

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO DE UN SISTEMA PROCESADOR DE TAMARINDO DESCASCARADO

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela.
Por los Bachilleres:
Bellorín S., Néstor
Da Costa M., Karina
para optar al Título de Ingeniero
Mecánico.

Caracas, 2001

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO DE UN SISTEMA PROCESADOR DE TAMARINDO DESCASCARADO

TUTOR: Prof. Enrique Limongi.

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela.
Por los Bachilleres:
Bellorín S., Néstor
Da Costa M., Karina
para optar al Título de Ingeniero
Mecánico.

Caracas, 2001

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Central de Venezuela por darnos acceso a una excelente formación académica y permitirnos disfrutar de nuestros mejores años dentro de sus instalaciones.

A las personas:

Arquitecto André Cerrada.

Ingeniero Roosevelt Rodrigo Rodríguez.

Ingeniero Gladys Karina Hernández.

Ingeniero Héctor Zabarce.

Ingeniero Yusmary Quintero.

Ingeniero Juan Pablo Rodríguez.

Sin su ayuda no hubiese sido posible la realización y culminación de este trabajo.

Al Centro de Bioingeniería de la Facultad de Ingeniería (CEBIO) y a los que allí laboran, por facilitarnos sus conocimientos y permitirnos hacer uso de sus instalaciones.

A nuestros compañeros de la Escuela de Ingeniería Mecánica y a todos aquellos que de una u otra forma colaboraron con nosotros, ayudándonos en el transcurso de nuestro trabajo.

Queremos ofrecer un agradecimiento muy especial al Profesor e Ingeniero Enrique Limongi por apoyarnos, ayudarnos y motivarnos en la realización de este trabajo especial de grado. Gracias por difundir y promover nuestra labor alrededor del mundo. Muchas Gracias por su dedicación.

DEDICATORIA

Este trabajo significa culminar una enseñanza la cual debo en su totalidad a mi Madre, América Segovia, quien tuvo confianza en dedicar la mayor parte de su vida a instruirme, quien comprendió lo resistente que se debe ser en esta carrera, quien cree en mis metas, donde ahora le respondo al ser una persona preparada, debiéndole todo lo que soy y que demostraré que valió la pena su espera.

Mi abuelo, Fermín Medina, que en paz descanse, a quien llevo en mi mente por siempre, al ser una de las personas que ocupó un espacio importante en mi vida.

Mi hermano y mi abuela, que siempre me acompañaron durante el transcurso de mi carrera.

Mi compañera y amiga, Karina Da Costa, por llegar conmigo hasta el final sin importar lo ajeno al trabajo.

Mis amigos, en especial quienes me acompañaron durante la realización de mi trabajo, Karen Matos, Blanca Rodríguez y Carlos Rubén González, los cuales creen en mi al hacer realidad junto con ellos, un trabajo que es meta primordial en mi vida.

Néstor Bellorín.

DEDICATORIA

La culminación de este trabajo hace que llegue a su final uno de los períodos y de las labores más maravillosos de mi vida, trayendo consigo la esperanza de encontrar nuevas oportunidades que me ayuden en mi formación personal y profesional. Muchas personas me han facilitado mi paso por este trayecto y sólo por la sencilla razón de quererme y aceptarme tal y como soy les dedico el fruto de mis estudios.

A mi Madre Emelina por apoyarme, cuidarme, guiarme y amarme como si su propia vida dependiera de ello. Te amo un mundo, gracias infinitas por todo lo que haces.

A mi Padre Antonio, por enseñarme el valor del respeto y de la responsabilidad, gracias por creer en mi y por facilitar mi camino por la vida.

A mis hermanos Tony y Victor, por enseñarme el valor de la amistad y por compartir conmigo sus anhelos e inquietudes, gracias mil por el apoyo, los adoro.

A esa adorable criatura de Dios Tito, el mejor y más indispensable anti estrés.

A mi compañero de tesis Néstor por soportar tantos inconvenientes y por no permitir la contaminación de nuestra amistad. Te quiero mucho.

A mis adorables amigos los Ratonés, los Locos Adams y al Viejito, por acompañarme en las buenas y las no tanto, por pelear y reír conmigo y por ofrecerme siempre un bastón de apoyo lleno de consejos y buenos sentimientos.

Este trabajo está dedicado especialmente en honor y memoria de mi abuela Josefa, por continuar amándome y guiándome desde el cielo. Te amaré siempre.

Karina Da Costa.

Bellorín S., Néstor L. y Da Costa M., Karina.

**DISEÑO DE UN SISTEMA PROCESADOR DE
TAMARINDO DESCASCARADO**

**Tutor Académico: Prof. Ing. Enrique Limongi. Tesis. Caracas,
U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería
Mecánica. 2001. 297 pág.**

Mezclar, moldear y empacar.

En el presente trabajo se desarrolló el diseño de un sistema procesador que mezcla, moldea y empaca en panelas, tamarindo descascarado, mediante la aplicación de tecnologías y conocimientos en el área de diseño, que se adaptan a las demandas de producción y consumo del mercado venezolano.

El sistema consta de tres etapas durante su funcionamiento las cuales son mezclar, moldear y empacar, y están vinculadas con las partes de la máquina. El tamarindo descascarado se vierte sobre el mezclador de paletas para suavizar y homogeneizar la fruta con la incorporación constante de melaza, se desplaza por el tornillo sin fin hasta el moldeador con la presión necesaria para dar forma de panela a la pasta, esta cae sobre la banda sanitaria donde es transportada hasta un dispensador de envoltorios y se coloca en una empaquetadora al vacío que le otorga su presentación final.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	xxviii
LA EMPRESA.....	xxx
CAPÍTULO I.....	1
1. EL PROBLEMA.....	1
1.1. Planteamiento del Problema.....	1
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. Objetivos Específicos.....	3
1.3. Justificación de la Investigación.....	5
1.4. Limitaciones.....	6
CAPÍTULO II.....	7
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	7
2.1.1. Historia del Fruto.....	7
2.1.1.1 Origen.....	8
2.1.1.2 Adaptación.....	8
2.1.2. Descripción.....	9
2.1.2.1 Hábito de Crecimiento.....	9
2.1.2.2 Follaje.....	9
2.1.2.3 Flores.....	10
2.1.2.4 Fruto.....	10
2.1.3. Cultura.....	11
2.1.3.1 Locación.....	11

2.1.3.2 Suelos.....	12
2.1.3.3 Irrigación.....	12
2.1.3.4 Cosecha.....	12
2.1.3.5 Usos y Acción Médica.....	14
2.1.3.6 Variedades.....	15
2.1.4. Proceso Actual de Creación de la Panela.....	16
2.1.4.1 Etapa de Mezclado.....	16
2.1.4.2 Etapa de Moldeo.....	16
2.1.4.3 Etapa de Empaque.....	17
2.2. Principio de Funcionamiento del Sistema.....	18
2.2.1. Mezclador de Eje Helicoidal.....	18
2.2.2. Tornillo Sin Fin.....	19
2.2.3. Moldeador.....	19
2.2.4. Banda Sanitaria.....	19
2.2.5. Dispensador de Empaque.....	20
2.2.6. Empaquetador al Vacío.....	20
2.3. Bases Teóricas.....	20
2.3.1. Equipos que Conforman el Sistema.....	21
2.3.1.1 Mezclador.....	21
2.3.1.2 Tornillo Sin Fin.....	30
2.3.1.3 Moldeador.....	40
2.3.1.4 Banda Sanitaria.....	41
2.3.1.5 Empaquetador al Vacío.....	46
2.3.1.6 Sistemas Neumáticos.....	49
2.3.1.7 Reductores de Velocidad.....	55

CAPÍTULO III.....	58
3. MARCO METODOLÓGICO.....	58
3.1. Búsqueda de las Alternativas.....	58
3.1.1. Evaluación de las Alternativas.....	61
3.1.1.1 Sistema Propuesto N°1.....	61
3.1.1.2 Sistema Propuesto N°2.....	62
3.1.1.3 Sistema Propuesto N°3.....	63
3.1.1.4 Sistema Propuesto N°4.....	64
3.1.1.5 Matriz de Selección del Sistema a Utilizar.....	65
3.2. Selección del Tipo de Acero.....	71
3.2.1. Tipos de Acero.....	71
3.2.1.1 Elementos Básicos.....	71
3.2.1.2 Características y Propiedades.....	72
3.3. Cálculo del Mezclador.....	73
3.3.1. Cálculo del Tanque.....	73
3.3.2. Cálculo del Agitador.....	79
3.3.2.1 Características Geométricas del Agitador Helicoidal Cónico.....	81
3.3.3. Cálculo del Tanque de Melaza.....	86
3.4. Cálculo del Tornillo Sin Fin.....	90
3.4.1. Clasificación de la Unidad Transportadora.....	91
3.4.2. Características del Material a Transportar.....	92
3.4.2.1 Selección del Material.....	92
3.4.2.2 Máximo Tamaño de las Partículas.....	93
3.4.2.3 Porcentaje de la Carga del Transportador.....	94

3.4.2.4 Serie de Componentes Recomendados.....	95
3.4.2.5 Densidad del Producto.....	95
3.4.3. Selección del Diámetro y Velocidad Requerida por el Tornillo Sin Fin.....	96
3.4.3.1 Determinación del Diámetro del Tornillo.....	96
3.4.3.2 Cálculo de la Capacidad para Transportadores con Paso Específico o Paletas Modificadas.....	97
3.4.3.3 Cálculo de la Velocidad del Tornillo.....	99
3.4.4. Cálculo de la Potencia Requerida por el Tornillo Sin Fin.....	100
3.4.5. Cálculo y Capacidad de Torque del Tornillo.....	101
3.4.6. Selección de Componentes del Tornillo Sin Fin.....	103
3.4.6.1 Tornillos Alimentadores.....	103
3.4.6.2 Tipos de Alimentadores.....	104
3.4.6.3 Extracción del Material.....	105
3.4.6.4 Longitud del Alimentador.....	105
3.4.6.5 Selección del Alimentador.....	107
3.4.6.6 Componentes.....	110
3.4.6.7 Admisiones.....	112
3.4.6.8 Descargas.....	116
3.4.6.9 Cojinetes.....	118
3.4.6.10 Ejes.....	124
3.4.6.11 Sellos.....	129
3.4.6.12 Aletas para Tornillos Sin Fin.....	131
3.4.6.13 Paso del Tornillo.....	134
3.4.6.14 Carcasa Tubular.....	135

3.4.6.15 Extremos de los Canales.....	138
3.4.7. Fuerza en el Tornillo Sin Fin.....	142
3.4.7.1 Tiempo de Traslado.....	142
3.4.7.2 Velocidad Lineal de la Pasta.....	143
3.4.7.3 Aceleración de la Pasta.....	144
3.4.7.4 Fuerza.....	145
3.5. Cálculo del Molde.....	147
3.5.1. Funcionamiento del Molde.....	147
3.5.2. Cálculo de la Altura de la Carcasa del Molde.....	148
3.5.3. Análisis de Esfuerzos en el Corte en el Molde.....	151
3.5.3.1 Carga Distribuida.....	155
3.5.4. Soportes del Cilindro de Corte.....	161
3.5.5. Soporte del Cilindro Neumático para Expulsar la Panela del Molde.....	163
3.5.6. Sistemas Neumáticos presentes en el Moldeador.....	165
3.5.6.1 Cilindro de Doble Efecto para Generar Movimiento en el Molde.....	165
3.5.6.2 Cilindro de Doble Efecto para Expulsar la Panela del Molde.....	166
3.6. Cálculo de la Banda Sanitaria.....	168
3.6.1. Datos Necesarios para Determinar y Seleccionar una Banda Sanitaria.....	169
3.6.1.1 Dimensiones Totales de la Banda.....	169
3.6.1.2 Características del Producto que va a Transportarse.....	170
3.6.1.3 Cambio de Proceso en el Producto mientras se	

Transporta.....	171
3.6.1.4 Características de los Ambientes en los Cuales va a Funcionar la Banda.....	171
3.6.1.5 Grapas Utilizadas en la Banda Sanitaria.....	171
3.7. Cálculo del Dispensador de Empaques.....	175
3.7.1. Características del Dispensador de Empaques.....	175
3.7.1.1 Partes del Dispensador de Empaques.....	176
3.7.1.2 Características Internas del Dispensador de Empaques.....	178
3.8. Cálculo del Empaquetador al Vacío.....	181
3.8.1. Funcionamiento del Empaquetador.....	181
3.8.2. Dimensiones del Empaquetador.....	181
3.8.2.1 Cálculo del Tiempo de Extracción del Aire de la Cámara.....	183
3.8.2.2 Partes que Conforman el Empaquetador.....	184
3.9. Funcionamiento del Sistema.....	189
3.9.1. Descripción del Tipo de Control para el Manejo de los Componentes del Sistema.....	191
3.10. Simulación.....	194
3.10.1. Caracterización.....	195
3.10.2. Discretización Geométrica.....	195
3.10.2.1 Molde.....	196
3.10.2.2 Tornillo Sin Fin.....	201
3.10.3. Aplicación de las Cargas.....	202
3.10.3.1 Molde.....	202
3.10.3.2 Tornillo Sin Fin.....	205

CAPÍTULO IV.....	207
4. MANTENIMIENTO.....	207
4.1. Higiene y Seguridad Industrial.....	208
4.1.1. Protección Corporal.....	208
4.1.1.1 Protección Craneal.....	208
4.1.1.2 Protección Auditiva.....	211
4.1.1.3 Protección Visual.....	212
4.1.1.4 Protección Respiratoria.....	213
4.1.1.5 Indumentaria de Protección Corporal.....	214
4.1.1.6 Protección Manual.....	216
4.1.1.7 Calzado.....	216
4.1.2. Señalización.....	217
4.1.3. Sistemas de Prevención y Protección.....	219
4.1.3.1 Extintores.....	219
4.1.3.2 Luces de Emergencia.....	221
4.2. Mantenimiento del Sistema Procesador de Tamarindo Descascarado.....	222
4.3. Mantenimiento del Equipo.....	224
CAPÍTULO V.....	226
5. PRODUCCIÓN Y FACTIBILIDAD ECONÓMICA.....	226
5.1. Producción.....	226
5.1.1. Producción Manual.....	227
5.1.2. Producción Estimada.....	227
5.1.3. Tiempo de Producción de una Panela de Tamarindo.....	228

5.2. Factibilidad Económica.....	229
5.2.1. Costos de Producción.....	230
5.2.2. Tiempo de Procesamiento.....	231
5.2.3. Envoltorio.....	231
5.2.4. Materia Prima.....	232
5.2.5. Costo Total del Sistema.....	232
CAPÍTULO VI.....	235
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	235
6.1. Simulación.....	235
6.1.1. Cilindro de Corte.....	236
6.1.2. Soportes.....	237
6.1.3. Carcasa del Molde.....	238
6.1.4. Tornillo Sin Fin.....	240
6.2. Factibilidad Económica.....	243
CONCLUSIONES.....	244
RECOMENDACIONES.....	246
BIBLIOGRAFÍA.....	247
ANEXOS.....	255

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Fruta del Tamarindo.....	10
Figura 2	Tipos de Agitadores.....	23
Figura 3	Tipo de Flujo Axial sin Deflectores.....	25
Figura 4	Standard Tank Configuration.....	26
Figura 5	Agitador Helicoidal.....	28
Figura 6	Tipo de Flujo en un Agitador Helicoidal con Deflectores.....	29
Figura 7	Tipo de Flujo en un Agitador Helicoidal sin Deflectores.....	30
Figura 8	Componentes de un Tornillo Sin Fin.....	31
Figura 9	Paso Igual al diámetro en un Tornillo Sin Fin.....	36
Figura 10	Medio Paso en un Tornillo Sin Fin.....	36
Figura 11	Paso Corto y Paso Largo en un Tornillo Sin Fin.....	37
Figura 12	Banda Sanitaria.....	43
Figura 13	Empaque al Vacío.....	47
Figura 14	Productos Empacados al Vacío.....	48
Figura 15	Esquema de la Electroválvula.....	53
Figura 16	Electroválvula para Cilindros.....	54
Figura 17	Tobera de Aspiración por Vacío.....	55
Figura 18	Motores-Reductores.....	56
Figura 19	Sistema Propuesto N°1.....	59
Figura 20	Sistema Propuesto N°2.....	59
Figura 21	Sistema Propuesto N°3.....	60
Figura 22	Sistema Propuesto N°4.....	60

Figura 23	Medidas del Tanque Cónico Truncado.....	76
Figura 24	Radios del Tanque Cónico Truncado.....	76
Figura 25	Diferencias de Radios en el Tanque Cónico Truncado.....	77
Figura 26	Ángulo β del tanque Cónico Truncado.....	77
Figura 27	Agitador Helicoidal Cónico.....	80
Figura 28	Diámetro Correspondiente a la Altura del Agitador.....	83
Figura 29	Partes del Tanque de Melaza.....	88
Figura 30	Tanque de Melaza Seleccionado.....	89
Figura 31	Mezclador Seleccionado.....	89
Figura 32	Porcentaje de Carga del Tornillo.....	94
Figura 33	Tornillo Alimentador Tipo A.....	109
Figura 34	Sentido de Rotación de un Tornillo Sin Fin.....	112
Figura 35	Admisión de un Tornillo Sin Fin.....	114
Figura 36	Admisión Brida Estándar.....	115
Figura 37	Descarga de un Tornillo Sin Fin.....	116
Figura 38	Descarga de Caño Estándar.....	117
Figura 39	Vistas Frontal y Lateral de una Descarga de Caño Estándar.....	117
Figura 40	Cojinete de Empuje Tipo M.....	121
Figura 41	Vista Frontal de un Cojinete de Empuje Tipo M.	121
Figura 42	Vista Lateral de un Cojinete de Empuje Tipo M.	122
Figura 43	Vistas Frontal y Lateral de un Rodamiento de Bola.....	123
Figura 44	Dirección del Empuje en el Eje de un Tornillo...	124
Figura 45	Ejes.....	125

Figura 46	Vista Lateral de un Eje Impulsor.....	126
Figura 47	Salida del Eje Impulsor.....	126
Figura 48	Eje de Extremo Flotante.....	127
Figura 49	Vista Lateral de un Eje Final.....	129
Figura 50	Sello de Lámina.....	130
Figura 51	Vistas Frontal y Lateral de un Sello de Lámina..	131
Figura 52	Tornillo de Aleta Seccional.....	133
Figura 53	Paso de un Tornillo Sin Fin.....	134
Figura 54	Tornillo de Paso Estándar.....	134
Figura 55	Carcasa Tubular Estándar.....	135
Figura 56	Diámetro y Radio de una Carcasa Tubular Estándar.....	136
Figura 57	Pestaña Final de la Carcasa.....	137
Figura 58	Extremo de los Canales Con Pie.....	139
Figura 59	Vistas Frontal y Lateral de los Extremo Con Pie	139
Figura 60	Agujeros Tapa Tubular.....	140
Figura 61	Agujeros de la Tapa de Descarga.....	141
Figura 62	Fuerzas Dentro del Tornillo.....	142
Figura 63	Zona Crítica Dentro del Tornillo.....	142
Figura 64	Tornillo Sin Fin Seleccionado.....	146
Figura 65	Visualización de la Espira del Tornillo Sin Fin....	146
Figura 66	Dimensiones de la Panela de Tamarindo.....	148
Figura 67	Dimensiones de la Pirámide Truncada.....	149
Figura 68	Áreas de la Pirámide Truncada.....	149
Figura 69	Dimensiones del Molde y del Cilindro de Corte..	151
Figura 70	Carga Puntual Sobre el Cilindro de Corte.....	151
Figura 71	Carga Distribuida Sobre el Cilindro de Corte.....	155

Figura 72	Representación del Plano de Corte.....	157
Figura 73	Posición de la Pasta Dentro del Molde.....	157
Figura 74	Diagrama de Esfuerzos Aplicados en el Molde...	157
Figura 75	Plano de Corte.....	158
Figura 76	Dimensiones del Soporte del Cilindro de Corte..	162
Figura 77	Representación del Soporte del Cilindro Neumático.....	163
Figura 78	Dimensiones del Soporte del Cilindro Neumático.....	164
Figura 79	Cilindro de Doble Efecto para Generar Movimiento en el Molde.....	166
Figura 80	Cilindro de Doble Efecto para Expulsar la Panela.....	167
Figura 81	Molde Seleccionado.....	168
Figura 82	Banda Sanitaria Tipo Saniwhite.....	169
Figura 83	Usos de las Grapas.....	172
Figura 84	Tiras Conectoras.....	173
Figura 85	Banda Sanitaria Seleccionada.....	174
Figura 86	Partes del Dispensador de Empaques.....	176
Figura 87	Dimensiones del Dispensador de Empaques.....	177
Figura 88	Bandejas del Dispensador de Empaques.....	177
Figura 89	Plancha de Presión para Comprimir los Empaques en el Dispensador.....	178
Figura 90	Dispensador de Empaques Seleccionado.....	180
Figura 91	Dimensiones Exteriores del Empaquetador.....	182
Figura 92	Dimensiones de las Distancias entre el Borde del Empaquetador y la Cámara de Vacío (lados	

	rojo y verde).....	182
Figura 93	Dimensiones de las Distancias entre el Borde del Empaquetador y la Cámara de Vacío (lados azul y morado).....	183
Figura 94	Dimensiones de la Cámara de Vacío.....	183
Figura 95	Plexyglass.....	185
Figura 96	Disposición de las Panelas en la Plancha.....	185
Figura 97	Barra de Sellado.....	186
Figura 98	Generador de Vacío.....	187
Figura 99	Detalle de la Cubierta del Empaquetador.....	187
Figura 100	Empaquetador al Vacío Seleccionado.....	188
Figura 101	PLC Seleccionado para el Sistema.....	192
Figura 102	Representación del Sistema Completo.....	193
Figura 103	Estructura del Molde.....	196
Figura 104	Representación Gráfica del Molde.....	196
Figura 105	Cilindro de Corte. Modelo sin Malla.....	197
Figura 106	Cilindro de Corte. Modelo Mallado.....	197
Figura 107	Soporte del Cilindro de Corte. Modelo sin Malla.....	198
Figura 108	Soporte del Cilindro de Corte. Modelo Mallado.....	199
Figura 109	Carcasa del Molde. Modelo sin Malla.....	200
Figura 110	Carcasa del Molde. Modelo Mallado.....	200
Figura 111	Tornillo Sin Fin. Modelo sin Malla.....	201
Figura 112	Tornillo Sin Fin. Modelo Mallado.....	202
Figura 113	Fuerzas Aplicadas Sobre el Cilindro de Corte.....	203

Figura 114	Fuerzas Aplicadas Sobre el Soporte del Cilindro de Corte.....	204
Figura 115	Fuerzas Aplicadas Sobre la Carcasa del Molde.....	205
Figura 116	Fuerza Aplicada Sobre el Tornillo Sin Fin.....	206
Figura 117	Cascos de Seguridad.....	209
Figura 118	Suspensores Tipo Araña y Tipo Corona.....	210
Figura 119	Suspensores Ajustables.....	210
Figura 120	Protector Auditivo Tipo Tapón con Cordel.....	211
Figura 121	Protector Auditivo Tipo Tapón.....	212
Figura 122	Lentes Multiuso.....	213
Figura 123	Mascarillas Desechables.....	214
Figura 124	Bragas Tipo Mecánico Antiácido.....	215
Figura 125	Guantes para Protección Manual.....	216
Figura 126	Calzados Utilizados en la Industria.....	216
Figura 127	Señalizaciones de Prohibición.....	217
Figura 128	Señalizaciones para el Control de Incendios.....	217
Figura 129	Señalizaciones Indicadoras de Peligro.....	218
Figura 130	Señalizaciones de Emergencia.....	218
Figura 131	Señalizaciones de Uso Obligatorio.....	219
Figura 132	Extintor Líquido.....	220
Figura 133	Extintor Seco.....	221
Figura 134	Luces de Emergencia.....	221
Figura 135	Tiempo de Recorrido de la Panela en los Equipos del Sistema.....	229

Figura 136	Distribución de Esfuerzos de Von Mises en el Cilindro de Corte.....	236
Figura 137	Distribución de Esfuerzos de Von Mises en los Soportes del Cilindro de Corte.....	237
Figura 138	Deformación de los Soportes del Cilindro de Corte.....	238
Figura 139	Distribución de Esfuerzos de Von Mises en la Carcasa del Molde.....	239
Figura 140	Distribución de Esfuerzos de Von Mises en el Tornillo Sin Fin. Vista Frontal.....	241
Figura 141	Distribución de Esfuerzos de Von Mises en el Tornillo Sin Fin. Vista Posterior.....	242

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N°1.	Tamaño Máximo de Trozos.....	34
TABLA N°2.	Matriz de selección del sistema.....	68
TABLA N°3.	Materiales.....	93
TABLA N°4.	Factores de capacidad de tornillos de pasos especiales.....	98
TABLA N°5.	Factores de capacidad para tornillos de paletas.....	98
TABLA N°6.	Factor de potencia del alimentador.....	100
TABLA N°7.	Torque máximo para tornillos y ejes estándar.....	102
TABLA N°8.	Selección del alimentador.....	108
TABLA N°9.	Extensión del alimentador.....	109
TABLA N°10.	Capacidad de un tornillo alimentador.....	110
TABLA N°11.	Admisión brida estándar.....	115
TABLA N°12.	Descarga de caño estándar.....	118
TABLA N°13.	Empujes relativos y capacidades de cargas radiales.....	119
TABLA N°14.	Cojinete de empuje tipo M. Vista frontal.....	121
TABLA N°15.	Cojinete de empuje tipo M. Vista lateral.....	122
TABLA N°16.	Rodamientos de los cojinetes.....	123
TABLA N°17.	Ejes impulsores.....	126
TABLA N°18.	Salida del eje impulsor.....	126
TABLA N°19.	Eje de extremo flotante.....	128
TABLA N°20.	Ejes finales.....	129
TABLA N°21.	Sellos de láminas.....	131
TABLA N°22.	Tubular doble.....	136

TABLA N°23.	Pestaña final.....	137
TABLA N°24.	Extremos de los canales con pie.....	139
TABLA N°25.	Agujeros tapa tubular.....	140
TABLA N°26.	Agujeros descarga.....	141
TABLA N°27.	Clasificación de las piezas del sistema.....	223

ÍNDICE DE FÓRMULAS

1.	Volumen total de un cono truncado.....	74
2.	Tangente del ángulo β del tanque cónico truncado.....	78
3.	Hipotenusa del tanque cónico truncado.....	78
4.	Suma de ángulos en un triángulo rectángulo.....	79
5.	Diámetro superior del agitador helicoidal cónico.....	81
6.	Diámetro inferior del agitador helicoidal cónico.....	82
7.	Altura del agitador desde el fondo del tanque.....	82
8.	Espesor de las espiras del agitador helicoidal cónico.....	84
9.	Paso del agitador helicoidal cónico.....	85
10.	Volumen del tanque de melaza.....	87
11.	Capacidad para un tornillo estándar.....	97
12.	Velocidad del tornillo.....	99
13.	Potencia en el eje para un tornillo alimentador.....	100
14.	Torque del tornillo.....	103
15.	Volumen de un tornillo sin fin general.....	106
16.	Longitud de tornillo sin fin alimentador.....	107
17.	Volumen de un tornillo sin fin alimentador.....	107
18.	Longitud del tornillo sin fin.....	143
19.	Velocidad lineal de la pasta.....	144
20.	Aceleración de la pasta.....	144
21.	Fuerza.....	145
22.	Fuerza con factor de seguridad incluido.....	145
23.	Volumen de una pirámide truncada.....	150
24.	Simplificación del volumen de una pirámide truncada.....	150
25.	Fuerza puntual debido a la pasta de reposición.....	153

26.	Esfuerzo ejercido sobre el cilindro.....	154
27.	Esfuerzo que ejerce la columna de pasta de reposición sobre el área superficial del molde.....	158
28.	Esfuerzo de corte entre la pasta de reposición y el molde.....	159
29.	Velocidad del molde.....	159
30.	Fuerza necesaria para desplazar el molde.....	160
31.	Fuerza necesaria para desplazar el molde incluido el factor de seguridad.....	160
32.	Fuerza que ejerce el resorte.....	179
33.	Caudal de aire.....	184

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.....	256
Anexo 2.....	257
Anexo 3.....	258
Anexo 4.....	259
Anexo 5.1.....	260
Anexo 5.2.....	261
Anexo 6.....	262
Anexo 7.....	263
Anexo 8.....	264
Anexo 9.....	265
Anexo 10.....	266
Anexo 11.....	274
Anexo 12.....	275
Anexo 13.....	276
Anexo 14.....	276
Anexo 15.....	277
Anexo 16.....	278
Anexo 17.....	278
Anexo 18.....	279
Anexo 19.....	279
Anexo 20.....	280
Anexo 21.....	280
Anexo 22.....	281
Anexo 23.....	281
Anexo 24.....	282
Anexo 25.....	283
Anexo 26.....	284
Anexo 27.....	284
Anexo 28.....	285
Anexo 29.....	292

INTRODUCCIÓN

Los tiempos modernos han encaminado al hombre a llevar una vida donde todo, prácticamente, se encuentra automatizado o mecanizado, echo que trae consigo la búsqueda de lo práctico, lo económico y lo realizable en el menor tiempo posible.

Este modernismo rutinario ha alcanzado y sometido a muchas ciencias, llegando, inclusive, al diseño, donde ha introducido toda una metodología para la resolución de un problema.

Gran parte del desarrollo industrial en el ámbito mundial se ha obtenido como consecuencia de este factor, lo cual ha hecho que la tecnología se desarrolle a plenitud y favorezca las labores cotidianas del ser humano.

La propuesta de este trabajo surge de la necesidad que tiene una empresa existente en el país "Distribuidora González-Vera C.A.", de aumentar su capacidad de producción en el área de frutos procesados, tomando como caso de estudio el tamarindo en forma de fruta descascarada.

Haciendo un estudio previo sobre la elaboración del producto y conversando con las personas encargadas de elaborarlo, surge la idea de transformar el proceso de forma manual a mecánica, diseñando un sistema que elabore la panela de tamarindo en forma de fruta descascarada y a su vez que esta sea envuelta en un material para poder ser, posteriormente, comercializada.

Al crear este sistema se está dando una posibilidad a la empresa que presenta el problema y a otras más, existentes en el mercado nacional, de poder producir a niveles que puedan satisfacer a los consumidores y a su vez poder comercializar el producto en el exterior lo cual tiene altas posibilidades de ejecución.

Este trabajo especial está abocado a la búsqueda de soluciones a un problema presentado en la producción de panelas de tamarindo mediante el uso de un proceso de diseño, convirtiendo el procedimiento manual en un sistema mecánico.

LA EMPRESA

Tomás González C.A., se constituyó legalmente el día 9 de diciembre de 1.971, abriendo sus puertas en el mercado de Coche en la ciudad de Caracas, comenzando con la compra y venta de frutos nacionales e importados.

Los socios fundadores de esta compañía fueron, el Sr. Tomás González, Sr. Carlos Rubén González y el Sr. Tomás Enrique González. Esta empresa familiar dedicada al mercadeo de frutas crece con el pasar del tiempo, inspirando a los hijos del Sr. Carlos R. González en la creación de una nueva compañía, Distribuidora González-Vera C.A. la cual tiene sus inicios el 22 de julio de 1.999.

Distribuidora González-Vera C.A. también se encarga de la compra y venta de frutas, repartiéndolas a escala nacional desde su centro de trabajo en el kilómetro 8 de la carretera regional, en tazón. Los socios de esta empresa son el Sr. Carlos Rubén González, Sr. Carlos Rubén González junior y el Sr. Carlos Eduardo González.

El día 23 de noviembre de 1.998 se crea Corporación el Castaño C.A. El Sr. Carlos Rubén González junior es uno de los socios fundadores de esta empresa productora de frutos nacionales la cual tiene sus oficinas en la Calle Orinoco de Las Mercedes.

Distribuidora González-Vera C.A. toma las riendas de este proyecto para aumentar la productividad y eficiencia de la compañía y de esta forma elevar el nivel tecnológico de nuestro país creando nuevas fuentes de empleo.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA

Al desarrollar e investigar un problema se debe plantear claramente el dilema, presentar los objetivos necesarios para resolverlo, justificar y exponer las limitaciones del mismo para obtener una idea clara de lo que se quiere lograr.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa "Distribuidora González-Vera C.A." tiene la necesidad de aumentar su capacidad de producción en el área de frutos procesados, particularmente el tamarindo en forma de fruta descascarada; debido a que el método actual de producción es insuficiente para cubrir la demanda nacional, generando pérdidas en la compañía al dificultar el procesamiento de toda la materia prima.

Al estudiar las posibles soluciones para el problema que se presenta se observó que se debía analizar el actual proceso de producción de la panela en la compañía, para así poder reconocer los inconvenientes que este expone y enfocar los esfuerzos en el mejoramiento de dicho proceso.

Para el diseño de los equipos que conforman el sistema se tomaron en cuenta los requerimientos de la empresa basándose en factores específicos:

- ✘ Características del producto: peso, dimensiones.
- ✘ Especificaciones de la panela: diseño, calidad, número de panelas que se manejan.
- ✘ Rendimiento de las operaciones de producción y empaquetado.
- ✘ Necesidades de producción continua.
- ✘ Requerimientos concretos de su manipulación.
- ✘ Dimensional, midiendo la cantidad de espacio utilizable.

El cometido de este sistema es fundamentalmente mezclar, moldear y empaquetar en forma compacta y uniforme tamarindo descascarado para aumentar la producción y abastecer la demanda del mercado nacional.

1.2. OBJETIVOS

El trabajo que se presenta tiene como objetivo general, el diseño de una sistema procesador que mezcle, moldee y empaque en panelas, tamarindo descascarado, mediante la aplicación de tecnologías y conocimientos en el área de diseño, que se adapten a los requerimientos de la empresa para la que se realizará el proyecto (Distribuidora González-Vera C.A.).

1.2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

✘ Estudio de la Fruta.

- ❖ Investigación de los elementos tanto mecánicos como humanos relacionados con la realización actual de la panela de tamarindo.
- ❖ Determinación de los materiales utilizados, el sitio de trabajo y las herramientas necesarias.
- ❖ Determinación de la mano de obra involucrada y la salubridad del sitio de trabajo.
- ❖ Realización de un análisis físico-químico de las propiedades del tamarindo.

✘ Diseño del Sistema.

- ❖ Recolección de información referente al diseño de elementos mecánicos similares en funcionamiento a los deducidos en la creación del sistema.
- ❖ Selección y cálculo de un mezclador industrial adaptado a las características físico - químicas de la fruta.

- ❖ Selección y cálculo de una máquina moldeadora - empaquetadora en forma de panelas de medio kilogramo ($\frac{1}{2}$ Kg).
 - ❖ Creación de esquemas de las maquinarias que caractericen los procesos del sistema.
 - ❖ Exposición de los criterios que justifican los elementos, dimensiones y componentes que forman parte del sistema.
 - ❖ Elaboración de un sistema que mezcle, moldee y empaque en panelas el tamarindo descascarado.
-
- ✘ Estudio de factibilidad económica de la inversión.
-
- ✘ Realización de los planos del conjunto y detalles.

1.3. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACIÓN

En la actualidad el proceso de producción de panelas de tamarindo de la Distribuidora González-Vera C.A. es elaborado en forma manual, lo cual genera pérdidas en la compañía al no poder procesar toda la materia prima aunado al hecho de que con la producción actual no se satisface la demanda nacional.

El diseño del sistema le proporcionará a la empresa un incremento en la eficiencia con el aumento de la velocidad de la línea de producción, disminución de los operadores para agilizar el proceso y reducción de costos utilizando equipos de bajo mantenimiento.

1.4. LIMITACIONES

El trabajo que se presenta abarca cálculos, selección de elementos y planos detallados, no incluye el proceso de fabricación de las máquinas que conforman el sistema.

Una vez definidos los objetivos, las justificaciones y las limitaciones del problema es necesario conocer los aspectos teóricos que rodean al mismo. El desarrollo de un marco teórico que exponga los antecedentes y explique el funcionamiento del sistema es fundamental para resolver el problema planteado.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

En la evolución de cualquier trabajo es necesario conocer los antecedentes de este, abarcando sus orígenes, su descripción, su proceso actual de creación, su funcionamiento y los equipos o partes que conforman al mismo.

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En Venezuela la creación de las panelas de fruta descascarada de tamarindo es un proceso artesanal llevado a cabo en pequeñas industrias que poseen una gran cantidad de personal que laboran en forma manual. Con la finalidad de mejorar y optimizar la producción de este producto algunas empresas se han abocado en tiempo y recursos para el diseño de sistemas que mezclen, moldeen y empaquen tamarindo, con el propósito de ofrecer un producto que sea capaz de adaptarse a las condiciones y exigencias del mercado nacional.

2.1.1. HISTORIA DEL FRUTO

Conocer la historia de un fruto implica abordar el campo de sus orígenes y su forma de adaptación al medio ambiente. Algunos de los aspectos que representan al tamarindo son:

Nombres comunes: Tamarindo, tamarind, tamarin, sampalok.

Afinidad distante: carob (ceratonia siliqua)

✘ Constituyentes.

Ácidos cítrico, tantártico y málico; potasio; bitartrato; goma; pectina; algo de azúcar de uva y fibra parencimatosa.(anexos 1, 2 y 3).

2.1.1.1 Origen

El tamarindo es originario del África tropical, y crece de forma silvestre a todo lo largo del Sudán. Se introdujo a la India hace tanto tiempo, que ha sido reportado como originario de esas tierras. Es extensamente cultivado en áreas tropicales del mundo. En algún momento durante el siglo XVI, se introdujo en América y hoy en día crece en grandes cantidades en México.

2.1.1.2 Adaptación

El tamarindo se adapta adecuadamente a zonas semiáridas de condiciones tropicales, a pesar de que se desenvuelve muy bien en zonas húmedas del mundo como selvas pluviosas estacionalmente elevadas. Los árboles jóvenes son muy susceptibles a la congelación, pero árboles maduros pueden soportar temperaturas de hasta -2°C (28°F) sin sufrir daño alguno. El ambiente seco es importante durante el período de desarrollo de los frutos. El árbol es demasiado grande para ser cultivado en contenedores durante cualquier período de tiempo.

2.1.2. DESCRIPCIÓN

El hábito de crecimiento, el follaje, las flores y los frutos del árbol de tamarindo son las mejores formas de describir en su totalidad a esta planta, por eso es importante conocer en detalle cada característica de esta.

2.1.2.1 Hábito de Crecimiento

Los tamarindos son árboles de crecimiento lento, larga vida y de verdor constante que bajo condiciones óptimas pueden crecer hasta 2,43 m (8 pies) con una copa esparcida de 6 a 8 m (20 a 25 pies).

2.1.2.2 Follaje

El follaje puntiagudo de color verde brillante, es denso y de apariencia plumosa, generando un árbol de sombra atractiva con una estructura muy abierta. Las hojas suelen ser verdes todo el tiempo, pero en climas muy secos, las muda levemente durante la temporada caliente. Generalmente tiene de 10 a 20 terminaciones retráctiles por hoja de color verde pálido, que retira en la noche.

2.1.2.3 Flores

Las flores de cinco pétalos, de no más de 2,54 cm (1 pulg.) y poco llamativas, crecen en pequeños racimos y son amarillas con pequeñas vetas de color rojo o naranja. Los botones son rosados dado el color exterior de los cuatro sépalos que son esparcidos al abrirse la flor.

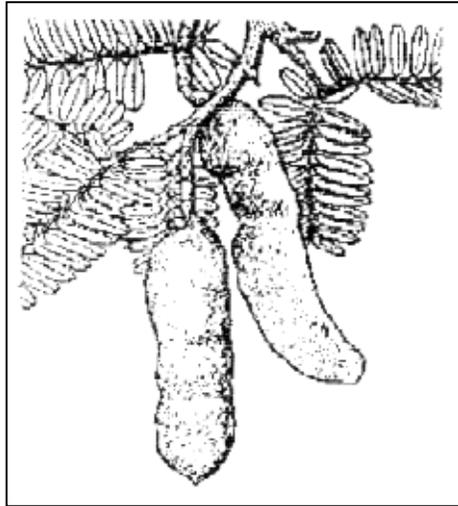


Figura 1. Fruta del Tamarindo.

2.1.2.4 Fruto

Las vainas marrones, de 7,6 a 20,3 cm (3 a 8 pulg.) de largo, irregularmente curvadas crecen en abundancia en las ramas nuevas. A medida que las vainas maduran, van llenándose y la pulpa jugosa y levemente ácida se torna color marrón rojizo. Al estar totalmente maduras, las vainas se rompen con facilidad. La pulpa se deshidrata originando una pasta recubierta por unas cuantas fibras. Las vainas contienen de 1 a 12 semillas largas,

planas, marrones brillantes y ovoidales cubiertas en la pulpa marrón.

La pulpa tiene un agradable sabor agridulce, y es alta en contenido de azúcar y ácidos. Es rica en vitamina B con altos niveles de calcio.

Hay amplias diferencias entre el tamaño del fruto y el sabor en árboles productores de semillas. Los árboles de la India tienen vainas más grandes que contienen de 6 a 12 semillas, mientras que los del oeste de la India tienen sólo de 3 a 6 semillas en vainas más cortas. La mayoría de los tamarindos americanos son de vainas cortas.

2.1.3. CULTURA

Algunas de las partes que conforman la cultura del tamarindo a escala mundial incluyen la descripción de los sitios donde mejor se desarrolla incluyendo locaciones y suelos, el tipo de irrigación, la forma en que se cosecha, las variedades existentes y lo beneficioso que resulta para el ser humano su consumo aplicando sus usos en la acción médica.

2.1.3.1 Locación

El tamarindo se convierte en un árbol de dimensiones considerables, así que es un detalle a tomar en cuenta al momento de cultivar uno. Debe ser plantado a sol abierto y es muy resistente

al viento dadas sus amplias y robustas ramas. Generalmente el árbol crea una copa en forma de corona que cae como una sombra.

2.1.3.2 Suelos

El tamarindo tolera una gran diversidad de suelos, pero se comporta mejor en suelos profundos, ligeramente ácidos y bien drenados. Los árboles no toleran suelos fríos y húmedos, pero sí soportan ambientes salinos como las orillas de las playas.

2.1.3.3 Irrigación

El tamarindo se adapta a regiones semiáridas del trópico y soporta condiciones de poca irrigación. Los árboles jóvenes requieren una humedad adecuada de los suelos hasta que se establecen, pero los árboles maduros se comportan muy bien sin irrigación suplementaria. Debe evitarse la sobre irrigación que origina suelos semi-pantanosos.

2.1.3.4 Cosecha

La cosecha de la fruta se realiza colocando un plástico alrededor del árbol para cuando una o dos personas tumben el fruto sea fácil de recoger. Luego de esto, el tamarindo es metido en sacos y dependiendo de la forma y tamaño será necesario trabajar en menor o mayor cantidad de árboles. Los sacos se envuelven en papel periódico para garantizar la maduración del fruto. Cada saco

posee fruta envuelta primero con polietileno de alta calidad con una capacidad de entre 49,89 y 69,85 Kg (110 y 154 Lb).

Los frutos del tamarindo maduran al final de la primavera o inicios del verano. Pueden ser dejados en el árbol incluso por 6 meses hasta que maduren de manera que el contenido de humedad se reduzca en un 20% o menos. El tiempo de zafra en nuestro país es de enero a abril. En esta temporada se recolecta, distribuye, descascara y almacena el tamarindo.

Los frutos para el procesamiento inmediato suelen ser cosechados mediante el halado de la vaina. El producto es llevado a los sitios de trabajo en su concha. Los árboles maduros son capaces de producir 158,75 Kg (350 Lb) de frutos al año.

El proceso del descascarado de la fruta en nuestro país es manual. Al pelar el tamarindo la dificultad se presenta cuando su concha, que es muy frágil, se rompe y se adhiere a la fruta. Otro inconveniente son sus raíces, ya que si no se eliminan fermentan la fruta y la pudren; también, se encuentran partes de la concha tan adheridas al fruto que son casi imposibles de remover.

La fruta una vez pelada es introducida en recipientes para luego ser colocada en el piso donde se le agrega agua con la finalidad de que se humedezca y se logre una masa más compacta.

El fruto maduro en climas húmedos suele ser atacado por escarabajos y hongos, de manera que este debe ser cosechado y mantenido refrigerado.

La fruta en concha puede durar mucho tiempo a temperatura ambiente. Cuando se trabaja con la fruta descascarada, como esta ya no posee semillas, es necesario refrigerarlo a temperaturas menores de 0°C para evitar que se fermente. El tiempo de duración de la misma es de hasta 3 años si se refrigera.

El tamarindo puede ser consumido fresco, pero el área en que es más usado con azúcar y agua, es en los trópicos Americanos para preparar una bebida refrescante. La pulpa es usada como preservativo y especie para preparar salsas de carnes y sazonar pescado. Puede fabricarse caramelo mezclando la pulpa con azúcar seca e inyectando la mezcla en los moldes deseados.

2.1.3.5 Usos y Acción Médica

Astringente, inhibidor de la fiebre, antiséptico y refrigerante. No hay constituyentes conocidos que igualen sus propiedades laxantes; es refrigerante por los ácidos que contiene; una infusión de pulpa de tamarindo es una bebida adecuada en el tratamiento de la fiebre, y en condiciones de convalecencia su pulpa mantiene una acción ligeramente laxativa sobre los intestinos. En la India es usado como astringente en complicaciones intestinales. Se dice que la pulpa debilita la acción de ciertas resinas. El tamarindo es indicado en desórdenes biliares. Las hojas son usadas en infusiones

sub-ácidas que pueden eliminar ciertos parásitos en los niños y ciertas úlceras oculares con lavados abundantes en dicha infusión. En la India se hace un ponche con propiedades escaldadoras de la orina. Hirviendo la pulpa con una pequeña porción de leche se constituye un laxante frío. Se ha encontrado útil en el tratamiento de ciertas afecciones de la garganta. En las islas Mauritania lo mezclan con sal y se le atribuyen propiedades curativas del reumatismo y efectúan una cocción para tratar el asma. Los Bengaleses lo usan para tratar la disentería, y en tiempos de escasez es un suplemento alimenticio al hervir las vainas y eliminarles la piel oscura exterior. En la cultura culinaria de la India es un importante aderezo, y en ciertas localidades representa una exquisitez.

2.1.3.6 Variedades

Existen variedades seleccionadas que tiene una pulpa más dulce. En Tailandia se le conoce como Mahkan Waan y en la Unidad de Horticultura Subtropical de Miami, Florida, existe una variedad denominada Manila Sweet.

En Venezuela, se encuentran varios tipos de tamarindo que se diferencian en su color pero no en su sabor. Hay tamarindos negros provenientes de Cumaná, marrones con raíces sumamente duras provenientes de los llanos, los de Ciudad Bolívar que son los mejores para trabajar ya que tanto la concha como las raíces son blandas, son delgados y pequeños. También existen tamarindos

amarillos que son cubiertos de melaza para oscurecer el color y darle brillo.

2.1.4. PROCESO ACTUAL DE CREACIÓN DE LA PANELA

La creación actual de la panela se lleva a cabo en tres etapas:

2.1.4.1 Etapa de Mezclado

En esta etapa se adiciona sabor, color, brillo y suavidad a la fruta con la aplicación de melaza. Con esto la fruta se homogeneiza y se agrupa en forma de bola para ser apilada posteriormente donde se encuentra todo el fruto que va a ser procesado.

2.1.4.2 Etapa de Moldeo

En la etapa de moldeo se acumula cierta cantidad de fruta descascarada en el molde que posee una capacidad de 6 unidades de ½ kilo cada una. La fruta es muy heterogénea ya que, posee restos de concha, semillas, etc., lo cual dificulta el manejo de la misma. La masa una vez puesta en el molde es humedecida con melaza para lograr que se llene todo el espacio y se retire el sobrante garantizando de esta forma que su peso sea de ½ kilo.

Las panelas se colocan una encima de la otra y se llevan en par a la mesa donde van a ser empaquetadas.

2.1.4.3 Etapa de Empaque

La etapa de envoltura o empaque consta de un dispensador de papel envoplast (como los utilizados en los supermercados) ubicados en la parte superior de la mesa de trabajo. Se extiende el papel sobre la mesa y se colocan tres panelas separadas a igual distancia. Cada panela es envuelta por completo en papel girándola una sola vez y es cortada con un exacto. Luego se estira el papel, se voltea y se doblan las puntas.

Las panelas una vez terminadas, son colocadas en guacales, cada uno con una capacidad de 90 panelas de medio kilo. La producción diaria en un promedio de 8 horas de trabajo es de 15 guacales.

El tiempo que demora cada empleado en trabajar con una bandeja de 6 unidades es de 2 minutos y 40 segundos. Este tiempo es medido desde que se coloca la melaza sobre la superficie de la mesa hasta que se retira la panela a la mesa de empaque.

En Venezuela está aumentando la producción de tamarindo por ser una fruta rentable. Las zonas donde se consume más tamarindo son en los Llanos, en San Cristóbal y en Maracaibo donde se utiliza más el tamarindo negro. Existen compradores que demandan hasta 300 y 400 mil kilos de producto anual. Tanto los peladores, distribuidores, sembradores, recolectores e importadores trabajan en conjunto para beneficiarse mutuamente. Debido a lo

fácil de su mantenimiento puede ser tratada todo el año, lo cual garantiza su comercialización.

Al haber estudiado los antecedentes del tamarindo es fácil darse cuenta de lo viable que resulta trabajar con este fruto si se crea un sistema que agilice y desarrolle tecnológicamente su manipulación.

2.2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

El sistema consta de seis etapas durante su funcionamiento, los cuales están vinculadas con las partes de la máquina. El funcionamiento de cada una de las etapas se explica brevemente a continuación.

