



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DESPULPADORA DE FRUTAS”

**TIRIRA SUÁREZ LENIN MAURICIO
CASTRO MACAS DIEGO ORLANDO**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

RIOBAMBA – ECUADOR

2014

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2014-01-29

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

LENIN MAURICIO TIRIRA SUÁREZ

Titulada:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DESPULPADORA DE
FRUTAS”**

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

INGENIERO MECÁNICO

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

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Miguel Aquino
DIRECTOR DE TESIS

Ing. José Paredes
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: LENIN MAURICIO TIRIRA SUÁREZ

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA
DESPULPadora DE FRUTAS”

Fecha de Examinación: 2014-10-30

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Telmo Moreno PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Miguel Aquino DIRECTOR DE TESIS			
Ing. José Paredes ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Telmo Moreno
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2014-01-29

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

DIEGO ORLANDO CASTRO MACAS

Titulada:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DESPULPADORA DE
FRUTAS”**

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

INGENIERO MECÁNICO

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

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Miguel Aquino
DIRECTOR DE TESIS

Ing. José Paredes
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: DIEGO ORLANDO CASTRO MACAS

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA
DESPULPadora DE FRUTAS”

Fecha de Examinación: 2014-10-30

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Telmo Moreno PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Miguel Aquino DIRECTOR DE TESIS			
Ing. José Paredes ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Telmo Moreno
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Lenin Mauricio Tirira Suárez

Diego Orlando Castro Macas

DEDICATORIA

Todo lo que soy, se lo dedico con mucho cariño a mi padre Félix Tirira y a mi madre Zoila Suárez que con tanto esfuerzo y sacrificio me han dado la oportunidad de ser un profesional, y a mis hermanos Diego y Patricio porque siempre son un ejemplo a seguir.

Lenin Mauricio Tirira Suárez

El presente trabajo está dedicado especialmente a mi padre Joaquín, que a pesar de haberlo perdido muy pronto, supo guiarme por el buen camino e inculcarme muchos valores para hacer de mi lo que soy hoy, a mi madre Gladis que siempre estuvo a mi lado y que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, a mi hermana Gaby por siempre estar pendiente de mí y por su apoyo, de igual manera a mi sobrinita Joaquina que vino a alegrar nuestras vidas, a mi familia en general por apoyarme siempre y a todas las personas cercanas que me brindaron su apoyo.

Diego Orlando Castro Macas

AGRADECIMIENTO

Mi eterno agradecimiento a Dios, a mis padres, y mis hermanos que son mi mayor motivación, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y especialmente a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por brindarme la oportunidad de obtener la mejor profesión.

Agradecer a mis amigos y compañeros hermanos mecánicos con los que se compartió momentos inolvidables en toda esta etapa de mi vida.

Un agradecimiento especial a los Ingenieros Miguel Aquino, y José Paredes, quienes fueron gestores en la culminación de este proyecto.

Lenin Mauricio Tirira Suárez

Quiero agradecer primeramente a Dios por darme la vida y fortaleza para nunca decaer y seguir adelante, a mis padres Joaquín y Gladis por saberme educar y hacer de mí una persona de bien, a mi hermana Gaby y a todos mis tíos y tías por ser el pilar fundamental en todo el transcurso de mi carrera, gracias por su apoyo incondicional para poder concluir esta meta.

Mi más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por abrirme la puertas del conocimiento y la sabiduría, y darme la oportunidad de obtener una profesión y por supuesto conocer a personas maravillosas como maestros y compañeros.

Diego Orlando Castro Macas

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	
1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación técnico – económica	2
1.3	Objetivos.	3
1.3.1	<i>Objetivo general.</i>	3
1.3.2	<i>Objetivos específicos:</i>	3
2.	MARCO TEÓRICO	
2.1	Pulpa de frutas.....	4
2.2	Proceso de despulpado de fruta.....	5
2.3	Descripción del proceso	5
2.3.1	<i>Adecuación.</i>	6
2.3.2	<i>Separación.</i>	7
2.3.3	<i>Conservación</i>	8
2.4	Máquinas despulpadoras.....	9
2.4.1	<i>Máquinas despulpadoras semi industriales.</i>	9
2.4.1.1	<i>Despulpadora horizontal de tornillo sin fin.</i>	10
2.4.1.2	<i>Despulpadora horizontal de paletas.</i>	11
2.4.2	<i>Máquinas despulpadoras industriales.</i>	11
2.4.2.1	<i>Máquina despulpadora horizontal.</i>	11
2.4.2.2	<i>Máquina despulpadora vertical.</i>	12
2.5	El acero inoxidable en la industria alimenticia.....	13
2.6	Aceros inoxidables.....	14
2.6.1	<i>Clasificación de los aceros inoxidables.</i>	15
2.6.1.1	<i>Aceros inoxidables Martensíticos.</i>	15
2.6.1.2	<i>Aceros inoxidables ferríticos.</i>	15
2.6.1.3	<i>Aceros inoxidables Austeníticos.</i>	16
2.6.1.4	<i>Aceros inoxidables Austenoferríticos (Dúplex).</i>	17
2.7	Soldaduras en los aceros inoxidables	17
2.7.1	<i>Procesos de soldadura.</i>	17
2.7.1.1	<i>Soldadura de arco con electrodo de tungsteno protegido por gas inerte (GTAW).</i> 18	
2.7.1.2	<i>Soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido (SMAW)</i>	18
2.7.2	<i>Electrodos para soldadura de aceros inoxidables.</i>	19
3.	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	
3.1	Determinación de las especificaciones de la máquina.....	20
3.1.1	<i>La matriz QFD (quality funtion deployment).</i>	20
3.1.1.1	<i>Voz del usuario (VOC).</i>	20
3.1.1.2	<i>Voz del ingeniero.</i>	21
3.1.1.3	<i>Resultados de la matriz QFD.</i>	21
3.1.1.4	<i>Conclusiones de la matriz QFD.</i>	22

3.1.2	<i>Especificaciones técnicas</i>	23
3.2	Analisis funcional	24
3.2.1	<i>Definición de módulos</i>	25
3.2.2	<i>Alternativas de solución para el módulo</i>	26
3.2.2.1	<i>Adecuación</i>	26
3.2.2.2	<i>Alimentación</i>	27
3.2.2.3	<i>Puesta en marcha</i>	28
3.2.2.4	<i>Tamizado</i>	29
3.2.3	<i>Alternativas de módulos</i>	30
3.2.4	<i>Evaluación de soluciones</i>	32
3.2.4.1	<i>Método ordinal corregido de criterios ponderados</i>	32
3.2.4.2	<i>Criterios de valoración del módulo</i>	33
3.2.5	<i>Características de la máquina despulpadora seleccionada</i>	36
3.2.6	<i>Elementos de la máquina despulpadora de frutas</i>	37
4.	DISEÑO DE LA MÁQUINA DESPULPADORA SELECCIONADA	
4.1	Evolución del pre diseño.....	39
4.1.1	<i>Diseño final</i>	40
4.2	Diseño de elementos	42
4.3	Diseño geométrico de la tolva de alimentación	42
4.3.1	<i>Volumen interno de la tolva dimensionada</i>	42
4.4	Diseño de la cuchilla de corte.....	43
4.4.1	<i>Selección de la fruta para el dimensionamiento de la cuchilla</i>	44
4.4.1.1	<i>Aplicador de carga</i>	44
4.4.1.2	<i>Procedimiento para obtener las fuerzas de corte</i>	44
4.4.1.3	<i>Pesos y diámetros de semillas de las diferentes frutas</i>	45
4.4.2	<i>Fuerza producida por el peso de la fruta</i>	47
4.4.3	<i>Fuerza total que actúa en la cuchilla</i>	47
4.4.4	<i>Cuchillas de corte dimensionamiento</i>	47
4.4.4.1	<i>Disposición geométrica de la cuchilla</i>	48
4.4.5	<i>Diseño de la cuchilla</i>	48
4.4.6	<i>Diseño por resistencia a la fatiga</i>	50
4.4.6.1	<i>Límite de fatiga real</i>	51
4.4.6.2	<i>Cálculo del factor de seguridad</i>	52
4.4.6.3	<i>Verificación de análisis de esfuerzos mediante SolidWorks</i>	52
4.5	Diseño geométrico del soporte de rascadores	53
4.5.1	<i>Fuerza producida por la fruta en el interior del tamiz</i>	54
4.5.1.1	<i>Determinación del volumen ocupado por la fruta en el fondo del tamiz</i>	55
4.5.1.2	<i>Fuerza que actúa en los rascadores</i>	56
4.6	Selección del motor	56
4.6.1	<i>Energía cinética de rotación</i>	56
4.6.2	<i>Momento de inercia</i>	57

4.6.2.1	<i>Determinación del momento de inercia de la cuchilla con respecto al eje x.....</i>	57
4.6.2.2	<i>Determinación del momento de inercia del soporte de rascadores.....</i>	58
4.6.2.3	<i>Momento de inercia del rascador.....</i>	59
4.6.2.4	<i>Momento de inercia de la placa de ajuste del rascador.....</i>	60
4.6.3	<i>Momento de inercia del sistema motriz.....</i>	62
4.6.4	<i>Velocidad angular de trabajo.....</i>	62
4.6.5	<i>Determinación de las potencias presentes en el interior del tamiz.....</i>	63
4.6.5.1	<i>Potencia de transporte.....</i>	63
4.6.5.2	<i>Potencia total de trabajo.....</i>	63
4.6.6	<i>Selección del motor.....</i>	64
4.7	<i>Diseño del soporte de los rascadores.....</i>	64
4.7.1	<i>Diseño de la lámina radial.....</i>	65
4.7.2	<i>Diseño por resistencia a la fatiga.....</i>	67
4.7.2.1	<i>Límite de fatiga real.....</i>	67
4.7.2.2	<i>Cálculo del factor de seguridad.....</i>	68
4.7.2.3	<i>Verificación de análisis de esfuerzos mediante SolidWorks.....</i>	68
4.8	<i>Diseño de la lámina de soporte con configuración en L.....</i>	69
4.8.1	<i>Diseño por resistencia a la fatiga.....</i>	71
4.8.1.1	<i>Límite de fatiga real.....</i>	71
4.8.1.2	<i>Cálculo del factor de seguridad.....</i>	71
4.8.1.3	<i>Verificación de análisis de esfuerzos mediante SolidWorks.....</i>	72
4.9	<i>Diseño del rascador.....</i>	73
4.9.1	<i>Selección del material para el rascador.....</i>	73
4.9.1.1	<i>Determinación del índice de mérito IM.....</i>	73
4.9.1.2	<i>Análisis del material seleccionado.....</i>	75
4.9.2	<i>Geometría y configuración del rascador.....</i>	75
4.9.3	<i>Fuerza en el rascador.....</i>	75
4.9.4	<i>Diseño por resistencia a la fatiga.....</i>	77
4.9.4.1	<i>Límite de fatiga real.....</i>	77
4.9.4.2	<i>Cálculo del factor de seguridad.....</i>	78
4.9.4.3	<i>Verificación de análisis de esfuerzos mediante SolidWorks.....</i>	78
4.10	<i>Selección del tamiz.....</i>	79
4.11	<i>Cálculo de la relación de transmisión.....</i>	80
4.11.1	<i>Selección de la correa.....</i>	81
4.11.2	<i>Determinación de la distancia entre ejes.....</i>	81
4.11.3	<i>Longitud primitiva de la banda.....</i>	82
4.11.4	<i>Cantidad de correas.....</i>	82
4.11.5	<i>Velocidad de la correa.....</i>	83
4.11.6	<i>Ángulos de abrazamiento.....</i>	84
4.11.7	<i>Tensiones producidas en la polea.....</i>	85
4.11.8	<i>Potencia.....</i>	85
4.12	<i>Diseño del eje.....</i>	86

4.12.1	<i>Cálculo de reacciones en A y B.</i>	88
4.12.2	<i>Diagramas de momentos y cortante.</i>	89
4.12.2.1	<i>Momentos resultantes.</i>	90
4.12.3	<i>Diseño estático del eje.</i>	90
4.12.4	<i>Diseño a fatiga.</i>	92
4.12.4.1	<i>Diseño por resistencia a la fatiga.</i>	93
4.12.4.2	<i>Límite de fatiga real.</i>	93
4.13	<i>Selección de chumaceras.</i>	95
4.13.1	<i>Análisis a carga estática.</i>	95
4.13.2	<i>Análisis a carga dinámica.</i>	95
4.13.2.1	<i>Cálculo de la capacidad dinámica requerida.</i>	96
4.14	<i>Selección de la chaveta</i>	97
4.14.1	<i>Fuerzas que actúan en la chaveta.</i>	98
4.14.2	<i>Diseño por esfuerzos cortantes.</i>	99
4.14.3	<i>Diseño para esfuerzos por aplastamiento.</i>	99
4.15	<i>Diseño de la estructura</i>	100
4.15.1	<i>Características geométricas de la estructura</i>	100
4.15.2	<i>Procedimiento de simulación estática.</i>	101
4.15.3	<i>Generación de resultados.</i>	102
4.16	<i>Diseño del circuito eléctrico.</i>	103
4.16.1	<i>Circuito de control.</i>	104
4.16.3	<i>Funcionamiento.</i>	105
4.16.4	<i>Seguridad.</i>	106

5. CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE LA MÁQUINA DESPULPADORA

5.1	<i>Construcción</i>	107
5.1.1	<i>Componentes de la máquina y la tecnología de construcción.</i>	108
5.2	<i>Procedimiento de construcción</i>	109
5.2.1	<i>Elementos de construcción.</i>	109
5.2.2	<i>Tiempos de construcción de la máquina despulpadora.</i>	110
5.2.3	<i>Flujogramas de construcción.</i>	117
5.2.3.1	<i>Flujograma de construcción del sistema estructural.</i>	117
5.2.3.2	<i>Flujograma de construcción del sistema de alimentación</i>	118
5.2.3.3	<i>Flujograma de construcción sistema motriz.</i>	120
5.2.3.4	<i>Flujograma de construcción del sistema eléctrico.</i>	120
5.3	<i>Montaje de la despulpadora de frutas</i>	121
5.3.1	<i>Montaje del sistema estructural.</i>	121
5.3.2	<i>Montaje del sistema de alimentación, recolección de producto y expulsión</i>	121
5.3.3	<i>Montaje del sistema motriz.</i>	122
5.3.4	<i>Montaje del sistema eléctrico.</i>	122
5.3.5	<i>Flujograma de montaje de la máquina despulpadora.</i>	122
5.4	<i>Pruebas de la máquina despulpadora</i>	123

5.4.1	<i>Plan de pruebas de funcionamiento.</i>	123
5.4.1.1	<i>Pruebas en vacío.</i>	123
5.4.1.2	<i>Pruebas con carga parcial.</i>	124
5.4.1.3	<i>Cálculo de potencia a plena carga.</i>	125
5.4.2	<i>Pruebas mecánicas de la máquina despulpadora.</i>	125
5.5	Verificación de la capacidad de producción	126
5.5.1	<i>Potencia consumida de la despulpadora de frutas</i>	128
5.5.2	<i>Tiempos de inicio de salida de pulpa.</i>	128
5.6	Verificación de los requerimientos	129
5.6.1	<i>Verificación de los requerimientos del usuario (voz del usuario).</i>	129
5.6.2	<i>Verificación del criterio del ingeniero (voz del ingeniero).</i>	130
5.7	Verificación para el material del rascador	130
5.7.1	<i>Análisis de resultados.</i>	131

6. MANUAL DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y ANÁLISIS DE COSTOS DE LA MÁQUINA DESPULPADOR

6.1	Manual de Operación	133
6.1.1	<i>Vista General del equipo</i>	133
6.1.2	<i>Accesorios del equipo.</i>	134
6.1.2.1	<i>Limpiador de pulpa.</i>	134
6.1.3	<i>Caja de control.</i>	135
6.2	Características de la máquina despulpadora.	135
6.3	Instalación del equipo	136
6.3.1	<i>Requisitos necesarios.</i>	136
6.4	Instrucciones de operación	137
6.4.1	<i>Intercambio de tamices.</i>	137
6.4.2	<i>Puesta en marcha.</i>	138
6.4.3	<i>Limpieza del equipo.</i>	139
6.5	Manual de Mantenimiento	140
6.6	Riesgos y medidas preventivas	141
6.6.1	<i>Riesgos ergonómicos.</i>	142
6.6.2	<i>Riesgos de corte.</i>	142
6.6.3	<i>Riesgo eléctrico.</i>	143
6.7	Análisis de costos para la máquina despulpadora de frutas	144
6.7.1	<i>Costos directos.</i>	144
6.7.1.1	<i>Costo de materiales.</i>	144
6.7.1.2	<i>Costo de la mano de obra.</i>	147
6.7.1.3	<i>Costos de equipos y herramientas.</i>	147
6.7.1.4	<i>Costo por transporte de materiales.</i>	148
6.7.1.5	<i>Costo total directo.</i>	148
6.7.2	<i>Costos indirectos.</i>	148
6.7.3	<i>Costo total.</i>	148
6.8	Rentabilidad del equipo	149

6.8.1	<i>Depreciación</i>	149
6.8.1.1	<i>Causas de la depreciación</i>	149
6.8.1.2	<i>Valor de salvamento</i>	149
6.8.2	<i>Cálculo de la depreciación</i>	150
6.8.3	<i>Métodos de depreciación</i>	150
6.8.3.1	<i>Método de la línea recta</i>	150
6.8.4	<i>Cálculo de ingresos</i>	151
6.8.5	<i>Cálculo de egresos</i>	153
6.8.5.1	<i>Gasto de construcción de la máquina despulpadora</i>	153
6.8.5.2	<i>Costos por operación y mantenimiento</i>	153
6.8.5.3	<i>Costos de materia prima (frutas)</i>	153
6.8.5.4	<i>Costos de energía eléctrica consumida</i>	154
6.8.6	<i>Cálculo de la tasa interna de retorno (TIR)</i>	155
6.8.7	<i>Criterios de decisión</i>	158
6.8.8	<i>Análisis de resultados</i>	159
6.9	<i>Comparación del costo de fabricación de la máquina</i>	159
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
7.1	<i>Conclusiones</i>	161
7.2	<i>Recomendaciones</i>	162

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1	Sistema de numeración para identificar los aceros inoxidable.....14
2	Propiedades del acero inoxidable 304.....16
3	Tipos de aceros inoxidable y características de soldadura.17
4	Clasificación AWS de los procesos de soldadura y otros procesos.....18
5	Materiales de aporte sugeridos para la soldadura del acero inoxidable.....19
6	Desarrollo de la matriz QFD.....22
7	Especificaciones técnicas de la máquina.23
8	Combinación de soluciones para el módulo.31
9	Evaluación de cada criterio.34
10	Evaluación de las soluciones respecto a la producción kg/h.34
11	Evaluación de las soluciones respecto a la confiabilidad.....34
12	Evaluación de las soluciones respecto a la fuerza de corte.....35
13	Evaluación de las soluciones respecto a la diversidad de producción.35
14	Evaluación de las soluciones respecto al tiempo de puesta en marcha.35
15	Tabla de conclusiones respecto al módulo.....35
16	Pre diseño de la alternativa seleccionada.36
17	Pre diseños de la máquina despulpadora seleccionada.....39
18	Resultados de la resistencia al corte.45
19	Diámetros y pesos de las diferentes frutas.....45
20	Diámetros promedios de las semillas de diferentes frutas.....79
21	Diámetros mínimos de las poleas.....81
22	Procedimiento para el análisis estático101
23	Requerimientos del motor seleccionado.....103
24	Elementos eléctricos.103
25	Sistemas de la máquina despulpadora.....108
26	Partes constructivas de la máquina despulpadora de frutas.....109
27	Tiempos en la construcción de la despulpadora de frutas.110
28	Elementos de sub ensamble.117
29	Montaje del sistema estructural.....121
30	Montaje del sistema de alimentación, recolección y expulsión.121
31	Montaje del sistema motriz.....122
32	Montaje del sistema eléctrico.122
33	Tiempos de montaje y construcción de la máquina.123
34	Datos obtenidos en el arranque sin carga.124
35	Datos obtenidos en el arranque con carga parcial.....124

36	Datos obtenidos en el arranque a plena carga.	125
37	Pruebas mecánicas.....	125
38	Resultados de la capacidad de producción en diferentes frutas.	127
39	Resultados de potencia consumida para diferentes frutas.	128
40	Tiempos de inicio de despulpado.	129
41	Verificación de los requerimientos del usuario.....	129
42	Verificación de la voz del Ingeniero.	130
43	Contenido aproximado de azúcar y ácido de algunas frutas.....	131
44	Tamices intercambiables.....	134
45	Características generales de la máquina.....	135
46	Intercambio de tamiz.	137
47	Puesta en marcha.	138
48	Limpieza del equipo.	139
49	Manual de mantenimiento.	141
50	Partes de la máquina despulpadora.	144
51	Costo de materiales.	145
52	Costo de la mano de obra.	147
53	Costo de equipos y herramientas.	147
54	Costo total directo.	148
55	Costos indirectos.....	148
56	Costo total indirecto.	148
57	Costo total de la máquina.....	149
58	Depreciación anual de la máquina despulpadora.	151
59	Costos de operación y mantenimiento de la máquina despulpadora.	153
60	Costos de frutas.	153
61	Egresos anuales.	155
62	Datos de evaluación financiera.	156
63	Valor Actual Neto para diferentes valores de interés.	157
64	Máquinas desulpadoras de frutas en Ecuador.....	159

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1 Pulpa de fruta.....	4
2 Diagrama del proceso de obtención de pulpa de pulpa.	6
3 Maduración de la fruta.....	6
4 Escaldado de frutas.	7
5 Despulpado de frutas.	8
6 Despulpadora horizontal de tornillo sin fin manual.	10
7 Despulpadora horizontal de tornillo sin fin accionada por motor.	10
8 Despulpadora horizontal de paletas.	11
9 Máquina despulpadora horizontal 150kg/h – 300kg/h.....	12
10 Despulpador de frutas 3000kg/h.	12
11 Despulpadora vertical fuente motriz inferior.	13
12 Máquina despulpadora vertical fuente motriz superior.....	13
13 Productos y aplicaciones del acero inoxidable.	14
14 Esquema del proceso de soldadura GTAW.....	18
15 Esquema representativo de componentes básicos de la soldadura SMAW.	19
16 Función primaria de la máquina.	24
17 Diagrama de funciones secundarias de la máquina.	25
18 Estructura modular.....	25
19 Intercambio de tamiz y regulación de rascadores.....	26
20 Alimentación automática mediante banda transportadora.	27
21 Alimentación manual de la fruta.	27
22 Puesta en marcha, sistema motriz horizontal.	28
23 Puesta en marcha, sistema motriz vertical.	29
24 Tamizado por rascadores rotatorios.	29
25 Tamizado por paleta rotatoria inferior.....	30
26 Alternativa 1.	31
27 Alternativa 2.	32
28 Acople de brida.	41
29 Cuerpo del sistema.	41
30 Diseño final de la máquina despulpadora.....	41
31 Dimensiones generales de la tolva.....	42
32 Dimensiones del volumen interno de la tolva.	43
33 Cálculo del volumen interno de la tolva.	43
34 Ángulo de corte, y geometría (Aplicador de carga).....	44
35 Determinación de fuerza de corte en la máquina universal.	44

