
1.3.4.	Cambios químicos en maduración de la tuna.....	11
1.4.	Exigencias agroecológicas del nopal.....	12
1.4.1.	Clima y pluviosidad.....	12
1.5.	Producción en el Ecuador.....	13
1.5.1.	Importancia del cultivo.....	13
1.5.2.	Enfermedades en la tuna.....	15
1.5.3.	Producción en la región sierra norte del Ecuador.....	16
1.5.4.	Variedades de tuna que se produce en la sierra norte del Ecuador	17
1.6	Uso de la tuna y nopalito.....	19
1.6.1.	Beneficios del nopal y nopalito.....	21
1.7.	Cosecha y poscosecha de la tuna.....	21
1.7.1.	Cosecha.....	21
1.7.1.1.	Proceso de desespinado de la tuna.....	23
1.7.1.2.	Importancia del desespinado en la tuna.....	24
1.7.2.	Post cosecha.....	25
1.8.	Almacenamiento y transporte.....	27
1.8.1.	Almacenamiento.....	27
1.8.2.	Condiciones exigidas por el mercado.....	27
1.8.2.1.	Presentación.....	27
1.8.2.2.	Índice de madurez para la exportación.....	27
1.8.2.3.	Tamaño y peso por unidad.....	28
1.8.2.4.	Características de embalaje.....	28
1.8.2.5.	Consideraciones de manejo.....	28

CAPÍTULO 2

PREFACTIBILIDAD.....	29
2.1. Análisis preliminar.....	29
2.2. Definición del problema.....	39
2.2.1. Situación inicial.....	39
2.2.2. Situación final.....	30
2.3. Condiciones y limitaciones.....	30
2.3.1. Restricción de operación.....	30
2.3.2. Restricciones de seguridad.....	30
2.3.3. Restricción económica.....	31
2.3.4. Restricción de materiales.....	31
2.4. Especificaciones técnicas.....	31
2.5. Vida útil.....	32

CAPÍTULO 3

FACTIBILIDAD.....	33
3.1. Estudio de alternativas.....	33
3.2. Desespinado con escobas.....	33
3.2.1. Descripción.....	33
3.2.2. Ventajas.....	34
3.2.3. Desventajas.....	34
3.3. Desespinado sobre malla.....	35
3.3.1. Descripción.....	35
3.3.2. Ventajas.....	35
3.3.3. Desventajas.....	35
3.4. Máquina desespinaadora con cepillos y aire.....	35
3.4.1. Descripción.....	36
3.4.2. Ventajas.....	36
3.4.3. Desventaja.....	37

3.5. Máquina desespinaadora por aspiración con aire.....	37
3.5.1. Descripción.....	37
3.5.2. Ventajas.....	38
3.5.3. Desventajas.....	38
3.6. Selección de la alternativa.....	38
3.6.1. Factores para la evaluación de la alternativa.....	38
3.6.1.1. Seguridad.....	38
3.6.1.2. Calidad del producto.....	39
3.6.1.3. Calidad de limpieza.....	39
3.6.1.4. Facilidad de operación.....	39
3.6.1.5. Mantenimiento.....	39
3.6.1.6. Costo.....	39
3.7. Selección de la alternativa.....	40

CAPÍTULO 4

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS ELEMENTOS.....	45
4.1. Introducción.....	45
4.2. Requerimientos de la máquina.....	46
4.3. sistema de avance.....	47
4.3.1. Dimensionamiento de rodillos.....	48
4.3.1.1. Longitud del rodillo.....	48
4.3.1.2. Diámetro del rodillo.....	52
4.3.1.3. Separación entre rodillos.....	54
4.3.2. Velocidad del sistema de avance.....	55
4.3.3. Dimensionamiento del eje de transmisión.....	56
4.3.4. Selección del moto reductor.....	62
4.3.5. Selección de cadena del sistema del avance.....	64
4.3.6. Selecciones de poleas del sistema de avances.....	65
4.3.7. Selección de banda de transmisión del sistema de avances.....	66
4.3.8. Selección de rodamientos.....	67

4.4	Sistema de desespinado.....	68
4.4.1.	Partes constitutivas del cepillo.....	69
4.4.1.1.	Dimensionamiento de la fibra.....	69
	4.4.1.3. Dimensionamiento de canales de sujeción.....	71
	4.4.1.4. Sujetadores de la fibra escosan SL.....	72
	4.4.1.6. Dimensionamiento del cuerpo del cepillo.....	75
	4.4.2. Sistema de transmisión.....	76
4.4.2.1.	Selección del motor.....	76
4.4.2.2.	Dimensionamiento de ejes de transmisión.....	79
	4.4.2.3. Selección de poleas del sistema de desespinado.....	84
	4.4.2.4. Selección de bandas de transmisión.....	87
	4.5.2.5. Selecciones de chaveta.....	88
	4.5.2.6. Selección de rodamientos.....	89
	4.5.2.7. Vida nominal del rodamiento.....	90
4.5.	Estructura de la máquina.....	93.
	4.5.1. Estructura principal.....	94
	4.5.2. Dimensionamiento del soporte de la máquina.....	98
	4.5.3. Diseño de juntas empernadas.....	102
	4.5.4. Dimensionamiento de base de apoyos.....	107
	4.5.5. Dimensionamiento base de deslizamiento.....	108
4.6.	Tolva de alimentación.....	110
	4.6.1. Dimensionamiento de la tolva de alimentación.....	110
4.7.	Sistema de aspiración de espinas.....	112
	4.7.1. Selección del ventilador.....	112
4.8.	Canal depósito.....	114
4.9.	Sistema eléctrico de mando.....	115
	4.9.1. Esquema del circuito eléctrico.....	115
	4.9.2. Selección del conductor eléctrico.....	117

CAPÍTULO 5

CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE CAMPO.....	122
5.1. Construcción de la máquina.....	122
5.1.1. Máquinas y herramientas.....	122
5.1.2. Procesos de manufactura.....	122
5.1.3. Diagrama de flujo de construcción.....	123
5.1.3.1. Sistema de avance.....	124
5.1.3.2. Sistema de desespinado.....	125
5.1.3.3. Sistema estructural.....	127
5.1.3.4. Sistema de alimentación.....	127
5.1.3.5. Sistema aspiración.....	128
5.2. Montaje.....	129
5.2.1 Montaje de los componentes y sistemas de la máquina.....	130
5.3. Pruebas de campo.....	131
5.3.1. Protocolo de pruebas.....	132

CAPÍTULO 6

6.1. Análisis de costos.....	132
6.1.1. Costos de diseño.....	134
6.1.2. Costos de materiales.....	134
6.1.3. Mano de obra.....	138
6.2. Costo total.....	138

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y MANUAL DE USUARIO.....	140
7.1. Conclusiones.....	140
7.2. Recomendaciones.....	141

7.3.	Manual de uso y mantenimiento.....	142
7.3.1.	Características y mandos de la máquina.....	143
7.3.2.	Dimensiones de la máquina.....	144
7.3.3.	Datos técnicos de la máquina.....	144
7.3.4.	Datos Técnicos de los motores.....	144
7.3.5.	Puesta en marcha de la máquina.....	145
7.3.5.	Mantenimiento y lubricación.....	145
	Bibliografía.....	146
	Anexos.....	147

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Clasificación botánica de la Opuntia ficus-indica.....	5
Tabla 1.2	Composición mineral de la tuna.....	11
Tabla 1.3	Cambios químicos respecto a su estado de maduración.....	11
Tabla 1.4	Condiciones agroecológicas exigentes del nopal.....	13
Tabla 1.5	Plagas en cultivos de nopal.....	15
Tabla 1.6	Enfermedades que afectan los cultivos de nopal.....	16
Tabla 1.7	Variedades de tunas cultivadas en la Sierra Norte del Ecuador.....	19
Tabla 3.1	Alternativas para la remoción de espinas.....	41
Tabla 3.2	Porcentaje de evaluación de cada alternativa.....	41
Tabla 3.3	Calificación a cada alternativa.....	42
Tabla 3.4	Normalización de calificaciones.....	43
Tabla 3.5	Resultados de alternativas.....	44
Tabla 4.1	Datos muestrales de tuna opuntia ficus-indica (L.) Miller.....	50
Tabla: 4.2	Criterio de distancia máxima y mínima entre centros de polea...	
Tabla 4.3	Características del rodamiento UC-204.....	67
Tabla 4.4	Criterio de distancia máxima y mínima entre centros de polea para el sistema de desespinado.....	86

Tabla 4.5	Características del rodamiento UC204-12.....	90
Tabla 4.6	Iteración de número de pernos.....	106
Tabla 5.1	Lista de herramientas.....	120
Tabla 5.2	Lista de instrumentos de medición.....	121
Tabla 5.3	Designación de máquinas herramientas y equipos.....	122
Tabla 5.4	Operaciones técnicas requeridas para la construcción.....	123
Tabla 5.5	Simbología utilizada en el diagrama de flujo.....	123
Tabla 5.6	Actividades de montaje.....	129
Tabla 5.7	Desespinado en relación a la velocidad.....	131
Tabla 5.8	Desespinado en relación a la altura del cepillo.....	132
Tabla 5.9	Resultados de pruebas.....	133
Tabla 6.1	Costo de materiales.....	135
Tabla 6.2	Costo de elementos terminados.....	138
Tabla 6.3	Costo mano de obra.....	139
Tabla 6.4	Costo final.....	139
Tabla 7.1	Datos técnicos de la máquina.....	144
Tabla 7.1	Datos técnicos de los motores.....	145

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.	Morfología del nopal.....	2
Figura 1.2.	Morfología de la tuna	6
Figura 1.3.	Partes internas de la tuna.....	6
Figura 1.4.	Morfología de la epidermis de una <i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Miller.....	7
Figura 1.5.	Morfología de las espinas.....	7
Figura 1.6.	Forma polar de las espinas respecto a su base.....	8
Figura 1.7.	Parte superior que debe desespinar.....	8
Figura 1.4.	Variedades de tunas que se producen en la Sierra Norte según los colores.....	9
Figura 1.9.	Identificación de provincias donde se producen tunas.....	14

Figura 1.10. Sectores de producción de tuna en la región Sierra Norte del Ecuador.....	17
Figura 1.11. Producción Industrial de alimentos de tuna y nopalito.....	20
Figura 1.12. Método cosecha de tuna con cuchillo.....	22
Figura 1.13. Método cosecha de tuna haciendo presión.....	23
Figura 1.15. Limpieza de tunas con escoba de ramas.....	24
Figura 1.14. Diagrama de post cosecha de la tuna.....	26
Figura 3.1. Esquema de remoción de espinas con escoba.....	34
Figura 3.2. Esquema de remoción de espinas sobre malla.....	35
Figura 3.3. Esquema de máquina desespinaadora con cepillos y aire.....	36
Figura 3.4. Esquema de máquina por aspiración con aire.....	37
Figura 4.1. Esquema general de la máquina.....	45
Figura 4.2. Elementos que constituyen el sistema de avance.....	47
Figura 4.3. Características dimensionales de Opuntia Ficus Indica L. Miller.....	51
Figura 4.4. Diagramas cortes y momentos del rodillo.....	52
Figura 4.5. Separación entre rodillos.....	54
Figura 4.6. Fuerzas del conjunto de rodillos.....	56
Figura 4.7. Esquema de fuerzas sobre el eje.....	59
Figura 4.8. Diagrama de cortes	60
Figura 4.9. Diagrama de momentos del eje del sistema de avance.....	61
Figura 4.10. Chumacera F204.....	68
Figura 4.11. Esquema del cepillo.....	69
Figura 4.12. Inclinación de las fibras según el cuerpo del cepillo.....	70
Figura 4.13. Triangulo geométrico de la fibra.....	70
Figura 4.14. Perforación del canal sobre el cuerpo del cepillo.....	71
Figura: 4.15. Fibra sin sujetar.....	73
Figura 4.16. Fibra sujeta al cuero del cepillo.....	73
Figura 4.17. Esquema distribución de canales de sujeción.....	74
Figura 4.18. Separación entre canales.....	74
Figura 4.19. Esquema cuerpo del cepillo.....	75

Figura 4.20.	Transmisión del sistema de desespinado.....	79
Figura 4.21.	Esquema de transmisión del eje E1.....	80
Figura 4.22.	Plano referencial del sistema de transmisión.....	80
Figura 4.23.	Fuerzas que intervienen en el eje E1.....	80
Figura 4.24.	Diagrama de cortes y momentos del plano X-Y.....	82
Figura 4.25.	Diagrama de cuerpo libre, plano X-Z.....	83
Figura 4.26.	Sistema de transmisión por banda de la máquina.....	85
Figura 4.27.	Dimensiones de la chaveta.....	89
Figura 4.28.	Chumacera F204.....	90
Figura 4.29.	Valores del factor a_1	91
Figura 4.30.	Esquema de la estructura.....	93
Figura 4.31.	Estructura de sujeción de la cámara.....	94
Figura 4.32.	D.C.L soporte lateral derecha de la cámara.....	95
Figura 4.33.	D.C.L soporte izquierdo de la cámara.....	96
Figura 4.34.	Cortes para sujeción de rodamientos.....	98
Figura 4.35.	Diagrama de cargas sobre el perfil vertical.....	99
Figura 4.36.	Unión base principal con base de apoyo.....	108
Figura 4.37.	Esquema de base de deslizamiento.....	108
Figura 4.38.	Esquema tolva de alimentación.....	110
Figura 4.39.	Ángulo de inclinación de la tolva.....	110
Figura 4.40.	Dimensiones de la tolva de alimentación.....	111
Figura 4.41.	Doblados de la tolva de alimentación.....	112
Figura 4.42.	Esquema dimensiones del canal depósito.....	115
Figura 4.43.	Diagrama del circuito eléctrico de mando.....	116
Figura 5.1.	Diagrama de flujo del sistema de avance.....	124
Figura 5.2.	Diagrama de flujo del sistema de desespinado.....	125
Figura 5.3.	Diagrama de flujo del sistema estructural.....	126
Figura 5.4.	Diagrama de flujo de la tolva de alimentación.....	127
Figura 5.5.	Diagrama de flujo del sistema aspiración.....	128
Figura 5.6.	Diagrama de flujo de Montaje.....	130

Figura 5.7.	Curva de desespinado en relación a rpm del cepillo.....	132
Figura 5.7.	Curva de desespinado en relación a la altura del cepillo.....	132
Figura 7.1.	Mandos de la máquina.....	143
Figura 7.2.	Dimensiones Principales de la máquina.....	144

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A1.	Cadena simple norma americana DIN 8188.....	147
Anexo A2.	Ejes de acero inoxidable.....	148
Anexo A3.	Angulo de acero.....	149
Anexo A4.	Propiedades mecánicas de planchas galvanizadas.....	150
Anexo A5.	Propiedades mecánicas de la fibra plástica ecosan SL.....	151
Anexo A6.	Propiedades mecánicas del laurel.....	151
Anexo A7.	Grapa R28.....	152
Anexo A9.	Circunferencias interiores de bandas en v estándar.....	152
Anexo A10.	Factor de servicio para transmisiones de banda en V.....	153
Anexo A11.	Secciones de chavetas.....	153
Anexo A12.	Factor de duración para material de cualidades no convencional	154
Anexo A13.	Viscosidad de las grasas según el diámetro medio de los rodamientos.....	154
Anexo A14.	Viscosidad del aceite según la temperatura de trabajo del rodamiento.....	155
Anexo A15.	Propiedades de las grasas para rodamientos.....	155
Anexo A16.	Propiedades mecánicas del tool negro laminado.....	156
Anexo A17.	Tabla para determinar el coeficiente de apoyo.....	156
Anexo A18.	Valores de la rugosidad absoluta.....	157
Anexo A19.	Tabla de coeficientes de hazen-williams.....	157
Anexo A20.	Coeficientes k para diferentes accesorios de tubería de agua.....	158
Anexo A21.	Tabla para seleccionar cable AWG según corriente admisible.....	158
Anexo A22.	Tabla de tipos y dimensiones de fusibles.....	159
Anexo A23.	Propiedades mecánicas del electrodo 6011 según la norma AWS.....	159

RESUMEN

El presente trabajo de grado consta de 7 capítulos, mediante los cuales ha sido posible el desarrollo del mismo. El capítulo primero contiene un estudio de la tuna, las variedades que se cultivan en el Ecuador y sobre todo en la Sierra Norte del Ecuador, su importancia económica y social junto con su distribución geográfica; sus principales usos y las etapas a las cuales se somete para la obtención de derivados. Este capítulo presenta la razón por la cual es importante realizar el proceso de limpieza de sus frutos. El capítulo segundo contiene la prefactibilidad del proyecto que consta de la definición del problema, las restricciones y limitaciones, las especificaciones técnicas, los parámetros y especificaciones funcionales de la máquina. El capítulo tercero contiene la factibilidad del proyecto, el cual presenta el estudio y selección de la alternativa más adecuada, así como el esquema de dicha alternativa seleccionada. El capítulo cuarto contiene el proceso de fabricación de los elementos que han sido diseñados y la selección de elementos dimensionados. El capítulo quinto contiene la construcción y montaje de los componentes, además se detallan: herramientas, máquinas herramientas e instrumentos necesarios para la ejecución de la misma, como también se especifica las operaciones técnicas utilizadas en este proceso. El capítulo sexto detalla el balance de costos de materiales, procesos de fabricación y mano de obra utilizada en la construcción. El capítulo séptimo se detalla conclusiones, recomendaciones, bibliografía y al final se encuentran los distintos anexos para complementar los capítulos antes mencionados.

ABSTRACT

This work consists of 7 chapters degree by which it was possible the development.- The first chapter contains a study of the prickly pear varieties grown in Ecuador and especially in the northern mountains of Ecuador, it's economic and social importance along with their geographical distribution, its main uses and the steps to which it is subjected to obtain derivatives. This chapter introduces the reason why it is important to the process of cleaning off. The second chapter contains the feasibility of the project which consists of defining the problem, restrictions and limitations, technical specifications, parameters and functional specifications of the machine. The third chapter contains the feasibility of the project, which presents the study and selecting the most appropriate, whether as the outline of the selected alternative. The fourth chapter contains the manufacturing process of the elements that are designed and dimensioned item selection. The fifth chapter contains the construction and assembly of components, others are detailed: tools, machine tools and instruments needed to implement it, and also specifies the technical operations used in this process. The sixth chapter details the balance of costs of materials, manufacturing processes and labor used in construction. The seventh chapter is detailed findings, recommendations; bibliography and end are the various annexes to supplement the chapters mentioned above.

PRESENTACIÓN

El proyecto de diseño y construcción de una máquina desespinaadora de tunas para la variedad opuntia ficus-indica L. Miller que concluye en el presente proyecto, tiene como propósito cubrir las necesidades de los productores de tunas de la región Sierra Norte del Ecuador, la cual es mejorar la calidad de limpieza del fruto conservando la composición mineral para dar una mejor presentación a los consumidores.

La ineficiencia en el proceso de limpieza, provoca un abandono a dicha actividad agrícola, aumentando el desempleo para muchas personas del sector. El presente proyecto aporta en la solución de dicha problemática, ya que incrementa la rentabilidad en el sector agrícola mediante al tecnificación de los procesos y por lo tanto mejora la calidad del producto.

Los conocimientos de Ingeniería en Mecatrónica en los cuales se fundamenta el diseño del presente trabajo son el Ingenio y el Diseño de Elementos de Máquinas.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTOS

1.1 ESTUDIO AGRONÓMICO

Las cactáceas son una familia de plantas suculentas y, la mayoría son espinosas que se las conoce en conjunto como cactus, sus frutos constituyen en parte la dieta de las personas, por lo tanto, son de gran importancia a nivel mundial. En actualidad la tuna es la primera variedad de cactus cultivado a nivel mundial.

En el Ecuador la tuna de castilla, es un cultivo de gran importancia económica en los valles de la región interandina por que los agricultores la prefieren por ser: una planta de ciclo permanente, resistente a la sequía y bajo costo de producción.

La tuna es utilizada a nivel nacional e internacional en la industria para la extracción de medicamentos naturales y para el consumo humano.

El cultivo del nopal se desarrolla principalmente en los valles de la región Interandina del Ecuador, debido principalmente por sus condiciones climatológicas.

1.2 CARACTERÍSTICAS Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS NOPALES

1.2.1 EL NOPAL

El nopal es una planta arbusto, rastrera o erecta que pueden alcanzar de 3.5 a 5 m de altura, sus plantas son densamente ramificadas con raíces finas absorbentes y superficiales, en zonas áridas de escasa pluviometría. La longitud de las raíces está

en relación con las condiciones hídricas y con el manejo cultural, especialmente de riego y fertilización.

Los tallos planos y hojas en forma de paleta, cubiertos de pequeños agrupamientos de pelos rígidos llamados gloquidios y por lo general también de espinas. Son verdes y los más jóvenes presentan hojas con forma de escama. Los ejemplares maduros pierden sus hojas inferiores y aparece entonces un nuevo tallo. Las flores nacen en los bordes de las paletas y dan lugar a un fruto verrugoso piriforme llamado tuna, su pulpa carnosa y dulce.

Las pencas de nopal son un alimento delicioso cuando se consumen en crudo ligeramente asadas. También sirven como forraje para el ganado, contiene proteínas y minerales como calcio y potasio.

Los nopales habita en clima seco, semiseco y templado, su crecimiento óptimo se da en zonas áridas y semiáridas, aunque puede desarrollarse en cualquier clima.

En la figura 1.1 se presenta la morfología del nopal.

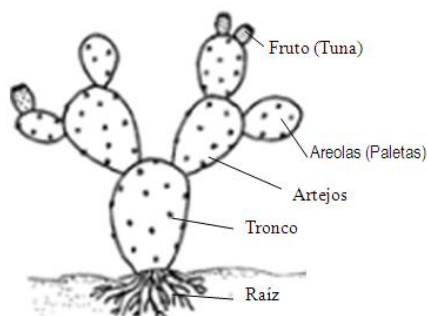


Figura 1.1 Morfología del nopal

Fuente: Enciclopedia Wikipedia

1.2.2 ORIGEN DEL NOPAL

Esta familia es prácticamente exclusiva de América, lo que significa que son endémicas del continente americano y las Antillas. Sin embargo, hay una excepción, *Rhipsalis baccifera*, que está extendida en África tropical, Madagascar y Ceilán. Se cree que la colonización del Viejo Mundo por esta especie es relativamente reciente (unos cuantos cientos de años), probablemente transportada en el tracto digestivo de pájaros migratorios en forma de semillas o, según otra teoría, en forma de plantas adheridas a troncos impulsados por corrientes marinas. Muchas otras especies de cactáceas se han naturalizado, en condiciones similares a las de su hábitat, en otras partes del mundo, tras ser introducidas por el hombre.

Se considera que las cactáceas han evolucionado entre hace 30 y 40 millones de años. El continente Americano estaba unido a los demás, pero se fue separando progresivamente por la deriva continental. Las especies endémicas del Nuevo Mundo debieron desarrollarse después de esta separación; el distanciamiento significativo se alcanzó en los últimos 50 millones de años. Esto podría explicar la inexistencia de cactus endémicos en África, estos evolucionaron en América cuando los continentes ya se habían separado.

Con mínimas evidencias en el registro fósil, las cactáceas son consideradas por los especialistas como un grupo natural monofilético que ha evolucionado en los últimos 80 a 60 millones de años. Se desarrollaron a partir de formas no suculentas, las cuales contaban con hojas simples arregladas en forma helicoidal, fotosíntesis C3, madera (xilema secundario), polen y semillas. Morfológicamente semejantes a otras familias relacionadas e incluidas en el mismo orden de las Caryophyllales. En cuanto a su origen se cree que posiblemente se originaron en la zona tropical de América del Sur. El género *Pereskia* presenta varias de esas características, por lo que es considerado el más primitivo entre las cactáceas actuales.

1.2.3 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

La familia cactácea es endémica de América y dos de sus géneros, *Opuntia* y *Nopalea*, presentan especies que denominamos nopales. El género *Opuntia* es el más importante, y a diferencia de los otros géneros de la familia cactácea, posee igual número de especies en ambos centros de distribución, al norte y sur del continente. De las 258 especies reconocidas, 5 variedades comercializadas se encuentran en Ecuador.

1.2.4 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DE LAS OPUNTIAS

En la siguiente tabla 1.1 se presenta la clasificación botánica de la *Opuntia ficus-indica*.

Reino	Vegetal
Subreino	Embryophyta
División	Angiosperma
Clase	Dicotiledónea
Subclase	Dialipétalas
Orden	Opuntiales
Familia	Cactaceae
Tribu	Opuntiae

Subfamilia	Opuntioideae
Género	Opuntia
Subgénero	Platyopuntia
Especie	Varios nombres

Tabla 1.1 Clasificación botánica de la *Opuntia ficus-indica*
Fuente: Britton y Rose, 1963 citados por Bravo-Hollis, 1978

1.3 LA TUNA

1.3.1 MORFOLOGÍA DE LA TUNA

La tuna amarilla (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) o tuna de castilla es un fruto verrugoso periforme llamado tuna o higo chumbo, comestible de pulpa carnosa y dulce.

Sus flores en forma de corona nacen de las areolas en los bordes de los segmentos, sus frutos y flores pueden ser de diversos colores desde el amarillo al rojo.

El fruto tiene una cáscara gruesa espinosa y su pulpa abundante en semillas, en su estado maduro es una baya de forma ovalada con diámetros entre 5,5 y 7 cm, su longitud de 5 a 10 cm con peso variable entre 43 y 120 g.

En la siguiente figura 1.2 se presenta la morfología del fruto en su estado maduro.



Figura 1.2 Morfología de la tuna madura

En la figura 1.3 se presenta un fruto de tuna y sus partes internas

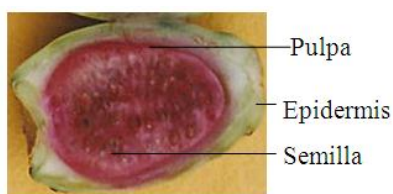


Figura 1.3 Partes internas de la tuna

Fuente: Enciclopedia Wikipedia

1.3.2 INCLINACIÓN DE LAS ESPINAS SEGÚN SU NATURALEZA

Los frutos cuando aún no maduran suelen tener espinas con diámetros aproximados de 0.3 mm, pero cuando llegan a su madurez los diámetros disminuyen en un 40% aproximadamente, mientras que su longitud se mantiene entre 0.9 mm y 10 mm.

Como se puede observar en la siguiente figura 1.4, el fruto tiene espinas en varias direcciones y además el ángulo respecto a la corteza de las espinas cambia según la forma del fruto.



Figura 1.4 Morfología de la epidermis de una *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller

Fuente: Sector el Juncal 2011

Según Montiel Rodríguez, México 1986; La resistencia que presentan las espinas de tuna es muy pequeña, debido a que cuando están secas son muy delgadas.

Si observamos detenidamente el fruto, sus espinas tienen una inclinación muy compleja, por lo tanto la interpretación se presenta en la figura 1.5.

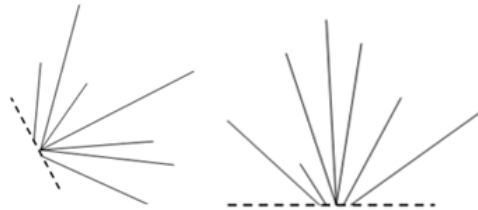


Figura 1.5 Morfología de las espinas

Es decir que las espinas toman cualquier inclinación α que varían entre los 0° y 180° respecto a su base como se presenta en la figura 1.6.



Figura 1.6 Forma polar de las espinas respecto a su base

Las fibras del cepillo debe alcanzar por lo menos el eje lateral central, como se observa en la figura 1.77.

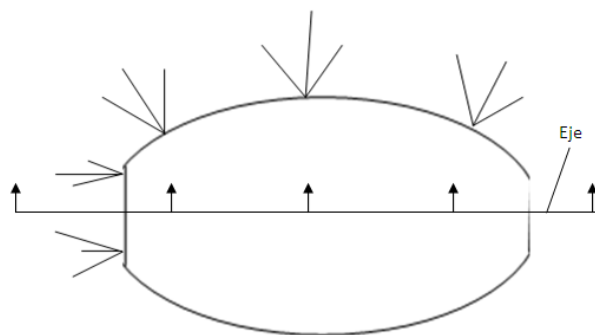


Figura 1.7 Parte superior que debe desespinar

La limpieza del fruto depende de las fibras del cepillo, estas fibras deben ser suaves y deben tener flexibilidad para retornar a una posición original, además su longitud debe ser ideal para limpiar por completo la superficie del fruto.

En el siguiente capítulo se dimensionará los cepillos y la fibra, el cual las medidas del fruto serán necesarias para nuestro estudio.

1.3.3 COMPOSICIÓN MINERAL DE LA TUNA

Se ha observado variaciones en la composición mineral de las tunas debido especialmente a factores agroecológicos y variedad. En estudios realizados por Sáenz y Sepúlveda 2001 se puede apreciar que su composición química es diferente por su color del fruto. Como se presenta en la siguiente figura 1.8.



Figura 1.8 Variedades de tunas que se producen en la Sierra Norte
Según los colores

En la siguiente tabla 1.2 se presenta la composición mineral de las tunas.

Compuesto Químico	Cantidad
Agua	85-90 %
% Sólidos solubles totales	12-17 %

Azúcares totales	10-17 %
Azúcares reductores	4 -14 %
Proteína	1.4 - 1.6 %
Ph	5.3 -7.1
Grasas	0.50 %
Fibra	2.4 /100 g
Acidez titulable (% de ácido cítrico)	0.01-0.12 %
Ácido ascórbico (Vitamina C)	4.6 - 41 mg/100 g
Viscosidad (30° C)	1.37 cps
Triptófano	8 mg/100 proteína
Calcio	49 ppm
Magnesio	13 -15 mg /100 g
Fósforo	38. ppm
Hierro	2.6 ppm

Vitamina A	0.002 ppm
Tiamina	0.0002 ppm
Riboflavina	0.02 ppm
Niacina	0.20 ppm
Acido nicotínico	0.4.0 0.060 mg/100 g

Tabla 1.2 Composición mineral de la tuna

Fuente: Pimienta, México 1990

1.3.4 CAMBIOS QUÍMICOS EN LA MADURACIÓN DE LA TUNA

Los contenidos de azúcar aumentan considerablemente durante el proceso de maduración, mientras que la firmeza y la acidez se reducen, sin embargo, no todos los nopales presentan el mismo comportamiento como se presenta en la siguiente tabla 1.3.

Estado de maduración	Peso (g)	Diámetro min-máx (cm)	Profundidad receptáculo floral (mm)	Pulpa (%)	Firmeza (kg/cm ²)	SST (%)	Acidez (%)	pH	Vitamina C (mg/100 g)
Inmaduro	86	42-44	7,2	44	4,6	7,5	0,08	5,2	12
Verde sazón	102	47-49	3,5	57	3,7	8,8	0,04	6,1	18
Intermedio	105	49-53	1,9	63	2,7	10,1	0,03	6,2	18
Maduro	112	50-54	1,4	65	2,4	11,5	0,02	6,3	26
Sobremaduro	108	49-53	1,0	75	2,2	12,5	0,02	6,4	28

Tabla 1.3 Cambios químicos respecto a su estado de maduración

Fuente: Montiel Rodríguez, 1986

1.4 EXIGENCIAS AGROECOLÓGICAS DEL NOPAL

1.4.1 CLIMA Y PLUVIOSIDAD

El cultivo del nopal se adapta a las zonas áridas y semiáridas, son plantas que desarrollan características adaptables a la escasa disponibilidad de agua, a las variaciones extremas de temperatura y en general a diversas condiciones climáticas.