2.2.1. MEZCLADOR DE EJE HELICOIDAL

El mezclador de eje helicoidal tiene la finalidad de homogeneizar y suavizar la fruta descascarada con la incorporación continua de melaza. Este se encuentra conformado por un motor reductor que hace girar un eje helicoidal, cuyas espiras varían a medida que se reduce la sección del tanque cónico.

2.2.2. TORNILLO SIN FIN

El tornillo sin fin transporta y a la vez genera la presión necesaria en la pasta hasta su desplazamiento dentro del molde. El accionamiento se logra mediante un conjunto motor-reductor ubicado en uno de los extremos del aparato.

2.2.3. MOLDEADOR

El moldeador está formado por un recipiente rectangular de acero inoxidable AISI 304, el cual se mueve por medio de un pistón neumático. Su función es hacer un corte uniforme que no genere espacios libres en el molde logrando así una panela compacta. Al realizar el corte con un cilindro se evita el desplazamiento de la fibra a medida que se le otorga forma de panela a la fruta.

2.2.4. BANDA TRANSPORTADORA

La banda transportadora es de tipo sanitario con base de acero inoxidable AISI 304. Esta banda ofrece una excepcional resistencia a los aceites, grasas minerales, vegetales y animales, a algunos ácidos orgánicos e inorgánicos y a las sales alcalinas y neutras. También, son ligeras, resistentes, fáciles de limpiar y de gran duración. La finalidad de esta etapa es mantener continuidad en el proceso.

2.2.5. DISPENSADOR DE EMPAQUES

Dispositivo rectangular de acero inoxidable AISI 304 el cual contiene en su interior el número de empaques correspondientes a un día (7 h) de producción.

2.2.6. EMPAQUETADOR AL VACÍO

Su propósito es lograr extraer el aire contenido en el empaque por medio de un generador de vacío, el cual produce vacío al ser atravesado por aire comprimido (principio de Venturi). Este dispositivo conectado a una cámara de vacío crea un ambiente de presión de hasta 0,9 bar, logrando así un producto empacado sin contacto con el ambiente que favorece su duración y mejora la calidad de la presentación. Este conjunto de piezas está fabricada en acero inoxidable AISI 304.

El funcionamiento del sistema muestra en líneas generales el propósito de estudiar y desarrollar cada una de las etapas pero, esto no es posible si no se conocen las bases teóricas en las que se apoyan las decisiones tomadas.

2.3. BASES TEÓRICAS

Las bases teóricas que fundamentan la elección de los equipos que conforman el sistema sirven de guía en el desarrollo de cada una de las partes y procesos que lleva a cabo el mismo.

2.3.1. EQUIPOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA

En la industria se emplean distintos tipos de equipos para que las funciones de manipulación y control de los materiales sean lo más eficiente posible.

Los equipos utilizados en el proceso de creación de la panela de fruta descascarada de tamarindo son:

2.3.1.1 Mezclador

✖ Mezcla y Agitación.

Se denominan operaciones de mezcla a aquellas que tienden a homogeneizar las propiedades de un conjunto. Por tanto, en las operaciones de mezcla se producen movimientos de materia.

La potencia de agitación suministrada a un fluido no es el único factor condicionante de la mezcla obtenida; esta depende también de distintas características de las fases en contacto, tales como miscibilidad, tensión de interfaces, etc., que tienen una gran importancia en el carácter segregado del fluido. El grado de agitación de una mezcla líquida depende, además de la potencia de agitación suministrada al fluido, de las características físicas del mismo (densidad, viscosidad, etc.) y de una serie de factores geométricos dependientes, a su vez, de la configuración del agitador; es decir, dado que un fluido perfectamente agitado exige que, a nivel microscópico, la probabilidad de desplazamiento de una

partícula en una dirección dada sea la misma en todas las direcciones, las limitaciones establecidas por el agitador, el recipiente y las discontinuidades existentes en el espacio que definen, tienen una incidencia importante en el grado de agitación del fluido [27].

✖ Tipos de agitadores.

En los procesos químicos, para mezclas líquidas se pueden utilizar numerosos tipos de equipos. Todo sistema de mezcla líquida presenta al menos tres factores en común: los líquidos que se mezclan, el recipiente que contiene la mezcla y un dispositivo mecánico para generar la turbulencia dentro del sistema.

En la figura 2 se muestran una serie de agitadores de tipo común, recomendados según la viscosidad del medio. Una vez elegido el tipo de agitador que se va a utilizar, se pueden precisar las características del líquido que va a introducirse en el dispositivo empleado como equipo de mezcla.

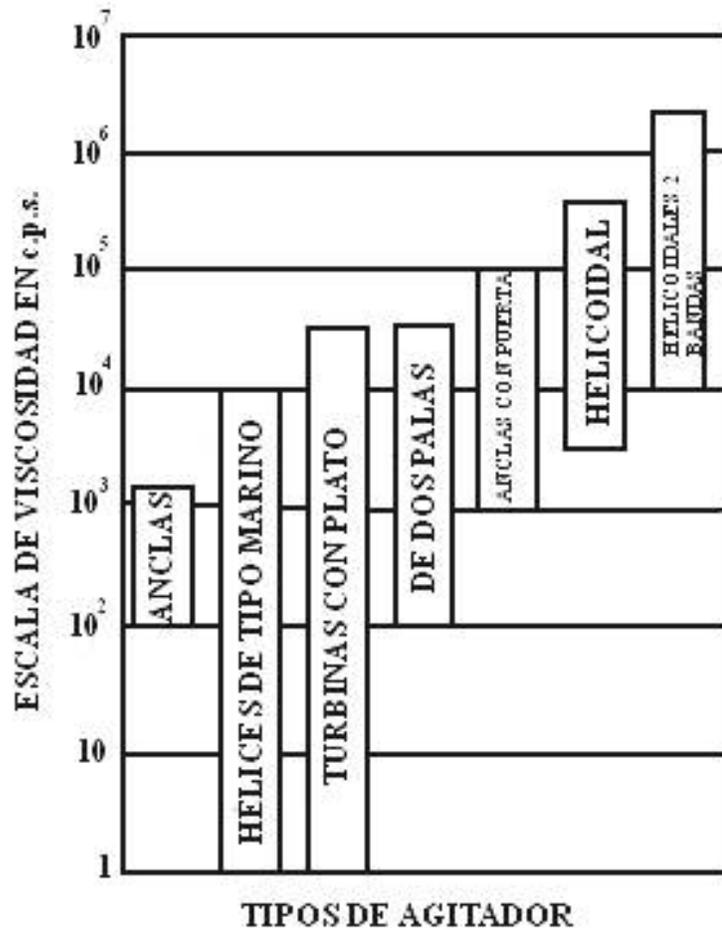


Figura 2. Tipos de Agitadores.

Cuanto mayor es la viscosidad de un líquido, mayor será la cantidad de energía necesaria para producir el estado de agitación requerido. Los líquidos de baja viscosidad muestran poca resistencia a fluir y, por tanto, serán necesarias pequeñas cantidades de energía por unidad de volumen para que tenga lugar una determinada condición de mezcla [27].

Para mezclas de líquidos con viscosidades comprendidas entre valores bajos y medios, es recomendable utilizar una turbina o una hélice.

Se utilizan en la práctica una gran variedad de modificaciones, tanto del agitador tipo turbina, como el de tipo hélice. Este último reduce la potencia requerida y se usa cuando los líquidos mezclados tienen un contenido elevado en sólidos pesados.

Cada modelo de agitador produce líquido a elevada velocidad que fluye a través del recipiente por un determinado camino, originando así un tipo de flujo diferente en cada caso. Cuando utilizamos tanques con deflectores, las turbinas de plato y de pala curvada al mezclar líquidos de viscosidad baja o moderada, producen modelos de flujos radiales [27].

En condiciones análogas a las anteriores, utilizando agitadores de tipo hélice o turbina de palas inclinadas, el modelo de flujo producido es axial y en su primera fase es paralelo a la pared del tanque.

Para líquidos de las mismas propiedades físicas que los anteriores, pero utilizando un tanque sin deflectores, el flujo originado es el indicado en la figura 3.

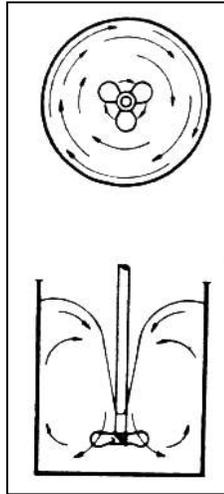


Figura 3. Tipo de Flujo Axial sin Deflectores.

Una configuración geométrica de tanque y agitador (figura 4) que se conoce con el nombre de Standard Tank Configuration se utiliza en muchos procesos industriales, aún cuando en determinadas circunstancias no es la mejor configuración que se debe emplear, como ocurre con el caso de mezclas líquidas que presentan un elevado contenido en sólidos.

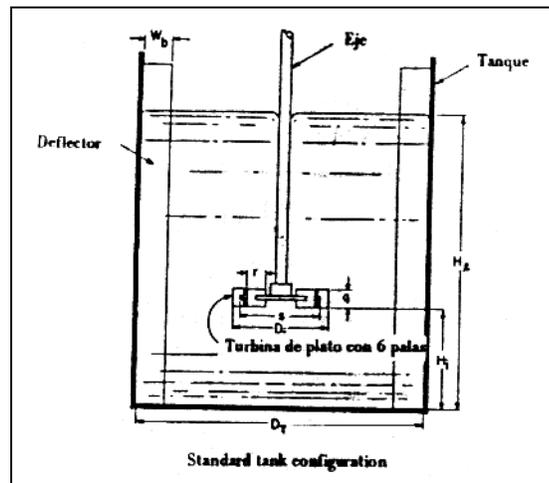


Figura 4. Standard Tank Configuration.

La Standard Tank Configuration presenta las siguientes características geométricas [27]:

1. El agitador es una turbina de plato con seis palas.
2. El diámetro del agitador es un tercio del diámetro del tanque:
 $D = 1/3 D_T$.
3. La altura del agitador desde el fondo del tanque: $H = 1,0 D$.
4. La anchura de la pala del agitador: $q = 1/5 D$.
5. La longitud de la pala del agitador: $r = 1/4 D$.
6. La longitud de la pala del agitador, montada sobre el disco central: $s = 1/2 r = 1/8 D$.
7. La altura del líquido $H_1 = 1,0 D_T$.
8. Número de deflectores = 4, montados verticalmente sobre la pared del tanque y extendiéndose desde el fondo hasta la superficie del líquido.
9. Anchura del deflector: $W = 1/10 D_T$.

En la práctica existen otras normas que presentan grandes variaciones con respecto a las anteriores. Algunas variaciones son debidas a la necesidad de cargar o descargar líquido del tanque durante el proceso, y estas modificaciones del nivel, pueden obligar a que el agitador se encuentre pegado al fondo del tanque, como por ejemplo, en el caso de un agitador de tipo turbina situado muy próximo al fondo y que produce un modelo de flujo axial al igual que un agitador helicoidal.

Cuando se trabaja con agitadores de hélice o con turbinas dentro de recipientes sin deflectores, y que contienen líquidos de baja viscosidad, se produce el vórtice, originado por los remolinos del líquido en la dirección del giro del agitador y que producen un descenso en el nivel del líquido que rodea al agitador. El vórtice crece con la velocidad del agitador, hasta que pasa a través del mismo. En los sistemas con vórtice la eficiencia de la mezcla es generalmente menor que en los que no lo tiene.

Cuando la viscosidad del líquido crece, disminuye la necesidad de usar deflectores para reducir el vórtice. Cuando se mezclan líquidos de gran viscosidad la anchura del deflector se puede reducir a $1/20 D_T$. Cuando los líquidos son viscosos, los deflectores son más efectivos cuanto más separados se encuentren de la pared del tanque, o bien formando un ángulo con su eje de simetría. Es suficiente un espacio de $1,0 W$ para permitir al líquido moverse a lo largo de la pared del recipiente, evitándose así la formación de zonas muertas detrás del deflector [27].

El agitador helicoidal figura 5 es efectivo cuando se utilizan líquidos de elevada viscosidad, ya que la consecuencia de una mezcla perfecta no depende de las corrientes de líquido a alta velocidad.

Las características geométricas que clasifican a los agitadores helicoidales son: diámetro, ángulo, números de espiras, profundidad de las espiras y longitud del agitador.

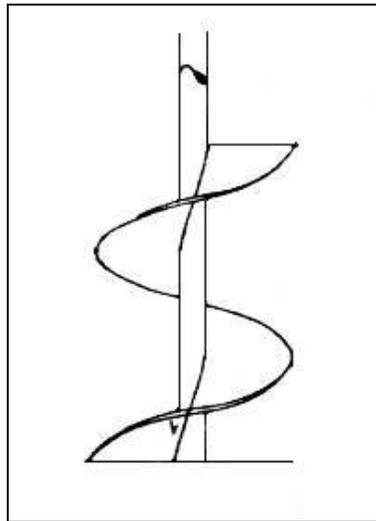


Figura 5. Agitador Helicoidal.

El cometido de este tipo de agitador consiste en transportar líquido desde el fondo del tanque hasta la superficie (figura 6). El líquido se descarga posteriormente en la superficie y vuelve al fondo del tanque de donde es llevado nuevamente a la superficie. Cuando el agitador opera en sentido contrario, es decir, llevando el líquido al fondo del recipiente, se necesita una potencia menor. En

sistemas sin deflectores, cuando el agitador está centrado en el tanque, el líquido muestra una turbulencia suave disminuyendo la velocidad hacia la pared del tanque. Debido a que las fuerzas de rozamiento entre lo líquido y el recipiente son grandes, en la pared del tanque, el líquido está prácticamente en reposo, por lo que en sistemas sin deflectores no se recomiendan los agitadores de espiras muy juntas.

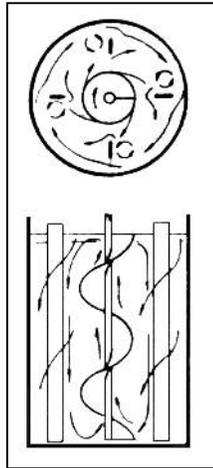


Figura 6. Tipo de Flujo con un Agitador Helicoidal con Deflectores.

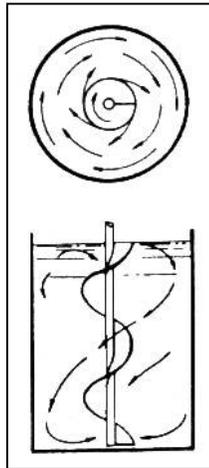


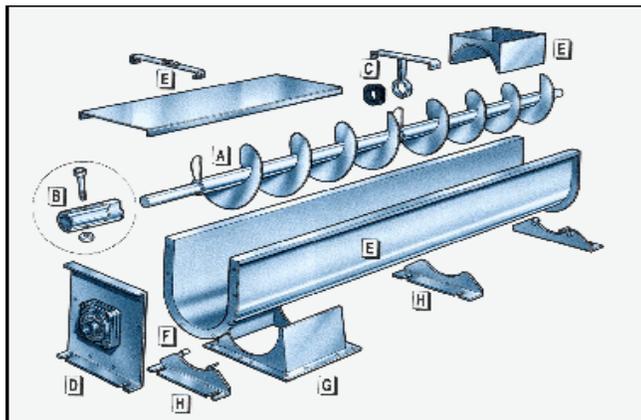
Figura 7. Tipo de Flujo con un Agitador Helicoidal sin Deflectores.

Utilizando deflectores se produce turbulencia. Los deflectores deben situarse alejados de la pared, permitiendo así que la turbulencia creada se desplace alrededor del deflector y pase al otro lado lentamente, moviendo el líquido en contacto con la pared del recipiente.

2.3.1.2 Tornillo Sin Fin

Constan de una hélice metálica montada sobre un eje tubular o macizo, alojado en una caja metálica de fondo, por lo general, semicilíndrico. El accionamiento se logra mediante un conjunto motor-reductor ubicado en uno de los extremos del aparato [15].

Se les conoce también, en la jerga industrial, como: transportadores helicoidales, roscas transportadoras o "gusanos".



- A:** Hélice.
B: Bocina y Acoplador.
C: Soporte Colgante.
D: Tapa Terminal.
E: Canal, Boca de Carga, Reten.
F: Soporte de Piso Intermedio.
G: Boca de Descarga.
H: Soporte de Piso Intermedio.

Figura 8. Componentes de un Tornillo Sin Fin.

✦ Componentes.

❖ Hélice

Es una lámina de acero arrollada en espiral cuyo espesor varía en consideración a las condiciones de trabajo. En algunos casos se recubren con goma o aleaciones especiales, para darle resistencia a la abrasión.

❖ Eje

Usualmente es constituido por un tubo de acero común o acero inoxidable. Su diámetro varía entre 1,27; 2,54; y 10,16 cm (1/2, 1 y 4 pulg) dependiendo del diámetro de la rosca y del torque que genera la carga.

❖ Canal

Son fabricados por lo general en chapas de acero, con fondo de sección semicircular, aunque en ocasiones se construyen con fondo plano. Posee dos aberturas, una superior para la alimentación del material y una inferior para la descarga.

❖ Soportes Intermedios

Estos se utilizan cuando los tornillos son de un largo considerable, la parte móvil se construye de varias secciones unidas entre sí por trozos de ejes macizos. Estos puntos de empalme se apoyan en estructuras o soportes metálicos en forma de T, cuyo extremo inferior lleva un cojinete que se acopla al eje, y la parte superior va fijada a la caja. La función de estos soportes es mantener la horizontalidad y correcta alineación del conjunto.

❖ Chumaceras de los Extremos

Están ubicadas en cada una de las tapas laterales de la caja y sirven de apoyo a los extremos del eje. Se construyen, por lo general, de bronce o babbitt, con lubricación por grasa y protegidos del polvo mediante un sello estopero del lado interior de la caja.

✘ Usos y limitaciones.

Se adaptan perfectamente al manejo de materiales a granel, desde muy finos hasta trozos de 8,89 cm (3½ pulg). Por ser aparatos completamente cerrados, ofrecen un manejo limpio y seguro, aún para materiales contaminables. Además, por su forma

de operación permiten un flujo uniforme de los materiales por lo que son usados ampliamente en la dosificación de procesos.

Con algunas variantes en la forma de la hélice o con la incorporación de adimentos especiales se puede lograr homogeneización y/o mezcla de materiales durante el traslado.

Haciendo las debidas consideraciones en lo referente a velocidad de operación y materiales de construcción de los componentes, se pueden manejar productos abrasivos, corrosivos o higroscópicos; sin embargo, no se recomiendan para materiales explosivos o tóxicos.

✘ Factores que determinan la capacidad.

La capacidad de un tornillo sin fin está influenciada por diversos factores, entre los cuales merecen especial atención:

- ♦ El diámetro del husillo.
- ♦ Relación de su longitud al diámetro (L: D).
- ♦ Velocidad de giro del transportador.
- ♦ El coeficiente de llenado.
- ♦ El paso.

El dimensionamiento y selección de un tornillo para una situación de manejo particular debe considerar cada uno de estos aspectos con el fin de escoger aquella que se adapte a los requerimientos, en la forma más eficiente y económica posible. Es

necesario, adicionalmente, tomar en cuenta ciertas propiedades de los materiales a manejar como:

- ♦ Fluidez.
- ♦ Granulometría.
- ♦ Peso promedio.
- ♦ Abrasividad.

Estas propiedades determinan las características del transportador requerido.

❖ Diámetro (D)

Requerimientos mayores de manejo exigen diámetros mayores de la rosca; sin embargo, otro factor como la Granulometría del material puede afectar la escogencia definitiva. Como se aprecia en la Tabla N°1 para cada diámetro estándar se admite un tamaño máximo de los trozos.

TABLA N°1. TAMAÑO MÁXIMO DE TROZOS [15]

Tamaño máximo de trozos que pueden ser manejados por un tornillo transportador								
Diámetro estándar de la hélice (pulg)								
	6	9	12	14	16	18	20	24
Uniforme	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2	2 1/2
Irregular	3/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3	3 1/2	3 1/2

Nota: Para materiales de tamaño no uniforme se admiten los valores indicados cuando los trozos grandes no superan el 25% del total.

❖ Velocidad (N)

La velocidad de rotación del conjunto eje-hélice determina el avance del material a lo largo del transportador. Los límites máximos de velocidad permitidos dependen de la naturaleza del material y del diámetro del tornillo. La velocidad de rotación del transportador sin fin se distingue en normal (hasta 150 rpm) y rápida (de más de 150 rpm).

❖ Coeficiente de llenado (f)

Para garantizar el avance efectivo de los materiales a través del transportador, el nivel del mismo no puede sobrepasar el eje, es decir, la capa de material no debe ser mayor que el 50% de la sección de la hélice. Para sólidos a granel, los distintos fabricantes han establecido como coeficientes estándar: 15%, 30% y 45%, cuya escogencia se basa fundamentalmente en la fluidez, abrasividad y granulometría del material.

Así, materiales muy fluidos, no abrasivos, finos o con partículas hasta de 1,27 cm (1/2 pulg), admiten un coeficiente de llenado hasta de 45%. Para materiales medianamente fluidos o pegajosos y/o medianamente abrasivos, se recomienda un factor de llenado de 30%. Por último, materiales muy abrasivos, independientemente de su granulometría, permiten un factor de llenado de 15% como máximo.

❖ Paso (P)

La cantidad de material que se puede desplazar cuando la hélice gira una vuelta completa es proporcional al paso de la misma (distancia entre dos crestas sucesivas de la hélice). Por lo general, las roscas se fabrican con un paso igual al diámetro ($P=D$), lo cual se ha convenido en llamar paso normal. Sin embargo, para aplicaciones especiales se pueden usar tornillos de paso corto ($P= \frac{2}{3} D$), de medio paso ($P= \frac{1}{2} D$) y de paso largo ($P= 1 \frac{1}{2} D$).

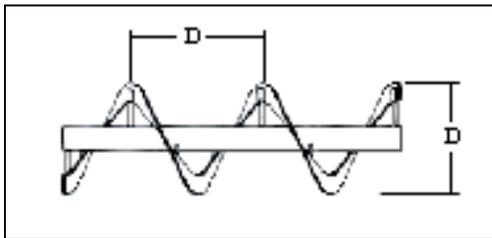


Figura 9. Paso Igual al Diámetro ($P=D$) en un Tornillo Sin Fin.

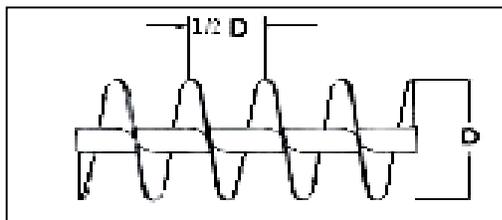


Figura 10. Medio Paso ($P= \frac{1}{2} D$) en un Tornillo Sin Fin.

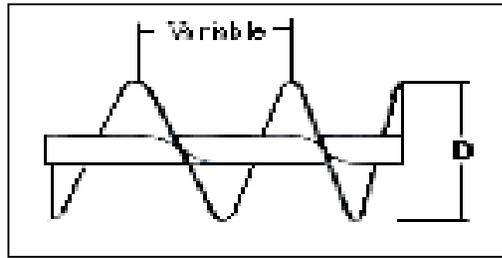


Figura 11. Paso Corto ($P= 2/3 D$) y Paso Largo ($P= 1 \frac{1}{2} D$) en un Tornillo Sin Fin.

La acción impelente del transportador sin fin depende de:

- ♦ La velocidad de giro.
- ♦ Ángulo de hélice de la espiral.
- ♦ Coeficiente de fricción.

Este último surge como consecuencia del roce del material con las paredes del cilindro y la superficie del sinfín. Estos coeficientes dependen, principalmente, del material a transformar y de la temperatura de las superficies del cilindro y del sin fin.

El material será impulsado con mayor efectividad por el tornillo cuan mayor sea la fricción entre el material y las paredes del cilindro y cuan menor sea en la superficie del sin fin.

En la zona de dosificación, existen tres tipos de flujos: el inverso y el directo a lo largo del canal helicoidal del tornillo, y el correspondiente a las fugas de la masa, que tienen lugar a través

de los huelgos radiales existentes entre las cuestas o vértices de los filetes del sin fin y la superficie interior del cilindro [14]. Este último flujo, comparado con los otros dos, resulta tan insignificante que en la mayoría de los casos se suele prescindir del al efectuar los cálculos de producción.

La producción o caudal de la zona dosificadora es igual a la diferencia entre el flujo directo e inverso, sumando a este último las fugas.

El flujo directo comúnmente se denomina flujo forzado y el inverso, flujo de presión. El primero constituye un movimiento de arrastre, originado por el desplazamiento relativo del tornillo respecto al cilindro. El material acumulado en el espacio anular formado por el núcleo del sin fin y la superficie interior del cilindro, es sometido a deformaciones de cizallamiento que las paredes del canal helicoidal transforman en movimiento de avance, es decir, en flujo directo. El consumo o caudal volumétrico del flujo directo viene determinado fundamentalmente por la profundidad y anchura del canal, diámetro del tornillo y su velocidad de giro [15].

El flujo inverso surge como resultado de la presión sobrante acumulada ante la cabeza moldeadora, que obliga a la masa en dirección contraria. Sin embargo, como el flujo directo es considerablemente mayor se observará solo la reducción de éste en una magnitud correspondiente al flujo inverso sin evidenciarse, como es lógico, la corriente de material en sentido contrario. La

magnitud del flujo inverso depende de la profundidad del canal helicoidal, diámetro del tornillo, longitud de la zona de moldeo, presión ejercida por la masa sobre la cabeza moldeadora y de la viscosidad de la masa [15].

CRITERIOS UTILIZADOS PARA EL DISEÑO DEL TORNILLO SIN FIN.

Los criterios básicos para la selección de un sistema de transporte por tornillo son los siguientes [7]:

- ✘ Elección del tipo de material y de las condiciones para su manejo, incluyendo el tamaño máximo de sus partículas y si es posible la densidad específica del material a transportar.
- ✘ Determinación de la cantidad a transportar en libras o toneladas por hora.
- ✘ Determinación de la distancia que necesita ser transportado el material.
- ✘ Selección del método por el cual va a ser alimentado el tornillo.

La importancia de conocer el método de carga puede determinar la clasificación de la unidad como "Tornillo Transportador" o "Tornillo Alimentador".

La selección del sistema del tornillo transportador para una aplicación específica envuelve seis pasos [7]:

1. La clasificación de la unidad como "Tornillo Transportador" o "Tornillo Alimentador".
2. Notificación de las características del material a ser transportado.
3. Selección del diámetro del tornillo y de la velocidad requerida.
4. Cálculo de la potencia requerida.
5. Cálculo del torque a ser transmitido en el manejo del material y chequeo de la capacidad de torque de los componentes.
6. Selección de componentes.

Una vez determinados estos datos necesarios, se estará en condiciones de seleccionar el tornillo a utilizar y los mejores accesorios para la aplicación que se le quiera dar.

2.3.1.3 Moldeador

Moldear significa sacar el molde de una figura, formar una materia echándola en un molde.

El moldeo es un proceso de fabricación de piezas metálicas o de otras materias mediante la utilización de moldes. Por lo general se utilizan figuras geométricas o diseños elaborados como moldes de varias sustancias con la finalidad de que estas adquieran la forma establecida del molde.

2.3.1.4 Banda Sanitaria

Esta banda se utiliza para el manejo sanitario de alimentos y tiene una excepcional resistencia a los aceites, grasas minerales, vegetales y animales, a algunos ácidos orgánicos e inorgánicos y a las sales alcalinas y neutras. Las bandas sanitarias son ligeras, resistentes, fáciles de limpiar y de gran duración [12].

✘ Ventajas.

- ❖ No afecta a los alimentos; estos pueden ser colocados directamente sobre la banda.
- ❖ De fácil limpieza, las cubiertas son tersas, resistentes al desgaste por abrasión y no se agrietan, eliminando con ello el peligro de contaminación de los productos manejados.
- ❖ Debido al uso de fibras sintéticas en las lonas, estas bandas no sufren deformaciones.
- ❖ Tensión uniforme, durante su fabricación, las bandas son preestiradas para evitar alargamientos al entrar en uso.
- ❖ El empalme es realizado por medio de grapas de acero inoxidable.

✦ Tipos.

Existen en el mercado varios tipos de bandas sanitarias pero, los más utilizados a escala mundial son:

❖ Tipo HIGHSEAL

Se recomienda para el 85% de las instalaciones en las que se manejan alimentos, así como para líneas de inspección. Por lo general se fabrica en color verde claro, de tres capas de lonas de poliéster, como de línea, con cubierta superior de 0,08 cm (1/32 pulg) e inferior bare duck con cantos cortados en anchos hasta 137,16 cm (54 pulg). Resiste temperaturas de 65°C (150°F) y tiene una resistencia de 25 PIP (grapas) y de 30 PIP (vulcanizado).

❖ Tipo KOROSEAL

Se utiliza cuando se requiera esterilizar con vapor el producto a manejar, es resistente a las rasgaduras y al desgaste, cuando haya de ser usado en medios grasos y con productos químicos que el hule natural no puede soportar. Se fabrica, por lo general, en color beige de 3 capas de lonas de poliéster como de línea, con cubierta superior de 0,08 cm (1/32 pulg) e inferior bare duck con cantos cortados en anchos hasta 137,16 cm (54 pulg). Resiste temperaturas de 65°C (150°F) y tiene una resistencia de 25 PIP (grapas) y de 30 PIP (vulcanizado).

❖ Tipo SANIWHITE

Diseñada para servicio pesado en el transporte de alimentos y latas. Cuando se utiliza para el manejo de frutas, vegetales y alimentos sin empacar, se deberá lavar después de usar con agua caliente y un detergente neutro, enjuagando con bastante agua potable. Se fabrica en color blanco, de 2 capas de nylon 90 como línea, con cubierta superior de 1,6 mm (1/16 pulg) e inferior de 1,6 mm (1/16 pulg) con cantos cortados en anchos hasta 54 pulg. Resiste temperaturas de 93°C (200°F) y tiene una resistencia de 90 PIP (grapas) y de 90 PIP (vulcanizado).

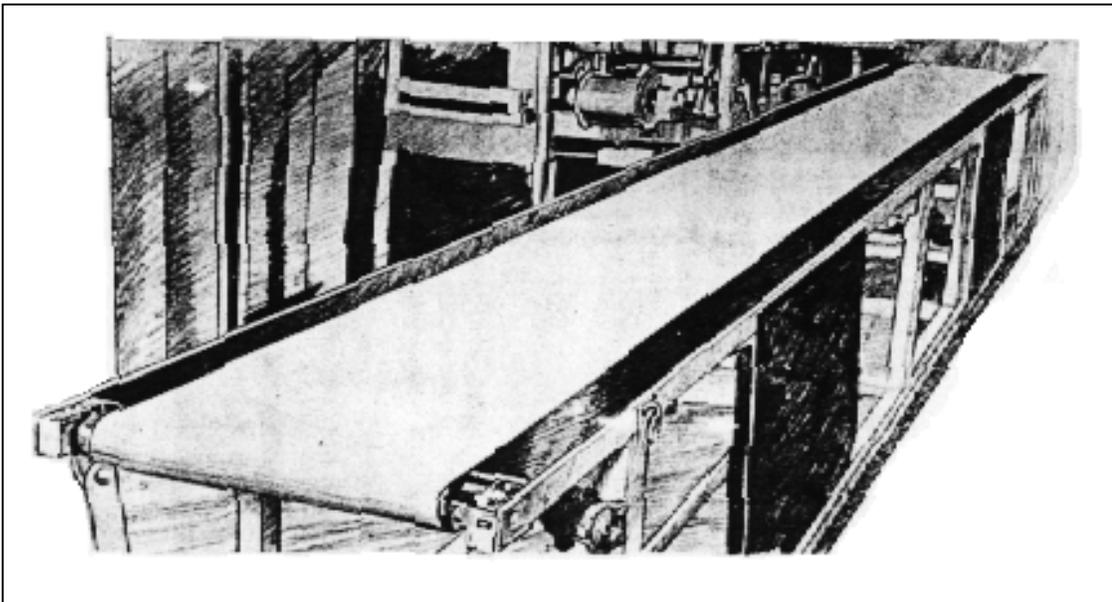


Figura 12. Banda Sanitaria.

CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LA BANDA SANITARIA.

Las bandas transportadoras se ofrecen en una variedad de estilos, materiales, colores y accesorios y es importante que se seleccione la banda adecuada para cada aplicación específica. Se deberá disponer de información y datos sobre el ambiente y las condiciones en las cuales la banda propuesta funcionará. Algunos de los datos que hay que determinar incluyen [30]:

- ✘ Las dimensiones totales de la banda cuando esté instalada, es decir, largo (distancia entre los ejes de los extremos motriz y conducido), ancho, cambios de elevación, etc.

- ✘ La velocidad de desplazamiento de la banda.

- ✘ Las características del producto que va a transportarse, en particular su:
 - ❖ Densidad.
 - ❖ Tamaño y forma.
 - ❖ Dureza, resistencia, elasticidad, fragilidad.
 - ❖ Textura (lisa, irregular, granular, grumosa, esponjosa, etc.).
 - ❖ Corrosión.
 - ❖ Temperatura.

- ✘ Cualquier cambio de proceso en el producto mientras se está transportando, por ejemplo:
 - ❖ Enfriamiento.
 - ❖ Calentamiento.
 - ❖ Secado.
 - ❖ Lavado/enjuague/drenaje.

- ✘ Requisitos de limpieza:
 - ❖ Condiciones de trabajo de la banda (temperatura de trabajo, exposición a productos químicos).
 - ❖ Necesidad de un sistema de limpieza continua.
 - ❖ Los procedimientos planificados de carga y descarga del producto, es decir, la transferencia suave versus la carga por caída (impactos).

- ✘ Las características de los ambientes en los cuales va a funcionar la banda:
 - ❖ Temperatura.
 - ❖ Humedad.
 - ❖ Naturaleza química (ácida, básica, salada, etc.).
 - ❖ La presencia de materiales abrasivos (tierra, arena, arenilla, ripio, etc.).
 - ❖ La presencia de materiales peligrosos (polvo, vapores, etc.).
 - ❖ El tipo de sistema de accionamiento que va a utilizarse, por ejemplo, motores eléctricos, transmisión por cadena, etc.

Una vez determinados estos datos necesarios, se estarán en condiciones de seleccionar la mejor banda y los mejores accesorios para la aplicación que se le quiera dar.

2.3.1.5 Empaquetador al Vacío

Una gran cantidad de alimentos llega a manos del consumidor, después de haber sido tratados previamente con conservantes. Hoy en día se quieren ingerir en la forma más natural posible.

Como definición de vacío se tiene que es la presión atmosférica menor de 10 mbar (=99% vacío). En los sistemas de envasado al vacío total se extrae el aire del envase logrando esta presión[6].

El objetivo principal del envasado al vacío es generar una atmósfera libre de oxígeno y de esta forma retardar la acción y aparición de las bacterias y hongos que contiene el producto a envasar, manteniendo este todas sus cualidades (color, sabor y aroma) por largo tiempo [20].

✘ Beneficios del empaquetado al vacío.

- ♦ Al ser un envase hermético evitar la pérdida de peso, de líquidos o grasas.
- ♦ Evitar que los productos se humedezcan o pierdan humedad, muy útil para panificados, pastas, etc.

- ♦ Evitar contaminaciones posteriores a la elaboración, conservando la higiene desde la elaboración hasta el consumidor final.
- ♦ Evitar el “quemado” por congelado.
- ♦ Permitir un mejor manejo de las materias primas y de los productos terminados.
- ♦ Ideal para el envasado y posterior control de porciones.
- ♦ Mejor manejo de las horas de trabajo y de los ciclos de producción.
- ♦ Ahorrar en la distribución sin necesidad de reposiciones frecuentes.
- ♦ Reducir las devoluciones.
- ♦ Resguardar ante un corte en la cadena de frío.

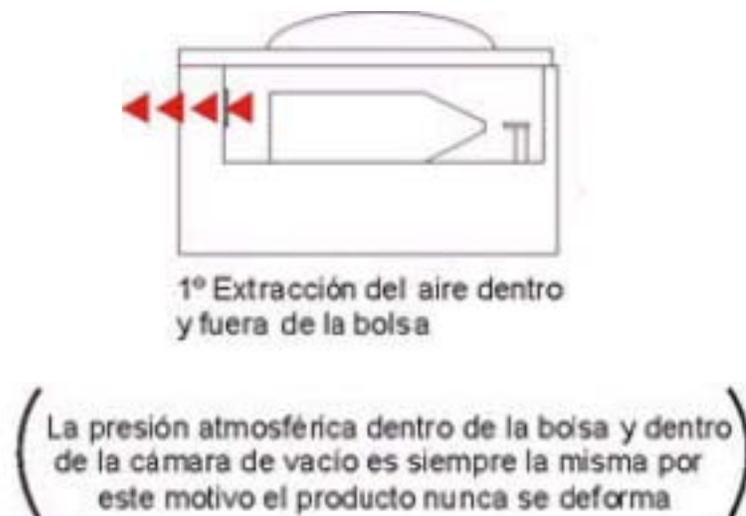


Figura 13. Empaque al Vacío.

Para el consumidor, el envasado al vacío, le da la garantía que el producto mantendrá una calidad buena y constante;

pudiendo tenerlo a su alcance y sacarlo de un apuro más de una vez.

- ❖ Ejemplo de productos empacados al vacío
 - ◆ Sandwiches.
 - ◆ Pizzas.
 - ◆ Panqueques.
 - ◆ Budines.
 - ◆ Biscochuelos.
 - ◆ Pastas.
 - ◆ Quesos con "ojos" tipo gruyere.
 - ◆ Verduras.
 - ◆ Comidas preparadas.



Figura 14. Productos Empacados al Vacío.

Las empaquetadoras al vacío abaratan notablemente los costos del envase y da una presentación superior a los productos.

Brinda así a los industriales calidad, durabilidad y efectiva inserción en los mercados.

2.3.1.6 Sistemas Neumáticos

Para operar el conjunto de recursos tecnológicos que origine una automatización, es necesaria la energía. Entre las varias formas energéticas están las neumáticas junto con los componentes neumáticos. Si bien la utilización del aire comprimido como fuente energética es relativamente cara, podría llegarse a suponer que los costos de producción, acumulación y distribución involucran gastos elevados [25]. Esto no es exacto, pues en el cálculo de rentabilidad de una instalación, no sólo debe tenerse en cuenta el costo energético y los gastos de instalación, sino también los ahorros de mano de obra, los gastos de mantenimiento y el aumento de la producción logrado, resultando finalmente que el costo energético es despreciable y las inversiones de instalación fácilmente amortizable.

La gran difusión en el proceso de automatización neumática principalmente se basa en el aire comprimido, cuyos aspectos más sobresalientes son:

- ❖ Obtención: Puede generarse sin limitaciones ya que la materia prima no tiene costo ni límite.
- ❖ Distribución: Fácil transporte y no es necesario su recuperación.

- ❖ Acumulación: Puede almacenarse mediante el empleo de depósitos acumuladores.
- ❖ Flexible: Admite variaciones de temperatura considerables y su empleo es bastante flexible.
- ❖ Antiexplosiva: Permite ser utilizada en ambientes calificados como inflamables o explosivos.
- ❖ Ambiente: No afecta al medio ambiente, caso industria alimenticia, industrias con polvos, etc.
- ❖ Componentes: Los componentes de utilización son de costo moderado y de fácil aplicación.
- ❖ Utilización: Admite altas velocidades de trabajo, regulación de fuerzas sin escalonamientos y sin perjuicios por bloqueos o detenciones forzosas por sobrecarga.

Algunas de las limitaciones que en muchos casos definen su campo de aplicación, son:

- ❖ Compresibilidad: Esta característica impide obtener velocidades constantes frente a resistencias variables.
- ❖ Fuerzas: Limitaciones prácticas de aproximadamente 35.000 Newton en forma directa.

✘ Cilindros neumáticos.

Son en general los elementos generadores de trabajo en un automatismo neumático. Su función es la de realizar un movimiento rectilíneo alterativo, subdividido en carrera de avance y carrera de retroceso, de modo de transformar la energía estática del aire comprimido en trabajo mecánico o esfuerzos prensores (fuerzas en movimiento o fuerzas estáticas) [28].

✘ Cilindros de doble efecto.

Pueden generar trabajo en los dos sentidos del movimiento para lo cual poseen dos entradas de aire comprimido situadas en ambos extremos del cilindro, es decir, se obtiene fuerza útil en ambos recorridos [28]. Dado que no existe ningún resorte interno, las carreras pueden ser ahora tan grandes como se quiera. En términos prácticos pueden construirse de hasta 2.000 mm.

Se construyen con simple o doble salida de vástago. En los primeros, es obvio que las superficies activas a ambos lados del pistón son distintas debido a la presencia del vástago en la cámara delantera. Esto hará que la fuerza de retroceso sea algo menor que la de avance.

En los segundos, las áreas resultan iguales y en consecuencia también lo serán las fuerzas. En los cilindros de doble vástago se obtiene un mejor guiado, resultando, además, útiles en el caso de

falta de espacio para colocación de levas o topes positivos de carrera.

Otra variante constructiva en la que se presentan los cilindros de doble efecto está constituida por el cilindro de doble pistón en tandem. Básicamente consiste en dos cilindros de doble efecto acoplados en serie, con un vástago común formando una unidad compacta. Aplicando simultáneamente presión sobre los dos émbolos se obtiene una fuerza de casi el doble de la de un cilindro del mismo diámetro [28]. Se utiliza cuando son necesarias fuerzas considerables y se dispone de un espacio diametral reducido, no siendo posible la utilización de cilindros de mayores dimensiones. Puede obtenerse una economía en el consumo haciendo que la carrera de retorno se efectúe alimentando sólo uno de los émbolos.

✘ Electroválvula para cilindros.

La misión de la válvula de vías es bloquear, abrir o desviar vías de circulación del aire comprimido [8].

La función de 5/2 vías posee cinco empalmes y dos posiciones. El empalme (1) la entrada de aire comprimido, el empalme (2) y el (4) son las salidas de aire comprimido y los empalmes (3) y (5) sirven de purga de aire.

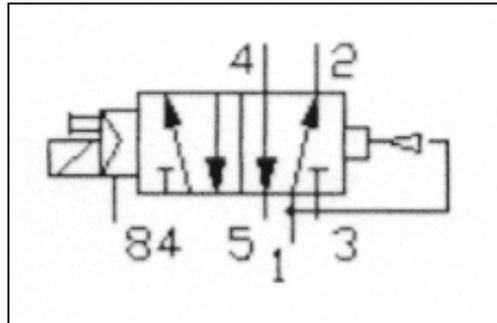


Figura 15. Esquema de la Electroválvula.

Válvula monoestable de accionamiento eléctrico indirecto. Después de la conmutación, la válvula conserva la posición adoptada sólo mientras existe la señal de cambio de posición. Después de la desconexión de esta señal, la válvula es repuesta por un muelle mecánico.

- ♦ Bobina de la serie ZB.
- ♦ De accionamiento indirecto.
- ♦ La válvula puede maniobrarse con un accionamiento auxiliar manual.
 - ♦ La válvula tiene empalmes individuales y es apropiada para montaje en batería sobre placas base.
 - ♦ Para tensión continua.

La electroválvula para cilindros seleccionada del catálogo de la compañía FESTO NEUMATIC es del modelo CPE10-M1H-5L-M7. Las especificaciones técnicas se encuentran en el anexo 28.



Figura 16. Electroválvula para Cilindros.

✘ Compresor.

El compresor es tipo 100% silencioso, libre de aceite, con una potencia de 1 HP y capacidad para 30 L [8].

✘ Generador de vacío.

Un generador de vacío produce vacío al ser atravesado por aire comprimido (principio de Venturi) [8].



Figura 17. Tobera de Aspiración por Vacío.

2.3.1.7 Reductores de Velocidad

El reductor es necesario para adaptar la velocidad y el torque entre el motor y las piezas mecánicas. En realidad, estas piezas frecuentemente requieren de una baja velocidad y un alto torque, contrariamente a lo entregado al motor.

El peso de un motor y, consecuentemente su precio están relacionados con el torque. Un motor puede manejar un sistema mecánico sin la ayuda de un reductor. En este caso, un motor de alto torque es necesario; este motor será muy pesado y por supuesto de mayor costo.

El costo puede ser reducido por un motor-reductor. A mayor velocidad del motor, mejor la relación costo-efectividad.

❖ Motor reductor.

Un motor-reductor está conformado por un motor que posee un grupo de mecanismos destinados a transformar una clase determinada de energía en movimiento y, un reductor que es un mecanismo interpuesto entre un árbol motor y un árbol conducido, con el fin de que este último tenga una velocidad angular inferior a la de aquél.



Figura 18. Motores-Reductores.

❖ Tipo de carga

- ♦ **Tipo A:** Utilizada en bandas transportadoras para materiales ligeros.

- ♦ **Tipo B:** Usada en agitadores medios, mezcladores y tornillos sin fin.

Después de conocer los antecedentes del problema, incluyendo sus orígenes, su descripción, su proceso actual de creación y su funcionamiento, es necesario estudiar y perfeccionar un proceso de diseño, desarrollando los cálculos de las partes del sistema y seleccionando los equipos que lo conforman.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

Al desarrollar cualquier diseño es importante tener bien definido el problema que se quiere solventar analizando, buscando y evaluando las alternativas, para escoger la opción que satisfaga la mayor cantidad de necesidades. En el marco metodológico se reflejan todas las posibles soluciones, cálculos y selecciones realizadas para lograr obtener el perfeccionamiento del sistema.

3.1. BÚSQUEDA DE LAS ALTERNATIVAS

Esta fase cubre una búsqueda parcialmente fortuita, sistemática y directa, con base en las restricciones, volumen y criterio. Primariamente consiste en la búsqueda de soluciones progresivamente mejores. Esta búsqueda debe terminar, conceptualmente, cuando el costo incremental de la misma equilibre las mejoras probables en las soluciones; siendo difícil decidir, en la práctica, cuándo termina esta fase.

En esta fase, en particular, se sugiere intentar primero maximizar el número y la variedad de alternativas elegibles y después realizar un muestreo tan efectivamente como sea posible, eliminando ciertas tendencias indeseables.

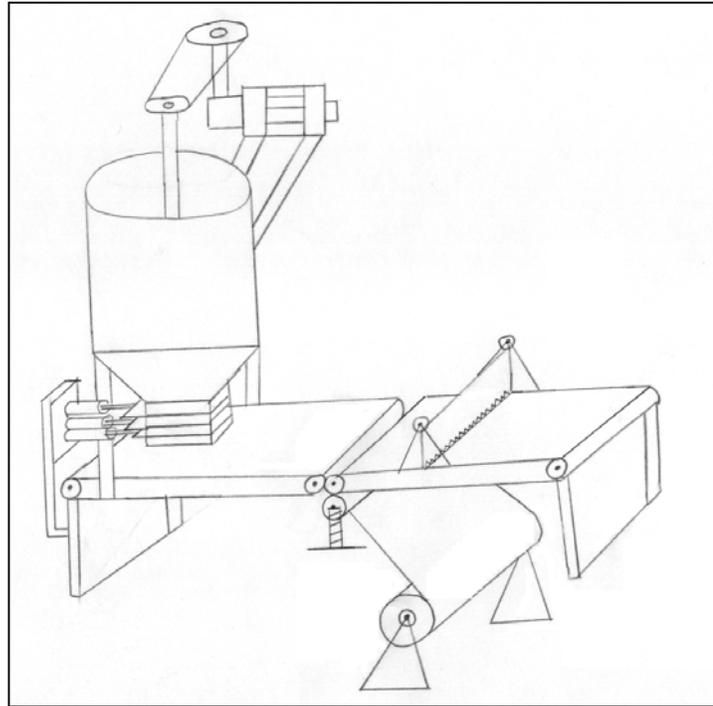


Figura 19. Sistema Propuesto N°1.

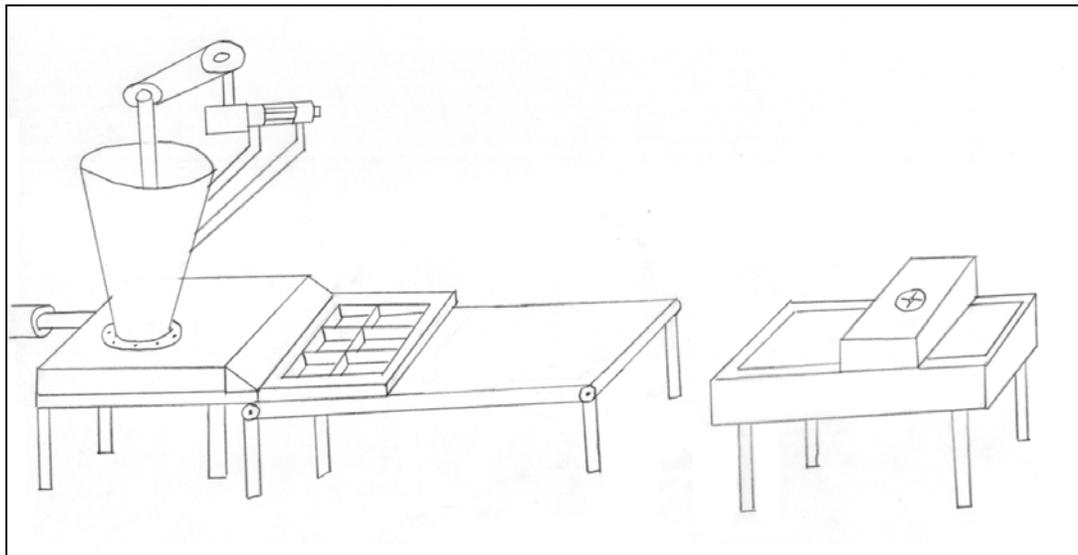


Figura 20. Sistema Propuesto N°2.