36	Cuchilla de corte.	48
37	Espaciamientos entre láminas de corte.	48
38	Ubicación de la fuerza en la lámina.	49
39	Diagrama de momento y cortante en la cuchilla.	49
40	Fuerza que actúa en la cuchilla de corte.	53
41	Resultado del análisis de la cuchilla de corte.	53
42	Diseño geométrico del soporte de rascadores.	54
43	Acumulación de fruta.	54
44	Sistema motriz.	57
45	Generación del sistema de coordenadas en la cuchilla de corte.	57
46	Resultado del cálculo de las propiedades de la cuchilla de corte.	58
47	Resultado del análisis de la cuchilla de corte.	58
48	Resultado del cálculo de las propiedades del soporte de rascadores.	59
49	Geometría del rascador.	59
50	Geometría de la placa de ajuste.	61
51	Fuerza actuante en la lámina radial.	65
52	Diagrama de momento y cortante en la lámina radial.	66
53	Fuerza actuante en la lámina radial.	68
54	Resultado del análisis de la lámina radial.	68
55	Geometría de la lámina de soporte en L.	69
56	Diagrama de momento y cortante en la lámina de soporte en L.	70
57	Fuerza actuante en la lámina de soporte en L.	72
58	Resultado del análisis de la lámina de soporte en L.	72
59	Mapa de materiales para una primera selección.	74
60	Geometría del rascador.	75
61	Fuerza actuante en el rascador.	75
62	Diagrama de momento y cortante del rascador.	76
63	Asignación de parámetros en el rascador.	78
64	Resultado del análisis de la lámina del rascador.	79
65	Geometría del tamiz.	80
66	Representación de la transmisión.	81
67	Ángulos de abrazamiento y tensiones en la banda.	84
68	Fuerzas actuantes en el diseño del eje.	86
69	Representación de fuerzas en el plano x-z.	87
70	Representación de fuerzas en el plano y-z.	87
71	Distancias a los puntos.	87
72	Diagrama de momento y cortante en el plano y-z del eje.	89

73	Diagrama de momento y cortante en la plano x-z del eje.....	89
74	Geometría de la chaveta.....	97
75	Fuerzas actuantes en la chaveta.....	98
76	Geometría de la estructura.....	100
77	Dimensiones generales de la estructura.....	100
78	Esfuerzo máximo y mínimo resultante.....	102
79	Factor de seguridad en la estructura.....	102
80	Circuito de control.....	104
81	Circuito de potencia.....	104
82	Diagrama eléctrico encendido del motor.....	105
83	Diagrama eléctrico apagado del motor.....	105
84	Diagrama eléctrico accionamiento del relé térmico.....	106
85	Flujograma de construcción del sistema estructural.....	118
86	Elementos del sistema.....	118
87	Flujograma de construcción del sistema de alimentación, recolección de producto y expulsión de subproducto.....	119
88	Flujograma de construcción del sistema motriz.....	120
89	Flujograma de construcción del sistema eléctrico.....	120
90	Flujograma de montaje de la despulpadora de frutas.....	123
91	Pesaje de la fruta adquirida.....	127
92	Tiempo de inicio de despulpado.....	128
93	Muestra de Nylon luego de la experimentación.....	
94	Determinación de la dureza.....	131
95	Vista general del equipo.....	133
96	Limpiador de pulpa.....	134
97	Caja de control y elementos internos.....	135
98	Instalación de pernos de anclaje.....	136
99	Esquema de conexión.....	136
100	Forma correcta de levantamiento de cargas.....	142
101	Riesgo de corte.....	142
102	Vista de la cuchilla de corte en funcionamiento.....	143
103	Forma correcta de colocar la fruta en la tolva.....	143
104	Riesgo eléctrico.....	143
105	Caja de control.....	144
106	Diagrama de evaluación financiera.....	156
107	Gráfica VAN-TIR.....	158

SIMBOLOGÍA

V_{tolva}	Volumen de la tolva	cm^3
F_{corte}	Fuerza de corte	N
ϕ_p	Diámetro promedio de la fruta	cm
ϕ_{ps}	Diámetro promedio de la semilla	mm
F_{pf}	Fuerza por el peso de la fruta	N
F_{total}	Fuerza total que actúa en la cuchilla	N
σ	Esfuerzo a flexión	kg/cm^2
S_{ut}	Resistencia a la tensión	kg/cm^2
K_a	Factor de acabado superficial	
K_b	Factor de acabado superficial	
K_c	Factor de confiabilidad	
K_d	Factor de corrección de temperatura	
K_g	Factor de efectos diversos	
K_e	Factor de concentración de esfuerzos	
n	Factor de seguridad	
F_2	Fuerza que actúa en los rascadores	N
E_{rot}	Energía cinética de rotación	Nm
W	Velocidad angular de trabajo	rpm
I	Momento de inercia	kg cm^2
P_e	Potencia de empuje de la fruta con el tamiz	W
P_{tc}	Potencia de transporte de la cuchilla	W
P_{tr}	Potencia de transporte del rascador	W
P_{TT}	Potencia total de trabajo	W
f_s	Factor de servicio	
M_T	Momento torsor	Nm
F_{MT}	Fuerza que actúa en el soporte de rascadores	N
Q	Carga distribuida	N/m

IM	Índice de merito	
i	Relación de transmisión	
n_2	Velocidad angular de polea rápida	rpm
n_1	Velocidad angular de polea lenta	rpm
L	Longitud de la correa	mm
C	Distancia tentativa entre ejes	mm
C_c	Distancia corregida entre ejes	mm
Z	Número de correas	
v	Velocidad de la banda	m/s
Ar	Arco de contacto	°
T_1	Fuerza en el lado tirante	lb
T_2	Fuerza en el lado flojo	lb
R_B	Reacción en B	N
M_R	Momento resultante	Nm
τ_{xy}	Esfuerzo por torsión	Pa
σ_{eq}	Esfuerzo equivalente	Pa
P	Carga dinámica	N
f_n	Factor de velocidad	
f_l	Factor de esfuerzos dinámicos	
C_d	Capacidad dinámica requerida	N
F	Fuerza en la superficie del eje	N
τ_c	Esfuerzo cortante	Pa
L	Longitud de la chaveta	mm
$\cos\theta$	Factor de potencia	
$V_{sal.}$	Valor de salvamento	USD
V_i	Valor inicial	USD
n	Tiempo de vida útil	
N	Tiempo de depreciación	

D_{anual}	Depreciación anual	USD
P_m	Producción mensual	
P_t	Periodo de trabajo	h/día
I_a	Ingreso anual por venta de pulpa	USD
E_a	Egreso anual	USD
P	Inversión inicial	USD

LISTA DE ABREVIACIONES

TIR	Tasa Interna de Retorno
VAN	Valor Actual Neto
AISI	Instituto Americano del Hierro y el Acero
QFD	Despliegue de la Función de Calidad
VOC	Voz del cliente
SRI	Servicio de Rentas Internas
CFN	Corporación Financiera Nacional
GTAW	Soldadura de arco Eléctrico con Electrodo de Tungsteno y gas de Protección
SMAW	Soldadura Por Arco Eléctrico
AWS	Sociedad Americana de Soldadura

ANEXOS

- A** Geometría y dimensiones del aplicador de carga.
- B** Láminas de acero inoxidable y propiedades mecánicas.
- C** Factor de superficie (k_a).
- D** Factor de tamaño (k_b).
- E** Factor de confiabilidad (k_c).
- F** Factor de temperatura (k_d).
- G** Factor de servicio para la selección de un motor.
- H** Motor eléctrico, datos mecánicos y geométricos.
- I** Proceso de selección del material del rascador.
- J** Propiedades del nylon.
- K** Características de la lámina perforada seleccionada para el tamiz.
- L** Selección del perfil de correa.
- M** Factor de potencia P_1 y factor de corrección C_2 .
- N** Factor de corrección C_3 .
- O** Banda trapezoidal.
- P** Factor de concentración de esfuerzos.
- Q** Factores radiales y axiales de los rodamientos rígidos de bolas.
- R** Coeficiente de velocidad f_n .
- S** Factor de esfuerzos dinámicos f_l .
- T** Rodamiento UC de la chumacera seleccionada.
- U** Geometría de las chumaceras de pared y de piso.
- V** Dimensiones de chaveta y chavetero.
- W** Esquemas de cortes efectuados y de lámina usada.
- X** Remuneración mínima sectorial metalmecánica.
- Y** Matriz de tasas de interés.

RESUMEN

La máquina despulpadora de frutas tiene por objetivo cortar y refinar diferentes clases de frutas de una manera continua y eficiente, la capacidad requerida es de 200 kg/h que la convierte en un equipo industrial.

En la elección de la mejor alternativa se emplearon los criterios de diseño concurrente, para ello se usó la matriz QFD (quality function deployment), con lo cual se relacionó los criterios del auspiciante, con los del ingeniero, una vez evaluados y caracterizados las diferentes alternativas, se seleccionó la máquina despulpadora horizontal.

La máquina se diseñó en base a la pulpa de fruta a obtener, para ello se requirió hacer pruebas de corte en las diferentes frutas para determinar la de mayor resistencia, la cual fue la maracuyá, con este resultado y la capacidad requerida se dimensionó los elementos de la máquina. La máquina dispone de tres rascadores lo cual le da mayor eficiencia al proceso de despulpado.

La máquina está construida en su totalidad de Acero Inoxidable AISI 304, de acuerdo con los requerimientos de la industria alimenticia, cuenta con un motor de 2 HP monofásico, además su geometría permite un fácil mantenimiento y limpieza ya que sus elementos son desmontables.

Las pruebas finales verificaron los requerimientos y el funcionamiento adecuado de la máquina, logrando una capacidad máxima de 250 kg/h. La capacidad varía en función del diámetro del tamiz, de la velocidad de rotación y del número de rascadores.

La factibilidad de construcción de la máquina se verificó mediante el análisis costo beneficio, para una jornada de trabajo de 1 h/día, en un periodo de 5 años se obtuvo el TIR de 85,47% superior a la tasa de interés anual que proporciona el banco.

ABSTRACT

The fruit pulping machine aims to cut and refine different kinds of fruits of a continuous, fast and efficient way, the required capacity is 200 kg/h which makes it an industrial equipment.

Concurrent design criteria were used in choosing the best alternative, so the QFD (quality function deployment) matrix was used which related criteria of the sponsor, whit the engineer, once evaluated and characterized the different alternatives, is horizontal pulper machine selected.

This machine was designed on based on the pulp of fruit to obtain this required testing of different fruits cut to determine the increased resistance, which was passion fruit, with this result and the required capacity is dimensioned elements of the machine. The machine has there scrapers which give greater efficiency to the pulping process.

The machine is constructed entirely of AISI 304 stainless steel, in accordance with the requirements of the food industry, boasts a 2 HP single phase motor, its geometry also allows easy maintenance and cleaning since their items are removable.

The final tests checked the requirements and the proper operation of the machine, achieving a capacity of 250 kg/h capacity varies according to the diameter of sieve, the speed of rotation and the number of scrapers.

The feasibility of construction of the machine was verified by analyzing cost-benefit, for a working time of 1 h/day, over a period of 5 years was the shooting of 85,47% higher than the annual interest rate provided by the Bank.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El Ecuador goza de un amplio reconocimiento por ser un país productor de frutas tropicales, entre las que se destacan principalmente: el banano, piñas, mangos, papayas y maracuyás, así como otras frutas de clima tropical y templado. Debido a las amplias variaciones climáticas que existe de una región a otra, por esto el país es un lugar privilegiado para el cultivo de frutas tropicales.

Las frutas tropicales se caracterizan por ser completamente naturales, por sus sabores concentrados. Las frutas en su mayoría son consideradas exóticas lo que genera que sean de alta demanda por los mercados representando una excelente oportunidad comercial, la cual puede presentarse como fruta fresca, pulpa de fruta, y jugos.

La producción y exportación de jugos y pulpas de frutas es una alternativa de desarrollo económico para el país, y de beneficio para el empresario. La oferta en diferentes presentaciones de productos obtenidos con frutas, como enlatados de jugos y frutas otorga diversificación a las exportaciones, la prueba es el incremento de empresas agroindustriales dedicados al procesamiento de jugos y pulpa de fruta.

1.1 Antecedentes

Desde hace algún tiempo las frutas dejaron de aparecer exclusivamente en su presentación natural. En los supermercados se ofrecen jugos, concentrados y también la pulpa de fruta.

Este último producto está ganando mercado en el país. Aparece en empaques congelados y tipo sachet, en la percha donde se ubican frutas y vegetales. El costo fluctúa entre (1 y 2) dólares americanos, de acuerdo al tamaño de los empaques.

Una decena de marcas de pulpa que se ofrece en el mercado se elabora en Ecuador. En su mayoría son empresas que exportan frutas naturales y que dentro de sus múltiples productos también comercializan la pulpa de fruta congelada o refrigerada.

Uno de los objetivos principales de la obtención de la pulpa de frutas, a más de dar facilidades en el hogar, es afianzar productos de buena calidad; al no perder sus propiedades nutritivas.

La pulpa de fruta a más de estar en el mercado ecuatoriano, busca ser parte de los insumos que se consumen en Europa, Venezuela, Canadá o los Estados Unidos.

1.2 Justificación técnico – económica

En el Ecuador existe una gran demanda de pulpa de fruta y un creciente mercado de exportación de ahí surge la idea de plantear el diseño y construcción de una máquina despulpadora de frutas la cual será un equipo industrial que agilizará el proceso de despulpe disminuyendo las maniobras de operación y aumentando la producción, para así beneficiar al pequeño agro industrial de nuestras zonas frutícolas.

Las empresas de hoy en día están destinadas a desenvolverse en un mundo cada vez más competitivo que las obliga a adoptar nuevos modelos y estrategias industriales que resuelvan problemas relacionados con el manejo de la marca, canales de distribución de productos, certificaciones de calidad, altos costos de producción, deficiencias en los procesos y la existencia de inventarios para satisfacer las inestabilidades de la demanda, entre otros.

El desarrollo frutícola en nuestro país debe estar sustentado tanto en un aporte importante de innovación tecnológica, como en la identificación y control de los costos de producción, transformación y comercialización, siempre en beneficio de la industria.

En la actualidad la innovación tecnológica permite obtener productos de elevada calidad y eficiencia, por esta razón los productos que se produzcan en el país deben contar con los requerimientos y normativas para así garantizar la calidad del producto tanto en el mercado nacional como internacional.

Al plantear la solución del problema el ingeniero debe desarrollar un producto que pueda competir con los de otro fabricante en nivel tecnológico.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Diseñar y construir una máquina despulpadora de frutas.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Seleccionar la alternativa adecuada con respecto a los parámetros requeridos por el auspiciante, para el diseño y construcción de la máquina despulpadora de frutas.

Diseñar y construir una máquina despulpadora de frutas que sea capaz de cortar y refinar diferentes clases de frutas (maracuyá, mora, naranjilla, guayaba, tomate de árbol) de una manera continua y eficiente.

Realizar la selección y el diseño de los elementos que forman parte de la máquina.

Efectuarlas pruebas necesarias para garantizar el adecuado funcionamiento de la máquina.

Realizar el análisis de costo beneficio de la máquina y la rentabilidad del equipo.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Pulpa de frutas

La pulpa. Es el producto pastoso, no diluido, ni concentrado, ni fermentado, obtenido por la desintegración y tamizado de la fracción comestible de frutas frescas, sanas, maduras y limpias.

Pulpa es la parte comestible de las frutas o el producto obtenido de la separación de las partes comestibles carnosas de las frutas, mediante procesos tecnológicos adecuados. La pulpa se diferencia del jugo únicamente en su consistencia; las pulpas son más viscosas.

Figura 1. Pulpa de fruta



Fuente: www.planetacolombia.com

La pulpa de frutas congelada preserva ventajas sobre las frutas frescas y sobre otros tipos de conservas. Algunas de sus características son:

- La pulpa congelada permite conservar el aroma, el color y el sabor inicial de la fruta.
- Las características nutritivas en el proceso de congelación varían en menor escala con respecto a los otros sistemas de conservación.

- La pulpa de fruta es considerada como materia base de cualquier otro producto que lo requiera.
- La conservación permite preservar la fruta hasta un año.
- No se acumulan desperdicios, solo se conserva la parte útil de la fruta.
- La pulpa de fruta actúa en forma de suministro de frutas cuando haya poca disponibilidad de ellas. (LÓPEZ, 2009)

2.2 Proceso de despulpado de fruta

El éxito en la obtención de pulpas de alta calidad comienza en la disponibilidad de frutas de excelentes características gustativas. Junto a esta disponibilidad está el cuidado que se tenga en mantener esta alta calidad en los pasos previos a la llegada a la fábrica de procesamiento.

Entre estos pasos están: el grado de madurez que la fruta debe alcanzar en el momento de ser retirada de la planta; la delicadeza con que se realice la cosecha; la hora que se decida para cosechar, las condiciones en que permanezca antes de salir del sitio del cultivo y las condiciones del transporte.

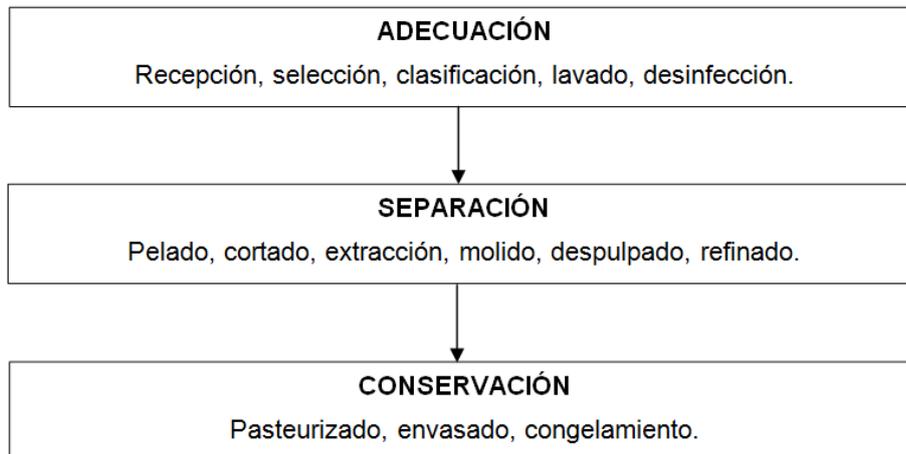
Una vez en la fábrica, la fruta se limpia pasando por los procesos de desinfección e higienización, pelado y separación de semillas y cáscaras, para luego envasar la pulpa y congelarla a una temperatura adecuada. (CAMACHO, 2008)

2.3 Descripción del proceso

En la obtención de pulpa es necesario seguir un proceso, para así alargar la vida útil del producto deseado.

Las operaciones de producción de pulpa se pueden dividir en tres fases como se lo indica en la figura 2. (LÓPEZ, 2009 pág. 2)

Figura 2. Diagrama del proceso de obtención de pulpa de pulpa



Fuente: (LÓPEZ, 2009 pág. 2)

2.3.1 Adecuación.

- *Recepción y pesaje de la materia prima.* Permite conocer con exactitud la cantidad de materia prima que entrega el proveedor y a partir de esta cantidad se podrá conocer los porcentajes de la calidad de la fruta.

Figura 3. Maduración de la fruta



Fuente: www.viverosbrokaw.com

- *Selección.* Se hace para separar las frutas sanas de las descompuestas. Este control de calidad de la fruta se da por medio de la vista y del olfato del operario, y se lo realiza sobre mesas o bandas transportadoras. (CAMACHO, 2008)
- *Lavado.* El propósito de este proceso es disminuir al máximo la contaminación de microorganismos que naturalmente están en la cascara de la fruta. El lavado se

puede realizar por inmersión de las frutas o por aspersión, es decir con agua a determinada presión.

2.3.2 Separación.

- *Pelado y corte.* La operación del pelado permite separar la cascara del resto de la fruta esto se da para mejorar el sabor de la pulpa, esta operación puede efectuarse de manera manual o por métodos físicos, mecánicos o químicos.
- *Escaldado.* Esta operación reduce la carga microbiana que aún permanece en la fruta, también se realiza para inactivar enzimas que producen cambios indeseables de apariencia, color, aroma y sabor en la pulpa, aunque pueda estar conservada bajo congelación. Este paso aplica solo a cierta clase de frutas.

Figura 4. Escaldado de frutas



Fuente: (CAMACHO, 2008)

- *Molido.* La operación del molido consiste en someter frutas enteras y duras a un trozado con el fin de romper la estructura natural y facilitar el despulpado. (LÓPEZ, 2009 pág. 4)
- *Despulpado.* Es la operación en la que se logra la separación de la pulpa de las semillas y cáscaras. El principio en que se basa es el de hacer pasar la pulpa a través de una malla. La fruta es impulsada por un conjunto de paletas unidas a un eje que gira a velocidad fija o variable. La fuerza centrífuga de giro de las paletas lleva a la masa contra la malla y allí es arrastrada logrando que la pulpa pase a través de los orificios la malla.

Figura 5. Despulpado de frutas



Fuente: <http://procesodefutas.blogspot.com/>

- *Refinado.* En este proceso se reduce el tamaño de la partícula de la pulpa a una de mejor apariencia, lo cual da una textura más fina a los productos como mermelada o bocaditos preparados a partir de la pulpa.

2.3.3 Conservación. Los microorganismos producen rápidas reacciones de degradación como lo es la fermentación. En menor proporción y más lentamente están las reacciones de origen bioquímico, que tienen lugar por la reacción de ciertos compuestos con el oxígeno del aire y otros compuestos en donde participan activamente las enzimas, las cuales causan cambios lentos de apariencia, color, aroma, sabor, viscosidad y valor nutricional.