Los cactus se crecen desde el nivel del mar hasta 2,500 msnm, las distintas especies de nopal se desarrollan bien en cualquier tipo de suelo obteniendo los mejores rendimientos de productividad

La profundidad del suelo no interviene en el desarrollo de la planta, y su pH es ligeramente alcalino pero nunca ácido.

En general el nopal y otras cactáceas crecen bien en lugares donde las temperaturas medias anuales se aproximan a los 23 °C. Las poblaciones silvestres se distribuyen principalmente en zonas con precipitación media anual de 150 mm o más, en climas semisecos y esteparios y con lluvias escasas.

En la siguiente tabla 1.4 se presenta las principales condiciones agroecológicas del nopal.

Clima	Cálido y subcalido
Temperatura	16-25 °C
Pluviosidad	200-500 mm
Altitud	0-2500 m.s.n.m
Formación ecológica	Matorral desértico tropical Monte espinoso tropical, bosque espinoso pre montañoso.

Tabla 1.4 Condiciones agroecológicas exigentes del nopal

Fuente: Según SARH, México1992

1.5 PRODUCCIÓN EN EL ECUADOR

1.5.1 IMPORTANCIA DEL CULTIVO

En Ecuador la producción de tuna es importante para satisfacer necesidades alimenticias. Las provincias de Tungurahua, Santa Elena, Loja, Imbabura y Carchi tienen valles con factores agroecológicos apropiados para el cultivo del nopal.

La provincia de Imbabura y Carchi cubren la demanda del 30 % en el mercado nacional. En el país hay alrededor de 180 hectáreas sembradas de nopal.

En el siguiente figura 1.9 se identifica las provincias donde se produce tunas.



Figura 1.9 Identificación de provincias donde se producen tunas

Los cultivos de tuna en Ecuador son afectados por diferentes insectos que dañando los cultivos y en consecuencia su fruto presenta manchas y hojas cortadas afectando a su floración.

En la siguiente tabla 1.5 se presenta las plagas que afectan a este tipo de cultivo.

Nombre común	Nombre científico
Picudo barrenador	<i>Gactophagus spinolae</i> Gyll
Picudo de las espinas	<i>Cylindrocopturus birradddiatus</i> Champ
Gusano blanco del nopal	<i>Lanifera ciclades</i> Druce
Gusano cebrá	<i>Olycella nephelepsa</i> Dyar
Chinche gris	<i>Chelinidea tabulata</i> Burm
Chinche roja	<i>Hesperolabops gelastops</i> Kirk
Cochinilla o grana	<i>Dactilopius indicus</i> Green
Trips del nopal	<i>Serivotrips opuntiae</i> Hood
Mosca del nopal	<i>Dasiops bennetti</i> Mc. Alpine
Gusano de alambre	<i>Melanotus</i> spp.
Gallina ciega	<i>Phyllophaga</i> spp.
Barrenador del nopal	<i>Moneilema</i> spp.
Caracol	<i>Helix aspersa</i> Muller
Cerambícido	<i>Meneileema variolris</i> Thom

Tabla 1.5 Plagas en cultivos de nopal

Fuente: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/70/plagas.html>

1.5.2 ENFERMEDADES EN LA TUNA

La mayoría de las enfermedades se proliferan por la presencia de humedad en el cladodio y sobre todo por heridas causadas por insectos, roedores y aves. Algunas de las principales causas de enfermedades son:

- El método de propagación y multiplicación del nopal
- La poca diversidad genética de la cual se inició la expansión del cultivo
- El nulo o deficiente manejo agronómico de los huertos
- El desconocimiento de la sintomatología (confusión de daños, sinonimia y agentes causales) y de las estrategias de control.

En la siguiente tabla 1.6 se presenta enfermedades y sus agentes causales que afectan a nopales.

Enfermedad	Agente causal
Pudrición negra	<i>Macrophomia sp</i>
Engrosamiento de cladodios	Por virus o microplasma
Pudrición seca de la penca	<i>Phoma sp</i>
Mancha bacteriana	<i>Erwinia carotovora</i>
Amarillamiento del fruto	<i>Alternaria sp</i>
Secamiento de la penca	<i>Alternaria sp.</i>
Oro del nopal	<i>Alternaria sp</i>
Antracnosis de la penca y el fruto	<i>Colletotrichum sp</i>

Tabla 1.6 Enfermedades que afectan los cultivos de nopal

Fuente: Revista, Salud Pública y Nutrición, Quito, 2009

1.5.3 PRODUCCIÓN EN LA REGIÓN SIERRA NORTE DEL ECUADOR

En las provincias de Imbabura y Carchi o región Sierra Norte cultivan aproximadamente 63 hectáreas de tuna, de estas 38 hectáreas se encuentran en producción.

En las provincias mencionadas se cultivan cuatro tipos de tunas: la tuna amarilla sin espina, la amarilla con espina, la blanca y la silvestre, las tres primeras se cultivan con métodos técnicos para lograr una mejor producción.

En la región sierra norte se cultiva en las horilla del río, que se extiende desde el cantón Pimampiro hasta la parroquia de salinas el cual abarca a los sectores de Juncal, valle del chota, Piquiucho y Salinas.

En la siguiente figura 1.10 se identifica el mapa de sectores de la región sierra norte que producen tuna.



Figura 1.10 Sectores de producción de tuna en la región Sierra Norte del Ecuador

Las condiciones agroecológicas en la provincia de Imbabura aportan a tener tunas con mayor calidad.

La demanda en el sector del Juncal y Chota ha crecido por las propiedades nutritivas y curativas de este fruto.

1.5.4 VARIEDADES DE TUNA QUE SE PRODUCE EN LA SIERRA NORTE DEL ECUADOR

Debido a sus condiciones climáticas muy favorables, sus suelos arenosos son apropiados para el cultivo de diferentes variedades de tunas.

La tuna silvestre es la que más crece en sus valles, pero para las otras variedades se requiere un manejo técnico. Las variedades que hoy en día se cultivan se presentan en la siguiente figura 1.7.

Tipos	Descripción
TUNA SILVESTRE	Esta planta crece libremente en el campo. Se caracteriza por tener hojas y fruto más pequeño que el resto de variedades. La mayoría de plantas está plagada por la cochinilla, un parásito del que se extrae un colorante natural de uso industrial.
AMARILLA CON ESPINAS	Esta es una variedad producto del cruce entre la tuna silvestre y la tuna amarilla sin espinas, provocada por la polinización de los insectos. Su fruto es grande y redondo. Es muy apreciada por su comida amarillenta que la vuelve atractiva.
TUNA BLANCA	Esta variedad tiene el fruto alargado. La pulpa tiene un sabor más dulce que el resto de tunas. Entre las ventajas está que es la planta más resistente al ataque de las enfermedades. También es de fácil manejo, pues casi no posee

	espinas.
AMARILLA SIN ESPINA O DE CASTILLA	Esta es la más apreciada por los campesinos. Las hojas y los frutos prácticamente no tienen espinas. Además, tienen muy buena acogida en el mercado. El color la vuelve más apetitosa a la vista de los consumidores. Pero la planta es delicada.

Tabla 1.7 Variedades de tunas cultivadas en la Sierra Norte del Ecuador

Fuente: [http://www. Agromar.com](http://www.Agromar.com)

1.6 USO DE LA TUNA Y NOPALITO

Los nopales son considerados para la industrialización de alimentos y químicos, las tecnologías de procesamiento permiten obtener varios derivados en base a tuna y nopalitos.

La tuna tiene una buena aceptación en el mercado nacional e internacional, mostrando alto contenido de minerales y algunas vitaminas, entre sus usos podemos mencionar:¹

- En la alimentación humana: brotes internos, fruta de mesa, colorantes de alimentos, para la industria alimentaria en néctares, jaleas, mermeladas, almíbares, mieles, etc.
- En química industrial: caucho sintético, mucílagos, adherentes, anticorrosivos, gomas y otros.

¹ <http://www.monografias.com/trabajos45/tuna-peruana/tuna-peruana2.shtml>

- En aspectos pecuarios: en apicultura, semillas molidas (por su alto contenido de aceites), forraje proveniente de las pencas y frutos, y como sustento de la cochinilla.
- En protección de parcelas: en la conformación de setos vivos.
- En conservación de suelos: en formación, mejoramiento y protección de suelos.

Existen una gran variedad de alternativas para utilizar la tuna; los nopalitos y los nopales maduros se transforman en diversos tipos de alimentos. Algunos de los productos mencionados se han elaborado durante muchos años a nivel doméstico y requieren tecnologías simples y conocidas. En el caso de los productos concentrados, como las mermeladas, las cuales se preparan tanto a partir de tuna como de nopalito, de los escabeches y salmuerados, principalmente a base de nopalitos y de los productos deshidratados, ya sea de pulpa de tuna o nopalitos para elaborar harinas y otros obtenidos por fermentación del jugo de tuna.

En la siguiente figura 1.11 se presenta los derivados industriales de la tuna y nopalito.

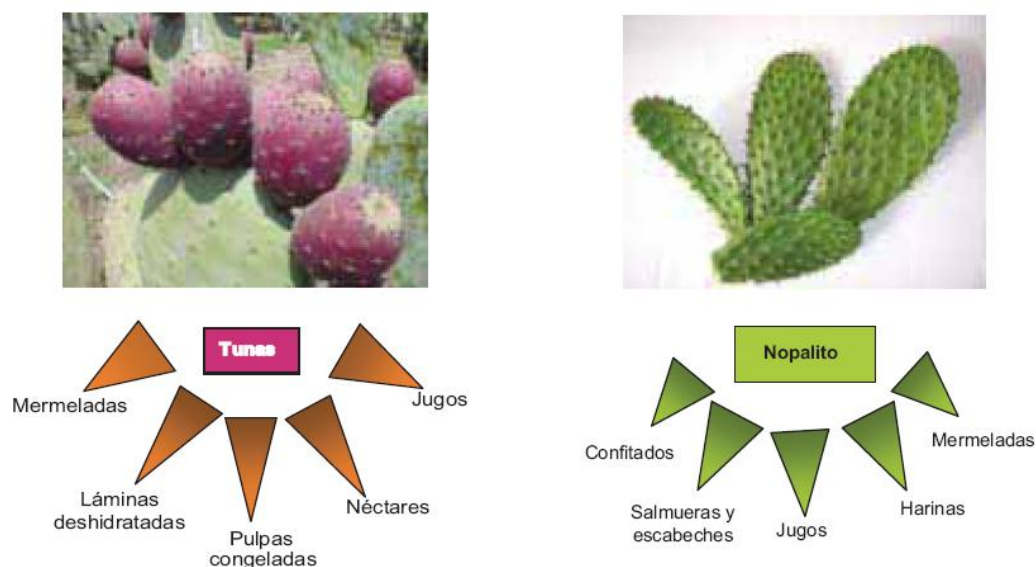


Figura 1.11 Producción Industrial de alimentos de tuna y nopalito
Fuente: Utilización Agroindustrial del nopal, Carmen Sáenz, México 2006, Pág. 82

1.6.1 BENEFICIOS DEL NOPAL Y LA TUNA²

El nopal y la tuna proporcionan importantes beneficios, entre los que se destacan:

- La planta de nopal es buena para las manos y labios partidos, cura las quemaduras y reduce los niveles de colesterol.
- La pulpa de la fruta evita el exceso de bilis.
- Las semillas combaten la fiebre.
- La raíz es buena para el tratamiento de la hernia, el hígado irritado y úlceras estomacales.
- La pulpa cura la diarrea.

² http://www.opinion.com.bo/opinion/vida_de_hoy/2011/0305/vidadehoy.php?id=313

- Las flores son aptas para el tratamiento de cáncer de próstata.

1.7 COSECHA Y POSCOSECHA DE LA TUNA

1.7.1 COSECHA

La cosecha de la tuna se inicia una vez que la fruta cumple el estado de madurez. Para iniciar la cosecha es conveniente que el fruto se encuentre sin humedad a fin prevenir una deshidratación temprana.

Para cosechar se debe utilizar un equipo de protección personal adecuado como guantes de cuero, gafas, botas y vestimenta con textura.

El método más apropiado para desprender el fruto es utilizando una cuchilla bien filada y haciendo una pequeña torsión desprender del nopal, hay que tener precaución de no dañar los frutos ni la penca.³

En la región Sierra Norte del Ecuador la cosecha de la tuna se realiza con cuchillos, éste método es usado para prevenir daños en la epidermis del fruto.

En la siguiente figura 1.12 se observa el equipo de protección adecuada y herramienta de cosecha.

³ Schirra et Al. México, 1993.



Figura: 1.12 Método cosecha de tuna con cuchillo

Fuente: Sector el Juncal, 2011

Hay una técnica manual que consiste en girar y desprender del nopal el cual no es recomendable debido a que se rompe la epidermis dando lugar a una temprana deshidratación y proliferación de microorganismo.

En la siguiente figura 1.13 se observa este método poco recomendable.



Figura: 1.13 Método cosecha de tuna haciendo presión

Fuente: Sector el Juncal, 2011

La tuna se recoge en bandejas y luego se tapan para evitar deshidratar, y por último se procede al desespinado.

1.7.1.1 PROCESO DE DESESPINADO DE LA TUNA

Luego de la cosecha, se procede al desespinado utilizando escobas de ramas largas y suaves, En la región sierra norte la mayoría de productores limpian con escobas de ramas.

La limpieza con escobas de ramas es un método que se practica desde algunos años atrás, las personas deben colocar en el suelo una cantidad considerada de tunas y con escobas proceden a limpiar hasta que el fruto esté completamente limpio, luego son recogidas en canastos para ser comercializadas. En la siguiente figura 1.15 se observa el desespinado con escoba de ramas.



Figura 1.15 Limpieza de tunas con escoba de ramas

1.7.1.2 IMPORTANCIA DEL DESESPINADO EN LA TUNA

La presencia de factores antinutricionales endógenos en los alimentos vegetales se considera el principal factor que limita su utilización.

Se considera alimentos de buena calidad nutricional aquellos que de mejor forma satisfacen dichas necesidades, siendo necesario habitualmente ingerir de varios tipos.

Sin embargo, hay considerar además otros factores como la palatabilidad de estos, la biodisponibilidad de sus nutrientes o la ausencia de sustancias que puedan tener efectos tóxicos para el organismo.

En el caso de la tuna el proceso de desespinado debe realizarse con mucho cuidado para no dañar la epidermis; las máquinas o métodos manuales deben evitar lastimar los frutos para evitar su contaminación y su posterior eliminación en la operación de selección, los daños que ocasiona en la cáscara de la fruta (epidermis) ocasionando que sea susceptible al ataque por microorganismos tales como hongos y bacterias, mismos que demeritan la calidad y vida de anaquel de la fruta.

El fruto lastimado es propenso a proliferar microorganismos que éstos acortan el tiempo de duración de la pulpa, por tal razón pierde sabor y propiedades nutritivas.

Para obtener mayor tiempo de durabilidad del fruto es importante no mojar luego de realizar el desprendimiento del cactus.

1.7.2 POST COSECHA

Luego que la tuna se ha desespinado se procede a clasificar de acuerdo a las exigencias del comerciante. En cierta forma los frutos deben tener un tratamiento adecuado antes de empaquetar, entre estos la deshidratación y lavado, almacenamiento; a temperatura menor a 20 °C.⁴

El método de almacenamiento más conocido son los tratamientos térmicos por inmersión en agua caliente a 55 °C durante 5 minutos o con aire caliente a 38 °C durante 24 horas en ambientes saturados de humedad.

⁴ Cantwell A. México, 1999.

En el Ecuador el tratamiento de inmersión en agua caliente es utilizado para disminuir la incidencia de pudrición en los frutos.

En la siguiente figura 1.14 se presenta un diagrama de post cosecha de la tuna.

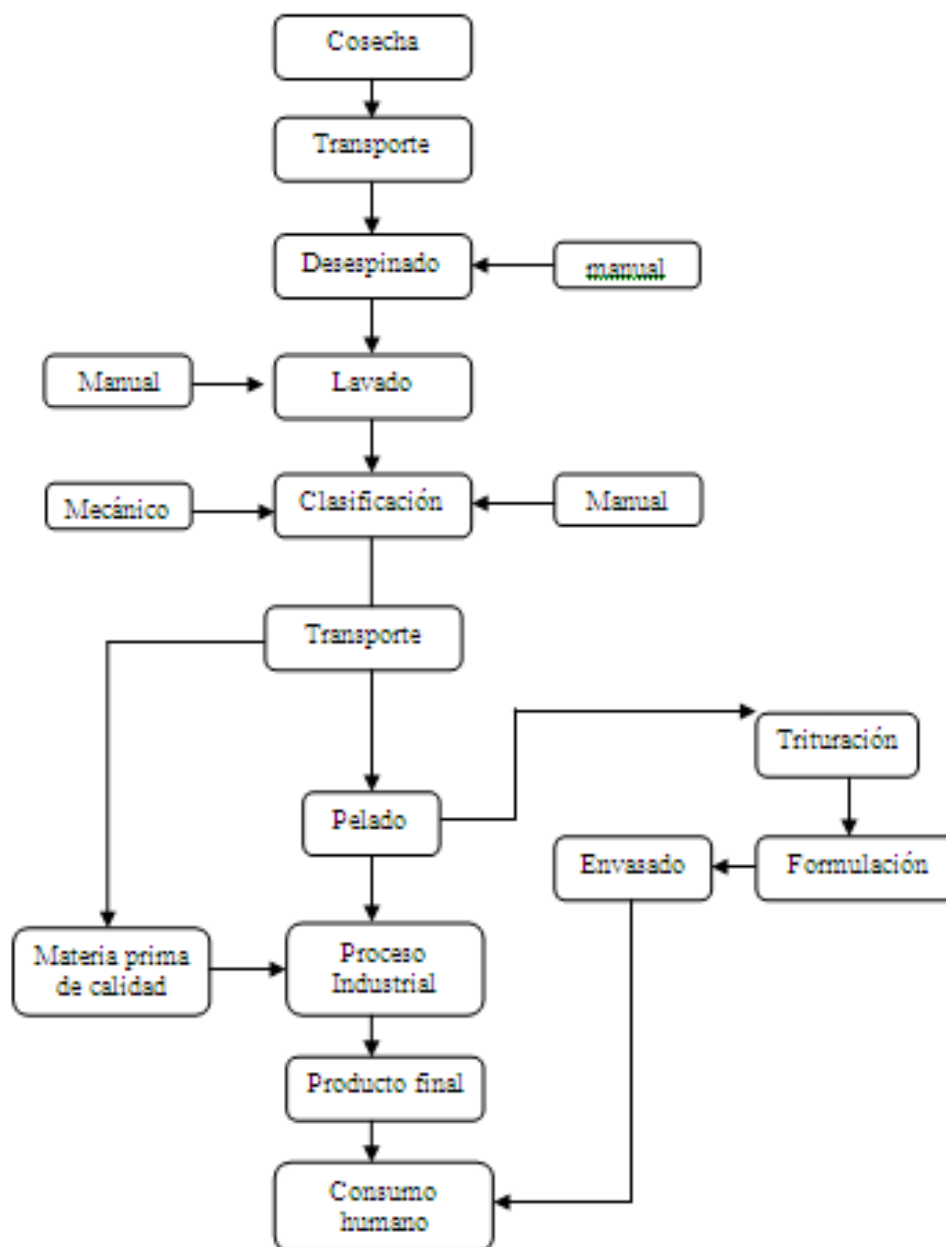


Figura: 1.14 Diagrama de post cosecha de la tuna

1.8 ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

1.8.1 ALMACENAMIENTO

Almacenar la fruta a baja temperatura es un método muy efectivo para reducir la pérdida de agua, sin refrigeración los frutos de tuna se nacen rápidamente y comienzan a ser susceptibles a infecciones de microorganismos.⁵

La tuna es sensible al daño por madurez y por frío, dependiendo de la variedad la sintomatología descrita sufren manchas superficiales se color pardo rojizo acelera la deshidratación del fruto.

1.8.2 CONDICIONES EXIGIDAS POR EL MERCADO

1.8.2.1 Presentación

La tuna no debe tener espinas en la corteza, debe tener firmeza de maduras, color definido según la variedad a demás no debe presentar manchas, golpes ni picaduras.

1.8.2.2 Índice de madurez para la exportación

La maduras para exportación no debe superar una firmeza del 2.4 Kg/cm², con esto se previene disminuir el nivel de humedad relativa de 90 – 95 %.

1.8.2.3 Tamaño y peso por unidad

Es recomendable una medida de 6.4 a 10cm de largo, los exportadores ecuatorianos comercializan frutas de 80 g en adelante aproximadamente.

⁵ Citado por Kantwell. México 1999,

1.8.2.4 Características de embalaje

Cada fruta se envuelve en papel o se encera, se pueden colocar entre 3 y 4 filas de frutas dentro de cajas de cartón o planchas de fibras con recubrimiento de parafina con tapas y hoyos de respiración.

1.8.2.5 Requerimientos para su almacenamiento

Para almacenar se considera algunos factores para mantener la fruta en buenas condiciones y evitar su pudrición.

- Pre enfriamiento: aire forzado, enfriamiento en cuarto.
- Temperatura: 2- 4 °C
- Humedad relativa: 90 – 95 %
- Sensibilidad: daños por enfriamiento y pérdida por humedad.
- Vida de tránsito y almacenamiento cerrado: máx. 3 semanas

CAPÍTULO 2

PREFACTIBILIDAD

2.1 ANÁLISIS PRELIMINAR

El estudio de prefactibilidad consiste en un análisis preliminar del problema para establecer limitaciones y restricciones de la máquina desespinaadora de tuna, así como las especificaciones técnicas de la misma.

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El proceso de desespinado manual de tuna practicado por los productores de la Sierra Norte del Ecuador (Asociación Mirador del Juncal), implica un constante peligro para su salud, además el bajo rendimiento en el proceso de limpieza y afectación en la calidad de los frutos de tuna a causa del mal desespinado.

2.2.1 SITUACIÓN INICIAL

El peligro constante al momento de realizar el desespinado a causa de no tener un sistema apropiado, implica riesgos en la salud de los trabajadores.

La calidad de la tuna disminuye cuando se realiza el desespinado en el suelo, debido a que el fruto se raya y se llena de polvo; dando lugar a la proliferación de microorganismos.

El desespinado que se realiza no es óptimo, ya que comerciantes exigen una limpieza adecuada para dar mejor presentación del producto.

El tiempo que se demora en realizar la limpieza de la tuna, involucra en la entrega del producto y madures del fruto; esto hace perder las propiedades nutritivas del fruto.

2.2.2 SITUACIÓN FINAL

Se espera tecnificar este método de desespinado de tuna, para que no exista peligro en la salud en los trabajadores, dar una mejor presentación de los frutos mediante un buen desespinado y mantener las propiedades nutricionales de la tuna.

2.3 CONDICIONES Y LIMITACIONES

En el diseño y construcción de la máquina, se deben tomar en cuenta restricciones y limitaciones para prevenir accidentes, y sobre todo brindar una buena operabilidad para los trabajadores.

2.3.1 RESTRICCIÓN DE OPERACIÓN

Para la construcción de esta máquina se considera que tendrá un sistema de manejo y operación sencillo para su puesta en funcionamiento.

2.3.2 RESTRICCIONES DE SEGURIDAD

Tenemos que tener en cuenta los siguientes aspectos más importantes:

- Se requiere que la maquina disponga de un sistema de protección para evitar que las espinas causen daño al operario.

- Se debe proteger todas las partes móviles de la máquina, en especial accionamientos por bandas, cadenas, poleas y las instalaciones de cableado de energía.

2.3.3 RESTRICCIÓN ECONÓMICA

La selección de materiales ideales y económicos para la construcción de la máquina es importante para evitar un alto costo en su construcción.

2.3.4 RESTRICCIÓN DE MATERIALES

Para su construcción se utilizara materiales disponibles en el mercado local para facilitar su construcción.

2.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

Los principales parámetros que se deben tomar en cuenta para el diseño de la máquina desespinaadora de tuna son los siguientes:

- Capacidad de limpieza.
La máquina desespinaadora de tuna debe tener una capacidad de limpiar 400 Kg en 15 minutos.
- Calidad del producto.
La calidad del producto no debe ser modificada al pasar por el sistema de limpieza; esto implica que los frutos de tuna no deben tener fracturas en la corteza además que éstas no se contaminen con químicos.
- Ambiente de trabajo.

La máquina desespinaadora debe cumplir condiciones favorables para el operador, estas pueden ser: el exceso de ruido, factores contaminantes para los trabajadores.

2.5 VIDA ÚTIL

Se denomina vida útil de una máquina al tiempo durante el cual la máquina puede trabajar con un rendimiento económico satisfactorio.

La vida útil de una máquina es función del desgaste de la misma por trabajo acumulado, y de su obsolescencia.

Para esta máquina desespinaadora la vida útil estará entre los 15 años aproximadamente, debido a que es una máquina estacionaria, no tiene mecanismos que sufran desgastes considerables por fricción.

CAPÍTULO 3

FACTIBILIDAD

3.1 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Se enfoca hacia una selección de una alternativa eficiente, segura y económica.

Dentro de las múltiples soluciones a nuestro problema, pueden existir múltiples alternativas para el desespinado de tuna, así tenemos las siguientes:

- a) Remoción de espinas con escobas
- b) Remoción de espinas sobre malla
- c) Máquina desespinaadora de tunas con cepillos y aire
- d) Máquina desespinaadora por aspiración con aire

3.2 DESESPINADO CON ESCOBAS

3.2.1 DESCRIPCIÓN

Las tunas se colocan en el suelo sobre una capa de paja, luego se barren las tunas.

La paja retiene las diminutas espinas y evita que tengan contacto con el suelo.

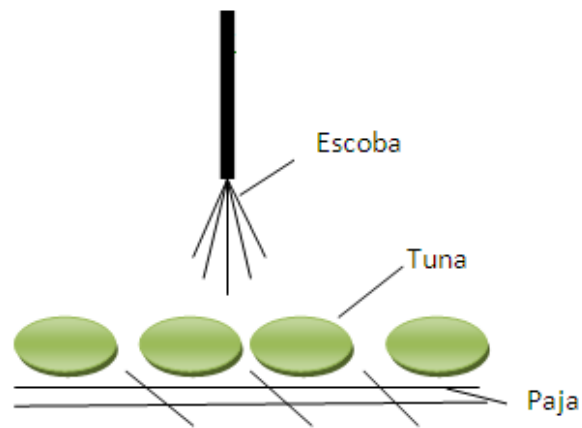


Figura 3.1 Esquema de remoción de espinas con escoba

3.2.2 VENTAJAS

- Sencillo y económico.
- No es contaminante.

3.2.3 DESVENTAJAS

- No es eficiente la remoción de espinas.
- Para mayor producción se requiere más personal.
- Es un método demoroso.
- Perjudicial para la salud.

3.3 DESESPINADO SOBRE MALLA

3.3.1 DESCRIPCIÓN

Los frutos se colocan en la parte superior de la malla y por gravedad se desplazan quedando las espinas en la malla y desplazándose al suelo.

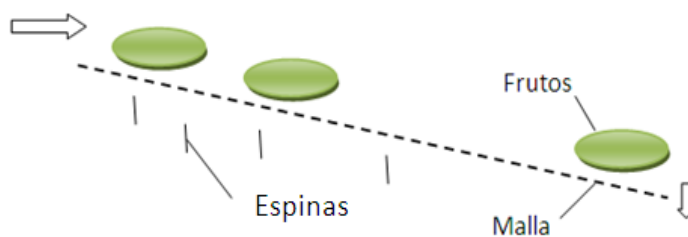


Figura 3.2 Esquema de remoción de espinas sobre malla

3.3.2 VENTAJAS

- La limpieza es rápida.
- Fácil de manipular.

3.3.3 DESVENTAJAS

- No es eficiente la remoción de espinas.
- Perjudicial para la salud.
- Se rayan por el contacto de la malla.
- Se limpia más tunas en poco tiempo.
-

3.4 MÁQUINA DESESPINADORA CON CEPILLOS Y AIRE

3.4.1 DESCRIPCIÓN

Las tunas ingresan en la cámara de quebrado, los cepillos de fibra plástica se encargan en quebrar las espinas, el avance de los frutos se realiza por medio de una banda transportadora, las espinas que se encuentran en la corteza del fruto y en la cámara a la vez son extraídas por medio de aire y almacenadas en un filtro.

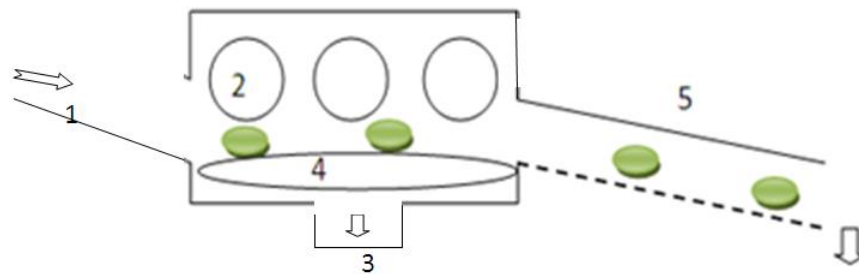


Figura 3.3 Esquema de máquina desespinaadora con cepillos y aire

Esta máquina desespinaadora consiste básicamente en:

1. Tolva de alimentación
2. Cepillos giratorios
3. Sistema de aspiración
4. Plataforma de avance
5. Conducto depósito

3.4.2 VENTAJAS

- Mejor remoción de espinas.

- Bajo costo de mantenimiento
- Las espinas son atrapadas en un filtro.
- No es perjudicial para la salud.
- La remoción de espinas es continua.
- La calidad del producto se conserva.
- Facilidad de manejo.
- Simplicidad tecnológica.
- Facilidad de operación.

3.4.3 DESVENTAJA

- Consumo de energía.

3.5 MÁQUINA DESESPINADORA POR ASPIRACIÓN

3.5.1 DESCRIPCIÓN

Consiste en aspirar las espinas de los frutos cuando pasan por la banda transportadora.

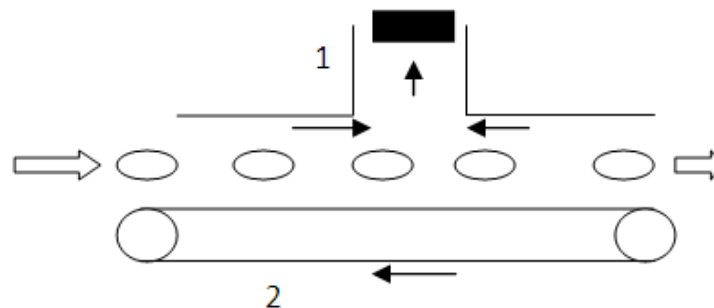


Figura: 3.4 Esquema de máquina por aspiración con aire

Esta máquina está básicamente constituida por:

- Sistema de aspiración.
- Banda transportadora.

3.5.2 VENTAJAS

- No se estropea el fruto.
- Bajo costo para la construcción.
- Facilidad de operación.

3.5.3 DESVENTAJAS

- La remoción de espinas no es eficiente.
- Perjudicial para la salud.