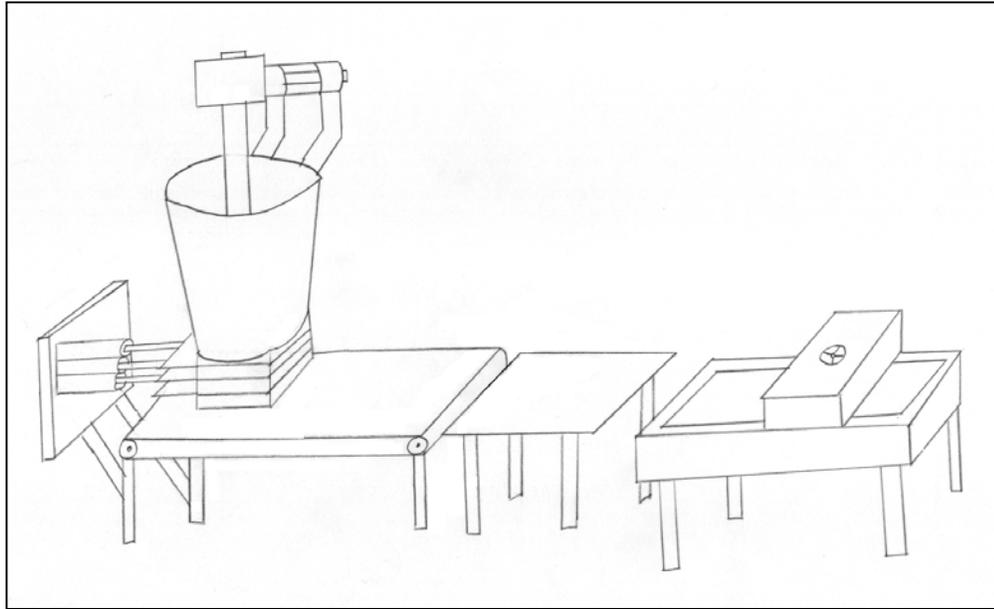


Figura 21. Sistema Propuesto N°3.

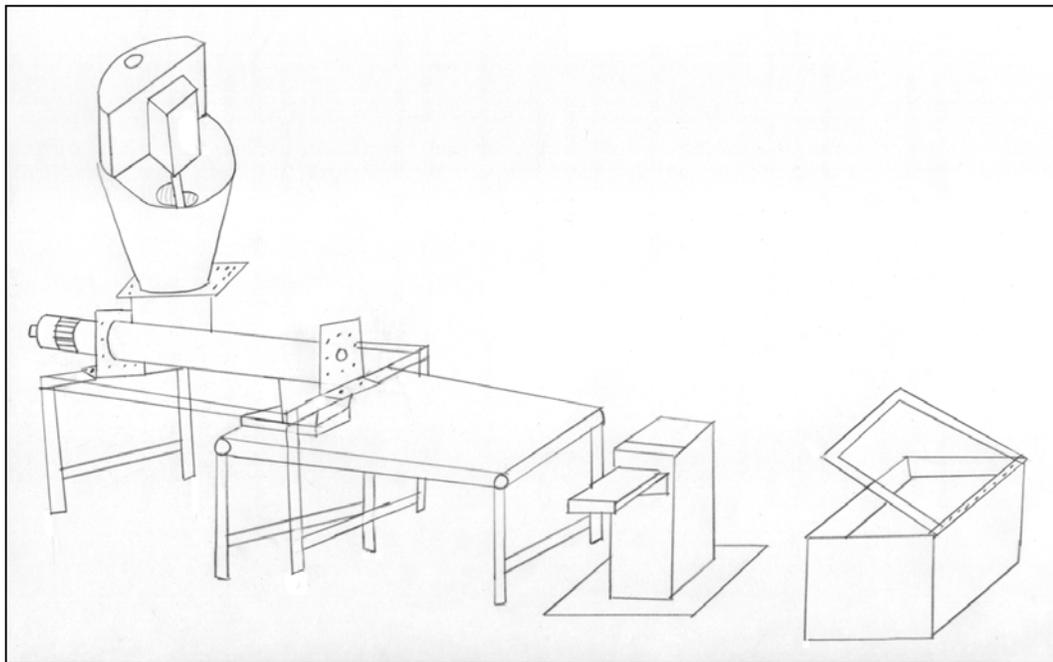


Figura 22. Sistema Propuesto N°4.

3.1.1. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS, ESPECIFICACIÓN DE UNA SOLUCIÓN Y PARTE FINAL DEL CICLO DE DISEÑO.

Una vez logrado obtener un conjunto de soluciones, se procederá a la fase de la búsqueda, la que con toda propiedad puede describirse como un proceso de ampliación tanto del número como de la diversidad de soluciones y alternativas, para hacer posteriormente su selección.

Una vez terminado este proceso de ampliación, mediante una evaluación y comparación, combinación y recombinación, se procede a una eliminación, mediante una matriz de selección, la cual condensará esta colección de ideas en una única y mejor solución.

En esta parte se presentan los cuatros sistemas estudiados a lo largo del desarrollo del diseño, exponiendo las ventajas y desventajas de cada uno.

3.1.1.1 Sistema Propuesto N°1

El sistema N°1 consta de un mezclador de paletas el cual posee en su descarga un moldeador vertical de bandejas cortantes continuas que da forma de panela a la pasta para luego estas ser envueltas en papel envoplast con la ayuda de una sierra cortante (figura 19).

✘ Ventajas.

- ❖ Mezclador de paletas de alta capacidad de carga.
- ❖ Moldeo de la panela por medio de bandejas cortantes continuas.
- ❖ Área pequeña para instalación del sistema.
- ❖ Envoltura económica por medio de plástico envoplast.

✘ Desventajas.

- ❖ Inseguridad al realizar la mezcla de la pasta con melaza.
- ❖ Poca presión en el molde para generar la panela.
- ❖ Falta de continuidad en el proceso.
- ❖ Empaque de baja calidad.

3.1.1.2 Sistema Propuesto N°2

El sistema N°2 posee un mezclador de paletas con tanque en forma de cono que permite que la pasta se deslice hasta la bandeja de moldes, para luego envolver la panela en una máquina de plástico termoencogible (figura 20)

✘ Ventajas.

- ❖ Mezclador de paletas con tanque cónico para efecto tobera.
- ❖ Moldeo de la panela por medio de una bandeja de moldes.
- ❖ Mayor cantidad de panelas procesadas.

- ❖ Envoltura económica por medio de plástico termoencogible.

✘ Desventajas.

- ❖ Inseguridad al realizar la mezcla de la pasta con melaza.
- ❖ Área mayor para instalación del sistema.
- ❖ Cantidad de panelas en mayor proporción con respecto al empaque.
- ❖ Sellado del plástico termoencogible de poca durabilidad.

3.1.1.3 Sistema Propuesto N°3

El sistema N°3 consta de un mezclador cónico que desplaza la pasta hasta las bandejas cortantes continuas que otorgan forma de panela a la pasta las cuales son envueltas en una máquina termoencogible (figura 21).

✘ Ventajas.

- ❖ Mezclador de paletas con tanque cónico para efecto tobera.
- ❖ Moldeo de la panela por medio de bandejas cortantes continuas.
- ❖ Mayor continuidad en el proceso.
- ❖ Envoltura económica por medio de plástico termoencogible.

✘ Desventajas.

- ❖ Inseguridad al realizar la mezcla de la pasta con melaza.
- ❖ Área mayor para instalación del sistema.
- ❖ Poca presión en el molde para generar la panela.
- ❖ Sellado del plástico termoencogible de poca durabilidad.

3.1.1.4 Sistema Propuesto N°4

El sistema N°4 está formado por un mezclador helicoidal de tanque cónico que lleva la pasta hasta un tornillo sin fin que genera presión en su boca de descarga sobre la carcasa, con forma de tobera, del molde. Luego de que la pasta toma forma de panela esta es envuelta en una máquina de vacío (figura 22).

✘ Ventajas.

- ❖ Mezclador helicoidal con tanque cónico para efecto tobera donde la mezcla de la pasta con la melaza es efectiva.
- ❖ Moldeo de la panela por medio de una carcasa con efecto tobera para evitar espacios vacíos en su formación.
- ❖ Mayor continuidad en el proceso.
- ❖ Envoltura por medio de ambiente al vacío para mayor durabilidad de la panela.

✘ Desventajas.

- ❖ Área mayor para instalación del sistema.
- ❖ Proceso de empaque de mayor complejidad.
- ❖ Mayor consumo de energía.
- ❖ Mayor mantenimiento de los componentes.

3.1.1.5 Matriz de Selección del Sistema a Utilizar

En este punto se considera para la evaluación de los distintos filtros la “Matriz de Selección o Matriz Morfológica”, que define los factores más importantes a considerar para obtener el sistema procesador de tamarindo óptimo asignándoles un valor porcentual a cada factor según su importancia.

Los factores a considerar en la Matriz de Selección son los siguientes:

- ✘ Costo Energético: es el costo de la energía que necesita el equipo para funcionar.
- ✘ Costo del Equipo: es la inversión inicial necesaria para la adquisición del equipo, esta incluye transporte, montaje y accesorios.
- ✘ Rendimiento: mide la cantidad de tamarindo que es capaz de procesar en un tiempo determinado, relacionando la cantidad de fruta que sale con la que entra.

- ✘ Costo de Mantenimiento: gasto económico realizado al equipo durante su vida útil para que éste opere dentro de los parámetros de diseño.

- ✘ Espacio ocupado y Adaptabilidad: el espacio ocupado se refiere al tamaño del equipo y la zona disponible para la instalación de éste. La adaptabilidad se refiere a la capacidad del equipo de adaptarse a las limitaciones existentes realizando la menor cantidad de cambios.

- ✘ Disponibilidad en el mercado: se refiere a la existencia de los equipos que conforman el sistema en el mercado, ya que mientras más proveedores de los equipos existan menores serán sus precios, además, como consecuencia existirá mayor mano de obra especializada para la realización del mantenimiento.

- ✘ Durabilidad: tiempo de vida útil del sistema.

- ✘ Confiabilidad: una alta probabilidad de que el diseño cumplirá con la vida útil o la excederá.

- ✘ Facilidad de operación.

- ✘ Seguridad.

Para realizar la evaluación de cada solución propuesta se toma en cuenta la siguiente escala de puntuación:

- ❖ Deficiente: 1
- ❖ Aceptable: 2
- ❖ Bueno: 3
- ❖ Muy bueno: 4
- ❖ Excelente: 5

Luego, para obtener el valor final, se multiplica la puntuación anterior de cada solución por el asignado en porcentaje y se suman todos los resultados para así obtener el total a comparar entre los distintos sistemas.

TABLA N°2. MATRIZ DE SELECCIÓN DEL SISTEMA

Características	Peso en %	Sistema N°1	Sistema N°2	Sistema N°3	Sistema N°4
Costo Energético	10	3	3	2	4
Costo del Equipo	20	2	2	2	2
Rendimiento	15	2	3	3	5
Costo de Mantenimiento	10	3	2	3	4
Espacio ocupado y Adaptabilidad	5	1	2	3	4
Disponibilidad en el mercado	5	4	2	3	5
Durabilidad	10	2	3	4	4
Confiabilidad	10	2	3	2	4
Facilidad de Operación	5	3	3	3	4
Seguridad	10	2	3	4	4
Total	100	2,30	2,60	2,80	3,90

La ponderación en porcentaje elegida para cada factor de la Matriz de Selección del sistema procesador, de acuerdo con su importancia es:

- ✘ 20% costo del equipo: debido a que la inversión inicial es el gasto más importante a la hora de adquirir un equipo.

- ✘ 15% rendimiento: de esta característica depende la efectividad del equipo en la fabricación de las panelas.

- ✘ 10% durabilidad: de este factor depende el cambio del equipo en un periodo determinado, es decir, el número de veces que debe realizarse la inversión inicial.

- ✘ 10% costo energético y costo de mantenimiento: son gastos económicos no tan importantes como la inversión inicial, pero de los cuales depende el desempeño del equipo durante su vida útil.

- ✘ 10% confiabilidad y seguridad: el sistema debe presentar las mínimas exigencias de seguridad impuestas por las leyes laborales y debe presentar un elevado nivel de vida útil.

- ✘ 5% espacio ocupado y adaptabilidad: el espacio ocupado por el sistema y su adaptabilidad deben estar adecuados al sitio de operación realizando la menor cantidad de cambios.

- ✘ 5% disponibilidad en el mercado y facilidad de operación: se debe tener en cuenta la cantidad de empresas que pueden ofertar los equipos que conforman el sistema y lo cómodo y accesible que debe ser la utilización de estos.

Los resultados obtenidos en la matriz de selección demuestran que el sistema número 4 es el más adecuado para procesar tamarindo.

El costo energético es inferior debido a que algunas partes utilizan sistemas neumáticos los cuales, junto con el aumento en la cantidad de acero inoxidable necesario para la construcción del sistema, incrementan el costo del equipo.

El sistema seleccionado posee equipos y piezas de fácil y bajo mantenimiento que prolongan su vida útil y abaratan los costos, los cuales se pueden adquirir en los mercados tanto nacional como internacional.

El rendimiento es excelente ya que procesa todo el fruto que se le suministra en un tiempo inferior al resto de los sistemas.

El espacio ocupado por el sistema es en forma lineal lo cual permite que se adapte a todo tipo de áreas, incluyendo a aquellas que sean angostas sin crear inconvenientes en su operación.

Se estima que con una conservación adecuada la confiabilidad del sistema se mantenga por un largo período incrementando los niveles de seguridad de los operadores.

Habiendo seleccionado el sistema a utilizar, es importante conocer el tipo de material para realizar su construcción.

3.2. SELECCIÓN DEL TIPO DE ACERO

Una vez desarrollado y seleccionado el sistema a utilizar es indispensable buscar y determinar el tipo de acero que se va a emplear, tomando en cuenta que el producto a tratar es un ejemplar alimenticio.

Los aceros inoxidable son aleaciones complejas en las que interviene un buen número de elementos químicos [16]. Para conseguir una aceptables soldabilidad, el metal aportado y zonas adyacentes deben presentar unas propiedades los más semejantes posible a las del material base, tanto desde el punto de vista mecánico como de resistencia a la corrosión, factor este último que constituye una de las razones fundamentales por la cual se seleccionan estos materiales.

3.2.1. TIPOS DE ACEROS INOXIDABLES

En el mercado existe una gran cantidad de aceros inoxidable definidos por su estructura cristalina. El acero a utilizar para el desarrollo del sistema es del tipo austenítico.

3.2.1.1 Elementos Básicos

Los elementos básicos presentes en los aceros inoxidable son:

- ♦ Carbono, en un porcentaje menor o igual al 0,1%.
- ♦ Cromo, en un porcentaje colocado entre un 17 y 27%.

- ♦ Níquel, en un porcentaje ubicado entre un 8 y 30%.
- ♦ Molibdeno, en un porcentaje situado entre un 0 y 5%.

Otros elementos dentro de dichos aceros son el titanio, cobre, nitrógeno, boro, silicio, manganeso, niobio y tungsteno.

3.2.1.2 Características y Propiedades

Son amagnéticos, tienen una estructura cúbica centrada en las caras (estructura gamma γ) y presentan excelentes propiedades de tenacidad, ductilidad, resistencia a la corrosión y soldabilidad. Son los más ampliamente conocidos y utilizados. No se endurecen por tratamiento térmico (temple), sino únicamente por deformación en frío o en caliente. Tienen una gran estabilidad estructural [16].

Los tipos más usuales son: AISI 304, 3041, 316, 3161, 321 y 347 (anexo 4).

El acero seleccionado es del tipo AISI 304 ya que no contiene molibdeno, elemento restringido en maquinaria de manejo de alimentos (anexos 5.1 y 5.2).

Conociendo el tipo de material a utilizar en el desarrollo del sistema es tiempo de comenzar a presentar los cálculos de los equipos que lo integran.

3.3. CÁLCULO DEL MEZCLADOR

El mezclador está formado por un tanque dentro del cual se agrega la fruta descascarada de tamarindo y, por un agitador que es conectado a un motor para mezclar el fruto con melaza con la finalidad de crear una pasta más compacta y homogénea que facilite el proceso de creación de la panela. (Todas las conversiones utilizadas en los cálculos del sistema se encuentran en el anexo 6).

3.3.1. CÁLCULO DEL TANQUE

El tanque tiene forma de cono truncado, diseñado para contener 60 Kg. de pasta. La finalidad de adoptar este tipo de modelo es la de facilitar la colocación de la carga dentro del tanque además, favorece el desplazamiento de la pasta hacia el interior del tornillo sin fin debido a su geometría en apariencia de tobera.

Utilizando la fórmula de volumen de un cono truncado se determina el radio superior del tanque, tomando en cuenta los siguientes datos:

✘ Altura del cono.

$$h = 300 \text{ mm (11,8 pulg).}$$

✘ Radio inferior del cono. (igual a el diámetro de entrada de la boca de admisión del tornillo sin fin).

$$r = 89 \text{ mm (7 pulg).}$$

$$V_T = \frac{\Pi \times h}{3} \times [R^2 + r^2 + (R \times r)] \quad (1)$$

Calculando el volumen de 6 panelas (1/2 Kg. cada una) tenemos:

$$V_p = 3 \text{ Kg} = 2.479.338,84 \text{ mm}^3$$

Como el tanque posee 60 Kg de pasta nos queda:

$$V_T = 60 \text{ Kg} = 49.586.776,86 \text{ mm}^3$$

$$V_T = \frac{\Pi \times h}{3} \times [R^2 + r^2 + (R \times r)]$$

Sustituyendo los valores nos queda:

$$49586776,86mm^3 = (272,272mm \times R^2) + (272,272mm \times (89mm)^2) + (272,272mm \times 89mm \times R) \quad (1.1)$$

$$49586776,86mm^3 = (272,272mm \times R^2) + (272,272mm \times 7921mm^2) + (24232,208mm^2 \times R) \quad (1.2)$$

$$49586776,86mm^3 = (272,272mm \times R^2) + (2156666,5mm^3) + (24232,208mm^2 \times R) \quad (1.3)$$

Agrupando tenemos que:

$$49586776,86mm^3 - 2156666,5mm^3 = (272,272mm \times R^2) + (24232,208mm^2 \times R) \quad (1.4)$$

$$47430110,36mm^3 = (272,272mm \times R^2) + (24232,208mm^2 \times R) \quad (1.5)$$

$$(272,272mm \times R^2) + (24232,208mm^2 \times R) - 47430110,36mm^3 = 0 \quad (1.6)$$

Los posibles valores de R son:

$$R = 345,30 \text{ mm}$$

$$R = -464,20 \text{ mm}$$

El valor del radio superior del tanque es de 345 mm (13,58 pulg).

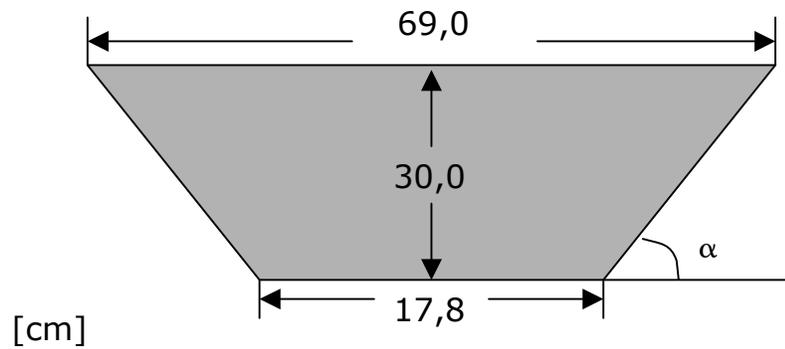


Figura 23. Medidas del Tanque Cónico Truncado.

Para determinar el valor de α se procede del siguiente modo:

Como se tiene el valor de los radios y la altura, se puede obtener un triángulo rectángulo por diferencia de radios, como el que se indica en la figura 26

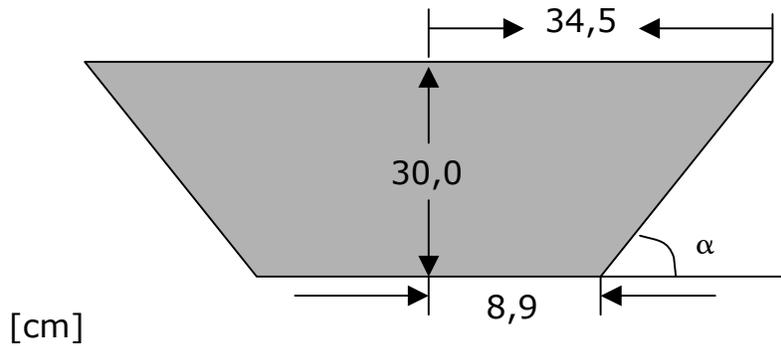
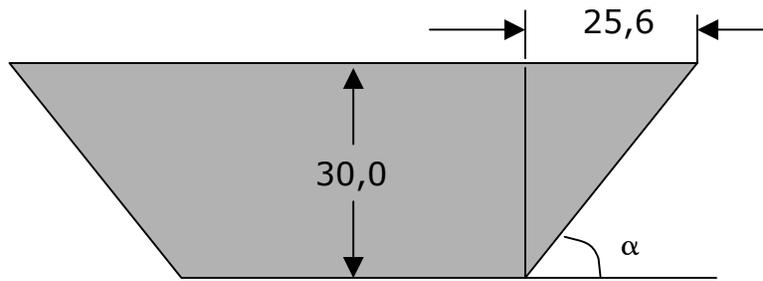
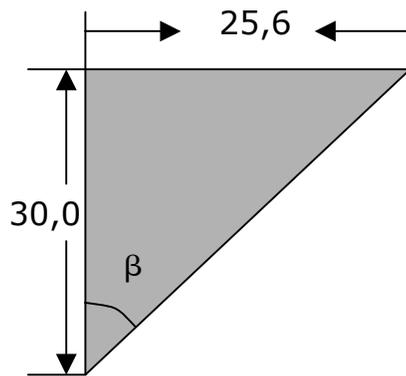


Figura 24. Radios del Tanque Cónico Truncado.



[cm]

Figura 25. Diferencia de radios en el Tanque Cónico Truncado.



[cm]

Figura 26. Ángulo β del Tanque Cónico Truncado.

Con estos valores y por simple trigonometría se obtiene el valor de β para luego hallar el de α .

$$Tg\beta = \frac{Sen\beta}{Cos\beta} \quad (2)$$

El valor de la hipotenusa es:

$$C^2 = A^2 + B^2 \quad (3)$$

Sustituyendo el valor de $A = 25,6 \text{ cm}$ y $B = 30,0 \text{ cm}$ tenemos:

$$C^2 = (25,6 \text{ cm})^2 + (30,0 \text{ cm})^2 \quad (3.1)$$

$$C = 39,43 \text{ cm}$$

Calculando el arcotangente nos queda:

$$Tg\beta = \frac{25,6 / 39,43}{30,0 / 39,43} \quad (3.2)$$

$$Tg\beta = \frac{25,6}{30,0} \quad (3.3)$$

$$Tg\beta = 0,85333 \quad (3.4)$$

$$\beta = 40,47^\circ$$

El valor de β es de $40,47^\circ$. Como el ángulo que debe formar la suma de $\alpha + \beta$ debe ser igual a 90° tenemos:

$$\alpha + \beta = 90 \quad (4)$$

Despejando α nos queda:

$$\alpha = 90 - \beta \quad (4.1)$$

Sustituyendo β tenemos:

$$\alpha = 90 - 40,47 \quad (4.2)$$

$$\alpha = 49,53^\circ$$

El ángulo de inclinación es de $\alpha = 49,53^\circ$.

Los cálculos demuestran que el tanque ha utilizar posee una forma de cono truncado con una altura de 30,0 cm (11,8 pulg), un diámetro superior de 69,0 cm (27,16 pulg), un diámetro inferior de 17,8 cm (7 pulg) con una capacidad para 60 Kg.

3.3.2. CÁLCULO DEL AGITADOR

La viscosidad de la pasta de tamarindo es de $10,5 \times 10^5$ c.p.s.(anexo 1), lo cual representa una alta viscosidad por lo cual mayor será la cantidad de energía necesaria para producir el estado de agitación requerido. Para mezclas de líquidos con viscosidad alta es recomendable utilizar un agitador helicoidal.

Este tipo de agitador transporta líquido desde el fondo del tanque hasta la superficie. El líquido se descarga posteriormente en

la superficie y vuelve al fondo del tanque de donde es llevado nuevamente a la superficie. Cuando opera en sentido contrario, es decir, llevando el líquido al fondo del recipiente, se necesita una potencia menor. Al trabajar sin deflectores, cuando el agitador está centrado en el tanque, el líquido muestra una turbulencia suave disminuyendo la velocidad hacia la pared del tanque.

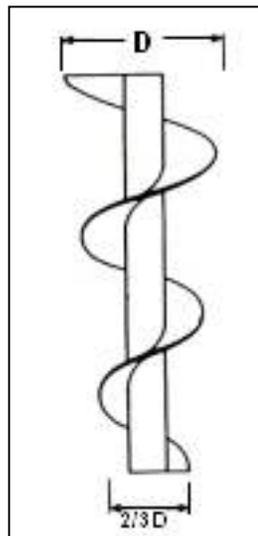


Figura 27. Agitador Helicoidal Cónico.

Cuando se trabaja con agitadores de hélice o con turbinas dentro de recipientes sin deflectores, y que contienen líquidos de baja viscosidad, se produce el vórtice, originado por los remolinos del líquido en la dirección del giro del agitador y que producen un descenso en el nivel del líquido que rodea al agitador. El vórtice crece con la velocidad del agitador, hasta que pasa a través del mismo. En los sistemas con vórtice la eficiencia de la mezcla es generalmente menor que en los que no lo tiene.

Cuando la viscosidad del líquido crece, disminuye la necesidad de usar deflectores para reducir el vórtice ya que, por lo general este no se genera.

3.3.2.1 Características Geométricas del Agitador Helicoidal Cónico

Las características geométricas necesarias para el cálculo de un agitador helicoidal cónico son las siguientes:

✘ Diámetro del tanque (D_T).

D_T : 69,0 cm (27,16 pulg)

✘ Diámetro superior del agitador (D_S).

Es $1/3$ del diámetro del tanque:

$$D_s = \frac{D_T}{3} \quad (5)$$

Sustituyendo los valores tenemos:

$$D_s = \frac{69,0 \text{ cm}}{3} \quad (5.1)$$

$$D_s = 23,0 \text{ cm}$$

$$D_s = 9,05 \text{ pulg}$$

El diámetro superior del agitador es de 23,0 cm (9,05 pulg).

✳ Diámetro inferior del agitador (D_I).

Representa $2/3$ del diámetro superior del agitador.

$$D_I = \frac{2}{3} \times D_S \quad (6)$$

Sustituyendo tenemos:

$$D_I = \frac{2}{3} \times 23 \text{ cm} \quad (6.1)$$

$$D_I = 15,33 \text{ cm}$$

$$D_I = 6,03 \text{ pulg}$$

El diámetro inferior del agitador es de 15,33 cm (6,03 pulg).

✳ La altura del agitador desde el fondo del tanque (H).

La altura del agitador es igual al diámetro superior del mismo.

$$H = 1,0 \times D_S \quad (7)$$

Sustituyendo tenemos:

$$H = 1,0 \times 23,0 \text{ cm} \quad (7.1)$$

$$H = 23,0 \text{ cm}$$

$$H = 9,05 \text{ pulg}$$

La altura del agitador medida desde el fondo del tanque es de 23,0 cm (9,05 pulg).

Tomando en cuenta que la forma del tanque es cónica y que la altura del agitador desde el fondo del tanque es de 23,0 cm (9,05 pulg.), es necesario determinar si el diámetro correspondiente a dicha altura es favorable con la medida del diámetro adecuado al agitador.

Midiendo desde el fondo del tanque hasta el inicio de la espira tenemos que el valor del diámetro es de:

$$D_A = 57 \text{ cm}$$

$$D_A = 22,44 \text{ pulg}$$

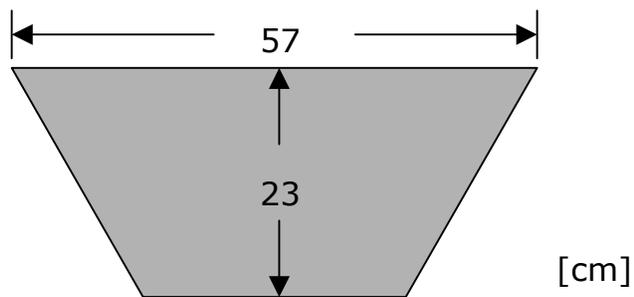


Figura 28. Diámetro Correspondiente a la Altura del Agitador.

El diámetro del tanque correspondiente con la altura del agitador es de 57 cm (22,44 pulg), medida favorable ya que, el diámetro de este último es de 23,0 cm (9,05 pulg).

✘ Espesor de las espiras (e).

Representa la 1/50 del diámetro superior del agitador.

$$e = \frac{D_s}{50} \quad (8)$$

Sustituyendo tenemos:

$$e = \frac{23,0 \text{ cm}}{50} \quad (8.1)$$

$$e = 0,46 \text{ cm}$$

$$e = 0,18 \text{ pulg}$$

El espesor de las espiras es de 0,46 cm (0,18 pulg).

✘ Ángulo.

Se conserva el mismo ángulo de inclinación que posee el tanque, esto quiere decir que $\beta = 40,47^\circ$.

✘ Paso del agitador (p).

Corresponde a $1/3$ del diámetro superior del agitador.

$$p = \frac{D_s}{3} \quad (9)$$

Sustituyendo nos queda:

$$p = \frac{23,0 \text{ cm}}{3} \quad (9.1)$$

$$p = 7,66 \text{ cm}$$

$$p = 3,0 \text{ pulg.}$$

El paso del helicoidal del agitador es de 7,66 cm (3,0 pulg).

✘ Números de espiras.

La altura del agitador es de 23,0 cm (9,05 pulg), el espesor de las espiras es de 0,46 cm (0,18 pulg) y el paso es de 7,66 cm (3,0 pulg); nos queda que el número de espiras es de tres (3).

Como las fuerzas de rozamiento entre lo líquido y el recipiente son grandes, en la pared del tanque, el líquido está prácticamente en reposo, por lo que en sistemas sin deflectores no se recomiendan los agitadores de espiras muy juntas.

✘ Diámetro del eje del agitador (D_E).

$$D_E = 2,54 \text{ cm (1 pulg).}$$

El tipo de agitador a utilizar es helicoidal cónico, con un diámetro superior de 23,0 cm (9,05 pulg), un diámetro inferior de 15,33 cm (6,03 pulg), una altura de 23,0 cm (9,05 pulg); tres espiras cada una de 0,46 cm (0,18 pulg) de espesor, con un ángulo de inclinación de 40,47° y sin deflectores.

3.3.3. CÁLCULO DEL TANQUE DE MELAZA

La finalidad del tanque de melaza es suministrar dicho líquido al mezclador con el propósito de suavizar y homogeneizar la pasta.

El volumen de melaza por kilogramo de tamarindo se presenta en una relación 2:60, es decir, que en un día de trabajo se procesan 840 Kg, los cuales necesitan 28 litros de melaza.

El tanque posee forma de media luna y la comunicación con el mezclador es por medio de dos tuberías de ¼ pulgada, con válvula de paso graduable. El flujo de melaza no requiere sistema de bombeo ya que esta cae por acción de la gravedad.

El caudal de melaza se regula por medio de las válvulas de paso graduable las cuales garantizan un flujo uniforme al momento de la mezcla.

Las dimensiones del tanque son:

✘ Volumen (V).

$$V = 28.000 \text{ cm}^3.$$

✳ Diámetro (D).

D= 69 cm. (27,16 pulg)

$$V = \frac{\Pi \times D^2 / 4}{2} \times h \quad (10)$$

Despejando h nos queda:

$$h = \frac{2 \times V}{\Pi \times D^2 / 4} \quad (10.1)$$

$$h = \frac{2 \times 28.000 \text{ cm}^3}{\Pi \times (69 \text{ cm})^2 / 4} \quad (10.2)$$

$$h = 14,97 \text{ cm}$$

$$h = 15 \text{ cm}$$

$$h = 5,9 \text{ pulg}$$

La altura del tanque es de 15 cm (5,9 pulg).

El tanque lleva soldado en su perímetro inferior una lámina de 20 cm (7,8 pulg) de altura, la cual sirve de soporte y cobertor al motor reductor.

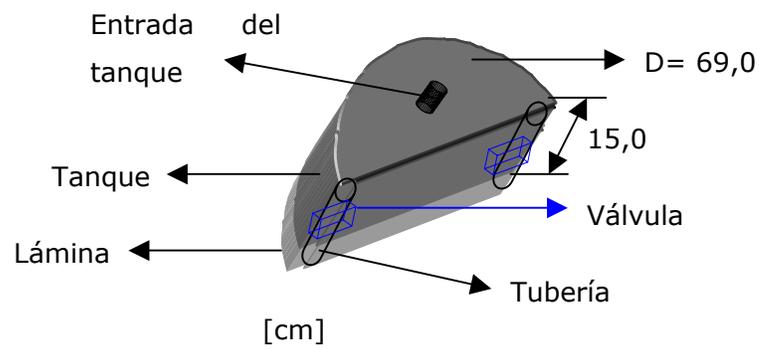


Figura 29. Partes del Tanque de Melaza.

El tanque de melaza del sistema posee forma de media luna con una capacidad para 28 L, con dos tuberías de $\frac{1}{4}$ de pulgada cada una, dos válvulas de paso graduable y una altura de 15 cm (5,9 pulg)

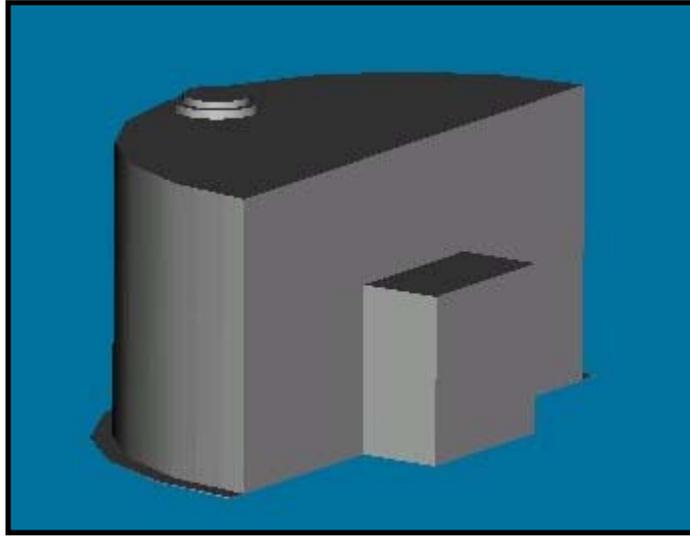


Figura 30. Tanque de Melaza Seleccionado.

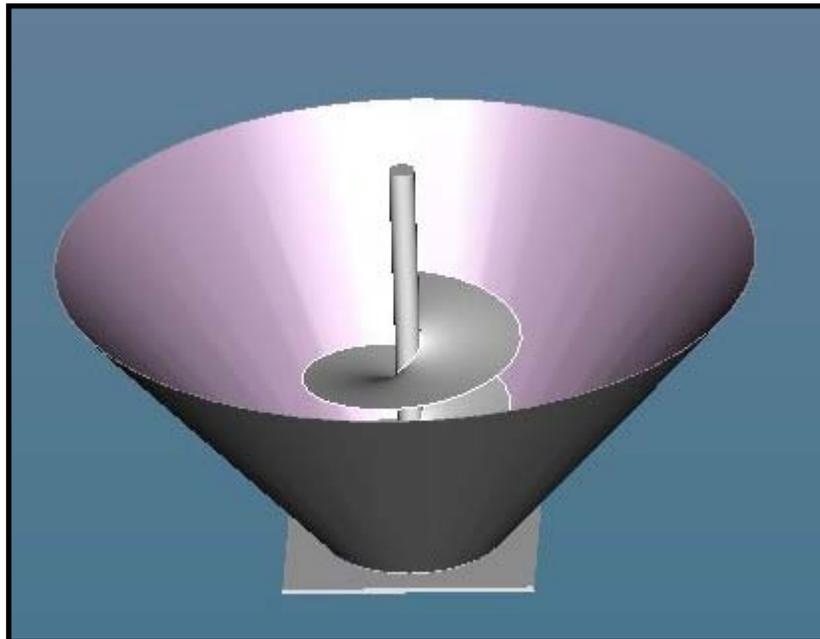


Figura 31. Mezclador Seleccionado.

Conocidas todas las características de los elementos que forman parte del mezclador es el momento de desarrollar los cálculos y la selección del siguiente equipo que pertenece al sistema, el tornillo sin fin.

3.4. CÁLCULO DEL TORNILLO SIN FIN

El tornillo sin fin tiene como función transportar la pasta de tamarindo proveniente del mezclador hasta el molde. Con esto se logra continuidad en el proceso y se genera la presión necesaria para crear la panela.

Todos los cálculos se realizan cumpliendo con los criterios de diseño presentados con anterioridad. Los valores obtenidos de tablas son extraídos del Catálogo 1135 R de Jeffrey "Screw Conveyors" [7], presentado en el capítulo de anexos; los señalados en el desarrollo de estos cálculos son los seleccionados para el tornillo en particular. Las unidades utilizadas en dicho catálogo pertenecen al Sistema Inglés. Los valores referentes a Ga. (gauge american) son extraídos de la tabla A-4 (anexo 7), bajo el renglón de U.S.G. (United Standard Gauge),.

3.4.1. CLASIFICACIÓN DE LA UNIDAD TRANSPORTADORA

Existen dos clasificaciones:

1. Un tornillo **transportador** es usado para mover un volumen regulado de material de un punto a otro. El flujo a la entradas **debe siempre** ser a una tasa regulada y uniforme. Por ello la entrada nunca es inundada, y la selección del diámetro del tornillo y los cálculos de la velocidad requerida están basados en un 15%, 30% o 45% de la carga.
2. Un tornillo **alimentador** se usa para regular el volumen de material que es sacado de un contenedor y entregado en un tornillo transportador o un equipo similar. El flujo de material en la entrada **no** es regulado, por ello se dice que la entrada es inundada, y la selección del diámetro del tornillo requiere de velocidades basadas en un 95% de la carga.

El sistema seleccionado es del tipo "Tornillo Alimentador", el cual regula volúmenes de un punto a otro. El flujo de material en la carga puede o no ser regulado a una tasa uniforme y el llenado del tornillo se presenta entre un 45 y 95% de su volumen.

INFORMACIÓN GENERAL REFERENTE A TORNILLOS ALIMENTADORES:

✖ *"La razón de descarga de material de un tornillo alimentador es determinada por la combinación del diámetro del tornillo, el paso de las aletas, el tamaño de la tubería y la velocidad de la unidad. Cualquier cambio presente en estas variables crea siempre cambios en la razón de descarga debido a que el canal se encuentra completamente lleno de material excepto para el volumen que es desplazado por la masa del tornillo (95% lleno). Por lo tanto, cualquier revolución del tornillo extrae el volumen del material que ha sido llenado alrededor de la tubería entre o en medio de dos vuelos"[7].*

3.4.2. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL A TRANSPORTAR

En la industria se desarrollan cinco (5) parámetros utilizados para definir las características del material. Estos se explican a continuación tomando como material a transportar tamarindo descascarado.

3.4.2.1 Selección del Material

El material a utilizar es de tipo corrosivo el cual, puede causar excesivo desgaste en los componentes. Para estos casos es recomendable un 45% de llenado de la carga total con velocidades bajas de transportación pero, en caso de ser necesario se puede aumentar el porcentaje de llenado.

✘ Abrasividad, corrosividad, y fluidez.

La tabla de materiales presenta también de manera gráfica la abrasividad, corrosividad y fluidez de los materiales. Los valores de las representaciones gráficas empleadas en la tabla de materiales se listan a continuación:

TABLA N°3. MATERIALES [7]

Descripción			
Abrasividad	No abrasivo	Ligeramente abrasivo	Altamente abrasivo
Corrosividad	No corrosivo	Ligeramente corrosivo	Altamente corrosivo
Fluibilidad	Fluidez libre	Fluidez relativamente libre	Baboso
	Ángulo de reposo		
	Hasta 30°	30°-45°	Más DE 45°

Nota: Algunos materiales mientras no son corrosivos en condiciones normales, pueden comportarse como corrosivos bajo ciertas condiciones, como en presencia de calor o humedad.

3.4.2.2 Máximo Tamaño de las Partículas

Dado que el tamaño de la partícula afecta la densidad bruta y generalmente la fricción interna, el tamaño del transportador se ve afectado, variando la velocidad y requerimientos de potencia. Por

tal motivo, la fluidez del material es afectada en gran medida por el tamaño y distribución de las partículas.

El tamaño máximo de las partículas (semillas) presentes en la pasta es de 1,27 cm (0,5 pulg).

3.4.2.3 Porcentaje de la Carga del Transportador

El porcentaje recomendado de carga del transportador, que afecta la selección del mismo, está basado en la profundidad máxima a la cual el material fluirá a través del transportador sin causar desgaste dañino. Por ejemplo, materiales muy abrasivos deben ser transportados a una profundidad mínima, en el transportador a fin de reducir el área de contacto entre el material y los componentes del transportador.

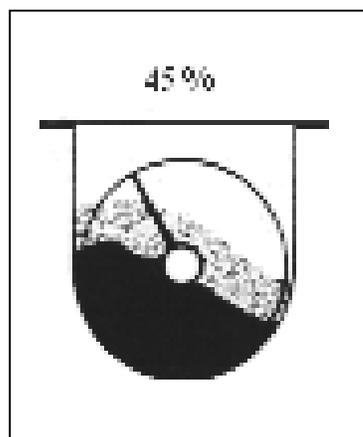


Figura 32. Porcentaje de Carga del Tornillo.

El porcentaje de carga del tornillo es de un 45% de su capacidad.

3.4.2.4 Serie de Componentes Recomendados

Esta información es presentada para la asistencia en la selección de los materiales adecuados de construcción, pesos de componentes y otras especificaciones adecuadas al material a transportar. El código alfabético se refiere a series de componentes generales, y el numérico, da recomendaciones para cojinetes y tipo de eje. (anexos 8 y 9).

3.4.2.5 Densidad del Producto

La densidad promedio de la fruta descascarada de tamarindo es de mil doscientos diez kilogramos por metro cúbico (1.210 Kg/m^3) o bien, de setenta y cinco con cincuenta y tres libras por pie cúbico ($75,53 \text{ Lb/pie}^3$).

El valor de la densidad de la fruta descascarada de tamarindo se encuentra dentro del rango de la mezcla de cemento, valor presente en el anexo 10. Por este motivo la selección del material se basa en los siguientes resultados:

- ❖ Partícula máxima: + ½ pulg.
- ❖ Densidad: 75-80 Lb/pie³.
- ❖ Porcentaje de carga: 45%
- ❖ Factor de potencia: 1,8.
- ❖ Componentes de la serie: D4.
- ❖ Material: Altamente abrasivo.

3.4.3. SELECCIÓN DEL DIÁMETRO Y VELOCIDAD REQUERIDA POR EL TORNILLO SIN FIN

Al establecer la capacidad del tornillo podemos determinar el tamaño y velocidad del mismo, para ello se necesitan conocer la densidad de la muestra, el porcentaje de carga y el tamaño máximo de las partículas, datos todos presentados en el punto anterior.

3.4.3.1 Determinación del Diámetro del Tornillo

El valor de la capacidad se presenta en la tabla A-8 (anexo V). Bajo la columna de capacidad opuesta al porcentaje recomendado de carga del transportador, se halla la capacidad a las rpm máximas que equivale a la capacidad requerida por hora. El diámetro del tornillo es hallado en la columna apropiada sobre la misma línea, así como el tamaño máximo de la partícula que puede ser transportada con dicho diámetro.

Si el tamaño máximo de la partícula presente en la tabla para este transportador es igual o mayor que el tamaño actual de la partícula a transportar, el valor del diámetro en dicha tabla será el adecuado.

Si el tamaño de la partícula del material excede al presentado en la tabla, debe seleccionarse un transportador más grande con un tamaño de partícula mayor o igual al del material.

El diámetro seleccionado para el tornillo alimentador basados en el tamaño máximo de la partícula a transportar es de 15,24 cm (6 pulg)

3.4.3.2 Cálculo de la Capacidad para Transportadores con Paso Específico o Paletas Modificadas

Los siguientes datos se basan en transportadores de pasos y vuelos estándar. Especiales clases de tornillos se seleccionan de la misma manera, pero la selección de la capacidad empleada en la determinación debe ser modificada a partir de la capacidad actualmente requerida a través de la multiplicación por uno o más factores de corrección aplicables.

❖ Capacidad para un tornillo estándar

$$SC = CFH \times CF \quad (11)$$

SC : Capacidad seleccionada (pie³/h).

CFH: Capacidad requerida (pie³/h).

CF: Factor de capacidad.

TABLA N°4. FACTORES DE CAPACIDAD DE TORNILLOS DE PASOS ESPECIALES [7]

Paso	Descripción	Factor de Capacidad
Estándar	Paso=diámetro	1,00
Corto	Paso= 2/3 diámetro	1,50
Medio	Paso= ½ diámetro	2,00
Largo	Paso=1 ½ diámetro	0,67

Para un modelo de tornillo estándar de paso igual al diámetro, se tiene un factor de capacidad de 1,00.

TABLA N°5. FACTORES DE CAPACIDAD PARA TORNILLOS DE PALETAS ESPECIALES [7]

Tipo	Capacidad		
	15%	30%	45%
V. Cortado	1,62	1,52	1,40
V. Cortado y doblado	1,72	1,61	1,48

Para un porcentaje de carga del 45% se tiene un factor de capacidad de 1,40.

$$SC = 3,177 \pi e^3 / h \times 1,40 \times 1,00 \quad (11.1)$$

$$SC = 4,45 \pi e^3 / h$$

El valor de la capacidad para un tornillo estándar es de 4,45 pie³/h.

3.4.3.3 Cálculo de la Velocidad del Tornillo

La velocidad del transportador puede ser calculada mediante la siguiente expresión (anexo 11):

$$CS = \frac{CFH}{CFH \text{ AT } 1 \text{ rpm}} \quad (12)$$

CS: Velocidad del transportador (rpm).

CFH: Capacidad requerida (pie³/h).

Sustituyendo los valores:

$$CS = \frac{4,45 \text{ pie}^3 / h}{2,27 \text{ pie}^3 / h \text{ at } 1 \text{ rpm}} \quad (12.1)$$

$$CS = 1,96 \text{ rpm}$$

✘ Consideraciones para aumentar la velocidad angular del Tornillo.

- ♦ Flujo másico del tornillo: 2 Kg/min.
- ♦ Flujo másico presente en la descarga del tornillo: 3 Kg/min.
- ♦ Flujo másico presente en el molde: 2 Kg/min.

Para garantizar que la panela se realice en forma continua y sin espacios libres es necesario un flujo másico de 7 Kg/min., producto de un aumento en la velocidad angular del tornillo el cual se incrementa a 18 rpm. .

3.4.4. CÁLCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA POR EL TORNILLO

La potencia en el eje para un tornillo alimentador puede ser calculada con la siguiente formula:

$$HP = \frac{CFH \times PCF \times MF \times [L + (B \times F)]}{1.000.000} \quad (13)$$

CFH: Pies cúbicos por hora (capacidad)

PCF: Libras por pie cúbico (densidad)

MF: Factor de potencia del material

L: Longitud de sección del alimentador (en pies)

B: Longitud de la apertura de entrada (en pies)

F: Factor de potencia del alimentador (Tabla N°6)

TABLA N°6. FACTOR DE POTENCIA DEL ALIMENTADOR [7]

Tamaño	Factor F			
	A	B	A (t)	B (t)
6	2,80	4,50	2,53	4,10
9	2,60	3,50	2,37	3,19
12	2,40	2,88	2,17	2,62
14	2,18	2,54	1,98	2,32
16	2,05	2,33	1,86	2,12
18	2,01	2,18	1,84	1,98

Donde:

CFH: 3,177 pie³/h.

PCF: 75,53 Lb/ pie³.

MF: 1,8

L: 3,60 pie.

B: 1,16 pie.

F: A= 2,80

$$HP = \frac{3,177 \text{ pie}^3 / \text{h} \times 75,53 \text{ Lb} / \text{pie}^3 \times 1,8 \times [3,60 \text{ pie} + (1,16 \text{ pie} \times 2,80)]}{1.000.000} \quad (13.1)$$

$$HP = 0,0029578$$

Dado el hecho de que el valor de la potencia es muy pequeño se dificulta su obtención en el mercado, por tal motivo se utilizará una potencia de 0,50 HP (½ HP).

3.4.5. CÁLCULO Y CAPACIDAD DE TORQUE DEL TORNILLO

A pesar de que cualquier unidad dada puede ser tan adecuada como la capacidad de transporte de material considerada, la potencia disponible para operar el sistema puede exceder las capacidades de torque de ciertos componentes estándar. La capacidad de torque de un transportador de tornillo está limitada por los valores permisibles de esfuerzo del componente individual a emplear.

La tabla N°7 indica el torque máximo para tornillos y ejes estándar. Debe notarse que un cambio a pernos de torque elevado no siempre agrega capacidad de cedencia al torque, ya que el factor limitante puede ser contingente respecto a otros valores que no sea el valor del esfuerzo cortante en los pernos de acople.