Las técnicas de conservación tienen por objetivo detener y retardar estos tipos de deterioro, sobretodo el ocasionado por los microorganismos. (LÓPEZ, 2009 págs. 5-6)

- *Tratamiento térmico.* Consiste en calentar un producto a una temperatura, la cual provoque la destrucción de los microorganismos patógenos. Luego del calentamiento sigue el enfriamiento para evitar la sobre cocción.
- *Envasado.* Las pulpas ya obtenidas deben ser aisladas del medio ambiente a fin de mantener sus características hasta el momento de su empleo. Esto se logra mediante su empaclado con el mínimo de aire, en recipientes adecuados y compatibles con las pulpas.
- *Almacenamiento.* Para almacenar las pulpas se mantiene al producto a una temperatura de congelación de (18 o 20) °C , bajo cero.

- *Congelación.* Permite mantener las características sensoriales y nutricionales lo más parecidas a las de las frutas frescas. Con esta técnica la pulpa se puede mantener en tiempos cercanos a un año. (CAMACHO, 2008)

2.4 Máquinas despulpadoras

Son máquinas que se utilizan para extraer y separar la semilla y la cascara del fruto.

Análisis del proceso de despulpado:

El proceso inicia depositando la fruta en la tolva de alimentación, previamente higienizada. Solo algunas frutas, como la mora, guayaba o fresa, permiten esta adición directa. Otras frutas como la guanábana exigen una adecuación previa como el pelado y corte, mientras otras frutas requieren de un ablandamiento por escaldado como la manzana y el tomate de árbol.

Una vez que la fruta ingresa a la tolva es cortada por medio de la cuchilla que gira con el sistema motriz, hecho el corte la fruta pasa al tambor donde se encuentran los rascadores que presionan a la fruta con el tamiz para así obtener la pulpa.

Finalmente por el extremo opuesto salen las semillas cascara, y por el otro sale la pulpa. (DESPULPADORA, 2010)

- *Ventajas.* Reducción del tiempo de producción de pulpa, y la eficiencia en el proceso.

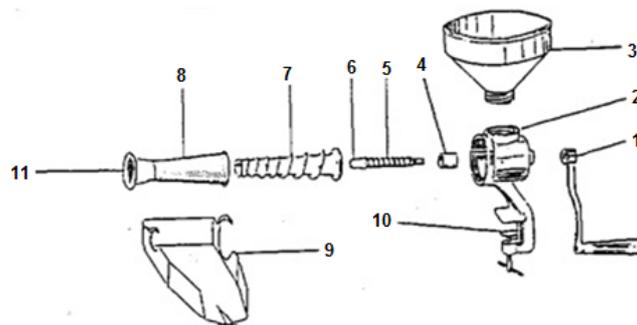
- *Desventajas.* Durante el despulpado en este tipo de máquinas también se causa demasiada aireación de la pulpa, con los efectos negativos de oxidaciones, cambios de color y sabor en ciertas pulpas.

Dependiendo de la capacidad de producción existen dos grupos de máquinas, las industriales de una elevada producción superior a 200 kg/h y las semi industriales con una producción hasta de 50 kg/h de obtención de pulpa.

2.4.1 Máquinas despulpadoras semi industriales. Son máquinas de baja producción de pulpa, destinadas para satisfacer al pequeño y mediano productor. Generalmente son horizontales, las cuales pueden ser de paletas y de tornillo sin fin.

2.4.1.1 Despulpadora horizontal de tornillo sin fin. Consiste en un molino el cual tiene una tolva superior, por donde es alimentado con la materia prima, la que pasa a través de un filtro agujereado que es el extractor de la pulpa en forma de cono, en el interior está compuesto por un tornillo sin fin el que es accionado por una manilla en sentido horario. Esta despulpadora puede servir para diferentes tipos de frutas sólo se debe cambiar el filtro del cono, dependiendo de qué tan pequeña sea la semilla. (DESPULPADORA, 2010).

Figura 6. Despulpadora horizontal de tornillo sin fin manual



1. Manija de rotación
2. Cuerpo del equipo
3. Tolva de alimentación de material prima
4. Arandela
5. Resorte
6. Perno
7. Rosca sin fin
8. Filtro agujereado extractor de pulpa
9. Deslizante de la pulpa extraída
10. Prensa para asegurar el equipo a la mesa
11. Boquilla de salida de los desechos

Fuente: <http://despulfruc-tpa.blogspot.com/>

Esta despulpadora puede ser accionada mediante un motor, el que se conectara cuando se requiera, para así agilizar el proceso.

Figura 7. Despulpadora horizontal de tornillo sin fin accionada por motor



Fuente: guatire.olx.com.ve

2.4.1.2 Despulpadora horizontal de paletas. Este tipo de máquinas al ser semi industriales su capacidad puede llegar a 50 kg/h, dispone de una tolva de alimentación en la cual se ingresa los frutos, estos pueden ser cortados previamente dependiendo del tamaño de los mismos. El motor hace girar las paletas internas, que por fuerza centrífuga se filtra la pulpa por medio del tamiz interno.

- Permite el aprovechamiento de la fruta de 50% hasta 90% con poco desperdicio.
- Es de fácil limpieza y mantenimiento. (IMARCA)

Figura 8. Despulpadora horizontal de paletas



Fuente: (IMARCA)

2.4.2 Máquinas despulpadoras industriales. Son máquinas de elevadas capacidades de producción, en general existen dos tipos de máquinas que se las pueden encontrar en el mercado internacional, las cuales son la horizontal y la vertical.

2.4.2.1 Máquina despulpadora horizontal. La fuerza centrífuga de giro de las aspas que van unidas a un eje que gira a una velocidad fija, lleva a la fruta contra las paredes del tamiz allí es arrastrada logrando que el fluido pase a través de los orificios separando la pulpa de los demás residuos como las semillas, cáscaras, vástagos y desechos, obteniendo pulpas para jugos, néctares o purés y dulces. (INDUSTRIAS CARDÍN)

Figura 9. Máquina despulpadora horizontal 150kg/h – 300kg/h



Fuente: (INDUSTRIAS)

En el mercado nacional se ofrecen máquinas despulpadoras de frutas desde 100 kg/h, hasta 5000 kg/h. Tienen tamiz intercambiable o doble cuerpo para el despulpado y refinado. (INOXIDABLES)

Figura 10. Despulpador de frutas 3000kg/h



Fuente: (INDUSTRIAS)

2.4.2.2 Máquina despulpadora vertical. Es una máquina de capacidad industrial, el principio de funcionamiento es similar a la máquina horizontal, a diferencia de su cuerpo que es en posición vertical, esta máquina posee paletas rotatorias que comprimen el producto contra el tamiz y la pulpa es evacuada por la parte inferior del cilindro contenedor y por el otro lado salen los desechos. (INDUSTRIAS CARDÍN)

Poseen un sistema de alimentación mediante una tolva, adecuada a una altura específica.

En el mercado se puede presentar en dos configuraciones, esto se da ya que el sistema matriz el cual genera movimiento es ubicado en diferentes posiciones tanto

en la parte inferior como en la parte superior, como se observa en las figuras 11 y 12 respectivamente.

Figura 11. Despulpadora vertical fuente motriz inferior



Fuente: <http://www.inducardin.com/frutas.html>

Figura 12. Máquina despulpadora vertical fuente motriz superior



Fuente: <http://buenos-aires.all.biz/despulpadora-de-frutas-y-tomatina-dg-1020-g112611#fulldescription>.

Las máquinas despulpadoras verticales tienen una capacidad de producción de pulpa industrial, pero se consideran de menor capacidad que las horizontales.

2.5 El acero inoxidable en la industria alimenticia

El descubrimiento del acero inoxidable a principios del siglo XX fue un gran acontecimiento para la industria de alimentos y bebidas.

Actualmente, más del 30% de todo el acero inoxidable producido se destina al sector de alimentos y bebidas.

El acero inoxidable tiene múltiples aplicaciones como: en la industria alimenticia, para las industrias procesadoras de leche, para el procesamiento de frutas. Así mismo, se utiliza para el almacenamiento y transportación de alimentos y bebidas y más aplicaciones. El acero inoxidable se utiliza en los procesos industriales de producción, transporte, preparación y conservación de alimentos y bebidas. (IMINOX, 2011).

Figura 13. Productos y aplicaciones del acero inoxidable



Fuente: <http://www.expomáquinaria.es/wpblog/>

2.6 Aceros inoxidables

Estos aceros son resistentes a la corrosión y al calor. Un sistema de numeración de tres números se usa para identificarlos. El primer número indica el grupo, los dos últimos no tienen significado específico. Esto se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Sistema de numeración para identificar los aceros inoxidables

Designación de la serie	Grupos
2XX	Cromo-níquel-manganeso; no endurecibles, austeníticos, no magnéticos.
3XX	Cromo-níquel; no endurecibles, austeníticos, no magnéticos.
4XX	Cromo-carbono; endurecibles, martensíticos, magnéticos.
4XX	Cromo; no endurecibles, ferríticos, magnéticos.
5XX	Cromo; bajo cromo, resistentes al calor.

Fuente: (AVNER, 1988 pág. 360)

La propiedad de resistencia a la corrosión se debe a una película delgada, adherente, estable de óxido de cromo o de níquel que protege efectivamente al acero contra medios corrosivos.

El extenso rango de propiedades y características secundarias, presentes en los aceros inoxidable hacen de ellos un grupo de aceros muy versátiles.

La selección de los aceros inoxidable puede realizarse de acuerdo con sus características:

- Resistencia a la corrosión y a la oxidación a temperaturas elevadas.
- Propiedades mecánicas del acero.
- Características de los procesos de transformación a que será sometido.
- Costo total (reposición y mantenimiento)
- Disponibilidad del acero.

2.6.1 Clasificación de los aceros inoxidable. Según Norma AISI los aceros inoxidable según su estructura cristalina se clasifican en: Aceros Martensíticos, Aceros Ferríticos, Aceros Austeníticos y Aceros Austenoferríticos.

2.6.1.1 Aceros inoxidable Martensíticos. Son principalmente aceros con 11.5 y 18% de cromo. Estos aceros son magnéticos, pueden trabajarse en frío sin problemas, pueden maquinarse satisfactoriamente, tienen buena tenacidad, gran resistencia a la corrosión atmosférica y a algunos agentes químicos y se trabajan fácilmente en caliente.

De este grupo son los tipos 403, 410, 414, 416, 420, 440A, 501, los tipos 410 y 416 son las más utilizadas.

2.6.1.2 Aceros inoxidable ferríticos. Contienen sólo Cromo de 14 a 17% aproximado. Incluye los tipos 405, 430 y 4461. Como estos aceros contienen poco carbono pero más cromo no se pueden endurecer por tratamiento térmico, sino sólo mediante trabajado en frío. Son magnéticos, tienen resistencia a la corrosión en la condición de recocido.

Se usan para profundos estampados de piezas, recipientes para industrias químicas y alimenticias.

2.6.1.3 Aceros *inoxidables Austeníticos*. Son aceros al Cromo-Níquel (tipo 3xx) y al Cromo-Níquel-Manganeso (tipo 2xx) que resultan austeníticos; son no magnéticos en la condición de recocido y no endurecen por tratamiento térmico. Su resistencia a la corrosión es mejor que la de los martensíticos y ferríticos. (AVNER, 1988 págs. 367-372)

En el mercado Ecuatoriano se encuentra principalmente el acero inoxidable 304 en forma de planchas, barras, láminas y tubos. Siendo este acero el de mayor utilización para la industria alimenticia.

- *Acero Inoxidable AISI 304.* Éste es el más versátil y uno de los más usados de los aceros inoxidables de la serie 300. Tiene excelentes propiedades para el conformado y el soldado.

Tiene buenas características para la soldadura, la resistencia a la corrosión es excelente, excediendo al tipo 302 en una amplia variedad de ambientes corrosivos. (SUMITEC, 2010)

Tabla 2. Propiedades del acero inoxidable 304

Propiedades Mecánicas	Resistencia a la fluencia 310 MPa (45 KSI) Resistencia máxima 620 MPa (90 KSI) Elongación 30 % (en 50mm) Reducción de área 40 % Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)
Propiedades Físicas	Densidad 7.8 g/cm ³ (0.28 lb/in ³)
Propiedades Químicas	0.08 % C mín. 2.00 % Mn 1.00 % Si 18.0 – 20.0 % Cr 8.0 – 10.5 % Ni 0.045 % P 0.03 % S
Usos	Equipos para procesamiento de alimentos, enfriadores de leche, intercambiadores de calor, contenedores de productos químicos, tanques para almacenamiento de vinos y cervezas, partes para extintores de fuego.

Fuente: (SUMITEC, 2010)

2.6.1.4 Aceros inoxidables Austenoferríticos (Dúplex). Llamados también bifásicos, permite obtener una estructura mixta de austenita y ferrita con características únicas de resistencia a la corrosión, son magnéticos, son generalmente soldables. (RODACCIAI, 2012)

2.7 Soldaduras en los aceros inoxidables

Los aceros inoxidables reaccionan de manera diferente a la temperatura y si se les aplica demasiado calor, se pueden deformar o sufrir distorsión a medida que se enfrían.

- *Procedimiento para soldar para aceros inoxidables.* Para obtener buenos resultados en la soldadura, es necesario seleccionar el método de soldadura adecuado, metales de aporte y consumibles correctos, siempre teniendo en cuenta el material a soldar.

Tabla 3. Tipos de aceros inoxidables y características de soldadura

Aceros al cromo níquel-no templables		
AISI	Estructura	Propiedades de la soldadura
201	Austenítica	Muy buenas. Soldaduras tenaces
304	Austenítica	Buenas. Soldaduras tenaces
316	Austenítica	Muy buenas. Soldaduras tenaces
Aceros al cromo-no templables		
430	Ferrítica	Regulares. Soldaduras no dúctiles
Aceros al cromo-templables		
410	Martensítica	Regulares. Precalentar a 200-260°C. Recocido posterior a 675°C.

Fuente: (Consideraciones para trabajar acero inoxidable, 2010 p. 19)

2.7.1 Procesos de soldadura. Los aceros inoxidables se pueden soldar con la mayoría de los procesos tradicionales, principalmente con los de arco eléctrico, que pueden clasificarse como procesos con electrodos consumibles: SMAW, GMAW, FCAW y SAW; y los de electrodo no consumible como GTAW y PAW. (Consideraciones para trabajar acero inoxidable, 2010 p. 21)

Donde la American Welding Society (AWS) ha designado y caracterizado a cada método de la forma que se indica en la tabla 4.

Tabla 4. Clasificación AWS de los procesos de soldadura y otros procesos relacionados

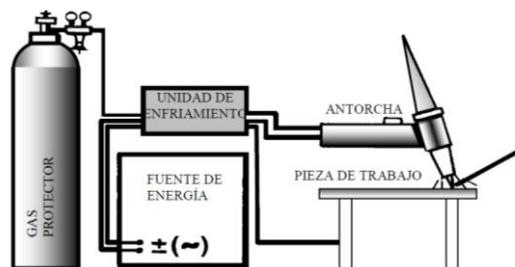
SMAW	Shielded Manual Arc Welding; Soldadura Manual de Arco Revestido (electrodos revestidos).
SAW	Sumerged Arc Welding; Soldadura de Arco Sumergido.
FCAW	Flux Cored Arc Welding; Soldadura de Arco Fundente en el Núcleo.
GTAW	Gas Tungsten Arc Welding; Soldadura con Electrodo de Tungsteno Protegida con Gas.
PAW	Plasma Arc Welding; Soldadura por Arco de Plasma.
GMAW	Gas Metal Arc Welding; Soldadura de Arco Metálico Protegido con Gas (Sol. MIG, MAG).

Fuente: (PASTOR, 2003 pág. 3)

La soldadura oxiacetilénica no es recomendable para este tipo de material; ya que los óxidos de cromo dan acabados deficientes.

2.7.1.1 Soldadura de arco con electrodo de tungsteno protegido por gas inerte, (GTAW). Este proceso, utiliza electrodos de tungsteno colocados en una boquilla especial. A través de ésta se suministra gas inerte o activo (argón, helio, CO₂, o mezclas de varios gases) a baja presión, que garantiza un flujo suficiente para rodear el arco y el metal fundido y de esta manera protegerlo de la atmósfera. La soldadura TIG permite lograr soldaduras homogéneas, de buena apariencia y con un acabado completamente liso. (PASTOR, 2003 págs. 10-12)

Figura 14. Esquema del proceso de soldadura GTAW

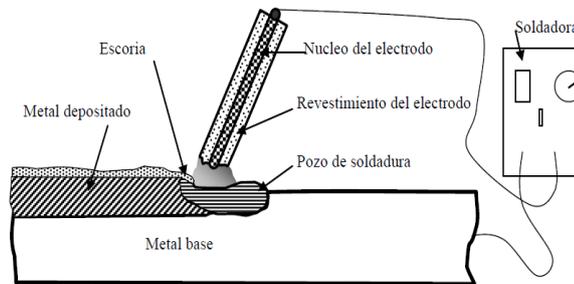


Fuente: (PASTOR, 2003 pág. 12)

2.7.1.2 Soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido (SMAW). La soldadura es obtenida por el calentamiento producido por un arco eléctrico generado entre un electrodo metálico recubierto y la pieza de trabajo. La protección es obtenida por la descomposición del revestimiento y el metal de aporte es suministrado por el electrodo.

El revestimiento contiene compuestos químicos que contribuyen a la formación de una atmosfera protectora. (PASTOR, 2003 págs. 16-17)

Figura 15. Esquema representativo de los componentes básicos de la soldadura SMAW



Fuente: (PASTOR, 2003 pág. 17)

2.7.2 Electrodo para soldadura de aceros inoxidable. La industria manufacturera ha desarrollado diversos tipos de electrodos, los mismos que en la mayoría de los casos producen depósitos de soldadura de composición química muy similar a la del metal base.

Tabla 5. Materiales de aporte sugeridos para la soldadura del acero inoxidable

Metal base	Electrodo recubierto AWS o nombre común	Electrodo desnudo y varilla- AWS o nombre común
AISI (UNS)	AWS A5.4 (UNS)	AWS A 5.9 (UNS)
304 (S30400)	E308 (W30810)	ER308 (S30880)
304L (S30400)	E308L (W30813)	ER308L (S30883)
316 (S31600)	E308 (W31610)	ER308 (S31680)
316L (S30400)	E316L (W31613)	ER316L (S31683)

Fuente: (Consideraciones para trabajar acero inoxidable, 2010 p. 22)

La designación de los electrodos de acero inoxidable es muy similar a la designación del acero inoxidable. Se producen electrodos de las series 300, 400 y 500, con los cuales se pueden soldar casi todos los tipos de acero inoxidable (PASTOR, 2003 págs. 43-44).

CAPÍTULO III

3. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

En el análisis y estudio de las alternativas para el diseño y las características de calidad, durabilidad de la máquina se requiere seguir un proceso de selección ordenado y adecuado, el cual cumpla con las especificaciones y parámetros requeridos.

3.1 Determinación de las especificaciones de la máquina

La máquina debe contar con todas las especificaciones y requerimientos, para así satisfacer las necesidades del auspiciante cuya actividad actual es la producción de pulpa de fruta.

3.1.1 *La matriz QFD (quality function deployment)*. La matriz QFD o casa de la calidad permite determinar las especificaciones técnicas de la máquina, es un método globalizador cuyo objetivo principal es considerar las necesidades y requerimientos del usuario o auspiciante, para así tener una planificación de la calidad durante el ciclo de vida.

Para la elaboración de la matriz QFD se requiere, conocer la voz del cliente, en el cual se da a conocer las características y requerimientos del producto, estos criterios son traducidos por el ingeniero e interpretados técnicamente. Y finalmente se evalúan los criterios técnicos para así determinar los que tienen mayor influencia en el diseño. (RIVA, 2002 pág. 177)

3.1.1.1 *Voz del usuario (VOC)*. De acuerdo con el criterio del auspiciante máquina debe contar con las siguientes características:

- Despulpado adecuado.
- Fácil operación.
- Alimentación manual.
- Que funcione con energía eléctrica.
- Despulpado de diferentes frutas.

- Funcionamiento silencioso.
- Rapidez de despulpado.
- Altura de trabajo.
- De fácil mantenimiento.
- Desmontable.
- Que cumpla normas de higiene.

3.1.1.2 Voz del ingeniero. Una vez analizados los requerimientos del auspiciante se procede a traducirlos de forma técnica, y dando como resultado las siguientes características.

- Fuerzas de desgarre.
- Ergonomía.
- Tiempo de puesta en marcha.
- Suministro de energía.
- Diversidad de producción.
- Nivel de ruido.
- Kilogramos/hora.
- Dimensión.
- Confiabilidad.
- Periodos de mantenimiento.
- Materiales.

3.1.1.3 Resultados de la matriz QFD. La matriz QFD que se muestra en la tabla 6, fue elaborada según el procedimiento propuesto por Carles Riba.

En el caso de la máquina despulpadora se realizaron modificaciones con respecto al modelo, con el propósito de adecuar el método al proyecto.

En la columna A se evalúa desempeño del actual producto en la empresa, se ha calificado 1 en todos los parámetros ya que no se cuenta con ningún producto previamente elaborado.

En las columnas B y C en cambio se ha evaluado el producto de otras empresas encargadas en el diseño de máquinas despulpadoras, con los mismos parámetros.

- *Fuerzas de desgarre.*
- *Diversidad de producción.*
- *Tiempo de puesta en marcha.*

Donde el requerimiento técnico más importante es de kilogramos/hora el cual determina directamente la capacidad de la máquina.

3.1.2 Especificaciones técnicas. Con ayuda de la matriz QFD se ha llegado a obtener las especificaciones técnicas de la máquina, las mismas que se indican en la tabla 7.

Tabla 7. Especificaciones técnicas de la máquina

Empresa cliente: Auspiciante		Producto: Máquina despulpadora de frutas		Fecha inicial: 2014-03-20 Última versión: 2014-03-28
Diseñadores: Tirira Lenin Castro Diego				Página 1.
Especificaciones				
Concepto	Fecha	Propone	R/D	Descripción
Función		D	R	Velocidad de rotación rascadores (500-600)rpm.
Materiales		C	R	Acero inoxidable 304
Construcción y montaje		D	R	200 kilogramos/hora
		C	R	Diversidad de producción, 4 diferentes frutas.(maracuyá, mora, guayaba, tomate de árbol).
		D	D	Tiempo de puesta en marcha 1 min.
Vida útil y mantenimiento		D	D	La máquina debe tener una confiabilidad del 90%.
		D	R	Fácil mantenimiento, intervalos de servicio 2/día
Energía		C	R	Energía eléctrica de 110V.
Dimensiones		C	R	Altura máxima de la tolva de alimentación debe ser 1.4 metros.
Seguridad y ergonomía		C	R	El nivel de ruido debe ser de 60 dB.
		D	R	Ubicación de los componentes de control.
Propone: M = Márquetin, C= Cliente, D = Diseño, P = Producción, F = Fabricación. R/D: R = Requerimiento; D = Deseo, MR = Modificación de Requerimiento.				