3.6 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

Se deben tomar en cuenta los siguientes factores para la evaluación de la alternativa.

3.6.1 FACTORES PARA LA EVALUACIÓN DE LA ALTERNATIVA

3.6.1.1 Seguridad

Se evalúa el peligro que pueda presentar al operar la máquina.

3.6.1.2 Calidad del producto

Se debe considerar las condiciones de la epidermis (cascara) , estas pueden ser:

- Cortes en la epidermis.
- Químicos, tales como gasa, jabón, polvo etc.

3.6.1.3 Calidad de limpieza

Se evalúa que tan limpia queda la epidermis de la tuna cuando se le de los diferentes sistemas de desespinado.

3.6.1.4 Facilidad de operación

Se considera la complejidad para operar la máquina y pueden ser digitales o mecánicas.

3.6.1.5 Mantenimiento

Se evalúa el costo para dar mantenimiento y este puede ser preventivo o correctivo.

3.6.1.6 Costo

Se evalúa el costo que representa para su construcción, al tener mayor costo el tiempo en recuperar dicha inversión no es muy factible.

3.7 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

Aquí se toma en cuenta los factores antes mencionados y se da un puntaje a cada alternativa, aquella que obtenga más puntaje será la seleccionada para construir.

Se utiliza el producto de dos matrices donde la primera son los valores ponderados a cada alternativa. La segunda se forma por los valores ponderados de cada criterio.

La escala para la calificación será:

10 Bueno

1 Malo

Se debe normalizar cada matriz para comparar los valores, la sumatoria debe dar uno.

En la siguiente tabla 3.1 se muestra la designación a cada una de las alternativas.

DESIGNACIÓN	ALTERATIVA
A	Remoción de espinas con escoba
B	Remoción de espinas sobre malla

C	Máquina desespinaadora con cepillos y aire
D	Máquina desespinaadora por aspiración con aire

Tabla 3.1 Alternativas para la remoción de espinas

En la siguiente tabla 3.2 se muestra las razones de evaluación de cada alternativa.

CÓDIGO	RAZÓN	PONDERACIÓN %	NORMALIZACIÓN
C1	Limpieza del fruto	30	0,3
C2	Calidad del fruto	10	0,1
C3	Bajo costo de construcción	15	0,15
C4	Facilidad de operación	5	0,05
C5	Facilidad de construcción	5	0,05
C6	Seguridad de operación	15	0,15

C7	Perjudicial para la salud	20	0,2
		$\Sigma = 100 \%$	$\Sigma = 1$

Tabla 3.2 Porcentaje de evaluación de cada alternativa

En la siguiente tabla 3.3 se presenta la calificación de cada alternativa.

Razón Alternativa	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	A	7	6	0	0	0	0
B	6	6	5	8	4	2	3
C	9	8	9	10	8	9	9
D	7	8	7	8	6	6	7
Σ	29	28	21	26	18	17	25

Tabla 3.3 Calificación a cada alternativa

En la siguiente tabla se indica la normalización de calificaciones de cada alternativa, el cual se divide la calificación de cada alternativa (tabla 3.3) para las razones de evaluación de cada alternativa (tabla 3.2) respectivamente. En la siguiente tabla se presenta el determinado análisis.

Razón Alternativa	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
A	0,24	0,21	0	0	0	0	0,12
B	0,20	0,21	0,23	0,3	0,22	0,11	0,12
C	0,31	0,28	0,42	0,38	0,44	0,52	0,36
D	0,24	0,28	0,33	0,3	0,33	0,35	0,28
Σ	1	1	1	1	1	1	1

Tabla 3.4 Normalización de calificaciones

En la siguiente tabla se presenta los resultados de cada alternativa.

ALTERNATIVA	RESULTADOS
Remoción de espinas con escoba	0,084
Remoción de espinas sobre malla	0,20
Máquina desespinaadora de cepillos y presión de agua	0,40
Máquina desespinaadora por aspiración con aire.	0,31
	$\Sigma=1$

Tabla 3.5 Resultados de alternativas

Si comparamos los datos de la tabla 3.5 se puede observar que la mejor alternativa es la máquina desespinaadora con cepillos y aire.

CAPÍTULO 4

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LA MÁQUINA DESESPINADORA DE TUNAS

4.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se realiza el diseño de los elementos constitutivos de la máquina desespinaadora de tunas y se toma en consideración los parámetros técnicos requeridos.

En el diseño de cada uno de los elementos se debe asegurar su funcionalidad y además que los materiales con los que se va a construir existan en el mercado con sus respectivas especificaciones técnicas requeridas.

Previo al diseño de la máquina se realizará la descripción de las partes principales y sus respectivas características como se presenta en la figura 4.1.

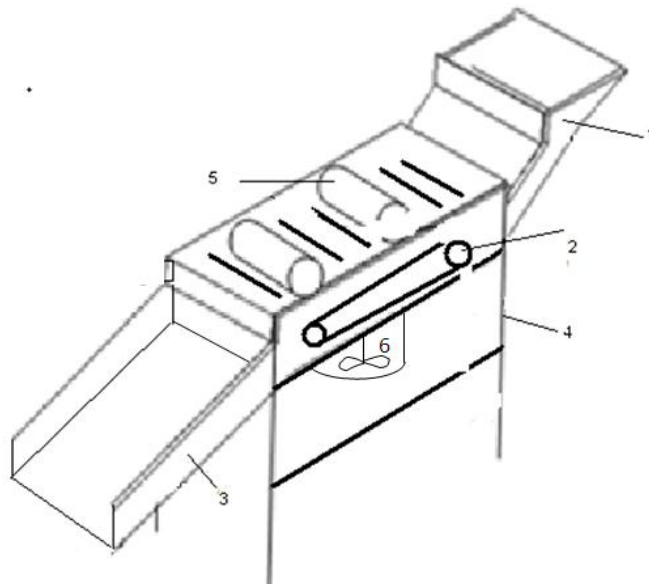


Figura 4.1 Esquema general de la máquina

Dónde:

- 1: Tolva de alimentación
- 2: Sistema de avance

- 3: Canal depósito

- 4: Soporte de la estructura

- 5: Cepillos giratorios

- 6: Sistema de aspiración de espinas

4.2 REQUERIMIENTOS DE LA MÁQUINA

La máquina debe cumplir las siguientes funciones.

- Desespinar los frutos de tuna sin lastimar la epidermis.

- La producción de limpieza debe ser de 400 Kg en 900 segundos

Para el dimensionamiento de la máquina desespinaadora de tunas se ha dividido en los siguientes sistemas:

- Sistema de avance

- Sistema de desespinado

- Sistema de alimentación (Tolva de alimentación)

- Sistema de aspiración de espinas
- Sistema eléctrico

4.3 SISTEMA DE AVANCE

El sistema de avance tiene la finalidad de rotar y trasladar los frutos para obtener una limpieza efectiva. El desplazamiento del conjunto de rodillos se realiza según el desplazamiento de la cadena de transmisión.

En la siguiente figura 4.2 se representa el esquema del sistema de avance con sus respectivos elementos.

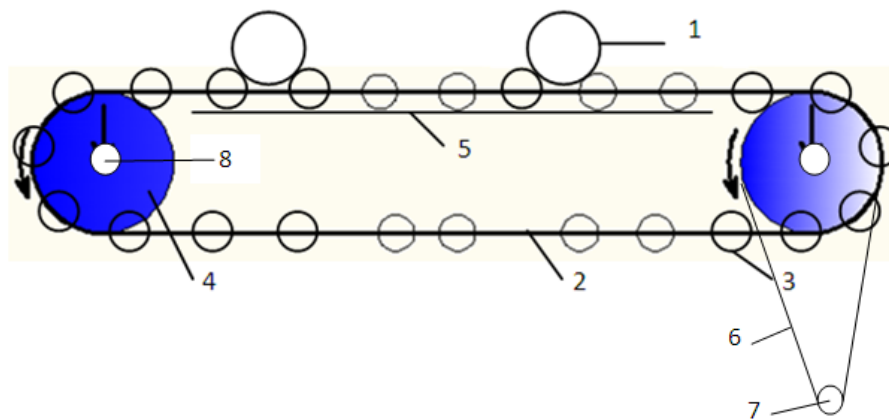


Figura 4.2 Elementos que constituyen el sistema de avance

Donde:

- 1: Fruto
- 2: Cadena de transmisión
- 3: Rodillo
- 4: Catalina
- 5: Base de deslizamiento
- 6: Banda de transmisión
- 7: Moto reductor
- 8: Eje

4.3.1 DIMENSIONAMIENTO DE RODILLOS

4.3.1.1 Longitud del rodillo

La producción semanal en la Asociación Mirador del Juncal es aproximadamente de 2000 kg semanales, tomando en cuenta 5 días laborables significa una producción de 400 kg por día.

Para simplificar costos y tiempo de operatividad en el desespinado, la máquina debe tener la capacidad de limpiar los 400 kg en 15 minutos.

Para el dimensionamiento de los rodillos se debe tomar en cuenta las características físicas de los frutos, para esto recolectamos muestras de la variedad seleccionada (*Opuntia Ficus-Indica* (L.) Miller) y realizamos un análisis preliminar.

En la siguiente tabla 4.1 se presentan 50 muestras previamente ordenadas, la muestra fue tomada de 100 kg, donde f1, f2, f3, ..., f50 representan la designación de cada fruto respectivamente.

designación	Peso en gr	Longitud l_t (cm)	Diámetro d_t (cm)
f1	76,3	6,5	3,2
f2	76,9	6,5	3,2
f3	77,4	6,5	3,8
f4	77,8	6,5	3,8
f5	77,9	6,9	3,9
f6	77,9	6,9	3,9
f7	78,2	7	4

f8	78,4	7	4
f9	78,7	7,1	4,1
f10	79,1	7,1	4,1
f11	79,1	7,1	4,3
f12	79,3	7,3	4,3
f13	79,8	7,3	4,3
f14	79,9	7,3	4,3
f15	79,9	7,3	4,4
f16	79,9	7,5	4,4
f17	79,9	7,6	4,5
f18	80,1	7,6	4,5
f19	80,2	7,6	4,5
f20	80,3	7,6	4,5
f21	80,5	7,6	4,5
f22	80,9	7,9	4,5
f23	81,1	7,9	4,5
f24	81,1	7,9	4,6
f25	81,9	8,8	4,6
f26	82,1	8,8	4,6
f27	82,1	8,9	4,6
f28	82,5	8,9	4,6
f29	82,8	8,9	4,6

f30	83,7	8,9	4,7
f31	83,9	8,9	4,7
f32	84,1	9,1	4,7
f33	84,4	9,1	4,9
f34	84,5	9,1	4,9
f35	84,5	9,1	4,9
f36	84,6	9,2	4,9
f37	84,9	9,2	5,1
f38	85,3	9,2	5,1
f39	85,3	9,2	5,1
f40	85,3	9,3	5,1
f41	85,8	9,3	5,2
f42	85,9	9,3	5,2
f43	86,1	9,4	5,3
f44	86,1	9,4	5,5
f45	86,1	9,6	5,5
f46	86,2	9,7	5,7
f47	86,3	9,7	5,8
f48	86,3	9,8	5,9
f49	87,3	9,8	5,9
f50	87,6	10	5,9

Tabla 4.1 Datos muestrales de tuna *opuntia ficus-indica* (L.) Miller
Fuente: Sector el Juncal, 2011

En la siguiente figura 4.3 observamos un fruto de tuna *Opuntia Ficus Indica* L. Miller.

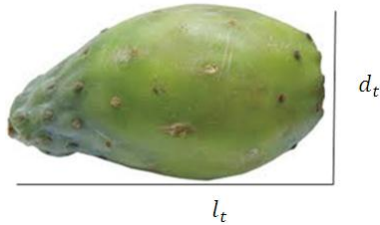


Figura 4.3 Características dimensionales de *Opuntia Ficus Indica* L. Miller

Donde:

l_t : Longitud del fruto

d_t : Diámetro del fruto

Si analizamos los datos de la tabla 4.1 las características de los frutos son diferentes.

Como habíamos mencionado, los 400 kg deben limpiarse en 900 segundos, Lo que significa 440 g/s, si tomamos en cuenta el peso por fruta, el mayor peso según la tabla 4.1, es de 87.6 g.

El número de frutos por segundo se determina con la siguiente relación:

$$\text{número de frutos por segundo} = \frac{440\text{g/s}}{87.6\text{g}}$$

$$\text{número de frutos por segundo} \approx 5$$

La suma de las longitudes de los frutos representa la longitud del rodillo L_r .

$$L_r = 5 \cdot 100\text{mm}$$

$L_r = 500\text{mm}$

4.3.1.2 Diámetro del rodillo

Para dimensionar el diámetro se toma en cuenta el fruto con mayor peso de la tabla 4.1 es de 86.6g; cada rodillo lleva un peso $w_1 = 5 \cdot 87.6\text{g} = 0.43\text{Kg}$.

Se considerando que los apoyos A y B se encuentran en los extremos. En la siguiente figura 4.4 se presenta el diagrama de cuerpo libre del rodillo.

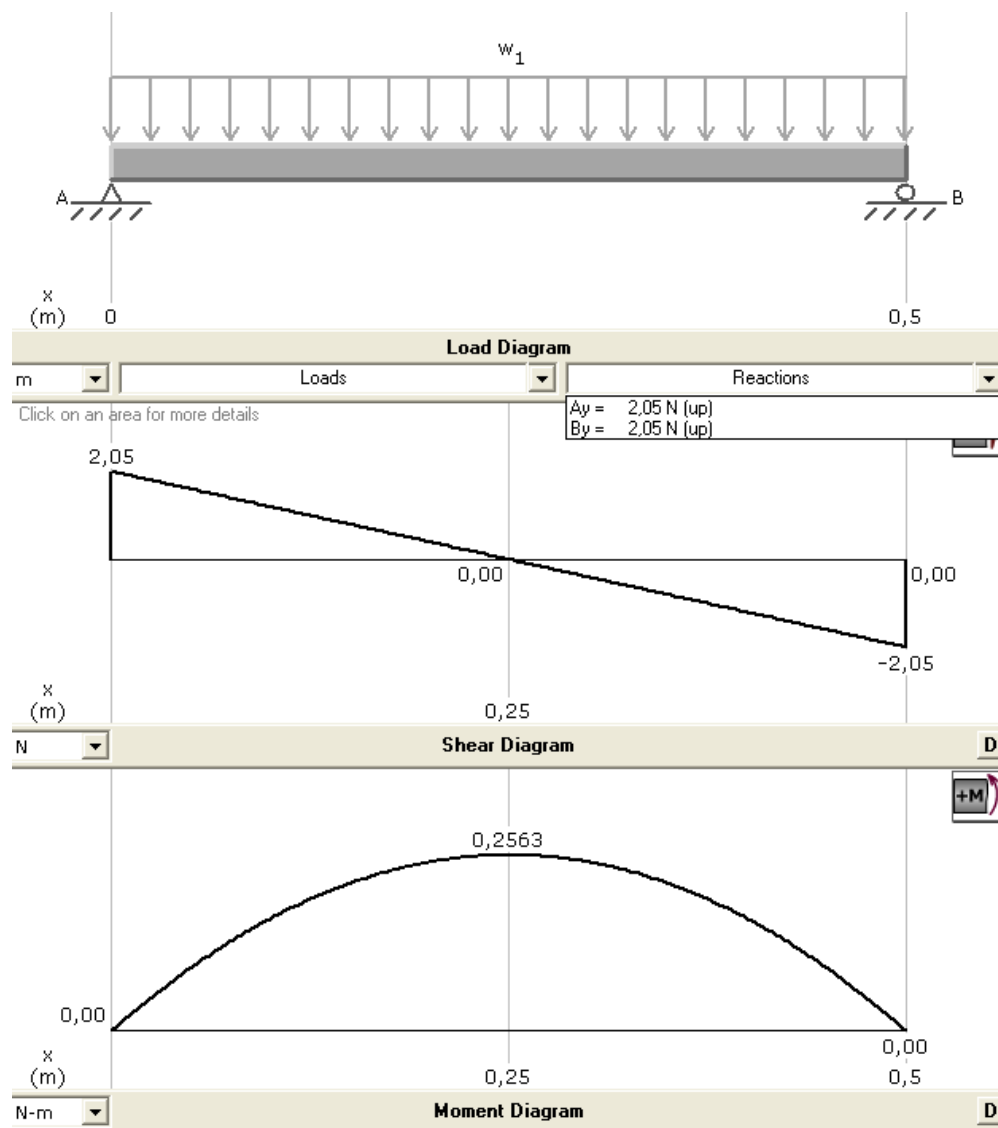


Figura 4.4 Diagramas cortes y momentos del rodillo

Donde:

w1: Peso de los frutos, 0.43 [kg]

A, B: Apoyos del rodillo

Las reacciones A y B se determina dividiendo el peso para a las reacciones $A=B=W1/2=2.07N$.

Se considera que el rodillo debe ser construido en madera para no averiar los frutos y además para tener mayor adherencia con la base deslizamiento. Con la siguiente ecuación 4.1 se determina el diámetro del eje.

$$d_r = \left[\frac{32 * n}{\pi * S_y} (M^2)^{1/2} \right]^{1/3} \quad (4.1)^6$$

Donde:

d_r: diámetro del rodillo, en [mm]

n: factor de seguridad, n = 1

M: Momento máximo, 0.25 [Nm]

S_y: Módulo de elasticidad, 104 [Kg/cm²], ver anexo A6

Reemplazando valores en la ecuación 4.1 se obtiene el diámetro del eje:

⁶ Norton Robert; Elementos de máquinas, Cuarta Edición

$$d_r = \left[\frac{32 \cdot 1}{\pi \cdot 10^4} (0.25^2)^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$d_r \approx 6[\text{mm}]$$

Puesto que para tornearse el diámetro de 6mm es muy pequeño, por lo tanto escogemos un diámetro de 27mm el cual se puede tornearse.

4.3.1.3 Separaciones entre rodillos

Los rodillos deben evitar que caigan los frutos. El diámetro del fruto más pequeño según la tabla 4.1 es de 32mm se considera para dimensionar la separación entre rodillos d_1 , además restamos una separación de 5mm debido a que pueden existir frutos con menores diámetros, por lo tanto:

$$d_1 = d_{\min} + d_r - 5[\text{mm}]$$

Donde:

d_1 : Distancia entre centros de rodillos

d_{\min} : Diámetro mínimo del fruto

d_r : Diámetro del rodillo

Reemplazando datos tenemos:

$$d_1 = 32[\text{mm}] + 27[\text{mm}] - 5[\text{mm}]$$

$$d_1 = 54[\text{mm}]$$

En la siguiente figura se observa la forma de separación entre rodillos.

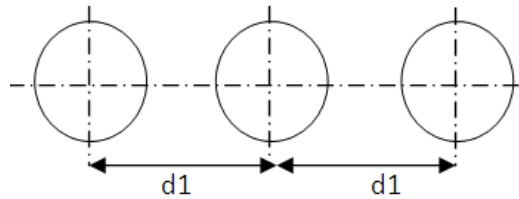


Figura 4.5 Separación entre rodillos

4.3.2 VELOCIDAD DEL SISTEMA DE AVANCE

La distancia $d1$ se convierte en celeridad por segundo del sistema de avance y su celeridad angular depende del radio de la catalina.

Puesto que la distancia $d1$ es la separación entre rodillos, entonces la distancia $d1$ se convierte en el paso de la cadena o la suma sus pasos, considerando una catalina con diámetro de 4 pulg = 101.6mm y 24 dientes.

El perímetro de la catalina $p = 2 * \pi * r = 319.18\text{mm}$.

Por lo tanto el tiempo t que se demora en recorrer una revolución se determina mediante la ecuación 4.2.

$$t = d/v \quad (4.2)$$

Donde:

d: Distancia del perímetro, en mm

v: velocidad, en mm.s

Reemplazando datos en la ecuación a tenemos:

$$t = \frac{319.18}{d1.s}$$

$$t = 5.91 [s]$$

Lo que equivale a 10.15 rpm

La velocidad angular es se determina mediante al síguete ecuación 4.3:

$$\alpha 1 = \frac{2 * \pi}{5.91s} \quad (4.3)$$

$$\alpha 1 = 1.1[\text{rad/s}]$$

4.3.3 DIMENSIONAMIENTO DEL EJE DE TRANSMISIÓN

El sistema de avance presenta una resistencia debido al rozamiento entre el rodillo y la base de deslizamiento. En la siguiente figura se representa las fuerzas que intervienen en el conjunto de rodillos.

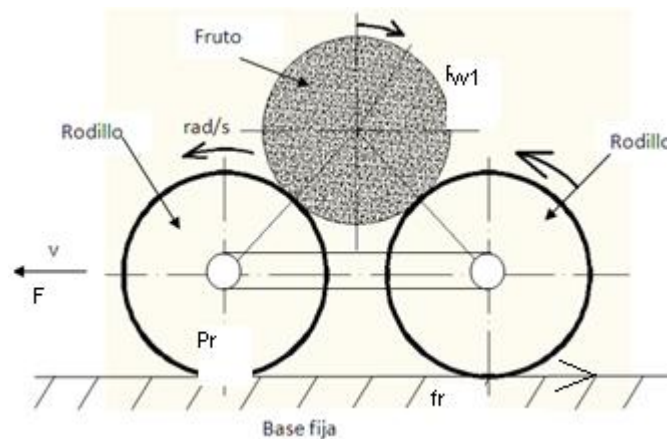


Figura 4.6 Fuerzas del conjunto de rodillos

El peso del rodillo P_r es equivalente a 0.25 kg y el peso de los frutos $w_1 = 0.43$ Kg.

Los rodillos se deslizan por la platina ASTM A36 a un ángulo de 35° . Para encontrar el coeficiente de rozamiento μ se utiliza la siguiente ecuación.

$$\theta = \tan^{-1}(\mu) \quad (4.4)$$

Reemplazando el ángulo de 35° se encuentra μ .

$$\mu = 0.7.$$

La fuerza de rozamiento se determina mediante la siguiente ecuación.

$$fr = \mu * (w1 + P1) \quad (4.5)$$

$$fr = 0.7 * (0.43kg + 0.25kg)$$

$$fr = 4.5[N]$$

Utilizando la siguiente ecuación se determina la fuerza necesaria para mover el sistema.

$$F = m * a \quad (4.6)^7$$

$$(F - fr) * dt = m * dv$$

Donde:

F: fuerza necesaria para mover el rodillo

fr: fuerza de rozamiento

m: masa sobre el rodillo

a: Aceleracion del sistema

Reemplazando valores se tiene lo siguiente:

$$(F - fr) \int_0^1 dt = \left(\frac{w1+P1}{9.8} \right) * \int_0^{0.54} dv \quad (4.6)^8$$

$$F = 4.4[N]$$

⁷ Raymond A. Serway; Física Para Ciencias e Ingeniería, Sexta Edición, pág. 117

⁸ Raymond A. Serway; Física Para Ciencias e Ingeniería, Sexta Edición, pág. 117

El sistema de avance sólo puede llevar frutos en la parte superior, considera un total de 39 rodillos sobre el sistema se determinar la fuerza total F_t que se requiere para mover el sistema.

$$F_t = (39/2) * F$$

$$F_t = 86 \text{ N}$$

El par torsional T provocado en el eje se determina mediante la siguiente ecuación.

$$T = F_t * r \quad (4.7)^9$$

Donde:

r: Radio de la catalina

Reemplazando valores tenemos:

$$T = 86 \text{ N} * 0.05 \text{ m}$$

$$T = 4.25 [\text{N.m}]$$

La potencia necesaria para mover el sistema se determina mediante la siguiente ecuación.

$$P = T * n \quad (4.8)^{10}$$

Donde:

P: Potencia en W

n: Revoluciones por minuto

Reemplazando valores en la ecuación tenemos:

$$P = 44 \text{ W}$$

⁹ Robert L. Mott; Diseño de Elementos de Maquinas, Edición 2006, Pág. 54

¹⁰ William F. Riley; Ingeniería Mecánica Dinámica, tercera edición.

Para el dimensionamiento del eje se utiliza el método de Soderberg, este método se emplea para calcular las dimensiones requeridas de un elemento de máquina que debe soportar un esfuerzo constante.

Para este caso el eje está sometido a torsión y flexión constante como se observa en la siguiente figura, la longitud del eje $L_{eje} = 700\text{mm}$. En la siguiente figura 4.7 se presenta el esquema de fuerzas.

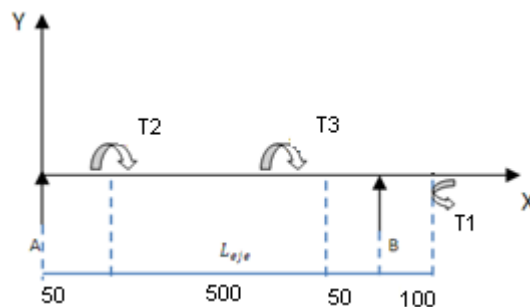


Figura 4.7 Esquema de fuerzas sobre el eje

Donde:

A, B: Carga sobre rodamientos

T1: Par torcional a causa del polea de transmisión

$T_2 = T_3 = \frac{T}{2} = 2.1[\text{N.m}]$: *Par torcional a causa del sistema de avance*

El torque T_1 es a causa de la transmisión de movimiento por la polea y se determina con la siguiente ecuación.

$$T_1 = \frac{P[\text{Kw}] * 9555}{N_2} \quad (4.9)^{11}$$

Reemplazando valores en la ecuación 4.9.

¹¹ Norton Robert; Elementos de máquinas, Cuarta Edición

$$T_1 = \frac{0.044 * 9555}{10.15 \text{rpm}} \approx 41 [\text{Nm}]$$

La fuerza producida por la transmisión se determina con la siguiente ecuación.

$$F_n = \frac{T_1}{\text{radio polea}} \quad F_s = F_n * (1.5) \quad (4.10)^{12}$$

Donde:

F_n : Fuerza de torsión

$F_s = P_1$: Fuerza de flexión

r : Radio de la polea conducida, 0.12m

$$F_n = \frac{7 [\text{Nm}]}{0.12\text{m}}$$

$$F_n = 58 [\text{N}]$$

$$F_s = 88 [\text{Nm}]$$

Las fuerzas de reacción que se originan en los apoyos se determinan mediante las sumatorias de fuerzas.

$$A = 94 [\text{N}]$$

$$B = 182 [\text{N}]$$

En la siguiente figura 4.8 y 4.9 se presente los diagramas de cortes y momentos respectivamente.

¹² Norton Robert; Elementos de máquinas

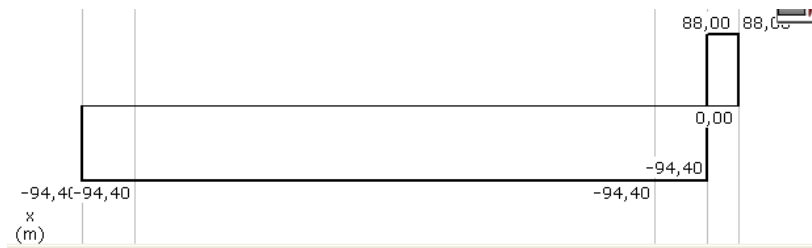


Figura 4.8 Diagrama de cortes

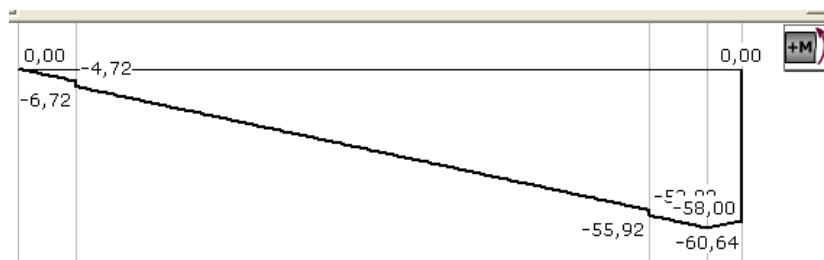


Figura 4.9 Diagrama de momentos del eje del sistema de avance

El diámetro del eje real se determina con la siguiente ecuación.

$$d_p = \left[\frac{32 \cdot n}{\pi \cdot S_y} (M^2 + T^2)^{1/2} \right]^{1/3} \quad (4.11)^{13}$$

Donde:

d_p : diámetro del eje, en [mm]

n : factor de seguridad, $n = 2$

M : Momento máximo, 60,64 [Nm]

T : Torque máximo, 7 [Nm]

S_y : Módulo de elasticidad del acero, ver anexo A2

¹³ Norton Robert; Elementos de máquinas

Reemplazando valores en la ecuación 4.11 se obtiene el diámetro del eje:

$$d_p = \left[\frac{32 \cdot 2}{\pi \cdot 207 \cdot E^5} (60.64^2 + 7^2)^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$d_p \approx 19 [mm]$$

Por lo tanto escogemos el eje de AISI 304 DE $\frac{3}{4}$ pulgada de diámetro, (ver anexo A2).

4.3.4 SELECCIÓN DEL MOTO REDUCTOR

Para la selección del moto reductor se da a conocer el momento de inercia que debe vencer el motor para que se produzca momento en el sistema de avance, y se determina con la siguiente ecuación.

$$P_{pot} = M_T * n * k \quad (4.12)^{14}$$

Donde:

P_{pot} : Potencia del motor, en [W]

M_T : Momento torsor, en [Nm]

n : Revoluciones por minuto

k : Factor de servicio; 1.5

El momento torsor se determina con la siguiente ecuación:

¹⁴ James Gere B.; Mecánica de materiales, tercera edición, pág. 909.

$$M_T = I_{eje} * w + M_o \quad (4.13)^{15}$$

Donde:

M: Momento torsor, en [Nm]

I_{eje}: Inercia del eje, en [Kg. m²]

w: Aceleración angular, en [rad/s²]

M_o = T: Momento del sistema de avance, 4.25[N.m]

Puesto que el sistema de avance alcanza en un segundo 1.1rad/s entonces su aceleración es 1.1 rad/s².

$$I_{eje} = \frac{\pi \cdot d_{eje}^4 \cdot l_e \cdot \rho_a}{32} * n_{ejes} \quad (4.14)^{16}$$

Donde:

d_{eje}: diámetro del eje, 19[mm] = 0.019[m]

l_e: longitud del eje, 0.7[m]

ρ_a: densidad del acero AISI 304, 7.8 [kg/cm³] = 7816.25[kg/m³]

n_{ejes}: Número de ejes

Reemplazando los valores en la ecuación 4.14 tenemos:

¹⁵ Robert L. Mott; Diseño de Elementos de Maquinas, Edición 2066, Pág. 54

¹⁶ Estática, Meriam; 2da. Edición, pág. 443

$$I_{eje} = \frac{\pi * 0.019^4 * 0.7 * 7816.25}{32} * 2$$

$$I_{eje} = 14 * 10^{-4} [kg/m^2]$$

Reemplazando datos en la ecuación 4.13 se obtiene el momento torsor.

$$M_T = 14 * 10^{-4} [kg/m^2] * 1.1 \frac{rad}{s} + 41 [N.m]$$

$$M_T \approx 41 [N.m]$$

Reemplazando datos en la ecuación 4.12 se determina la potencia del motor.

$$P_{pot} \approx 68 [W]$$

Puesto que en mercado no hay con la potencia seleccionada, entonces seleccionamos un motor reductor eléctrico BOSCH DC de 0.25Hp con 70prm.