TABLA N°7. TORQUE MÁXIMO PARA TORNILLOS Y EJES ESTÁNDAR [pulg]
[7]

Diámetro del eje	Tamaño Nominal tubo	Diam. Pernos Acople	Torque Máximo	
			Pernos de acople std.	Pernos de acople "hi-torque"
1 1/2	2	1/2	3,65	3,94
2	2 1/2	5/8	7,60	7,86
2 7/16	3	5/8	9,27	11,64
3	3 1/2	3/4	15,54	15,54
3	4	3/4	16,43	25,00
3 7/16	4	7/8	21,80	21,80

El torque, rápidamente definido como el esfuerzo torsional aplicado al eje del transportador, puede ser fácilmente calculado empleando la fórmula a continuación:

$$TORQUE = \frac{63.025 \times HP}{rpm} \quad (14)$$

Sustituyendo nos queda:

$$TORQUE = \frac{63.025 \times 0,50}{18 rpm} \quad (14.1)$$

$$TORQUE = 1.750,68 \text{ Lb} \times \text{pulg}$$

El valor del torque en el tornillo alimentador es de 1.750,68 Lb × pulg.

3.4.6. SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL TORNILLO SIN FIN

Los componentes de un tornillo sin fin son seleccionados sobre la base de sí este es de tipo alimentador o transportador. Para este caso en particular toda la elección se fundamenta en un tornillo alimentador y las partes que lo conforman.

3.4.6.1 Tornillos Alimentadores

Los tornillos alimentadores tienen un amplio rango de aplicación para el suministro de gran cantidad de material a una rata volumétrica precisa, usualmente desde un almacén o tanque.

Debido a las diversas variables de los distintos materiales, se describen dos tipos principales de alimentadores. Con variaciones

en la hélice del tornillo de cada uno de ellos, gran parte de los materiales puede ser transportada exitosamente.

Las consideraciones específicas para la selección del alimentador se refiere al porcentaje normal de carga recomendado para el material, y su tamaño máximo de partícula.

3.4.6.2 Tipos de Alimentadores

Existen dos tipos de tornillos alimentadores, estos son:

- ✘ **Tipo A.** Consisten de una hélice uniforme, de paso estándar con una entrada limitada por longitud máxima. Este tipo de alimentador es usado para materiales de tamaño de partícula nominal de acuerdo a aquellos listados en la tabla N° 7 de selección de alimentador. Estos alimentadores extraen el material del extremo posterior de la apertura de entrada.

- ✘ **Tipo B.** Similar al tipo A, excepto que el paso de hélice se reduce a $\frac{2}{3}$ del paso de hélice estándar. La longitud de entrada de este alimentador puede ser mayor que aquella del tipo A, pero la longitud de entrada también está limitada en esta serie estándar. Los alimentadores de tipo B se recomiendan para materiales que se hacen fluidos fácilmente.

El tipo de tornillo alimentador a utilizar es de Tipo A ya que posee una hélice uniforme, de paso estándar con una entrada

limitada por longitud máxima y extrae el material del extremo posterior de la apertura de entrada.

3.4.6.3 Extracción del Material

Los alimentadores de tornillo estándar descritos anteriormente, tienen diámetros uniformes de tornillo a la entrada. En operación, los alimentadores estándar extraen el material de la parte posterior de la apertura de entrada hasta que todo el material es sacado de atrás. Si se requiere remoción uniforme de material a través de toda la sección de entrada, la longitud de tornillo expuesta a la entrada debe ser ahusada. Al ahusar con medidas estándar se reduce uniformemente el diámetro del tornillo desde la medida original hasta $2/3$ de ésta al final de la entrada.

Los tornillos ahusados se emplean también para alimentar materiales que tienen partículas grandes, y requieren menos potencia para su operación que aquellos tornillos de diámetro uniforme.

3.4.6.4 Longitud del Alimentador

Es necesario determinar la longitud máxima de un alimentador estándar. Para ello se requiere la cantidad necesaria de material a transportar y el coeficiente de llenado.

✘ Cálculo de la Longitud del Tornillo.

Utilizando la fórmula de volumen tenemos:

$$V = \frac{\Pi \times D^2}{4} \times L \quad (15)$$

Despejando L y sabiendo que:

m: 60 Kg.

D: 0,152 m(0,5 pie)

Coefficiente de llenado: 45%.

$$L = \frac{4 \times V}{\Pi \times D^2} \quad (16)$$

Sabiendo que el volumen es igual a:

$$V = \frac{m \times \text{Coeficiente de llenado}}{1,2 \times 10^{-6} \text{ Kg} / \text{mm}^3} \quad (17)$$

Sustituyendo (17) en (16):

$$L = \frac{4 \times \left(\frac{m \times \text{Coeficiente de llenado}}{1,2 \times 10^{-6} \text{ Kg} / \text{mm}^3} \right)}{\Pi \times D^2} \quad (16.1)$$

Sustituyendo tenemos:

$$L = \frac{4 \times \left(\frac{60 \text{ Kg} \times 0,45}{1,2 \times 10^{-6} \text{ Kg} / \text{mm}^3} \right)}{\Pi \times (152,4 \text{ mm})^2} \quad (16.2)$$

$$L = 1233,45 \text{ mm}$$

$$L = 1,21 \text{ m}$$

$$L = 4,763 \text{ pie}$$

La longitud del tornillo alimentador es de 1,21 m (4,763 pies).

3.4.6.5 Selección del Alimentador

- ✘ Se determina el porcentaje máximo de carga.
El porcentaje máximo de carga es de un 45%.

Nota: aunque algunos alimentadores trabajan cargados al 95%, la selección se basa en el porcentaje normal de carga del material a ser alimentado.

- ✘ Los tipos de alimentador que corresponden al porcentaje de transporte recomendado y el máximo tamaño de partícula a ser transportado se determinan de la tabla N° 8 de selección de alimentador.

TABLA N°8. SELECCIÓN DEL ALIMENTADOR [pulg] [7]

Llenado recomendado (%)	Máximo tamaño de partículas	Tipo de Alimentador	
		A	A (t)
15%	+ 1/2		
	- 1/2		
30% A	+ 1/4		
	- 1/4		
30% B	+ 1/4		
	- 1/4		
45%	+ 1/8		
	- 1/8		

Al determinar el diámetro de tornillo para alimentadores Tipo A, el tamaño de partícula del material a ser alimentado debe ser considerado. Si el tamaño de partícula es mayor que el tamaño de partícula listado para el diámetro de tornillo seleccionado, se escoge un tamaño de alimentador que especifique un tamaño máximo de partícula igual o mayor a aquel del material.

El tipo de alimentador que corresponde al porcentaje de transporte recomendado y el máximo tamaño de partícula a ser transportado es el Tipo A, además, el tornillo no posee variaciones de diámetro.

- ✳ En la tabla N° 9 de extensión del alimentador para el tornillo seleccionado, se determina la capacidad en la columna para el porcentaje de carga apropiado, que iguale o exceda la capacidad requerida. El diámetro del tornillo alimentador se encuentra en la columna apropiada, en la misma línea.

TABLA N°9. EXTENSIÓN DEL ALIMENTADOR [pulg] [7]

Dimensión de A	Dimensión H		
	Tipo A		
	% Carga		
	15	30	45
6	12	9	9
9	18	14	12
12	24	18	16
14		20	18
16		24	20
18			24
20			

Si el tornillo requiere alguna extensión esta deberá ser de 9 pulg.

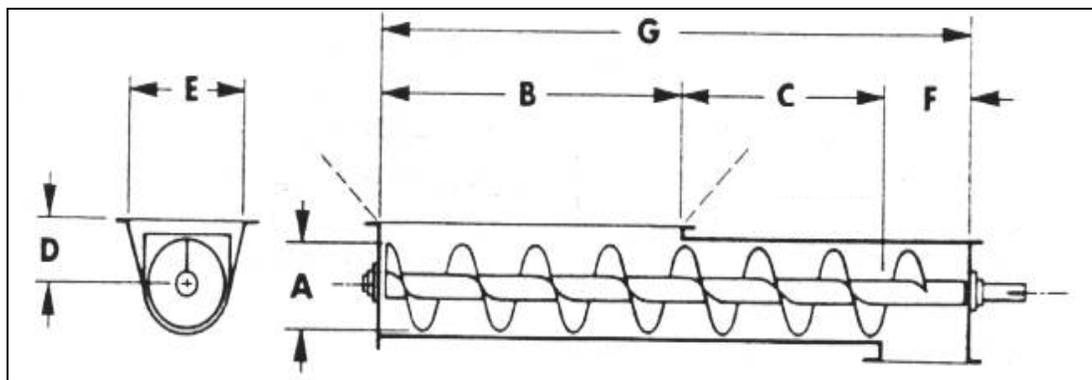


Figura 33. Tornillo Alimentador Tipo A.

TABLA N°10. CAPACIDAD DE UN TORNILLO ALIMENTADOR [pulg] [7]

Tamaño A	Máx. tamaño de la partícula	Máxima capacidad (pie ³ /h)		Dimensiones						Tramo
		% carga	At 1 r.p.m	B	C	D	E	F	G	
		45								
6	³ / ₄	361	4,75	36	12	7	14	7	96	6

En la tabla N° 10 se observa las dimensiones máximas del tornillo alimentador tomando en cuenta la capacidad de llenado y el tipo de tornillo.

3.4.6.6 Componentes

Siempre que sea posible, es deseable emplear longitudes estándar de tornillos estándar. En los casos en que sea necesario emplear longitudes especiales para lograr la longitud total diseñada, deben estar localizados en el extremo de descarga.

Los tornillos que mueven material en un solo sentido no deben girarse de extremo a extremo, a menos que se invierta la dirección de rotación. De igual manera, la dirección de rotación no debe ser invertida a menos que el transportador sea girado. Los requerimientos para tornillos reversibles deben solicitarse al fabricante.

Al final de la descarga, debe omitirse el aleteado para evitar que el material sobrepase el punto de descarga.

Para minimizar la interrupción en el flujo de material más allá de los puntos de cojinetes, los extremos aleteados deben colocarse a 180° unos de otros.

Un tornillo de “mano derecha” transporta el material hacia el extremo que esté rotando en sentido horario. La dirección del flujo es invertida en el caso contrario.

Un tornillo de “mano izquierda” transporta el material desde el extremo que esté girando en sentido antihorario.

Para determinar “la mano” de un tornillo, obsérvese la pendiente del extremo cercano al paleteado. Si la pendiente es hacia abajo y a la derecha, el tornillo es de mano derecha. Si es hacia la izquierda, sucede lo contrario.

La “mano” de un tornillo junto con la dirección de rotación determina la dirección de flujo del material. El diagrama ilustra la dirección del flujo para tornillos de mano derecha e izquierda al ser rotados en sentidos horario y antihorario respectivamente.

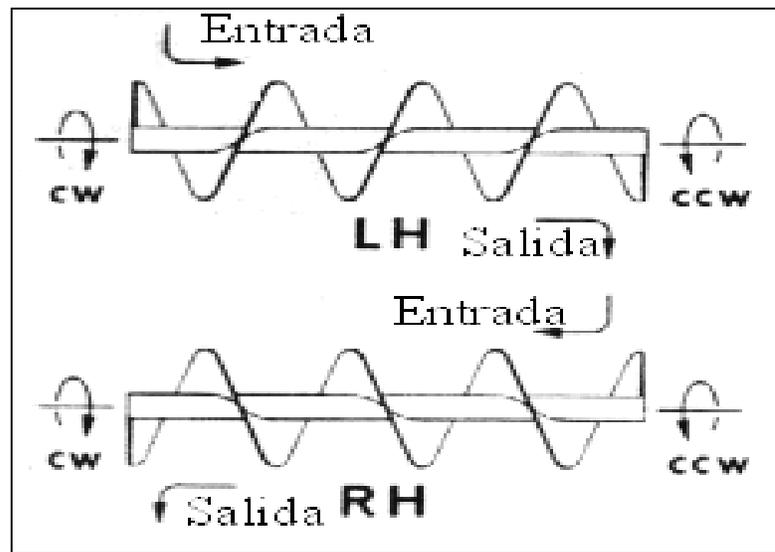


Figura 34. Sentido de Rotación de un Tornillo Sin Fin.

LH: giro mano izquierda.

RH: giro mano derecha.

El tornillo alimentador seleccionado es de "mano izquierda" ya que transporta el material en sentido antihorario con la admisión en el lado izquierdo superior y la descarga en el lado izquierdo inferior.

3.4.6.7 Admisiones

Debido a que el sistema transportador está diseñado para operar a un nivel predeterminado de capacidad, es extremadamente importante tener precaución en el método y control de la introducción de cargas. Una sobrecarga del transportador puede causar desgaste prematuro de los componentes y probablemente sobrecargar el motor. Una sobrecarga también puede destruir algunos componentes por el incremento de torque.

Existen dos métodos básicos para la admisión del transportador:

- ❖ A través de un alimentador mecánico (como tornillos alimentadores o maquinaria de proceso que autorregula su tasa de salida de material).
 - ❖ Directamente de almacenes estáticos.
- ✘ Admisión a través de dispositivos de salida regulada.

En instalaciones donde el transportador debe ser alimentado por un dispositivo que tiene una salida de material regulada, el transportador como tal puede ser diseñado para manejar el volumen esperado de material sin preocuparnos posteriormente por la regulación a la entrada.

En situaciones donde el material se libera intermitentemente, existe el problema de cargas ondulantes (u oscilatorias). Aunque el volumen total este dentro del diseño del transportador durante un período de tiempo, la existencia de cargas intermitentes provoca que el transportador trabaje fuera de sus límites por breves períodos de tiempo. Por lo tanto, cuando se esperan cargas pulsantes, se recomienda que la carga del transportador se haga a través de un alimentador de tornillo. De otra manera, el sistema transportador debería estar diseñado para cargas instantáneas máximas.

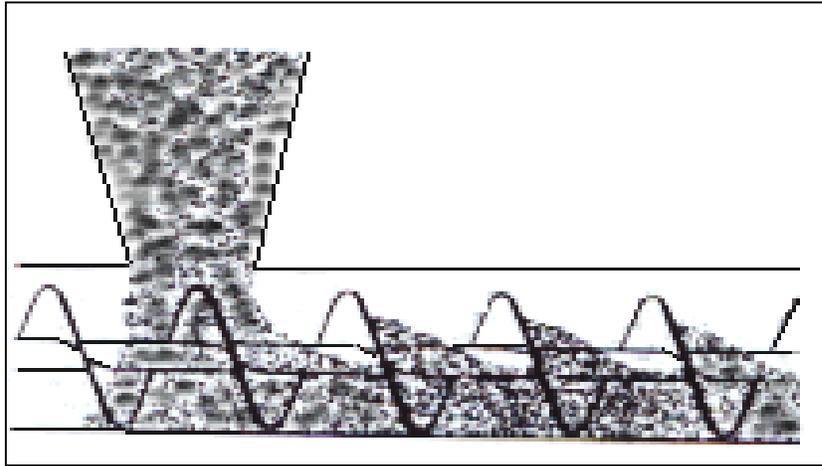


Figura 35. Admisión de un Tornillo Sin Fin.

✘ Admisión brida estándar.

La admisión brida estándar está diseñada para ser soldada a una cubierta plana, bridada, o semi bridada. El tamaño de la admisión y el arreglo de los orificios para los pernos son iguales al patrón del caño de descarga (anexos 12 y 13).

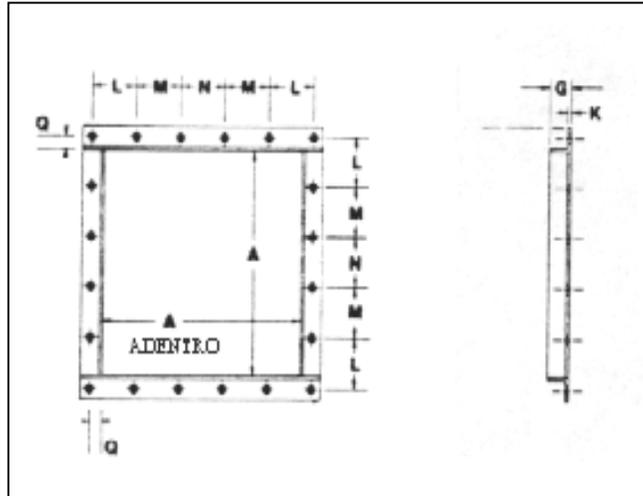


Figura 36. Admisión Brida Estándar.

- ♦ Pestaña: Goma roja de $\frac{1}{8}$ pulg. de espesor.
- ♦ Cubierta: Goma roja $\frac{1}{16}$ pulg. de espesor.
- ♦ Ancho: $1 \frac{1}{2}$ pulg.

TABLA N°11. ADMISIÓN BRIDA ESTÁNDAR [pulg] [7]

Dia.	Pestillo		N°Parte	A	L	N	Q	G	K	Peso
	Nom	Dia.								
6	12	$\frac{3}{8}$	6SIA7	7	$2 \frac{13}{16}$	3	$\frac{13}{16}$	$1 \frac{1}{2}$	$\frac{3}{16}$	5,0

La admisión seleccionada es de tipo salida regulada con brida estándar cuyas dimensiones se presentan en la tabla N° 11.

3.4.6.8 Descargas

El sistema transportador esta diseñado para operar a un nivel predeterminado de capacidad por lo cual se hace extremadamente importante tener precaución en el método y control de la salida de las cargas.

✘ Conducto estándar de descarga.

El Conducto estándar provee una forma de acople directo a conductos interconectados, maquinaria de procesamiento, otros transportadores o instalaciones de almacenamiento. Se encuentran disponibles con compuertas de cierra que pueden ser operadas manual, neumática o mecánicamente.

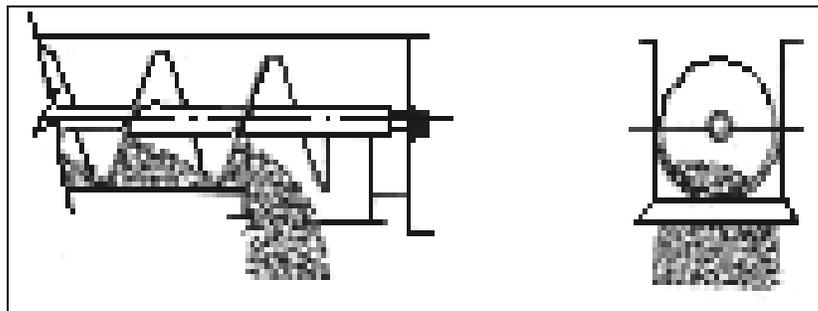


Figura 37. Descarga de un Tornillo Sin Fin.

✳ Descarga de caño estándar.

Los caños estándar son fabricados en varios calibres para proporcionar el espesor adecuado al mismo. Generalmente son soldados a los canales pero pueden entregarse sueltos para su colocación en el sitio. Bidas inferiores son taladradas con el patrón de descarga inferior estándar para su conveniente instalación e intercambiabilidad.

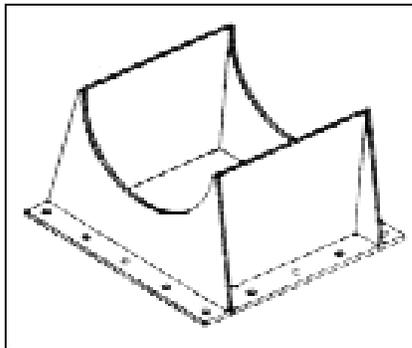


Figura 38. Descarga de Caño Estándar.

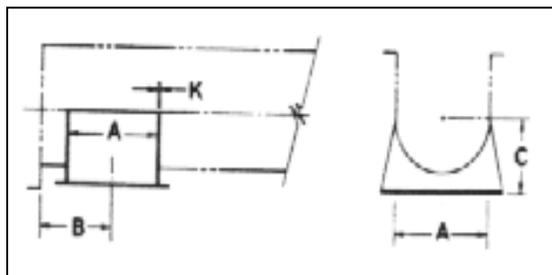


Figura 39. Vistas Frontal y Lateral de una Descarga de Caño Estándar.

TABLA N°12. DESCARGA DE CAÑO ESTÁNDAR [pulg.].(K [Ga]) [7]

Dia.	A	B	C	D	E	K
6	7	6	5	5 5/8	14 3/8	14-12

En la selección del tipo de descarga del tornillo se determina que es más conveniente utilizar un conducto y un caño estándar cuyas dimensiones se presentan en la tabla N° 12 (anexo 14).

3.4.6.9 Cojinetes

La utilización de cojinetes en el tornillo es de extrema importancia ya que estos absorben las cargas radiales y axiales que se producen al ponerse en funcionamiento el tornillo.

✘ Cojinetes de extremo.

Están disponibles en varios tipos, y su colocación depende de las cargas axiales y radiales que se experimenten. Los valores relativos de estas cargas definen el tipo de cojinete a emplear. Aunque en los extremos la carga radial es despreciable, los extremos de impulso deben ser considerados debido a las cargas impuestas por estos métodos de transmisión. El empuje es la reacción a través del tornillo o tornillos, que resulta del movimiento del material. Así, los cojinetes en los extremos deben prevenir el movimiento axial del eje, que podría permitir contactos indeseados entre el eje y la carcasa. Los cojinetes de empuje deben ser colocados en el extremo de descarga del transportador. Esto sitúa al tornillo en tensión, previniendo la deflexión en estados

sumamente cargados. El diagrama ilustra la colocación del cojinete de empuje, el cual es utilizado en el tornillo en particular:

La siguiente tabla lista empujes relativos y capacidades de cargas radiales en comparación con cojinetes de bolas tipo CEB-A. Dichas comparaciones son para una vida promedio de 5.000 h. Y 90 rpm a carga máxima.

TABLA N°13. EMPUJES RELATIVOS Y CAPACIDADES DE CARGAS RADIALES [7]

Tipo de Cojinete	Capacidades Relativas	
	Axial	Radial
SBF-B	1,0	1,0
SBF-R	1,3	2,5
SBM	3,7	2,5
SBH	6,0	10,4

Los datos arriba mostrados sirven como una guía para las capacidades relativas de carga de los cojinetes.

✘ Cojinetes de empuje.

Un sistema de tornillo siempre crea una fuerza de empuje contraria a la dirección de flujo del material. Si no se transmite a los componentes estacionarios adecuados, puede dañar los cojinetes colgantes. Por tanto, un cojinete colocado en un extremo

solo debería prohibir el movimiento de empuje axial inducido del tornillo.

Para prevenir posible deflexión del tornillo causada por compresión, el cojinete de empuje, deberá estar colocado en el extremo de descarga, de manera tal que el tornillo esté en tracción.

El cojinete de empuje a utilizar es:

- ❖ Cojinetes de empuje de extremo. Tipo M.

Diseñado para carga radial y axial moderada, son eficientes, económicos y los más usados de todos los de empuje de extremo. Aunque la capacidad de carga de empuje es bidireccional, la unidad siempre deberá estar colocada en el extremo de descarga para mantener al tornillo en tracción. Los cojinetes de doble rodamiento están alojados en carcasas de hierro gris maquinadas a precisión. El eje es apoyado contra la pista interior del cojinete por retenes de resorte de acero externos. La caja del cojinete incluye sellos para la protección del cojinete. El cojinete de empuje de tipo M está disponible con una carcasa con sello de placa (para evitar pérdida de material) o sello de empacadura.

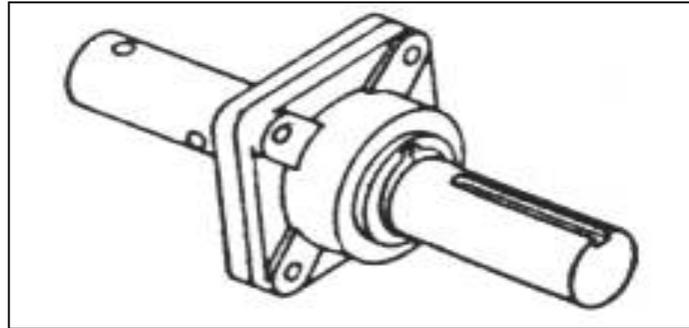


Figura 40. Cojinete de Empuje Tipo M.

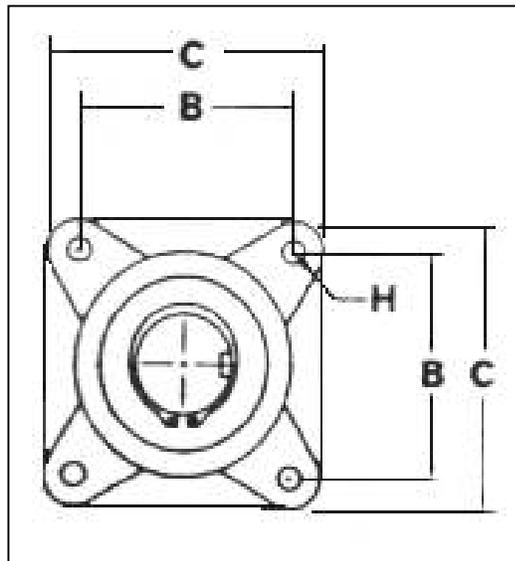


Figura 41. Vista Frontal de un Cojinete de Empuje Tipo M.

TABLA N°14. COJINETE DE EMPUJE TIPO M. VISTA FRONTAL [pulg] [7]

A	N° Parte	B	C	H
1 1/2	SBM3-D	4 1/8	5 3/8	1/2

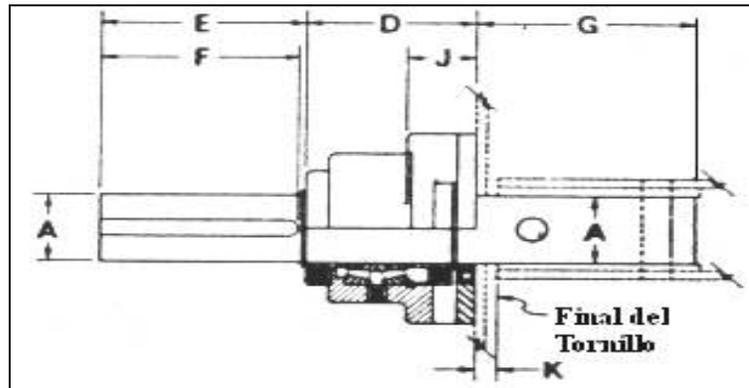


Figura 42. Vista Lateral de un Cojinete de Empuje Tipo M.

TABLA N°15. COJINETE DE EMPUJE TIPO M. VISTA LATERAL [pulg] [7]

A	N° Parte	D	E	F	G	J	K	Peso
1 1/2	SBM3-D	4	4 1/4	4	5 15/16	1 3/4	1 3/16	19

Los cojinetes seleccionados son de extremo y de empuje tipo M (anexo 15).

✂ Rodamientos de los cojinetes.

Los rodamientos a utilizar en los cojinetes son:

❖ Rodamiento de bola

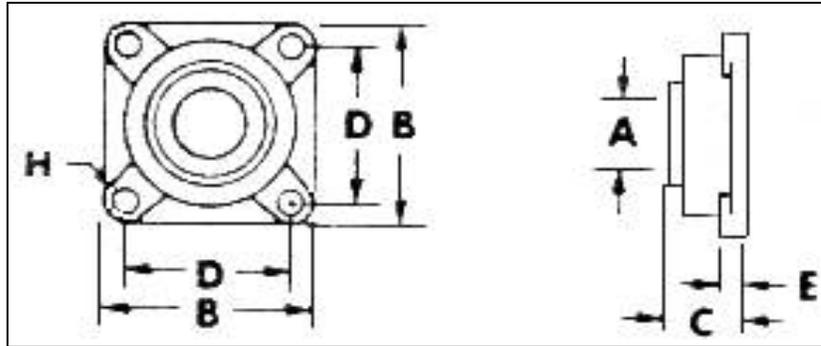


Figura 43. Vistas Frontal y Lateral de un Rodamiento de Bola.

TABLA N°16. RODAMIENTOS DE LOS COJINETES [7]

N°Parte	A	B	C	D	E	F	H	Peso
SBF3-B	1 1/2	5 1/8	2	4	9/16	1 1/2	1/2	4,8

La tabla N° 16 muestra las dimensiones de los rodamientos de bola a utilizar en los cojinetes (anexo 16).

3.4.6.10 Ejes

La consideración primaria en la determinación del tipo y dimensionamiento de acoples y ejes impulsores es cualquiera que sea adecuada para transmitir la potencia requerida, incluso una sobrecarga. Normalmente son adecuados los ejes colados en frío. Aún así, aceros de gran resistencia pueden ser requeridos para grandes limitaciones de torque. También pueden necesitarse ejes de acero inoxidable en aplicaciones corrosivas o contaminantes. Los transportadores equipados con cojinetes no lubricados en ciertos apoyos requieren ejes con acoplamiento endurecidos.

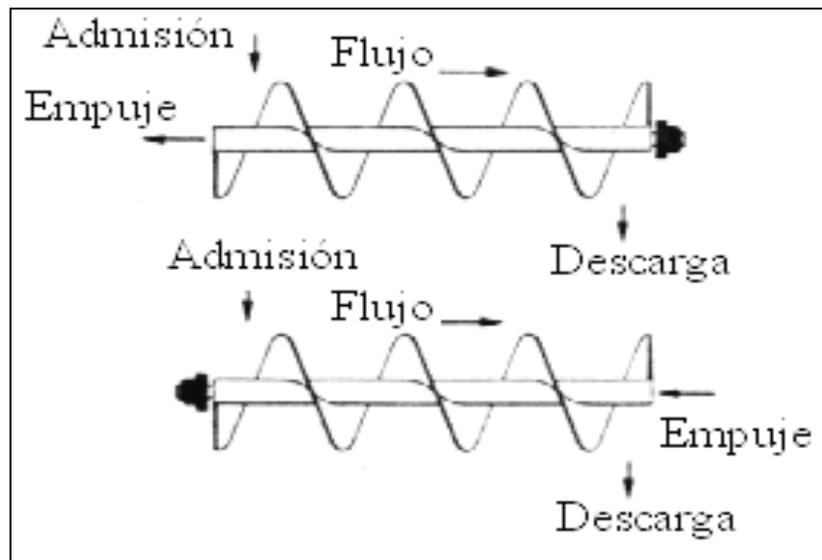


Figura 44. Dirección del Empuje en el Eje de un Tornillo.

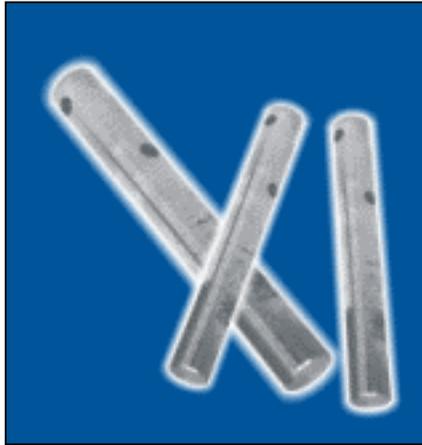


Figura 45. Ejes.

✘ Ejes impulsores.

Los ejes de los tornillos de transporte son maquinados a partir de acero inoxidable AISI 304 con una resistencia promedio a la tensión de 104.000 psi. Dimensiones con tolerancias exactas son mantenidas para el dimensionamiento de los cojinetes. Todos los orificios de acople son taladrados para asegurar la adecuada alineación y ensamblaje.

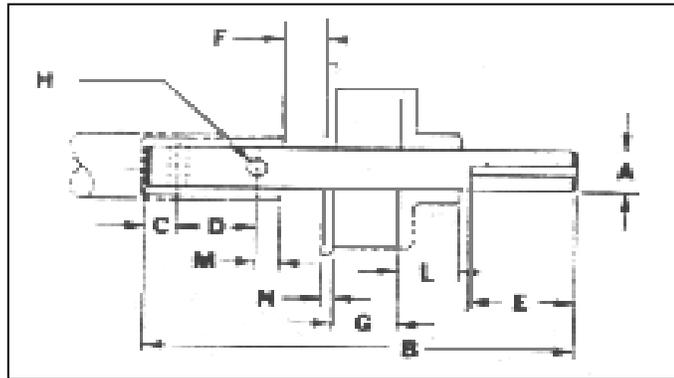


Figura 46. Vista Lateral de un Eje Impulsor.

TABLA N°17. EJES IMPULSORES [pulg] [7]

A	B	C	D	E	F	G	H	L	M	N
1 1/2	13 1/4	7/8	3	3 1/4	1	1 3/4	1/2	2	7/8	3/16

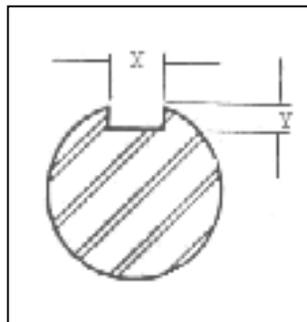


Figura 47. Salida del Eje Impulsor.

TABLA N°18. SALIDA DEL EJE IMPULSOR [pulg] [7]

Dia.	X	Y
1 1/2	3/8	3/16

El eje impulsor seleccionado es el que posee las dimensiones presentes en la tabla N° 17 (anexos 17 y 18).

✂ Ejes de extremo flotante.

Los ejes de extremo flotante son diseñados para soportar la sección de tornillo de una sola salida con un cojinete colgante estándar.

Los ejes de extremo flotante son maquinados de acero AISI 304 estirado en frío, con una resistencia a la tracción de 104.000 psi. Todos los agujeros para los tornillos en el acoplamiento son taladrados a precisión para un alineamiento perfecto, y tolerancias exactas se mantienen para el correcto funcionamiento de los cojinetes. Estos ejes están disponibles en acero inoxidable.

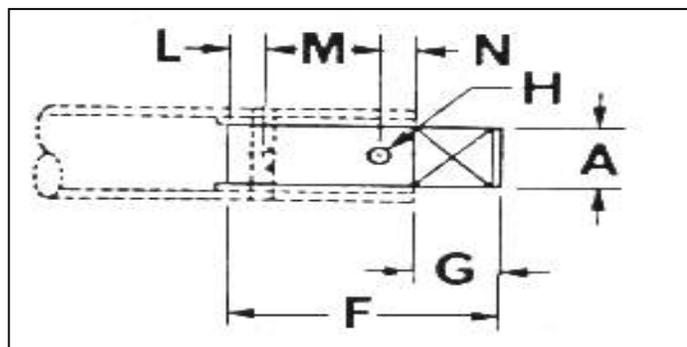


Figura 48. Eje de Extremo Flotante.

TABLA N°19. EJE DE EXTREMO FLOTANTE [pulg] [7]

A	F	G	H	L	M	N	Peso
1 1/2	6 7/8	2 1/8	1/2	7/8	3	7/8	3,5

El eje de extremo flotante seleccionado es el que se presenta en la figura 48 cuyas dimensiones están manifestadas en la tabla N° 19 (anexo 20).

✖ Ejes finales.

Los ejes finales son diseñados para proporcionar soporte al final de la sección del tornillo. Son disponibles en dos tipos: estándar para emplear con extremos convencionales y ejes colgados para soportar el extremo simple de la sección del tornillo con un cojinete colgado.

Los ejes finales son maquinados a partir de acero AISI 304 con una resistencia promedio a la tensión de 104.000 psi. Todos los agujeros de acople atornillado son taladrados para obtener la alineación adecuada, dimensionamiento correcto y tolerancias ajustadas para asegurar la precisión de la operación de los cojinetes.

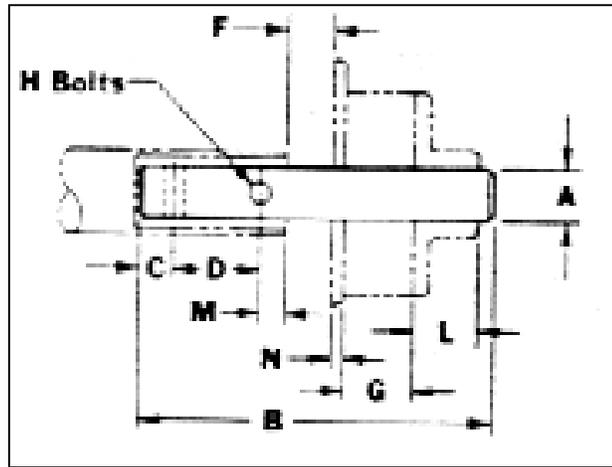


Figura 49. Vista Lateral de un Eje Final.

TABLA N°20. EJES FINALES [pulg] [7]

A	B	C	D	F	G	H	J	L	M	N
1 1/2	10	7/8	3	1	1 3/4	1/2	5	2	7/8	3/16

El eje final seleccionado es del tipo estándar cuyas dimensiones se presentan en la tabla N° 20 (anexo 19).

3.4.6.11 Sellos

Varios tipos de sellos están disponibles para prevenir la contaminación del material transportado o fugas del mismo fuera del sistema.

✖ Sellos de lámina.

Los sellos de lámina son económicos y efectivos para montaje externo entre el extremo del cojinete y el extremo del canal. Unidades estándar son provistas de sellos de labio, pero otros tipos de sellos comerciales están disponibles. Su fijación es por medio de pernos comunes. Puede ser instalado de manera independiente cuando se empleen cojinetes externos.

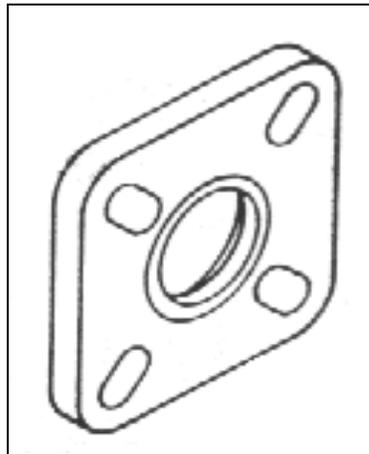


Figura 50. Sello de lámina.

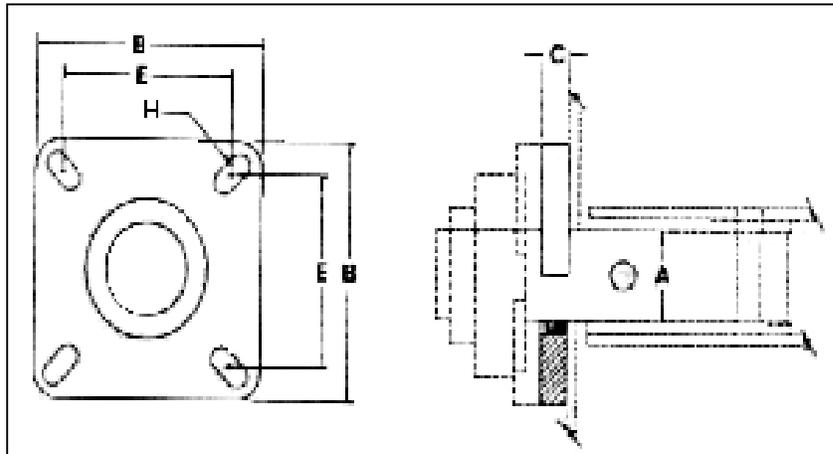


Figura 51. Vistas Frontal y Lateral de un Sello de Lámina.

TABLA N°21. SELLOS DE LÁMINAS [pulg] [7]

N°Parte	A	B	C	E	H	Peso
SSP3	1 1/2	5 1/8	1/2	4	1/2	2,0

El sello a utilizar es el sello de láminas cuyas dimensiones se presentan en la tabla N° 21 (anexo 22).

3.4.6.12 Aletas para Tornillos Sin Fin

Existen dos tipos de aletas para tornillos sin fin: helicoidales y seccionales. Como las aletas seccionales poseen espesor constante son las más recomendadas para el tipo de mezcla a utilizar dentro del tornillo.

✖ Seccional.

Los tornillos de aleta seccional constan de segmentos de aletas individuales conformadas en frío a partir de láminas separadas y luego soldadas a tope para formar el helicoidal.

Las aletas seccionales tienen espesor constante desde su raíz hasta el extremo exterior. Este tipo de aletas está disponible en una amplia gama de materiales, tamaños, pesos y espesores. Son ancladas al tubo con soldaduras cuidadosamente separadas. Para condiciones severas de operación, deben estar soldadas de manera continua al tubo o por ambos lados en la totalidad de la longitud de éste.

Todos los tornillos seccionales se encuentran en acero inoxidable. Pueden existir en acero resistente a la abrasión o endurecido superficialmente para alargar su periodo de vida.

Así como el helicoidal, los extremos del tubo están trabajados internamente con casquillos internos estándar, los cuales están colocados a presión, soldados y trabajados para tener el diámetro adecuado.

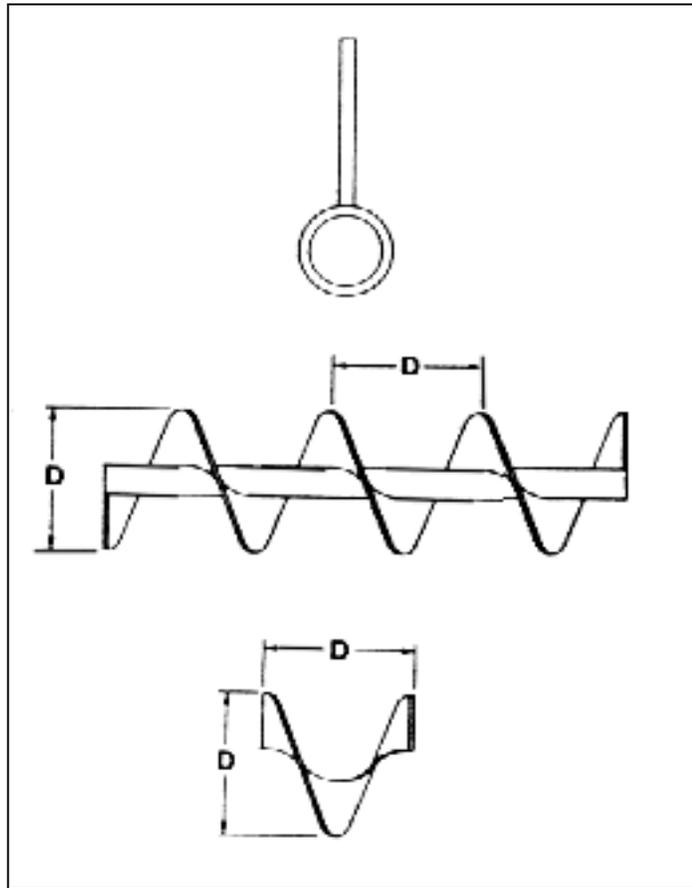


Figura 52. Tornillo de Aleta Seccional.

Los tornillos seccionales son los ideales en el caso de mezclas pastosas, por tal motivo este es el tipo a utilizar en el alimentador seleccionado.

3.4.6.13 Paso del Tornillo

Los tornillos con paso igual al diámetro son considerados estándar. Son ajustables a un amplio rango de materiales en las aplicaciones más convencionales.

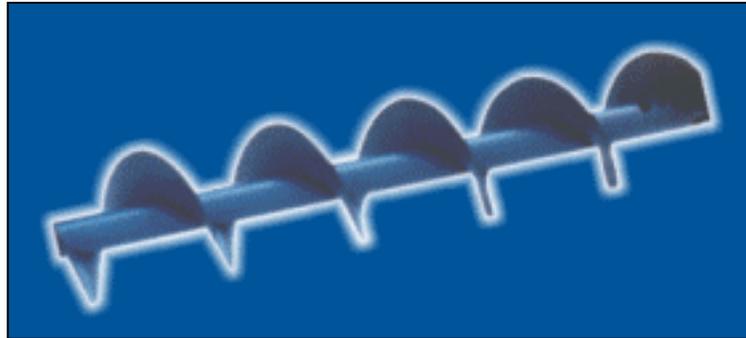


Figura 53. Paso de un Tornillo Sin Fin.

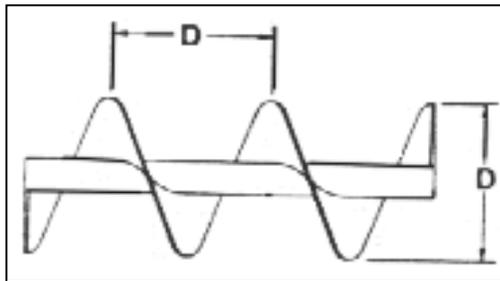


Figura 54. Tornillo de Paso Estándar.

El tornillo presente en el sistema posee un diámetro igual al paso (6 pulg), lo cual demuestra que se trata de un tornillo de paso estándar.

3.4.6.14 Carcasa Tubular

Existen varios tipos de carcasa dependiendo de la forma y la finalidad de uso de un tornillo sin fin las cuales se fabrican tomando en cuenta la posición de la salida y la entrada del producto a transportar.

✘ Carcasa tubular estándar.

Los canales estándar son por si mismos impermeables y a prueba de polvo, rígidos y pueden ser fácilmente cargados a una sección completa o llenados completamente. El canal tubular estándar es enrollado de una sola lámina y soldado continuamente en la costura (o junta).

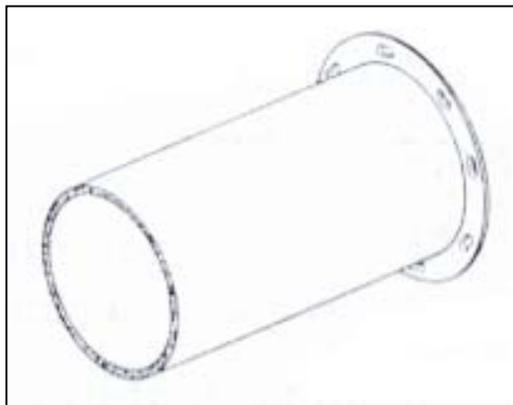


Figura 55. Carcasa Tubular Estándar.

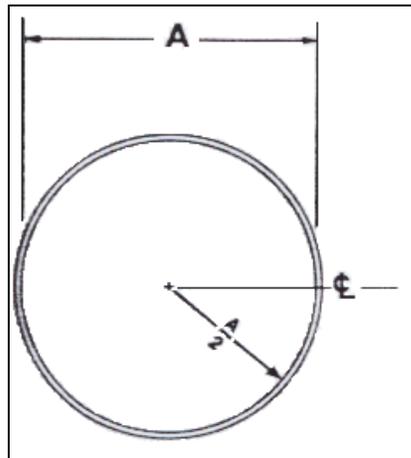


Figura 56. Diámetro y Radio de una Carcasa Tubular Estándar.

TABLA N°22. TUBULAR DOBLE [pulg] [7]

Dia.	Espesor de la carcasa	N° Parte	Peso	A
6	16Ga.	6STO16	50	7

✂ Pestaña final de la carcasa.

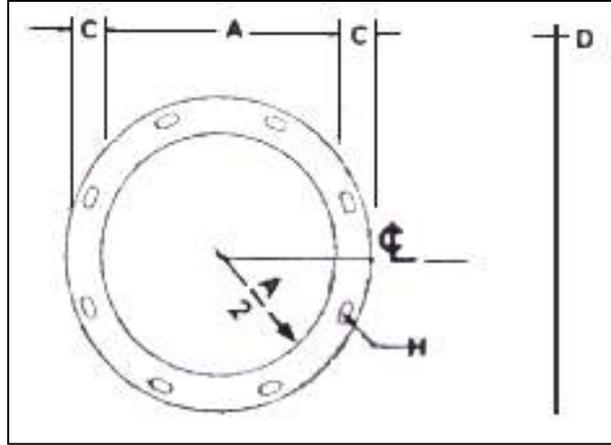


Figura 57. Pestaña Final de la Carcasa.

TABLA N°23. PESTAÑA FINAL [pulg] [7]

Dia.	N° Parte	A	C	D	H	Peso
6	6SFO	7 ¼ Ga.	1 ¼	¼	¾	1,8

La carcasa seleccionada es del tipo tubular estándar cuyas dimensiones aparecen en la tabla N° 22. La pestaña final que se coloca en la carcasa también es tubular y sus dimensiones se presentan en la tabla N° 23 (anexos 23 y 24).

3.4.6.15 Extremos de los Canales

Son fabricados con tolerancias mínimas con acero de alta calidad. Los orificios son taladrados con una alineación perfecta con otras bridas. Acepta todo tipo de cojinete estándar ranurado excepto el tipo H de empuje.

Los extremos estándar existen en seis tipos. Los más comúnmente usados son los de pie, donde el soporte está dado por un pie integrado a la estructura. Este provee gran conveniencia en el ensamblaje y desensamblaje. En ciertas aplicaciones pueden emplearse sin el mencionado pie. Los extremos con cojinetes en el exterior pueden ser usados para arreglos de doble cojinete o de uno con un sello.

✖ Con pie.

Este tipo de extremos estándar posee un soporte dado por un pie integrado a la estructura.

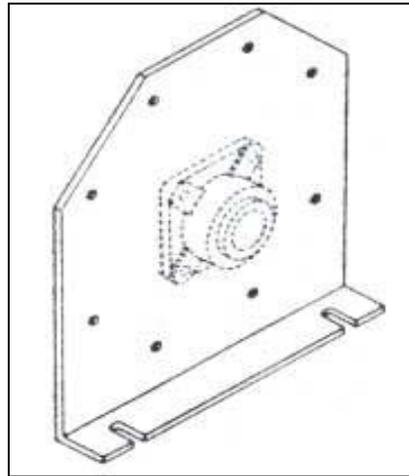


Figura 58. Extremo de los Canales con Pie.

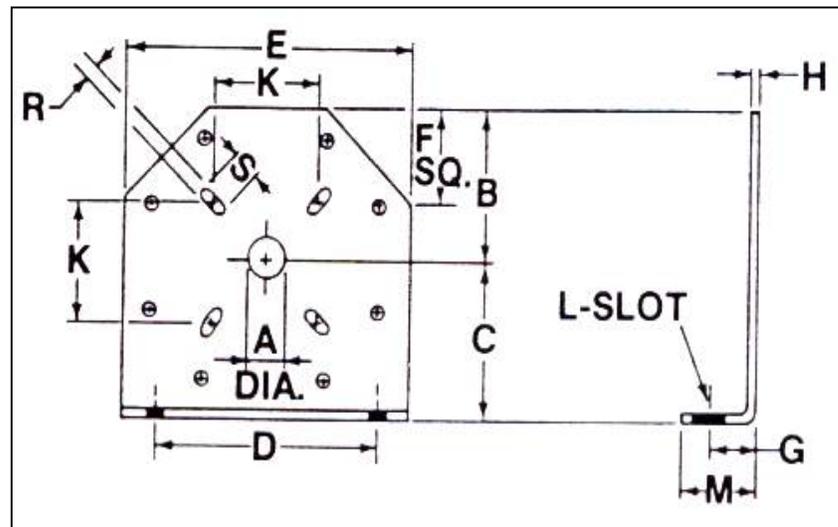


Figura 59. Vistas Frontal y Lateral de los Extremos con Pie.