Fuente: Autores

3.2 Análisis funcional

La función primaria de la máquina es el despulpado de frutas, mientras que las funciones secundarias son aquellas que permiten que la primaria se realice adecuadamente.

Una vez determinado el respectivo proceso a realizar por la máquina, con sus respectivas funciones tanto primarias como secundarias, se desarrolla el diagrama de funciones asignando a los niveles 0 para función primaria y 1 para las funciones secundarias.

Es conveniente desarrollar el diagrama funcional hasta un nivel 2 ya que en este caso un despliegue mayor conduciría a establecer determinadas soluciones.

En cada recuadro de los diagramas funcionales se tendrá tres tipos de entradas y salidas: control, material y energía. Estas entradas estarán presentes de acuerdo a la función que se requiera en la máquina.

En el caso de la máquina despulpadora de frutas el diagrama funcional de nivel 1 es el que se muestra en a figura 16.

Figura 16. Función primaria de la máquina

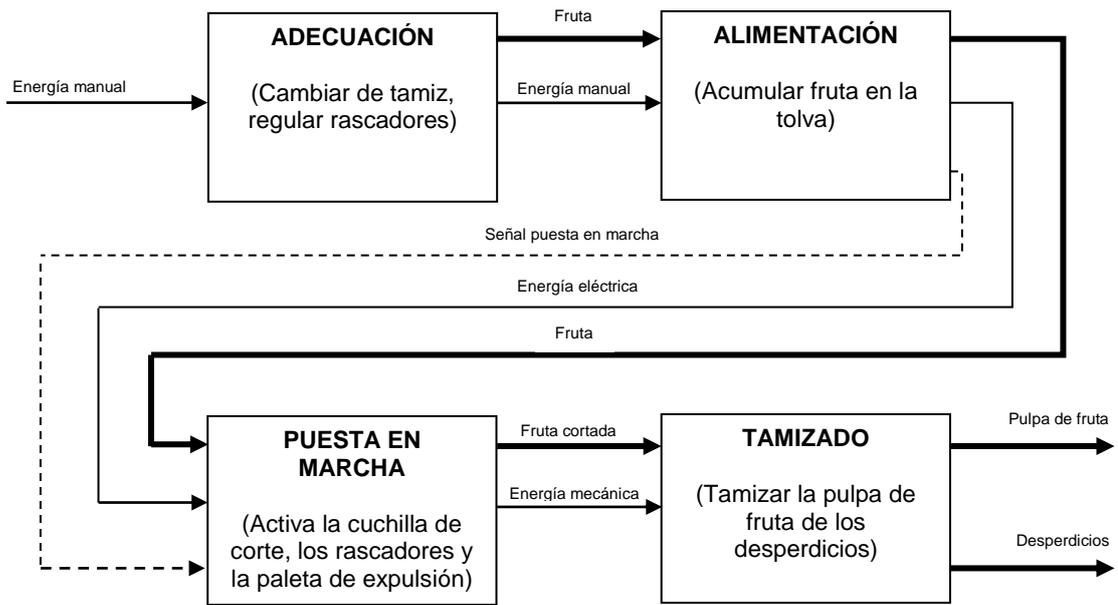


Fuente: Autores

Para un primer nivel del análisis funcional las señales que ingresan son: frutas que corresponde a material, la señal de energía que es la eléctrica y la señal de control que es la puesta en marcha.

En el nivel 2 aparecen detalladas las funciones que se requieren para alcanzar el nivel 1 para el funcionamiento de la máquina.

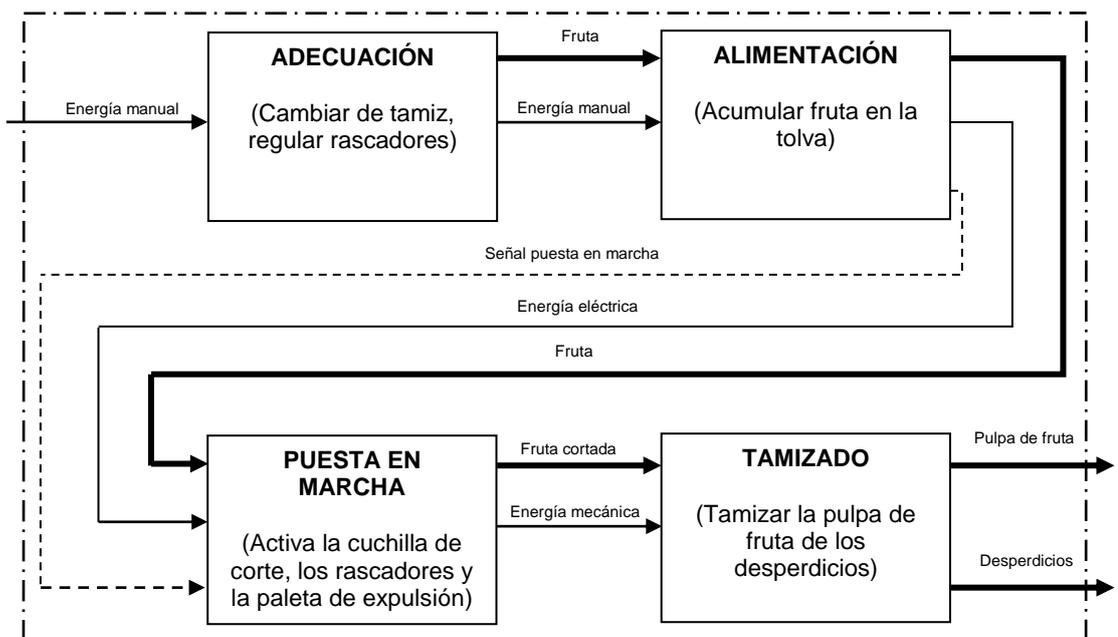
Figura 17. Diagrama de funciones secundarias de la máquina



Fuente: Autores

3.2.1 Definición de módulos. En la definición de módulos se divide el producto en varios bloques funcionales. En un diseño donde se toma en cuenta la asignación de módulos, contribuye a la reducción de costos, facilidad de mantenimiento y se facilitará la producción.

Figura 18. Estructura modular



Fuente: Autores

En el diseño de la máquina despulpadora de frutas las funciones permite que el proceso se de en un solo módulo, en este conjunto de actividades desde la adecuación hasta el tamizado, se obtiene el resultado esperado el cual es la pulpa de fruta.

3.2.2 Alternativas de solución para el módulo. El módulo cumple con las siguientes funciones:

- Adecuación
- Alimentación
- Puesta en marcha
- Tamizado

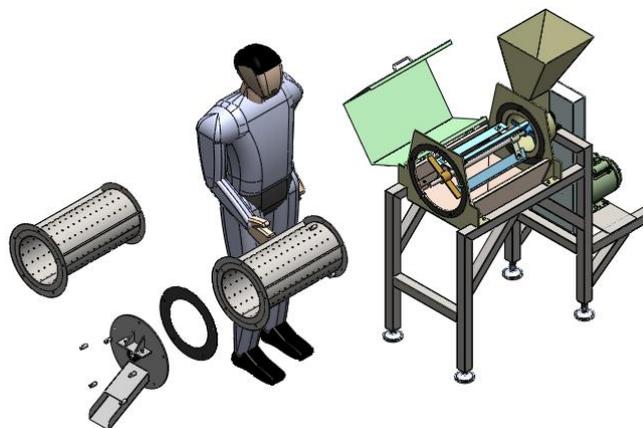
A continuación se detalla cada función del módulo y se proponen posibles funciones para luego encontrar la mejor alternativa.

3.2.2.1 Adecuación. Cambiar de tamiz y regular los rascadores.

En esta función el operario cambia el tamiz, dependiendo de la fruta que se va a despulpar, a su vez el operario regula la posición del rascador.

- *Ventajas.* Fácil desmontaje de la parte frontal de la máquina lo que permite que se cambie de tamiz.
- *Desventajas.* Demora en regular los rascadores.

Figura 19. Intercambio de tamiz y regulación de rascadores



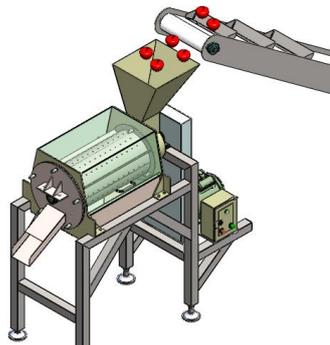
Fuente: Autores

3.2.2.2 Alimentación. Acumular fruta en la tolva.

La alimentación se la puede realizar de forma manual o automática.

Alimentación automática. Garantiza un proceso continuo y rápido, la alimentación puede ser mediante una banda transportadora donde su descarga este direccionada a la tolva, como se lo indica en la figura 20.

Figura 20. Alimentación automática mediante banda trasportadora

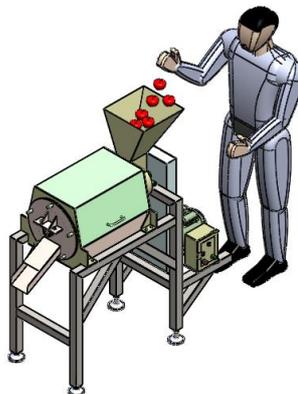


Fuente: Autores

Este sistema presenta una desventaja ya que elevaría los costos de producción de pulpa ya que implica la construcción de un equipo de banda transportadora, por esta razón se descarta este método de alimentación, además el auspiciante no requiere este sistema.

Alimentación manual. Consiste en colocar sobre la tolva la fruta, pero manualmente por parte del operario como se lo indica en la figura 21.

Figura 21. Alimentación manual de la fruta



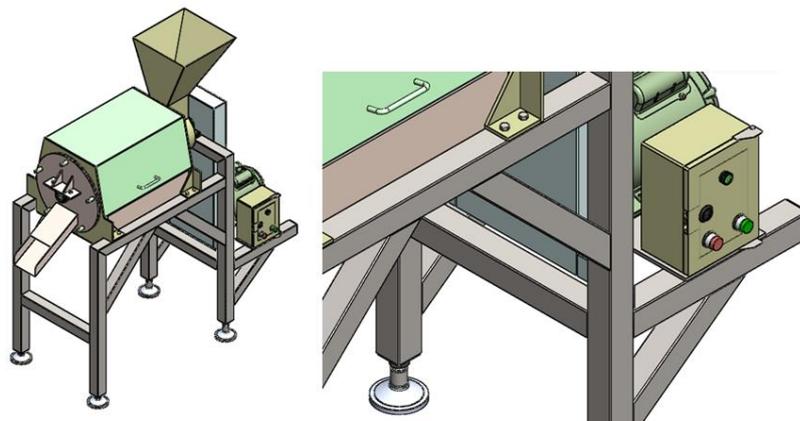
Fuente: Autores

- *Ventaja.* La tolva se encuentra a una altura determinada, lo que garantiza ergonomía y facilidad para quien opere la máquina.
- *Desventaja.* Alimentación manual.

3.2.2.3 Puesta en marcha.

Sistema motriz horizontal. Este sistema dispone de un eje ubicado en posición horizontal en el cual se monta una cuchilla de corte, y rascadores.

Figura 22. Puesta en marcha, sistema motriz horizontal



Fuente: Autores

Ventajas.

- Al estar en posición horizontal permite una alimentación continua.
- Permite una mayor capacidad de producción.

Desventaja. Mayor peso de la máquina.

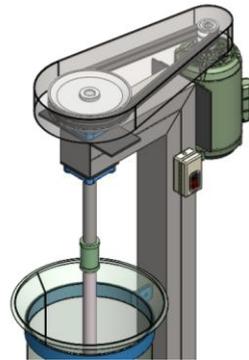
Sistema motriz vertical. Este sistema dispone de un eje ubicado en posición vertical en el cual se monta una la paleta rotativa.

Ventaja. Fácil limpieza, y operación.

Desventajas.

- No dispone de cuchilla de corte, lo cual dificulta el despulpado cuando la fruta se introduce entera.
- La capacidad de producción es reducida.

Figura 23. Puesta en marcha, sistema motriz vertical

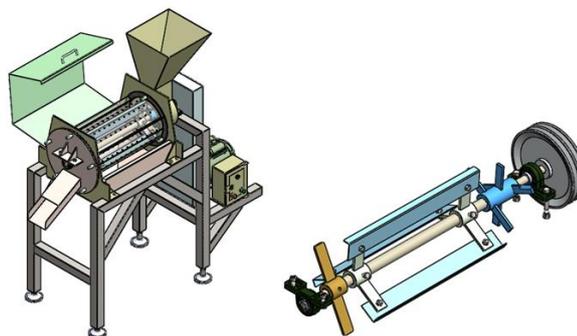


Fuente: Autores

3.2.2.4 Tamizado. El tamizado es la operación en la cual se separa la pulpa de fruta de las semillas.

Tamizado mediante rascadores rotatorios. Al disponer de un sistema motriz horizontal, esto da una mayor área de contacto entre el tambor y la superficie del rascador lo cual hace que el despulpado sea más rápido.

Figura 24. Tamizado por rascadores rotatorios



Fuente: Autores

Ventajas.

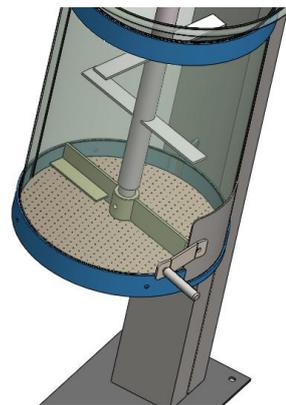
- El sistema garantiza una alimentación continua en el proceso lo cual genera mayor producción.

- El sistema de corte permite despulpar frutas enteras.

Desventajas. Regulación de elementos en caso de intercambiar de fruta.

Tamizado mediante paletas rotatorias. Al disponer de un sistema motriz horizontal, esto da una mayor área de contacto entre el tambor y la superficie del rascador lo cual hace que el despulpado sea más rápido.

Figura 25. Tamizado por paleta rotatoria inferior



Fuente: Autores

Ventajas.

- Fácil intercambio de la placa filtro.
- De fácil mantenimiento de elementos.
- De fácil construcción.

Desventaja. Al estar abierto la parte superior, si la altura del tanque no es la adecuada existirán salpicaduras de fruta.

3.2.3 Alternativas de módulos. Para determinar las diferentes alternativas de módulos se combinan entre sí las soluciones para cada función, tomando en cuenta los componentes que sean compatibles.

El resultado de la combinación de las alternativas se muestra en la tabla 8 en la cual se muestran 2 alternativas de solución partiendo de dos métodos de alimentación como es manual y automática.

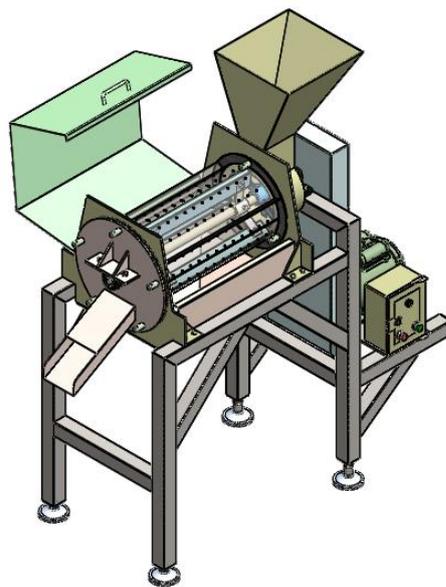
Tabla 8. Combinación de soluciones para el módulo

Función	Componente	
Adecuación	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">Ubicación, y calibración manual</div>	
Alimentación	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Alimentación Manual</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Alimentación Automática</div> </div>	
Puesta en marcha	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Sistema motriz horizontal</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Sistema motriz vertical</div> </div>	
Tamizado	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Tamizado por rascadores rotatorios</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Tamizado por paleta rotatoria inferior</div> </div>	
Soluciones	Alternativa 1	Alternativa 2

Fuente: Autores

La alternativa 1 se trata de la máquina despulpadora horizontal, en la cual el sistema motriz se encuentra en posición horizontal como lo indica la figura 26.

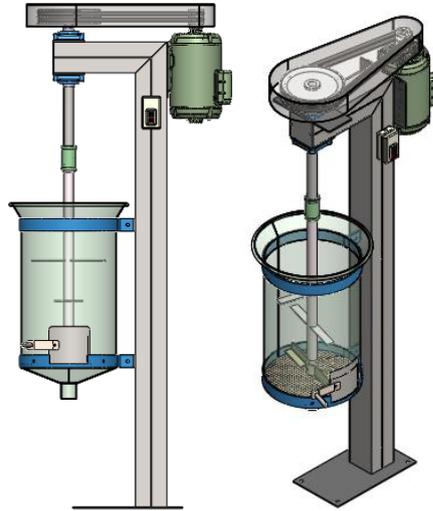
Figura 26. Alternativa 1



Fuente: Autores

En la alternativa 2 se presenta la máquina despulpadora vertical, en lo que su sistema motriz se ubica en forma vertical, como se lo indica en la figura 27.

Figura 27. Alternativa 2



Fuente: Autores

3.2.4 Evaluación de soluciones. En el proceso de diseño es conveniente hacer una evaluación de las alternativas que sirva para la toma de decisiones, que sean más convenientes en el diseño. Las evaluaciones no deben concentrarse en evaluar un aspecto sino de todo lo relacionado al diseño.

Para tomar la mejor decisión siempre deben estar presentes dos elementos siguientes:

- *Alternativas.* Como mínimo debe de disponerse de dos alternativas cuyas características deben ser diferentes.
- *Criterios.* Hay que establecer los criterios en base a los cuales las alternativas deberán ser evaluadas.

3.2.4.1 Método ordinal corregido de criterios ponderados. La forma de predecir una solución entre diversas basta conocer el orden de preferencia de evaluación. Por esta razón se recomienda el método ordinal corregido de criterios ponderados que, en donde sin la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad y sin tener que estimar numéricamente el peso de cada criterio, permite obtener resultados.

Este método basa en unas tablas donde cada criterio se confronta con los restantes criterios y se evalúa de la siguiente forma:

- Se asigna 1, si el criterio (o solución) de las filas es superior (o mejor; $>$) que el de las columnas.
- Se asigna 0,5, si el criterio (o solución) de las filas es equivalente ($=$) al de las columnas.
- Se asigna 0, si el criterio (o solución) de las filas es inferior (o peor; $<$) que el de las columnas. (RIVA, 2002 págs. 59-60).

3.2.4.2 Criterios de valoración del módulo. Con el fin de determinar aquel módulo que resulte más conveniente, se emplea el método ordinal corregido de criterios ponderados.

Los criterios de valoración más determinantes se enlistan a continuación:

- *Producción kg/h.* Se considera este criterio porque el dimensionamiento, diseño de todos los elementos se modifican de acuerdo a la producción.
- *Confiabilidad.* Es de importancia porque garantiza la vida útil de los elementos, y la seguridad del equipo.
- *Fuerza de corte.* El corte inicial es un factor de importancia, en la producción continua de pulpa.
- *Diversidad de producción.* La máquina debe tener la capacidad de producir diferentes tipos de pulpas de frutas.
- *Tiempo de puesta en marcha.* El tiempo en que se inicia la producción a partir de que se realiza la alimentación en la tolva, la rapidez con que sea realizado garantiza un incremento de la producción.

Tabla 9. Evaluación de cada criterio

Producción kg/h > Confiabilidad = Fuerza de corte > Diversidad de producción > Tiempo de puesta en marcha							
Criterio	Producción kg/h	Confiabilidad	Fuerza de corte	Diversidad de producción	Tiempo puesta en marcha	$\Sigma + 1$	Ponderación
Producción kg/h		1	0.5	0.5	1	4	0.307
Confiabilidad	0		0.5	1	1	3.5	0.269
Fuerza de corte	0.5	0.5		1	0.5	3.5	0.269
Diversidad de producción	0.5	0	0		1	1.5	0.115
Tiempo puesta en marcha	0	0	0.5	0		0.5	0.038
Suma						13	1

Fuente: Autores

A continuación se evalúa cada una de las soluciones con respecto a los criterios.

La solución 1 representa a la máquina despulpadora horizontal.

La solución 2 representa a la máquina despulpadora vertical.