4.3.5 SELECCIÓN DE CADENA DEL SISTEMA DEL AVANCE

La potencia del moto reductor se multiplica por un factor de servicio el cual es de 1.3 para cadenas de bajas revoluciones, para considerar las variaciones en las catalinas y se determina mediante la siguiente ecuación.

$$P^* = K_s * P_{pot} \tag{4.15}^{17}$$

Donde:

P^* : Potencia de diseño, en [Hp]

K_s : Factor de servicio dimensional, 1.3

P_{pot} : Potencia del moto reductor, 0.25[Hp]

¹⁷ Shigley J.; Diseño en Ingeniería Mecánica, 6ta edición, Pág. 820.

Colocando valores en la ecuación 4.15 se calcula la potencia de diseño.

$$P^* = 0.32[H_p]$$

Con la potencia de diseño seleccionamos una cadena ANSI 40-1, la cual cumple con las propiedades mecánicas. Ver anexo A1.

La longitud de la cadena debe determinarse en función del número de pasos, la longitud aproximada se obtiene mediante la siguiente ecuación.

$$\frac{L_{cad}}{p} = \frac{2C}{p} + \frac{N1+N2}{2} + \frac{(N2-N1)^2}{4\pi^2 \cdot (C/p)} \quad (4.16)^{18}$$

Donde:

L_{cad} : Longitud de cadena, [Pulg]

p : Paso de la cadena, 0.5 [Pulg]

C : Distancia entre centros, 33 [Pulg]

$N1, N2$: Número de dientes de la catalina, $N1 = N2 = 24$

La longitud de la cadena se obtiene reemplazando datos en la ecuación 4.16.

$$L_{cad} = 78[\text{Pulg}]$$

4.3.6 SELECCIONES DE POLEAS DEL SISTEMA DE AVANCES

La relación de reducción es igual a la velocidad de la p Polea motriz del moto reductor entre la velocidad de p Polea conducida.

¹⁸ Shigley J.; Diseño en Ingeniería Mecánica, 6ta edición, Pág. 822.

$$\frac{N1}{N2} = \frac{D1}{D2} \quad (4.17)^{19}$$

Donde:

D1: diámetro polea conductora, asumo [38mm]

D2: diámetro polea conducida, en [mm]

N1: Velocidad del moto reductor, en rpm

N2: Velocidad eje conducido, en rpm

Reemplazando valores en la ecuación 4.17 se tiene que:

$$D2 \approx 10[\text{Pulg}]$$

La distancia entre centros de poleas debe ser elegida de tal forma que permita colocar las poleas sin chocar y tampoco sea excesiva, la tabla 4.2 presenta las fórmulas para la distancia a seleccionar

$a_{\min} = 0.7(d + D)$	$a_{\max} = 2(d + D)$
Distancia mínima	Distancia máxima
entre centros a_{\min}	entre centros a_{\max}

Tabla: 4.2 Criterio de distancia máxima y mínima entre centros de polea
(Fuente: Norton Robert, diseño de máquinas)

La distancia mínima entre centros es:

$$a_{\min} = 0.7(38.1\text{mm} + 254\text{mm})$$

$$a_{\min} = 204[\text{mm}]$$

¹⁹ Shigley J.; Diseño en Ingeniería Mecánica, 6ta edición.

La distancia máxima entre centros es:

$$a_{m\acute{a}x} = 2(38.1mm + 254mm)$$

$$a_{m\acute{a}x} = 584[mm]$$

Entonces la distancia escogida a_o puede estar entre $204 \leq a_o \leq 584$

Para nuestro diseño escogemos una distancia entre ejes de $a_o = 280[mm]$.

4.3.7 SELECCIÓN DE BANDA DE TRANSMISIÓN DEL SISTEMA DE AVANCES

La longitud de la banda L_o se determina mediante la ecuación:

$$L_o = 2 * (a_o) + 1.57 * (D1 + D2) + \frac{(D1-D2)^2}{a_o * 4} \quad (4.18)^{20}$$

Reemplazando datos en la ecuación 4.18 se obtiene la longitud de la banda:

$$L_o = 1094[mm]$$

Para nuestro diseño seleccionamos la banda A-42 el cual cumple con las propiedades mecánicas, (ver anexo A8 y A9).

4.3.8 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

Puesto que el eje se encuentra sometido a carga radial, por lo tanto escogemos un rodamiento de bolas de una sola hilera.

²⁰ José L. Cortizo Rodríguez; Elementos de Maquinas, Edición 2004

La carga dinámica equivalente sobre el eje de transmisión es de 182N, para nuestro caso seleccionamos el rodamiento UC204-12.

En la siguiente tabla 4.3 se presenta la capacidad de carga del rodamiento.

Dimensiones				Capacidad de carga elemental		Límite de fatiga	Velocidad límite de giro para lubricación	Denominación del rodamiento
d	D	B	rs	Dinámica	estática	Pu	Con grasa	
mm				C_r	C_{0r}		min^{-1}	
3/4	42	12		12.8 KN	6.65	0,226	17000	UC204-12
0.6				KN				

Tabla 4.3 Características del rodamiento UC204-12

Fuente: NSR-Industry

El soporte con rodamiento orientable está formado por un rodamiento a bolas de una hilera con una junta de retén estanca a ambos lados y por los diferentes tipos de soporte.

El anillo externo del rodamiento a bolas está rectificadado en forma esférica al igual que el alojamiento del soporte para conseguir así un óptimo montaje que permita el auto alineamiento.

Debido que los rodamientos van junto a la pared en necesario colocar chumacera de pared F204 de 4 agujeros que se compone de un rodamiento UC204-12 rígido de bolas con anillo interior extendida y un alojamiento (housing) hecho de hierro fundido.

La superficie exterior del rodamiento y la superficie interna de la chumacera tienen forma esférica, lo que permite compensar un cierto grado de desalineación.

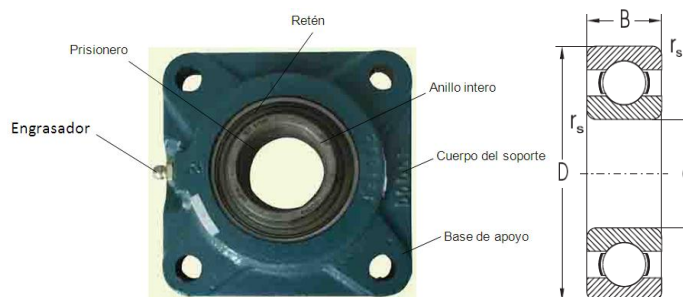


Figura 4.10 Chumacera F204

Fuente: <http://gimbelmexicana.com/tienda/catalogos/arts/1625>

4.4, SISTEMA DE DESESPINADO

Se encarga en limpiar las espinas de la epidermis del fruto, también debe proporcionar eficiencia en el desespinado.

4.4.1 PARTES CONSTITUTIVAS DEL CEPILLO

El cuerpo del cepillo de forma cilíndrica permite controlar la velocidad rotacional con facilidad el cual éste va solidario a un eje motriz. En la siguiente figura 4.12 se presenta las partes constitutivas del cepillo.

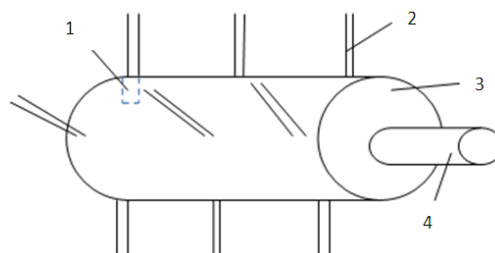


Figura 4.11 Esquema del cepillo

Este tipo de cepillo consiste básicamente en:

1. Canales de sujeción
2. Fibra

3. Cuerpo del cepillo
4. Eje del cepillo

4.4.1.1 Dimensionamiento de la fibra

Para lograr quebrar espinas del fruto es necesario completar 180° respecto al eje del fruto, si dividimos los 180° en tres partes iguales, el ángulos de inclinación de las fibras será de 60° a la derecha y 60° a la izquierda respecto al eje del cepillo, la inclinación de 90° se emplea para espinas que se encuentran paralelas a las fibras de 60° . En la siguiente figura se presenta la forma geométrica de las espinas y las fibras (ver Capítulo 1).



Figura 4.12 Inclinación de las fibras según el cuerpo del cepillo

Para calcular las longitudes de la fibra del cepillo tenemos que considerar la longitud del fruto f_{50} de la tabla 4.14, $f_{50}/2 = 5$ cm.

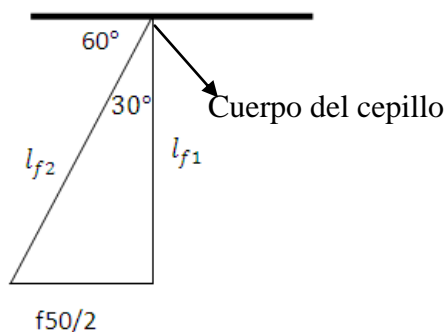


Figura 4.13 Triángulo geométrico de la fibra

$$l_{f1} = l_{f2} \cdot \cos(30) \quad (4.19)$$

Donde:

l_{f1} , l_{f2} : longitud de la fibra, en [mm]

Reemplazando datos tenemos:

$$l_{f1} = 8.66 \text{ [cm]}$$

$$l_{f2} = \frac{5}{\sin(30)}$$

$$l_{f2} = 10 \text{ [cm]}$$

Las fibras deben cumplir las siguientes características:

- Ser suaves
- buena recuperación elástica
- no contaminante

La fibra plástica ECOSAN SL con diámetro $\varnothing = 0.25 \text{ [mm]}$ La cual reúne estas características mecánicas necesarias para nuestro trabajo, la cual se aplica especialmente para el diseño de cepillos, (ver anexo A5).

4.5.1.3 Dimensionamiento de canales de sujeción

Para la sujeción de la fibra es necesario realizar agujeros en el cuerpo del cepillo, estos agujeros pueden tener una profundidad equivalente a los agujeros de una escoba, como apreciamos en la siguiente figura 4.15.

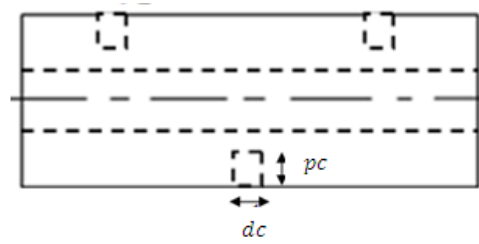


Figura 4.14 Perforación del canal sobre el cuerpo del cepillo

El diámetro del canal se determina con la siguiente ecuación.

$$d_c = 4 \sqrt{\left(\frac{a_c}{\pi}\right)} \text{ [mm]} \quad (4.20)$$

Donde:

d_c : diámetro del canal, en [mm]

p_c : profundidad del canal considerada, 15 [mm]

El diámetro del canal es de:

$$d_c = 4 \sqrt{\left(\frac{7.16}{\pi}\right)} \text{ [mm]}$$

$$d_c = 6.03 \text{ [mm]} \approx 1/4''$$

Para el diámetro del canal se considera el número de fibras y grapa, (ver anexo A5 y A7).

Área del canal = área de fibras + área de la grapa

$$a_c = n_{fc} * \pi * \left(\frac{\emptyset}{2}\right)^2 + 2 * \left(\frac{\emptyset_g}{2}\right)^2$$

$$a_c = 100 * \pi * \left(\frac{0.25}{2}\right)^2 + 2 * \pi * \left(\frac{1.2}{2}\right)^2$$

$$a_c = 4.90 + 2.26$$

$$a_c = 7.16[\text{mm}^2]$$

Donde:

a_c : área transversal del canal, en $[\text{mm}^2]$

n_{fc} : número de fibras consideradas, total 100[u]

Φ : diámetro de la fibra, en $[\text{mm}]$

Φ_g : diámetro de la grapa, en $[\text{mm}]$

4.4.1.4 Sujetadores de la fibra ECOSAN SL

Para sujetar la fibra en el cuerpo del cepillo es necesario doblar la fibra y sobreponer la grapa, esto permite sujetar al cuerpo del cepillo.

En la figura 4.15 y 4.16 se observa los pasos para sujetar la fibra al cuerpo del cepillo.

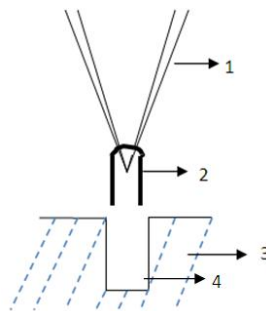


Figura: 4.15 Fibra sin sujetar

1 fibra del cepillo

2 grapa de sujeción

3 cuerpo del cepillo

4 canal de sujeción

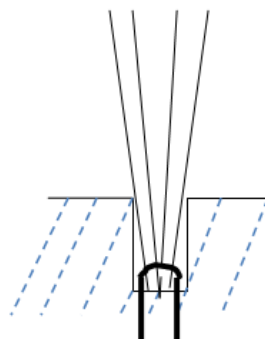


Figura 4.16 Fibra sujeta al cuero del cepillo

La sujeción de la fibra debe ser por medio de la grapa R-28 galvanizada para grapado manual, el cual brinda las propiedades adecuadas para la sujeción y no contaminantes en frutas y alimentos, (ver anexo A7).

4.4.1.5 Distribución de canales de sujeción.

La separación entre canales debe tener una separación adecuada para evitar que las espinas del fruto queden impregnadas en el cepillo. En la figura 4.17 se representa la distribución de los canales sobre el cuerpo del cepillo.

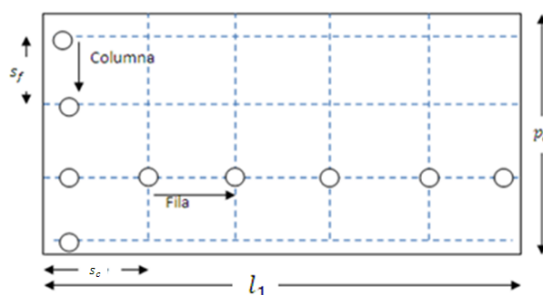


Figura 4.17 Esquema distribución de canales de sujeción

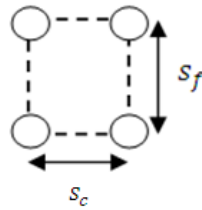


Figura 4.18 Separación entre canales

Donde:

s_f : separación entre filas, 3 [cm]

s_c : separación entre columnas, 2 [cm]

El número canales n_c de la fila se calcula en base a la longitud del cepillo y separación entre columnas, donde:

$$n_c = \frac{l_1}{s_c} \quad (4.21)$$

Donde:

n_c : número de columnas

$$n_c = \frac{50 \text{ [cm]}}{2 \text{ [cm]}}$$

$$n_c = 25 \text{ [canales]}$$

4.4.1.6 Dimensionamiento del cuerpo del cepillo

La longitud del cepillo l_1 es igual a la longitud del rodillo entonces $l_1=500\text{mm}$. En la siguiente figura 4.19 se presenta la forma del cuerpo del cepillo.

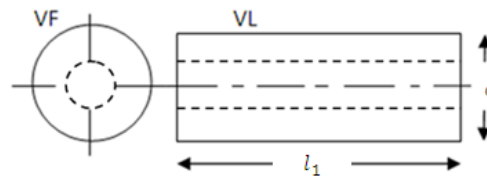


Figura 4.19 Esquema cuerpo del cepillo

El diámetro del cuerpo del cepillo d se determina con la siguiente ecuación:

$$d = (n_f * s_f) / \pi \quad (4.22)$$

Donde:

d : *diámetro del cuerpo del cepillo, en [cm]*

n_f : *número de filas, 8 [u]*

s_f : *separación entre filas, en [cm]*

Reemplazando valores en la ecuación 4.22 se determina el diámetro.

$$d = (8 \text{ cm} * 3 \text{ cm}) / \pi$$

$$d = 7.63 [\text{cm}]$$

El cuerpo del cepillo debe ser construido en madera de laurel, el cual brinda propiedades mecánicas adecuadas. Este tipo de madera semi-dura y buena resistencia, acepta penetración de clavos y pernos con peso de **3.18 [kg]** por cada cepillo, (ver anexo A6).

4.4.2 SISTEMA DE TRANSMISIÓN

4.4.2.1 Selección del motor

Para la selección del motor se da a conocer el momento de inercia, la inercia se debe a la masa de los cepillos.

$$P = M_T * \text{rpm} \quad (4.23)^{21}$$

Donde:

M_T : *Momento torsor a causa de la masa del cepillo*

El M_T se determina mediante la siguiente ecuación:

$$M_T = I_{cc} * \alpha \quad (4.24)$$

Donde:

I_{cc} : *Inercia del cepillo*

α : *Velocidad angular*

El cuerpo del cepillo se considera un tubo macizo, la siguiente ecuación permite determinar la inercia de un eje macizo.

$$I_{cc} = \frac{\pi * L * \rho_{mad} * (d)^4}{32} * n_c \quad (4.25)^{22}$$

Donde:

I_{cc} : *Inercia del cuerpo del cepillo*

L : *Longitud del cepillo, 0.5[m]*

ρ_{mad} : *densidad de la madera de laurel, 675[kg/m³]*

²¹ James Gere B.; Mecánica de materiales, tercera edición, pág. 909.

²² Robert L. Mott; Diseño de elementos de máquinas, Edición 2006

$d_{ext} = \text{diámetro del cuerpo del cepillo, } 0.076[m]$

n_c : Número de cepillos

Reemplazando los datos en la ecuación 4.25 se calcula la inercia del cuerpo del cepillo.

$$I_{cc} = \frac{\pi * 0.5 * (0.076)^4 * 675}{32}$$

$$I_{cc} = 0.0033[kg/m^2]$$

Se produce un momento opuesto cuando los frutos pasan bajo los tres cepillos, considerando los frutos de mayor tamaño de la tabla 4.1 y una cantidad de 15 frutos y un peso de 1.31 kg, entonces:

$$M_T - M_O = \sum I * \alpha \quad (4.26)^{23}$$

Donde:

M_T : Momento torsor que realiza el motor al eje, en [Nm]

M_O : Momento opuesto a causa del deslizamiento de los frutos, en [Nm]

α : Velocidad angular

Para determinar M_O se determina mediante la siguiente ecuación.

$$M_O = m * g * r \quad (4.27)^{24}$$

m : masa de los frutos, 1.31[kg]

g : gravedad, 9.8 $[m/s^2]$

²³ Robert L. Mott; Diseño de elementos de máquinas, Edición 2006

²⁴ Robert L. Mott; Diseño de elementos de máquinas, Edición 2006

$$r = \text{radio del cepillo, } 0.12 \text{ [m]}$$

Reemplazando en la ecuación 4.27 se obtiene el momento M_o :

$$M_o = m \cdot g \cdot \left(\frac{d}{2} + l_{f1} \right)$$

$$M_o = 1.31[\text{kg}] * 9.8 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] * 0.12 \text{ [m]}$$

$$M_o = 1.5[\text{N.m}]$$

Para determinar la aceleración angular se supone que el motor alcanza 500 rpm o 52.35 rad/s. La velocidad puede variar de acuerdo a la limpieza de las espigas, su aceleración es:

$$\alpha = 52.35 \text{ rad/s}^2$$

Aplicando los valores en la ecuación 4.23 se obtiene el momento torsor en el eje.

$$M_T - 1.5[\text{Nm}] = (3.3 * 10^{-3}) [\text{kg.m}^2] * 52.35 \text{ rad/s}^2$$

$$M_T = 1.5 [\text{Nm}]$$

La potencia del motor se da reemplazando valores en la ecuación 4.23:

$$P = 1.5 * 500 \text{ rpm}$$

$$P = 750[\text{W}]$$

Dado que en el mercado no existe con la potencia calculada, entonces seleccionamos un motor de 1 [Hp] con 1400 rpm.

4.4.2.2 Dimensionamiento de ejes de transmisión

Cada eje soporta el peso del cepillo w_1 , el cual se encuentra distribuido a lo largo del eje con un peso de $5\text{kg}=49\text{N}$. Por lo que el eje se encuentra sometido a flexión.

Tenemos que considerar que la cámara de desespinado tiene 3 cepillos y un eje por cada cepillo, como podemos apreciar en la siguiente figura 4.20

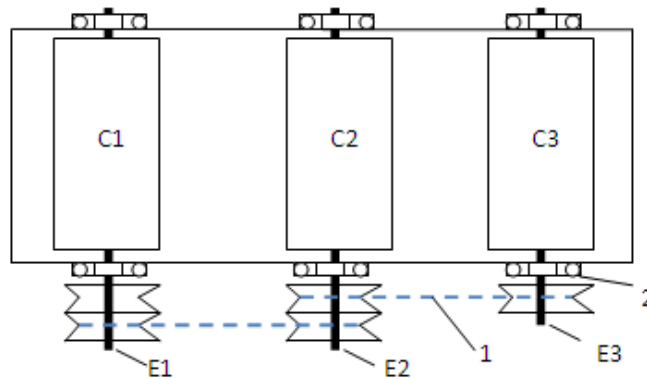


Figura 4.20 Transmisión del sistema de desespinado

Donde:

1: *banda*

2: *Chumacera*

C1, C2 y C3: *cepillos*

E1, E2 y E3: *Ejes de transmisión*

Los ejes de transmisión deben ser construidos con acero inoxidable AISI 1018 el cual brindan las propiedades mecánicas adecuadas, ver anexo A2.

En la figura 4.21 se presenta el esquema del sistema de transmisión, el eje E1 tiene dos poleas una como polea conducida y la otra como polea conductora para los ejes E2 y E3 del sistema.

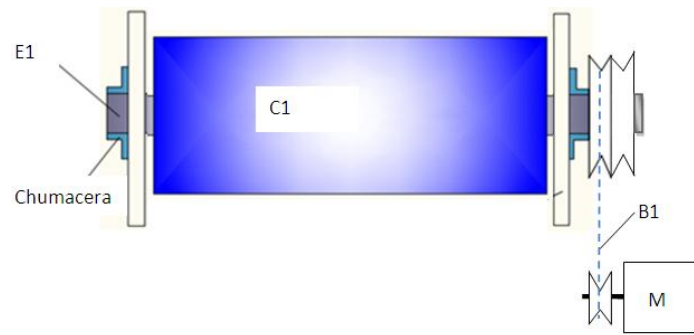


Figura 4.21 Esquema de transmisión del eje E1

A continuación presentamos el diagrama de cuerpo libre respecto al primer eje, en este caso el eje E1.

Este eje está sometido a torsión constante y flexión constante, que es un tipo común de carga en un eje de transmisión, en la siguiente figura 4.23 presentamos un esquema para distinguir el plano de coordenadas el cual vamos a tomar en cuenta para el cálculo de las diferentes reacciones.

El motor se encuentra paralelo al eje Y, donde su potencia es entregada al eje E1 y éste perpendicularmente a su vez entrega el movimiento a los ejes E2 y E3

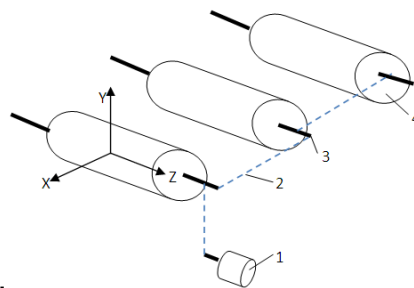


Figura 4.22 Plano referencial del sistema de transmisión

Donde:

- 1: motor
- 2: bandas
- 3: eje
- 4: cepillo

A continuación se presenta la figura 4.23 con el diagrama de fuerzas que intervienen en el eje E1, las longitudes se dan en cm.

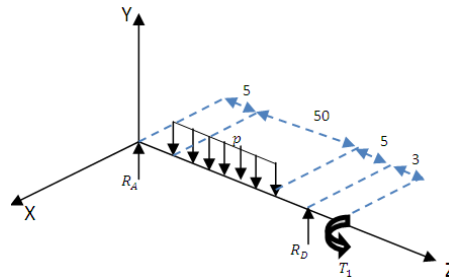


Figura 4.23 Fuerzas que intervienen en el eje E1

Donde:

A y B: Carga sobre el rodamiento, en [N]

T₁: Torque probocado la transmisión, en [Nm]

p: Peso del cepillo distribuido por unidad de longitud, 31.36 [N]

Puesto que el M_T se determinó para los tres ejes, luego el torque T en un solo eje

$$\text{es: } T_1 = \frac{M_T}{3} = 0.5 [\text{N.m}]$$

El torque T1 producido en el plano Y-Z

$$T_1 = 0.5 [\text{N.m}]$$

La fuerza producida por la transmisión

$$F_n = \frac{T_1}{r} \quad F_s = F_n * (1.5) \quad (4.28)^{25}$$

Donde:

F_n: Fuerza de torsión

²⁵ Robert L. Mott; Diseño de elementos de máquinas, Edición 2006

F_s : Fuerza de flexión

$$F_n = T_1 = 10.19[N] \quad F_s = 15.27[N]$$

Torque T1 producido en el plano X-Z

$$T_1 = \frac{0.088kW\left(\frac{2}{3}\right) * 9555}{500 \text{ r.p.m}}$$

$$T_1 = 1.12[N - m]$$

Las fuerza producida por la transmisión

$$F_n = 20.38[N] \quad F_s = 30.57[N]$$

Sumatoria de fuerzas y momentos

Para calcular los momentos y reacciones sobre el eje E1, tenemos que tener en cuenta las direcciones de las fuerzas.

En la siguiente figura 4.24 se presenta los datos obtenidos mediante el programa mdsolids.

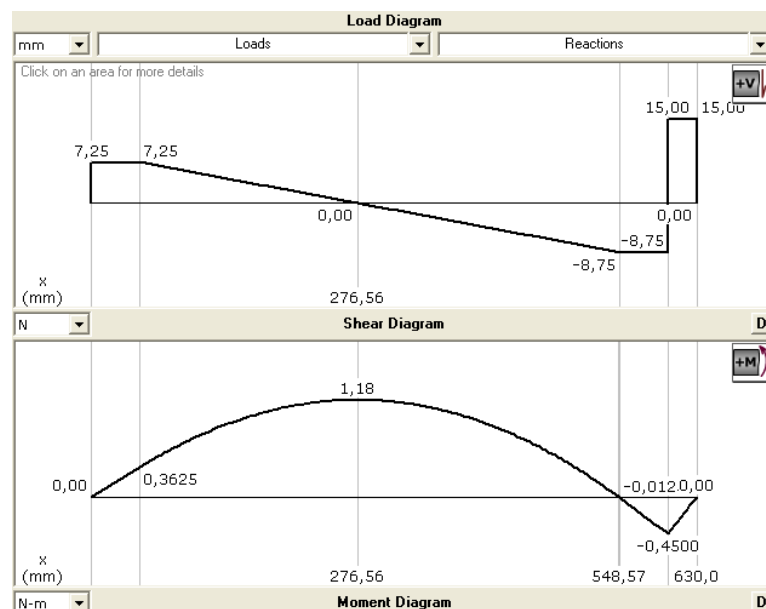


Figura 4.24 Diagrama de cortes y momentos del plano X-Y

Las reacciones en el plano Y-Z son:

$$A_Y = 7[N]$$

$$B_Y = 24[N]$$

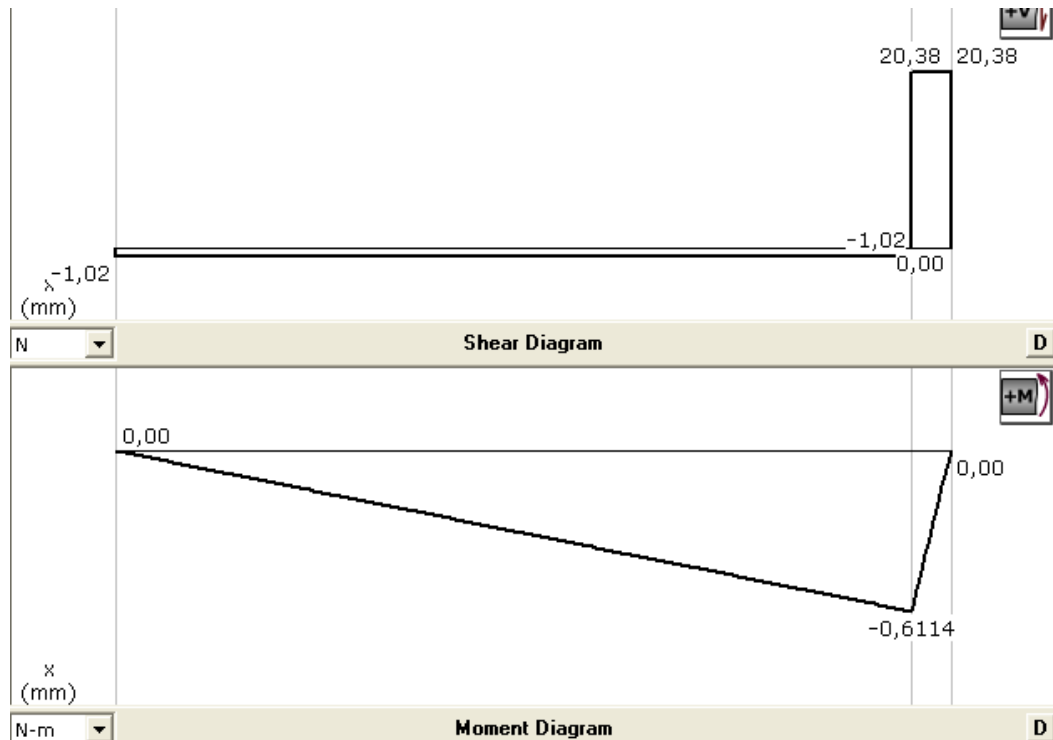


Figura 4.25 Diagrama de cuerpo libre, plano X-Z

Las reacciones en el plano X-Z son:

$$A_x = 1.1[N]$$

$$B_x = 21[N]$$

Para el cálculo del diámetro de eje el factor de seguridad n es de 2, además el diámetro del eje está sometido a flexión y Cuando sobre el eje actúan cargas en distintos planos, estas se descomponen en dos planos mutuamente perpendiculares, en los cuales son determinados los momentos flectores M_x y M_y máximos. Con el objetivo de hallar el momento resultante tenemos.

$$M_{m\acute{a}x} = \sqrt{Mx^2 + My^2} \quad (4.29)^{26}$$

Reemplazando valores en la ecuaci3n 4.29 se determina el momento máximo.

$$M_{m\acute{a}x} = \sqrt{1.18^2 + 0.61^2}$$

$$M_{m\acute{a}x} = 1.5[N.m]$$

$$T_{m\acute{a}x} = 2.09[N.m]$$

Con la siguiente ecuaci3n 4.12 se determina el diámetro del eje.

$$d_p = \left[\frac{32 * n}{\pi * S_y} (M^2 + T^2)^{1/2} \right]^{1/3} \quad (4.30)^{27}$$

Donde:

d_p : diámetro del eje

n : factor de seguridad 2

Reemplazando valores en la ecuaci3n 4.30 se tiene el diámetro del eje:

$$d_p \approx 19[mm]$$

Puesto que los momentos en el eje E1 es igual a los ejes E2 y E3, entonces seleccionamos un diámetro igual. Por lo tanto escogemos el eje de 3/4 pulgada de diámetro para los 3 ejes (ver anexo A2).

4.4.2.3 Selecci3n de poleas del sistema de desespinado

²⁶ Norton Robert; Elementos de máquinas

²⁷ Norton Robert; Elementos de máquinas

La máquina desespinaadora de tunas, utiliza un sistema de transmisión de potencia por medio de banda, por lo que hay que considerar el tipo de banda a utilizar y el diámetro de las poleas.