TABLA N°24. EXTREMOS DE LOS CANALES CON PIE [pulg] [7]

Dia.	N°Part	A	B	C	D	E	F
6	6SEF3-U	1 3/4	4 7/8	5 5/8	8 1/8	9 3/4	2 27/32

G	H	K	L	M	R x S	Peso
1	3/16	4	7/16 x 1	1 3/4	9/16 x 3/4	7,0

Los extremos de los canales seleccionados son del tipo estándar con pie cuyas dimensiones se presentan en la tabla N° 24 (anexo 25).

✂ Agujeros de las tapas tubulares.

Es importante conocer la cantidad de agujeros que deben poseer las tapas ha utilizar en las descargas y entradas del tornillo.

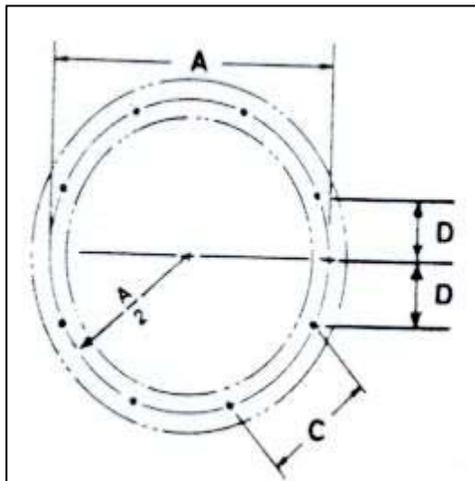


Figura 60. Agujeros Tapa Tubular.

TABLA N°25. AGUJEROS TAPA TUBULAR [pulg] [7]

Dia.	Pestillos		A	C	D
	Nom.	Dia.			
6	6	$\frac{3}{8}$	$8 \frac{3}{4}$	$4 \frac{7}{16}$	$2 \frac{7}{32}$

Los agujeros de la tapa tubular deben poseer las dimensiones y características presentadas en la tabla N° 25 (anexo 26).

✂️ Agujeros de la tapa de descarga.

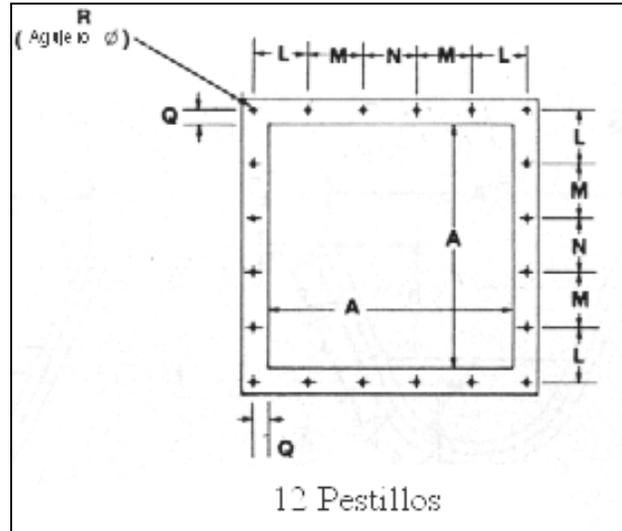


Figura 61. Agujeros de la Tapa de Descarga.

TABLA N°26. AGUJEROS DESCARGA [pulg] [7]

Dia.	Pestillos		A	L	N	Q	R
	Nom.	Dia.					
6	12	3/8	7	2 13/16	3	13/16	7/16

Los agujeros de la tapa de descarga deben poseer las dimensiones y características presentadas en la tabla N° 26 (anexo 27).

3.4.7. FUERZA EN EL TORNILLO SIN FIN

El análisis de fuerza debe realizarse en la parte cercana al molde, donde se genera la mayor presión en el interior del tornillo.

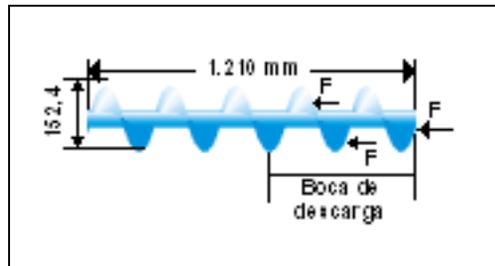


Figura 62. Fuerzas Dentro del Tornillo.

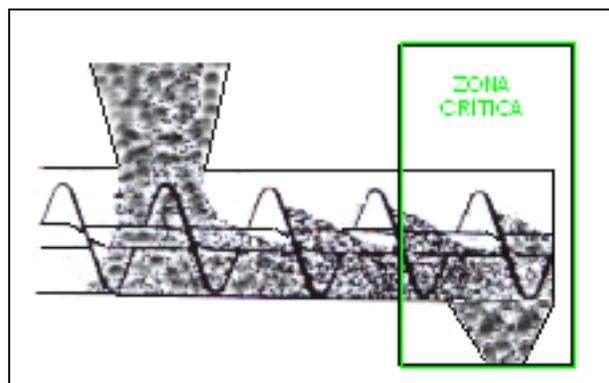


Figura 63. Zona Crítica Dentro del Tornillo.

3.4.7.1 Tiempo de Traslado

Para obtener el tiempo que tarda la pasta en desplazarse desde el mezclador al molde, es decir, dentro del tornillo, se utiliza la fórmula de distancia donde:

d: longitud del tornillo (m).
 D: diámetro del tornillo (m).
 n: revoluciones por minuto (rpm).
 t: tiempo de traslado (s).

$$d = \frac{\Pi \times D \times n \times t}{60} \quad (18)$$

Despejando t nos queda:

$$t = \frac{60 \times d}{\Pi \times D \times n} \quad (18.1)$$

Sustituyendo tenemos:

$$t = \frac{60 \times 1,210 \text{ m}}{\Pi \times 0,1524 \text{ m} \times 18 \text{ rpm}} \quad (18.2)$$

$$t = 8,42 \text{ s}$$

El tiempo que tarda la pasta en recorrer todo el tornillo sin fin es de 8,42 s.

3.4.7.2 Velocidad Lineal de la Pasta

La velocidad lineal que posee la pasta en su desplazamiento dentro del tornillo viene dada por:

d: longitud del tornillo (m).
 t: tiempo de traslado (s).
 V: velocidad lineal (m/s).

$$V = \frac{d}{t} \quad (19)$$

Sustituyendo nos queda:

$$V = \frac{1,210 \text{ m}}{8,42 \text{ s}} \quad (19.1)$$

$$V = 0,1437 \text{ m/s}$$

La velocidad lineal que posee la pasta es de 0,1437 m/s.

3.4.7.3 Aceleración de la Pasta

La aceleración que tiene la pasta en su desplazamiento por el tornillo sin fin viene dada por:

$$a = \frac{V}{t} \quad (20)$$

Sustituyendo nos queda:

$$a = \frac{0,1437 \text{ m/s}}{8,42 \text{ s}} \quad (20.1)$$

$$a = 1,70 \times 10^{-2} \text{ m/s}^2$$

Donde:

V: velocidad lineal (m/s).

t: tiempo de traslado (s).

a: aceleración (m/s²).

La aceleración que posee la pasta dentro del tornillo es de $1,70 \times 10^{-2} \text{ m/s}^2$.

3.4.7.4 Fuerza

Suponiendo el caso más crítico en el interior del tornillo, el cual es tener 60 Kg de pasta de tamarindo, se puede calcular la fuerza que se opone al movimiento, donde:

m: masa (Kg).

a: aceleración (m/s^2).

F: fuerza (N).

$$F = m \times a \quad (21)$$

Sustituyendo:

$$F = 60 \text{ Kg} \times 1,70 \times 10^{-2} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad (21.1)$$

$$F = 1,02 \text{ N}$$

El valor de la fuerza aplicada dentro del tornillo es de 1,02 N.

Si se toma un factor de seguridad igual a 4 nos queda:

$$F = 1,02 \text{ N} \times 4 \quad (22)$$

$$F = 4,08 \text{ N}$$

El valor de la fuerza final aplicada dentro del tornillo sin fin es de 4,08 N.

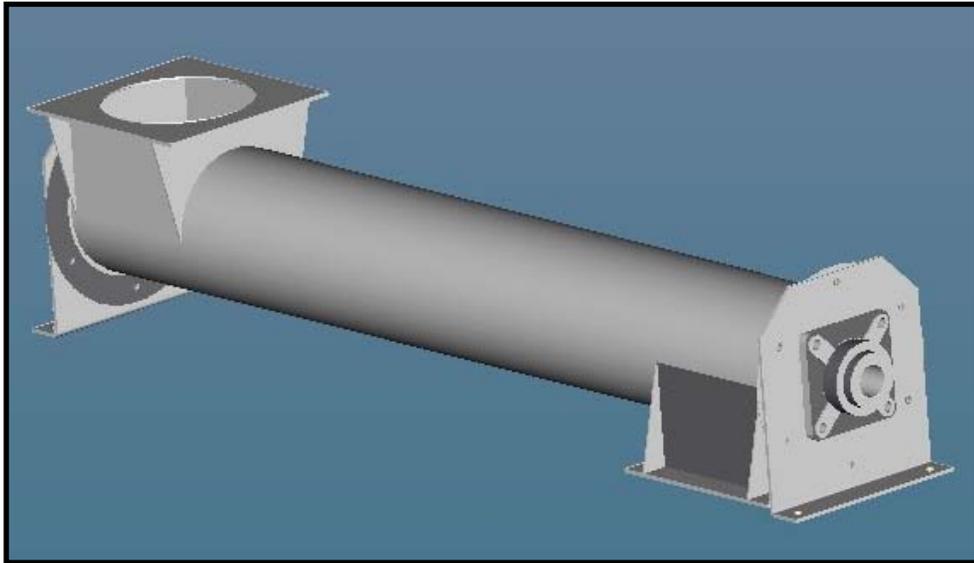


Figura 64. Tornillo Sin Fin Seleccionado.

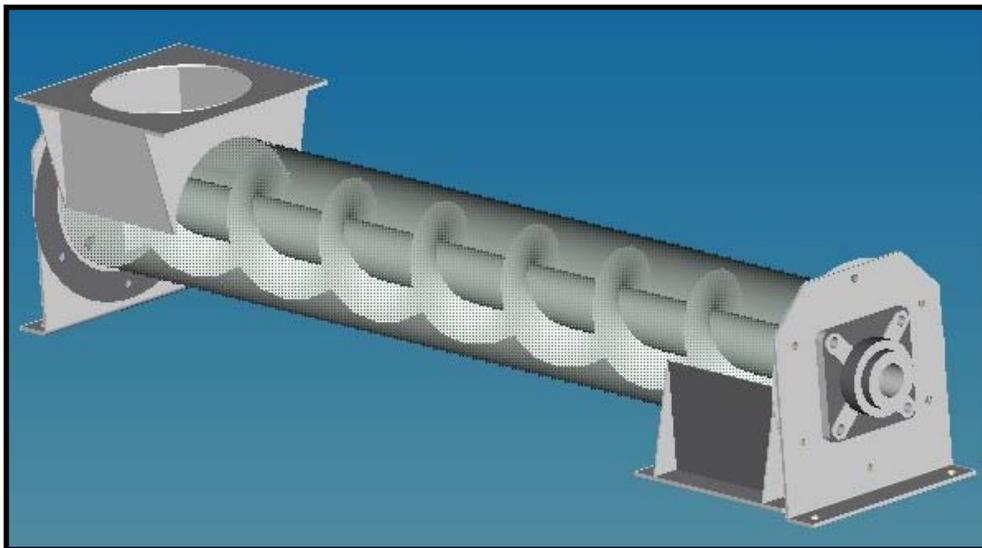


Figura 65. Visualización de la Espira del Tornillo Sin Fin Seleccionado.

Una vez determinados, calculados y seleccionados los componentes del tornillo sin fin, tomando en cuenta las características del material a transportar, es necesario continuar el desarrollo de los elementos que forman parte del sistema.

3.5. CÁLCULO DEL MOLDE

Luego de buscar y determinar el tornillo sin fin que se va a emplear, se inicia el diseño del molde que otorga la forma de panela a la pasta de tamarindo.

3.5.1. FUNCIONAMIENTO DEL MOLDE

Se vierte en la carcasa del molde con apariencia de pirámide truncada, 3 Kg de mezcla de los cuales sólo $\frac{1}{2}$ Kg ocupa el espacio definido por el rectángulo que forma el molde. Seguidamente se procede a la compresión y corte de la pasta por medio de un cilindro para generar el modelo de panela. Al salir esta al exterior, el espacio que antes ocupaba es sustituido por un sólido de igual dimensión, con la finalidad de mantener la presión necesaria para su creación. Por último, la panela se expulsa del molde por medio de un pistón neumático.

El ciclo de la etapa de moldeado es:

- ✘ Compresión de la pasta.
- ✘ Salida del molde.
- ✘ Entrada del molde.

3.5.2. CÁLCULO DE LA ALTURA DE LA CARCASA DEL MOLDE

La carcasa del molde tiene forma de pirámide truncada, diseñada para contener 3 Kg. de pasta. La finalidad de adoptar este tipo de modelo es la de favorecer el desplazamiento de la pasta hacia el interior del molde debido a su geometría en apariencia de tobera, además, generar la presión necesaria para la realización de la panela.

Para calcular la altura de la carcasa del molde se trabaja con el valor del volumen que ocupan 6 panelas de $\frac{1}{2}$ Kg.

El área superior (A_1) posee las mismas dimensiones del área de descarga del tornillo sin fin. El área inferior (A_2) tiene las mismas dimensiones de la panela.

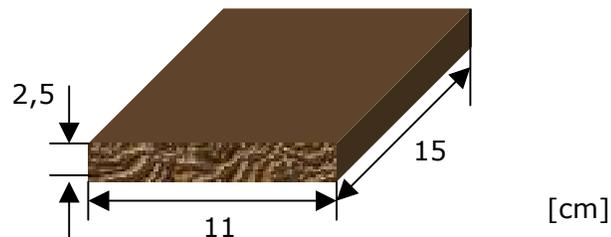


Figura 66. Dimensiones de la Panela de Tamarindo.

$$A_1 = 17,78 \times 17,78 = 316,1284 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = 11,0 \times 15,0 = 126,5 \text{ cm}^2$$

✂ Volumen de 6 panelas de tamarindo.

$$V_p = 2479338,84 \text{ mm}^3$$

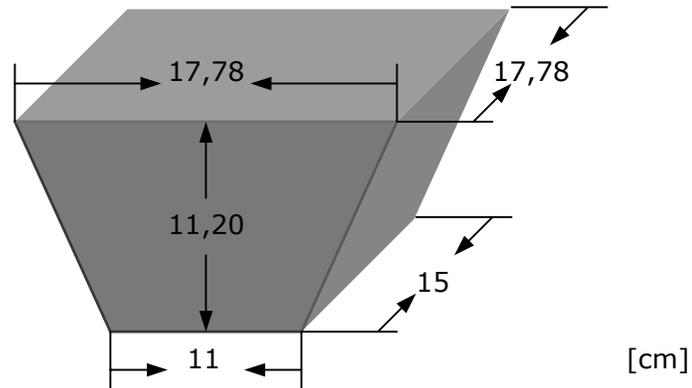


Figura 67. Dimensiones de la Pirámide Truncada.

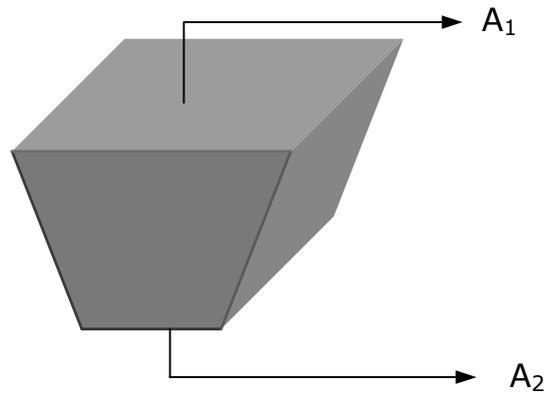


Figura 68. Áreas de la Pirámide Truncada.

Utilizando la fórmula de volumen de una pirámide truncada despejamos el valor de la altura de la carcasa.

$$V = \frac{h}{3} \times [A_1 + A_2 + (\sqrt{A_1 \times A_2})] \quad (23)$$

$$V = \frac{(A_1 + A_2)}{2} \times h \quad (24)$$

Despejando h nos queda:

$$h = \frac{2 \times V}{(A_1 + A_2)} \quad (24.1)$$

Sustituyendo tenemos:

$$h = \frac{2 \times 2479338,84 \text{ mm}^3}{(31612,84 \text{ mm}^2 + 12650 \text{ mm}^2)} \quad (24.2)$$

$$h = 112,03 \text{ mm}$$

$$h = 11,203 \text{ cm}$$

$$h = 4,41 \text{ pulg}$$

La altura de la carcasa del molde es de 11,203 cm (4,41 pulg).

La carcasa del molde tiene forma de pirámide truncada, con una altura de 11,203 cm (4,41 pulg), diseñada para contener 3 Kg. de pasta.

3.5.3. ANÁLISIS DE ESFUERZOS EN EL CORTE EN EL MOLDE

Al realizar el corte con un cilindro se evita el desplazamiento de la fibra a medida que se le da forma de panela a la pasta.

La ventaja del cilindro es que realiza corte y compresión al mismo tiempo.

Su estudio se realiza de la siguiente manera:

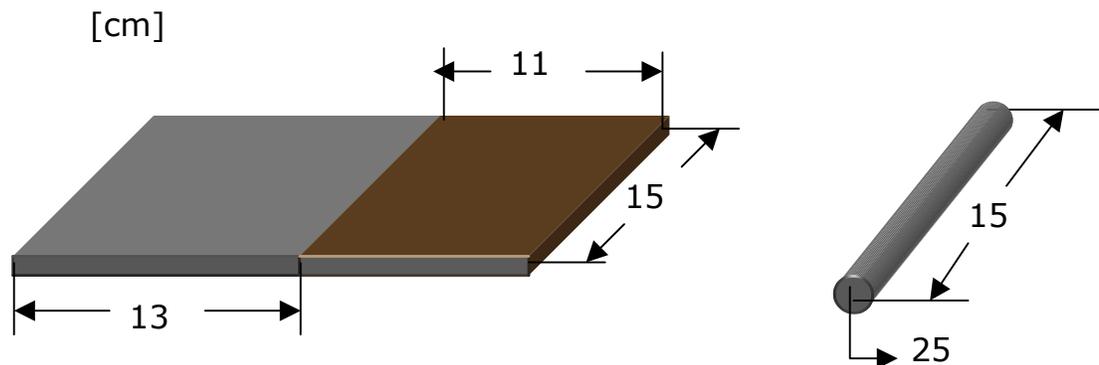


Figura 69. Dimensiones del Molde y del Cilindro de Corte.

Con una capacidad de 120 Kg/h se asegura que cada 3,5 s se recupere la pasta que expulsa el molde, logrando que cuando vuelva a su posición original encuentre material para continuar el ciclo.

La barra cilíndrica tiene una carga distribuida a lo largo de su longitud, la cual se representa de forma puntual de la siguiente manera:

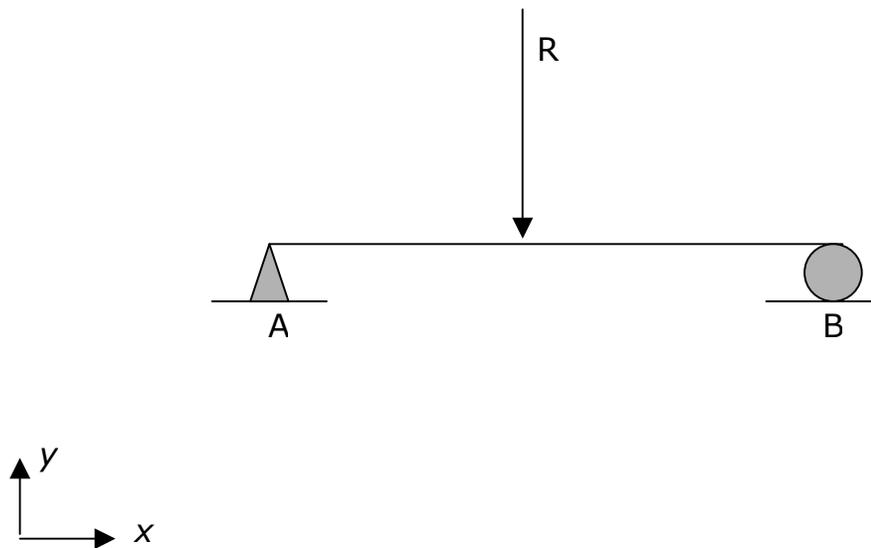


Figura 70. Carga Puntual Sobre el Cilindro de Corte.

La fuerza debido al corte de la pasta por el molde, es la que ocurre cuando el cilindro neumático genera movimiento para formar la panela.

El cilindro de corte tiene una fuerza aplicada debido a la cantidad de pasta contenida en la descarga. Si se supone el caso más crítico, el cual es 3 Kg de pasta aplicados en media superficie, nos queda:

✳ Valor de la fuerza puntual debido a la pasta de reposición.

$$R = m \times g \quad (25)$$

Sustituyendo tenemos:

$$R = 3 \text{ Kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \quad (25.1)$$

$$R = 29,43 \text{ N}$$

Donde:

R: carga puntual (N).

m: masa (Kg).

g: gravedad (m/s^2).

El valor de la fuerza puntual debido a la pasta de reposición es de 29,43 N.

✳ Esfuerzo ejercido sobre el cilindro.

$$\Gamma = \frac{2 \times R}{\Pi \times D \times L} \quad (26)$$

Sustituyendo nos queda:

$$\Gamma = \frac{2 \times 29,43 \text{ N}}{\Pi \times 0,0254 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}} \quad (26.1)$$

$$\Gamma = 4.917,51 \text{ Pa}$$

Donde:

Área de media superficie del cilindro de corte: $(\pi \times D \times L)/2$

Γ : Esfuerzo ejercido sobre el cilindro (Pa)

El valor de $\Gamma=4.917,51$ Pa representa el esfuerzo ejercido sobre medio cilindro.

El esfuerzo ejercido sobre todo el cilindro es de $\Gamma= 9.835,02$ Pa.

3.5.3.1 Carga Distribuida

La carga distribuida sobre el cilindro de corte es debida a los 3 Kg que ocupan la carcasa del molde.

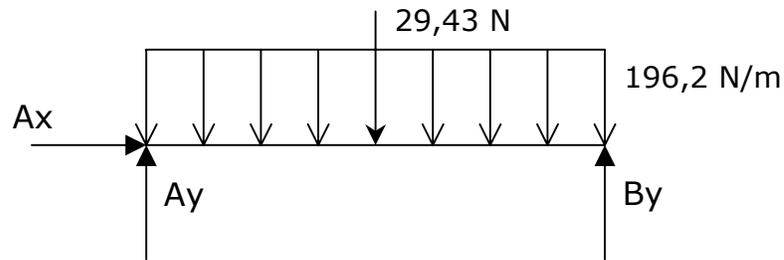


Figura 71. Carga Distribuida Sobre el Cilindro de Corte.

✘ Apoyos.

De acuerdo al diagrama de esfuerzos se determina la fuerza que soporta el cilindro en sus extremos:

$$\rightarrow + \Sigma F_x = 0$$

$$A_x = 0$$

$$\Sigma M_a = 0$$

$$(0,15) \times B_y - (0,075) \times 29,43 = 0$$

$$B_y = 14,175 \text{ N}$$

$$\uparrow + \Sigma F_y = 0$$

$$A_y + B_y - 29,43 = 0$$

$$A_y = 14,175 \text{ N}$$

Multiplicadas por un factor de seguridad de 1,5 queda:

$$A_y = 21,26 \text{ N}$$

$$B_y = 21,26 \text{ N}$$

Al cortar la pasta con una superficie de ángulo recto, las fibras presentan un comportamiento normal, sólo se mueven las semillas las cuales generan pequeños espacios vacíos. Este inconveniente se puede resolver variando el ángulo de corte por una superficie curva que puede ser una que genere corte y presión sobre la pasta en el molde.

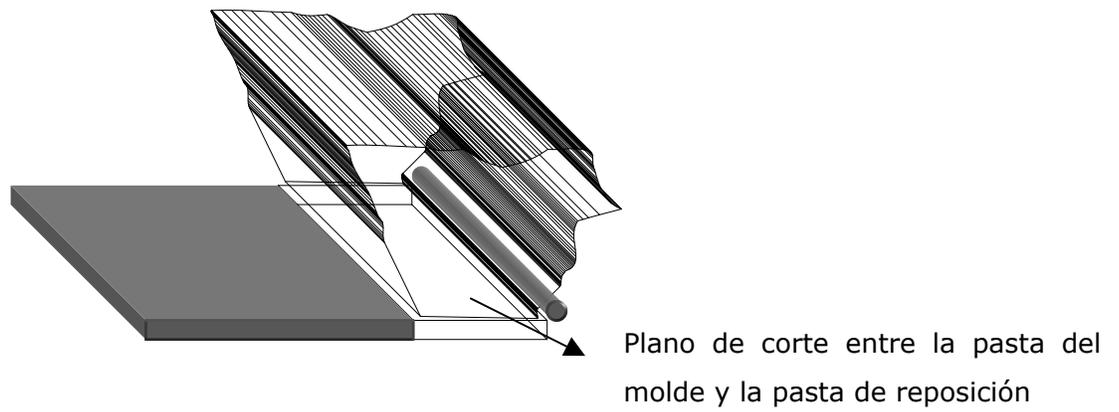


Figura 72. Representación del Plano de Corte.



Figura 73. Posición de la Pasta Dentro del Molde.

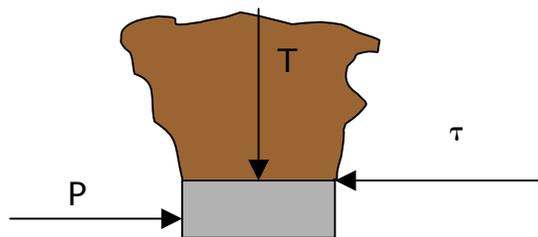


Figura 74. Diagrama de Esfuerzos Aplicados en el Molde.

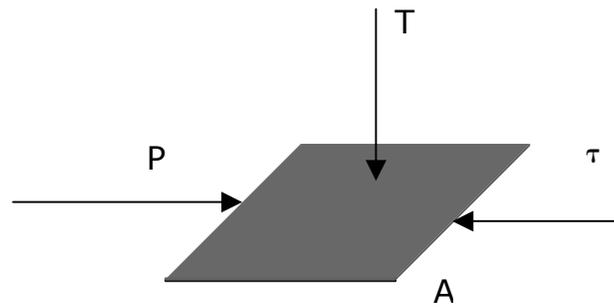


Figura 75. Plano de Corte.

Para calcular el esfuerzo (T) que ejerce la columna de pasta de reposición sobre el área superficial del molde de la panela se tiene que:

$$T = \frac{m \times g}{A} \quad (27)$$

Sustituyendo:

$$T = \frac{3 \text{ Kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2}{0,0165 \text{ m}^2} \quad (27.1)$$

$$T = 1.783,63 \text{ Pa}$$

Donde:

m : masa (Kg).

g : gravedad (m/s^2).

A : área superficial (m^2).

El esfuerzo que ejerce la columna de pasta de reposición sobre el área superficial del molde de la panela es de 1.783,63 Pa.

Para obtener el valor del esfuerzo de corte entre la pasta de reposición y el molde de la panela (τ) tenemos:

$$\tau = \mu \times \frac{u}{h} \quad (28)$$

Donde la velocidad del molde es:

$$u = \frac{110 \text{ mm}}{3,5 \text{ s}} = 31,42 \frac{\text{mm}}{\text{s}} = 3,142 \times 10^{-2} \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (29)$$

Sustituyendo (29) en (28) nos queda:

$$\tau = 1.050 \text{ Pa} \times \text{sg} \times \frac{3,142 \times 10^{-2} \text{ m/s}}{0,1818 \text{ m}} \quad (28.1)$$

$$\tau = 181,46 \text{ Pa}$$

Donde:

τ : Esfuerzo de corte entre la pasta de reposición y el molde de la panela (Pa).

μ : Viscosidad (Pa/s).

u : Velocidad del molde (m/s).

h : Altura de la pasta de reposición (m).

El esfuerzo de corte entre la pasta de reposición y el molde de la panela es de 181,46 Pa.

La fuerza necesaria para desplazar el molde viene dada por:

$$P = \tau \times A \quad (30)$$

Sustituyendo tenemos:

$$P = 181,46 \text{ Pa} \times 0,0165 \text{ m} \quad (30.1)$$

$$P = 2,99 \text{ N}$$

Donde:

P: Fuerza necesaria para mover el molde (N).

τ : Esfuerzo de corte entre la pasta de reposición y el molde de la panela (Pa).

A: Área de corte (m^2).

La fuerza necesaria para mover el molde es de 2,99 N.

Multiplicando por un factor de seguridad de 1,5 tenemos:

$$P_{FINAL} = P \times \text{Factor de Seguridad} \quad (31)$$

Sustituyendo nos queda:

$$P_{FINAL} = 2,99 \text{ N} \times 1,5 \quad (31.1)$$

$$P_{FINAL} = 4,49 \text{ N}$$

Fuerza final necesaria para crear la panela dentro del molde es de 4,49N.

El molde a utilizar es de forma rectangular siendo una parte sólida y otra hueca dentro de la cual se introduce la pasta de tamarindo para originar el modelo de panela. Los soportes del cilindro ha utilizar en el molde son el siguiente punto a tratar dentro del desarrollo del mismo.

3.5.4. SOPORTES DEL CILINDRO DE CORTE

Los soportes del cilindro de corte son utilizados como apoyos que resisten la carga proveniente del proceso de formación de la panela en el interior de la carcasa del molde, además, de permitir el giro del rodillo.

Su construcción está hecha en acero inoxidable y consta de disco de 6mm de ancho donde 3mm de profundidad es el espacio destinado para que gire el rodillo y a su vez sirva de apoyo a la carga proveniente del proceso de moldeo.

Las dimensiones de los soportes se aprecian en la figura 76.

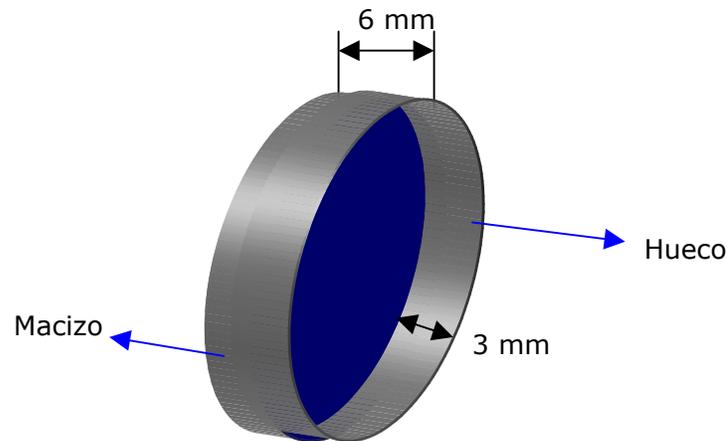


Figura 76. Dimensiones del Soporte del Cilindro de Corte.

Al colocar los soportes en cada extremo del cilindro de su fijación a la carcasa es por medio soldadura, acción permitida ya que el cilindro tiene elevada resistencia por ser macizo, logrando una vida útil alta y un bajo rendimiento.

Los soportes del cilindro de corte aseguran que no exista deformación en este y en la carcasa al momento de crear la panela.

Seleccionados y representados los soportes del cilindro de corte es indispensable elegir el tipo de soporte que sostendrá al cilindro neumático que expulsa la panela del molde.

3.5.5. SOPORTE DEL CILINDRO NEUMÁTICO PARA EXPULSAR LA PANELA DEL MOLDE.

El soporte del cilindro neumático destinado a expulsar la panela del molde tiene la finalidad de colocar en posición correcta dicho elemento de manera que la pasta ya formada sea retirada con facilidad.

Su construcción esta hecha de pletina de 25,4 cm (1 pulg) de ancho en acero inoxidable teniendo la forma descrita en la figura 77 por medio de doblez.

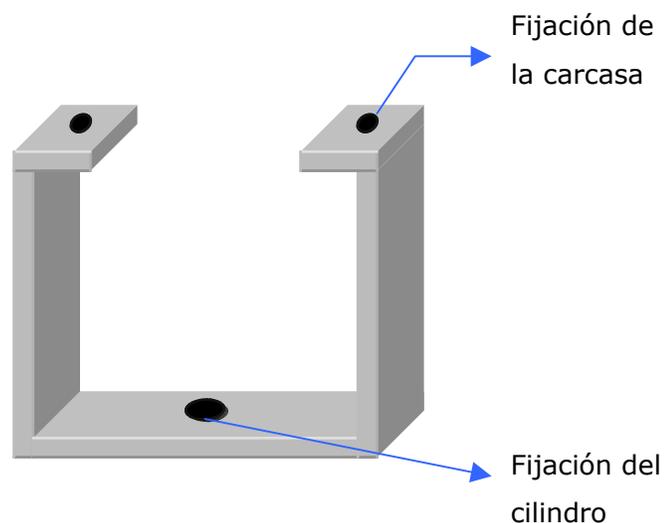


Figura 77. Representación del Soporte del Cilindro Neumático.

Se encuentra ubicado en el flange de la carcasa del molde permitiendo quedar centrado sobre este al momento de expulsar la panela, su fijación está hecha por medio de tornillos.

En el extremo del vástago del cilindro se coloca una placa de dimensiones $100 \times 50 \text{ mm}^2$ la cual se sujeta a este por medio de una unión roscada. Dicha placa tiene una superficie capaz de expulsar la panela del molde debido a la acción del cilindro neumático.

Las dimensiones del soporte se aprecian en la figura 78.

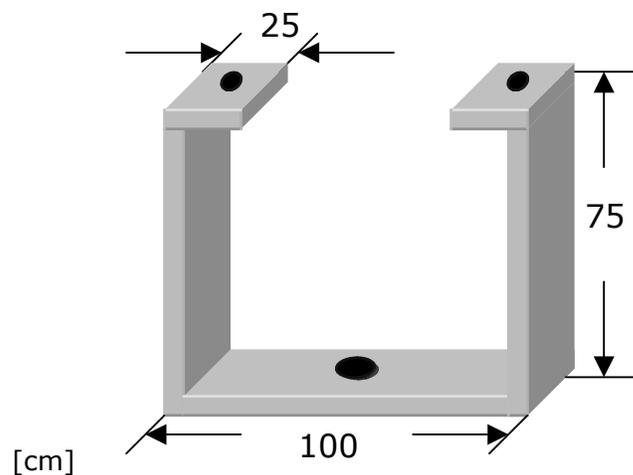


Figura 78. Dimensiones del Soporte del Cilindro Neumático.

Una vez elegido el tipo de soporte que sostiene al cilindro neumático que expulsa la panela, los sistemas neumáticos ha utilizar en el molde son el siguiente punto a tratar dentro del progreso del mismo.

3.5.6. SISTEMAS NEUMÁTICOS PRESENTES EN EL MOLDEADOR

Los sistemas neumáticos presentes en el moldeador son utilizados para generar el movimiento del molde y expulsar la panela de tamarindo de este.

3.5.6.1 Cilindro de Doble Efecto para Generar Movimiento en el Molde

El cilindro es seleccionado de acuerdo al diagrama DNC de longitud de carrera versus fuerza transversal, del catálogo de la compañía FESTO NEUMATIC [8], dando como resultado el modelo DNC-32-125PPV-A. Las especificaciones técnicas se encuentran en el anexo 28.

Según DIN ISO 6.431 y VDMA 24.562-1, con tubo de cilindro perfilado, con amortiguación de final de carrera regulable por ambos lados.

- ♦ El actuador genera un movimiento lineal.
- ♦ Cilindro de doble efecto. El aire comprimido provoca las carreras de avance y retroceso.
 - ♦ Amortiguación regulable en ambos finales de carrera.
 - ♦ En el émbolo se encuentra un imán permanente cuyo campo magnético puede ser explorado por un interruptor de proximidad apropiado. De este modo pueden detectarse sin contacto posiciones intermedias y finales de carrera del actuador.

- ♦ El actuador cumple la norma DIN ISO 6.431 y VDMA.
- ♦ En el extremo del vástago hay una rosca exterior.



Figura 79. Cilindro de Doble Efecto para Generar Movimiento en el Molde.

3.5.6.2 Cilindro de Doble Efecto para Expulsar la Panela del Molde

El cilindro es seleccionado del catálogo de la compañía FESTO NEUMATIC [8], dando como resultado el modelo DSNU-8-10P-A. Las especificaciones técnicas se encuentran en el anexo 28.

Según DIN ISO 6.432 en ejecución combinada para detección sin contacto. Diversas posibilidades de fijación sin y con elementos de fijación adicionales.

- ♦ El actuador genera un movimiento lineal.
- ♦ Cilindro de doble efecto. El aire comprimido provoca las carreras de avance y retroceso.

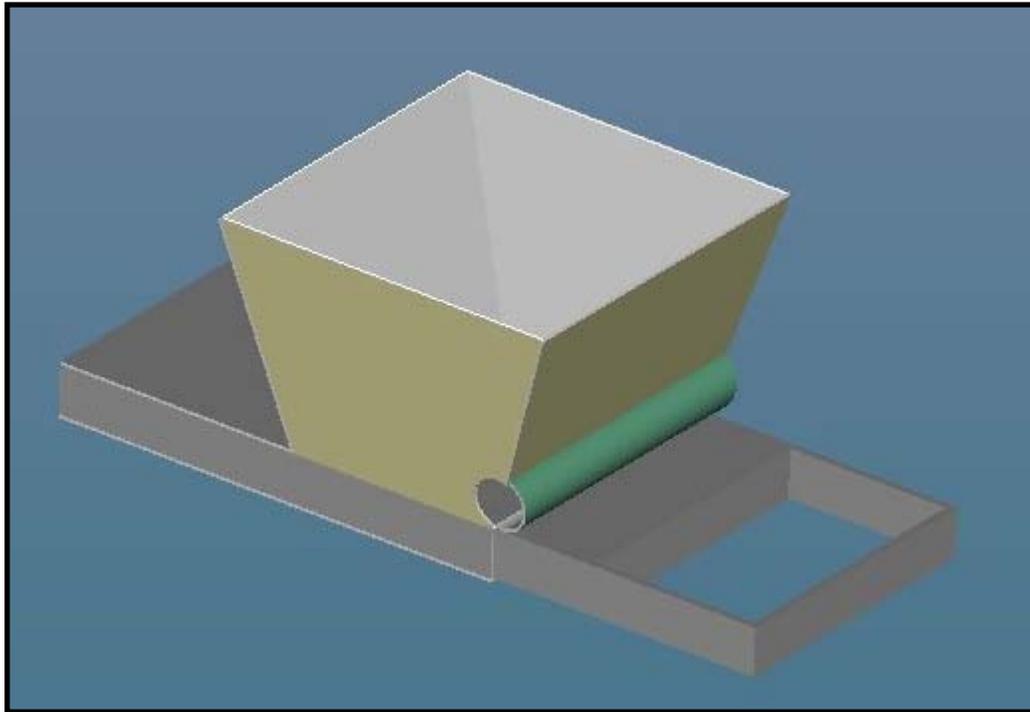


Figura 81. Molde Seleccionado.

Una vez determinados y calculados los componentes del molde, es necesario continuar el desarrollo de los elementos que forman parte del sistema.

3.6. CÁLCULO DE LA BANDA SANITARIA

La banda sanitaria seleccionada es del tipo SANIWHITE. Se utiliza para el manejo de frutas, vegetales y alimentos sin empacar. Se fabrica en color blanco, de 2 capas de nylon 90 como línea, con cubierta superior de 1,6 mm (1/16 pulg) e inferior de 1,6 mm (1/16 pulg) con cantos cortados en anchos hasta 54 pulg. Resiste temperaturas de 93°C (200°F) y tiene una resistencia de 90 PIP (libras por pulgada de ancho y por capa) en las grapas.



Figura 82. Banda Sanitaria Tipo Saniwhite.

3.6.1. DATOS NECESARIOS PARA DETERMINAR Y SELECCIONAR UNA BANDA SANITARIA

Los datos necesarios para la determinación de una banda sanitaria incluyen información y datos sobre el ambiente y las condiciones en las cuales la banda propuesta funcionará. Algunos de los datos que hay que determinar son:

3.6.1.1 Dimensiones Totales de la Banda

Las dimensiones de una banda vienen dadas por:

- ✘ Largo.
110 cm (43,30 pulg).
- ✘ Altura.
97,5 cm (38,38 pulg).

- ✘ Ancho.
20,32 cm (8 pulg).
- ✘ Velocidad de desplazamiento de la banda.
0,07333 m/seg. (14,435 pie/min.).
- ✘ Diámetro de los tambores.
5,08 cm (2 pulg).

3.6.1.2 Características del Producto que va a Transportarse.

Entre las características que deben conocerse del producto que se va a transportar se encuentran:

- ✘ Densidad.
1.210 Kg./m³ (75,53 Lb/pie³).

- ✘ Tamaño y forma.

El producto es una panela de forma rectangular que posee un tamaño de 15 cm (5,9 pulg) de largo, 11cm (4,33 pulg) de ancho y 25 mm (0,98 pulg) de alto.

- ✘ Presencia de sólidos.
Sólidos solubles 33,73%
Sólidos totales 65,52%

- ✘ Textura.

Sólido pastoso heterogéneo de color marrón con semillas de tonalidad marrón oscuro.

- ✘ Corrosión.
Alta, con un PH de 2,98.
Acidez total 5,57% p/p.
- ✘ Temperatura.

20 °C (68°F)

3.6.1.3 Cambio de Proceso en el Producto mientras se Transporta.

El producto no sufre cambios de proceso durante su transporte en la banda.

3.6.1.4 Características de los Ambientes en los cuales va a Funcionar la Banda

El ambiente donde va a funcionar la banda sanitaria debe poseer unas características adecuadas tales como:

✘ Temperatura.

20 - 22 °C (68 - 72°F).

✘ Presencia de materiales abrasivos.

Ácidos cítrico, tartárico y málico.

✘ Tipo de sistema de accionamiento.

Motor reductor trifásico marca Bonfiglioli, de ¼ HP, 1.750 rpm, con una relación 100/1 para obtener 17 rpm finales.

3.6.1.5 Grapas Utilizadas en la Banda Sanitaria

Las grapas conectoras tienen dientes especialmente diseñados que penetran longitudinalmente en las cintas y pasan limpiamente a través de las estructuras de éstas. Los dientes están formados de manera tal que cuando son introducidos en la cinta las fibras vitales longitudinales de la estructura no resultan dañadas.

Se obtiene fortaleza adicional gracias al pasador conector de la articulación y a que la tira de conectores sujetadores es una pieza continua. Esto hace posible, en la cinta una retención fuerte similar a la de una prensa y distribuye parejamente la presión en todo el ancho de la cinta. La tira de conectores sujetadores dentados en una pieza asegura también que no haya piezas que puedan aflojarse, salirse y mezclarse con el producto transportado. El empalme recto obtenido con una tira continua también ayuda a la inserción del pasador.

✘ Usos.

Las grapas son utilizadas en líneas de montaje; manipuleo de alimento, paquetes y piezas; mostradores de cinta deslizante en supermercados y equipos agrícolas.

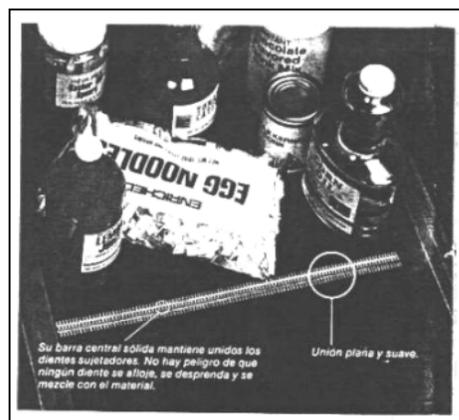


Figura 83. Usos de las Grapas.

✘ Perfil de las grapas conectoras.

Su diseño de perfil bajo y en una pieza da como resultado una unión excepcionalmente suave.

✘ Diámetro de las poleas.

Los empalmes funcionan en una amplia gama de diámetro de polea, como la que se utiliza en la banda que es de 25mm (1 pulg).

✘ Método para empalmar

El conector para empalmar cintas es una tira continua de sujetadores unidos en una sola pieza apropiado para cualquier ancho estándar de cinta. El conector se asegura con dientes que penetran longitudinalmente en la cinta para ofrecer una unión firme y resistente.

✘ Metales ofrecidos

El material a utilizar en la grapa conectora es acero inoxidable tipo 316.

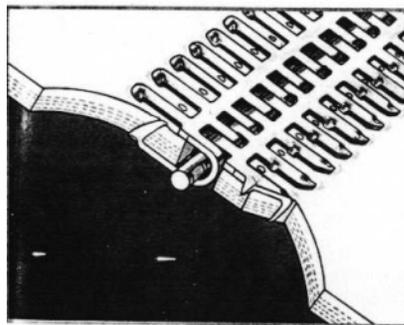


Figura 84. Tiras Conectoras.

Las grapas seleccionadas corresponden al modelo N° 26 × 12 × 4 juegos.

La banda sanitaria seleccionada es del tipo SANIWHITE, de color blanco, de 2 capas de nylon 90 como línea, con cubierta superior de 1,6 mm (1/16 pulg) e inferior de 1,6 mm (1/16 pulg). Su largo es de 110 cm (43,30 pulg), posee una altura 97,5 cm (38,38 pulg), un ancho de 20,32 cm (8 pulg) y una velocidad de desplazamiento de 0,07333 m/seg. (14,435 pie/min.). El diámetro de las poleas es de 25mm (1 pulg). Las grapas seleccionadas corresponden al modelo N° 26 × 12 × 4 juegos.



Figura 85. Banda Sanitaria Seleccionada.

Conocidas todas las características de los elementos que forman parte de la banda sanitaria es el momento de desarrollar los cálculos y la selección del siguiente equipo que pertenece al sistema, el dispensador de empaques.

3.7. CÁLCULO DEL DISPENSADOR DE EMPAQUES

Este dispositivo tiene la finalidad de almacenar la cantidad suficiente de empaques al vacío para procesar panelas de tamarindo de un día de operación.

La principal ventaja de este equipo es la de aportar continuidad en el proceso y facilitar el manejo de la panela al realizar el empaque.

3.7.1. CARACTERÍSTICAS DEL DISPENSADOR DE EMPAQUE

El dispensador de empaques consta de una caja rectangular de acero inoxidable que contiene en su parte interna una plancha que comprime los empaques por medio de un resorte, acción que permite un manejo más cómodo y rápido del mismo al momento de introducir en su interior la panela.

Posee una bandeja en la cual se coloca la panela proveniente de la banda sanitaria, construida para evitar contacto físico al instante de introducir a esta en el empaque.

El espesor de todas las láminas es 16 Ga (1,59 mm). La capacidad del dispensador es de 900 empaques.

3.7.1.1 Partes del Dispensador de Empaques

Las piezas que conforman al dispensador de empaques son: compuerta, bisagra, base, bandejas y seguro para abrir y cerrar la compuerta.

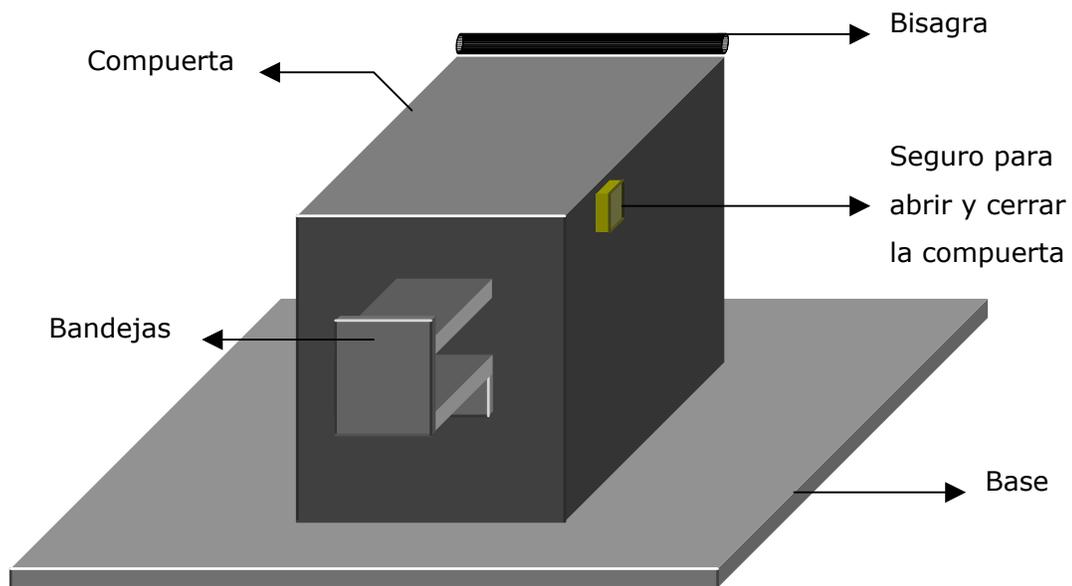


Figura 86. Partes del Dispensador de Empaques.