Tabla 10. Evaluación de las soluciones respecto a la producción kg/h

Solución 1 > Solución 2				
Producción kg/h	Solución 1	Solución 2	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1		1	2	0.666
Solución 2	0		1	0.333
Suma			3	1

Fuente: Autores

Tabla 11. Evaluación de las soluciones respecto a la confiabilidad

Solución 1 > Solución 2				
Confiabilidad	Solución 1	Solución 2	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1		1	2	0.666
Solución 2	0		1	0.333
Suma			1	1

Fuente: Autores

Tabla 12. Evaluación de las soluciones respecto a la fuerza de corte

Solución 1 > Solución 2				
Fuerza de corte	Solución 1	Solución 2	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1		1	2	0.666
Solución 2	0		1	0.333
Suma			3	1

Fuente: Autores

Tabla 13. Evaluación de las soluciones respecto a la diversidad de producción

Solución 1 = Solución 2				
Diversidad de producción	Solución 1	Solución 2	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1		0.5	1.5	0.5
Solución 2	0.5		1.5	0.5
Suma			3	1

Fuente: Autores

Tabla 14. Evaluación de las soluciones respecto al tiempo de puesta en marcha

Solución 1 = Solución 2				
Puesta en marcha	Solución 1	Solución 2	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1		0.5	1.5	0.5
Solución 2	0.5		1.5	0.5
Suma			3	1

Fuente: Autores

Tabla 15. Tabla de conclusiones respecto al módulo

Conclusión	Producción kg/h	Confiabilidad	Fuerza de corte	Diversidad de producción	Tiempo puesta en marcha	Σ	Prioridad
Solución 1	0.307 x 0.666	0.269 x 0.666	0.269 x 0.666	0.115 x 0.5	0.038 x 0.5	0.64	1
Solución 2	0.307 x 0.333	0.269 x 0.333	0.269 x 0.333	0.115 x 0.5	0.038 x 0.5	0.36	2

Fuente: Autores

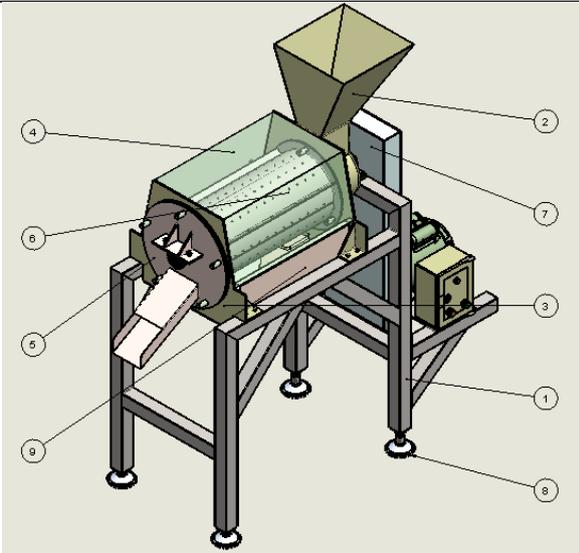
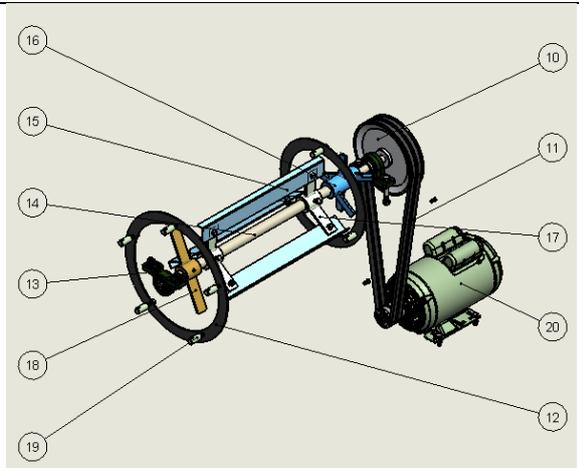
La solución que más se ajusta a los criterios de evaluación es la solución 1 que es la máquina despulpadora con sistema motriz horizontal, con paletas rotatorias.

3.2.5 Características de la máquina despulpadora seleccionada. Una vez generado las diferentes alternativas como solución a un requerimiento del cliente, estos criterios han sido evaluados para así poder llegar a seleccionar una alternativa.

En este caso se ha seleccionado la máquina despulpadora horizontal la cual cumple con todos los requerimientos del auspiciante.

Estos requerimientos han sido traducidos a criterios técnicos por parte de ingeniero, y como resultado se obtuvo un pre diseño el cual se detalla en la tabla 16, en la que se detallan los elementos tanto internos como externos.

Tabla 16. Pre diseño de la alternativa seleccionada

Esquema	Nombre
	1. Estructura
	2. Tolva de alimentación
	3. Soporte frontal
	4. Cubierta móvil
	5. Tapa frontal
	6. Tamiz
	7. Protector banda
	8. Elementos de soporte
	9. Tolva de descarga pulpa
	10. Polea
	11. Banda trapezoidal
	12. Empaque
	13. Soporte con rodamiento de piso
	14. Eje
	15. Rascador
	16. Cuchilla
	17. Soporte rascadores
	18. Paleta de expulsión
	19. Perno de ajuste
	20. Motor eléctrico

Fuente: Autores

El diseño preliminar toma en cuenta el fácil intercambio del tamiz, ya que todos sus elementos son desmontables.

3.2.6 Elementos de la máquina despulpadora de frutas.

- *Estructura.* Se diseña de acuerdo a las condiciones del auspiciante, la cual debe estar diseñada para que soporte el peso de los elementos.
- *Tolva de alimentación.* La tolva está unida al soporte posterior, la tolva se diseña de acuerdo a la capacidad de producción.
- *Soporte frontal.* Da el soporte a la parte frontal y de todos los elementos que son sujetados al elemento.
- *Cubierta móvil.* Para facilidad de mantenimiento luego de cada operación se mueve la cubierta para mayor accesibilidad al tamiz, la cubierta está con bisagras para la apertura.
- *Tapa frontal.* A su vez es soporte del rodamiento de piso, esta tapa es desmontable
- *Tamiz.* Este elemento es intercambiable dependiendo del tipo de fruta que se desee obtener. El diseño del tamiz es bridado para un fácil intercambio.
- *Protector de banda.* Es para garantizar que los elementos en movimiento estén fuera del alcance del operario, ya que las velocidades de trabajo son elevadas.
- *Elementos de soporte.* Fijan la estructura y permiten regular la altura y el ángulo respecto a la horizontal.
- *Tolva de descarga pulpa.* Esta tolva se encarga de direccionar y de recolectar toda la pulpa que sale de los orificios del tamiz.
- *Polea.* Permite la transmisión y la reducción de velocidad, obteniendo la velocidad de corte apropiada.

- *Banda trapezoidal.* Permite transmitir el movimiento desde el motor a la parte motriz de la máquina.
- *Empaque.* Esta entre elementos de acero para permitir un cierre hermético para evitar filtraciones.
- *Soporte con rodamiento de piso.* Elemento mecánico que da sujeción al eje.
- *Eje.* Constituye la mayor parte del sistema motriz de la máquina, en el cual se encuentran todos los elementos como son de corte, y los rascadores.
- *Rascador.* Comprime la fruta contra el tamiz para filtrar la pulpa, con respecto a las semillas.
- *Cuchilla.* La cuchilla es diseñada para el corte de la fruta con mayor resistencia, dispone de 3 pares de cuchillas las cuales se encuentran con un ángulo de corte requerido para el corte.
- *Soporte rascadores.* Tiene tres puntos de apoyo de rascadores, este soporte tiene permiten la variación de posición de los rascadores.
- *Paleta de expulsión.* Se encarga de expulsar los desperdicios estos pueden ser debido a las semillas o a la corteza, la paleta está montada en el eje motriz.
- *Perno de ajuste.* Este tipo de perno es diseñado para un fácil desmontado ya que no necesita el uso de llaves para el ajuste.
- *Motor eléctrico.* El motor que se requiere es monofásico para una fuente de voltaje de 110-220 V.

CAPÍTULO IV

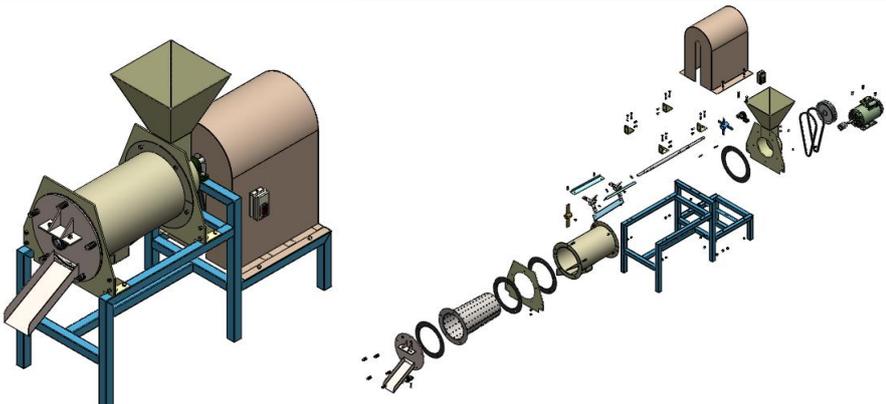
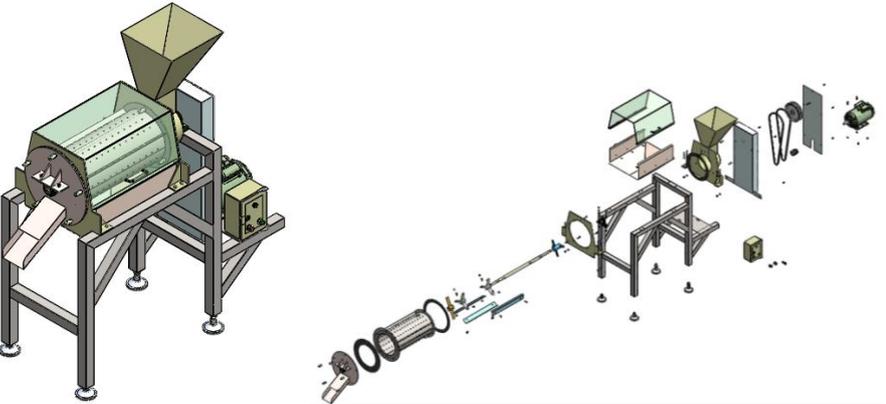
4. DISEÑO DE LA MÁQUINA DESPULPADORA SELECCIONADA

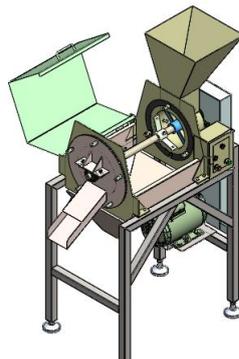
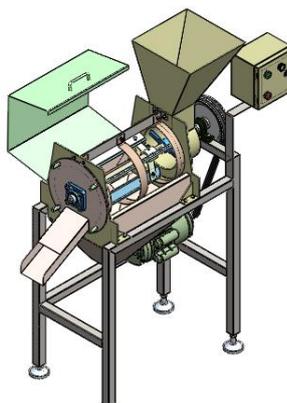
4.1 Evolución del pre diseño

El pre diseño toma en cuenta los requerimientos y necesidades del auspiciante, las mismas que las traducen el ingeniero criterios técnicos, durante esta etapa se realizó algunas correcciones y mejoras.

En la tabla 17, se presentan el pre diseños efectuados luego del proceso de selección de la alternativa.

Tabla 17. Pre diseños de la máquina despulpadora seleccionada

Pre diseño	Máquina despulpadora seleccionada
1	 <p style="text-align: right;">Peso=123 kg</p>
2	 <p style="text-align: right;">Peso= 104,3 kg</p>

3	 <p data-bbox="829 582 1005 627">Peso= 98,7 kg</p>
4	 <p data-bbox="829 1075 1005 1120">Peso= 94,6 kg</p>

Fuente: Autores

En la Tabla 17, se puede observar la evolución del diseño tanto en mejoras estéticas, como en reducción de peso.

Una vez analizado los pre diseños, se opta por un diseño definitivo, siempre conservando los requerimientos del auspiciante.

Los aspectos considerados en el diseño final fueron los siguientes:

- Bajo peso.
- Estética de la máquina.

4.1.1 Diseño final. El diseño final además de incorporar todas las características requeridas se optó por mejorar la forma de intercambio del tamiz, ya que un diseño mediante brida dará problemas en el montaje y los acoples o juntas producirán contaminación a la pulpa.

En la figura 28 se observa el detalle de las juntas.

Figura 28. Acople de brida

Fuente: Autores

En el diseño final se eliminó el diseño bridado y se optó por soldar tanto las placas frontal y posterior para así generar un solo cuerpo como se lo indica en la figura 29, el cuerpo ofrece eliminar problemas de contaminación y facilita la limpieza exterior e interior de la máquina.

Figura 29. Cuerpo del sistema

Fuente: Autores

Finalmente se tiene el diseño para dimensionar sus elementos, el diseño final tiene un peso total de 88,3 kg. La figura 30 se muestra el diseño final de la máquina.

Figura 30. Diseño final de la máquina despulpadora

Fuente: Autores

41

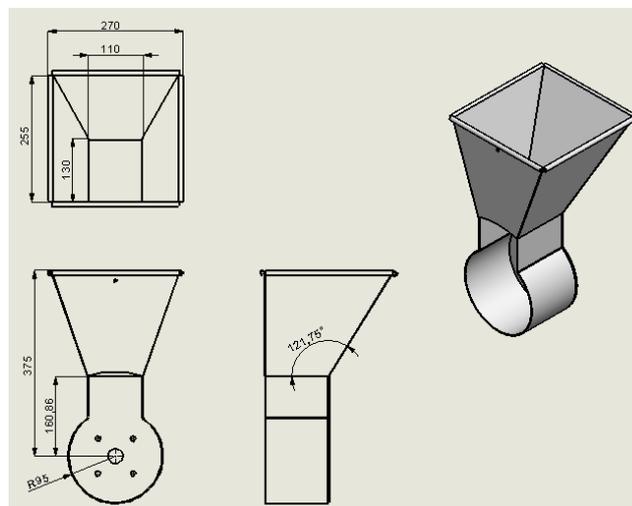
4.2 Diseño de elementos

Una vez definido el diseño de la máquina despulpadora de frutas se procede al dimensionamiento de los elementos que conforman la máquina.

4.3 Diseño geométrico de la tolva de alimentación

La tolva se diseña geoméricamente dependiendo de la masa de fruta que se ingresará, en la figura 31 se muestra las dimensiones generales de la tolva, así como los ángulos de inclinación.

Figura 31. Dimensiones generales de la tolva



Fuente: Autores

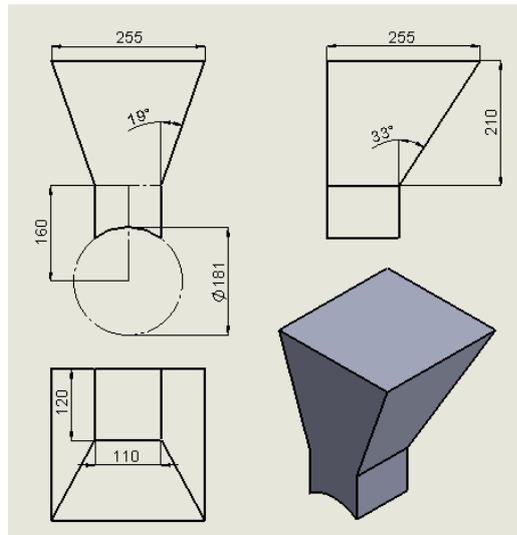
El ángulo de la tolva es recto, la razón es porque la cubierta superior es desmontable, y se retira en forma perpendicular a la horizontal.

La geometría circular inferior es el espacio que ocupa la cuchilla de corte.

4.3.1 *Volumen interno de la tolva dimensionada.* Para el cálculo del volumen se lo hace mediante el software SolidWorks 2014, mediante la función calcular propiedades físicas.

Para el cálculo del volumen interno se resta el espacio ocupado por la lámina y por la rotación de la cuchilla como se indica en la figura 32.

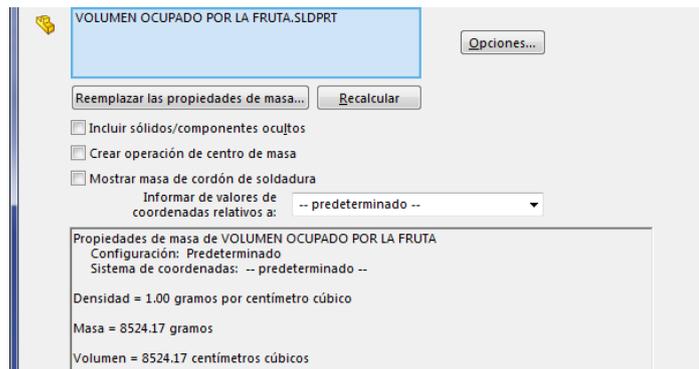
Figura 32. Dimensiones del volumen interno de la tolva



Fuente: Autores

El resultado del cálculo se lo muestra en la figura 33.

Figura 33. Cálculo del volumen interno de la tolva



Fuente: Autores

Se obtuvo el siguiente volumen:

$$V_{tolva} = 8524,17 \text{ cm}^3$$

4.4 Diseño de la cuchilla de corte

Para el diseño de la cuchilla de corte se considera la fuerza que actúa sobre el filo de la misma.

Y para obtener esta fuerza es necesario seleccionar la fruta con la resistencia al corte máxima.

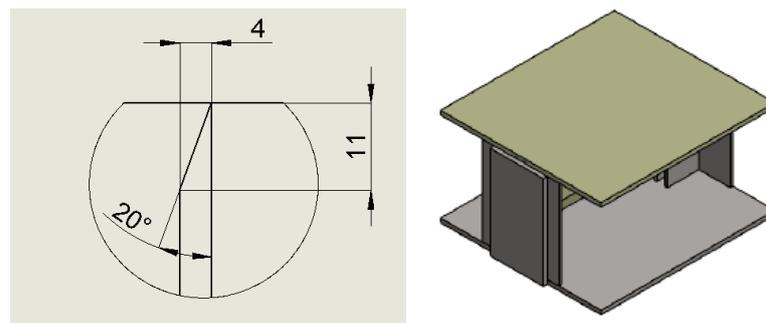
4.4.1 Selección de la fruta para el dimensionamiento de la cuchilla. Para el diseño de la cuchilla de corte y en general de los elementos de la máquina se debe seleccionar la fruta que tenga la mayor resistencia al corte.

Al no disponer de esta información, fue necesaria la construcción de un dispositivo para poder obtener los datos de resistencia al corte de las frutas.

4.4.1.1 Aplicador de carga. Es una cuchilla con 2 soportes ubicados a los extremos que hacen las veces de rieles de desplazamiento, la cuchilla presenta la misma geometría de la cuchilla de la máquina.

En la figura 34 se muestra la configuración de la cuchilla y la geometría del aplicador de carga.

Figura 34. Ángulo de corte, y geometría (Aplicador de carga)

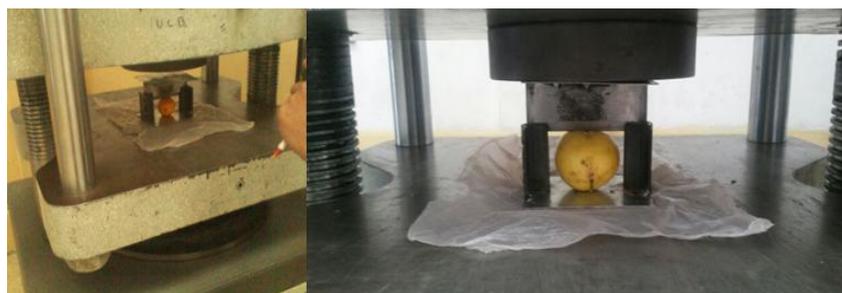


Fuente: Autores

Las dimensiones del aplicador de carga se detallan en el anexo A.

4.4.1.2 Procedimiento para obtener las fuerzas de corte. Cada fruta se coloca en aplicador de carga y se ensaya en la máquina universal.

Figura 35. Determinación de fuerza de corte en la máquina universal



Fuente: Autores

En la figura 35 se observa a la fruta colocada en el aplicador de carga para realizar el ensayo.

Una vez realizado las pruebas en la máquina universal, se obtuvo los resultados que se muestran en la tabla 18.

Tabla 18. Resultados de la resistencia al corte

Fruta	Fuerza de corte (kg)
Naranja	10
Tomate de árbol	13
Guayaba	7.5
Granadilla	15
Quigui	13
Maracuyá	15,5
Mango	14,5
Frutilla	7

Fuente: Autores

Donde la fuerza máxima de corte es de la maracuyá, esta fuerza será usada para dimensionar la cuchilla de corte de la máquina.

$$F_{corte} = 15,5 \text{ kgf} = 152,05 \text{ N}$$

4.4.1.3 Pesos y diámetros de semillas de las diferentes frutas. La tabla 19 muestra el peso de las diferentes frutas, además el diámetro de las mismas.

Tabla 19. Diámetros y pesos de las diferentes frutas

Fruta	Diámetro de la fruta (mm)			Diámetro promedio (mm)	Diámetro de la semilla (mm)			Diámetro promedio (mm)	Peso (kg)
	1	2	3		1	2	3		
Naranja	47	49	57	51	0,4	0,35	0,5	0,41	0.0502
Tomate de árbol	52.2	51	45	49,4	1,4	1,3	1,4	1,36	0.0906
Guayaba	60	58	59	59	2,6	2,4	2,7	2,56	0,082
Granadilla	71	65	75	70,3	2,6	2,8	2,1	2,5	0,11
Quigui	44	47	40	43,6	1	0,9	1,05	0,98	0,035
Maracuyá	71.6	62	77	70,2	1,8	1,9	2,1	1,93	0,185
Mango	87	90	78	85	22,6	20	21	21,2	0,234
Frutilla	35	41	37	37,66	0,5	0,6	0,5	0,53	0,022

Fuente: Autores

De los resultados de la Tabla 19, la fruta a analizar será la maracuyá.

Donde el diámetro promedio de la fruta es de:

$$\phi_p = 70,2 \text{ mm} = 7,02 \text{ cm}$$

Y el diámetro promedio de la semilla de maracuyá es de:

$$\phi_{ps} = 1,93 \text{ mm}$$

El cálculo del volumen se lo realiza con la siguiente ecuación:

$$V_{\text{maracuyá}} = \frac{4}{3} * \pi * r^3 \quad (3)$$

Dónde:

$V_{\text{maracuyá}}$ = Volumen de la fruta seleccionada.

r = radio de la maracuyá.

Al remplazar en la ecuación 3 se obtiene que el volumen es de:

$$V_{\text{maracuyá}} = \frac{4}{3} * \pi * \left(\frac{7,02}{2}\right)^3$$
$$V_{\text{maracuyá}} = 181,13 \text{ cm}^3$$

Se determina la cantidad de maracuyá que puede ingresar a la tolva hasta llenarla completamente.

Para ello se usa la siguiente ecuación:

$$\#_{\text{maracuyás}} = \frac{V_{\text{tolva}}}{V_{\text{maracuyá}}} \quad (4)$$

$$V_{\text{tolva}} = 8524,17 \text{ cm}^3$$

Dónde:

$\#_{\text{maracuyás}}$ = Número de maracuyás

Se obtiene que:

$$\#_{\text{maracuyás}} = \frac{8524,17 \text{ cm}^3}{181,13 \text{ cm}^3}$$

$$\#_{\text{maracuyás}} = 47$$

Se procede a calcular la masa de la fruta que entra en la tolva.

$$m_{\text{maracuyá}} = \#_{\text{maracuyas}} * P_{\text{maracuyá}} \quad (5)$$

Dónde:

$m_{\text{maracuyá}}$ = Masa de maracuyá que ingresa en la tolva

$P_{\text{maracuyá}}$ = Peso de la maracuyá 0,185 kg (ver tabla 19)

Se obtiene que:

$$m_{\text{maracuyá}} = 47 * 0,185 \text{ kg}$$

$$m_{\text{maracuyá}} = 8,695 \text{ kg}$$

4.4.2 Fuerza producida por el peso de la fruta. Para calcular la fuerza se multiplica la masa total que ingresa en la tolva, con la gravedad, y se lo realiza con la siguiente ecuación:

$$F_{pf} = m_{\text{maracuyá}} * g \quad (6)$$

Dónde:

F_{pf} = Fuerza producida por el peso de la fruta

g = Gravedad (9,81 m/s²)

$$F_{pf} = 8,695 \text{ kg} * 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_{pf} = 85,29 \text{ N}$$

4.4.3 Fuerza total que actúa en la cuchilla. Es igual a la suma de la fuerza de corte y la fuerza producida por el peso de la fruta.