En la siguiente figura 4.26 se presenta el esquema del sistema de transmisión, donde la polea 1 debe ser de menor diámetro para reducir la velocidad, mientras que las poleas conducidas 2, 3 y 4 son de igual dimensión, esto permite que la velocidad sea igual en los cepillos.

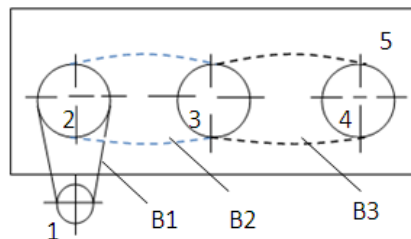


Figura 4.26 Sistema de transmisión por banda de la máquina

Donde:

- 1: *polea conductora*
- 2, 3 y 4: *poleas conducidas*
- 5: *base lateral de la cámara*
- B1, B2 y B3: *bandas en V*

Para un tipo de motor eléctrico estándar de 0.5 Hp a 1400 rpm, se recomienda una polea motriz menor o igual a 3 pulgadas, para nuestro diseño escogemos 2 $\frac{3}{4}$ pulgada.

La relación de reducción de velocidad es igual a la velocidad de la polea motriz entre la velocidad de polea conducida.

$$r_{red} = \frac{r.p.m \text{ motriz}}{r.m.p \text{ conducida}} \quad (4.31)^{28}$$

²⁸ Robert L. Mott; Diseño de elementos de máquinas, Edición 2006, pág. 408

Donde:

r_{red} : relación de reducción

Reemplazando en la ecuación 4.31 se determina la relación de reducción.

$$r_{red} = \frac{1400 \text{ r.p.m}}{500 \text{ r.p.m}}$$

$$r_{red} = 2.8$$

La relación de transmisión de poleas se determina mediante la siguiente ecuación.

$$r_{red} = \frac{D_m}{d_m} \quad (4.32)^{29}$$

Donde:

d_m : diámetro de la polea motriz

D_m : diámetro de la polea conducida

Reemplazando datos en la ecuación 4.32 se determina la polea conducida

$$2.8 = \frac{114.3[mm]}{d_m}$$

$$d_m = 40.8 [mm]$$

La distancia entre centros de poleas debe ser elegida de tal forma que permita colocar las poleas sin chocar y tampoco sea excesiva.

$a_{\min} = 0.7(d + D)$	$a_{\max} = 2(d + D)$
Distancia mínima entre centros a_{\min}	Distancia máxima entre centros a_{\max}

²⁹ Robert L. Mott; Diseño de elementos de máquinas, Edición 2006, pág. 206

Tabla 4.4 Criterio de distancia máxima y mínima entre centros de polea para el sistema de desespinado

Fuente: Norton Robert, diseño de máquinas

Por lo tanto La distancia mínima entre centros a_{min} es:

$$a_{min} = 0.7(69.85mm + 114.3mm)$$

$$a_{min} = 228,9[mm]$$

La distancia máxima entre centros a_{max} es:

$$a_{m\acute{a}x} = 2(69.85mm + 114.3mm)$$

$$a_{m\acute{a}x} = 368.3[mm]$$

La distancia puede ser $228,9 \leq a_o \leq 368.3$, donde a_o es elegido por el diseñador

Para nuestro diseño escogemos una distancia entre ejes de 0.3m lo cual permite el trabajo eficiente.

4.4.2.4 Selección de bandas de transmisión

En la ecuación 4.9 se presenta la ecuación que nos permite calcular la distancia de la banda.

$$L_o \approx 2 * (a_o) + 1.57 * (D_m + d_m) + \frac{(D_m - d_m)^2}{a_o * 4} \quad (4.33)^{30}$$

Donde a_o distancia previa entre centros de polea $a_{min} < a_o < a_{m\acute{a}x}$.

³⁰ Robert L. Mott; Diseño de elementos de máquinas, Edición 2006

Para obtener la longitud de la banda entre la polea 1 y 2 reemplazamos en la ecuación 4.33 tenemos se obtiene la longitud lo:

$$L_o = 2 * (300) + 1.57 * (114.34 + 40.8) + \frac{(114.34 - 40.8)^2}{300 * 4}$$

$$L_o = 848.07 [mm]$$

Para nuestro diseño seleccionamos la banda A37, el cual cumple con las propiedades y medidas adecuadas para nuestra máquina, el cual elegimos ésta, (ver anexo A7 y A8).

Longitud de la banda B2 y B3

La longitud de las bandas de B2 y B3 son las mismas debido a que están separadas por la misma longitud, además se conserva el diámetro de la polea conductora para no variar la velocidad de giro en los cepillos 2 y 3, entonces:

$$L_o = 2 * (300) + 1.57 * (114.34 + 114.34)$$

$$L_o = 960 [mm]$$

La banda A37 cumple con las propiedades de trabajo y longitudes, el cual elegimos ésta.

4.5.2.5 Selección de chaveta

Las funciones principales de la cuña son: Servir como un elemento de seguridad para ejes o elementos de mayor costo, fijar a la polea sobre su eje y también el de transmitir movimiento de rotación desde un eje hasta el elemento que lo soporta.

Se elige un acero (Bohler E910 "AISI 1010"), con una resistencia última de 320 N / mm² y un límite a la fluencia de 180 N / mm².

Es un acero para la fabricación de piezas pequeñas tales como chavetas, pasadores y prisioneros, exigidas principalmente al desgaste.

La longitud del cubo de una polea por lo general es mayor que el diámetro del eje para que exista estabilidad, el diámetro del eje es 19mm se elige una chaveta según (anexo A10), entonces las medidas de la chaveta son:

Altura 6mm y una profundidad 6mm, para la longitud l se encuentra entre $14mm \leq l \leq 56mm$, por lo tanto elegimos $l=20mm$, en la figura 4.27 se presenta la forma geométrica de la chaveta.

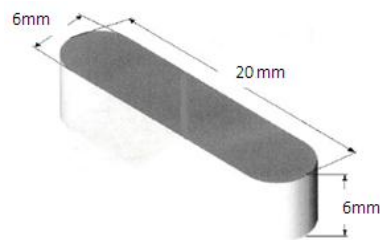


Figura 4.27 Dimensiones de la chaveta

4.5.2.6 Selección de rodamientos

La determinación del tamaño necesario del rodamiento se basa en las cargas esperadas y en la vida nominal deseada.

El rodamiento se escoge de acuerdo al diámetro del eje y de la carga dinámica equivalente, se escoge el rodamiento UC204-12.

El soporte con rodamiento orientable está formado por un rodamiento a bolas de una hilera con una junta de retén estanca a ambos lados y por los diferentes tipos de soporte.

El anillo externo del rodamiento a bolas está rectificadado en forma esférica al igual que el alojamiento del soporte para conseguir así un óptimo montaje que permita el autoalineamiento.

Debido que los rodamientos van junto a la pared en necesario colocar chumacera de pared F204 de 4 agujeros que se compone de un rodamiento UC204-12 rígido de bolas con anillo interior extendida y un alojamiento (housing) hecho de hierro fundido.

La superficie exterior del rodamiento y la superficie interna de la chumacera tienen forma esférica, lo que permite compensar un cierto grado de desalineación.

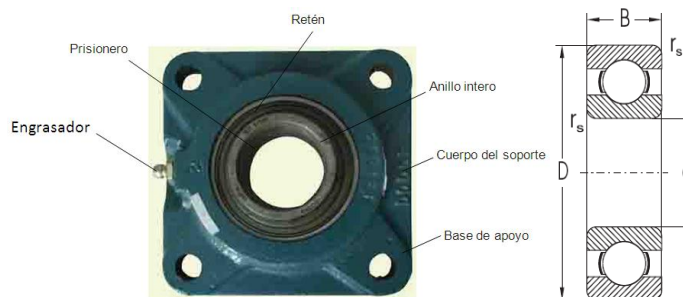


Figura 4.28 Chumacera F204

Fuente: <http://gimbelmexicana.com/tienda/catalogos/arts/1625>

En la siguiente tabla 4.4 se presenta las características del rodamiento UC204-12

Dimensiones				Capacidad de carga elemental		Límite de fatiga	Velocidad límite de giro para lubricación	Denominación del rodamiento
d	D	B	rs	Dinámica	estática	Pu	Con grasa	
min				C_r	C_{0r}			
mm				KN		KN	min^{-1}	
3/4	42	12		12.8 KN	6.65	0,226	17000	UC204-12
0.6				KN				

Tabla 4.5 Características del rodamiento UC204-12

(Fuente: NSR-Industry)

4.5.2.7 Vida nominal del rodamiento

Para el cálculo se toma en cuenta además de la carga también la influencia del material de los componentes del rodamiento, las cualidades químicas y físico-mecánicas del lubricante y el régimen de la temperatura de trabajo.

$$L_{na} = a_1 \cdot a_{23} \cdot L_{10} \quad (4.34)^{31}$$

Donde:

L_{na} : Duración ajustada para la fiabilidad (100-n) % y otras condiciones no corrientes de funcionamiento $[10^6 \text{ rev}]$.

a_1 Factor de duración para fiabilidades diferentes al 90% de acuerdo con la tabla 6.

L_{10} - Duración elemental $[10^6 \text{ rev}]$

a_{23} -Factor de duración para material de cualidades no convencional que incluye el nivel de la tecnología de fabricación y las condiciones de funcionamiento, véase (anexo A12).

Valores del factor a_1		
Fiabilidad (%)	L_n	a_1
90	L_{10}	1,00
95	L_5	0,62
96	L_4	0,53
97	L_3	0,44
98	L_2	0,33
99	L_1	0,21

Figura 4.29 Valores del factor a_1
Fuente: NSR-Industry

Se considera $x = v/v_1$

³¹ www.skf.com

v - Viscosidad cinemática del lubricante bajo la temperatura de funcionamiento del rodamiento [$mm \cdot s^{-1}$].

v_1 - Viscosidad cinemática para la velocidad de giro prevista y la dimensión elegida del rodamiento. [$mm \cdot s^{-1}$].

La propiedad fundamental del aceite mineral es su viscosidad cinemática que disminuye al aumentar la temperatura. La viscosidad adecuada de la grasa v_1 se puede obtener del diagrama del (anexo A12) en función del diámetro medio ds del rodamiento $ds = (d+D)/2$ y de la velocidad de giro n . Si se conoce la temperatura de funcionamiento o si se puede determinar, mediante el diagrama del (anexo A13) se obtiene la grasa mineral adecuado y la viscosidad v de la grasa a utilizar de acuerdo al anexo A14, la temperatura normalizada internacionalmente de $40^\circ C$ la cual es necesaria para el cálculo de la relación α .

$$ds = (20 + 42)/2 [mm]$$

$$ds = 31 [mm]$$

La Velocidad de giro $n=500$ r.p.m y la temperatura del funcionamiento supuesta de $60^\circ C$ máximo.

Entonces:

$$v_1 = 15 mm^2 \cdot s^{-1} \quad \text{Aproximado}$$

$$v = 17 mm^2 \cdot s^{-1}$$

$$\alpha = 17/15$$

$$x = 1.13$$

Por lo tanto $a_{23} = 0.65$

La duración elemental L_{10} se determina con la siguiente ecuación.

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \quad (4.35)^{32}$$

Donde:

C: Capacidad de carga dinámica, en KN

P: Carga dinámica equivalente del rodamiento, en KN

p: exponente de la ecuación de vida (3 para rodamiento de bolas)

$$L_{10} = \left(\frac{12.8KN}{0.064KN}\right)^3$$

$$L_{10} = 200E^3 \text{ millones de revoluciones}$$

La duración ajustada se obtiene reemplazando en la ecuación 4.34 y una fiabilidad del 95%.

$$L_{na} = a_1 \cdot a_{23} \cdot L_{10}$$

$$l_{10} = 0.62 * 0.65 * 200E^3 [10^6 \text{ rev}]$$

$$l_{10} = 147E^3 [\text{millones de revoluciones}]$$

La duración encontrada es muy extensa con relación al número de horas de operatividad.

4.5 ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA

³² Norton; Robert; Elementos de máquinas

La estructura de la máquina debe proporcionar estabilidad a todos los sistemas. El ancho $p1$ se obtiene en base a la dimensión de los ejes del sistema de avance, para altura $p3$ se considera los diámetros de catalina del sistema de avance y cepillos, El largo $p2$ en base a la longitud del sistema de avance. En la siguiente figura 4.31 se presenta el esquema de la estructura.

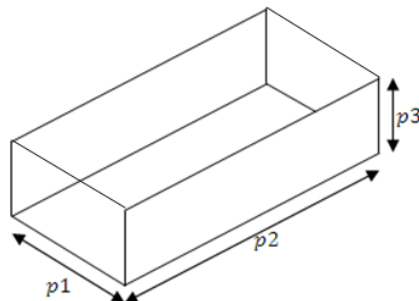


Figura 4.30 Esquema de la estructura

De apartados anteriores se obtiene que:

$$p1 = 600[mm]$$

$$p2 = 1100[mm]$$

$$p3 = 500[mm]$$

La plataforma de avance debe ser construida de plancha de tool galvanizado el cual proporciona propiedades adecuadas para nuestro diseño, es resistente a la oxidación y no es contaminante para frutas. Los espesores pueden ser de 2mm para asegurar la rigidez de la misma ver (anexo A4).

Para dimensionar la estructura tenemos que tener en cuenta las fuerzas que actúan sobre ella y a demás sus respectivas longitudes.

Como podemos apreciar en la siguiente figura 4.31 las paredes laterales de la cámara soportan el peso de los cepillos y estas transmiten su peso a la estructura de sujeción

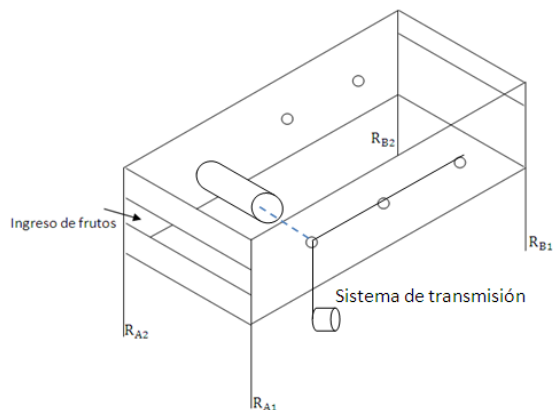


Figura 4.31 Estructura de sujeción de la cámara

4.5.1 ESTRUCTURA PRINCIPAL

Sobre el soporte lateral derecho de la cámara están apoyados los cepillos y además el peso de los frutos cuando se encuentran en el proceso de limpieza, para lo cual representaremos sus pesos como se observa en la siguiente figura 4.32.

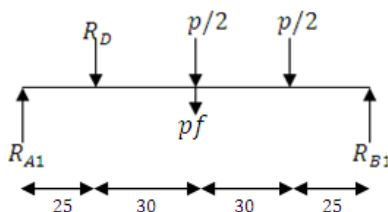


Figura 4.32 D.C.L soporte lateral derecha de la cámara

Donde:

pf : peso de frutos sobre la cámara, 8.16 [kg]

R_{A1} : carga sobre la barra A1, en [kg]

R_{B1} : carga sobre la barra B1, en [kg]

R_D : carga sobre el rodamiento Dy , 3.18[kg]

p : peso del cepillo , 3.18[kg]

$$\sum F_Y = 0$$

$$R_{A1} - R_D - 2 * \frac{p}{2} - \frac{pf}{2} + R_{B1} = 0 \quad (4.36)$$

El peso pf está distribuido de forma uniforme sobre la cámara, por esta razón se divide para los 4 apoyos.

$$\sum MA1 = 0$$

$$-0.25m * (R_D) - 0.55m * \left(\frac{p}{2}\right) - 0.55m * \left(\frac{pf}{2}\right) - 0.85m * \left(\frac{p}{2}\right) + 1.1m(R_{B1}) = 0$$

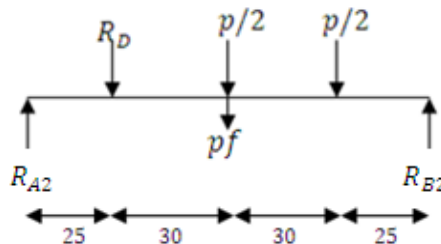
$$-0.25m * (3.18) - 0.55m * \left(\frac{3.18}{2}\right) - 0.55m * \left(\frac{8.16}{2}\right) - 0.85m * \left(\frac{3.18}{2}\right) + 1.1m(R_{B1}) = 0$$

$$R_{B1} = 4.780[kg]$$

Reemplazando en la ecuación 4.36 se determina la reacción A1 tenemos

$$R_{A1} = 5.66[kg]$$

Para encontrar las fuerzas que actúan en la parte lateral izquierda de la cámara se proceda a realizar similar al cálculo anterior, en la siguiente figura 4.33 se presenta



las fuerzas que intervienen.

Figura 4.33 D.C.L soporte izquierdo de la cámara

R_{A2}, R_{B2} : Carga que soporta las barras, en [kg]

R_{Ax} : Carga sobre el rodamiento E1, $14.8[N] \approx 1.5[kg]$

$$\sum M_{A2} = 0$$

$$-0.25m * (R_{Ax}) - 0.55m * \left(\frac{p}{2}\right) - 0.55m * \left(\frac{pf}{2}\right) - 0.85m * \left(\frac{p}{2}\right) + 1.1m(R_{B2}) = 0$$

$$-0.25m * (1.5) - 0.55m * \left(\frac{3.18}{2}\right) - 0.55m * \left(\frac{8.16}{2}\right) - 0.85m * \left(\frac{3.18}{2}\right) + 1.1m(R_{B2}) = 0$$

$$R_{B2} = 4.40[kg]$$

$$\sum FY = 0$$

$$R_{A2} - R_{Ax} - 2 * \frac{p}{2} - \frac{pf}{2} + R_{B2} = 0 \quad (4.37)$$

$$R_{A2} - 1.5 - 2 * \frac{3.18}{2} - \frac{8.16}{2} + 4.4 = 0$$

$$R_{A2} = 4.36[kg]$$

Las cargas que debe soportar la estructura es el peso de los cepillos y el peso de los frutos.

$$R_{A2} = 4.36[kg]$$

$$R_{B2} = 4.40[kg]$$

$$R_{A1} = 5.66[kg]$$

$$R_{B1} = 4.780[kg]$$

Puesto que las paredes laterales de la cámara están sometidas a flexión constante, además la carga que soporta se encuentra distribuida por toda la sección. Utilizando un acero A36 de 1.9 mm el cual cumple con las exigencias mecánicas, (ver anexo A16).

Para determinar si esta lámina que elegimos es la ideal utilizamos la siguiente ecuación.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (4.38)^{33}$$

Donde:

σ : Esfuerzo distribuido en la pared lateral

F: Fuerza en toda la sección lateral

A: área lateral de la estructura

Reemplazando valores en la ecuación 4.38 se obtiene el esfuerzo sobre la parte lateral.

$$\sigma = \frac{5.66[kg] + 4.78[kg]}{1.1m * 0.02}$$

$\sigma \approx 3.7 * 10^{-3} [kPa]$, lo cual no supera a normas del material seleccionado ASTM A-656.

³³ Shigley J.; Diseño en ingeniería mecánica, pág. 84

En la siguiente figura 4.34 se representa las diferentes dimensiones para realizar cortes de acuerdo a las medidas obtenidas en apartados anteriores.

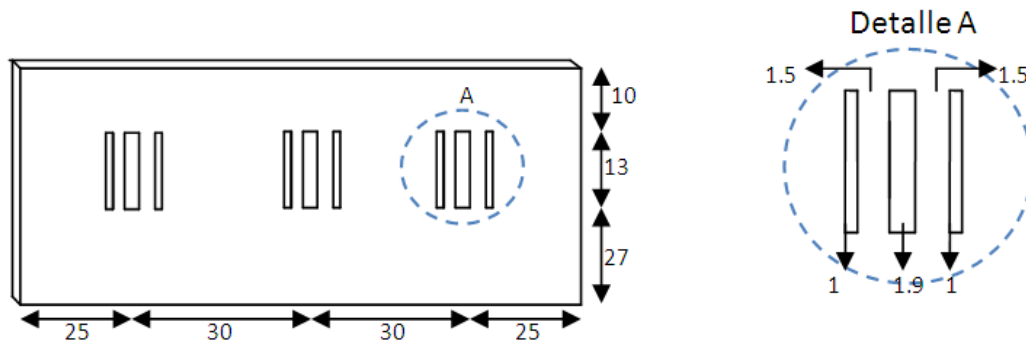


Figura 4.34 Cortes para sujeción de rodamientos

Por lo tanto el esfuerzo máximo que se produce en las paredes de la cámara no supera a las normas del material seleccionado, por lo tanto elegimos tool negro A36 de 3 mm de espesor, ver (anexo A4).

4.5.2 DIMENSIONAMIENTO DEL SOPORTE DE LA MÁQUINA

La máquina debe estar sobre un soporte que proporcione estabilidad, para nuestro diseño escogemos un perfil ángulo el cual deben proporcionar estabilidad y seguridad a la máquina, se debe considerar los pesos que se encuentran sobre los perfiles. Para realizar este cálculo se considera que se encuentra empotrado en los extremos como se indica en la figura 4.35 y se lo realiza por estabilidad.



Figura 4.35 Diagrama de cargas sobre el perfil vertical

El perfil a ser utilizado es un ángulo 30x30x4 mm, (ver anexo A3).

Debido a que el perfil se encuentra sometido a fuerza de aplastamiento, utilizamos la siguiente ecuación.

$$\lambda = \frac{K \cdot L}{r_{\min}} \quad (4.39)^{34}$$

Donde:

λ : *Esbeltez*

K : *Coefficiente de apoyo = 0.5* (Ver anexo A16)

L : *Longitud de la columna, 1000mm*

r_{\min} : *radio minimo = 10mm*

Reemplazando en la ecuación 4.39 se obtiene el valor de los *Esbeltez*:

$$\lambda = \frac{0.5 \cdot 1000 \text{ mm}}{10 \text{ mm}}$$

$$\lambda = 50$$

³⁴ http://es.wikipedia.org/wiki/Esbeltez_mec%C3%A1nica

Con el valor obtenido de la esbeltez nos vamos a la tabla del manual AISC, donde $F_a=20.35$ Ksi.

Utilizando la fuerza real de compresión se utiliza la siguiente ecuación.

$$f_a = \frac{R_A}{A} \quad (4.40)^{35}$$

Donde:

f_a : Esfuerzo real de compresión

R_A : Fuerza real de compresión

A : Área transversal del perfil, en $[cm^2]$

Para determinar la fuerza real de compresión R_A se debe determinar lo siguiente:

$$R_A = \text{peso de la cámara} + \text{peso de cepillos} + \text{peso tolva alimentación} \\ + \text{peso frutos dentro de cámara}$$

Para determinar el peso de la cámara y de la tova de alimentación utilizando el siguiente método.

$$\text{Peso} = \frac{L \cdot A \cdot E \cdot 7.85}{1000} [Kg]$$

Donde:

L : Largo, en $[mm]$

A : Ancho, en $[mm]$

E : Espesor, en $[mm]$

³⁵ http://fcm.ens.uabc.mx/~fisica/FISICA_II/APUNTES/ESFUERZO.htm

$$\text{Peso de cámara} = 2 * \left(\frac{1100 * 500 * 1.9 * 7.85}{1000} \right) + 2 * \left(\frac{600 * 500 * 1.9 * 7.85}{1000} \right)$$

$$\text{Peso de cámara} = 25.34[\text{Kg}]$$

$$\text{peso de cepillos} = 3 * 3.18 = 9.5[\text{Kg}]$$

$$\text{peso tolva alimentación} = 6.42[\text{Kg}]$$

$$\text{peso frutos dentro de cámara} = 8.16[\text{Kg}]$$

Por lo tanto:

$$R_A = 25.34[\text{Kg}] + 9.5[\text{Kg}] + 6.42[\text{Kg}] + 8.16[\text{Kg}]$$

$$R_A = 50[\text{Kg}] \text{ aproximadamente}$$

$$A = 2 * (3\text{cm} * 0.4\text{cm}) = 2.4[\text{cm}^2]$$

Luego reemplazando los datos en la ecuación 4.36 se obtiene el esfuerzo.

$$f_a = \frac{50[\text{Kg}]}{2.4[\text{cm}^2]}$$

$$f_a = 3.02[\text{Ksi}]$$

Con la ecuación 4.37 que es el factor de trabajo se obtiene la condición para que no falle el perfil.

$$l_a = \frac{f_a}{F_a} \leq 1 \quad (4.41)^{36}$$

$$l_a = \frac{3.02}{20.35} \leq 1$$

³⁶ http://fcm.ens.uabc.mx/~fisica/FISICA_II/APUNTES/ESFUERZO.htm

$$l_a = 0.14 \leq 1$$

La condición l_a cumple con lo requerido para que el sistema no falle.

4.5.3 DISEÑO DE JUNTAS EMPERNADAS

Se utiliza pernos UNF 5/16x1 pulg SAE Grado 1 cuya especificación es:

Resistencia mínima de prueba: $S_p = 33$ [Kpsi]

Esfuerzo de fluencia $S_y = 36$ [Kpsi]

Esfuerzo de rotura: $S_{ut} = 60$ [Kpsi]

El límite de resistencia a la fatiga es:

$$S_e = K_e * S'_e \quad (4.42)^{37}$$

Donde:

$$K_e = \frac{1}{k_f} = 0.333$$

$$S'_e = 19.2 + 0.314 * S_{ut} \quad ^{38}$$

$$S'_e = 38$$
[Kpsi]

Reemplazando en la ecuación 4.42 se tiene:

$$S_e = 12.66$$
[Kpsi]

³⁷ SHIGLEY, J.; Manual de diseño mecánico, Edición 6, pág. 315

³⁸ SHIGLEY, J.; Manual de diseño mecánico, Edición 6, pág. 408

La precarga debido al apriete antes de aplicar p es:

$$F_i = A_t * S_{ut} - \frac{C * n * P}{2 * n} \left(\frac{S_{ut}}{S_y} + 1 \right) \quad (4.43)^{39}$$

Donde:

F_i : precarga del perno debido al apriete y que existe antes de aplicar p

n : factor de seguridad

A_t : Área de tracción [in^2]

S_y : Esfuerzo de fluencia

N : Número de pernos

C : Constante de carga estática

$$C = \frac{k_b}{k_b + k_m} \quad (4.44)^{40}$$

Donde k_b se determina con la siguiente ecuación.

$$k_b = \frac{A * E}{l} \quad (4.45)^{41}$$

Donde:

A : Área del perno = $0.076[in^2]$

E : módulo de elasticidad del perno (acero al carbono) = $30 * 10^{-6}[psi]$

³⁹ <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r71365.PDF>

⁴⁰ SHIGLEY, J.; Manual de diseño mecánico, tala 8.6 diseño de tornillos sujetadores y uniones, Edición 6, pág. 409.

⁴¹ SHIGLEY, J.; Manual de diseño mecánico, diseño de tornillos sujetadores y uniones, Edición 6, pág. 409.

l : longitud de agarre, $\frac{1}{4}$ [pulg]

Reemplazando en la ecuación 4.45:

$$k_b = \frac{0.076 * 30 * 10^{-6}}{\frac{1}{4}}$$

$$k_b = 9.12 * 10^{-6} [Lb/pulg]$$

k_m Representa la rigidez de los elementos a unirse y es:

$$k_m = \frac{\pi * E * d}{2 \ln \left[5 * \frac{l + 0.5d}{l + 2.5d} \right]} \quad (4.46)^{42}$$

Donde:

E : módulo de elasticidad del acero = $30 * 10^{-6}$ [psi]

d : diámetro del perno, $1/4$ [in]

l : longitud de agarre, $5/16$ [in]

Reemplazando los datos en la ecuación 4.44 se obtiene la rigidez de los elementos.

$$k_m = \frac{\pi * 30 * 10^{-6} [psi] * 0.25}{2 \ln \left[5 * \frac{\frac{5}{16} + 0.5 * 0.25}{\frac{5}{16} + 2.5 * 0.25} \right]}$$

$$k_m = 14.1 * 10^{-6} [Lb/pulg]$$

Se reemplaza los valores de k_m y k_b en la ecuación 4.40 se tiene:

⁴² SHIGLEY, J.; Manual de diseño mecánico, diseño de tornillos, sujetadores y uniones, Edición 6, pág. 409.

$$C = \frac{9.12 \times 10^{-6} [\text{Lb/pulg}]}{9.12 \times 10^{-6} [\text{Lb/pulg}] + 14.1 \times 10^{-6} [\text{Lb/pulg}]}$$

$$C = 0.40$$

Luego la precarga que se aplica en el perno se debe encontrar entre los siguientes valores

$$0.6F_p \leq F_i \leq 0.9F_p$$

F_p Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$F_p = A_t * S_p \quad (4.47)^{43}$$

Donde:

F_p : Fuerza de prueba [psi]

A_t : Área de tracción, $0.076 [\text{in}]^2$

S_p : Resistencia mínima de prueba, $60 [\text{Kpsi}]$

Reemplazando en la ecuación 4.47 se obtiene la fuerza de prueba.

$$F_p = 4.56 [\text{Kpsi}]$$

Por lo tanto la precarga a aplicar en el perno debe encontrarse entre los valores:

$$2.73 \text{Kpsi} \leq F_i \leq 4.1 \text{Kpsi}$$

⁴³ SHIGLEY, J.; Manual de diseño mecánico, diseño de tornillos, sujetadores y uniones, Edición 6, pág. 403.

Se utiliza la ecuación 4.39 para un factor de seguridad $n=3$

$$F_i = 0.076 * 60 - \frac{0.40 * 3 * 9.3}{2 * N} \left(\frac{60}{12.66} + 1 \right)$$

$$F_i = 4.56 - \frac{15.84}{2 * N} \quad (4.48)^{44}$$

Realizando una iteración de la ecuación 4.48 se obtiene la siguiente tabla 4.4

N	F_i
10	1.36
12	1.89
16	2.56
18	4.1

Tabla 4.6 Iteración de número de pernos Necesarios entre los soportes y la estructura.

En base al resultado obtenido se concluye que se necesitan 16 pernos para la sujeción de la estructura a sus bases.

Con la siguiente ecuación se determina la carga C_p en cada tornillo

$$C_p = \frac{P}{N} \quad (4.49)^{45}$$

$$C_p = \frac{9.3}{18}$$

$$C_p = 0.51 [Kpsi] \text{ por tornillo}$$

⁴⁴ SHIGLEY, J.; Manual de diseño mecánico, diseño de tornillos, sujetadores y uniones, Edición 6

⁴⁵ SHIGLEY, J.; Manual de diseño mecánico, diseño de tornillos, sujetadores y uniones, Edición 6

Para comprobar la falla estática, se confirma el factor el factor de seguridad correcto

$$n = \frac{A_t * S_t * F_i}{C * P}$$

$$n = \frac{0.076 * 36 * 4.1}{0.40 * 9.3}$$

$$n = 3.1$$

Por lo tanto se concluye que la utilización de 18 pernos UNC grado 1 es una solución satisfactoria para la sujeción del soporte a la estructura del prototipo.

4.5.4 DIMENSIONAMIENTO DE BASE DE APOYOS

Una parte muy importante en el diseño son las partes soldadas ya que este procedimiento conduce a la calidad de sujeción y estabilidad de la máquina desespinaadora de tunas.