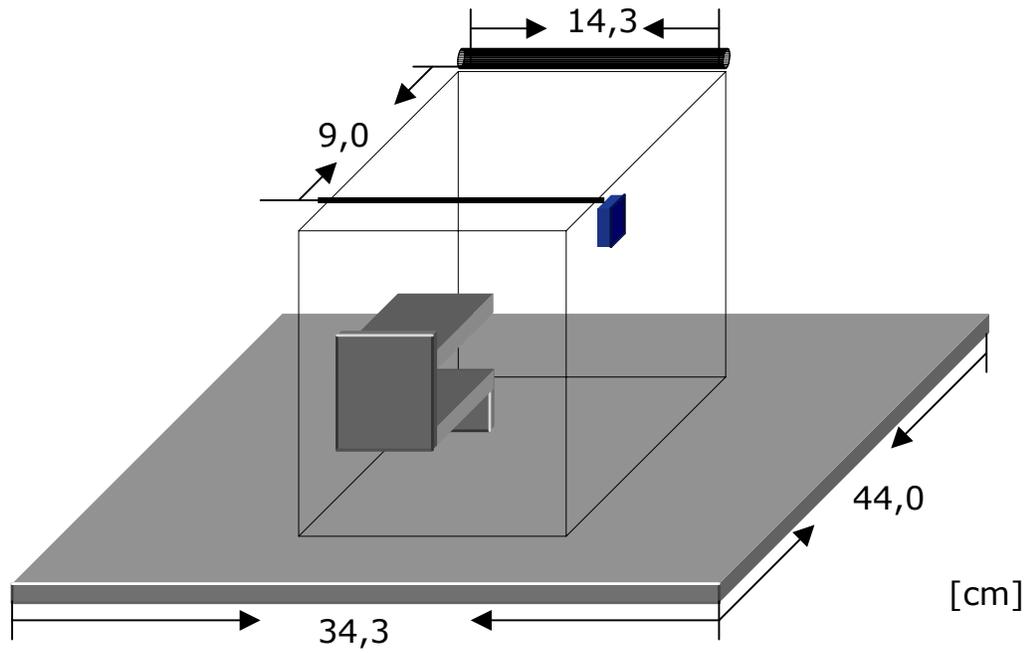


Figura 87. Dimensiones del Dispensador de Empaques.

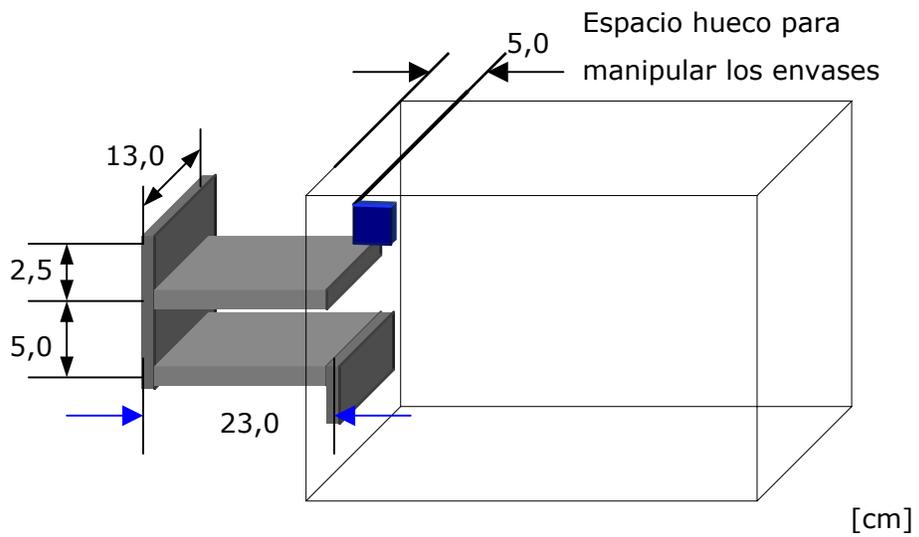


Figura 88. Bandejas del Dispensador de Empaques.

3.7.1.2 Características Internas del Dispensador de Empaques.

La plancha de presión que se encuentra ubicada dentro del dispensador es la parte interna más importante del mismo. Las dimensiones de esta se muestran en la figura 89. Dentro de esta plancha, fabricada en acero inoxidable AISI 304, se encuentra el resorte de compresión de empaques.

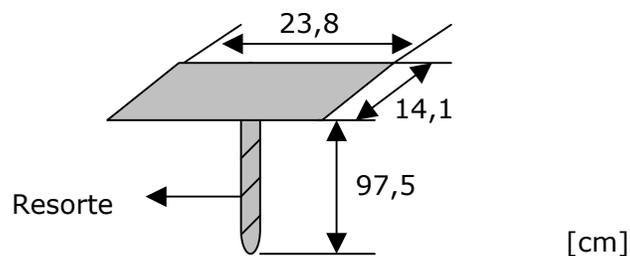


Figura 89. Plancha de Presión para Comprimir los Empaques en el Dispensador.

✘ Cálculo de la constante de elasticidad del resorte.

Para calcular la constante de elasticidad del resorte se debe tener en cuenta los siguientes datos:

- ❖ Longitud del resorte (X).

$$X = 0,975 \text{ m.}$$

- ❖ Fuerza que ejerce el resorte (F).

$$F = 49 \text{ N (equivalente a 5 Kg de tamarindo).}$$

K: constante de elasticidad del resorte (N/m).

$$F = K \times X \quad (32)$$

Despejando K nos queda:

$$K = \frac{F}{X} \quad (32.1)$$

Sustituyendo tenemos:

$$K = \frac{49 \text{ N}}{0,975 \text{ m}} \quad (32.2)$$

$$K = 50,25 \text{ N/m}$$

El valor de la constante K del resorte es de 50,25 N/m.

El dispensador de empaques es en líneas generales, una caja rectangular de acero inoxidable con una plancha que comprime los empaques por medio de un resorte.

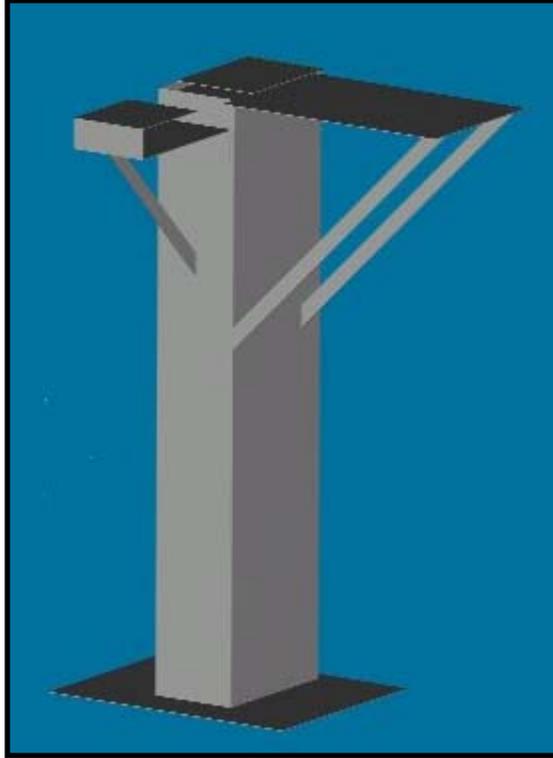


Figura 90. Dispensador de Empaques Seleccionado.

Una vez determinados y calculados los componentes del dispensador de empaques, es necesario continuar el desarrollo de los elementos que forman parte del sistema.

3.8. CÁLCULO DEL EMPAQUETADOR AL VACÍO

El objetivo principal del envasado al vacío es generar una atmósfera libre de oxígeno y de esta forma retardar la acción y aparición de las bacterias y hongos que contiene el producto a envasar, manteniendo este todas sus cualidades (color, sabor y aroma) por largo tiempo.

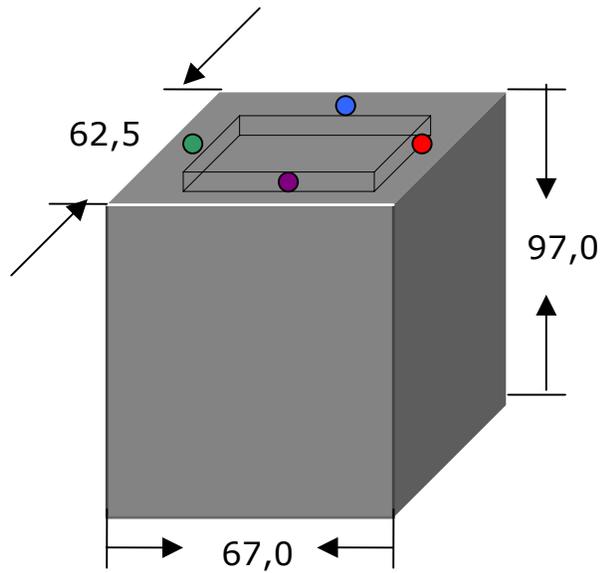
3.8.1. FUNCIONAMIENTO DEL EMPAQUETADOR

El empaquetador al vacío funciona de la siguiente manera:

- 1.** Se cierra la cámara activando el vacío junto con el pistón de vacío (la presión que ejerce el pistón es igual a la generada por el vacío, aproximadamente 0,9 bar).
- 2.** Finaliza el vacío y se desactiva el pistón de sellado.
- 3.** Se activa el pistón de sellado más la resistencia.
- 4.** Se igualan la presión de la cámara de vacío con la del ambiente.
- 5.** Se inicia el ciclo.

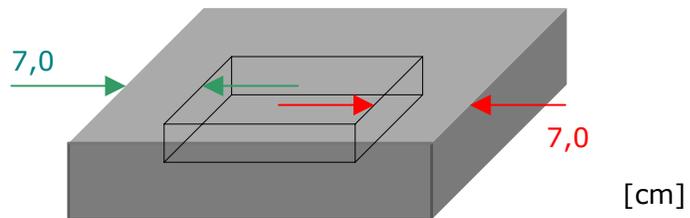
3.8.2. DIMENSIONES DEL EMPAQUETADOR

El empaquetador posee forma rectangular, sus dimensiones se presentan en la figura 91.



[cm]

Figura 91. Dimensiones Exteriores del Empaquetador.



[cm]

Figura 92. Dimensiones de las Distancias entre el Borde del Empaquetador y la Cámara de Vacío (lados rojo y verde).

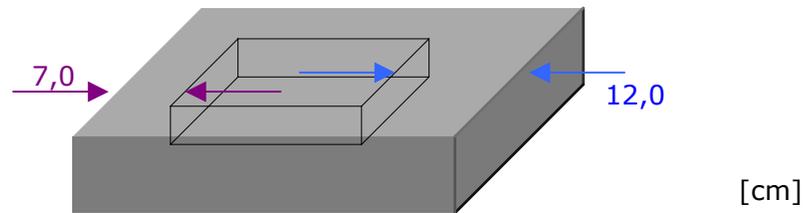


Figura 93. Dimensiones de las Distancias entre el Borde del Empaquetador y la Cámara de Vacío (lados azul y morado).

3.8.2.1 Cálculo del Tiempo de Extracción de Aire de la Cámara:

La cámara de vacío realiza un ciclo en 30 segundos.

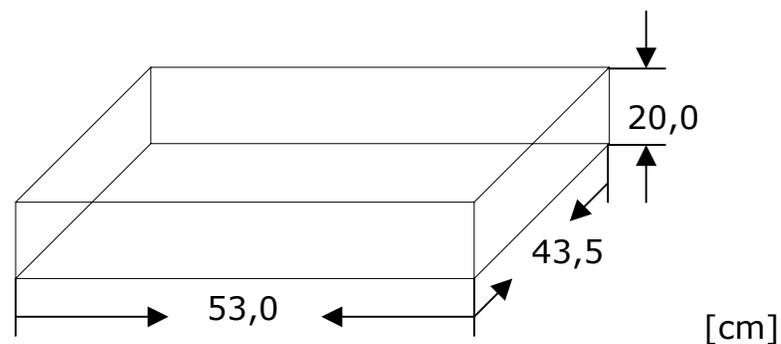


Figura 94. Dimensiones de la Cámara de Vacío.

Para calcular el tiempo que demora el generador de vacío en extraer el aire de la cámara viene dado por:

✳ Volumen de la cámara (V).

$$V = 0,04611 \text{ m}^3$$

✳ Caudal de aire (Q).

$$Q = 63 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q = \frac{V}{t} \quad (33)$$

Despejando t nos queda :

$$t = \frac{V}{Q} \quad (33.1)$$

Sustituyendo tenemos :

$$t = \frac{0,04611 \text{ m}^3}{63 \text{ m}^3/\text{h}} \quad (33.2)$$

$$t = 7,3190 \times 10^{-4} \text{ h}$$

$$t = 3 \text{ s}$$

En 3 segundos se extrae el aire de la cámara de vacío, el tiempo restante es para alcanzar una presión menor a la atmosférica de hasta un 90%, es decir; 0,1 bar.

3.8.2.2 Partes que Conforman el Empaquetador

El empaquetador está formado por las siguientes piezas:

✘ Cubierta.

Es una lámina de plexyglass que funciona como aislante entre el ambiente y la cámara de vacío. Sus dimensiones se presentan en la figura 95.

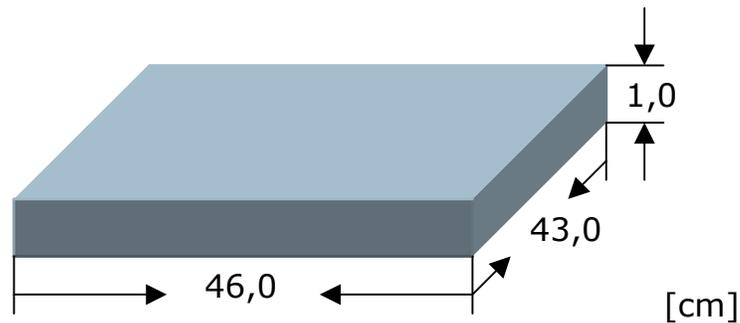


Figura 95. Plexyglass.

✘ Bandeja.

Es una lámina de plexyglass utilizada para colocar las panelas al momento de realizar el vacío.

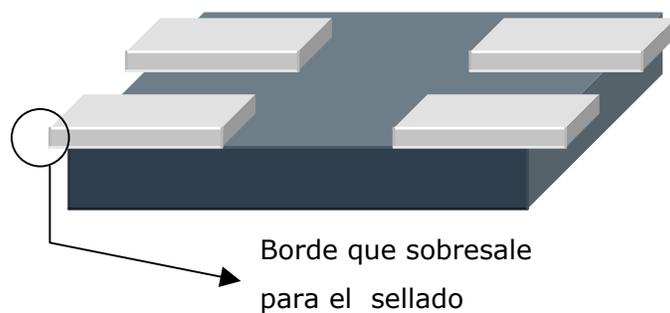


Figura 96. Disposición de las Panelas en la Plancha.

✘ Barra de sellado.

Las barras de sellado se utilizan para cerrar el borde sobrante del empaque. El material de las barras es metal debido a que es una resistencia eléctrica, cubierta en su parte superior por una cinta de teflón.

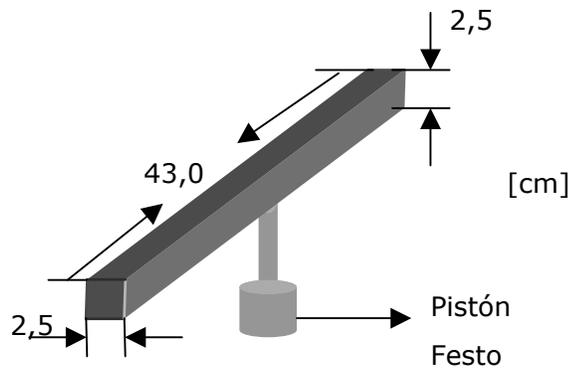


Figura 97. Barra de Sellado.

✘ Pistones Neumáticos.

Los pistones neumáticos sirven para generar movimiento en las barras de sellado. Estos van enroscados a la cámara en la parte posterior externa.

✘ Generador de vacío.

El generador de vacío extrae el aire de la cámara. Este va sujeto a la misma en la parte posterior por medio de tornillos. (anexo VI).



Figura 98. Generador de vacío.

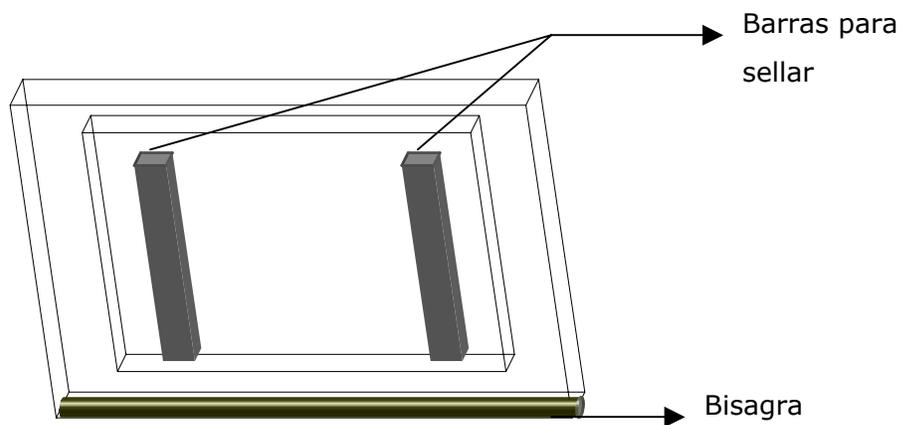


Figura 99. Detalle de la Cubierta del Empaquetador.

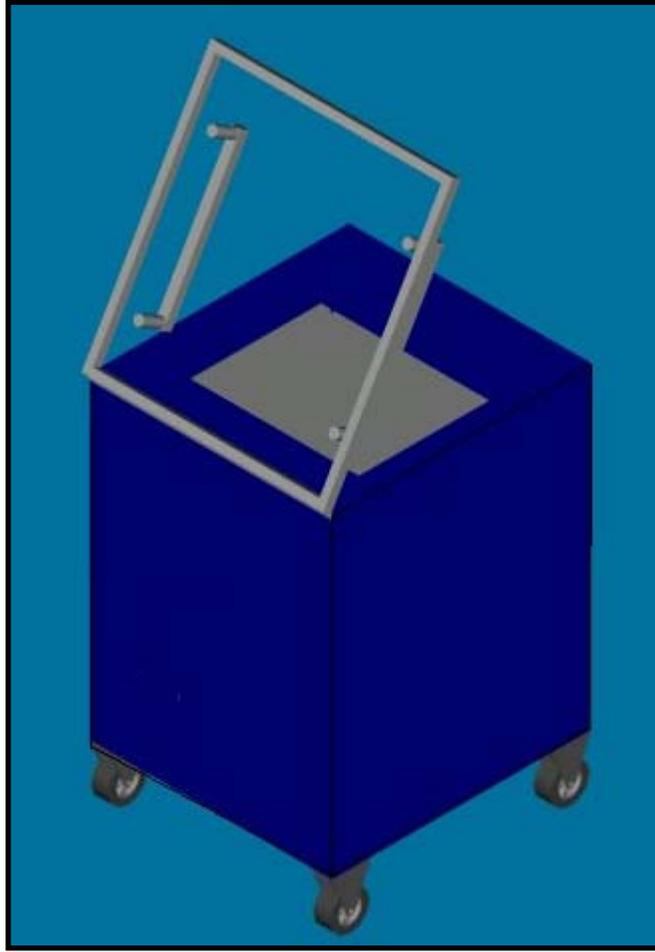


Figura 100. Empaquetador al Vacío Seleccionado.

Conocidas las características de los elementos que forman parte del empaquetador al vacío, es esencial comprender el funcionamiento del sistema.

3.9. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

El funcionamiento del sistema procesador de tamarindo descascarado así como la selección del tipo de control a utilizar se explican a continuación:

El tamarindo descascarado se vierte sobre el mezclador helicoidal cónico para suavizar y homogeneizar la fruta con la incorporación constante de melaza, luego, se desplaza por el tornillo sin fin hasta el moldeador con la presión necesaria para dar forma de panela a la pasta, esta cae sobre la banda sanitaria donde es transportada hasta un dispensador de envoltorios y se coloca en la empaquetadora al vacío que le otorga su imagen final.

Las consideraciones que se deben tomar en cuenta al momento de poner la puesta en marcha del sistema son:

- 1.** Purga del molde: al iniciar el proceso se necesita tener el transportador con suficiente pasta en su interior la cual se vierte en el molde continuamente, esto tarda de unos 15 a 20 minutos. Para lograr esta operación se deben colocar en el mezclador una cantidad suficiente de pasta la cual oscila entre 40 y 60 Kg.
- 2.** Inicio del proceso: se debe preparar la cantidad suficiente de pasta a procesar, de manera que se adecue a la sesión de un día laboral igual a 840 Kg (1.680 panelas) en 7 horas de trabajo.
- 3.** Control de los pasos 1 y 2:
 - ❖ Un pulsador eléctrico energiza el sistema (mezclador, tornillo, banda) cada 12 minutos enviando una señal de

alerta por medio de una luz o alarma para el llenado del mezclador.

- ❖ Luego de 15 minutos se activa el sistema neumático de corte (molde) junto con la banda transportadora (cada 3,75 segundos se activa el pistón de corte y el pistón expulsor de la panela).
- ❖ El proceso 1 y 2 se pueden desactivar cuando se requiera necesario.

4. Control del proceso de empaquetado.

- a.** Se cierra la cámara activando el vacío junto con el pistón de sellado.
- b.** Termina el vacío y se desactiva el pistón de sellado.
- c.** Se activa el pistón de sellado más la resistencia (calor).
- d.** Se igualan las presiones y comienza el ciclo.

Los ciclos a,b,c,d no deben sumar un tiempo mayor a 30 segundos.

Resumiendo lo descrito anteriormente se tiene:

- ✘ Se oprime el pulsador eléctrico para energizar el mezclador, el tornillo y la banda.
- ✘ Se activa la señal de alarma (12 min.).
- ✘ Se activa el pistón de corte y el pistón expulsor de la panela (3,75 s).
- ✘ Se enciende el generador de vacío y el pistón sellador (15 s).

- ✘ Se apaga el generador de vacío y el pistón sellador.
- ✘ Se activa el pistón sellador y la resistencia (5 s).
- ✘ Se desactiva el pistón sellador y la resistencia.
- ✘ Se activa la entrada de aire a la cámara de vacío (5 s).

3.9.1. DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE CONTROL PARA EL MANEJO DE LOS COMPONENTES

Las funciones anteriores con tiempos incluidos son controladas por un PLC marca BECK, perteneciente al grupo FESTO [8] modelo FEC-FC20 de dimensiones 80 × 130 × 35 mm.

Las características del funcionamiento del PLC son las siguientes:

- ♦ 12 entradas / 8 salidas, expandible
- ♦ Dos contadores rápidos de hasta 4kHz
- ♦ Entradas NPN ó PNP configurables
- ♦ Salidas a relé
- ♦ Potenciómetro externo
- ♦ Posibilidades de expansión



Figura 101. PLC Seleccionado para el Sistema.

El FEC de Festo, la unidad de control potente y compacta resuelve necesidades de automatización en el campo de: control de temperaturas de salas, medición, regulación de presión, supervisión de niveles de llenado, comunicaciones y gestión etc. El port de comunicación integrado permite una ágil y sencilla interfase hacia cualquiera de las unidades de visualización y control, automatiza fácilmente y a un bajo costo.

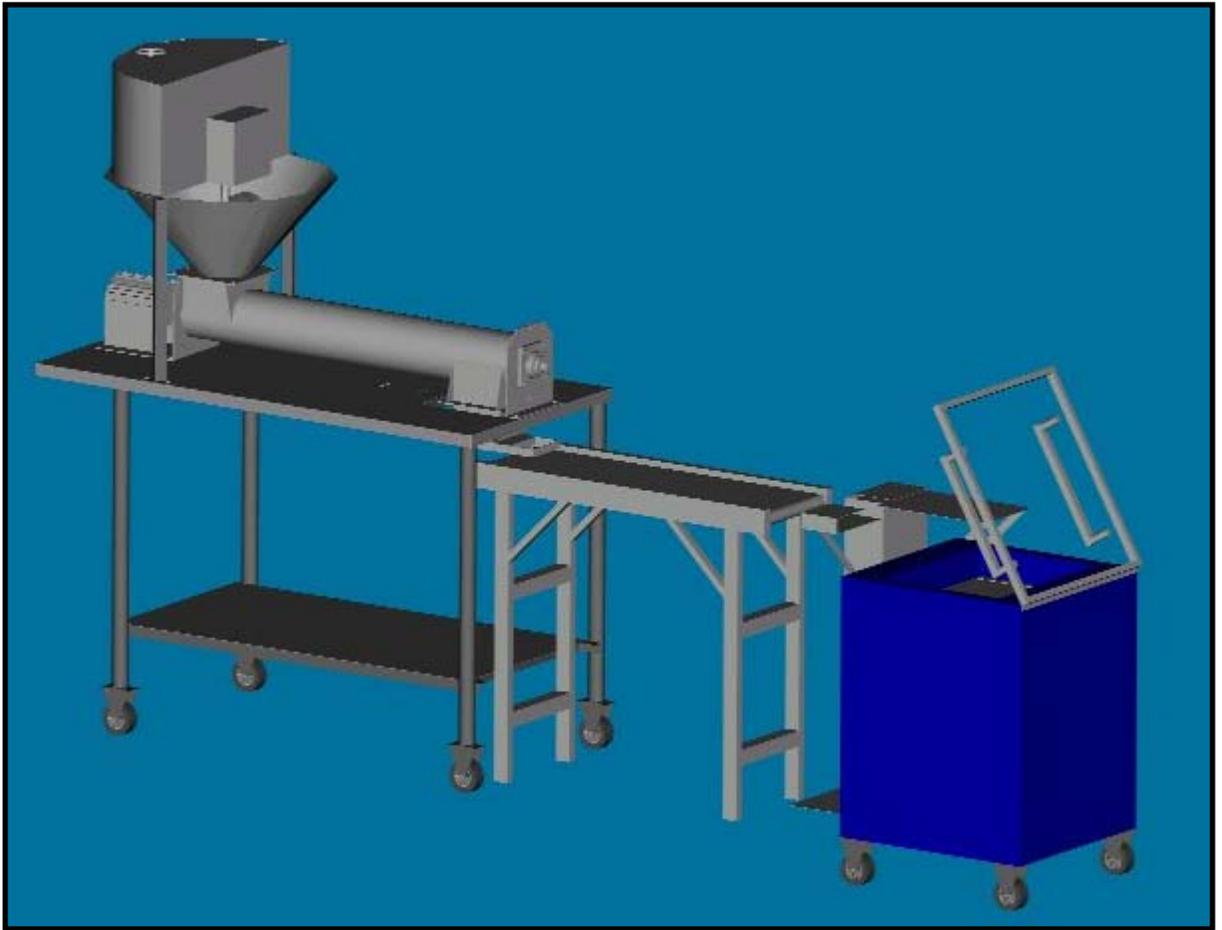


Figura 102. Representación del Sistema Completo.

Finalmente se puede establecer el sistema a utilizar en el proceso de creación de la panela de tamarindo pero es de suma importancia realizar una simulación en las partes críticas del mismo a fin de determinar que tipos de fallas pueden padecer.

3.10. SIMULACIÓN

Las piezas que son críticas debido a las cargas a las que están sometidas y a las condiciones de esfuerzo que se generan dentro del sistema son:

- ✘ Cilindro de corte.
- ✘ Soportes del cilindro de corte.
- ✘ Carcasa del molde.
- ✘ Descarga del tornillo sin fin.

Por esto incluir un proceso de simulación que permita estimar con precisión los valores y la distribución de los esfuerzos sobre las piezas, es de gran utilidad para predecir el buen desempeño a corto y largo plazo de los elementos mecánicos mencionados.

En este sentido el método de los elementos finitos, como técnica numérica de simulación, permite resolver problemas de este tipo a través de operaciones aritméticas, adaptándose a diversas situaciones y materiales.

Se puede exponer este método como un procedimiento de aproximación de problemas continuos. En este método el medio continuo se divide en un número finito de partes o elementos, cuyo comportamiento se describe mediante un número finito de parámetros. El resultado del sistema completo como ensamblaje de los elementos sigue las mismas reglas que se aplican a los problemas tipo. Con esto, lo que se quiere decir es que el método

de análisis sigue un patrón general que puede aplicarse a todos los sistemas discretos, desde el más sencillo al más complejo [35].

El propósito de la simulación realizada es utilizar una herramienta de diseño de vanguardia dentro de la ingeniería con la finalidad de validar los resultados obtenidos analíticamente y evaluar la posibilidad de utilizar métodos numéricos para el mejoramiento del diseño de este tipo de maquinarias.

3.10.1. CARACTERIZACIÓN

Las cuatros piezas a simular son del mismo material (acero inoxidable AISI 304) con las siguientes propiedades mecánicas:

- ✘ Módulo de Poisson: 0.3
- ✘ Módulo de Young: 0.1968 Gpa.

3.10.2. DISCRETIZACIÓN GEOMÉTRICA

Los modelos fueron mallados con el software Nastran 4.5 utilizando elementos tetraédricos de 10 nodos. Se obtuvieron así cuatro mallas de las siguientes características:

3.10.2.1 Molde

En el caso del molde se realiza el estudio de tres de sus componentes:

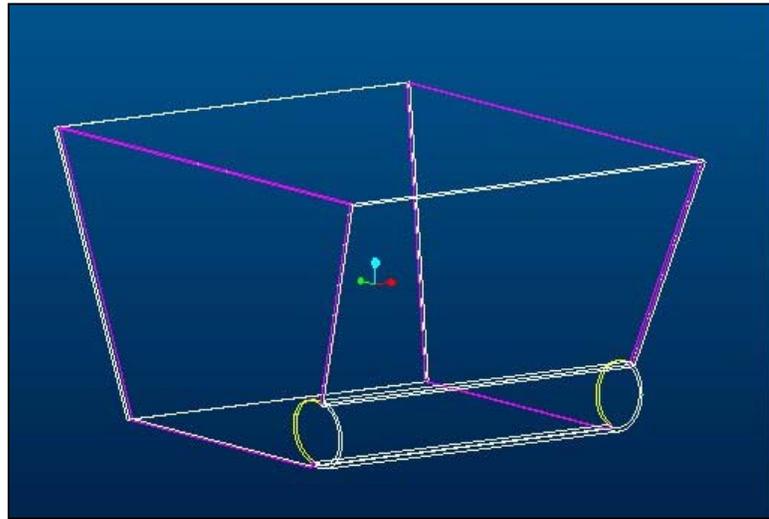


Figura 103. Estructura del Molde.

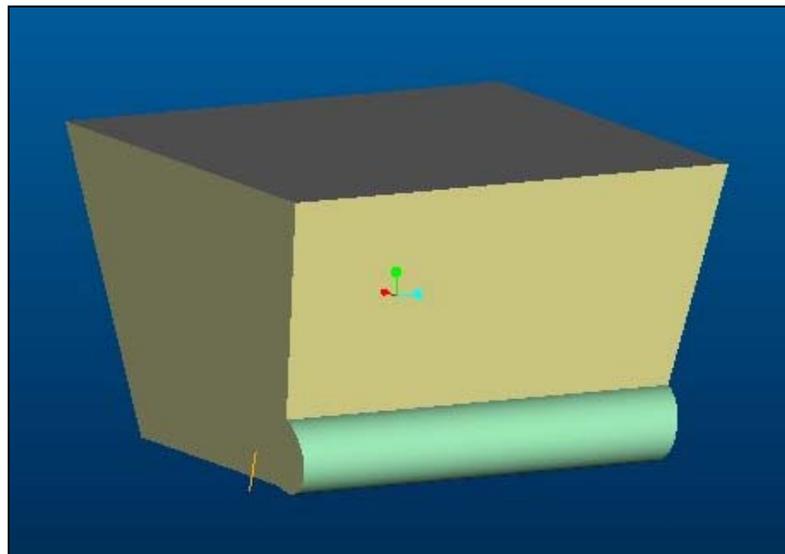


Figura 104. Representación Gráfica del Molde.

✂ Cilindro de corte.

El número de elementos y nodos presentes en el cilindro de corte es 258 y 589 respectivamente.

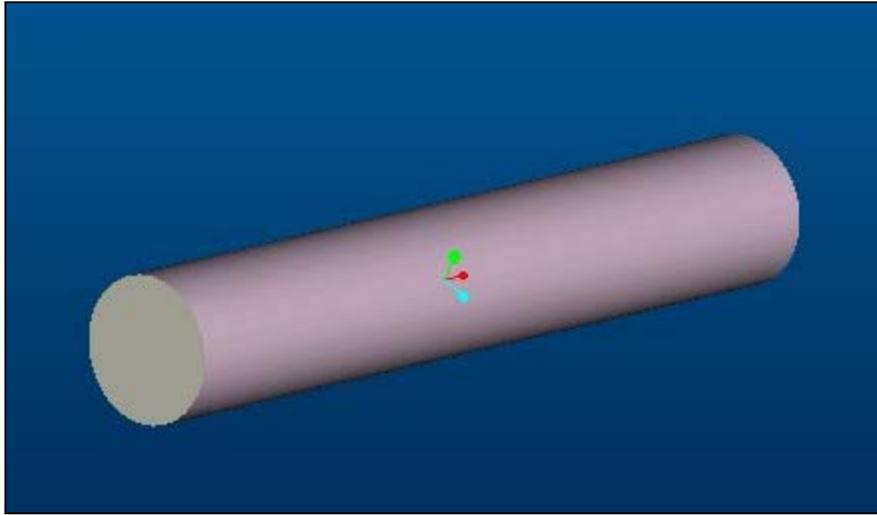


Figura 105. Cilindro de Corte. Modelo sin Malla.

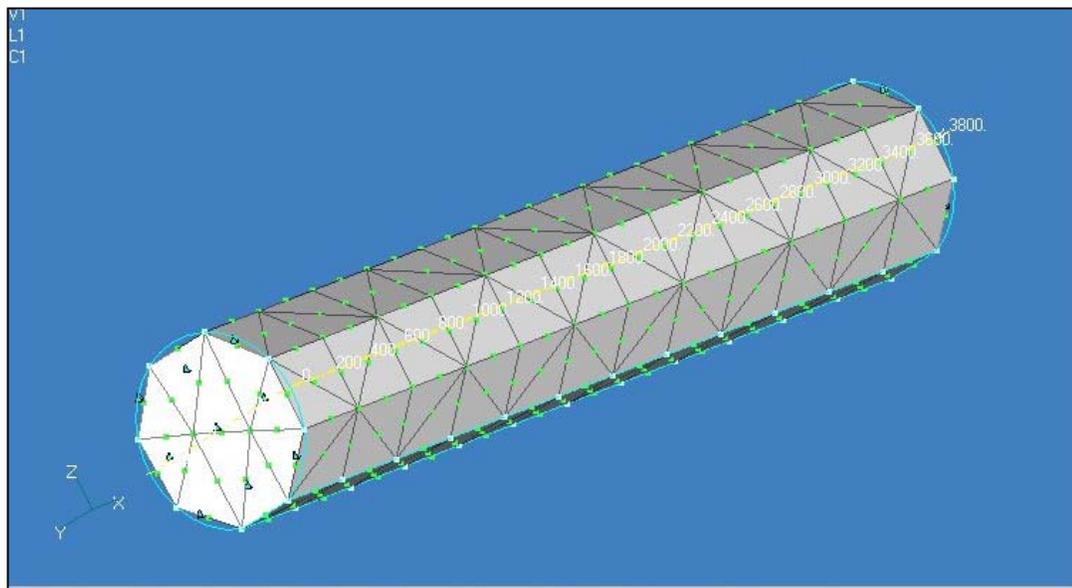


Figura 106. Cilindro de Corte. Modelo Mallado.

✂ Soportes del cilindro de corte.

En el estudio de un soporte del cilindro de corte se encontraron 245 elementos y 545 nodos.

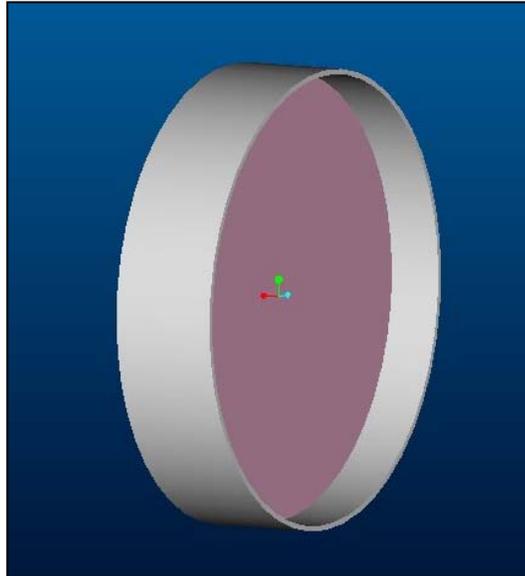


Figura 107. Soporte del Cilindro de Corte. Modelo sin Mallar.

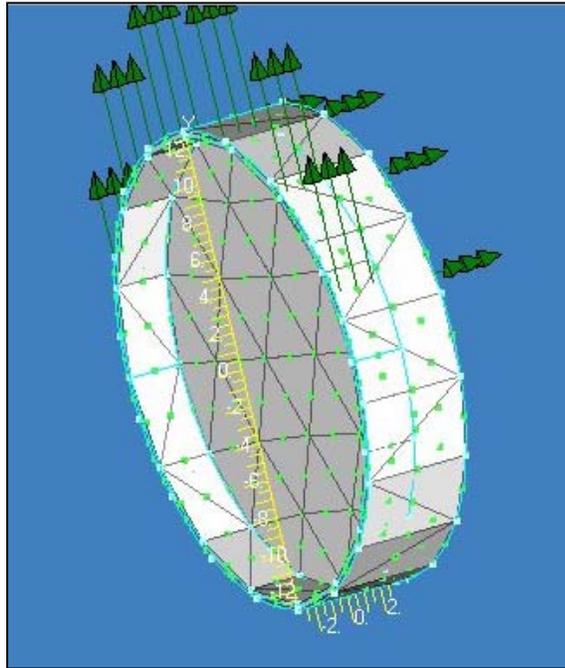


Figura 108. Soporte del Cilindro de Corte. Modelo Mallado.

✘ Carcasa del Molde.

El número de elementos y nodos presentes en la carcasa del molde es 690 y 1.515 respectivamente.

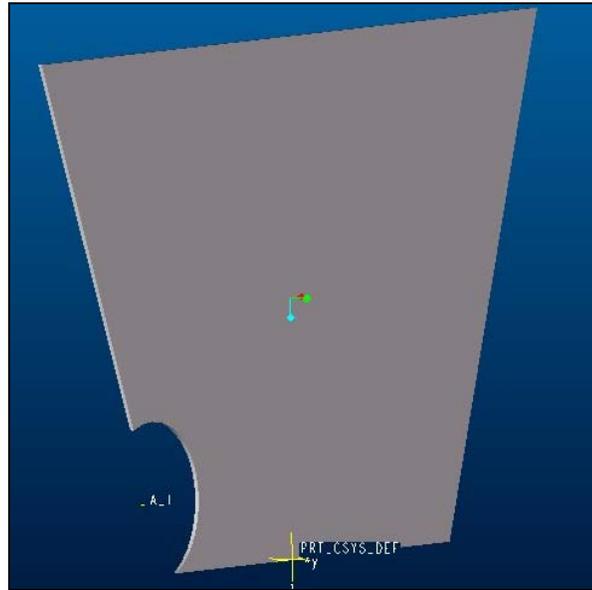


Figura 109. Carcasa del Molde. Modelo sin Mellar.

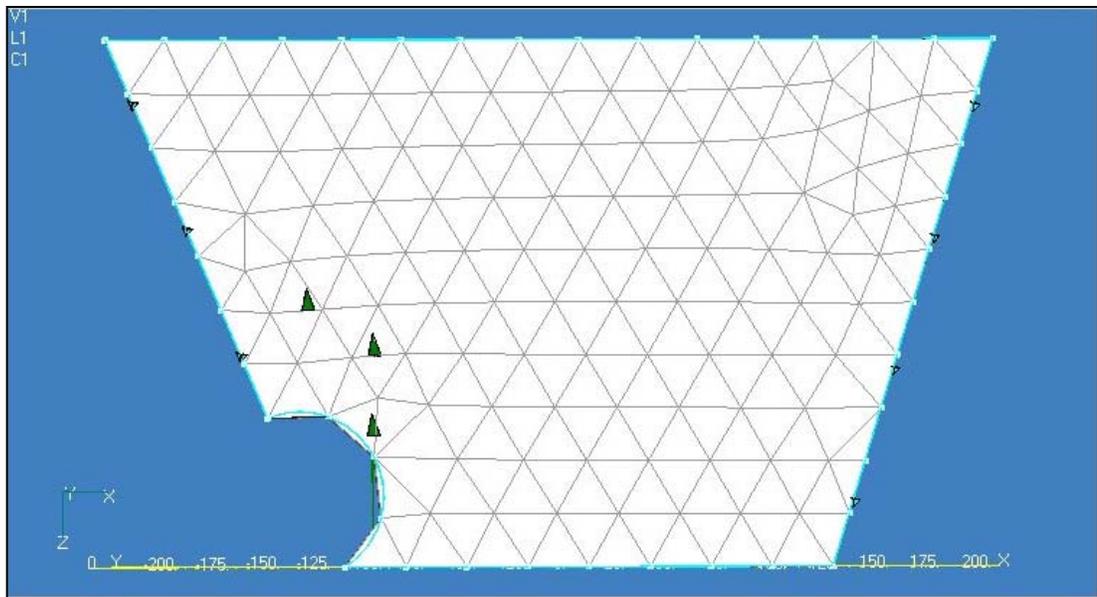


Figura 110. Carcasa del Molde. Modelo Mallado.

3.10.2.2 Tornillo Sin Fin

En el estudio de una sección del tornillo sin fin se encontraron 1.564 elementos y 3.354 nodos.

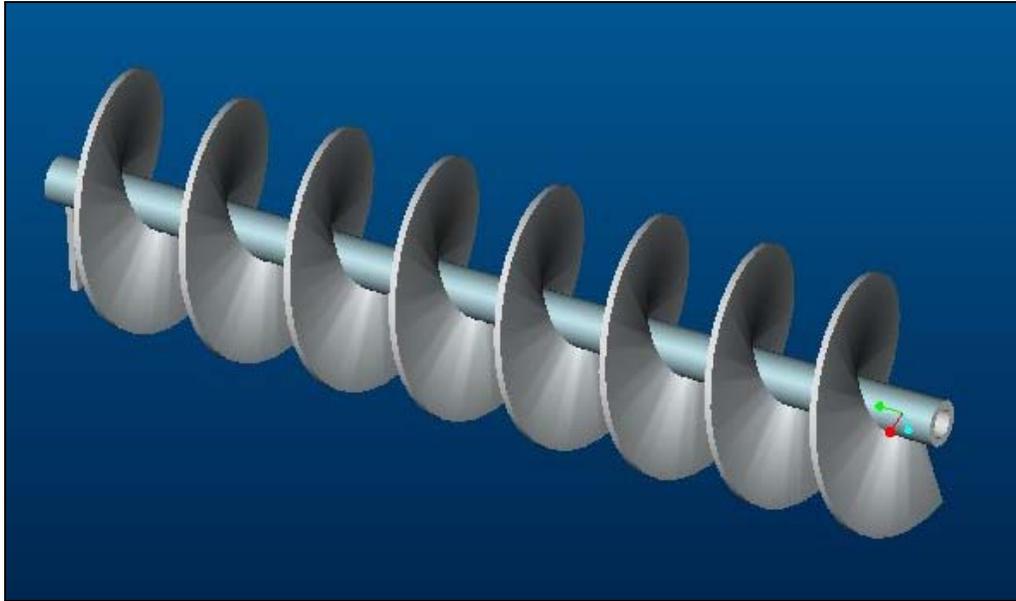


Figura 111. Tornillo Sin Fin. Modelo sin Mallar.

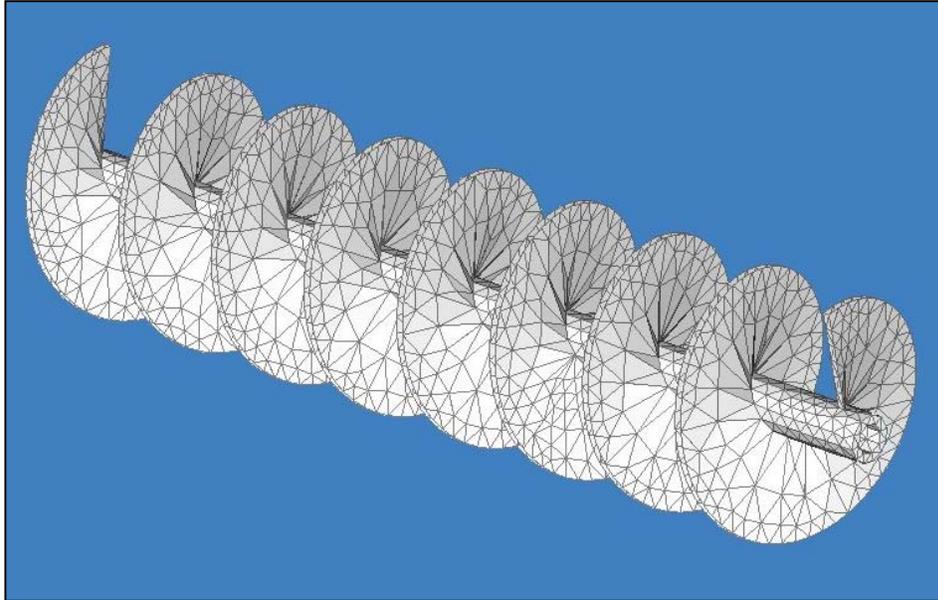


Figura 112. Tornillo Sin Fin. Modelo Mallado.

3.10.3. APLICACIÓN DE LAS CARGAS

Se analizaron dos casos de carga en los componentes del molde y uno en el tornillo sin fin.

3.10.3.1 Molde

✖ Cilindro de corte.

En el caso del cilindro de corte se aplicó una fuerza vertical de 29,43 N y una horizontal de 4,49 N; valores obtenidos en los cálculos de la sección 3.5.

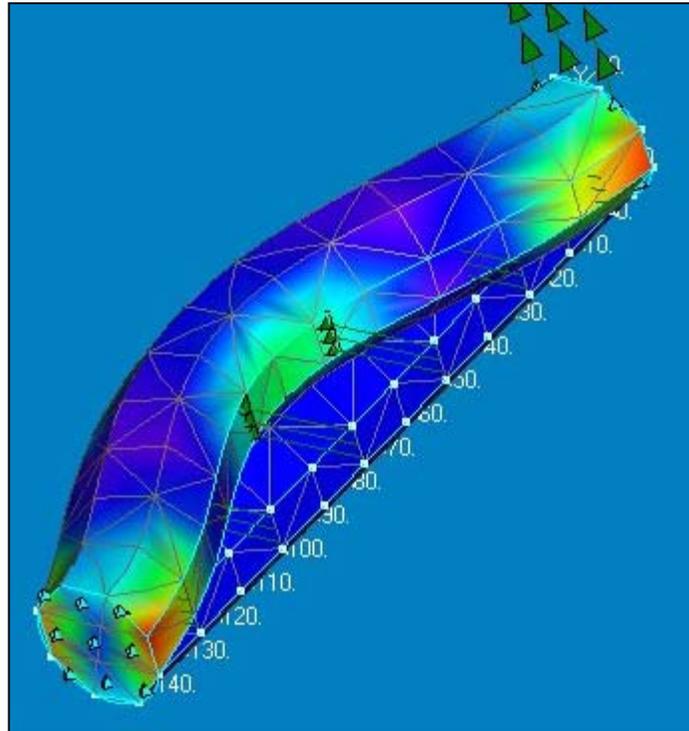


Figura 113. Fuerzas Aplicadas Sobre el Cilindro de Corte.

✘ Soportes del cilindro de corte.

En este caso, como el cilindro es simétrico, los soportes también lo son, por tal motivo el valor de las fuerzas aplicadas corresponde a la mitad del valor de estas en el cilindro de corte. La fuerza vertical es 14,710 N y la horizontal es 2,225 N.

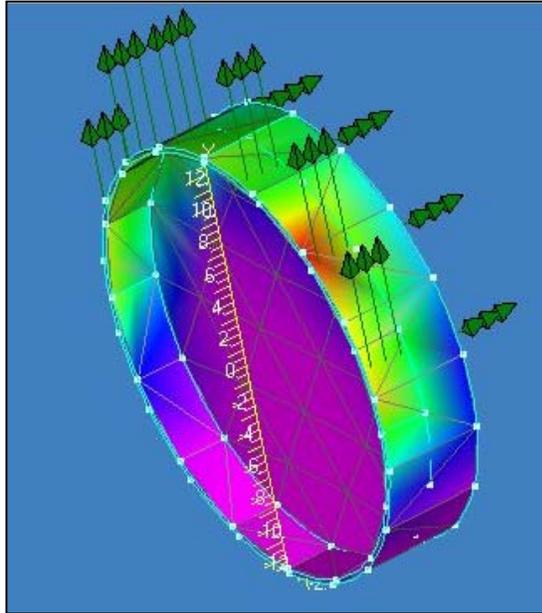


Figura 114. Fuerzas Aplicadas Sobre el Soporte del Cilindro de Corte.

✘ Carcasa del molde.

El valor de la fuerzas aplicadas sobre la carcasa son iguales a las aplicadas en los soportes, una vertical de 14,710 N y una horizontal de 2,225 N.