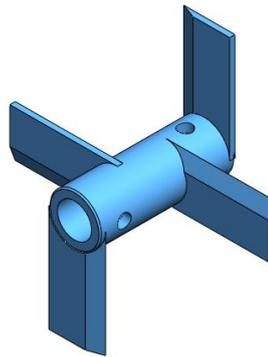
$$F_{\text{total}} = F_{pf} + F_{\text{corte}} \quad (7)$$

$$F_{\text{total}} = 85,29 \text{ N} + 152,055 \text{ N}$$

$$F_{\text{total}} = 237,34 \text{ N} = 24,19 \text{ kgf}$$

4.4.4 Cuchillas de corte dimensionamiento. El sistema motriz de la máquina incorpora la cuchilla de corte que se compone de láminas rectangulares de un espesor seleccionado, las cuales están ubicadas en forma alternada, y están soldadas a un bocín de soporte, en la figura 36 se indica la geometría de la cuchilla de corte.

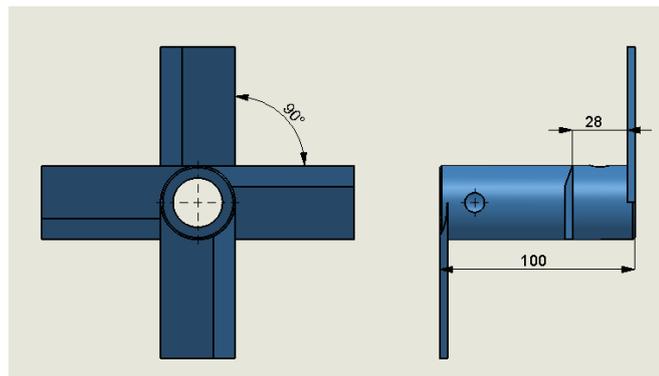
Figura 36. Cuchilla de corte



Fuente: Autores

4.4.4.1 Disposición geométrica de la cuchilla. La cuchilla de corte tiene 4 láminas rectangulares que se ubican a 90° una respecto a la otra, y la separación es de 28 mm esto se lo indica en la figura 37.

Figura 37. Espaciamientos entre láminas de corte



Fuente: Autores

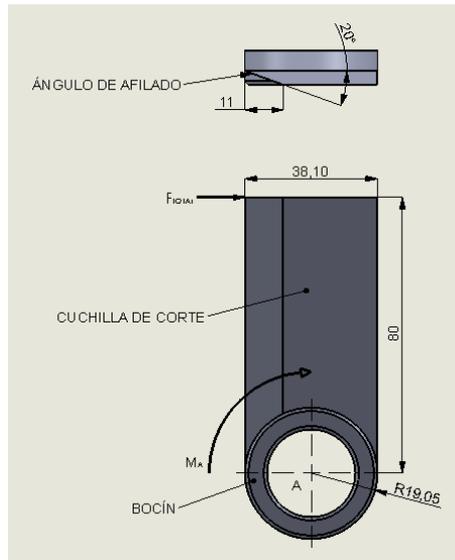
4.4.5 Diseño de la cuchilla. Las laminas al encontrarse soldadas al bocín, la carga hace que el diseño se considere en voladizo, ya que la carga se ubica en el extremo de la lámina como se indica en la figura 38.

La fuerza genera un momento con respecto al eje del bocín y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$M_A = F_{total} * d \quad (8)$$

Utilizando el software MDSolid se ingresa la carga, para obtener los diagramas de cortante y momento y el resultado es el que se indica en la figura 39.

Figura 38. Ubicación de la fuerza en la lámina

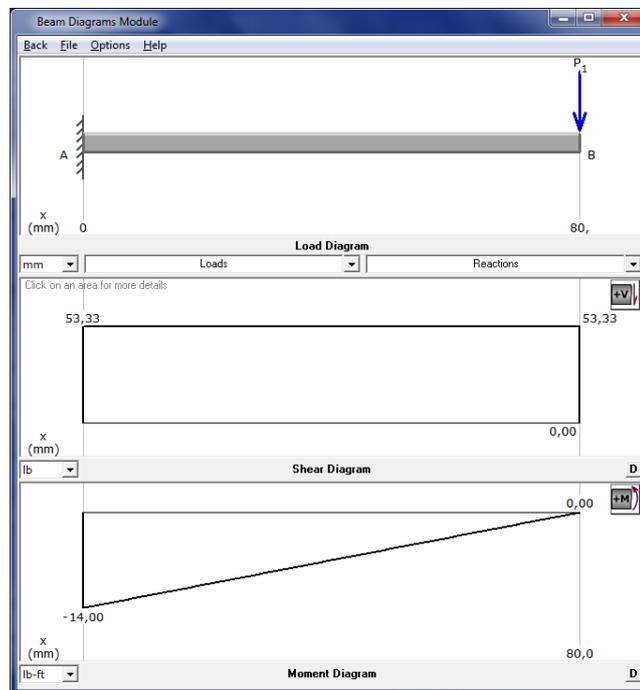


Fuente: Autores

Dando como resultado el momento de:

$$M_A = 14 \text{ lb} * ft \frac{1 \text{ kg}}{2,205 \text{ lb}} * \frac{30,48 \text{ cm}}{1 \text{ ft}} = 193,52 \text{ kg} - \text{cm}$$

Figura 39. Diagrama de momento y cortante en la cuchilla



Fuente: Autores

El esfuerzo por flexión para la lámina rectangular está dado por la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{M_A * C}{I} \quad (9)$$

Dónde:

M_A = Momento en A

$C = h/2$. Se asume un Espesor = 4mm

I = Momento de inercia de la lámina

Se calcula C con la ecuación:

$$C = \frac{h}{2} \quad (10)$$

$$C = \frac{3,8}{2} = 1,9 \text{ mm}$$

Y el momento de inercia se calcula con la siguiente ecuación:

$$I = \frac{b * h^3}{12} \quad (11)$$

Dónde:

h = Espesor de la lámina (4mm)

b = Largo de la lámina, desde el eje central (80mm)

Ahora se calcula la inercia de la cuchilla con la ecuación:

$$I = \frac{0,4 * 3,8^3}{12}$$

$$I = 1,829 \text{ cm}^3$$

Remplazando los valores en la ecuación 9 se obtiene:

$$\sigma = \frac{193,52 \text{ kg} - \text{cm} * 1,9 \text{ cm}}{1,829 \text{ cm}^3}$$

$$\sigma = 201,03 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

4.4.6 *Diseño por resistencia a la fatiga.* Al estar sometida la lámina de la cuchilla flexión la relación de la resistencia a la fatiga será:

$$S_e' = 0.5S_{ut} \quad (12)$$

El material a usar es el acero inoxidable AISI 304 el cual tiene una resistencia de:

$$S_{ut} = 5300 \frac{kg}{cm^2} \text{ (Anexo B)}$$

Reemplazando en la ecuación 12 se tiene:

$$S_{e'} = 0.5 * 5300 \frac{kg}{cm^2}$$

$$S_{e'} = 2650 \frac{kg}{cm^2}$$

4.4.6.1 Límite de fatiga real. Se obtiene empleando la siguiente ecuación:

$$S_e = S_{e'} * K_a * K_b * K_c * K_d * K_g * K_e \quad (13)$$

Dónde:

$S_{e'}$ = Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

K_a = Factor de acabado superficial (ver anexo C)

Se lo determina gráficamente con $S_{ut}=75,8$ kpsi, y la curva de estirado en frío, se obtiene un valor de:

$$K_a = 0,78$$

K_b = Factor de corrección por tamaño (ver anexo D)

Para $d \leq 0,3$ in (8mm)

$$K_b = 1$$

K_c = Factor de confiabilidad (ver anexo E)

Para una confiabilidad del 90%

$$K_c = 0,897$$

K_d = Factor de corrección de temperatura (ver anexo F)

Para una temperatura de 100 °C

$$K_d = 1,020$$

K_g = Factor de efectos diversos

$$K_g = 1$$

K_e = Factor de concentración de esfuerzos

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$k_e = \frac{1}{k_f} \quad (14)$$

Y se determina mediante la siguiente ecuación:

$$k_f = 1 + q k_t - 1 \quad (15)$$

Dónde:

q = sensibilidad a las ranuras, en este caso es 0

Al remplazar q se tiene:

$$k_f = 1$$

Entonces se obtiene:

$$k_e = 1$$

Se remplaza todos los valores en la ecuación 12 y se tiene:

$$Se = 2650 * 0,78 * 1 * 0,897 * 1,020 * 1 * 1$$

$$Se = 1891,18 \frac{kg}{cm^2}$$

4.4.6.2 Cálculo del factor de seguridad. El factor de seguridad se calcula con la siguiente ecuación:

$$n = \frac{Se}{\sigma} \quad (16)$$

$$n = \frac{1891,18 \frac{kg}{cm^2}}{201,03 \frac{kg}{cm^2}}$$

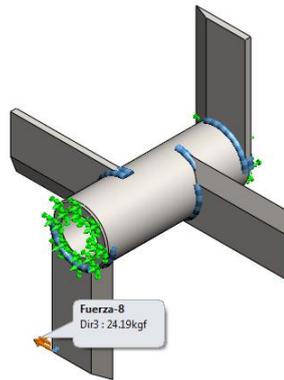
$$n = 9,04$$

4.4.6.3 Verificación de análisis de esfuerzos mediante SolidWorks. Para esta verificación es necesario modelar el elemento a analizar, para luego asignar la carga y las sujeciones correspondientes.

La figura 40 muestra el elemento modelado con la asignación de la carga.

La carga se aplica a todas las cuchillas ya que por la velocidad de rotación el contacto con la fruta es de forma continua.

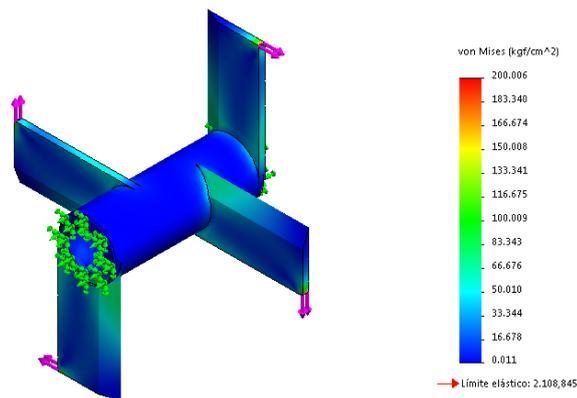
Figura 40. Fuerza que actuante en la cuchilla de corte



Fuente: Autores

Luego se ejecuta el programa y se obtuvo el resultado que se indica en la figura 41.

Figura 41. Resultado del análisis de la cuchilla de corte



Fuente: Autores

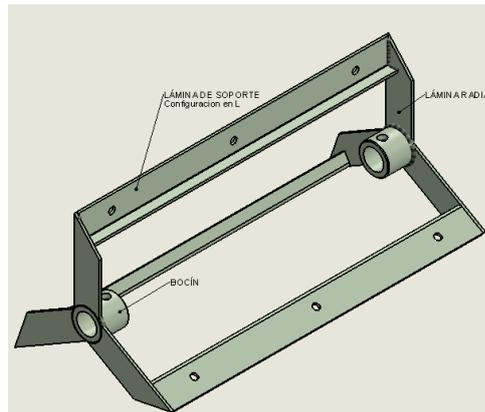
Con el factor de seguridad obtenido demuestra que el espesor seleccionado de la lámina de corte de 4 mm es el adecuado.

4.5 Diseño geométrico del soporte de rascadores

Es el elemento que soporta a los rascadores, para el despulpado de fruta, el soporte estará acoplado al sistema motriz.

El diseño geométrico del soporte de rascadores se lo indica en la figura 42. No se considera dar un ángulo de inclinación al mismo ya que las semillas o subproducto salen por el ducto de descarga por fuerza centrífuga.

Figura 42. Diseño geométrico del soporte de rascadores



Fuente: Autores

El diseño presenta 3 soportes los cuales darán mayor eficiencia al despulpado, ya que la fruta será retenida más tiempo antes de su expulsión.

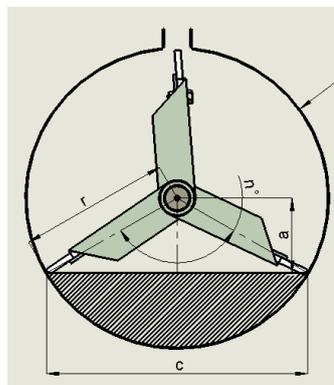
El ángulo de separación de los soportes es de 120° .

Las tres láminas de soporte (con configuración en L) están soldadas a las láminas radiales y a su vez estas se encuentran soldadas a los bocines.

4.5.1 *Fuerza producida por la fruta en el interior del tamiz.* Para calcular la fuerza que estará actuando en la cara de los rascadores, se calcula el volumen que se genera al interior del tamiz debido a peso de la fruta.

En la figura 43 el área rayada la cual representa la acumulación de fruta en el fondo del tamiz.

Figura 43. Acumulación de fruta



Fuente: Autores

Para calcular el área del segmento circular se aplica la siguiente ecuación:

$$A = \frac{\pi * r^2 * n^\circ}{360} - \frac{a * c}{2} \quad (17)$$

Dónde:

A = Área del segmento circular

r = Radio 145mm

n° = Ángulo 120°

a = Altura 72,5mm

c = Cuerda 251,15 mm

Remplazando los valores en la ecuación 17 se obtiene que:

$$A = \frac{\pi * 145^2 * 120^\circ}{360} - \frac{72,5 * 251,15}{2}$$

$$A = 12913,14 \text{ mm}^2 = 0,0129 \text{ m}^2$$

4.5.1.1 Determinación del volumen ocupado por la fruta en el fondo del tamiz. Una vez calculado el área se multiplica por la longitud así como se muestra en la ecuación:

$$V = A * L \quad (18)$$

Dónde:

V = Volumen segmento circular

A = Área que ocupa la fruta

L = Longitud del tambor

$$V = 0,0129 \text{ m}^2 * 0,445 \text{ m}$$

$$V = 0,00574 \text{ m}^3$$

Con el volumen calculado se puede obtener el número de frutas que ocupan el mismo. El número de frutas que ocupan el volumen, se calcula con la siguiente ecuación:

$$\#_{\text{Maracuyá}} = \frac{V_{\text{segmento circular}}}{V_{\text{frutas}}} \quad (19)$$

$$\#_{\text{Maracuyá}} = \frac{0,00574 \text{ m}^3}{0,00018 \text{ m}^3}$$

$$\#_{Maracuyá} = 31.88$$

Para obtener la masa total del número de frutas en el interior se aplica la ecuación 5.

$$m_{total\ frutas} = 5.8978\ kg$$

4.5.1.2 Fuerza que actúa en los rascadores. Al obtener la masa, y multiplicarla por la gravedad se obtendrá la fuerza que actúa en el rascador

$$\begin{aligned} F_2 &= m_{total\ fruta} * g & (20) \\ F_2 &= 5.8978\ kg * 9.81\ \frac{m}{s^2} \\ F_2 &= 57.85\ N \end{aligned}$$

4.6 Selección del motor

Para la selección del motor se requiere la potencia que necesita el sistema motriz. Para calcular la potencia se debe tomar en cuenta la fuerza de corte requerida por la cuchilla, el sistema de rascadores y la energía cinética de rotación.

4.6.1 Energía cinética de rotación. Es la energía cinética de un cuerpo rígido, que gira en torno a un eje fijo. Esta energía depende del momento de inercia y de la velocidad angular del cuerpo. (SCHAUM, 1991).

La energía de rotación de la puede calcular con la siguiente ecuación:

$$E_{rot} = \frac{1}{2} I_x * W^2 \quad (21)$$

Dónde:

E_{rot} = Energía de rotación

I_x = Momento de inercia

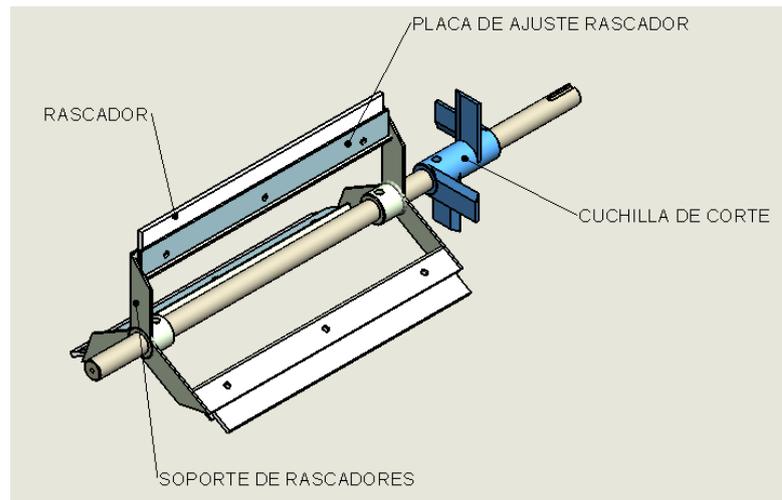
W = Velocidad angular

Mientras más alejado este el cuerpo del eje de rotación se requerirá de mayor energía para que el cuerpo adquiera mayor velocidad angular.

4.6.2 Momento de inercia. El momento de inercia es una medida de la resistencia que opone todo el cuerpo al ponerse en movimiento de rotación o cambio de velocidad angular. (SCHAUM, 1991).

Cálculo del momento de inercia de los elementos que están en rotación en la máquina despulpadora de frutas, la figura 44 indica los elementos del sistema motriz.

Figura 44. Sistema motriz

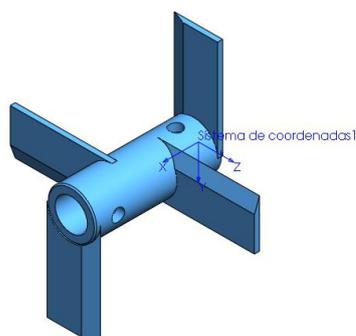


Fuente: Autores

4.6.2.1 Determinación del momento de inercia de la cuchilla con respecto al eje x. Debido a la geometría compleja que presenta la cuchilla, se usará el software SolidWorks que permite calcular dicho requerimiento.

- *Procedimiento.* Se procede a crear un sistema de coordenadas en el centro del bocín como se muestra en la figura 45.

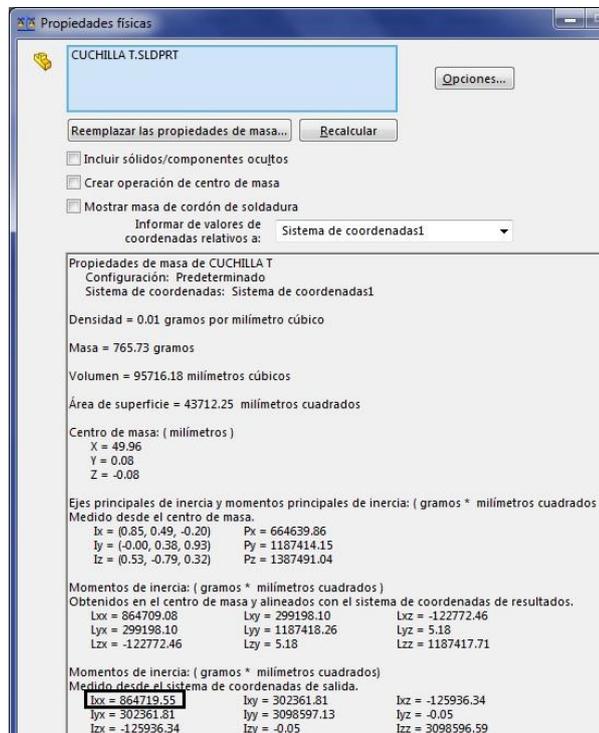
Figura 45. Generación del sistema de coordenadas en la cuchilla de corte



Fuente: Autores

Se procede a generar el cálculo y el resultado se muestra en la figura 46.

Figura 46. Resultado del cálculo de las propiedades de la cuchilla de corte



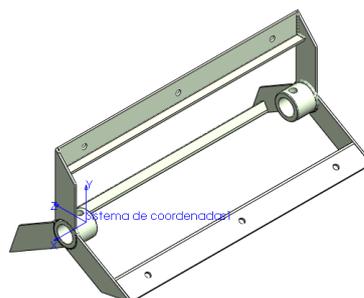
Fuente: Autores

El momento de inercia de la cuchilla de corte es:

$$I_{cc} = 864719,55 \text{ gmm}^2 = 8,64 \times 10^{-4} \text{ kg m}^2$$

4.6.2.2 Determinación del momento de inercia del soporte de rascadores con respecto al eje x. Se repite el procedimiento anterior de creación de un sistema de coordenadas, el resultado se lo muestra en la figura 47.

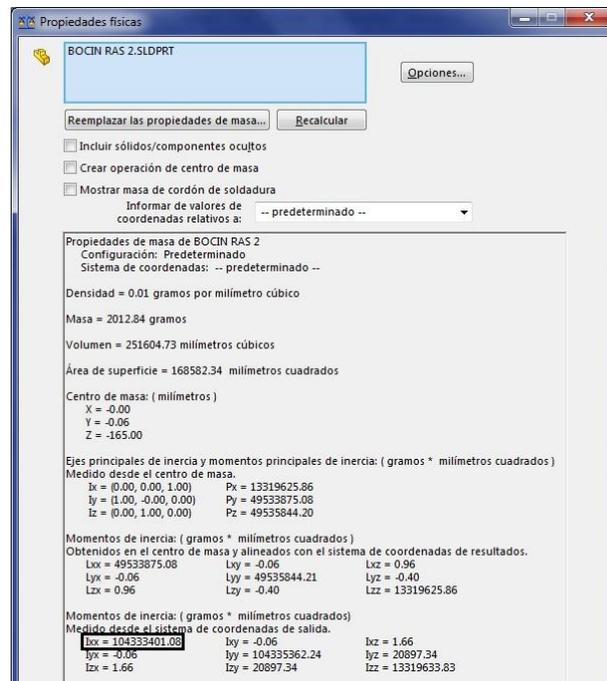
Figura 47. Resultado del análisis de la cuchilla de corte



Fuente: Autores

El resultado del cálculo generado se lo muestra en la figura 48.