La fuerza de aplastamiento $F_a \approx 50$ kg, corresponde el peso del sistema que se encuentra en cada soporte, por lo tanto esta carga se considera puntual debido a que no existen fuerzas externas a esta.

La base es construida con platina ASTM A36 el cual proporciona las propiedades adecuadas para este diseño, ver (anexo A18).

Puesto que los dos materiales a unir son aceros laminados en frío y de bajo carbono, además el espesor no supera los 20 mm, entonces para realizar la soldadura no requiere precalentar los materiales.

Para nuestro caso utilizaremos un electrodo de acero de bajo carbono E-6011 según la norma AWS el cual es óptimo para este tipo de perfiles.

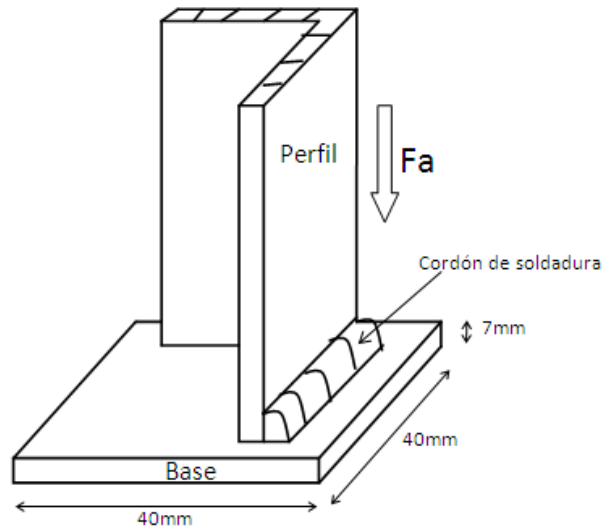


Figura 4.36 Unión base principal con base de apoyo

4.5.5 DIMENSIONAMIENTO BASE DE DESLIZAMIENTO

Esta base permite el deslizamiento de rodillos y a su vez a los frutos que se encuentren sobrepuestos, la base debe ir sujeta a la pared lateral de la estructura como de aprecia en la figura 4.37.

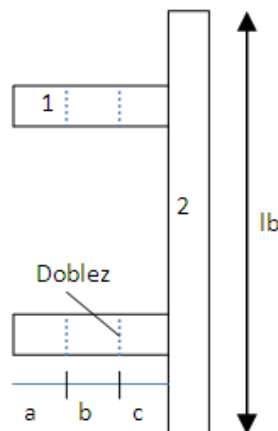


Figura 4.37 Esquema de base de deslizamiento

Donde:

1: *Apoyo*

2: *Base de deslizamiento*

lb: *Longitud de la base*

La longitud de la base *lb* se determina mediante la distancia entre centros de catalinas del sistema de avance menos dos veces el diámetro de la catalina para evitar rozamiento con dientes de la misma, y se determina con la siguiente ecuación.

$$lb = C - 2 * D_{cat} \quad (4.50)^{46}$$

Donde:

lb: *Longitud de la banda, en [mm]*

C: *Distancia entre centro de catalinas, 838[mm]*

D_{cat} = *Diámetro de la catalina, 101[mm]*

Reemplazando valores en la ecuación 4.50 se tiene:

$$lb = 636[mm]$$

Para los apoyos y base de deslizamiento no se considera el peso del sistema de avance. Los apoyos tienen un dobléz a, b y c de 70 mm por cada uno los cuales van sujetos a las paredes de la estructura mediante pernos de cualquier dimensión.

⁴⁶ Robert L. Mott; Diseño de elementos de máquinas, Edición 2006

Elegimos una platina ASTM de 2.8*25 mm, ver (anexo A18)

4.6 TOLVA DE ALIMENTACIÓN

Para la alimentación de la tuna se diseña un sistema que permita controlar el ingreso de las tunas hacia el sistema de avance; la entrada de las tunas se realiza manualmente por la parte superior de la tolva la cual está en función de las dimensiones del agujero de salida de la tolva, como se aprecia en la figura 4.38.

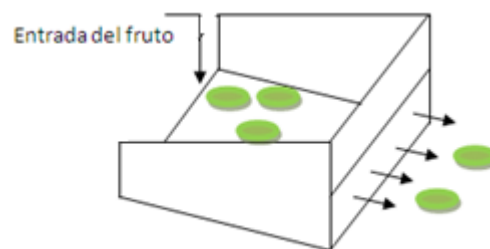


Figura 4.38 Esquema tolva de alimentación

4.6.1 DIMENSIONAMIENTO DE LA TOLVA DE ALIMENTACIÓN

El cálculo del ángulo de inclinación de la tolva se lo realiza geoméricamente mediante el coeficiente de rozamiento μ_s y el ángulo descrito por la inclinación de la tolva a utilizar.

$$\theta = \tan^{-1}(\mu_s) \quad (4.51)^{47}$$

El coeficiente de fricción cuando el fruto se desplaza sobre el acero es de 0.37 el ángulo de inclinación de la tolva será, como se aprecia en la figura 4.39.

⁴⁷ Meriam S. Mecánica Vectorial para Ingenieros, Dinámica

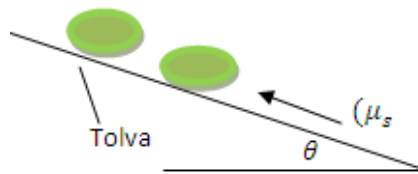


Figura 4.39 Ángulo de inclinación de la tolva

Reemplazando valores en la ecuación 4.51 se determina el ángulo de inclinación

$$\theta = \tan^{-1}(0.37)$$

$$\theta = 20.30^\circ$$

El ancho $l1$ debe ser igual al ancho de los cepillos para aprovechar que los frutos ingresen uniformes dentro de la cámara, por lo tanto el ancho es de $l1 = 0.5m$.

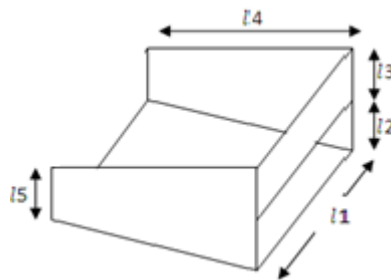


Figura 4.40 Dimensiones de la tolva de alimentación

Para la altura $l2$ consideramos el diámetro máximo respecto a la tabla 4.1, pero pueden haber frutos de mayor dimensión entonces le multiplicamos por 1.3.

$$l2 = 5.9 * 1.3[cm]$$

$$l2 = 0.076[m]$$

La altura de la cámara es de 0.3 m, por condiciones de diseño considero $l5 = 0.15m$, por lo tanto:

$$l3 = 0.3[m] - 0.076[m]$$

$$l3 = 0.22[m]$$

$$l4 = \frac{l5}{\tan(\theta)} [m]$$

$$l4 = 0.4[m]$$

Para la longitud $l3$ es regulada de acuerdo a las exigencias de prueba, la cual va sujeta sobre la cámara de la máquina, como se observa en la siguiente figura 4.41.

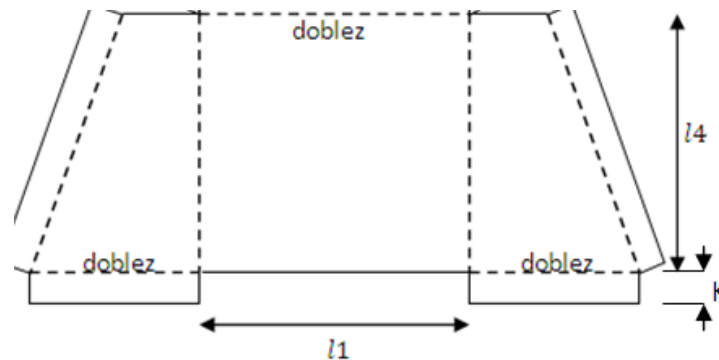


Figura 4.41 Doblados de la tolva de alimentación

La tolva de alimentación debe ser construida de plancha de tool galvanizado el cual proporciona propiedades adecuadas para nuestro diseño, los espesores pueden ser de 2mm a 3mm para asegurar la rigidez de la misma ver (anexo A4). Mientras que el dobles K se lo realiza para tener estabilidad en las paredes de la tova, entonces $k=30\text{mm}$.

4.7 SISTEMA DE ASPIRACIÓN DE ESPINAS

Se debe tomar en cuenta que los frutos de tuna no beben mojarse después de la cosecha y peor aún cundo se encuentra en el proceso de desespinado debido a que

disminuye el periodo de duración, para lo cual utilizaremos un ventilador que permita extraer las espinas del sistema de desespinado.

4.7.1 ELECCIÓN DEL VENTILADOR

Con la siguiente ecuación se determina el caudal necesario para conseguir un buen desespinado de los frutos, con la siguiente ecuación se determina el caudal del viento.

$$Q = \frac{V * (Rh)}{3600} \quad (4.52)^{48}$$

Donde:

$$Q = \text{Caudal de aire requerido, en } [m^3/s]$$

$$V = \text{Volúmen de la cámara, en } [m^3]$$

Rh: Número de renovaciones por minuto

El volumen de la cámara se determina de acuerdo a las dimensiones obtenidas en el apartado 4.6.

$$V = \text{ancho} * \text{alto} * \text{largo}$$

$$V = 0.5[m] * 0.6[m] * 1.1[m]$$

$$V = 0.33[m^3]$$

Para lograr extraer las espinas del interior de la estructura al menos se requiere 1800 renovaciones, reemplazando datos en la ecuación 4.30 obtenemos el caudal adecuado.

⁴⁸ <http://www.motoresymotoreslc.com/files/Brohure%20ventiladores%20No2.pdf>

Reemplazando valores en la ecuación 4.47 se tiene:

$$Q = \frac{0.33 \cdot 1800}{3600} = 0.16 \text{ m}^3/\text{s}$$

Con el dato del caudal podemos seleccionar el ventilador de acuerdo al anexo A19.

El diámetro es de 250 mm a 1800 rpm.

4.8 CANAL DEPÓSITO

El canal tiene la finalidad de recibir los frutos que salen del sistema de avance, puesto que los frutos no deben presentar averías en la corteza, lo cual el canal debe colocarse bajo el nivel del eje del sistema de avance.

El ancho del canal es de acuerdo al ancho de la estructura y es de 600mm, el doblez consideramos 90mm y para la longitud se considera al menos que debe ingresar la totalidad de frutos de una cubeta de 9Kg, según la tabla 4.1 consideramos un fruto de 100*50mm con un peso de 87,6g, para determinar el número de frutos que posiblemente se encuentran en la cubeta se usa la ecuación.

$$N_{\text{frutos}} = \frac{P_{\text{cubeta}}}{P_{\text{fruto}}}$$

Donde:

N_{frutos} : Frutos dentro de la cubeta

P_{cubeta} : Peso de la cubeta

P_{fruto} : Peso del fruto de mayor dimensión

Luego el número de frutos dentro de la cubeta es:

$$N_{\text{frutos}} = 102 \text{ frutos}$$

El área A que ocupan los 102 frutos es de

$$A = 100[mm] * 50[mm] * 102 = 0.51[m^2]$$

La longitud L se determina mediante:

$$L = \frac{A[m]}{0.6[m]} = 0.85[m]$$

En la siguiente figura 4.42 se presenta un esquema del canal depósito.

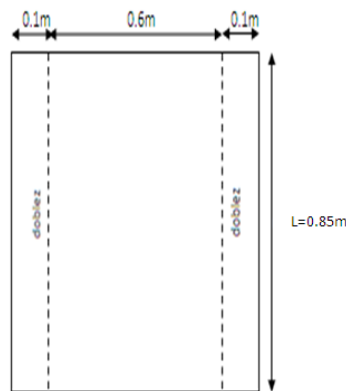


Figura 4.42 Esquema dimensiones del canal depósito

El canal depósito debe ser construido en tool galvanizado el cual brinda propiedades mecánicas adecuadas, debido a que las tunas salen con partículas de agua el material debe ser resistente a la oxidación, ver (anexo A4).

4.9 SISTEMA ELÉCTRICO DE MANDO

El sistema eléctrico está constituido por cables de cometida, un sistema de control sistema de potencia del motor dos motor monofásico y un motor DC.

4.9.1 ESQUEMA DEL CIRCUITO ELÉCTRICO

En la siguiente figura 4.43 se ilustra el diagrama de conexión del sistema eléctrico.

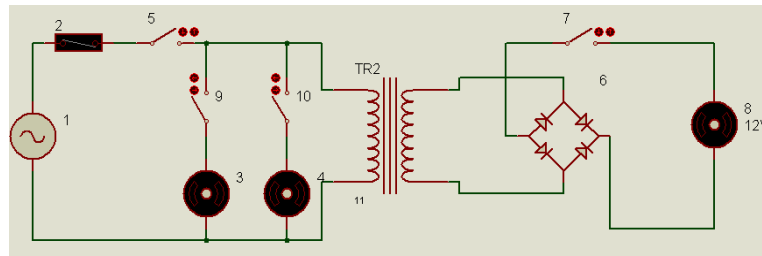


Figura 4.43 Diagrama del circuito eléctrico de mando

Donde:

- 1: Red de 110V – 60Hz
- 2: Fusible 10[A]
- 3: Motor accionador de cepillos
- 4: Motor aspirador
- 5: Switch general ON/OFF
- 6: Puente rectificador
- 7: Switch para motor sistema de avance
- 8: Motor del sistema de avance
- 9: Switch para accionar cepillos
- 10: Switch para accionar aspirador
- 11: Transformador 110V – 12V

La potencia del circuito se determina mediante la siguiente ecuación.

$$P = V * I \quad (4.53)^{49}$$

Donde:

P: Potencia, en watts [W]

V: tensión, 120 voltios [V]

I: corriente

Reemplazando en la ecuación 4.53 obtenemos la cantidad de corriente que consume el circuito eléctrico.

La potencia total P_{tot} de consumo es la suma de potencias de los 3 motores.

⁴⁹ Matthew N. O. Sadiku, Fundamentos de Circuitos Eléctricos, Tercera edición

$$P_{rodillos} + P_{cepillos} + P_{aspirador} = 120V * I$$

$$80[w] + 750[w] + 373[w] = 120V * I$$

$$I \approx 10[A]$$

.9.2 SELECCIÓN DEL CONDUCTOR ELÉCTRICO

Al circular una corriente eléctrica a través de los conductores de la instalación se produce por ello una caída de tensión que responde a la siguiente ecuación.

$$V_p = I * R_c \quad (4.54)^{50}$$

Donde:

V_p : Voltage de pérdida, en [V]

I : corriente de carga, 7 [A]

R_c : resistencia de los conductores, $\left(\rho_{Cu} = 0018 \left(\text{Ohm} \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \right) \right) (\Omega)$

La resistencia de un conductor eléctrico responde a la siguiente expresión que relaciona sus parámetros físicos y naturales del material conductor.

$$R_c = \frac{2 * \rho * l}{A} (\Omega) \quad (4.55)^{51}$$

Donde:

ρ : resistividad específica del conductor, $\rho_{Cu} = 0.018 \text{ (Ohm} - \text{mm}^2/\text{m)}$

l : longitud del conductor, 3 [m]

⁵⁰ http://www.procobre.org/archivos/peru/conductores_electricos.pdf

⁵¹ www.procobreecuador.org

A: sección del conductor, 3.3[mm²]

Reemplazando datos en la ecuación 4.50 tenemos la resistencia del conductor.

$$R_c = \frac{2 \cdot 0.018 \cdot 3}{3.3} (\Omega)$$

$$R_c = 3.6(\Omega)$$

Reemplazando datos en la ecuación 4.55 se obtiene el voltaje de pérdida.

$$V_p = 2 \cdot 0.032$$

$$V_p = 0.064 \text{ V}$$

El voltaje de pérdida debido a la resistencia del conductor prácticamente es cero y la expresión para determinar la sección del conductor en función del v_p que finalmente se determina con la siguiente ecuación.

$$A = \frac{2 \cdot p \cdot l}{v_p} * I [\text{mm}^2] \quad (4.56)^{52}$$

La exigencia con respecto al V_p , establece que la pérdida de tensión en la línea no debe exceder a un 3% tensión nominal de la fase, siempre y cuando la pérdida de voltaje en el punto más desfavorable de la instalación no exceda un 5% de la tensión nominal.

La relación porcentual del voltaje de pérdida V_p no supera el 1% de la tensión nominal, reemplazando valores en la ecuación 4.56 se obtiene el diámetro del conductor:

⁵² http://www.procobre.org/archivos/peru/conductores_electricos.pdf

$$A = \frac{2 \times 0.018 \times 3}{0.064} * 7 [\text{mm}^2]$$

$$A = 11 [\text{mm}^2]$$

Para encontrar el diámetro se utiliza la siguiente ecuación.

$$D = 2 * \sqrt{\frac{3.37}{\pi}} [\text{mm}] \quad (4.57)^{53}$$

Reemplazando datos en la ecuación 4.57 se tiene:

$$D = 3.74 [\text{mm}]$$

Con el diámetro seleccionamos el conductor unipolar AWG 12 el cual reúne las características necesarias para implementar en nuestro trabajo, ver (anexo A20).

⁵³ http://www.procobre.org/archivos/peru/conductores_electricos.pdf

CAPÍTULO 5

CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE CAMPO

5.1 CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA

La construcción de cada uno de los componentes de la máquina desespinaadora de tunas para la variedad opuntia ficus-indica L. Miller, requiere de diversas operaciones, lo cual se requiere de equipos y máquinas herramientas para lograr su construcción.

5.1.1 MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS

Para la fabricación de la máquina se emplea las siguientes máquinas herramientas: Torno. Taladro, amoladora, dobladora, cortadora, soldadora y herramientas manuales como lima, martillo, sierra, machuelo, brocas, llaves y prensa, a demás instrumentos de medición tales como flexómetro, calibrador, escuadra.

A continuación se presenta la designación de cada una de las herramientas, máquinas herramientas e instrumentos de medición, para la representación de un cursograma de construcción de cada uno de los sistemas que constituyen la máquina desespinaadora de tunas.

En la siguiente tabla se muestra un listado de las herramientas utilizadas en la construcción de la máquina, en conjunto las designaremos con un código H.

CÓDIGO	HERRAMIENTAS
H	Lima
	Martillo
	Prensa
	Sierra
	Machuelo
	Brocas

Tabla 5.1 Lista de herramientas

En la siguiente tabla se indica los instrumentos de medición que se utiliza en la construcción de la máquina.

CÓDIGO	INSTRUMENTO
A	Flexómetro
	Escuadra
	Calibrador pie de rey
	Regla métrica

Tabla 5.2 Lista de instrumentos de medición

En la siguiente tabla se indica la designación de cada una de las máquinas herramientas y equipos que son utilizados para la construcción de la máquina.

DESIGNACIÓN	MÁQUINAS HERRAMIENTAS
M1	Torno
M2	Taladro
M3	Amoladora
M4	Dobladora
M5	Cortadora
E1	Equipo de pintura
E1	Equipo de suelda eléctrica

Tabla 5.3 Designación de máquinas herramientas y equipos

5.1.2 OPERACIONES TÉCNICAS

Las operaciones técnicas necesarias para la construcción de cada uno de los elementos son los siguientes:

NÚMERO	OPERACIÓN
1	Recortado
2	Doblado
3	Torneado
4	Amolado
5	Taladrado
6	Fresado
7	Soldado
8	Empernar
9	Masillado

Tabla 5.4 Operaciones técnicas requeridas para la construcción

5.1.3 DIAGRAMA DE FLUJO DE CONSTRUCCIÓN

Simbología utilizada para realizar los diagramas de flujo de construcción se muestra en la siguiente tabla.





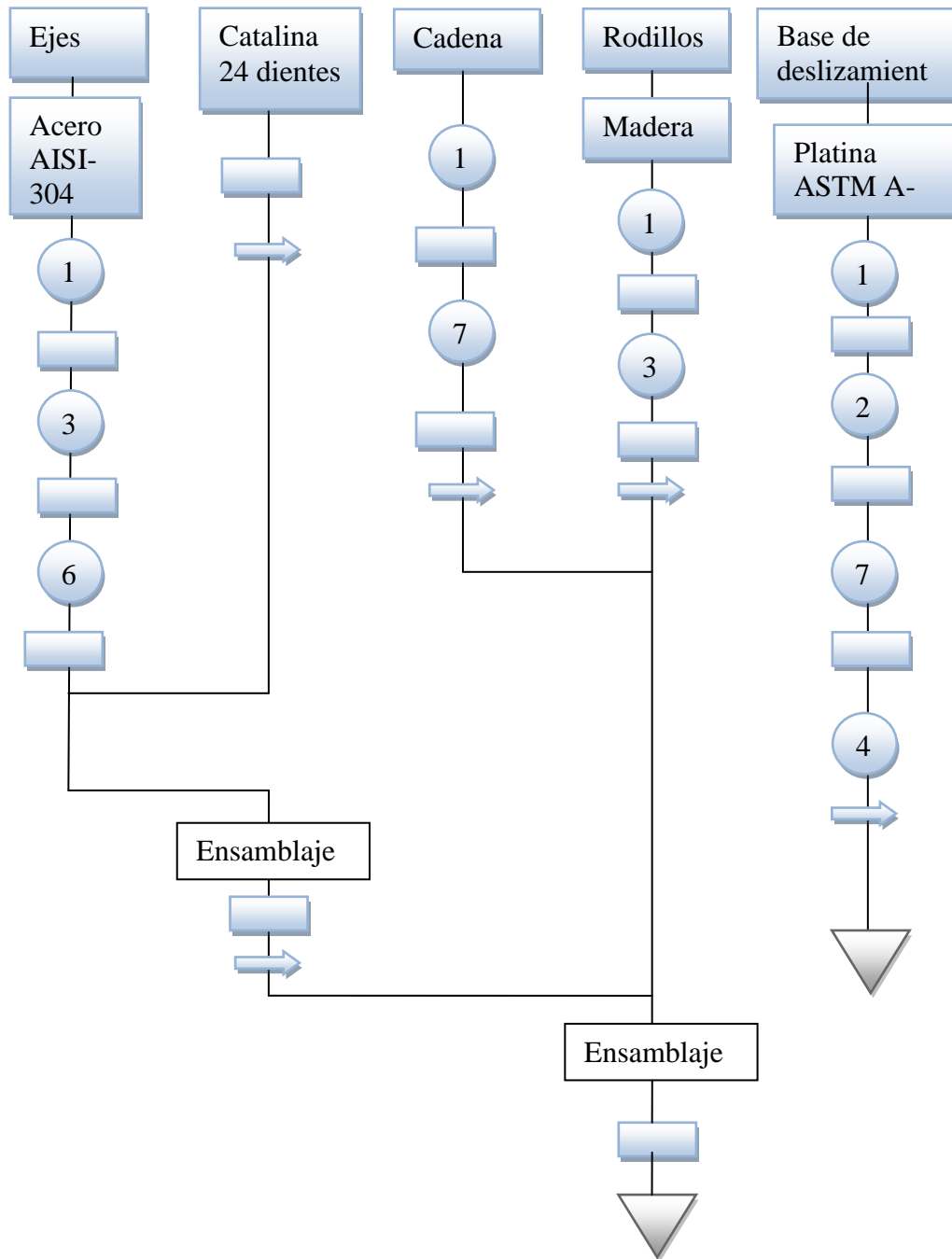
SIMBOLO	INTERPRETACIÓN
	Operación
	Inspección
	Traslado
	Término del proceso

Tabla 5.5 Simbología utilizada en el diagrama de flujo

El proceso técnico que se requiere para la construcción de cada uno de los elementos en forma ordenada se especifica en las siguientes tablas.