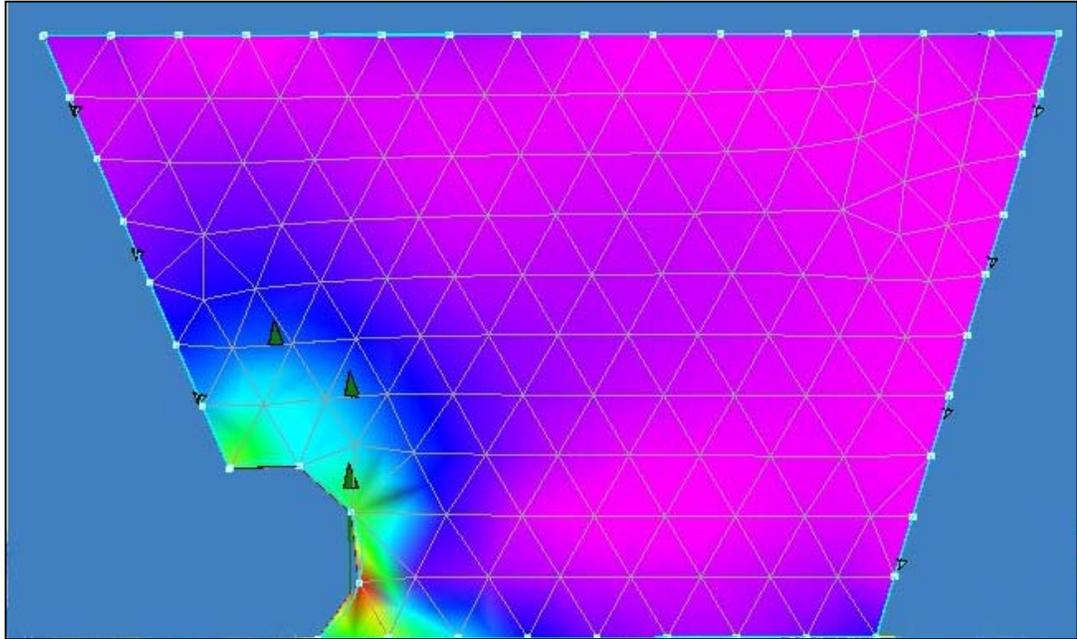


Figura 115. Fuerzas Aplicadas Sobre la Carcasa del Molde.

3.10.3.2 Tornillo Sin Fin

En el caso del tornillo sin fin sólo se aplicó una fuerza horizontal de 4,08 N, obtenida en los cálculos de la sección 3.4.

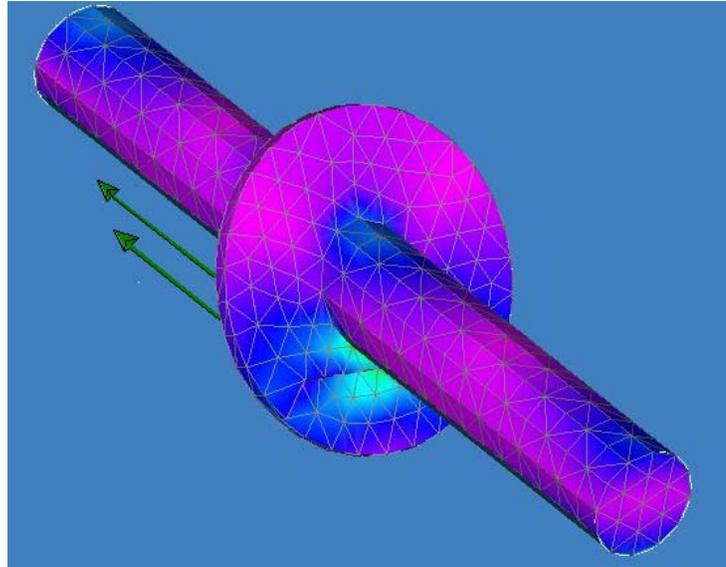


Figura 116. Fuerza Aplicada Sobre el Tornillo Sin Fin.

El proceso de simulación consumió un tiempo promedio de 20 s para cada modelo, en una computadora Pentium II 350 MHz.

Dominadas todas las características y el funcionamiento del mezclador, el tornillo sin fin, el moldeador, la banda sanitaria, el dispensador de empaques y el empaquetador al vacío, que son los elementos que forman parte del sistema, y habiendo realizado un estudio simulado de los componentes críticos, es indispensable fomentar y explicar las medidas necesarias para instalar y mantener todos los equipos, tomando en cuenta la seguridad industrial imprescindible en toda industria.

CAPÍTULO IV

4. MANTENIMIENTO

El mantenimiento se entiende como la acción de reparar y mantener en buen estado de servicio los bienes de equipo, materias primas, (etc.), de una empresa industrial.

Cabe considerar que existen dos tipos de mantenimiento: uno, el tradicional, o corriente, que consiste en la reparación de las averías de poca importancia y corta duración, y otro, el sistemático, caracterizado por un programa de revisiones periódicas en función del tiempo y del servicio.

La experiencia demuestra que la correcta instalación y la inspección regular de las máquinas permite descubrir el grado de obsolescencia y la probabilidad de avería, información que representa una economía de costes de mantenimiento, ya que la reparación puede realizarse en el momento más oportuno, perjudicando mínimamente el ritmo de la producción.

Es importante tener en cuenta el hecho de que una buena instalación y un correcto mantenimiento no son los únicos detalles a tomar en consideración al momento de garantizar el bienestar de una empresa y sus empleados. Es indispensable preservar la higiene y seguridad industrial y respetar las leyes y normativas que ésta establece.

4.1. HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL

La higiene y seguridad industrial es el conjunto de técnicas del campo de la salud ocupacional que tiene por objetivos: anticiparse, reconocer, evaluar y controlar los riesgos que pueden causar enfermedades laborales, facilitar el desarrollo de otros daños a la salud y afectar el medio ambiente y a las comunidades que allí conviven.

4.1.1. PROTECCIÓN CORPORAL

La protección corporal depende de los elementos de seguridad personal e indumentaria esenciales para el desarrollo de todo tipo de actividad [70].

El uso de ropa antiácida, ropa para frío, uniformes, delantales en descarné y lona, protegen el cuerpo del individuo. La protección facial depende de la colocación de anteojos, máscaras faciales y caretas para soldadura. La protección respiratoria se lleva a cabo utilizando máscaras y semimáscaras con filtros intercambiables. La costumbre de llevar cascos, tapones y guantes favorecen una correcta protección craneal, auditiva y manual.

4.1.1.1 Protección Craneal

Para obtener una adecuada protección craneal es necesario disponer de un casco que posea un diseño ergonómico y aerodinámico que evite la adherencia de partículas como agua y

polvo, que tenga un corte ideal para que el protector auditivo quede a la altura indicada, que disfrute de una suspensión de ajuste perfecto, confortable y resistente; y por último, que la longitud de visera permita un ángulo de visión mayor de 45°, superior al límite de rotación máxima del ojo.

✘ Cascos.

Existe la visera tamaño mediano, ideal para trabajos de minería y recintos confinados, mateada en la parte inferior para evitar la reflexión de la luz.

- ♦ Casquete liviano y resistente con 4 puntos de apoyo.
- ♦ Visera frontal tipo Ingeniero.
- ♦ Suspensión compuesta por araña y corona y banda antisudor.



Figura 117. Cascos de Seguridad.

✂ Formas de Suspensiones.

Creadas en un diseño de 6 apoyos y sistema de amortiguación mediante cordón anticontusión, que disminuye la fuerza transmitida en caso de impacto.



Figura 118. Suspensores Tipo Araña y Tipo Corona.

Los suspensores permiten el ajuste integral al tamaño de la cabeza, mediante la prensa-nuca, y las graduaciones laterales de altura de uso. En la parte frontal posee una banda alcohada antisudor.



Figura 119. Suspensores Ajustables.

4.1.1.2 Protección Auditiva

La protección auditiva evita que sonidos de altos decibeles alteren el funcionamiento natural de los oídos, protegiéndolos y permitiendo el desarrollo de cualquier labor sin que se presenten inconvenientes.

✘ Protector auditivo tipo tapón con cordel.

Es fabricado en silicona, con 4 membranas y una excelente acomodación dentro del oído que incrementa los niveles de acentuación. Es de material antialérgico de fácil mantenimiento y duración. Incluye cordel e insertador y estuche tipo llavero.



Figura 120. Protector Auditivo Tipo Tapón con Cordel.

✘ Protector auditivo tipo tapón.

Es realizado en espuma moldeable de amplia utilización en todos los niveles de contaminación auditiva como talleres, punzonadoras, remachadoras, maquinarias neumáticas, cepillos,

caladoras, textileras y petroleras, por su facilidad de uso y no requerir mantenimiento (desechable). Recomendado para lograr atenuaciones en ambientes por debajo de 100 dB, según la frecuencia.

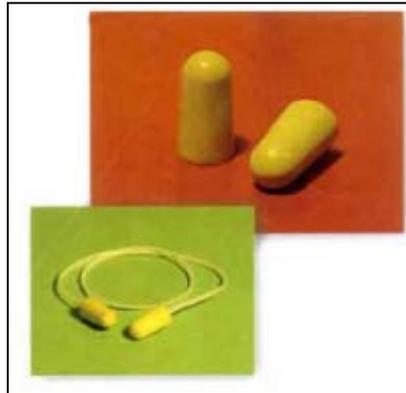


Figura 121. Protector Auditivo Tipo Tapón.

4.1.1.3 Protección Visual

Uno de los órganos más delicados del cuerpo humano son los ojos, ya que ellos sufren con mayor facilidad la existencia de partículas nocivas en el ambiente, por tal motivo es indispensable contar con el equipo adecuado para su protección.

✘ Lentes de múltiples usos para trabajos diversos.

Son utilizados en la industria metalmecánica, herrería, carpintería y todo lo concerniente a protección de los ojos.



Figura 122. Lentes multiuso.

4.1.1.4 Protección Respiratoria

Al respirar, nuestro organismo no sólo recibe el oxígeno necesario para vivir sino que también inhala cualquier partícula o sustancia presente en el medio. Para su protección se necesita contar con un equipo que atrape todas esas partículas evitando su entrada al cuerpo.

✂ Mascarilla desechable.

Es fabricada en poliéster no tejido, liviana, suave, facilita la comunicación utilizando el tono normal de voz. Es resistente a la deformación y al desgaste por la configuración de las fibras y las formas de sus nervaduras. Es excelente en la retención de las partículas.

Es elaborada también en color gris para uso en áreas de trabajo con colorantes o elementos que ensucien rápidamente el color blanco.



Figura 123. Mascarillas Desechables.

4.1.1.5 Indumentaria de Protección Corporal

Una gran cantidad de accidentes laborales ocurren por no utilizar la indumentaria correcta. Esto se puede evitar haciendo obligatorio el uso de ropa y accesorios que protejan el cuerpo del empleado.

✘ Bragas tipo mecánico antiácido.

Las bragas son elaboradas para ofrecer resistencia contra los agentes químicos y poseer un amplio margen de utilización, desde la industria química hasta talleres electromecánicos, entre otros.

Su presentación debe ser

- ♦ En tela antiácido 75% poliéster 25% viscosa .
- ♦ Manga corta o manga larga.
- ♦ Cuatro bolsillos delanteros y un bolsillo trasero, con o sin cierre.
 - ♦ Con botones o cierre delantero tipo slider (apertura en ambos sentidos).
 - ♦ Cerrada a cañón con máquina cañonera de 2 o 3 agujas según requerimiento, en laterales externos de la pieza, entre piernas, hombros y espalda.
 - ♦ El embolsillado y pegado de cierres deben ser elaborados con máquina de costura recta (costura recta simple).
 - ♦ El cuello y el borde de la manga se deben respunpear para darle buena presencia e indeformabilidad. Los bolsillos delanteros y traseros deben ser reforzados en su parte superior con costura presillo en máquina presilladora.



Figura 124. Bragas Tipo Mecánico Antiácido.

4.1.1.6 Protección Manual

Los guantes son prendas utilizadas para cubrir las manos con el fin de protegerlas de sustancias o artefactos que puedan provocar percances que alteren su movilidad o funcionamiento normal.



Figura 125. Guantes para Protección Manual.

4.1.1.7 Calzado

Resguardar y cubrir los pies de los empleados permite prevenir accidentes tales como quemaduras, resbalones o fracturas, que pongan en peligro la seguridad física del personal.



Figura 126. Calzados Utilizados en la Industria.

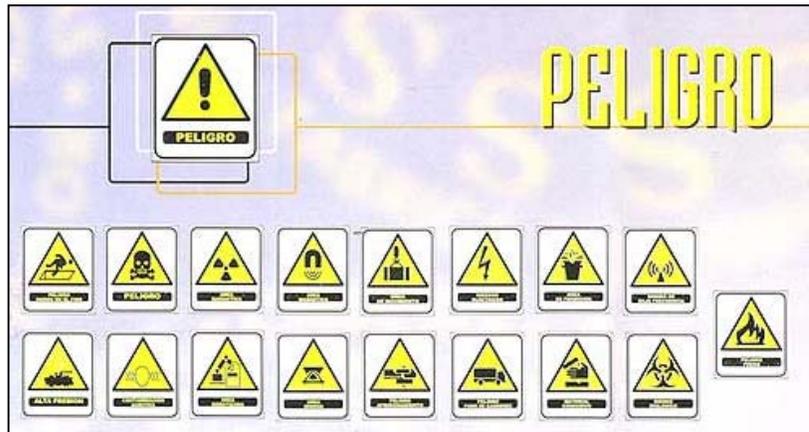


Figura 129. Señalizaciones Indicadoras de Peligro.

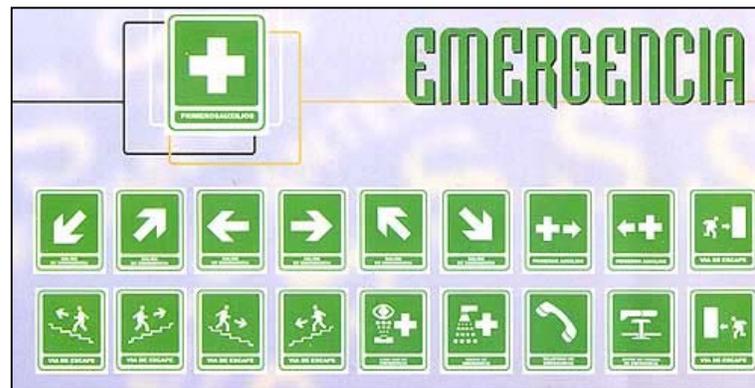


Figura 130. Señalizaciones de Emergencia.



Figura 131. Señalizaciones de Uso Obligatorio.

4.1.3. SISTEMAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN

Los sistemas utilizados con mayor frecuencia en la prevención de accidentes y protección humana son los extintores y las luces de emergencia ya que ambos permiten evitar o disminuir accidentes dentro del campo laboral.

4.1.3.1 Extintores

Los extintores son aparatos creados con la finalidad de apagar incendios. Son ideales para aminorar la crecida de las llamas y disminuir los riesgos de daños mayores.

Se distinguen dos tipos de extintores:

✘ Extintores líquidos.

Consisten en un recipiente resistente y cerrado dividido en varios compartimentos. En uno de ellos hay bicarbonato sódico disuelto en agua y en otro, separado del primero por un cristal, hay ácido clorhídrico o sulfúrico; al efectuar una presión sobre el vástago que sale por uno de los extremos, el cristal se rompe, se mezcla el ácido con la disolución y se forma instantáneamente anhídrido carbónico, que hace salir el agua a presión por la boquilla del aparato.



Figura 132. Extintor Líquido.

✘ Extintores secos.

Consisten en un recipiente lleno de sustancias extintoras que, impulsadas al exterior por diversos métodos, cubren la materia encendida con una capa de partículas que impiden el acceso del aire. Tales sustancias pueden ser: anhídrido carbónico, hidrocarburos halogenados y tetracloruro de carbono, en particular, que en forma de espuma muy densa sofoca definitivamente

cualquier clase de incendio, su uso, no obstante, es peligroso, ya que sus vapores son tóxicos.



Figura 133. Extintores Secos.

4.1.3.2 Luces de Emergencia

Las luces de emergencia son los sistemas de prevención más utilizados en el ámbito mundial ya que, permiten mejorar el desplazamiento de los empleados u obreros en caso de eventualidad dentro de una empresa o local.



Figura 134. Luces de Emergencia.

4.2. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA PROCESADOR DE TAMARINDO DESCASCARADO

El sistema procesador de tamarindo descascarado posee las siguientes partes:

- ✘ Tanque para melaza.
- ✘ Mezclador helicoidal.
- ✘ Tornillo sin fin.
- ✘ Molde.
- ✘ Banda transportadora.
- ✘ Dispensador de empaques.
- ✘ Empaquetadora al vacío.

Los componentes de la máquina se clasificaron de acuerdo a las posibilidades técnicas y económicas que existan para repararlo, siendo divididos en desechables y conservables. A continuación se establecen las partes por categoría.

TABLA N°27. CLASIFICACIÓN DE LAS PIEZAS DEL SISTEMA

N°	Nombre de la pieza	Conservables	Desechables
1	Eje helicoidal y tornillo sinfin	✓	
2	Rodamientos		✓
3	Motores		✓
4	Reductores		✓
5	Banda transportadora	✓	
6	Molde rectangular	✓	
7	Cilindro de corte		✓
8	Pistones neumáticos		✓
9	Generador de vacío		✓
10	Compresor	✓	
11	Controlador o PLC		✓

Los criterios que se tomaron en cuenta para clasificar los equipos en desechables o conservables fueron los siguientes:

- ✘ Costo de fabricación.
- ✘ Rentabilidad de mantenimiento.
- ✘ Posibilidad de intervención.
- ✘ Existencia en el mercado.
- ✘ Ejecución del mantenimiento.

4.3. MANTENIMIENTO DEL EQUIPO

El mantenimiento del equipo se comienza a realizar en cada una de sus partes, las cuales son revisadas al finalizar un día de sesión de trabajo, de manera que los equipos esten listos para una nueva fase de procesamiento. La descripción del mantenimiento de los equipos clasificados anteriormente como conservables se presenta a continuación:

✘ Eje helicoidal y Tornillo sin fin.

La limpieza de estos equipos se realiza sin desinstalarlos de su posición utilizando agua a presión, para de esta forma eliminar la pasta de su superficie, igualmente para el tanque y la carcasa de ambos se realiza el mismo procedimiento. El compresor posee una toma de aire auxiliar donde se conecta una manguera con un pico para secar estos componentes.

✘ Banda transportadora.

Debido a que la panela de tamarindo es transportada sin empaque sobre la superficie de la banda quedan pocos restos de pasta sobre la misma. Su limpieza se realiza con agua y jabón eliminando el resto con un paño húmedo para luego secar con aire.

✘ Molde Rectangular.

Se extrae de la carcasa liberando el pasador de la horquilla del pistón neumático de corte, su limpieza se realiza con agua para luego secar con aire.

✖ Compresor.

Es indispensable chequear constantemente las tomas de aire para evitar fuga, ya que generaría un funcionamiento irregular que puede traer como consecuencia una alta disminución de su vida útil.

Es vital para el correcto funcionamiento del sistema seleccionado tomar en cuenta las normas de higiene y seguridad no sólo aplicables al personal obrero sino a todos los equipos que están presentes en el proceso. Se debe tomar en cuenta la clasificación de las piezas del sistema de modo que se pueda realizar un mantenimiento preventivo que evite paradas forzosas en la producción.

Conocidas todas las características necesarias para diseñar el sistema es indispensable determinar que tan rentable puede ser su construcción, realizando para ello un estudio de factibilidad económica.

CAPÍTULO V

5. PRODUCCIÓN Y FACTIBILIDAD ECONÓMICA

Conocer la cantidad de panelas de tamarindo que se produce actualmente es un factor indispensable al momento de determinar si es rentable la construcción del sistema ya que, lo que se espera lograr con su creación es aumentar dicha producción y mejorar las condiciones de trabajo. Para alcanzar este cometido se debe estudiar si la fabricación de dicho sistema es factible, o sea, que a corto plazo la inversión se recupere, se generen ganancias y se creen mejoras en este sector alimenticio.

5.1. PRODUCCIÓN

La producción es conocida como la capacidad del hombre de transformar un elemento, que en el proceso pierde su identidad, para convertirlo en un producto, tomando en cuenta el tiempo, la técnica y la continuidad presentes en su elaboración.

La fabricación de panelas de tamarindo ha sido realizada hasta estos momentos en forma artesanal obteniendo resultados si no bien satisfactorios, muy eficientes para las condiciones en que se realiza. Estimando la producción que se generaría con la creación del sistema es más fácil determinar que tipo de técnica es la más adecuada para el procesamiento de este producto.

5.1.1. PRODUCCIÓN MANUAL

La producción manual o artesanal labora con grandes cantidades de tamarindo pero como este proceso es llevado a cabo con técnicas rudimentarias, ni el tiempo ni la proporción son suficientes para abastecer al mercado nacional. El proceso artesanal emplea cinco (5) personas.

El tiempo que demora la realización de una panela en forma artesanal es de 130 s, lo cual demuestra que ni siquiera en un minuto se puede elaborar una panela completa.

En una hora se producen 28 panelas, en un día 196 panelas, en una semana 980 panelas y en un año se procesan 45.080 panelas lo que se reduce a 22.540 Kg. anuales.

5.1.2. PRODUCCIÓN ESTIMADA

La producción estimada es basada en la creación del sistema. Se espera trabajar con cantidades mucho mayores a las utilizadas en el mercado artesanal. El sistema procesador emplea tres (3) personas. Los valores de tiempo que se presentan fueron calculados dependiendo del equipo.

El tiempo que demora la realización de una panela en forma mecánica es de 15 s, elevando la producción a 4 panelas por minuto.

En una hora se producen 240 panelas, en un día 1.680 panelas, en una semana 8.400 panelas y en un año se procesan 386.400 panelas lo que se reduce a 193.200 Kg. anuales.

5.1.3. TIEMPO DE PRODUCCIÓN DE UNA PANELA DE TAMARINDO

El tiempo de producción de una panela de tamarindo se toma desde el momento en que la pasta cae dentro del molde para adquirir su forma. Dicho tiempo en el sistema se establece de la siguiente forma:

✘ Moldeo.

- ❖ Tiempo de llenado: 3,75 s.
- ❖ Tiempo de vaciado: 3,75 s.

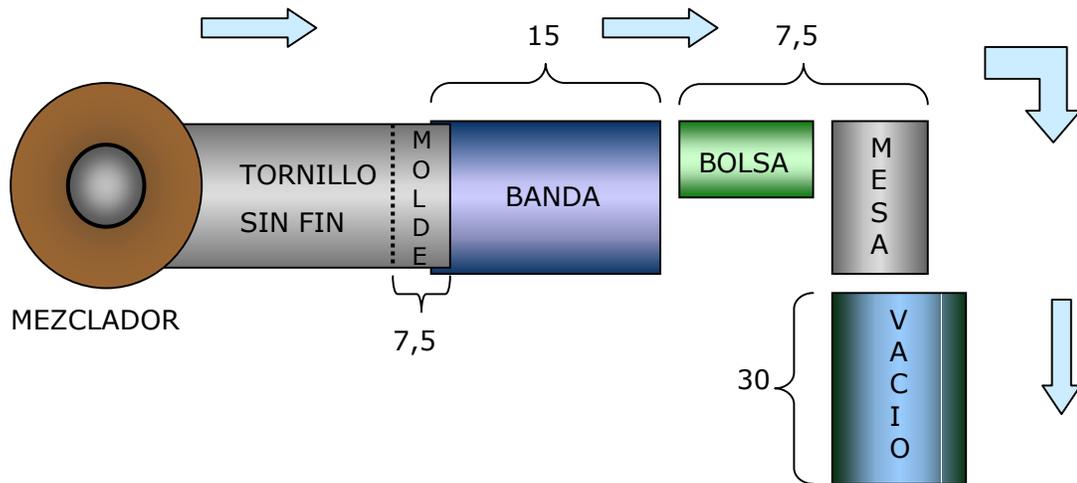
✘ Banda Sanitaria.

- ❖ Recorre 1,10 m en 15 s.
- ❖ Introducir la panela en la bolsa y colocarla en la mesa 7,5 seg. (incluidos dentro de los 15 s. de recorrido de la banda)

✘ Empaquetado.

- ❖ Cada panela se realiza en 7,5 s.
- ❖ Sacar las panelas de la empaquetadora y volver a llenarla 7,5 s.

Cada hora se consumen 2 sacos, o sea, un (1) saco de 60 Kg. cada 30 min. Entre cada 12 y 15 min. Se debe agregar un nuevo saco.



[seg.]

Figura 135. Tiempo de Recorrido de la Panela en los Equipos del Sistema.
(Las flechas azules representan el recorrido de la panela).

5.2. FACTIBILIDAD ECONÓMICA

La finalidad de realizar una factibilidad económica es determinar si es rentable la construcción del sistema procesador de tamarindo descascarado, basándose en presupuestos donde se especifican los costos de los equipos tomando en cuenta el tiempo de construcción de cada uno. Teniendo estas dos variables, las cuales determinan el costo total del sistema, es posible hacer una comparación con el costo de procesar tamarindo artesanalmente.

Con la realización de dicha comparación se determina si es factible o no construir un sistema para procesar tamarindo descascarado en forma de panelas (anexo 29).

5.2.1. COSTOS DE PRODUCCIÓN

Los datos de costos de producción de la panela en forma artesanal y en forma mecánica se presentan a continuación:

Los valores del costo artesanal provienen de una entrevista realizada a un productor independiente de panelas de tamarindo.

Los valores del costo mecánico (sistema procesador) provienen de un análisis de proyecto industrial de una planta procesadora de tamarindo descascarado.

✘ Costo de procesar 1 Kg (2 panelas) de tamarindo.

❖ Artesanal: Bs 500

❖ Mecánico: Bs 900

✘ Precio de venta en fábrica.

❖ Artesanal: Bs 900

❖ Mecánico: Bs 1.900

✘ Precio consumidor final.

❖ Artesanal: Bs 1.200

❖ Mecánico: Bs 3.800

5.2.2. TIEMPO DE PROCESAMIENTO

Artesanalmente se procesa 1 Kg de tamarindo en 4 ½ minutos aproximadamente (260 segundos), este tiempo se toma desde que se forma la panela hasta que se envuelve.

Mecánicamente se procesa 1 Kg de tamarindo en ½ minuto aproximadamente (30 segundos), tomado este tiempo desde que se forma la panela hasta que es envuelta.

5.2.3. ENVOLTORIO

La panela actual es envuelta en plástico del tipo envoplast, lo cual hace que el producto este expuesto a cuerpos extraños provenientes del medio ambiente.

La panela del proyecto es envuelta en empaque predeterminado de plástico para aplicación al vacío, lo cual hace que el producto quede aislado del ambiente externo evitando que se contamine y logrando una durabilidad mucho mayor.

5.2.4. MATERIA PRIMA

La capacidad de materia prima para procesar oscila entre 180 y 200 toneladas al año, esta cantidad de tamarindo se puede conseguir en el mercado nacional y es en promedio lo que puede adquirir Distribuidora Gonzalez Vera.

De la cantidad mencionada anteriormente solo se pueden procesar artesanalmente 22.540 Kg, habiendo un deficit entre un 87,47% y 88,73% en la producción de panelas.

Para cubrir el deficit de producción se aumenta el procesamiento de tamarindo en forma mecánica, llegando hasta la cantidad estimada de 193.200 Kg.

Los resultados de cantidades de materia prima y porcentajes de producción están basados en un (1) año formado por cuarenta y seis (46) semanas, cada una de cinco (5) días, con siete (7) horas de trabajo diario.

5.2.5. COSTO TOTAL DEL SISTEMA

El costo total del sistema procesador es Bs 8.250.000.

La relación de producción entre la forma mecánica y la artesanal es de 8.6 : 1, es decir, que cuando se procesa 1 panela de tamarindo artesanalmente con 6 personas en su elaboración, paralelamente se procesan 8.6 panelas , la factibilidad está basada

en comparar la producción artesanal y mecánica, de manera que se conozca en cuanto tiempo se recupera la inversión.

El costo de fabricación de forma mecánica es Bs 900 por Kg, teniendo en cuenta que el precio de venta de distribución es de Bs 1.900 y el precio de venta final (consumidor) es de Bs 3.800 se obtiene una ganancia por kilogramo procesado de Bs 1.000 la cual proviene de la venta en fábrica. La razón de observar esta ganancia es que de forma artesanal la venta del producto es a nivel de distribución.

Tomando en cuenta que un 10% de la ganancia por kilogramo es destinado a recuperar la inversión inicial, se tiene que Bs 100 es el valor final que se estima para el cálculo de la factibilidad.

Situando como punto de partida para la realización de la factibilidad la venta a nivel de distribución y conociendo el tiempo de recuperación de la inversión se tiene:

- ✘ Costo del sistema procesador: Bs 8.250.000
- ✘ Tiempo de construcción estimado y puesta a punto: 120 días.
- ✘ Tiempo estimado para recuperar la inversión: 99 días.
- ✘ Tiempo total : 219 días.

Considerando un mes de 22 días, la inversión inicial se recupera en aproximadamente 10 meses desde que se inicia la construcción hasta su funcionamiento.

Se puede decir que en 10 meses se recupera la inversión inicial, mientras se reduce personal y se aumenta la producción 8.6 veces, lo que implica un ahorro a corto plazo, a la vez que se moderniza una labor hasta ahora realizada en forma artesanal, a un bajo costo.

CAPÍTULO VI

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las secciones de este trabajo especial de grado que requieren una discusión y un análisis de resultados son los valores provenientes de la simulación y los resultados obtenidos en la factibilidad económica.

6.1. SIMULACIÓN

Para analizar los resultados de la simulación debe establecerse algún criterio acerca del mecanismo de falla del material que haga posible establecer los efectos de los estados de esfuerzo en el material. Con este fin se toma el criterio de Von Mises.

El criterio de Von Mises es continuamente utilizado en modelos numéricos para identificar las zonas críticas o las zonas con mayores sollicitaciones mecánicas. Se establece entonces como criterio de trabajo la comparación de las tensiones de límite de fluencia con los valores obtenidos para los esfuerzos sobre el modelo. Es importante destacar que el criterio de Von Mises se adapta al estudio del comportamiento de materiales dúctiles como lo es el acero AISI 304.

A continuación se presentan los resultados de las piezas estudiadas.

6.1.1. CILINDRO DE CORTE

El resultado del modelo de esta pieza muestra un esfuerzo máximo de 0,261 MPa que se presenta en la zona de contacto entre el cilindro y los soportes.

El esfuerzo obtenido está muy por debajo del esfuerzo de fluencia del material por lo que no se espera que este falle por esta causa.

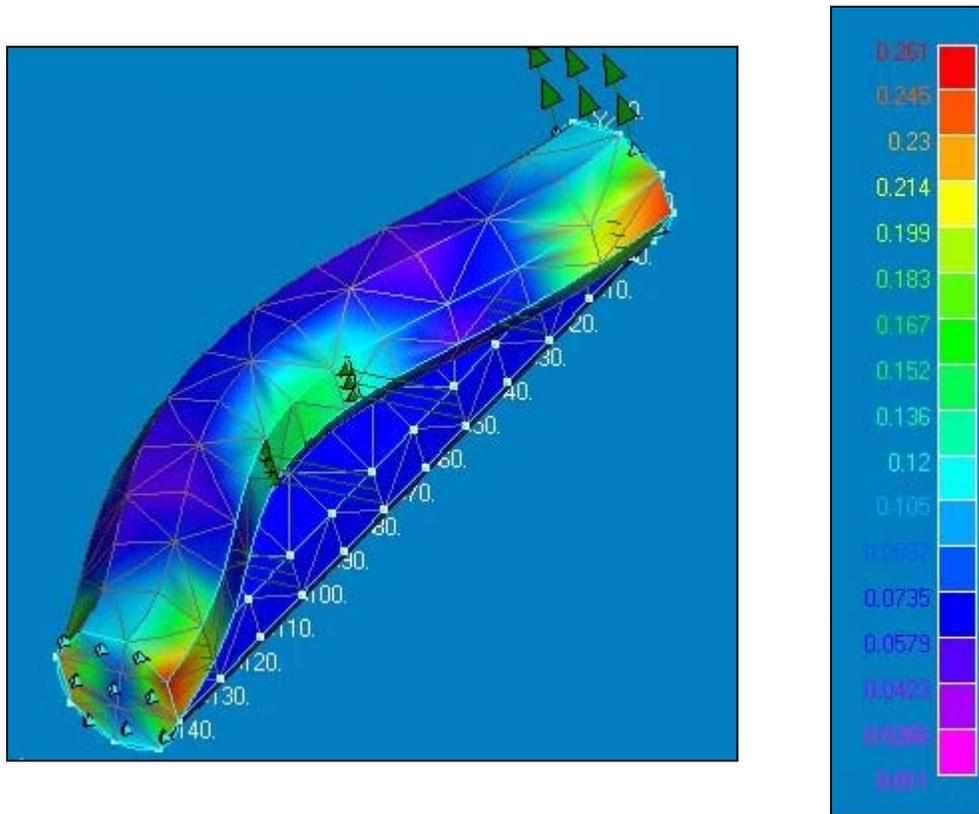


Figura 136. Distribución de Esfuerzos de Von Mises en el Cilindro de Corte (Mpa).

6.1.2. SOPORTES

El resultado del modelo de esta pieza muestra un esfuerzo máximo de 1,52 MPa el cual ocurre en la periferia del disco que conforma al soporte, en la zona por donde pasa el vector de la fuerza resultante que actúa sobre el modelo.

Nuevamente el valor del esfuerzo predice que no ocurrirán fallos por fluencia del material. Las deformaciones mostradas por el análisis indican que es posible que con el tiempo los soportes puedan adquirir la forma expuesta en la figura 138.

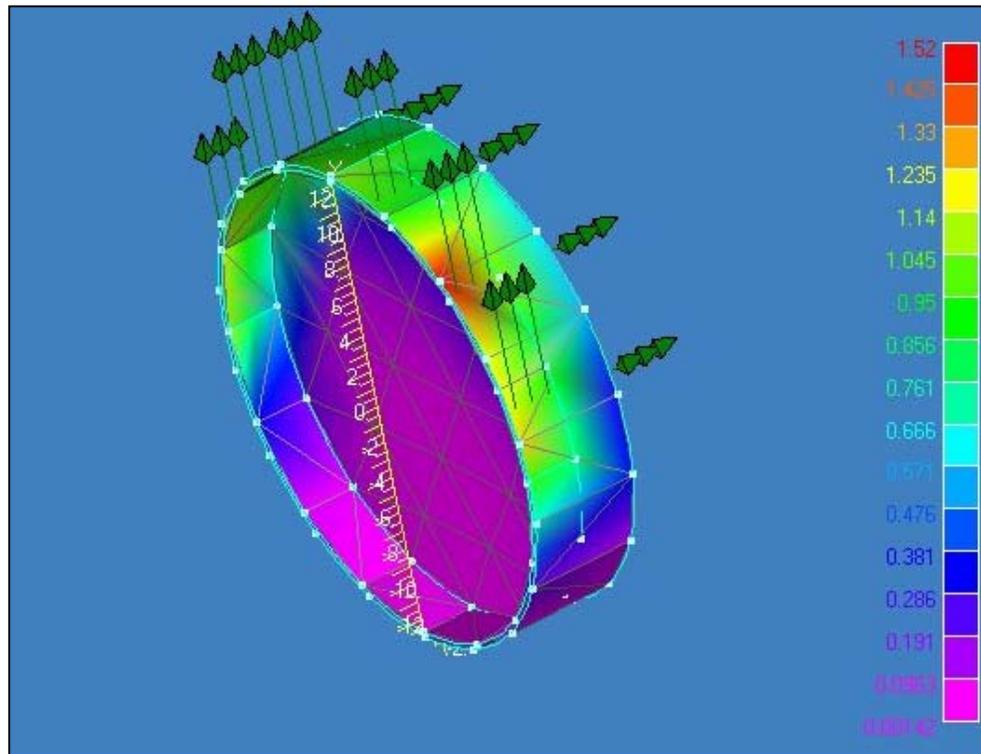


Figura 137. Distribución de Esfuerzos de Von Mises en los Soportes del Cilindro de Corte (Mpa).

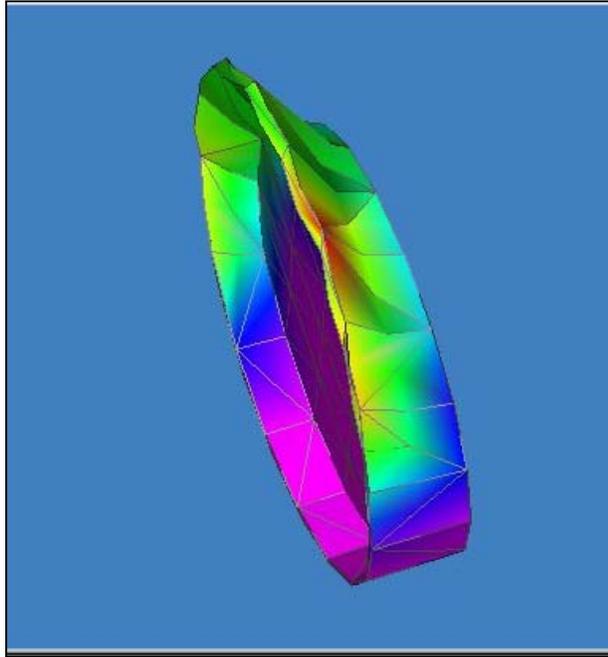


Figura 138. Deformación de los Soportes del Cilindro de Corte.

6.1.3. CARCASA DEL MOLDE

El análisis de esta pieza muestra un esfuerzo máximo de 0,528 MPa el cual ocurre en la zona de contacto del soporte con la carcasa del molde.

El esfuerzo obtenido nuevamente se ubica en valores en los que no se espera que se deforme plásticamente.

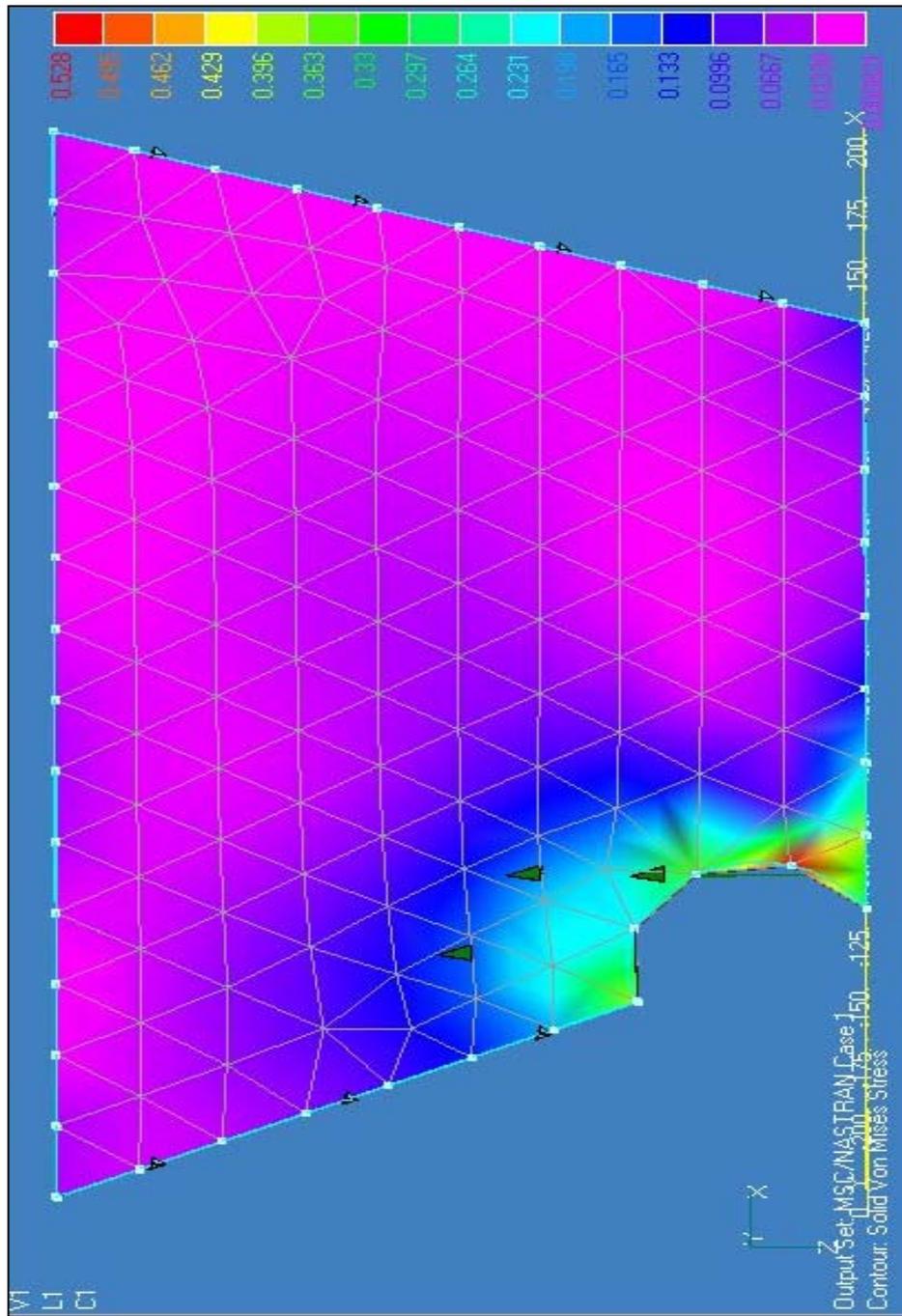


Figura 139. Distribución de Esfuerzos de Von Mises en la Carcasa del Molde (Mpa).

6.1.4. TORNILLO SIN FIN

El resultado del modelo de esta pieza, el cual fue simplificado a una sección del cilindro con su respectiva parte de la espira muestra un esfuerzo máximo de 0,195 MPa que se presenta en la zona de contacto entre la espira y la pasta de tamarindo. La razón de tomar sólo una sección es que en la zona de descarga del tornillo se concentra la mayor cantidad de pasta debido a la presión que se genera por ser la parte final del mismo, propiciando la acumulación del producto entre la espira final y la pared del tornillo.

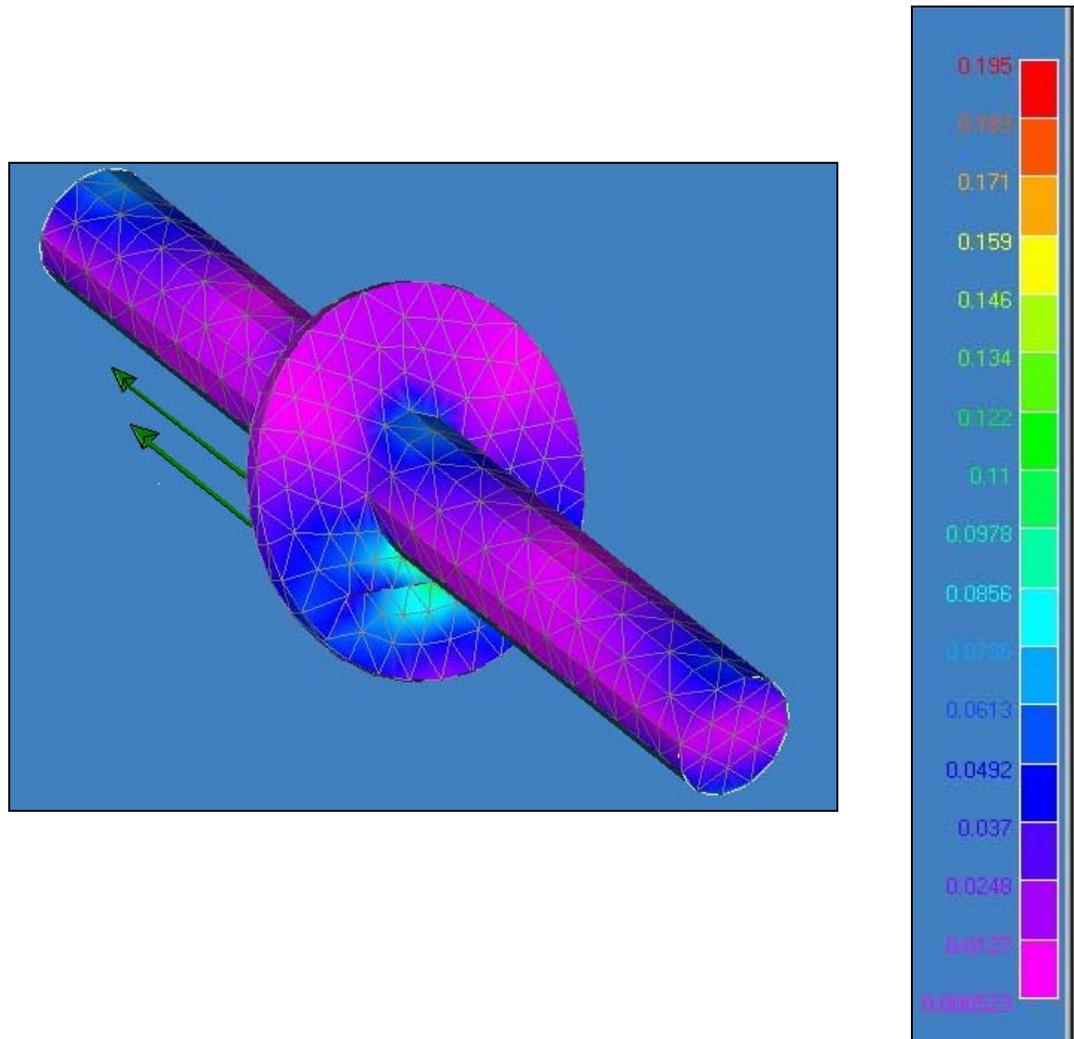


Figura 140. Distribución de Esfuerzos de Von Mises en el Tornillo Sin Fin. Vista Frontal.

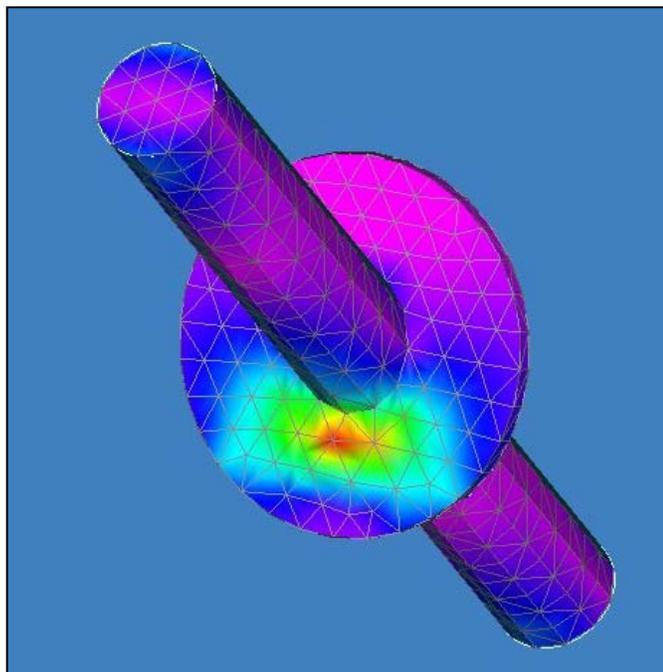


Figura 141. Distribución de Esfuerzos de Von Mises en el Tornillo Sin Fin. Vista Posterior.

Los cuatro análisis tienen en común presentar un valor de esfuerzo relativamente muy bajo y una distribución de los mismos que están acordes con el funcionamiento de las piezas. Es importante destacar que sólo se pueden comparar numéricamente, para el cilindro de corte, los resultados de la simulación con los obtenidos en la sección 3.5.3. No se realizaron cálculos en el capítulo 3 para las otras piezas ya que a partir de la comparación realizada para el cilindro de corte se establecieron los resultados de la simulación como referencia.

A partir de la distribución de los esfuerzos puede ser importante tomar en cuenta las zonas donde se concentran al momento de estudiar la posibilidad de corrosión sobre el acero favorecida por esta condición.

6.2. FACTIBILIDAD ECONÓMICA

La gran diferencia que se observa entre la producción manual y la estimada refleja la importancia de crear e implementar en las empresas dedicadas a esta labor el sistema procesador, ya que no sólo aumenta la producción 8.6 veces más y la rentabilidad si no que favorece el procesamiento de la fruta, crea un incremento en la eficiencia con el aumento de la velocidad de la línea de producción, disminuye la cantidad de operadores para agilizar el proceso y se reducen los costos utilizando equipos de bajo mantenimiento. Es importante destacar que la inversión se recupera en un lapso de 10 meses.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo de grado se logró diseñar un sistema procesador que mezcla, moldea y empaca en panelas, tamarindo descascarado, aplicando tecnologías y conocimientos en el área del diseño adaptados a los requerimientos de la empresa Distribuidora González-Vera C.A.

En términos generales se puede especificar que:

Se investigaron y determinaron los elementos mecánicos, tomando en cuenta tanto los materiales como las herramientas, y los elementos humanos como, la cantidad de personas involucradas en la mano de obra y el incumplimiento de las normas sanitarias básicas de trabajo con alimentos, en el local donde se realiza la panela de tamarindo en forma artesanal, confirmando de esta manera la insalubridad y lo rudimentario de esta técnica.

El estudio realizado concerniente a la fruta de tamarindo demostró, gracias a sus propiedades observadas en los análisis físico-químico y reológicos, que los materiales utilizados en la elaboración del diseño se adaptan a sus características.

La recolección de información acerca de elementos mecánicos semejantes en funcionamiento a los creados en el sistema, se amoldó a las características del procesamiento de la fruta.

El diseño presentado es un mezclador helicoidal cónico, un moldeador y un empaquetador adaptados a las características físico químicas de la fruta, comprobó que se pueden elaborar se panelas de tamarindo descascarado de ½ kilogramo.

La creación de esquemas de las maquinarias que caracterizan los procesos del sistema se realizó y presentó a lo largo del trabajo, exponiéndose los criterios que justifican los elementos, dimensiones y componentes del mismo.

El estudio presentado de un sistema que mezcla, moldea y empaca tamarindo descascarado en forma de panelas, verificó que es posible la realización de su diseño

El estudio de factibilidad económica realizado mostró el costo de los equipos presentes en el sistema y lo rentable que resulta la construcción del procesador.