Figura 48. Resultado del cálculo de las propiedades del soporte de rascadores



Fuente: Autores

El momento de inercia del soporte de rascadores es:

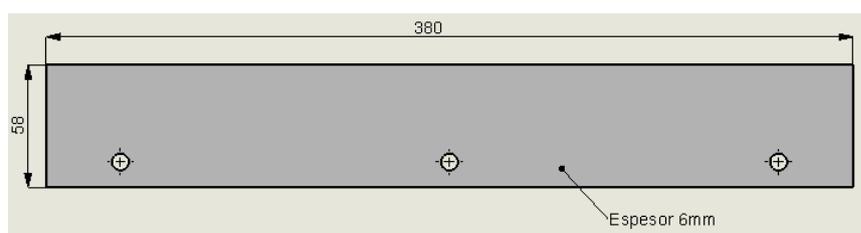
$$I_{SR} = 104333401,08 \text{ gmm}^2 = 0,1043 \text{ kg m}^2$$

4.6.2.3 Momento de inercia del rascador. El material del rascador es de Nylon el cual tiene una densidad de:

$$\delta_{rascador} = 1,14 \times 10^3 \text{ kg m}^3$$

Las dimensiones del rascador se muestran en la figura 49.

Figura 49. Geometría del rascador



Fuente: Autores

Dónde:

$\delta = \text{densidad (kg m}^3\text{)}$

M = masa (kg)

$V_r = \text{volumen del rascador (m}^3\text{)}$

$$V_r = a * b * c \quad (22)$$
$$V_r = 1,2528 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\delta = \frac{m}{V_r} \quad (23)$$
$$m_{\text{rascador}} = 1,14 \times 10^3 \text{ kg m}^3 * 1,2528 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$m_{\text{rascador}} = 0,1428 \text{ kg}$$

Para una placa uniforme se tiene que el momento de inercia es:

$$I_r = \frac{m}{12} a^2 + c^2 \quad (24)$$

$$I_r = \frac{0,1428}{12} (0,006^2 + 0,058^2)$$
$$I_r = 4,046 \times 10^{-5} \text{ kg m}^2$$

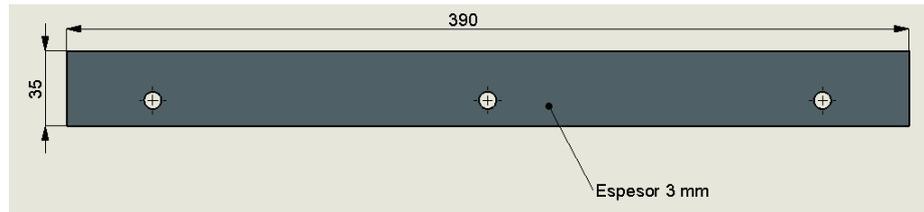
Al estar el rascador a una cierta distancia con respecto al eje se aplica el teorema de Steiner.

Donde la distancia de separación es de 83mm = 0,083m.

$$d = 0,083 \text{ m}$$
$$I_{RD} = I_r + md^2 \quad (25)$$
$$I_{RD} = 4,046 \times 10^{-5} \text{ kg m}^2 + 0,1428 \text{ kg} * 0,083^2 \text{ m}^2$$
$$I_{RD} = 3,07 \times 10^{-3} \text{ kg m}^2$$

4.6.2.4 Momento de inercia de la placa de ajuste del rascador. La placa de ajuste presenta la configuración geométrica que se muestra en la figura 50.

Figura 50. Geometría de la placa de ajuste



Fuente: Autores

El material del rascador es de Acero Inoxidable AISI 304 el cual tiene una densidad de:

$$\delta_{\text{acero inoxidable}} = 7.93 \frac{gr}{cm^3}$$

De la ecuación 22 se obtiene que el volumen es de:

$$V_r = 4,095 \times 10^{-5} m^3$$

Al remplazar en la ecuación 23 se obtiene la masa de la placa.

$$m_{pa} = 7930 \frac{kg}{m^3} * 4,095 \times 10^{-5} m^3$$

$$m_{pa} = 0,32 \text{ kg}$$

De la ecuación 24 se obtiene que el momento de inercia para la placa es de:

$$I_r = \frac{0,32}{12} (0,003^2 + 0,035^2)$$

$$I_r = 3,29 \times 10^{-5} \text{ kg m}^2$$

La placa se encuentra a cierta distancia con respecto, entonces se aplica el teorema de Steiner de la ecuación 25.

Donde la distancia de separación es de 83mm = 0,083m

$$d = 0,083m$$

$$I_{PD} = 3,29 \times 10^{-5} \text{ kg m}^2 + 0,32 \text{ kg} * 0,083^2$$

$$I_{PD} = 6,712 \times 10^{-3} \text{ kg m}^2$$

4.6.3 Momento de inercia del sistema motriz. El momento de inercia total, es el resultado de sumar todos los calculados como se lo indica en la ecuación 26.

$$I_{SM} = I_{cc} + I_{sr} + I_{RD} + I_{PD} \quad (26)$$

Dónde:

I_{SM} = Momento de inercia del sistema motriz.

I_{cc} = Momento de inercia de la cuchilla de corte.

I_{sr} = Momento de inercia del soporte de rascadores.

I_{RD} = Momento de inercia de los rascadores.

I_{PD} = Momento de inercia de las placas de ajuste.

$$I_{SM} = 8,64 \times 10^{-4} \text{kg m}^2 + 0,1043 \text{kg m}^2 + 3,07 \times 10^{-3} \text{kg m}^2 + 6,712 \times 10^{-3} \text{kg m}^2$$

$$I_{SM} = 0,1149 \text{kg m}^2$$

4.6.4 Velocidad angular de trabajo. Las máquinas despulpadoras trabajan en rangos de velocidades angulares entre 500 a 600 rpm, en este caso se trabajará con un valor de 500 rpm. (TUZA, 2011 p. 118).

$$W = 500 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{2 \pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 52,35 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Al remplazar el momento de inercia y la velocidad en la ecuación 21, se obtiene la energía cinética.

$$E_{rot} = \frac{1}{2} 0,1149 \text{Kg m}^2 * 52,35 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}^2$$

$$E_{rot} = 157,44 \text{ Nm}$$

Se considera un tiempo t_f el cual es el tiempo de filtrado, en el cual la pulpa pasa por la malla perforada del tamiz.

$$t_f = 15 \text{ s}$$

Entonces la potencia que se requiere para empujar a la fruta con el tamiz será calculada con la siguiente ecuación:

$$P_e = \frac{E_{rot}}{t_f} \quad (27)$$

$$P_e = \frac{157,44 \text{ Nm}}{15 \text{ s}}$$

$$P_e = 10,496 \text{ W}$$

4.6.5 Determinación de las potencias presentes en el interior del tamiz.

4.6.5.1 Potencia de transporte. Es la potencia requerida para transportar internamente la fruta desde las cuchillas hacia los rascadores.

Y se determina con la siguiente ecuación:

$$P_{tc} = F_t * r * W = M_A * W \quad (28)$$

Dónde:

P_{tc} = Potencia de transporte en la cuchilla

$F_t = 237,34 \text{ N}$, es la fuerza total por el peso de la fruta

r = Radio de las láminas de corte en la cuchilla 0.08 m

W = Velocidad angular.

$$P_{tc} = 237,34 \text{ N} * 0,08 \text{ m} * 52,35 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$P_{tc} = 993,97 \text{ W}$$

De la misma manera se calcula la fuerza de transporte en el interior del tamiz.

Donde la fuerza que actúa en los rascadores es:

$$F_2 = 57,85 \text{ N}$$

$$P_{tr} = 57,85 \text{ N} * 0,145 \text{ m} * 52,35 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$P_{tr} = 439,12 \text{ W}$$

4.6.5.2 Potencia total de trabajo. Se obtiene sumando la potencia de empuje y las potencias de transporte tanto por la cuchilla como en el sistema de rascadores.

$$P_{TT} = 10,496 \text{ W} + 993,97 \text{ W} + 439,12 \text{ W}$$

$$P_{TT} = 1,443 \text{ kW} = 1,935 \text{ HP}$$

4.6.6 Selección del motor. A la potencia total requerida es necesario multiplicar un factor de servicio, el cual depende de las condiciones y características de uso.

Se usa la siguiente ecuación:

$$P_{REQUERIDA} = P_{TT} * f_s \quad (29)$$

Dónde:

f_s = factor de servicio =1.1 (Anexo G).

$$P_{REQUERIDA} = 1,935 \text{ HP} * 1,1$$

$$P_{REQUERIDA} = 2,1285 \text{ HP}$$

Del resultado de la potencia requerida calculada se selecciona un motor de 2 HP, el cual está en el rango de trabajo necesario.

Los datos de placa del motor se encuentran detallados en el (Anexo H).

- *Características del motor seleccionado*

Potencia = 2HP

Voltaje = 110/220 V

4.7 Diseño del soporte de los rascadores

Una vez determinada la potencia del motor, se dimensiona el soporte del rascador, la potencia desarrollada genera un momento y este a su vez una fuerza.

$$P_{motor} = M_T * W \quad (30)$$

$$M_T = \frac{P_{motor}}{W}$$

Dónde:

P = Potencia del motor seleccionado 1,5 kW

M_T = Momento torsor

ω = velocidad angular $52,35 \frac{rad}{s}$

$$M_T = \frac{1500 \text{ W}}{52,35 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}$$

$$M_T = 28,65 \text{ N m}$$

El momento torsor es igual a:

$$M_T = F_{MT} * r \quad (31)$$

Dónde:

F_{MT} = Es la fuerza que actúa en el soporte de rascadores.

r = Radio = 0,145 m

$$F_{MT} = \frac{28,65 \text{ N m}}{0,145 \text{ m}}$$

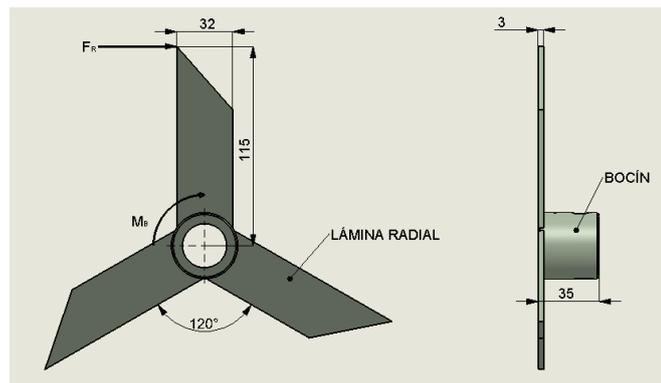
$$F_{MT} = 197,56 \text{ N} = 20,14 \text{ kgf}$$

La fuerza esta perpendicular a la lámina radial del soporte de rascadores, como se muestra en la figura 51.

Para obtener la fuerza F_R se divide la fuerza resultante del momento torsor para 2, porque existen 2 bocines soporte.

$$F_{MT} = 58,78 \text{ N} = 10,07 \text{ kgf}$$

Figura 51. Fuerza actuante en la lámina radial

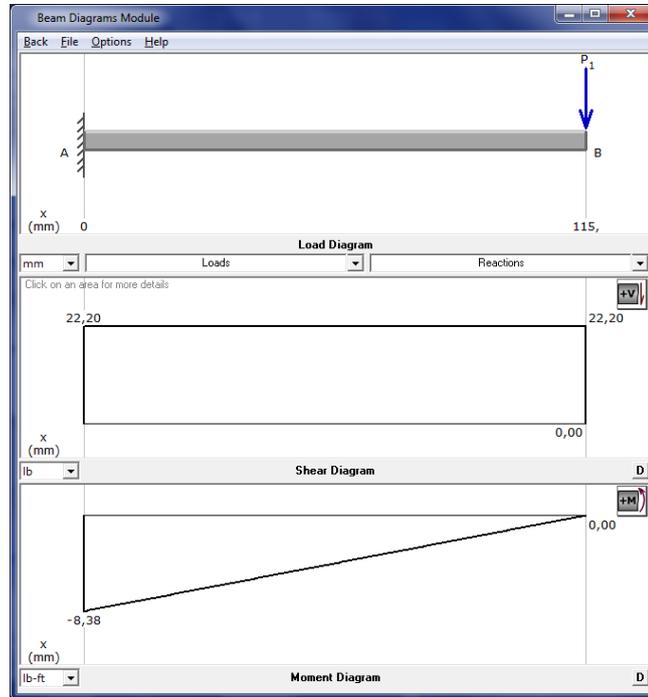


Fuente: Autores

4.7.1 *Diseño de la lámina radial.* Se gráfica los diagramas de cortante y de momento.

Utilizando el software MDSolid 2,6 se ingresa la carga, para obtener los diagramas de cortante y momento y el resultado es el que se indica en la figura 52.

Figura 52. Diagrama de momento y cortante en la lámina radial



Fuente: Autores

Dando como resultado el momento de:

$$M_B = 8,38 \text{ lb} * \text{ft} \frac{1 \text{ kg}}{2,205 \text{ lb}} * \frac{30,48 \text{ cm}}{1 \text{ ft}} = 115,83 \text{ kg} - \text{cm}$$

Se estima un espesor de la lámina radial de $E= 3\text{mm}$

Se obtiene C usando la ecuación 10.

$$C = \frac{3,2}{2} = 1,6 \text{ mm}$$

De la ecuación 11 se obtiene la inercia.

$$I = \frac{0,3 * 3,2^3}{12}$$

$$I = 0,8192 \text{ cm}^3$$

El esfuerzo se obtiene reemplazando en la ecuación 9.

$$\sigma = \frac{115,83 \text{ kg} - \text{cm} * 1,6 \text{ cm}}{0,8192 \text{ cm}^3}$$

$$\sigma = 226,23 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

4.7.2 Diseño por resistencia a la fatiga. Al estar sometida la lámina radial del soporte de rascadores a flexión la relación de la resistencia a la fatiga es:

$$Se' = 0.5Sut$$

Las láminas radiales son acero inoxidable AISI 304 el cual tiene una resistencia de:

$$Sut = 5300 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \text{ (Anexo B)}$$

Remplazando en la ecuación 12 se tiene:

$$Se' = 2650 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

4.7.2.1 Límite de fatiga real. Se considera el mismo de las cuchillas ya que están trabajando a similares condiciones.

Dónde:

Ka = Factor de acabado superficial (ver anexo C)

$$Ka = 0,78$$

Kb = Factor de corrección por tamaño (ver anexo D)

$$Kb = 1$$

Kc = Factor de confiabilidad (ver anexo E)

$$Kc = 0,897$$

Kd = Factor de corrección de temperatura (ver anexo F)

$$Kd = 1,020$$

Kg = Factor de efectos diversos

$$Kd = 1$$

Ke = Factor de concentración de esfuerzos

$$ke = 1$$

Se remplaza todos los valores en la ecuación 13 y se tiene:

$$Se = 2650 * 0,78 * 1 * 0,897 * 1,020 * 1 * 1$$

$$Se = 1891,18 \frac{kg}{cm^2}$$

4.7.2.2 Cálculo del factor de seguridad. El factor de seguridad se calcula con la siguiente ecuación:

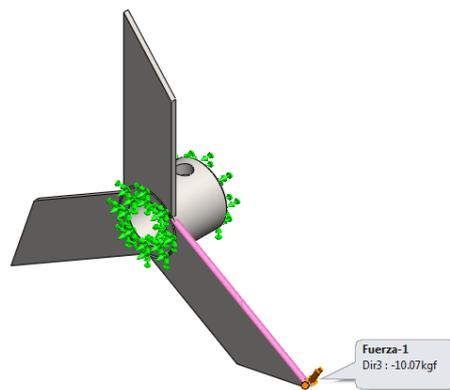
$$n = \frac{Se}{\sigma}$$

$$n = \frac{1891,18 \frac{kg}{cm^2}}{226,23 \frac{kg}{cm^2}}$$

$$n = 8,36$$

4.7.2.3 Verificación de análisis de esfuerzos mediante SolidWorks. Se sigue el proceso anterior, en la figura 53 se realiza el ingreso de la carga.

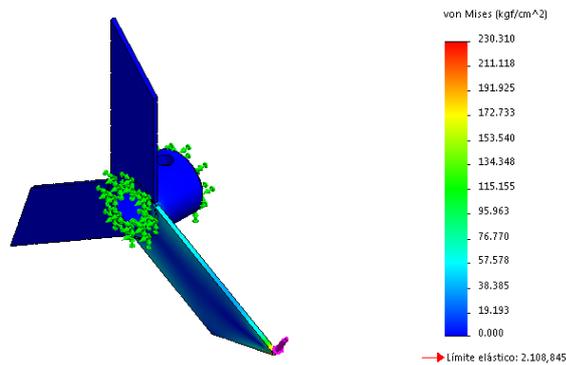
Figura 53. Fuerza actuante en la lámina radial



Fuente: Autores

Luego se ejecuta el programa y el resultado se muestra en la figura 54.

Figura 54. Resultado del análisis de la lámina radial



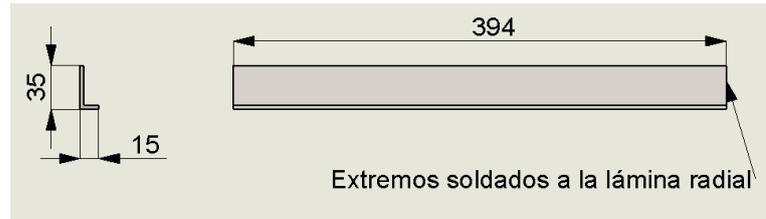
Fuente: Autores

Con el factor de seguridad obtenido se demuestra que el espesor seleccionado de la lámina de corte de 3 mm es el adecuado.

4.8 Diseño de la lámina de soporte con configuración en L

En la figura 55 se muestra la configuración geométrica de la lámina de soporte en L.

Figura 55. Geometría de la lámina de soporte en L



Fuente: Autores

En el diseño de lámina se considera una carga distribuida debido a que la fruta está a lo largo del tamiz.

$$Q = \frac{F_{MT}}{l} \quad (32)$$

Dónde:

$F_{MT} = 197,56 \text{ N} = 20,14 \text{ kgf}$ Fuerza actuante en el rascador.

$l =$ longitud del rascador 0,394 m

$Q =$ Carga distribuida

$$Q = \frac{197,56 \text{ N}}{0,394 \text{ m}}$$

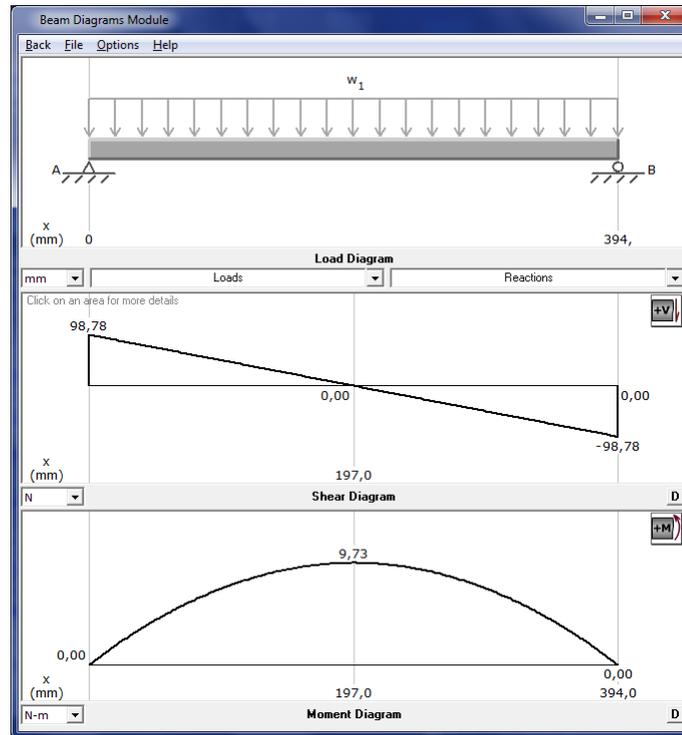
$$Q = 501,42 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Se construyen los diagramas de momento y cortante para ello se usa el software MDSolids y se obtiene el resultado que se muestra en la figura 56.

En este caso para el diseño se considera el momento máximo.

$$M_B = 9,73 \text{ N} * m \frac{1 \text{ kgf}}{9,81 \text{ N}} * \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 99,18 \text{ kg} - \text{cm}$$

Figura 56. Diagrama de momento y cortante en la lámina de soporte con configuración en L



Fuente: Autores

El espesor de la lámina radial es $E = 3\text{ mm}$.

Se obtiene C de la ecuación 10.

$$C = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ mm}$$

De la ecuación 11 se obtiene la inercia.

$$I = \frac{39,4 * 0,3^3}{12}$$

$$I = 0,08865\text{ cm}^3$$

El esfuerzo se obtiene reemplazando en la ecuación 9.

$$\sigma = \frac{99,18 \text{ kg} - \text{cm} * 0,15 \text{ cm}}{0,08865\text{ cm}^3}$$

$$\sigma = 167,82 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

4.8.1 Diseño por resistencia a la fatiga. Al estar sometida la lámina radial del soporte de rascadores a flexión la relación de la resistencia a la fatiga es:

$$Se' = 0.5Sut$$

Las láminas radiales son acero inoxidable AISI 304 el cual tiene una resistencia de:

$$Sut = 5300 \frac{kg}{cm^2} \text{ (Anexo B)}$$

Remplazando en la ecuación 12 se tiene:

$$Se' = 2650 \frac{kg}{cm^2}$$

4.8.1.1 Límite de fatiga real. Se considera el mismo de las cuchillas ya que están trabajando a similares condiciones.

Dónde:

Ka = Factor de acabado superficial (ver anexo C)

$$Ka = 0,78$$

Kb = Factor de corrección por tamaño (ver anexo D)

$$Kb = 1$$

Kc = Factor de confiabilidad (ver anexo E)

$$Kc = 0,897$$

Kd = Factor de corrección de temperatura (ver anexo F)

$$Kd = 1,020$$

Kg = Factor de efectos diversos

$$Kd = 1$$

Ke = Factor de concentración de esfuerzos

$$k_e = 1$$

Se rempaza todos los valores en la ecuación 13 y se tiene:

$$Se = 2650 * 0,78 * 1 * 0,897 * 1,020 * 1 * 1$$

$$Se = 1891,18 \frac{kg}{cm^2}$$

4.8.1.2 Cálculo del factor de seguridad. El factor de seguridad se calcula con la siguiente ecuación:

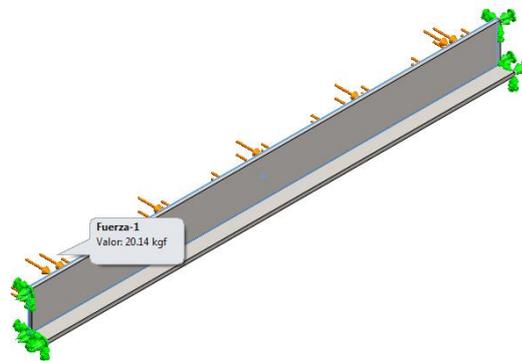
$$n = \frac{Se}{\sigma}$$

$$n = \frac{1891,18 \frac{kg}{cm^2}}{167,82 \frac{kg}{cm^2}}$$

$$n = 11,26$$

4.8.1.3 Verificación de análisis de esfuerzos mediante SolidWorks. Se sigue el proceso anterior, en la figura 57 se realiza el ingreso de la carga.