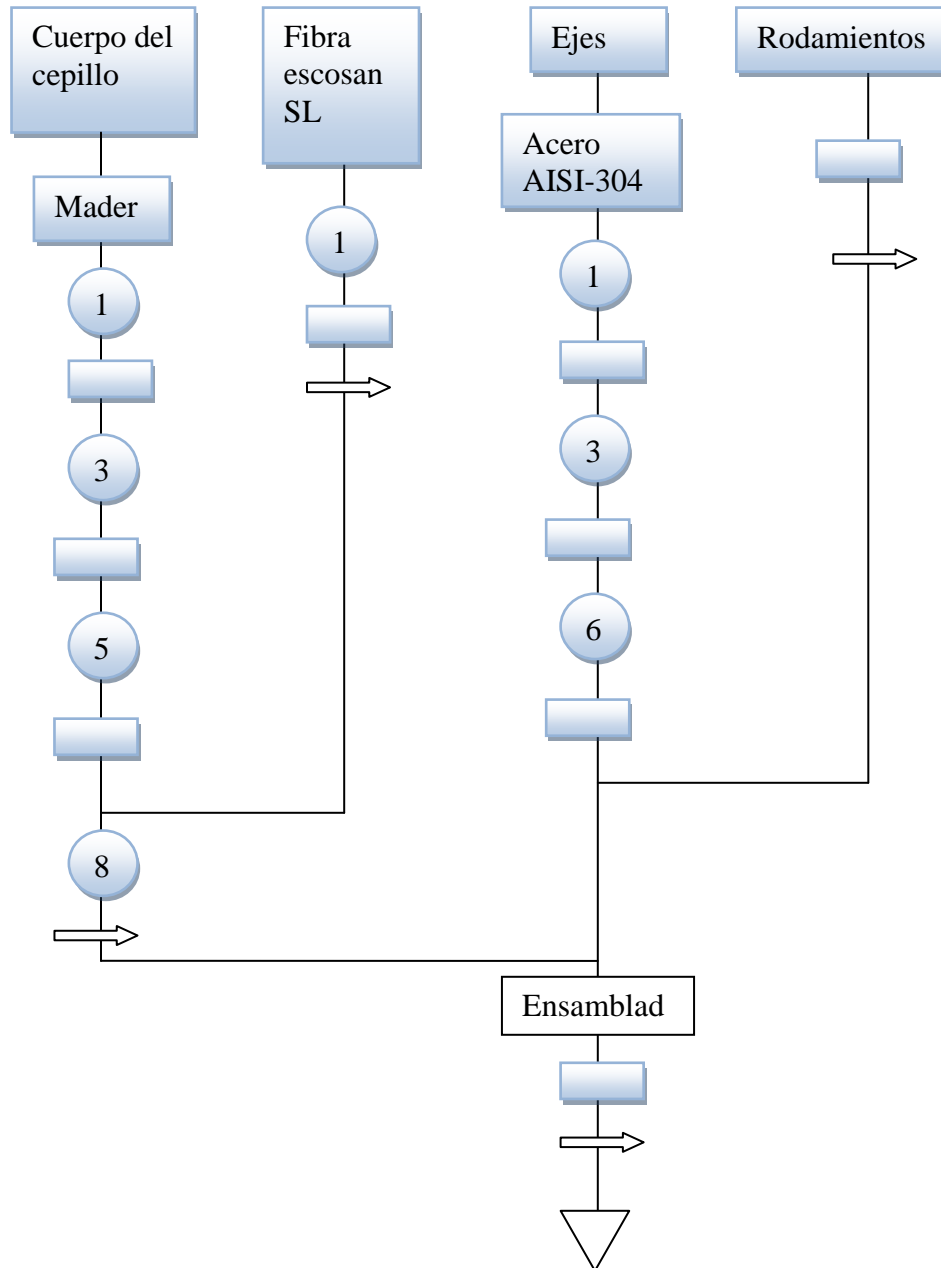
5.1.3.1 Sistemas de avance

Figura 5.1 Diagrama de flujo del sistema de avance



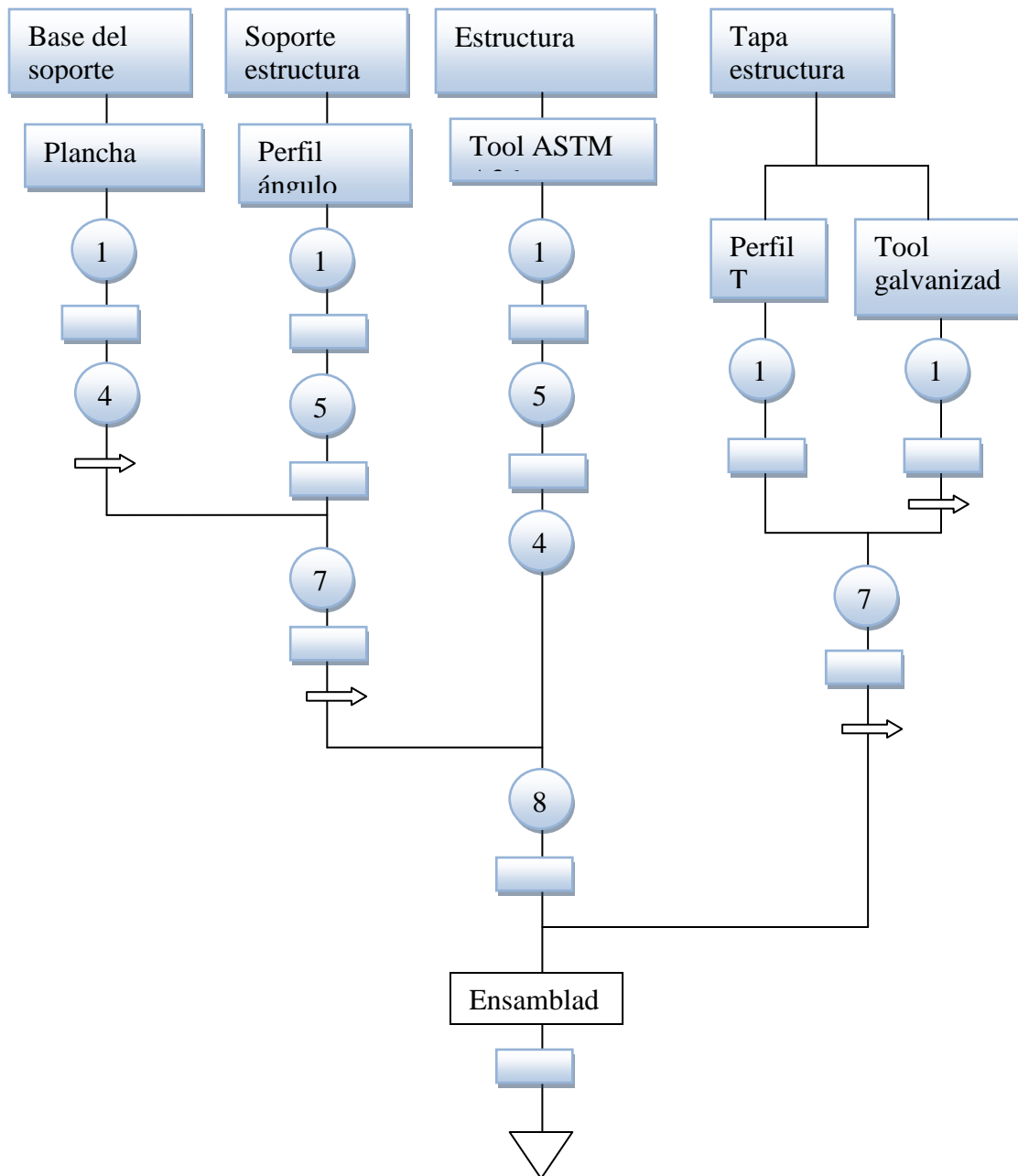
5.1.3.2 Sistema de desespinado

Figura 5.2 Diagrama de flujo del sistema de desespinado



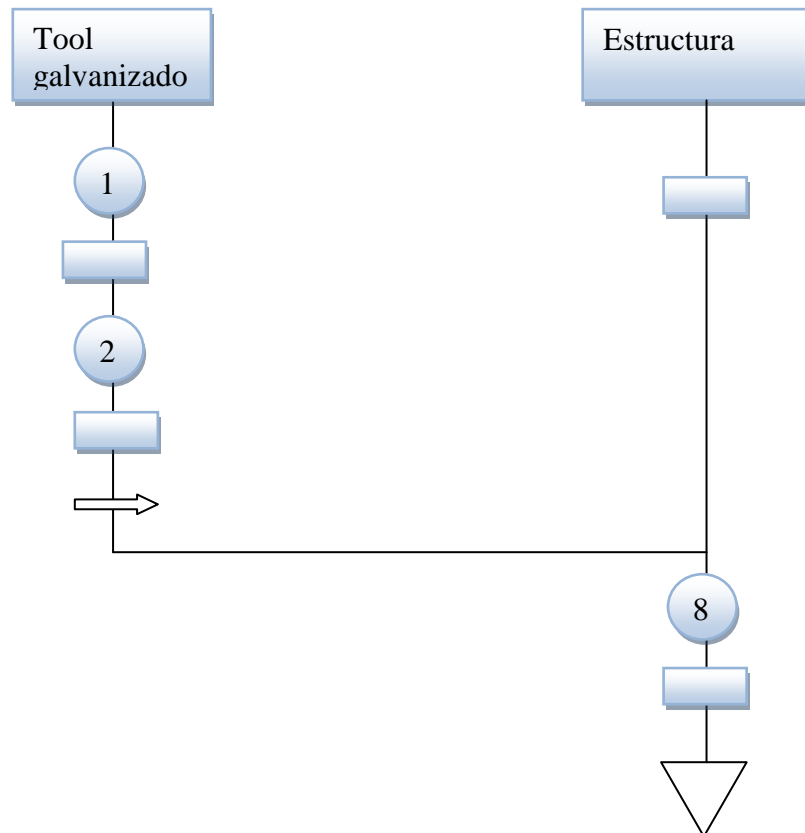
5.1.3.3 Sistema estructural

Figura 5.3 Diagrama de flujo del sistema estructural



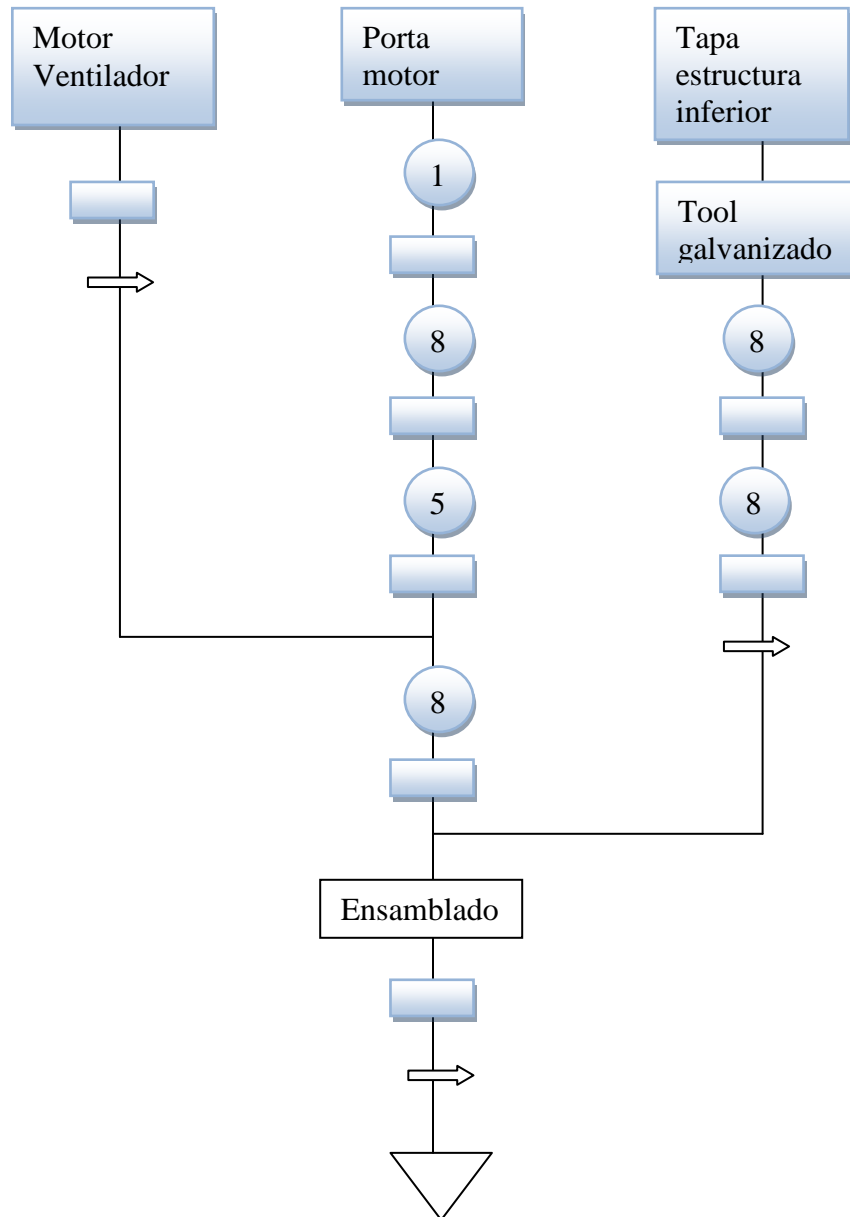
5.1.3.4 Sistema de alimentación

Figura 5.4 Diagrama de flujo de la tolva de alimentación



5.1.3.5 Sistema aspiración

Figura 5.5 Diagrama de flujo del sistema aspiración



5.2 MONTAJE

Una vez construido los diferentes componentes de la máquina desespinaadora de tunas, se procede al montaje de los mismos.

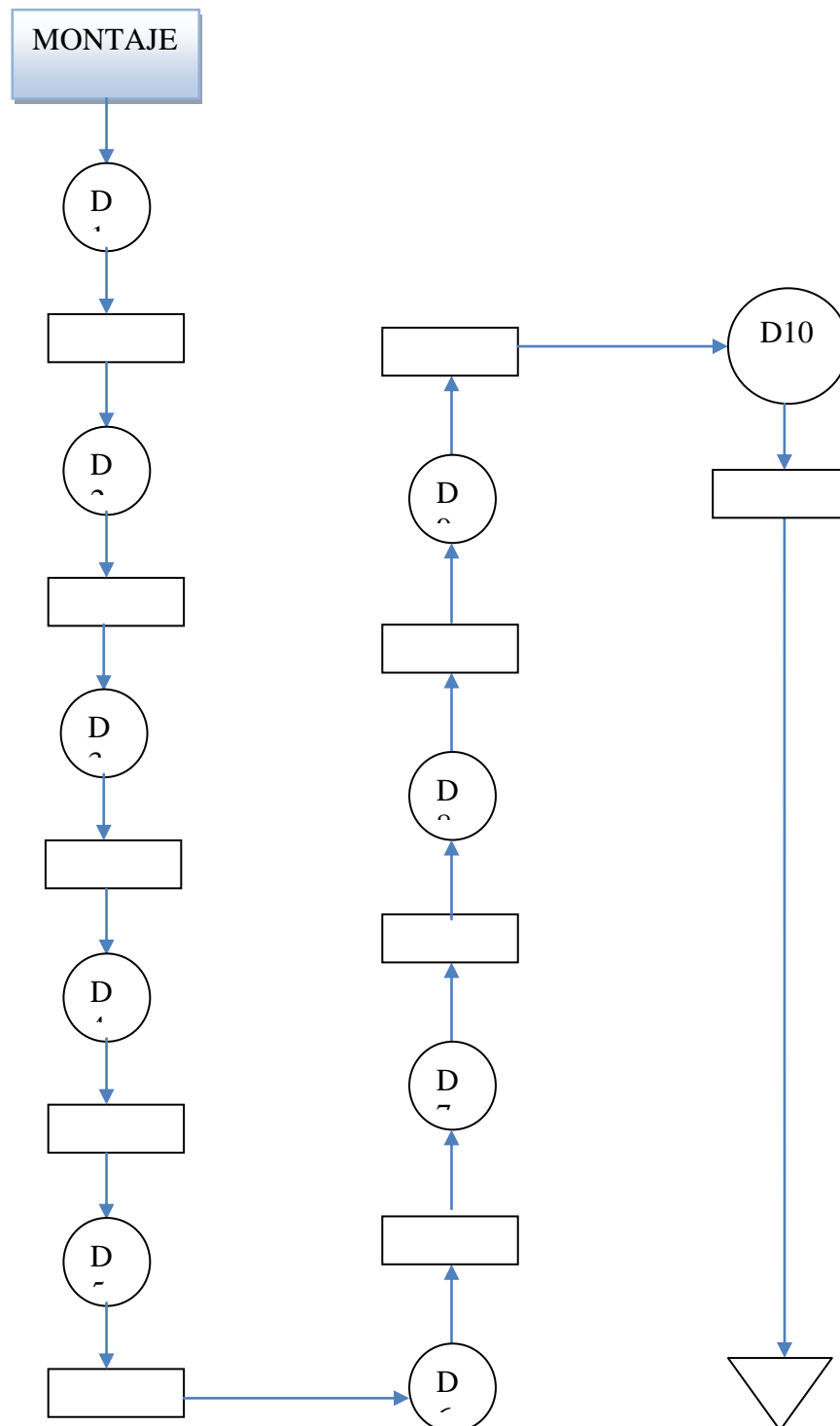
Para realizar el montaje se procede de acuerdo al diagrama de flujo de la figura 5.6.

DESIGNACIÓN	ACTIVIDAD
D1	Instalación de soportes sobre estructura
D2	Instalación la plataforma de avance en estructura
D3	Instalación del sistema de desespinado
D4	Instalar sistema de aspiración
D5	Instalación de sistema de transmisión
D6	Instalación de la tolva de alimentación sobre la estructura
D7	Instalar el canal depósito
D8	Instalar los guarda motores
D9	Eliminar aristas vivas
D10	Pintura de los elementos

Tabla 5.6 Actividades de montaje

5.2.1 MONTAJE DE LOS COMPONENTES Y SISTEMAS DE LA MÁQUINA

Figura 5.6 Diagrama de flujo de Montaje



5.3 PRUEBAS DE CAMPO

Para realizar las pruebas de campo, se deben tomar en cuenta los parámetros de entrada:

- Caudal de aire de 0.38 m³/s
- Velocidad del sistema de avance de 1.1 rad/s
- Humedad superficial de la epidermis 0%

Las condiciones sirven para analizar los siguientes parámetros que pueden variar para obtener un mejor desespinado, y estas pueden ser:

- a. Velocidad de los cepillos V1, en [rpm].
- b. Altura de cepillos respecto a rodillos h, en [mm].

Para el literal a, se obtiene el siguiente gráfico:

Velocidad cepillo en rpm	Desespinado %	Producción de limpieza %
1400	97	5
700	97	70
583	96	82
500	95	92
437	92	94
388	85	94
0	0	0

Tabla 5.7 Desespinado en relación a la velocidad del cepillo

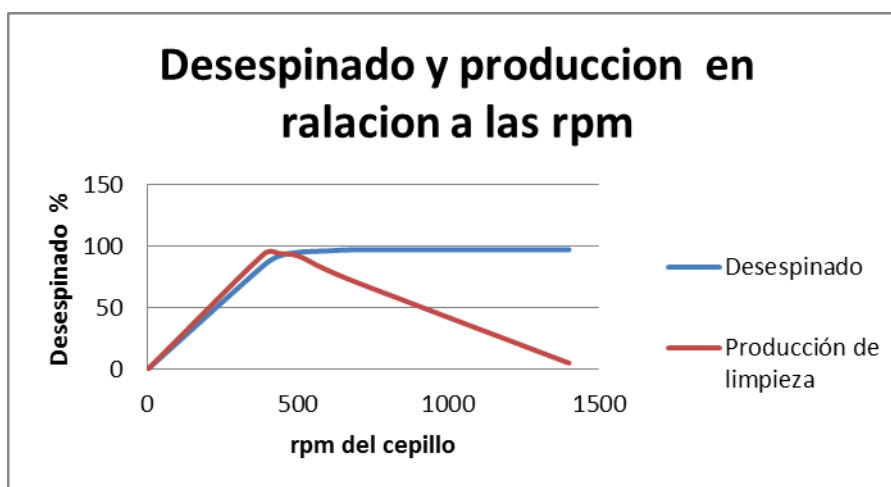


Figura 5.7 Curva de desespinado en relación a rpm del cepillo

Analizando el grafico se determina que la velocidad del cepillo debe estar en 500 rpm aproximadamente.

Para el literal b, la velocidad del cepillo es de 500 rpm, se obtiene los siguientes resultados:

Altura del cepillo, mm	Desespinado %	Producción de limpieza %
300	90	94
290	90	94
280	91	94
270	93	93
260	96	91
240	96	88

Tabla 5.8 Desespinado en relación a la altura del cepillo

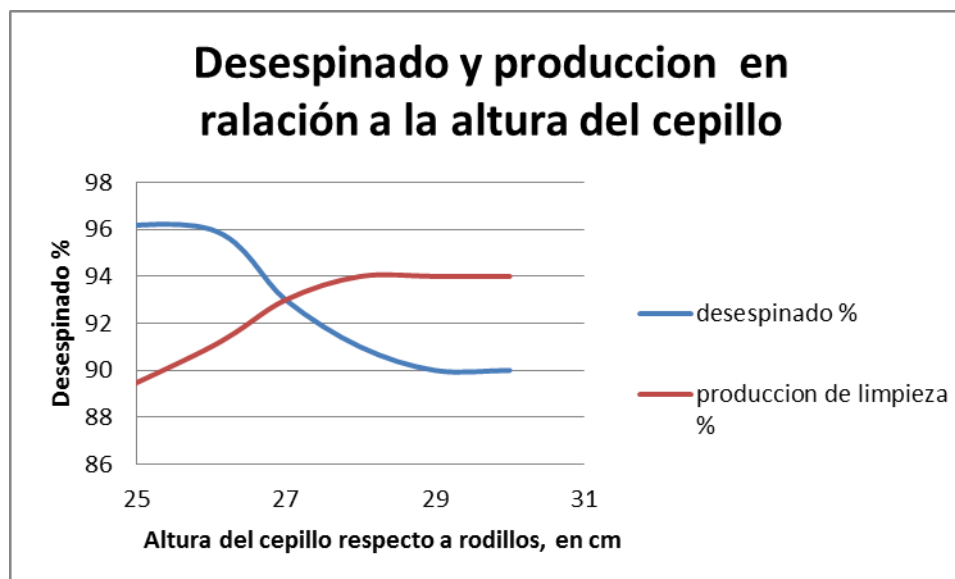


Figura 5.7 Curva de desespinado en relación a la altura del cepillo

La altura adecuada es de 270 mm aproximadamente

5.3.1 PROTOCOLO DE PRUEBAS

PROTOCOLO DE PRUEBAS	
Asociación	Mirador del Juncal
Lugar y fecha de la verificación	El Juncal
Nombre del responsable	Ing. Villarreal Carlos

Hora de la verificación		15 Horas			
Prueba N°. 1					
V1, rpm	H, mm	Velocidad Sistema de avance rad/s	Averías en la epidermis	Desespinado Del fruto	Producción de limpieza %
500	270	1.1	No	Muy eficiente	Muy buena
Prueba N°. 2					
388	270	1.1	no	Poco eficiente	Muy buena
Prueba N°. 3					
700	270	1.1	Si	Muy eficiente	Mala

Tabla 5.9 Resultado de pruebas

CAPITULO 6

6.1 ANÁLISIS DE COSTOS

El costo total de la máquina desespinaadora de tunas se debe hacer una descripción de los rubros a tomar en cuenta.

- Costo de diseño
- Costo de materiales
- Costo de la mano de obra

La suma de los rubros dará la suma del costo total.

6.1.1 COSTOS DE DISEÑO

El costo se estima como un porcentaje cuando la máquina ya se encuentra construida.

El porcentaje a tomar en cuenta, de la dificultad de su construcción y del diseño, por lo tanto se estima en un 20%.

6.1.2 COSTOS DE MATERIALES

Los costos de materiales se los divide en:

1. Los materiales ocupados en la máquina desespinaadora que se requiere de una transformación para poder ser utilizados. En la siguiente tabla se detalla los materiales ocupados.

MATERIAL	DIMENSIONES EN mm	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Perfil ángulo ASTM A36	1000X30X30	4	6	24
Tool laminado en frio ASTM A36	1100X500X4	2	28	56
Tool laminado en frio ASTM A36	600X500X4	2	14	28
Eje de transmisión AISI 304	700X19	5	15	75
Perfil ángulo ASTM A36	20x2x(3/4"x2)	4	6	24
Plancha galvanizada ASTM A-653	470x1600x1	1	9	9
Plancha galvanizada ASTM A-653	680x600x1	1	12	12
Plancha galvanizada ASTM A-653	1200x250	1	35	35

TOTAL	263
--------------	------------

Tabla 6.1 Costo de materiales

2. Materiales que no necesitan ser transformados para ser ocupados. En la siguiente tabla se indica el detalle de cada uno.

ELEMENTO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Prisionero 5/16x1/2	10	0.3	3
Fusible cilíndrico	1	0.8	0.8
Cable AWG #12	10	0.7	7
Chaveta 6x6x20	3	4.8	14.4
Interruptor ON/OFF 3A	4	1.5	6
Pintura anticorrosiva	2 lt	8	16
Tiñer	9 lts	1.2	10.8
Banda en V A-41	2	4	8
Banda en V A-37	2	3.5	7

Grasero	6	0.4	2.4
Polea en V 10"	1	12	12
Polea en V 8"	1	8	8
Polea en V 4"	1	4	4
Polea en V 2.5"	1	3.5	3
Polea en V 2"	2	3	6
Chaveta 19x22.8	6	0.78	4.68
Motor BOSCH 180W 12V DC	1	60	60
Motor ELÉCTRICO	1	45	45
Moto ventilador 250mm x 1800rpm.	1	45	45
Pernos de grado 1 UNF 5/16x1"	24	0.6	14.4
Chumacera F204	6	9	54
Fibra plástica SL	1	17.5	17.5
Madera de laurel 800x400 mm	3	8	24

Grapa R-28	600	0.02	12
Transformador 110V-12V	1	6	6
Cinta aislante (taipe)	2	0.7	1.4
Cadena ANSI 40- 1	4m	3	12
Perfil T 1"x0.25"	5m	2	10
Perno grado 6 5/16"x1"	3	0.2	0.6
Perno grado 0 1/4"x1/2"	20	0.8	1.60
Platina 7x40x40 mm	4	1	4
TOTAL			420.58

Tabla 6.2 Costo de elementos terminados

6.1.3 MANO DE OBRA

En la siguiente tabla se detalla la mano de obra necesaria para la construcción de la máquina.

OPERACIÓN	COSTO TOTAL (USD)

Corte del material	130
Amolado	12
Soldado	15
doblado	90
Taladrado	9
Torneado	45
Pintado	45
Montaje	30
Fresado	6
TOTAL	382

Tabla 6.3 Costo mano de obra

6.2 COSTO TOTAL

En la siguiente tabla se determina el costo total de diseño de la máquina desespinaadora de tunas.

DESCRIPCIÓN	VALOR (USD)
Costo de materiales	263
Costo de elementos terminados	420.58
Costo mano de obra	382
Costo de diseño	213.11
TOTAL	1279

Tabla 6.4 Costo final

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y MANUAL DE USUARIO

7.1 CONCLUSIONES

- El proyecto de titulación cumple con el objetivo principal, lo cual se mejoró la producción de desespinado y se redujo los riesgos en la salud de los trabajadores al momento del desespinado de la variedad opuntia ficus-Indica L. Miller de forma satisfactoria de acuerdo a los requerimientos establecidos por la Asociación Mirador del Juncal.
- Si las revoluciones del cepillo superan las 600 rpm la producción de limpieza de desespinado disminuye. El efecto de rozamiento entre la fibra plástica y la corteza del futo aumenta, impidiendo el avance normal de los frutos.
- El trabajo de la máquina es eficiente si el diámetro de las frutas es mayor a $\geq 30\text{mm}$, puesto que para diámetros menores los frutos se introducen en los rodillos lo cual produce frenado en el sistema de avance.
- Para obtener el 95% de desespinado eficiente, es necesario que los rodillos se encuentren calibrados a una altura de 270 mm respecto a los rodillos aproximadamente y la velocidad de rotación de los cepillos V debe estar entre $490 \leq V \leq 550$ rpm.
- En base a los resultados obtenidos en el protocolo de pruebas se observa que la máquina cumple con los parámetros de diseño, con un pequeño margen de

ineficiencia del 5% en el proceso de desespinado el cual no afecta el trabajo de la máquina.

7.2 RECOMENDACIONES

- El diámetro del cepillo debe ser mayor a los 270 mm, lo cual se puede mejorar la eficiencia del desespinado y además dar un brillo a la corteza del fruto.
- Para reducir el 5% de ineficiencia del desespinado, se puede lograr mediante un flujo mayor de aire o incluso que este sea impulsado desde la parte superior de la máquina, además que haiga un control de peso en la entrada de la máquina.
- Para reducir al 0% de riesgo en la salud de los trabajadores al momento del desespinado. Se puede logra si la máquina tiene compuertas automáticas de entrada y salida de los frutos
- Para aumentar la eficiencia del 94% en producción de limpieza, se puede lograr si la máquina es más ancha y posea mayor número de cepillos.
- Se mejoraría el 95% desespinado si la máquina tiene un lavado con presión de agua.

7.3 MANUAL DE USO Y MANTENIMIENTO “MAQUINA DESEPINADORA DE TUNAS PARA LA VARIEDAD AMARILLA O DE CASTILLA.



7.3.1 CARACTERÍSTICAS Y MANDOS DE LA MÁQUINA

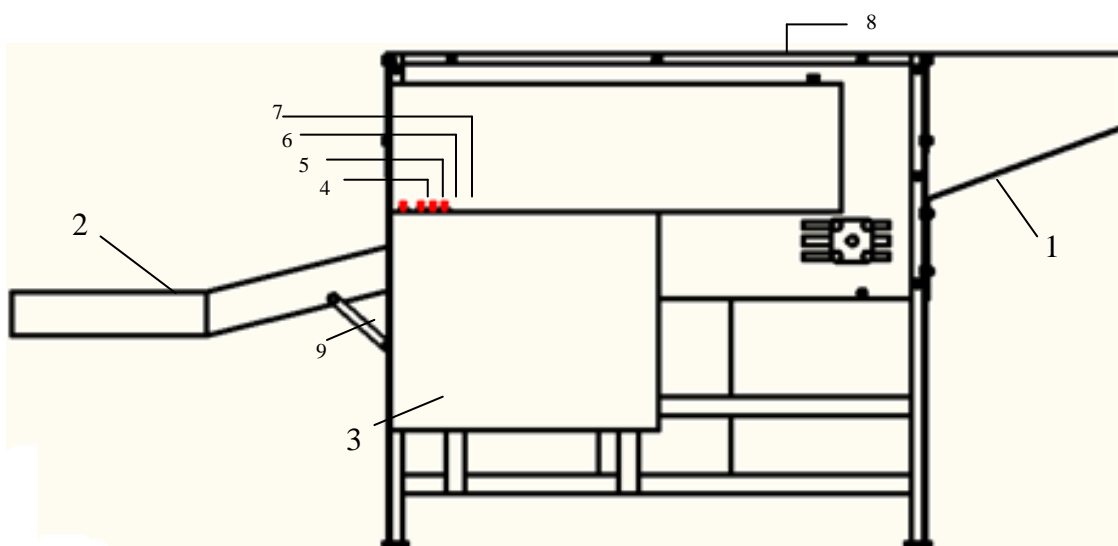


Figura 7.1 Mandos de la máquina

1. Tolva de alimentación
2. Canal depósito
3. Tapa motores
4. Botón de encendido/apagado general
5. Botón ON/OFF del sistema de avance
6. Botón ON/OFF del ventilador
7. Botón ON/OFF del sistema desespinado
8. Tapa superior
9. Regulación del canal depósito

7.3.2 DIMENSIONES DE LA MÁQUINA

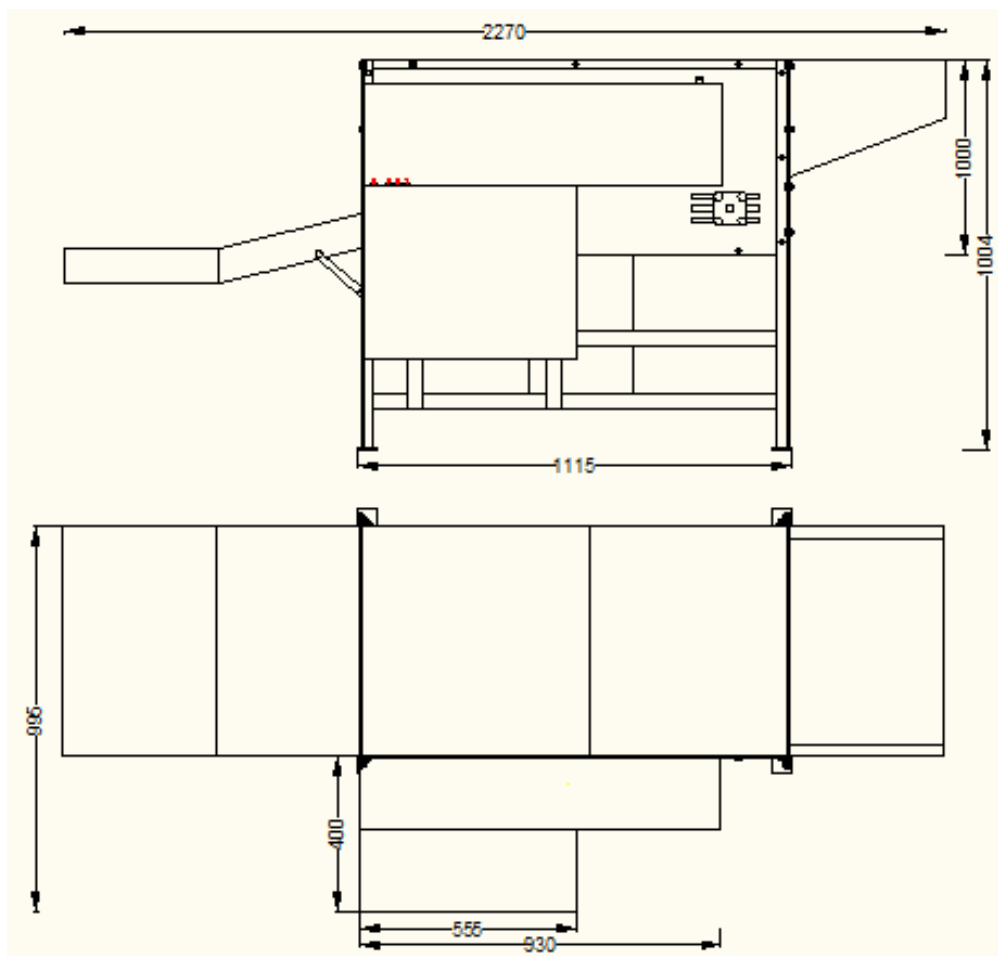


Figura 7.2 Dimensiones Principales de la máquina

7.3.3 DATOS TÉCNICOS DE LA MÁQUINA

COMPONENTE	ESPECIFICACIÓN
altura	1500 mm
Ancho	600 mm
Largo	2200 mm
Peso	160 kg
Color	Verde
Capacidad de limpieza	1600 kg/h
Fuente de alimentación	110 V
Modo de encendido/apagado	Manual

Tabla 7.1 Datos técnicos de la máquina

7.3.4 DATOS TÉCNICOS DE LOS MOTORES

Motor monofásico para el sistema	1 hp a1400 rpm/110 V
----------------------------------	----------------------

de desespinado

Motor monofásico para el sistema de avance 100W/70rpm/12V

Motor monofásico para el sistema de aspiración CC2 254-5YA3/1800rpm/110V

Tabla 7.1 Datos técnicos de los motores

7.3.5 PUESTA EN MARCHA DE LA MÁQUINA



ANTES DE USAR LA MÁQUINA ASEGURARSE DE HABER APRENDIDO DE CÓMO DE DEBE PARAR, EN CASO DE AVERÍA O NECESIDAD ACCIONAR EL BOTÓN DE APAGADO APAGADO GENERAL A LA POSICIÓN OFF.

Antes de puesta en marcha verifique siempre:

- Verificar que no se encuentren objetos sobre el sistema de avance.
- Se encuentre limpio el canal depósito.
- Verificar que los interruptores se encuentren en la posición off.
- Los rodillos se encuentren correctamente puestos a los sujetadores.
- Las tapas superiores se encuentren correctamente sobre la máquina.

7.3.6 MANTENIMIENTO Y LUBRICACIÓN

Para una perfecta eficacia de la máquina es necesaria una buena lubricación en los rodamientos, una buena norma recomendada es lubricar cada 100 horas de trabajo con grasa de litio.

Para la cadena del sistema de avance se recomienda engrasar cada 50 horas de trabajo aproximadamente con grasa poliura mineral.

BIBLIOGRAFÍA

- Shigley J. (1987). *Diseño en Ingeniería Mecánica*. México: Editorial Mc Graw Hill.
- Estroneo y Consort. (1975). *El Dibujo Mecánico*. Barcelona: Editorial Montaner.