RECOMENDACIONES

- ✘ Diseñar un equipo que descascare el tamarindo con la finalidad de completar y mejorar las funciones del sistema procesador.

- ✘ Automatizar todos los procesos que forman parte del sistema con el objetivo de mejorar la continuidad de la producción

- ✘ Desarrollar proyectos donde se diseñen y construyan equipos en los cuales se procesen frutos nacionales, con la finalidad de aumentar las exportaciones de los productos de nuestro país.

- ✘ Fomentar el uso de programas de simulación numérica para el diseño de maquinaria dentro de los parámetros que se exigen en la realización de un trabajo especial de grado fundamentado en técnicas de diseño ya que, estas permiten determinar el comportamiento de piezas mecánicas indicando los puntos de posibles fallas en su funcionamiento.

BIBLIOGRAFIA

1. ALFONSO, I., "Técnicas de Investigación Bibliográficas". 2ª Edición, Contexto-Editores, Caracas, Venezuela, 1.984. 208 pág.
2. AVALLONE, E. y Baumeister, T., "MARKS. Manual del Ingeniero Mecánico", 9ª Edición, Mc Graw-Hill, México, 1.997, 2.200 pág.
3. BACHMANN, A., Forberg, R., "Dibujo Técnico". 2ª Edición Editorial Labor, España, 1.968, 196 pág.
4. BRESLER, B., "Diseño de Estructuras de Acero". 3ª Edición. Editorial Limusa, Estados Unidos de América, 1.978, 926 pág.
5. BROWN, F., "Principios de Redacción", 2ª Edición, Ediciones ABCD, Caracas, Venezuela, 1.985, 326 pág.
6. CARNICER ROYO, E., "Aire Comprimido; Neumática Convencional", Editorial Gustavo Gili, España, 1.980, 456 pág.
7. Catálogo 1.135 R, "JEFFREY SCREW CONVEYORS", Estados Unidos de América, 1.990, 78 pág.
8. Catálogo FESTO NEUMATIC, "El Catálogo de Neumática, Programa de Fabricación", Estados Unidos de América, 1.999, 156 pág.

9. CORRIPIO, F., "Diccionario Práctico de Sinónimos y Antónimos", Ediciones Larousse, España, 1.988, 420 pág.
10. C.V.G. Siderúrgica del Orinoco, C.A. (SIDOR), "Catálogo de Productos", Caracas, Venezuela, 1.980, 124 pág.
11. ECO, U., "Cómo se Hace una Tesis", Ediciones Gedisa, Argentina, 1.982, 129 pág.
12. ERNEST, H., "Aparatos de Elevación y Transporte". Editorial Blume, España, 1.972, volumen I.
13. FAIRES, M., "Diseño de Elementos de Máquinas", Editorial Montaner y Simón, España, 1.970, 623 pág.
14. FITZGERALD, A., "Fundamentos de Ingeniería Eléctrica, Circuitos, Máquinas, Electrónica y Control". 2ª Edición, Mc. Graw-Hill, Estados Unidos de América, 1.965, 1.156 pág.
15. GÓMEZ A., E. y Rachadell E., F., "Manejo de Materiales", Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial, Venezuela, 2.000, 452 pág.
16. IGNOTO C., V., "Soldadura para Ingenieros", Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de los Materiales, Caracas, Venezuela, 2.000, 506 pág.

17. JOHNSTON, B., "Diseño Básico de Estructuras de Acero". 2ª Edición, Prentice Hall Hispanoamericana, México, 1.988, 826 pág.
18. MARTINEZ, A., "Criterios Fundamentales para Resolver Problemas de Resistencia de Materiales", Ediciones Equinoccio, Venezuela, 1.985, 587 pág.
19. Mechanical Desktop, tutorial and user's, Editorial Autodesk, Inc. Estados Unidos de América, 1.998, 592 pág.
20. MORAND, M., "Tratado Práctico de la Técnica del Vacío", Ediciones Urmo, España, 150 pág.
21. MOTT, R., "Diseño de Elementos de Máquinas", 2ª. Edición, Prentice Hall Hispanoamericana S.A., México (DF), 1.995, 787 pág.
22. Nastran 4.5 for Windows. User's guide. Editorial The MacNeal-Schwendler Corporation, Estados Unidos de América, 1.999, 354 pág.
23. NIEMANN, G., "Tratado Teórico-Práctico de Elementos de Máquinas", Editorial Labor S.A., España, 1.967, 652 pág.
24. NORTON, R., "Diseño de Maquinaria", Editorial Mc. Graw-Hill, México, 1.995, 816 pág.

25. PORRAS C., A. y Montanero, A., "Autómatas Programables", Mc. Graw-Hill Book, España, 1.991, 452 pág.
26. Pro/Engineer, fundamentals of design, training guide, Editorial Autodesk, Inc. Estados Unidos de América, 2.000, 331 pág.
27. REGUERA G., A., "Determinación de las Características de Mezcla en Tanques con Agitación", Universidad de Santiago de Compostela, Facultad de Ciencias, Departamento de Química Técnica, España, 1.975, 166 pág.
28. ROLDAN V., J., "Neumática, Hidráulica y Electricidad Aplicada", 2ª. Edición, Editorial Paraninfo, España, 1.991, 620 pág.
29. SAVGORODNY V. K., "Transformación de Plásticos", Editorial Gustavo Gili, España, 1.978, 78 pág.
30. SEIB, J., "Maquinas de Elevación Y Transporte", Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de ingeniería Mecánica, Caracas, Venezuela, 1.974, 624 pág.
31. SHIGLEY, J. y Mischke C., "Diseño en Ingeniería Mecánica" 5ª Edición, McGraw Hill, México, 1.997, 883 pág.
32. TAHA, H., "Investigación de Operaciones", 2ª Edición, Editorial Alfaomega, México, 1.991, 986 pág.

33. TARGHETTA A., "Transporte y Almacenamiento de Materias Primas en la Industria Básica",. Editorial Blume, España, 1.970, 489 pág.
34. WILLIAMS & HARRIS., "Diseño de Estructuras Metálicas". 7ª Edición, Compañía Editorial Continental, México, 1.973, 795 pág.
35. ZIENKIEWICZ, O. C. y Taylor, R. L., "El Método de los Elementos Finitos". Editorial McGraw Hill, CIMNE, España, 1.994, Capítulo 1. 1-18 pág.

✂ Páginas Web

❖ Mezcladores

36. http://www.candigra.com/index_es.html
37. <http://www.casaherrera.com/trigo.htm>
38. <http://www.cosmos.com>.
39. <http://www.dosamix.com.ar/>
40. <http://www.tecnodinamica.it/infos.htm>
41. <http://www.servivac.com>

❖ Tornillo

42. <http://www.cosmos.com>.
43. <http://www.daumaq.com.ar/equipos2.htm>
44. <http://www.disbumad.es/empresas/alvalut>
45. <http://www.grupokoneko.com/transporte.html>
46. <http://www.mahaneq.com>
47. <http://www.omega-lubricantes.com.mx.HTM>
48. <http://www.talmet.cl/VMARIPO.HTM>
49. <http://www.turbosol.com/spagnolo/macchine/sottofondi/hp20.htm>

❖ Bandas

50. <http://www.alcorai.net/fonmar/sp04b.htm>
51. <http://www.bandas.com.mx/>
52. <http://www.bollini.com/transmi.htm>
53. http://www.campbelt.com/frametop_ct.html
54. <http://www.cbmbandas.com/btransporte.htm>
55. <http://www.finsaspain.com/bandas.htm>
56. <http://www.goodyearpi.com.mx/transportadoras.html>

❖ Sistemas Neumáticos

57. <http://www.cimatica.es.htm>
58. <http://www.citizens.eu.int/HyperNews/get/forums>
59. http://www.jrcontroles.com/html/cap_cursos.html

60. <http://www.neumaticadelcaribe.com.co/>

❖ Simbología Neumática

61. <http://www.dagostini.it/patclass/fluid/fluid>

62. <http://www.neumaticadelcaribe.com.co/>

63. <http://www.smcaus.com.au/branches/samerica.html>

❖ Motores

64. <http://www.agp.com.co/reductores/engranajesconicos.html>

65. <http://www.belray.cl/pag/p.brc.pag.contacto2.HTM>

66. <http://www.dent-all.com/index.html>

67. <http://www.lentax.com/frprod5.htm>.

68. <http://www.omega-lubricantes.com.mx.HTM>.

69. <http://www.turbosol.com/spagnolo/vantaggi/pompaggio.htm>

✂ Higiene y seguridad Industrial

70. <http://www.seguritex.com>

✂ Software

- ♦ Mechanical Desktop 3 for Windows NT. Autodesk Inc., 1999.

- ♦ Nastran 4.5 for Windows NT. MSC. Software Corp., 1999.
- ♦ Proengeniering 2000i for Windows NT. Parametric Technology Corp., 2000.

ANEXOS

ANEXO 4.

CARACTERISTICAS QUIMICAS Y MECANICAS TYPICAS DE LOS ACEROS INOXIDABLES

Tipo AISI	C (%) máx.	Mn (%) máx.	Si (%) máx.	P (%) máx.	S (%) máx.	Cr (%) rango	Ni (%) rango	Mo (%) rango	Otros (%)	Limite Elástico (kg/mm ²) mín.	Carga Rótula (kg/mm ²) mín.	Alargamiento (%) mín.	Dureza (HB) máx.
301	0,15	2,00	1,00	0,045	0,030	16-18	6-8	—	—	21	52	40	202
304	0,08	2,00	1,00	0,045	0,030	18-20	8-10,5	—	—	21	52	40	202
304L	0,03	2,00	1,00	0,045	0,030	18-20	8-12	—	—	18	49	40	183
304H	0,04-0,10	2,00	1,00	0,045	0,030	18-20	8-10,5	—	—	21	52	40	202
309	0,20	2,00	1,00	0,045	0,030	22-24	12-15	—	—	21	52	40	217
309S	0,08	2,00	1,00	0,045	0,030	22-24	12-15	⊥	—	21	52	40	217
310	0,25	2,00	1,50	0,045	0,030	24-26	19-22	—	—	21	52	40	217
310S	0,08	2,00	1,50	0,045	0,030	24-26	19-22	—	—	21	52	40	217
312	0,03	2,00	1,00	0,045	0,030	24-26	5,5-6,5	1,2-2	$N = 0,14 - 0,20$	46	70	25	220
316	0,08	2,00	1,00	0,045	0,030	16-18	10-14	2-3	—	21	52	40	217
316L	0,03	2,00	1,00	0,045	0,030	16-18	10-14	2-3	—	18	49	40	217
316H	0,04-0,10	2,00	1,00	0,045	0,030	16-18	10-14	2-3	—	21	52	40	217
316Ti	0,08	2,00	1,00	0,045	0,030	16-18	10-14	2-3	$Ti \geq 5 \times C$	21	52	40	217
317	0,08	2,00	1,00	0,045	0,030	18-20	11-15	3-4	—	21	52	35	217
317L	0,03	2,00	1,00	0,045	0,030	18-20	11-15	3-4	—	21	52	40	217
321	0,08	2,00	1,00	0,045	0,030	17-19	9-12	—	$Ti \geq 5 \times C$	21	52	40	217
321H	0,04-0,10	2,00	1,00	0,045	0,030	17-19	9-12	—	$Ti \geq 4 \times C$	21	52	40	217
329	0,08	1,00	0,75	0,040	0,030	23-28	2,5-5	1-2	—	49	63	15	271
347	0,08	2,00	1,00	0,045	0,030	17-19	9-13	—	$Nb + Ta \geq 10 \times C$	21	52	40	202
347H	0,04-0,10	2,00	1,00	0,045	0,030	17-19	9-13	—	$Nb + Ta \geq 8 \times C$	21	52	40	202
348	0,08	2,00	1,00	0,045	0,030	17-19	9-13	—	$Nb + Ta \geq 10 \times C$ $Ta \leq 0,10$	21	52	40	202
405	0,08	1,00	1,00	0,040	0,030	11,5-14,5	—	—	$Al = 0,10 - 0,30$	18	42	20	183
410	0,15	1,00	1,00	0,040	0,030	11,5-13,5	—	—	—	21	45	20	217
410S	0,08	1,00	1,00	0,040	0,030	11,5-13,5	—	—	—	21	42	22	183
430	0,12	1,00	1,00	0,040	0,030	16-18	—	—	—	21	45	22	183
446	0,20	1,50	1,00	0,040	0,030	23-27	—	—	$N \leq 0,25$	28	52	20	217

ANEXO 5.1.

TABLA AT 4 PROPIEDADES TÍPICAS DE

Notas: (a) Coeficiente de dilatación térmica a temperatura próxima a la del ambiente, máxima de los materiales 403, 410 y 416 están dados por $s_u = 351 + 32,70$ (NDB), en kg/cm^2 y del trabajado en frío. (d) Trabajado en frío, plena dureza. (e) Los límites de fatiga para kg/cm^2 (160 ksi) aproximadamente $^{[2-18]}$. (f) Varía algo según el estado: recocido, trabajado $G \approx 745\ 250\ \text{kg/cm}^2$ (o bien $G \approx 10,6 \times 10^6$ psi). (g) Tira de 1,48 mm (0,058 pulgadas). Republic Steel TH 1050; $s_{u\ \text{min}}$ garantizada

MATERIAL N.º AISI	RESISTENCIA MÁXIMA		LÍMITE DE FLUENCIA EN TRACCIÓN		LÍMITE DE FATIGA s'_n		MÓDULO ELASTICIDAD (f)		% ALARGA- MIENTO, en 50 mm (2 pulg) (c)	REDUC- CIÓN ÁREA, %
	s_u kg/cm ²	(c) ksi	s_H kg/cm ²	(c) ksi	(e)		E kg/cm ² $\times 10^{-6}$	E psi $\times 10^{-6}$		
					kg/cm ²	ksi				
301, 1/4 duro.	8 788(h)	125(h)	5 273(h)	75(h)	2109(g)	30(g)	1,968	28	25(h)	
302, recocido.	6 327	90	2 601	37	2390	34	1,968	28	57	65
302, 1/4 duro.	8 788(g)(h)	125(g)(h)	5 273(h)	75(h)	4921(d)	70(d)	1,968	28	12(h)	
303, recocido.	6 327	90	2 460	35	2460	35	1,968	28	50	55
304, recocido.	5 976	85	2 460	35			1,968	28	50	70
316, trabajado en frío (i)	6 327	90	4 218	60	2812	40	1,968	28	45	65
321, recocido.	6 116	87	2 460	35	2671	38	1,968	28	50	65
347, recocido.	6 327	90	2 812	40	2742	39	1,968	28	50	65
403, 410, con tra- tamiento térmi- co (b)	7 734(h)	110(h)	5 976(h)	85(h)	4077	58	2,038	29	20	65
410, trabajado en frío (b)	7 030(h)	100(h)	5 976	85	3726	53	2,038	29	17	60
416, recocido (b).	5 273	75	2 812	40	2812	40	2,038	29	30	60
430, recocido.	5 273	75	3 163	45	2812	40	2,038	29	25	65
431, OQT 1000 * (b)	10 546	150	9 140	130			2,038	29	18	60
17-7 PH barra (j)	12 303	175	10 897	155	2882	41	2,038	29	6(h)	34

* OQT 1000 = Oil Quenched and Tempered at 1000° F = Templado y revenido en

ANEXO 5.2.

ALGUNOS ACEROS INOXIDABLES [2.1,2.3,2.11,2.18]

α cm/cm-°C (o bien pulg/pulg-°F). (b) Los valores medios aproximados de la resistencia [o bien $s_u = 5 + 0,465$ (BHN), en ksi] [2.3]. (c) Varía con los detalles del tratamiento térmico aceros inoxidable se pueden estimar en $0,4s_u$, hasta la resistencia a la tracción de 11 250 en frío, eliminado de tensiones. En cizalladura, para alambres de resortes estirados en frío, (h) Mínimo. (i) Barras de 25,40 mm (1 pulgada). (j) PH, endurecido por precipitación; = 11 952 kg/cm² = 170 ksi; s'_n para 10⁵.

NDB (BHN) (media)	DENSIDAD		IZOD (c)		$\alpha \times 10^6$ (a)		OBSERVACIONES
	kg/dm ³	lb/pulg ³	kgm	pie-lb	cm/cm °C	pulg/ pulg °F	
260	7,92	0,286			16,9	9,4	(17 % Cr, 7 % Ni) Uso general; decoración, estructurales.
150	7,92	0,286	12,4	90	17,3	9,6	Austenítico. Endurecible por trabajo en frío.
260	7,92	0,286			17,3	9,6	302, 303 son aceros inoxidable 18-8.
160	7,92	0,286	11,06	80	17,3	9,6	Austenítico. Endurecible por trabajo en frío.
150	7,92	0,286	15,2	110	17,3	9,6	Austenítico. Endurecible por trabajo en frío.
190	7,92	0,286			16,0	8,9	Austenítico. Endurecible por trabajo en frío.
150	8,02	0,290	15,2	110	16,7	9,3	Estabilizado por Ti.
160	7,92	0,286	13,8	100	16,7	9,3	Austenítico. Endurecible por trabajo en frío.
225	7,73	0,279	10,3	75	10,2	5,7	Martensítico. Endurecible por tratamiento térmico.
205	7,73	0,279	11,06	80	10,2	5,7	Martensítico. Dureza máxima.
155	7,70	0,278	9,67	70	10,2	5,7	Martensítico. Endurecible por tratamiento térmico.
160	7,67	0,277	4,83	35	10,4	5,8	Ferrítico. No endurecible por tratamiento térmico.
325	7,75	0,28	6,9	50	11,7	6,5	Martensítico. Endurecible por tratamiento térmico hasta alta resistencia.
390	7,65	0,276			10,1	5,6	(17 % Cr, 7 % Ni, 1,15 % Al) Solución recocida, etc.

aceite a 538° C. (N. del T.)

ANEXO 6.

**TABLA DE CONVERSION DE MEDIDAS DEL SISTEMA
ANGLO-AMERICANO
AL SISTEMA METRICO DECIMAL**

MEDIDAS LINEALES

1 milla	=	1609.35	m.	1 m.	=	0.0006214	milla
1 furlong	=	201.1644	m.	1 m.	=	0.004971	furlong
1 pole	=	5.029	m.	1 m.	=	0.19885	pole
1 yarda	=	0.9144	m.	1 m.	=	1.0936	yardas
1 pie	=	0.3048	m.	1 m.	=	3.2808	pies
1 pulgada	=	0.0254	m.	1 m.	=	39.37	pulgadas

MEDIDAS SUPERFICIALES

1 milla ²	=	2589900	m ²	1 m ²	=	0.0000003861	milla ²
1 acre	=	4046.8	m ²	1 m ²	=	0.0002471	acre
1 rod ²	=	25.293	m ²	1 m ²	=	0.03954	rod ²
1 yarda ²	=	0.8361	m ²	1 m ²	=	1.196	yarda ²
1 pie ²	=	0.0929	m ²	1 m ²	=	10.7638	pies ²
1 pulgada ²	=	0.000645	m ²	1 m ²	=	1550	pulgadas ²

MEDIDAS CUBICAS

1 cord	=	3.624	m ³	1 m ³	=	0.276	cord
1 yarda ³	=	0.7645	m ³	1 m ³	=	1.308	yarda ³
1 pie ³	=	0.028317	m ³	1 m ³	=	35.3145	pies ³
1 pulgada ³	=	0.00001639	m ³	1 m ³	=	61012.81	pulgadas ³

MEDIDAS DE CAPACIDAD

PARA LIQUIDOS

1 galón U. S.	=	3.7854	litros	1 litro	=	0.26418	galón U. S.
1 cuarto U. S.	=	0.94636	litro	1 litro	=	1.05671	cuartos U. S.
1 pinta U. S.	=	0.47312	litro	1 litro	=	2.11345	pintas U. S.
1 gill U. S.	=	0.11828	litro	1 litro	=	8.4538	gills U. S.

PARA ARIDOS

1 bushel U. S.	=	35.237	litros	1 litro	=	0.02838	bushel U. S.
1 peck U. S.	=	8.80925	litros	1 litro	=	0.1135	peck U. S.
1 cuarto U. S.	=	1.1012	litros	1 litro	=	0.908	cuarto U. S.

MEDIDAS DE PESO

1 tonelada U. S.	=	907.18	kg.	1 kg.	=	0.00110232	tonelada U. S.
1 quintal U. S.	=	45.359	kg.	1 kg.	=	0.0220463	quintal U. S.
1 libra U. S.	=	0.45359	kg.	1 kg.	=	2.2046	libras U. S.
1 onza U. S.	=	0.028349	kg.	1 kg.	=	35.2736	onzas U. S.

ANEXO 8.

Component Series Table

Screw Dia.	Shaft Dia.	Cover Thickness	Series A				Series B				Series C				Series D			
			Screw Number		Tube or Trough Thickness	Screw Number		Tube or Trough Thickness	Screw Number*		Tube or Trough Thickness	Screw Number*		Tube or Trough Thickness	Screw Number*		Tube or Trough Thickness	
			Helicoid	Sectional		Helicoid	Sectional		Helicoid	Sectional		Helicoid	Sectional		Helicoid	Sectional		
6	1 1/2	16 Ga.	6H304	6S309	16 Ga.	6H308	6S309	14 Ga.	6H312	6S312	14 Ga.	6H312	6S316	6S316	10 Ga.			
9	1 1/2 2	16	9H306 9H406		14	9H312 9H412		10	9H312 9H412	9S312 9S412	10	9H312 9H414	9S316 9S416		3/8			
12	2 2 1/16 3	14	12H408 12H508 12H614		12	12H412 12H512 12H614	12S412 12S512 12S612	3/8	12H412 12H512 12H614	12S416 12S516 12S616	3/8	12H412 12H512 12H614	12S524 12S624		1/4			
14	2 1/16 3	14	14H508 14H614		12	14H508 14H614	14S512 14S612	3/8	14H508 14H614	14S624	3/8	14H508 14H614	14S624		1/4			
16	3	14	16H610		12	16H614	16S616	3/8	16H614	16S616	3/8	16H614	16S624		1/4			
18	3 3 1/16	14	18H610		12	18H614	18S616	3/8	18H614	18S624 18S724	3/8	18H614	18S624 18S724		1/4			
20	3 3 1/16	14			10		20S616 20S716	3/8		20S624 20S724	3/8		20S624 20S724		1/4			
24	3 1/16	12			10		24S716	3/8		24S724	3/8		24S724		1/4			

* See Page 41 for Hard Facing.
Dimensions in inches.

ANEXO 9.

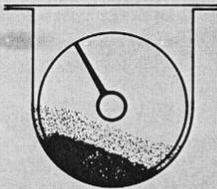
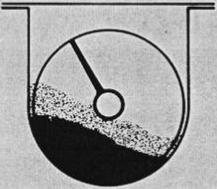
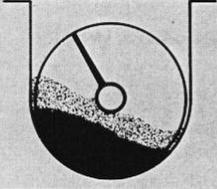
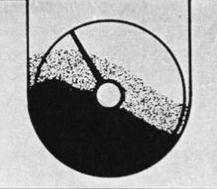
Descriptive Part Numbering System for Components

For Screw Descriptive Part Numbers, see Page 35.

<h3>Conveyor Housings</h3> <p>Conveyor Diameter: 12</p> <p>Trough: S</p> <p>Trough Thickness (Ga.): U</p> <p>10 = 10 ga. 7 = 3/16" 3 = 1/4"</p> <p>12 DF</p> <p>Conveyor Type (Screw): 12</p> <p>Housing Configuration: S</p> <p>Trough Type: DF</p> <p>A = Angle Flange F = Formed Flange C = Channel D = Drop Bottom DF = Double Formed Flange</p> <p>U = U-Trough V = Flared O = Tubular R = Rectangular</p>	<h3>Covers</h3> <p>Conveyor Diameter: 14</p> <p>Cover: S</p> <p>Thickness (Ga.): C</p> <p>14</p> <p>Conveyor Type (Screw): 14</p> <p>Type: C</p> <p>F = Flanged H = Hip Roof P = Flat</p>
<h3>Hangers</h3> <p>Conveyor Diameter: 9</p> <p>Hanger: S</p> <p>Hanger Style: H</p> <p>226</p> <p>4</p> <p>Conveyor Type (Screw): 9</p> <p>Bearing Bore:</p> <p>3 = 1 1/2" 4 = 2" 5 = 2 1/8" 6 = 3" 7 = 3 1/8"</p> <p>Specify bearing type when ordering.</p>	<h3>End Bearings</h3> <p>Bearing: S</p> <p>Bearing Housing Type: B</p> <p>F = Flanged D = Discharge P = Pillow Block</p> <p>Bearing Type: F</p> <p>B = Ball F = Friction Type R = Roller</p> <p>6</p> <p>-B</p> <p>Conveyor Type (Screw): S</p> <p>Bore:</p> <p>5 = 2 1/8" 3 = 1 1/2" 6 = 3" 4 = 2" 7 = 3 1/8"</p>
<h3>Discharges</h3> <p>Conveyor Diameter: 12</p> <p>Discharge: S</p> <p>Spout Thickness (Ga.): D</p> <p>12</p> <p>-F</p> <p>Conveyor Type (Screw): 12</p> <p>Type: D</p> <p>Slide Type: R</p> <p>A = Standard Spout F = Flush End Spout R = Rack & Pinion P = Pneumatic</p> <p>F = Flat C = Curved S = Hand Slide</p> <p>Special totally enclosed discharge slide gates are available.</p>	<h3>Housing Ends</h3> <p>Conveyor Diameter: 12</p> <p>End: S</p> <p>Shaft Diameter: E</p> <p>5 = 2 1/8" 3 = 1 1/2" 4 = 2" 6 = 3" 7 = 3 1/8"</p> <p>12 S E O 4 -U</p> <p>Conveyor Type (Screw): 12</p> <p>End Type: E</p> <p>Housing Configuration: O</p> <p>E = Flush Discharge End D = Discharge End I = Inside Pattern O = Standard Outside Pattern F = With Feet B = Outboard Bearing Type</p> <p>U = U-Trough V = Flared O = Tubular R = Rectangular</p>

ANEXO 11.

Screw Conveyors — Capacity Table

Trough Loading	Screw Dia.	Maximum Lump Size (Inches)	Maximum RPM	Capacity in Cu. Ft. Per Hr.*	
				At Maximum RPM	At 1 RPM
15% 	6	¾	66	49.5	.75
	9	1½	62	173	2.8
	12	2	58	389	6.7
	14	2½	56	588	10.5
	16	3	53	832	15.7
	18	3¼	50	1,135	22.7
	20	3½	47	1,462	31.1
	24	4	42	2,293	54.6
30%_A 	6	¾	132	198	1.5
	9	1½	122	683	5.6
	12	2	111	1,476	13.3
	14	2½	104	2,194	21.1
	16	3	97	3,046	31.4
	18	3¼	90	4,086	45.4
	20	3½	82	5,092	62.1
	24	4	68	7,426	109.2
30%_B 	6	¾	66	99	1.5
	9	1½	62	347	5.6
	12	2	58	771	13.3
	14	2½	56	1,182	21.1
	16	3	53	1,664	31.4
	18	3¼	50	2,270	45.4
	20	3½	47	2,919	62.1
	24	4	42	4,586	109.2
45% 	6	¾	182	413	2.27
	9	1½	170	1,360	8.0
	12	2	157	3,030	19.3
	14	2½	148	4,558	30.8
	16	3	140	6,524	46.6
	18	3¼	131	8,659	66.1
	20	3½	122	11,590	95.0
	24	4	105	17,535	167.0

*Capacities shown are for full pitch screws.
Dimensions in inches.

ANEXO 12.

Cover Gasket

Conveyor Size (Inches)	Thickness (Inches)	Width (Inches)	Material
6	1/16	1 1/2	Red Rubber
6	1/16	1 1/2	White Neoprene
6	1/8	1 1/2	White Neoprene
6	1/8	1 1/2	Polyurethane
6	1/8	1 1/2	Asbestos
9	1/16	1 1/2	Red Rubber
9	1/16	1 1/2	White Neoprene
9	1/8	1 1/2	White Neoprene
9	1/8	1 1/2	Polyurethane
9	1/16	1 1/2	Asbestos
9	1/8	1 1/2	Asbestos
12	1/16	2	Red Rubber
12	1/8	2	Red Rubber
12	1/16	2	White Neoprene
12	1/8	2	White Neoprene
12	1/8	2	Polyurethane
12	1/16	2	Asbestos
12	1/8	2	Asbestos
14	1/16	2	Red Rubber
14	1/8	2	Red Rubber
14	1/16	2	White Neoprene
14	1/8	2	White Neoprene
14	1/8	2	Polyurethane
14	1/16	2	Asbestos
14	1/8	2	Asbestos
16	1/16	2	Red Rubber
16	1/8	2	Red Rubber
16	1/16	2	White Neoprene
16	1/8	2	White Neoprene
16	1/8	2	Polyurethane
16	1/16	2	Asbestos
16	1/8	2	Asbestos
18	1/16	2 1/2	Red Rubber
18	1/16	2 1/2	White Neoprene
18	1/8	2 1/2	White Neoprene
18	1/8	2 1/2	Asbestos
20	1/16	2 1/2	Red Rubber
20	1/16	2 1/2	White Neoprene
20	1/8	2 1/2	White Neoprene
20	1/8	2 1/2	Asbestos
24	1/16	2 1/2	Red Rubber
24	1/16	2 1/2	White Neoprene
24	1/8	2 1/2	White Neoprene
24	1/8	2 1/2	Asbestos

ANEXO 13.

Screw Dia.	Bolts		Part Number	A	L	M	N	Q	G	K	Weight
	No.	Dia.									
6	12	3/8	6SIA7	7	2 ¹³ / ₁₆		3	1 ³ / ₁₆	1 1/2	3/16	5.0
9	12	3/8	9SIA7	10	4		4	1	1 1/2	3/16	6.8
12	12	3/8	12SIA7	13	5 1/8		5 1/4	1 1/4	2	3/16	12.1
14	20	3/8	14SIA7	15	3 1/2	3 1/2	3 1/2	1 1/4	2	3/16	13.7
16	20	3/8	16SIA7	17	3 3/4	4	4	1 1/4	2	3/16	15.3
18	20	1/2	18SIA7	19	4 ⁷ / ₁₆	4 ³ / ₈	4 ³ / ₈	1 1/2	2 1/2	3/16	29.0
20	20	1/2	20SIA7	21	4 ⁷ / ₈	4 ³ / ₄	4 ³ / ₄	1 1/2	2 1/2	3/16	31.8
24	20	1/2	24SIA7	25	5 ⁵ / ₈	5 ⁵ / ₈	5 1/2	1 1/2	2 1/2	3/16	37.2

ANEXO 14.

Screw Dia.	A	B Dimension		C	D	E	K
		*Flush End Spout	Standard Spout				
6	7	3 1/2	6	5	5 ⁵ / ₈	14 ³ / ₈	14 Ga. 12
9	10	5	8	7 ¹ / ₈	7 ⁷ / ₈	19 ¹ / ₁₆	14 10
12	13	6 1/2	10 1/2	8 ⁷ / ₈	9 ⁵ / ₈	24 ⁷ / ₈	12 3/16
14	15	7 1/2	11 1/2	10 ¹ / ₈	10 ⁷ / ₈	27 ³ / ₄	12 3/16
16	17	8 1/2	13 1/2	11 ¹ / ₈	12	30 ¹ / ₁₆	12 3/16
18	19	9 1/2	14 1/2	12 ³ / ₈	13 ³ / ₈	33 ³ / ₈	12 3/16
20	21	10 1/2	15 1/2	13 ³ / ₈	15	36 ³ / ₈	12 3/16
24	25	12 1/2	17 1/2	15 ³ / ₈	18 ¹ / ₈	42 ³ / ₈	12 3/16

ANEXO 15.

A Bore	Part Number	B	C	D	E	H Bolts	Weight
1½	SBF3-B	5⅛	2	4	9/16	½	4.8
2	SBF4-B	6½	2¾	5⅛	1¼	5/8	9.6
2⅞	SBF5-B	7	2½	5⅝	1¼	5/8	11
3	SBF6-B	7¾	3¾	6	7/8	¾	23
3⅞	SBF7-B	8½	3⅞	6¾	1	¾	29

Housing Weight	With End Shaft
20	29
46	68
104	

A Shaft Dia.	Part Number		B	C	E	F	G	H Bolts	D		J	
	With Drive Shaft	With End Shaft							Plate Seal	Seal Housing	Plate Seal	Seal Housing
1½	SBM3-D	SBM3-E	4⅞	5⅜	4¼	4	5⅞	½	4	5¼	1¾	3
2	SBM4-D	SBM4-E	4⅝	5⅝	5¼	5	6	½	4⅞	5⅜	1¾	3
2⅞	SBM5-D	SBM5-E	5⅝	6⅞	5¼	5	6⅞	5/8	4⅞	5⅞	2	3¼
3	SBM6-D	SBM6-E	6	7¾	6¼	6	6⅞	¾	5⅞	6¼	2⅞	3⅞
3⅞	SBM7-D	SBM7-E	7	9¼	7¼	7	9⅞	¾	5⅞	7¼	2½	4⅞

ANEXO 16.

ANEXO 17.

A	Standard Drive Shaft				Outboard Bearing Type				C	D	E	F	G	H Bolts	J	L		M	N
	Babbitt Bearing		Ball Bearing		Ball and Roller Bearing		Babbitt Bearing												
	With Seal	No Seal	With Seal	No Seal	With Seal	No Seal	With Seal	No Seal											
1 1/2	14 1/4	12 1/2	13 3/4	11 1/2	16 1/4	16 1/4	16 1/4	16 1/4	3	3 1/4	1	1 3/4	1 3/4	1 1/2	5	3	7/8	3/16	
2	16 1/2	14 3/4	14 7/8	13 3/8	17 1/2	17 1/2	17 1/2	17 1/2	3	4 1/4	1	1 3/4	1 3/4	5/8	5 1/2	4	7/8	1/4	
2 3/16	19 1/8	17 7/8	16 7/8	15 3/8	20 1/2	20 1/2	20 1/2	20 1/2	3	5 3/4	1 1/2	1 3/4	1 3/4	5/8	6 1/2	5	1 5/16	1/4	
3	20 7/8	19 1/8	18 3/8	16 5/8	22 1/2	22 1/2	23 1/4	23 1/4	3	6 1/4	1 1/2	1 3/4	1 3/4	3/4	7	6	1	5/16	
3 3/16	25 1/8	23 3/8	22 7/8	20 3/8	26	26	27 1/2	27 1/2	4	7 1/4	2	2 1/4	2 1/4	7/8	7 3/4	7	1 1/2	3/8	

ANEXO 18.

Shaft Dia.	X	Y
1 1/2	3/8	3/16
2	1/2	1/4
2 3/16	5/8	5/16
3	3/4	3/8
3 3/16	7/8	3/16

ANEXO 19.

ANEXO 20.

A Shaft Dia.	F	G	H Bolts	L	M	N	Average Weight
1½	6⅞	2⅞	½	7⅞	3	7⅞	3.5
2	6⅞	2⅞	5⅞	7⅞	3	7⅞	6.2
2⅞	8⅞	3¼	5⅞	15⅞	3	15⅞	10.8
3	8¼	3¼	¾	1	3	1	16.5
3⅞	11⅞	4⅞	7⅞	1¼	4	1½	30.0

A Shaft Dia.	Babbitt Bearing			Ball Bearing		Out-Board Bearing	C	D	F	G	H Bolts	J	L	
	With Seal	No Seal	With Seal	No Seal	Babbitt Bearing								Ball Bearing	
1½	11	9¼	10	8¼	12⅞	7⅞	3	1	1¾	½	5	3	2	2⅞
2	12	10¼	10⅞	8⅞	13¼	7⅞	3	1	1¾	5⅞	5½	4	4	2⅞
2⅞	13⅞	11⅞	11⅞	9⅞	15⅞	15⅞	3	1½	1¾	5⅞	6½	5	5	2⅞
3	14⅞	13⅞	12⅞	10⅞	17	1	3	1½	1¾	¾	7	6	6	3⅞
3⅞	18⅞	16⅞	15⅞	13⅞	20¼	1¼	4	2	2¼	7⅞	7¾	7	7	3⅞

ANEXO 21.

A Shaft Dia.	B Dimension						C	D	F	G	H Bolts	J	L		M	N
	Babbitt Bearing		Ball Bearing		Out- Board Bearing	Babbitt Bearing							Ball Bearing			
	With Seal	No Seal	With Seal	No Seal												
1½	11	9¼	10	8¼	12⅞	7/8	3	1	1¾	½	5	3	2	7/8	¾	
2	12	10¼	10¾	8⅝	13¼	7/8	3	1	1¾	5/8	5½	4	2¾	7/8	¾	
2⅞	13⅝	11⅞	11¾	9⅝	15¾	15/16	3	1½	1¾	5/8	6½	5	2⅞	15/16	¾	
3	14⅞	13⅞	12¾	10⅝	17	1	3	1½	1¾	¾	7	6	3⅞	1	5/8	
3⅞	18⅝	16⅝	15⅝	13⅝	20¼	1¼	4	2	2¼	7/8	7¾	7	3⅞	1½	9/8	

ANEXO 22.

A Shaft Dia.	Part Number	B		C	E		H Bolts		Wt.
		Ball	Roller		Ball	Roller	Ball	Roller	
1½	SSP3	5⅞	5¾	½	4	4⅞	½	½	2
2	SSP4	6½	5⅝	½	5⅞	4¾	5/8	½	3
2⅞	SSP5	7	6⅞	½	5⅞	5¾	5/8	5/8	4
3	SSP6	7¾	7¾	½	6	6	¾	¾	5
3⅞	SSP7	8⅞	9¼	5/8	6¾	7	¾	¾	8

ANEXO 23.

Screw Dia.	Trough Thickness	Standard Housing		Formed Flange		A Inside	C	D
		Part Number	*Weight Standard Length	Part Number	*Weight Standard Length			
6	16 Ga.	6ST016	50	6ST016-F	60	7	1 1/4	9 5/8
	14	6ST014	62	6ST014-F	75			9 1/2
	12	6ST012	85	6ST012-F	103			9 1/4
	10	6ST010	110	6ST010-F	133			9 1/8
9	14	9ST014	89	9ST014-F	104	10	1 1/2	13 3/8
	12	9ST012	122	9ST012-F	143			13 1/4
	10	9ST010	155	9ST010-F	182			13 1/8
	3/4			9ST03-F	245			13 3/8
12	12	12ST012	196	12ST012-F	232	13	2	17 3/4
	10	12ST010	250	12ST010-F	296			17 1/2
	3/4	12ST07	330	12ST07-F	394			17 3/8
	3/4	12ST03	434	12ST03-F	518			17 1/2
14	12	14ST012	224	14ST012-F	260	15	2	19 1/4
	10	14ST010	263	14ST010-F	309			19 1/8
	3/4	14ST07	379	14ST07-F	453			19 3/8
	3/4	14ST03	499	14ST03-F	593			19 1/2
16	12	16ST012	254	16ST012-F	290	17	2	21 3/8
	10	16ST010	321	16ST010-F	368			21 1/4
	3/4	16ST07	430	16ST07-F	493			21 3/8
	3/4	16ST03	566	16ST03-F	650			21 1/2
18	12	18ST012	290	18ST012-F	336	19	2 1/2	24 3/8
	10	18ST010	365	18ST010-F	424			24 1/4
	3/4	18ST07	486	18ST07-F	566			24 3/8
	3/4	18ST03	640	18ST03-F	746			24 1/2
20	10	20ST010	402	20ST010-F	458	21	2 1/2	26 1/4
	3/4	20ST07	535	20ST07-F	612			26 3/8
	3/4	20ST03	703	20ST03-F	806			26 1/2
24	10	24ST010	479	24ST010-F	535	25	2 1/2	30 1/4
	3/4	24ST07	637	24ST07-F	714			30 3/8
	3/4	24ST03	839	24ST03-F	942			30 1/2

ANEXO 24

Tubular Housing							
Screw Dia.	Part Number	A Trough Thickness		C	D	H Bolts	Wt.
		Thru* 10 Ga.	3/8"-1/4"				
6	6SFO	7 1/4	7 3/8	1 1/4	1/4	3/8	1.8
9	9SFO	10 1/4	10 1/2	1 1/2	1/4	3/8	3.0
12	12SFO	13 1/4	13 1/2	2	1/4	1/2	6.9
14	14SFO	15 1/4	15 1/2	2	1/4	1/2	7.8
16	16SFO	17 1/4	17 1/2	2	1/4	5/8	8.7
18	18SFO	19 1/4	19 1/2	2 1/2	1/4	5/8	12.3
20	20SFO	21 1/4	21 1/2	2 1/2	1/4	5/8	13.4
24	24SFO	25 1/4	25 1/2	2 1/2	1/4	5/8	15.6

ANEXO 25.

Screw Dia.	Part Number*		A	B		C	D	E	F		G	H	K	L - Slot	M	R x S	Weight	
	U-Trough	Tubular		U	Tub.				U	Tub.							U	Tub.
	U	Tub.																
6	6SEF3-U	6SEF3-O	1 $\frac{3}{4}$	4 $\frac{1}{2}$	4 $\frac{7}{8}$	5 $\frac{5}{8}$	8 $\frac{1}{8}$	9 $\frac{3}{4}$	1 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{27}{32}$	1	3 $\frac{1}{16}$	4	3 $\frac{1}{16}$ x 1	1 $\frac{3}{4}$	3 $\frac{1}{16}$ x 3 $\frac{3}{4}$	7	7
9	9SEF3-U	9SEF3-O	1 $\frac{3}{4}$	6 $\frac{1}{8}$	6 $\frac{3}{4}$	7 $\frac{7}{8}$	9 $\frac{3}{8}$	13 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{5}{8}$	3 $\frac{15}{16}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{4}$	4	3 $\frac{1}{16}$ x 1	2 $\frac{5}{8}$	3 $\frac{1}{16}$ x 3 $\frac{3}{4}$	17	16
9	9SEF4-U	9SEF4-O	2 $\frac{1}{4}$	6 $\frac{1}{8}$	6 $\frac{3}{4}$	7 $\frac{7}{8}$	9 $\frac{3}{8}$	13 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{5}{8}$	3 $\frac{15}{16}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{4}$	4 $\frac{3}{4}$	3 $\frac{1}{16}$ x 1	2 $\frac{5}{8}$	1 $\frac{1}{16}$ x 1 $\frac{1}{4}$	17	16
12	12SEF4-U	12SEF4-O	2 $\frac{1}{4}$	7 $\frac{3}{4}$	8 $\frac{5}{8}$	9 $\frac{5}{8}$	12 $\frac{1}{4}$	17 $\frac{1}{4}$	2	5 $\frac{1}{16}$	1 $\frac{5}{8}$	1 $\frac{1}{4}$	4 $\frac{3}{4}$	1 $\frac{1}{16}$ x 1 $\frac{1}{8}$	2 $\frac{3}{4}$	1 $\frac{1}{16}$ x 1 $\frac{1}{4}$	26	25
12	12SEF5-U	12SEF5-O	2 $\frac{5}{8}$	7 $\frac{3}{4}$	8 $\frac{5}{8}$	9 $\frac{5}{8}$	12 $\frac{1}{4}$	17 $\frac{1}{4}$	2	5 $\frac{1}{16}$	1 $\frac{5}{8}$	1 $\frac{1}{4}$	5 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{16}$ x 1 $\frac{1}{8}$	2 $\frac{3}{4}$	1 $\frac{1}{16}$ x 1 $\frac{1}{4}$	26	25
12	12SEF6-U	12SEF6-O	3 $\frac{1}{4}$	7 $\frac{3}{4}$	8 $\frac{5}{8}$	9 $\frac{5}{8}$	12 $\frac{1}{4}$	17 $\frac{1}{4}$	2	5 $\frac{1}{16}$	1 $\frac{5}{8}$	1 $\frac{1}{4}$	6	1 $\frac{1}{16}$ x 1 $\frac{1}{8}$	2 $\frac{3}{4}$	1 $\frac{3}{16}$ dia.	26	25
14	14SEF5-U	14SEF5-O	2 $\frac{5}{8}$	9 $\frac{1}{4}$	9 $\frac{5}{8}$	10 $\frac{7}{8}$	13 $\frac{1}{2}$	19 $\frac{1}{4}$	2	5 $\frac{5}{8}$	1 $\frac{5}{8}$	3 $\frac{1}{16}$	5 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{16}$ x 1 $\frac{1}{8}$	2 $\frac{7}{8}$	1 $\frac{1}{16}$ x 1 $\frac{1}{4}$	41	39
14	14SEF6-U	14SEF6-O	3 $\frac{1}{4}$	9 $\frac{1}{4}$	9 $\frac{5}{8}$	10 $\frac{7}{8}$	13 $\frac{1}{2}$	19 $\frac{1}{4}$	2	5 $\frac{5}{8}$	1 $\frac{5}{8}$	3 $\frac{1}{16}$	6	1 $\frac{1}{16}$ x 1 $\frac{1}{8}$	2 $\frac{7}{8}$	1 $\frac{3}{16}$ dia.	41	39
16	16SEF6-U	16SEF6-O	3 $\frac{1}{4}$	10 $\frac{5}{8}$	10 $\frac{5}{8}$	12	14 $\frac{7}{8}$	21 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{2}$	6 $\frac{7}{32}$	2	3 $\frac{1}{16}$	6	1 $\frac{1}{16}$ x 1 $\frac{1}{8}$	3 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{3}{16}$ dia.	52	48
18	18SEF6-U	18SEF6-O	3 $\frac{1}{4}$	12 $\frac{1}{8}$	12 $\frac{1}{8}$	13 $\frac{3}{8}$	16	24 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{2}$	7 $\frac{3}{32}$	2	3 $\frac{3}{8}$	6	1 $\frac{1}{16}$ x 1 $\frac{1}{8}$	3 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{3}{16}$ dia.	78	72
18	18SEF7-U	18SEF7-O	3 $\frac{5}{8}$	12 $\frac{1}{8}$	12 $\frac{1}{8}$	13 $\frac{3}{8}$	16	24 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{2}$	7 $\frac{3}{32}$	2	3 $\frac{3}{8}$	6 $\frac{7}{8}$	1 $\frac{1}{16}$ x 1 $\frac{1}{8}$	3 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{3}{16}$ x 1	78	72
20	20SEF6-U	20SEF6-O	3 $\frac{1}{4}$	13 $\frac{1}{2}$	13 $\frac{1}{8}$	15	19 $\frac{1}{4}$	26 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{2}$	7 $\frac{11}{16}$	2 $\frac{1}{4}$	3 $\frac{3}{8}$	6	1 $\frac{3}{16}$ x 1 $\frac{1}{8}$	3 $\frac{3}{4}$	1 $\frac{3}{16}$ dia.	94	87
20	20SEF7-U	20SEF7-O	3 $\frac{5}{8}$	13 $\frac{1}{2}$	13 $\frac{1}{8}$	15	19 $\frac{1}{4}$	26 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{2}$	7 $\frac{11}{16}$	2 $\frac{1}{4}$	3 $\frac{3}{8}$	6 $\frac{7}{8}$	1 $\frac{3}{16}$ x 1 $\frac{1}{8}$	3 $\frac{3}{4}$	1 $\frac{3}{16}$ x 1	94	87
24	24SEF7-U	24SEF7-O	3 $\frac{5}{8}$	16 $\frac{1}{2}$	15 $\frac{1}{8}$	18 $\frac{1}{8}$	20	30 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{2}$	8 $\frac{27}{32}$	2 $\frac{1}{2}$	3 $\frac{3}{8}$	6 $\frac{7}{8}$	1 $\frac{3}{16}$ x 1 $\frac{1}{8}$	4 $\frac{1}{8}$	1 $\frac{3}{16}$ x 1	129	119

Screw Diameter	Bolts		A	C	D
	Number	Diameter			
6	6	$\frac{3}{8}$	$8\frac{3}{4}$	$4\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{32}$
9	8	$\frac{3}{8}$	12	$4\frac{13}{16}$	$2\frac{13}{32}$
12	8	$\frac{1}{2}$	$15\frac{7}{8}$	$6\frac{1}{16}$	$3\frac{1}{32}$
14	8	$\frac{1}{2}$	$17\frac{1}{2}$	$6\frac{3}{16}$	$3\frac{3}{32}$
16	8	$\frac{5}{8}$	$19\frac{1}{2}$	$7\frac{5}{8}$	$3\frac{13}{16}$
18	10	$\frac{5}{8}$	22	$6\frac{13}{16}$	$3\frac{13}{32}$
20	10	$\frac{5}{8}$	24	$7\frac{1}{2}$	$3\frac{3}{4}$
24	12	$\frac{5}{8}$	28	$7\frac{3}{8}$	$3\frac{1}{16}$

ANEXO 27.

Screw Diameter	Bolts		A	L	M	N	Q	R
	No.	Diameter						
6	12	$\frac{3}{8}$	7	$2\frac{13}{16}$		3	$\frac{13}{16}$	$\frac{7}{16}$
9	12	$\frac{3}{8}$	10	4		4	1	$\frac{7}{16}$
12	12	$\frac{3}{8}$	13	$5\frac{1}{8}$		$5\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{7}{16}$
14	20	$\frac{3}{8}$	15	$3\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{7}{16}$
16	20	$\frac{3}{8}$	17	$3\frac{3}{4}$	4	4	$1\frac{1}{4}$	$\frac{7}{16}$
18	20	$\frac{1}{2}$	19	$4\frac{1}{16}$	$4\frac{3}{8}$	$4\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{2}$	$\frac{9}{16}$
20	20	$\frac{1}{2}$	21	$4\frac{7}{8}$	$4\frac{3}{4}$	$4\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$\frac{9}{16}$
24	20	$\frac{1}{2}$	25	$5\frac{5}{8}$	$5\frac{5}{8}$	$5\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$\frac{9}{16}$

Dimensions in inches.

ANEXO VII