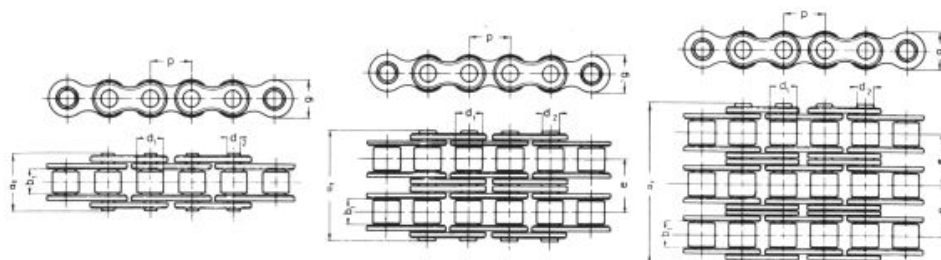
- INEN. (1981). *Código de Dibujo Técnico Mecánica*. Quito.
- Panchi, N. (1999). *Física Vectorial Elemental*. Quito: Editorial Rodin.
- Robert L. Mott. (2006). *Diseño de Elementos de Maquinas*. México: Editorial Pearson.
- William R. (2004). *Ingeniería Mecánica Dinámica*, México: Editorial Mc Graw Hill.
- Norton. R. (2006). *Diseño de Maquinaria*. México: Editorial Mc Graw Hill.
- Gere James B. (2009). *Mecánica de materiales*. México: Editorial Mc Graw Hill.
- José L y Cortizo R. (2004). *Elementos de Maquinas*. México: Editorial Pearson.
- www.skf.com
- http://es.wikipedia.org/wiki/Esbeltz_mec%C3%A1nica
- Planchas DIPAC .pdf
- Sadiku M. (2006). *Fundamentos de Circuitos Eléctricos*, México: Editorial Mc Graw Hill.
- http://www.procobre.org/archivos/peru/conductores_electricos.pdf

ANEXOS

ANEXO A1: Cadena americana DIN 8188



CADENA DE RODILLOS



CADENA DE RODILLOS SIMPLE - DIN 8188 - ISO 606 - ANSI B 29-1

ISO Nr. DIN	ANSI Nr.	mm	p pulgadas	b ₁ mm min.	d ₂ mm	d ₁ mm max.	a ₂ mm max.	g mm max.	**f cm ²	Carga Rotura N	p* kg/m
04C-1	25-1	6,35	1/4"	3,18	2,31	3,30	9,1	6,27	0,11	4.300	0,13
06A-1	35-1	9,525	3/8"	4,77	3,58	5,08	13,2	9,05	0,27	9.500	0,31
08A-1	40-1	12,7	1/2"	7,95	3,96	7,92	17,8	12,07	0,44	16.800	0,61
10A-1	50-1	15,875	5/8"	9,53	5,08	10,16	21,8	15,09	0,70	27.600	1,01
12A-1	60-1	19,05	3/4"	12,70	5,94	11,91	26,9	18,08	1,06	38.500	1,47
16A-1	80-1	25,4	1"	15,88	7,92	15,88	33,5	24,13	1,79	66.000	2,57
20A-1	100-1	31,75	1 1/8"	19,05	9,53	19,05	41,1	30,18	2,62	109.000	3,73
24A-1	120-1	38,1	1 1/2"	25,40	11,10	22,23	50,8	36,20	3,94	154.000	5,50
28A-1	140-1	44,45	1 3/4"	25,40	12,70	25,40	54,9	42,24	4,72	208.000	7,50
32A-1	160-1	50,8	2"	31,75	14,27	28,58	65,5	48,26	6,50	263.000	9,70
40A-1	200-1	63,5	2,5"	38,10	19,84	39,68	80,3	60,33	10,90	433.000	15,8
48A-1	240-1	76,2	3"	47,63	23,80	47,63	95,5	72,39	16,10	612.000	25,0

CADENA DE RODILLOS DOBLE - DIN 8188 - ISO 606 - ANSI B 29-1

ISO Nr. DIN	ANSI Nr.	mm	p pulgadas	b ₁ mm min.	d ₂ mm	d ₁ mm	a ₂ mm max.	g mm max.	e mm	**f cm ²	Carga Rotura N	p* kg/m
06A-2	35-2	9,525	3/8"	4,77	3,58	5,08	21,6	9,05	10,13	0,54	19.000	0,67
08A-2	40-2	12,7	1/2"	7,95	3,96	7,92	32,3	12,07	14,38	0,88	33.600	1,19
10A-2	50-2	15,875	5/8"	9,53	5,08	10,16	39,9	15,09	18,11	1,40	55.200	1,92
12A-2	60-2	19,05	3/4"	12,70	5,94	11,91	49,8	18,08	22,78	2,12	77.000	2,90
16A-2	80-2	25,4	1"	15,88	7,92	15,88	62,7	24,13	29,29	3,58	132.000	5,01
20A-2	100-2	31,75	1 1/8"	19,05	9,53	19,05	77,0	30,18	35,76	5,24	218.000	7,31
24A-2	120-2	38,1	1 1/2"	25,40	11,10	22,23	96,3	36,20	45,44	7,88	308.000	10,94
28A-2	140-2	44,45	1 3/4"	25,40	12,70	25,40	103,6	42,24	48,87	9,44	416.000	14,36
32A-2	160-2	50,8	2"	31,75	14,27	28,58	124,2	48,26	58,55	13,00	526.000	19,10
40A-2	200-2	63,5	2,5"	38,10	19,84	39,68	151,9	60,33	71,55	21,80	866.000	32,0
48A-2	240-2	76,2	3"	47,63	23,80	47,63	183,4	72,39	87,83	32,20	1.224.000	49,0

CADENA DE RODILLOS TRIPLE - DIN 8188 - ISO 606 - ANSI B 29-1

ISO Nr. DIN	ANSI Nr.	mm	p pulgadas	b ₁ mm min.	d ₂ mm	d ₁ mm	a ₂ mm max.	g mm max.	e mm	**f cm ²	Carga Rotura N	p* kg/m
06A-3	35-3	9,525	3/8"	4,77	3,58	5,08	31,8	9,05	10,13	0,81	28.000	1,01
08A-3	40-3	12,7	1/2"	7,95	3,96	7,92	46,7	12,07	14,38	1,32	50.400	1,78
10A-3	50-3	15,875	5/8"	9,53	5,08	10,16	57,9	15,09	18,11	2,10	82.800	2,89
12A-3	60-3	19,05	3/4"	12,70	5,94	11,91	72,6	18,08	22,78	3,18	115.500	4,28
16A-3	80-3	25,4	1"	15,88	7,92	15,88	91,7	24,13	29,29	5,37	198.000	7,47
20A-3	100-3	31,75	1 1/8"	19,05	9,53	19,05	113,0	30,18	35,76	7,86	327.000	11,01
24A-3	120-3	38,1	1 1/2"	25,40	11,10	22,23	141,7	36,20	45,44	11,82	462.000	16,50
28A-3	140-3	44,45	1 3/4"	25,40	12,70	25,40	152,4	42,24	48,87	14,16	624.000	21,70
32A-3	160-3	50,8	2"	31,75	14,27	28,58	182,9	48,26	58,55	19,50	789.000	28,30
40A-3	200-3	63,5	2,5"	38,10	19,84	39,68	223,5	60,33	71,55	32,70	1.299.000	48,0
48A-3	240-3	76,2	3"	47,63	23,80	47,63	281,8	72,39	87,83	48,30	1.836.000	74,1

**f = superficie de articulación *p = peso

ANEXO A2: Ejes de acero inoxidable

EJES ACERO INOXIDABLE

Especificaciones Generales

Material	AISI 304
Dureza HB	249-278
Límite de Influencia	225 N/mm ²
Aplicaciones	INDUSTRIAS ALIMENTICIAS, CERVECERA, AZUCARERA, ALIMENTICIA, UTENSILLOS DOMESTICOS INDUSTRIA DEL CUERO FARMACEUTICA, DENTAL, ETC...



DIMENSIONES

DIAMETRO	LONGITUD
3/16"	6m.
1/4"	6m.
5/16"	6m.
3/8"	6m.
1/2"	6m.
5/8"	6m.
3/4"	6m.
1"	6m.
1-1/4"	6m.
1-1/2"	6m.
2"	6m.
2-1/2"	6m.
3"	6m.
3-1/2"	6m.
4"	6m.
5"	6m.
6"	6m.

ANEXO A3: Ángulo de acero

PERFILES IMPORTADOS ANGULOS

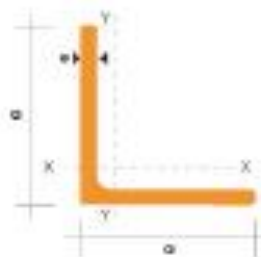
Especificaciones Generales

Calidad:	ASTM A36 SAE 1008
Otras calidades:	Previa Consulta
Longitud normal:	6.00m
Otras longitudes:	Previa Consulta
Acabado:	Natural
Otro acabado:	Previa Consulta



DENOMINACION	DIMENSIONES		PESO		AREA
	mm		kg/m	kg/6m	cm ²
	a	e			
AL 20X2	20	2	0.60	3.62	0.76
AL 20X3	20	3	0.87	5.27	1.11
AL 25X2	25	2	0.75	4.55	0.96
AL 25X3	25	3	1.11	6.68	1.41
AL 25X4	25	4	1.45	8.75	1.84
AL 30X3	30	3	1.36	8.13	1.71
AL 30X4	30	4	1.77	10.63	2.24
AL 40X3	40	3	1.81	11.00	2.31
AL 40X4	40	4	2.38	14.34	3.04
AL 40X6	40	6	3.49	21.34	4.44
AL 50X3	50	3	2.29	13.85	2.91
AL 50X4	50	4	3.02	18.33	3.84
AL 50X6	50	6	4.45	26.58	5.64
AL 60X6	60	6	5.37	32.54	6.84
AL 60X8	60	8	7.09	42.54	9.03
AL 65X6	65	6	6.84	41.25	8.74
AL 70X6	70	6	6.32	38.28	8.05
AL 75X6	75	6	6.78	40.65	8.64
AL 75X8	75	8	8.92	54.18	11.36
AL 80X8	80	8	9.14	55.00	11.60
AL 90X8	90	8	9.14	55.00	11.64
AL 90X10	90	10	12.06	72.05	15.36
AL 90X12	90	12	16.26	97.54	21.56

También en galvanizado e inoxidable



ANEXO A4: Propiedades mecánicas de planchas galvanizadas

PLANCHAS GALVANIZADAS

Especificaciones Generales

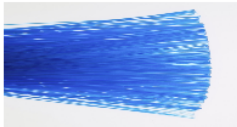
Acero base	Calidad Comercial o según tabla de Laminado al Frio
Norma	ASTM A653 (Norma de recubrimiento)
Espesores	0,30mm a 2,90mm
Rolls	X 1219mm y por flejes
Planchas	4 X 8 pies y medidas especiales
Har	Regular Mínima Zero



RECUBRIMIENTO (TOTAL AMBAS CARAS)		
TIPO	oz / pie ²	gr / m ²
G-40	40	120
G-60	60	180
G-90	90	270

PRODUCTO / MERCADO	COMERCIAL, CONSTRUCCIÓN Y EDIFICIOS	INDUSTRIAL	LINEA BLANCA	AUTOMOTRIZ
Lámina Galvanizada	Techos y paredes, perflería y tubería en general, polines, soportes de cielo falso, ductos de aire, silos para almacenar granos, accesorios para construcción, cortinas metálicas, señalizaciones de carretera, estructuras, techos y soportes de establecimientos.	Aire acondicionado, ventiladores de techo y ventana, tapas, extractores de humo, casas móviles, ductos, bisagras, recipientes, cajas eléctricas, pizarrones electrónicos, motores, laines, etc.	Respaldo de refrigeradores, estufas y lavadoras, soportes, bases, uniones, esquineros y accesorios de fijación y otras partes no expuestas, etc.	Moflers, uniones, soportes, pisos, carter, guantera, portaestéreos, cinchos y otras partes no expuestas, etc.

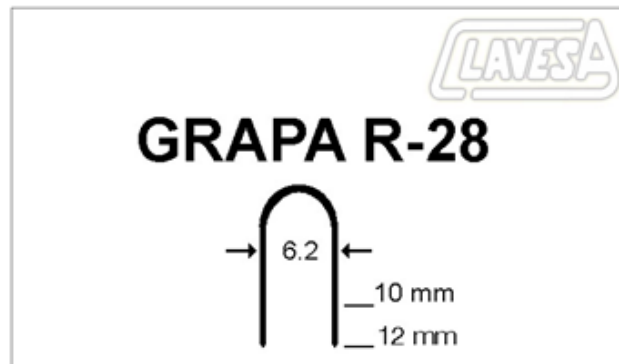
ANEXO A5: Propiedades mecánicas de la fibra plástica ECOSAN SL

NR		ECOSAN	PERFIL	DIÁMETRO mm ($\pm 7\%$)	ONDULACIÓN	SUAVE	PLUMA
PS		SL		0,15 - 0,50	n	s	n
SL		<p>ECOSAN SL - Es una fibra no plumable. Por su particular característica de resistencia a los disolventes, lubricantes y carburantes y por su gran resistencia a la abrasión, esta fibra es adecuada para escobas de uso industrial. No obstante, ajustando el espesor y la longitud a la finalidad de uso de la fibra, casi no existen aplicaciones para las que no se pueda usar este producto: desde la tira técnica hasta la escoba de uso doméstic.</p>				<p>Foto zoom</p>	
APLICACIONES							
Escobas industria alimentaria			Escoba de la interna			Cepillos de uñas y baño	

ANEXO A6: Propiedades mecánicas del Laurel

	<p>Laurel</p> <p>Características generales: Madera del monte, semi-dura, de tono verdoso, veta agradable y buena resistencia, peso intermedio. Noble y versátil. Contracciones medianas, medianamente penetrable.</p> <p>Características orgánicas: Color: Castaño, parduzco - Olor: Pronunciado Veteado: Pronunciado - Brillo: Mediano - Textura: Mediana Grano: Derecho</p> <p>Combustibilidad: Fácil</p> <p>Durabilidad: Hongos: Poco durable - Insectos: Resistente</p> <p>Comportamiento: Acepta bien la penetración de clavos y tornillos. Toma muy bien colas, lustres y barnices.</p> <p>Usos habituales: Puertas y ventanas macizas para exterior; estantes y repisas; chapas decorativas.</p> <p>Propiedades mecánicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Flexión - Módulo de rotura: 880 kg/cm² - Flexión - Módulo de elasticidad: 104.600 kg/cm² - Compresión - Módulo de rotura: 454 kg/cm² - Compresión - Módulo de elasticidad: 102.500 kg/cm² <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ancho máximo: 45 cm. - Largo máximo: 7,00 mts. - Espesores: 1", 1 1/2", 2" y 3"
--	---

ANEXO A7: Grapa R28



GRAPA R-28 PARA GRAPADO MANUAL.

Grapa galvanizada ligera para múltiples usos de fijación especialmente en madera con diámetro de 1.2 mm y longitudes de 10 y 12 mm.

ANEXO A8: Secciones de bandas en V estándar

Secciones de bandas en V estándar

Sección de la banda	Ancho a , pulg	Espesor b , pulg	Diámetro mínimo de polea, pulg	Intervalo de potencias (hp), una o más bandas
A	$\frac{1}{2}$	$\frac{11}{32}$	3.0	$\frac{1}{2}$ 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 y mayores

ANEXO A9: Circunferencias interiores de bandas en V estándar

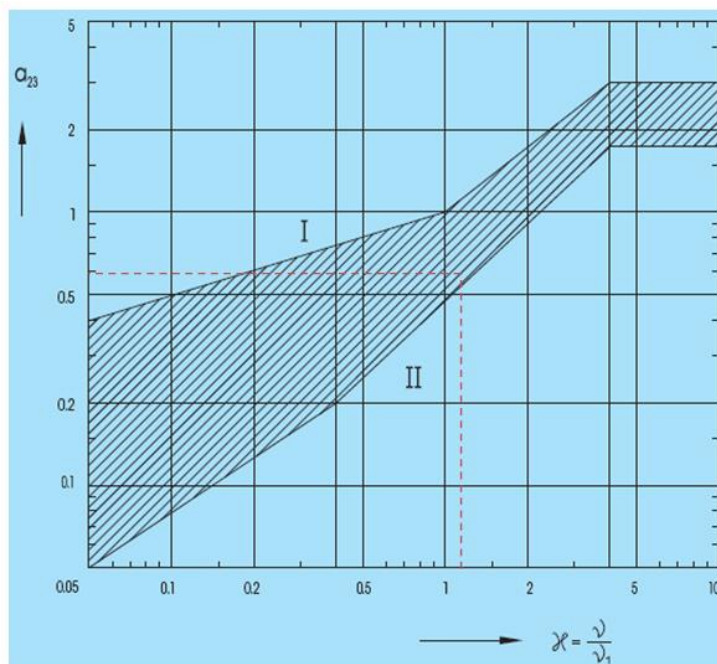
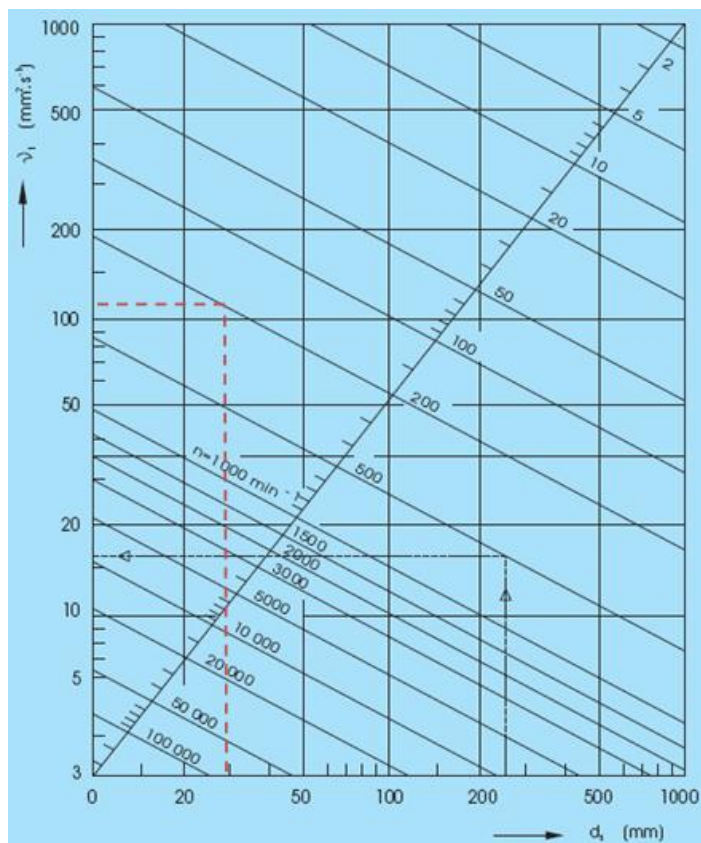
Sección	Circunferencia, pulg
A	26, 31, 33, 35, 38, 42, 46, 48, 51, 53, 55, 57, 60, 62, 64, 66, 68, 71, 75, 78, 80, 85, 90, 96, 105, 112, 120, 128
B	35, 38, 42, 46, 48, 51, 53, 55, 57, 60, 62, 64, 65, 66, 68, 71, 75, 78, 79, 81, 83, 85, 90, 93, 97, 100, 103, 105, 112, 120, 128, 131, 136, 144, 158, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300
C	51, 60, 68, 75, 81, 85, 90, 96, 105, 112, 120, 128, 136, 144, 158, 162, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420
D	120, 128, 144, 158, 162, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420, 480, 540, 600, 660
E	180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420, 480, 540, 600, 660

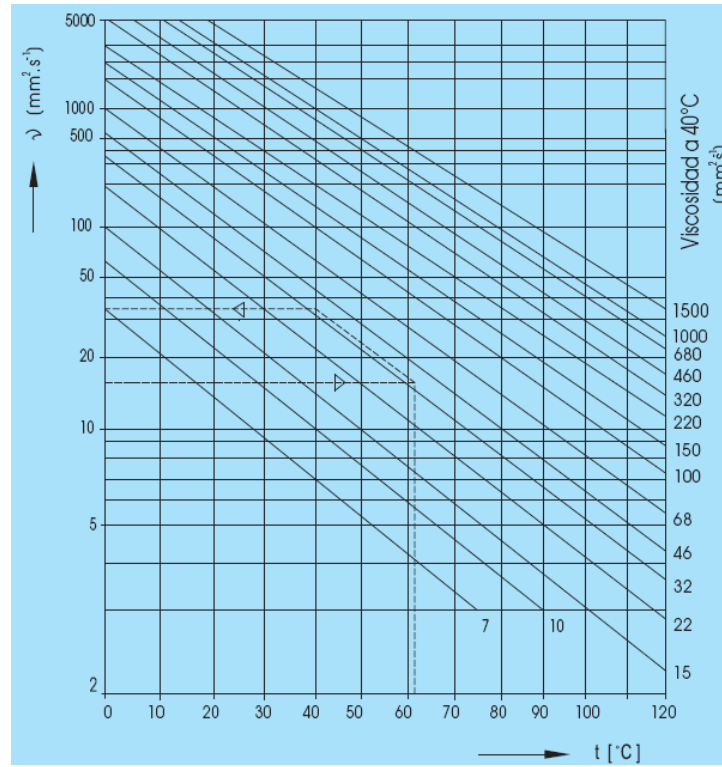
ANEXO A10: Factor de servicio para transmisiones de banda en V

Maquinaria impulsada	Fuente de potencia	
	Características del par de torsión normal	Par de torsión alto o no uniforme
Uniforme	1.0 a 1.2	1.1 a 1.3
Impacto ligero	1.1 a 1.3	1.2 a 1.4
Impacto medio	1.2 a 1.4	1.4 a 1.6
Impacto pesada	1.3 a 1.5	1.5 a 1.8

ANEXO A11: Secciones de chavetas

SECCIONES DE CHAVETAS Y RANURAS SEGUN GOST 8788-58										CORRIENTES SEGUN GOST 8789-58		
										CASO A		
D	SECCION		CASO I			CASO II			r ₁	l		c ó r
	b	h	t	t ₁	K	t	t ₁	K		DE	HASTA	
DE 5 A 7	2	2	1,1	1,0	1,0				0,2	6	20	0,25
DE 7 A 10	3	3	2,0	1,7	1,2	3,2	1,9	2,0		6	28	
.. 10 .. 14	4	4	2,5	1,6	1,8					8	36	
.. 14 .. 18	5	5	3,0	2,1	2,3					10	45	
DE 18 .. 24	6	6	3,5	2,6	2,9	3,8	2,9	2,6	0,3	14	56	0,4
.. 24 .. 30	8	7	4,0	3,1	3,5	4,5	2,6	3,0		18	70	
.. 30 .. 36	10	8	4,5	3,6	4,2	5,2	2,9	3,5		22	90	
.. 36 .. 42	12	8	4,5	3,6	4,4	5,2	2,9	3,7		28	110	
.. 42 .. 48	14	9	5,0	4,1	5,0	5,8	3,3	4,2	36	140		

ANEXO A12: Factor de duración para material de cualidades no convencional

ANEXO A13: Viscosidad de las grasas según el diámetro medio de los rodamientos


ANEXO A14: Viscosidad del aceite según la temperatura de trabajo del rodamiento











ANEXO A15: Propiedades de las grasas para rodamientos

Propiedades de las grasas para los rodamientos					Tabla 36
Tipo de grasa		Propiedades			
Medio espasado	Aceite básico	Rango de temperaturas del uso [°C]	Resistencia al agua	Uso	
Jabón de litio	mineral	-20 ÷ 130	estable	grasa de uso múltiple	
Jabón calizo	mineral	-20 ÷ 50	muy estable	buen efecto de obturación contra el agua	
Jabón de solio	mineral	-20 ÷ 100	no estable	emulga con agua	
Jabón de aluminio	mineral	-20 ÷ 70	estable	buen efecto de obturación contra el agua	
Jabón de litio complejo	mineral	-20 ÷ 150	estable	grasa de uso múltiple	
Jabón calizo complejo	mineral	-30 ÷ 130	muy estable	grasa múltiple conveniente para mayores temperaturas y cargas	
Jabón de solio complejo	mineral	-20 ÷ 130	estable	conveniente para mayores temperaturas y cargas	
Jabón de aluminio complejo	mineral	-20 ÷ 150	estable	conveniente para mayores temperaturas y cargas	
Jabón de bario complejo	mineral	-30 ÷ 140	estable	conveniente para mayores temperaturas y cargas	
Bentonita	mineral	-20 ÷ 150	estable	conveniente para temperaturas altas bajo velocidad de giro baja	
Poliurea	mineral	-20 ÷ 160	estable	conveniente para temperaturas altas bajo velocidad de giro media	
Jabón de litio	de silicón	-40 ÷ 170	muy estable	conveniente para un rango amplio de temperaturas bajo velocidad de giro media	
Jabón de bario complejo	de éster	-60 ÷ 140	estable	conveniente para mayores temperaturas y mayor velocidad de giro	

ANEXO A16: Propiedades mecánicas del tool negro laminado en frío

NORMA	COMPOSICION QUIMICA							PROPIEDADES MECANICAS				
	% C	%MN	%P	%S	%SI	%CU	OTROS	Fluencia (Mpa)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Alargamiento %	Doblado 180°	NORMA EQUIVALENTE
ASTM A-588M GRADO A	0,19 max	0,8 1,25	0,04 max	0,05 max	0,3 0,6	0,25 0,40	Ni 0,15-0,35 Cr 0,40-0,65 V 0,02-0,10	345 min	485 min	18 min		
ASTM A-283 GRADO C	0,12 0,18	0,3 0,6	0,025 max	0,03 max	0,04 max	0,2 max		205 min	380 516 max	25 min	0=1,5e	SAE 1015
JIS G-3101 SS41 M	0,17 0,23	0,3 0,6	0,025 max	0,025 max	0,04 max	0,25 max		250 min	400 min 550 max	21 min		SAE 1020 ASTM A-36 ASTM A-570 GRADO 36
A 36	0,25 0,29	0,80 1,2	0,04 max	0,05 max	0,4 max	0,20 max		250 min	400 min 550 max	20 min		
A570-GR50	0,25	1,35 max	0,035 max	0,04 max				340 min	450 min 550 max	17 min	1-1/2e	

ANEXO A17: Tabla para determinar el coeficiente de apoyo

Buckled shape of column is shown by dashed line	(a) 	(b) 	(c) 	(d) 	(e) 	(f) 
Theoretical K value	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Recommended design value when ideal conditions are approximated	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
End condition code	   	Rotation fixed and translation fixed Rotation free and translation fixed Rotation fixed and translation free Rotation free and translation free				

ANEXO A18: Valores de la rugosidad absoluta

Material de construcción	Rugosidad (k: mm)
<u>Tuberías de plástico</u>	
Polietileno (P.E.).....	0,002
Cloruro de polivinilo (PVC).....	0,02
<u>Tuberías metálicas</u>	
Tuberías estiradas, sin soldaduras de latón, cobre, plomo.....	0,0015 - 0,01
Aluminio.....	0,015 - 0,06
<u>Acero estirado sin soldaduras:</u>	
Nuevas.....	0,02 - 0,10
Después de muchos años en servicio.....	1,2 - 1,5
<u>Acero galvanizado:</u>	
Nuevas, buena galvanización.....	0,07 - 0,10
Galvanización ordinaria.....	0,10 - 0,15
<u>Fundición:</u>	
Nuevas.....	0,25 - 1,00
Nuevas con revestimiento bituminoso.....	0,10 - 0,15
Asfaltadas.....	0,12 - 0,30
Después de varios años en servicio.....	1,00 - 4,00
<u>Hormigón y fibrocemento:</u>	
- <u>Hormigón:</u>	
Superficie muy lisa.....	0,3 - 0,8
Condiciones medias.....	2,5
Superficie rugosa.....	3 - 9
Hormigón armado.....	2,5
- <u>Fibrocemento (F.C.):</u>	
Nuevas.....	0,05 - 0,10
Después de varios años en uso.....	0,60

ANEXO A19: Tabla de coeficientes de Hazen-Williams

Material	Coefficiente de Hazen-Williams
Asbesto-cemento (nuevo)	135
Cobre y Latón	130
Ladrillo de saneamiento	100
Hierro fundido, nuevo	130
Hierro fundido, 10 años de edad	107 – 113
Hierro fundido, 20 años de edad	89 – 100
Hierro fundido, 30 años de edad	75 – 90
Concreto, acabado liso	130
Concreto, acabado común	120
Acero galvanizado (nuevo y usado)	125
Acero remachado nuevo	110
Acero remachado usado	85
PVC	140
PE	150
Plomo	130 -140
Aluminio	130



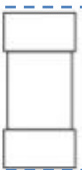

ANEXO A20: Coeficientes K para diferentes accesorios de tubería de agua

Accesorios	L/D	Diámetro nominal (en pulgadas)												
		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2-3	4	6	8-10	12-16	18-24	
		Valores de K												
Válv. de compuerta(abierta)	8	0.22	0.2	0.18	0.18	0.15	0.15	0.14	0.14	0.12	0.11	0.1	0.1	
Válv. de globo(abierta)	340	9.2	8.5	7.8	7.5	7.1	6.5	6.1	5.8	5.1	4.8	4.4	4.1	
Válv. de retención horizontal(check)	100	2.7	2.5	2.3	2.2	2.1	1.9	1.8	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	
Válv. de retención horizontal oscilatoria(check)	50	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	0.75	0.7	0.65	0.6	
Válv. de pie de disco(de huso)con colador	420	11.3	10.5	9.7	9.3	8.8	8.0	7.6	7.1	6.3	5.9	5.5	5.0	
Válv. de pie de disco con bisagra	75	2	1.9	1.7	1.7	1.7	1.4	1.4	1.3	1.1	1.1	1.0	0.9	
Codos estándar	90°	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36
	45°	16	0.43	0.4	0.37	0.35	0.34	0.3	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
	90° radio largo	16	0.43	0.4	0.37	0.35	0.34	0.3	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
	180°	50	1.35	1.25	1.15	1.10	1.05	0.95	0.9	0.85	0.75	0.7	0.65	0.6
Curvas de 90°	20	0.54	0.5	0.46	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.3	0.28	0.26	0.24	
T en línea (con derivación en la línea principal y lateral cerrada)	20	0.54	0.5	0.46	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.3	0.28	0.26	0.24	
T en línea (con circulación por derivación)	60	1.62	1.5	1.38	1.32	1.26	1.14	1.08	1.02	0.9	0.84	0.78	0.72	

ANEXO A21: Tabla para seleccionar cable AWG según corriente admisible

AWG	Diam. mm	Amperaje	AWG	Diam. mm	Amperaje
1	7.35	120	16	1.29	3,7
2	6.54	96	17	1.15	3,2
3	5.86	78	18	1.024	2,5
4	5.19	60	19	0.912	2,0
5	4.62	48	20	0.812	1,6
6	4.11	38	21	0.723	1,2
7	3.67	30	22	0.644	0,92
8	3.26	24	23	0.573	0,73
9	2.91	19	24	0.511	0,58
10	2.59	15	25	0.455	0,46
11	2.30	12	26	0.405	0,37
12	2.05	9,5	27	0.361	0,29
13	1.83	7,5	28	0.321	0,23
14	1.63	6,0	29	0.286	0,18
15	1.45	4,8	30	0.255	0,15

ANEXO A22: Tabla de tipos y dimensiones de fusibles

Forma	Tipos	Talla	Intensidad [A]	Tensión [V]	Poder corte [KA]
	DO	DO1 DO2 DO3	2 - 16 20 - 63 80 - 100	400	50
	D	DII DIII DIV	2 - 25 35 - 63 80 - 100	500	50
	Cilíndricos	8x31 10x38 14x51 22x58	2 - 20 2 - 25 / 32 16 - 40 / 50 32 - 100 / 125	400 / 500 / 690	80 / 120
	NH De cuchilla	000/00 0 1 2 3 4 4A	6 - 100 / 6 - 160 6 - 160 80 - 250 125 - 400 315 - 630 500 - 1000 500 - 1250	400 / 500 / 690	80 / 120

ANEXO A23: Propiedades mecánicas del electrodo E-6011 según la norma AWS

RESISTENCIA TENSIL:	4,850 - 5,090 KG/CM ² (68,150 A 72,400 PSI)
LIMITE ELASTICO:	3,850 - 4,550 KG/CM ² (54,750 A 64,700 PSI)
ALARGAMIENTO EN 5 CM:	22 - 26%
DUREZA BRINELL:	160 - 180
POSICIONES:	TODAS
CORRIENTE:	ALTERNA Y CONTINUA ELECTRODO POSITIVO

ANÁLISIS QUÍMICO DEL METAL DEPOSITADO %					MEDIDA	AMPERAJE
C	Mn	P	S	Si	3.25 mm - 1/8"	90-130
0.10	0.47	0.03	0.03	0.25	4.0 mm - 5/32"	120-180
					5.0 mm - 3/16"	160-220