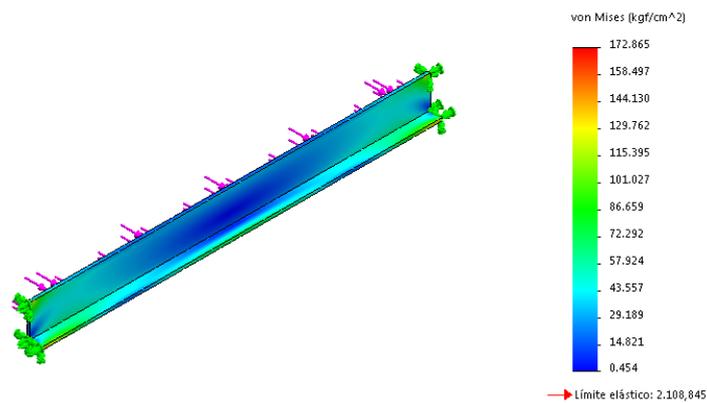
Figura 57. Fuerza actuante en la lámina de soporte en L



Fuente: Autores

Luego se ejecuta el programa y el resultado se muestra en la figura 58.

Figura 58. Resultado del análisis de la lámina de soporte en L



Fuente: Autores

Con el factor de seguridad obtenido demuestra que el espesor seleccionado de la lámina de corte de 3 mm es el adecuado.

4.9 Diseño del rascador

4.9.1 Selección del material para el rascador. Para la selección del material, es importante determinar la función y el desempeño que se requiere que cumpla el material.

El material debe tener una resistencia mecánica menor a la del acero inoxidable, no debe contaminar a la fruta, que sea de bajo peso.

4.9.1.1 Determinación del índice de mérito IM. El material debe soportar el esfuerzo de flexión al que está sometido.

$$\sigma = \frac{F * d * \frac{e}{2}}{I} \quad (33)$$

$$\sigma = \epsilon * E \quad (34)$$

Al relacionar las dos ecuaciones 33 y 34 de esfuerzo se obtiene:

$$\epsilon * E = \frac{F * d * e}{2I}$$

$$I = \frac{b * h^3}{12}$$

$$\epsilon = \frac{6F * d * e}{E * b * h^3}$$

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = \frac{m}{e * l * b}$$

$$m = \rho * e * h * b$$

$$h = \frac{m}{\rho * e * b}$$

Al remplazar la altura en función de masa y de densidad se obtiene:

$$\epsilon = \frac{6F * d * e^4 * \rho^3 * b^2}{Em^3}$$

$$m^3 = \frac{6F * d * e^4 * \rho^3 * b^2}{E}$$

$$m = \frac{6F * d * e^4 * b^2}{1}^{1/3} * \frac{\rho}{E^{1/3}}$$

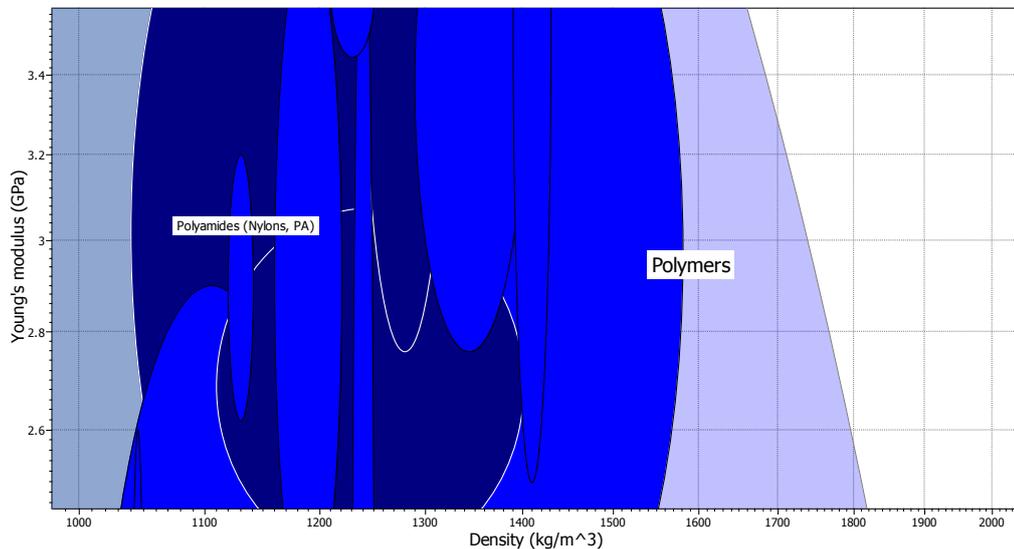
El índice de mérito obtenido es:

$$IM = \frac{E^{1/3}}{\rho} \quad (35)$$

Con el índice de mérito se procede a realizar la selección, para lo cual se usó el programa CES - Cambridge Engineering Selector.

En una primera selección relacionando la propiedad mecánica que es el módulo de Young con una propiedad general que es la densidad del material, y estableciendo un intervalo de valores, el mapa de materiales preseleccionados se encuentran todos los polímeros, como se indica en la figura 59.

Figura 59. Mapa de materiales para una primera selección



Fuente: CES - Cambridge Engineering Selector

Del resultado del mapa de materiales se filtraron 25 de 86 materiales.

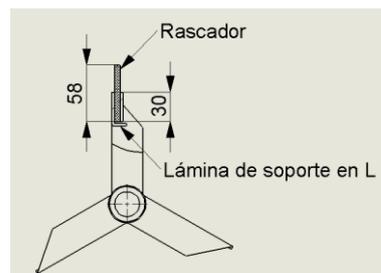
Para un segundo filtro, se ingresa la característica de bajo costo y que el material sea reciclable, en el Anexo I, se muestra el proceso de selección.

Del anexo se muestra que el resultado del filtro 2 se muestra finalmente 8 materiales.

4.9.1.2 Análisis del material seleccionado. Al realizar un análisis del resultado obtenido se selecciona el Nylon ya es un polímero que se encuentra en país, de bajo costo y que cumple con las propiedades mecánicas requeridas. Las características del Nylon se detallan en el Anexo J.

4.9.2 Geometría y configuración del rascador. El rascador se encuentra en el soporte de la lámina en configuración en L y esta aprisionado con la lámina de sujeción, como se muestra en la figura 60.

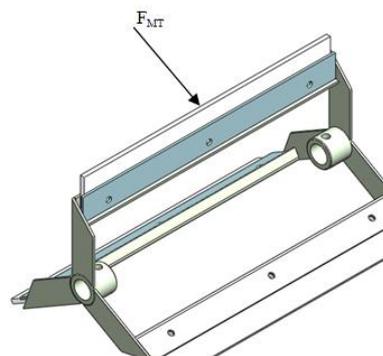
Figura 60. Geometría del rascador



Fuente: Autores

4.9.3 Fuerza en el rascador. En el diseño del rascador se considera que el rascador se encuentra en voladizo ya que por los extremos inferiores se encuentra sujeto, y la parte que está en contacto con la fruta genera una fuerza como se muestra en la figura 61.

Figura 61. Fuerza actuante en el rascador



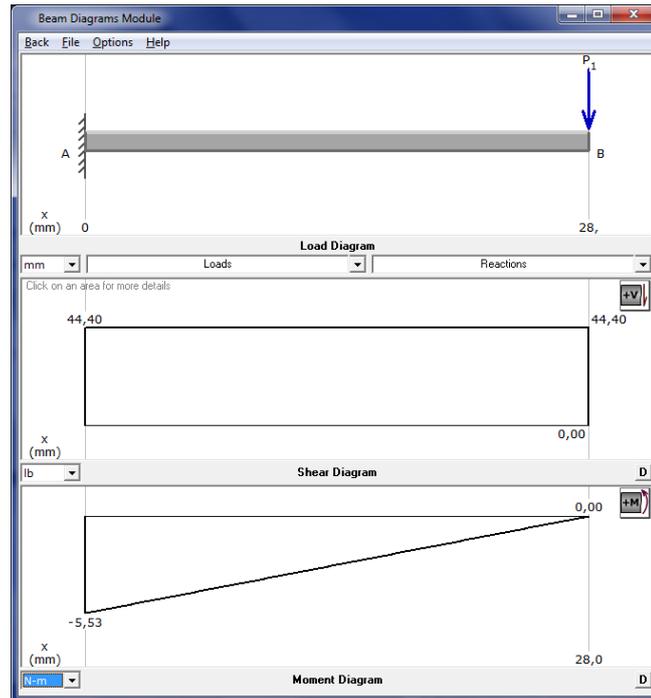
Fuente: Autores

$$F_{MT} = 197,56 N = 20,14 Kgf$$

Esta carga se concentra en la parte extrema del rascador.

Se construyen los diagramas de momento y cortante para ello se usa el software MDSolids y se obtiene el resultado que se muestra en la figura 62.

Figura 62. Diagrama de momento y cortante del rascador



Fuente: Autores

En este caso para el diseño se considera el momento máximo.

$$M_B = 5,53 N * m \frac{1kgf}{9,81 N} * \frac{100 cm}{1m} = 56,37 kg - cm$$

Se estima un espesor de E= 6mm, para la lámina del rascador de nylon.

Se obtiene C de la ecuación 10.

$$C = \frac{6}{2} = 3 mm$$

De la ecuación 11 se obtiene la inercia.

$$I = \frac{39,4 * 0,6^3}{12}$$

$$I = 0,709 cm^3$$

El esfuerzo se obtiene reemplazando en la ecuación 9.

$$\sigma = \frac{56,37 \text{ kg} - \text{cm} * 0,3 \text{ cm}}{0,709 \text{ cm}^3}$$

$$\sigma = 23,85 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

4.9.4 Diseño por resistencia a la fatiga. El rascador está sometido a flexión debido a la fuerza que la fruta ejerce en el mismo, entonces la relación de resistencia a la fatiga es:

$$Se' = 0.5Sut$$

El rascador es de lámina de nylon 6, y sus propiedades se muestran en el anexo J.

El cual tiene una resistencia de:

$$Sut = 90 \text{MPa} = 917,43 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \text{ (Anexo J)}$$

Reemplazando en la ecuación 12 se tiene:

$$Se' = 458,7 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

4.9.4.1 Límite de fatiga real. Se considera el mismo de las cuchillas ya que están trabajando a similares condiciones.

Dónde:

Ka = Factor de acabado superficial (ver anexo C)

$$Ka = 0,78$$

Kb = Factor de corrección por tamaño (ver anexo D)

$$Kb = 1$$

Kc = Factor de confiabilidad (ver anexo E)

$$Kc = 0,897$$

Kd = Factor de corrección de temperatura (ver anexo F)

$$Kd = 1,020$$

Kg = Factor de efectos diversos

$$Kd = 1$$

Ke = Factor de concentración de esfuerzos

$$k_e = 1$$

Se reemplaza todos los valores en la ecuación 12 y se tiene:

$$Se = 458,7 * 0,78 * 1 * 0,897 * 1,020 * 1 * 1$$

$$Se = 327,36 \frac{kg}{cm^2}$$

4.9.4.2 Cálculo del factor de seguridad. El factor de seguridad se calcula con la siguiente ecuación:

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

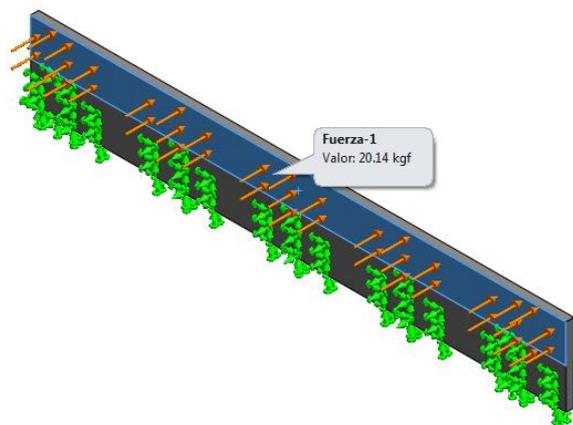
$$n = \frac{327,36 \frac{kg}{cm^2}}{23,85 \frac{kg}{cm^2}}$$

$$n = 13,72$$

Con el factor de seguridad obtenido se demuestra que el espesor seleccionado del rascador de 6 mm, es el adecuado.

4.9.4.3 Verificación de análisis de esfuerzos mediante SolidWorks. Se sigue el proceso anterior, en la figura 63 se realiza el ingreso de la carga.

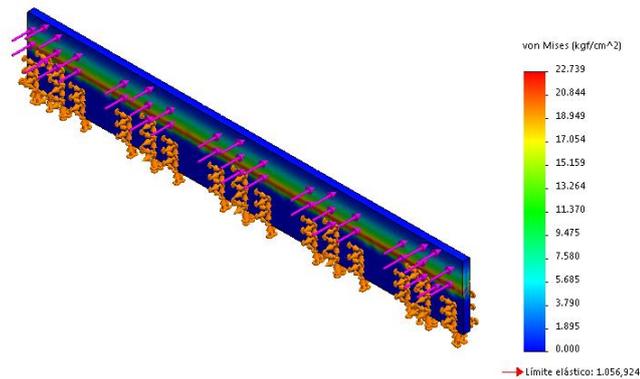
Figura 63. Asignación de parámetros en el rascador



Fuente: Autores

Luego se ejecuta el programa y el resultado se muestra en la figura 64.

Figura 64. Resultado del análisis de la lámina del rascador



Fuente: Autores

Con el factor de seguridad obtenido demuestra que el espesor seleccionado de la lámina de corte de 6 mm es el adecuado.

4.10 Selección del tamiz

El tamiz cumple la función de filtrar la pulpa de las semillas y desperdicios, en la máquina despulpadora el tamiz se selecciona para el tamaño promedio de las semillas, teniendo en cuenta la pulpa que tienen mayor demanda en el mercado.

Las pulpas de frutas de mayor demanda son las que se obtiene de las frutas que se indican en la tabla 20.

Tabla 20. Diámetros promedios de las semillas de diferentes frutas

Fruta	Diámetro promedio (mm)
Tomate de árbol	1,36
Guayaba	2,56
Mora	1,6
Maracuyá	1,93

Fuente: Autores

El diámetro promedio supera los 1,36 mm, entonces se selecciona una lámina perforada de Acero Inoxidable 304 con las siguientes características:

Diámetro de perforación de agujeros $\varnothing = 1,25\text{mm}$ (Ver Anexo K).

De configuración trabada

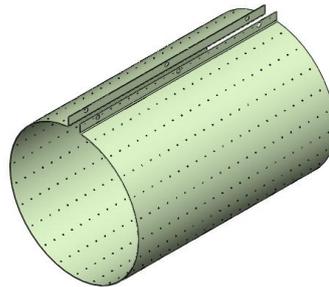
Espesor de la lámina 1mm

En la figura 65 se muestra el esquema del tamiz, en donde sus dimensiones son las siguientes:

d_i = Diámetro interior del tamiz = 290mm

l = Longitud del tamiz = 445mm

Figura 65. Geometría del tamiz



Fuente: Autores

La configuración de acuerdo al fabricante de la lámina perforada seleccionada es la siguiente:

RT 1,25-2,8 / A.A 18,07 %

Dónde:

RT es la disposición trabada, 2,8mm es la separación entre centros de diámetros.

A.A es el porcentaje de área perforada.

4.11 Cálculo de la relación de transmisión

Se tiene una relación de transmisión de:

$$i = \frac{n_2}{n_1} \quad (36)$$

Dónde:

n_1 = Velocidad angular de polea lenta = 500 rpm

n_2 = Velocidad angular de polea rápida = 1720 rpm

$$i = \frac{1720 \text{ rpm}}{500 \text{ rpm}}$$

$$i = 3,44$$

4.11.1 Selección de la correa. Para seleccionar el perfil de la correa, con la velocidad del motor o eje rápido que gira a 1720 rpm y la potencia de diseño de 2HP, se recomienda usar correas de sección A, esto se lo determina del Anexo L.

Con la relación de transmisión se procede a calcular los diámetros D_p y d_p .

Se recomienda usar como mínimo los siguientes valores:

Tabla 21. Diámetros mínimos de las poleas

Sección	A	B	C	D	E
Diámetro primitivo mínimo (mm)	63	100	160	280	400

Fuente: Autores

De la tabla 21 se selecciona el tipo A y un diámetro mínimo de 63mm.

$$D_p = i * d_p \tag{37}$$

$$D_p = 3,44 * 63mm$$

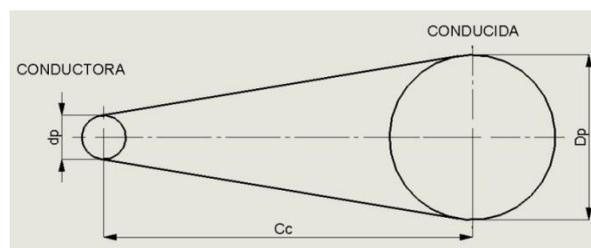
$$D_p = 216,72mm$$

4.11.2 Determinación de la distancia entre ejes. Para determinar la distancia que existe entre el eje del motor y el eje conducido se considera:

Si i mayor que 3, entonces de usa el siguiente criterio:

$$C \geq D_p$$

Figura 66. Representación de la transmisión



Fuente: Autores

Con este criterio se establece una distancia entre centros de $C=400\text{mm}$.

4.11.3 Longitud primitiva de la banda. La longitud se calcula con la siguiente expresión.

$$L = 2 * C + 1,57 * D_p + d_p + \frac{D_p + d_p^2}{4 * C} \quad (38)$$

Dónde:

L = Longitud de la correa

C= Distancia tentativa entre ejes

$$L = 2 * 400 + 1,57 * 216,72 + 63 + \frac{216,72 + 63^2}{4 * 400}$$

$$L = 1288,06\text{mm}$$

Considerando que las poleas seleccionadas son de $\varnothing=2$ in y de 7 in.

Para obtener la velocidad angular de 500 rpm en los rascadores.

Con los diámetros de las poleas seleccionadas, se obtiene la longitud de la banda.

$$L = 1169,51\text{mm} = 46\text{in}$$

De acuerdo al Anexo O, se selecciona una correa A 46, con una longitud primitiva de $L_n = 1168,4\text{mm}$

Una vez seleccionada la correa se recalcula la distancia entre centros con la siguiente fórmula:

$$C_c = C + \frac{L - L_n}{2} \quad (39)$$

$$C_c = 400,55\text{mm}$$

4.11.4 Cantidad de correas. El número de correas se calcula con la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{P_D}{C_2 * C_3 * P_1} \quad (40)$$

Dónde:

Z = Numero de correas y se aproxima al entero positivo.

C_3 = Factor de corrección que considera el arco de contacto entre la correa y las poleas.

P_1 = Potencia que transmite una correa.

C_2 = Factor de corrección.

P_D = Potencia de diseño.

$$P_D = 2HP$$

Para determinar la potencia que transmite una correa P_1 y el factor de corrección C_2 .

Se requiere conocer la velocidad del eje rápido, la relación de transmisión i y la sección usada, del Anexo M, se obtiene que:

$$P_1 = 0,79 HP$$

El factor de corrección C_2 se obtiene con la longitud de la correa, del Anexo M.

$$C_2 = 0,94$$

El factor de corrección C_3 se obtiene del Anexo N, donde se ingresa con la siguiente relación:

$$\frac{D_p - d_p}{C} \quad (41)$$
$$\frac{216,72 - 63}{400} = 0,3843$$

Al ingresar a la tabla del Anexo N se obtiene:

$$C_3 = 0,96$$

Al remplazar todos los valores en la ecuación 40 se obtiene:

$$Z = \frac{2HP}{0,94 * 0,96 * 0,79 HP}$$

$$Z = 2,8$$

El número de correas necesarias es de 2,8 lo cual se considera el uso de 2 correas.

4.11.5 Velocidad de la correa. La velocidad debe ser lo mayor posible para disminuir la cantidad de correas necesarias en la transmisión pero nunca debe superar la velocidad máxima.

$$v = \frac{n1 * \pi * d_p}{6000} \quad (42)$$

Dónde:

$n1$ = Velocidad de giro del motor = 180 rad/s

v = Velocidad de la banda

$$v = \frac{180 \text{ rad/s} * \pi * 50,8}{6000} \leq v_{max}$$

$$v = 4,78 \text{ m/s}$$

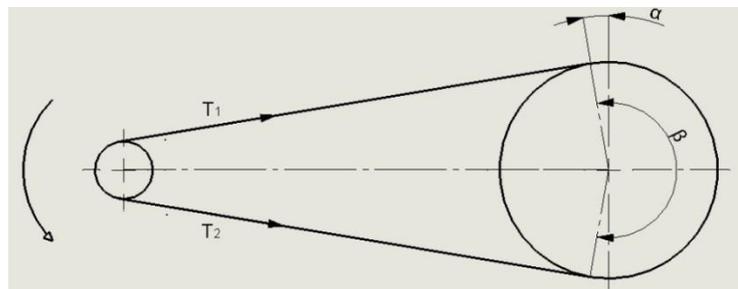
Donde se para un perfil normal de correa se obtiene

$$v_{max} = 30 \text{ m/s}$$

Al determinar la velocidad cumple con ser menor que la recomendada.

4.11.6 Ángulos de abrazamiento. Determinación del arco de contacto.

Figura 67. Ángulos de abrazamiento y tensiones en la banda



Fuente: Autores

El arco de contacto se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Ar = 180^\circ - 60^\circ \frac{D - d}{Cc} \quad (43)$$

$$Ar = 180^\circ - 60^\circ \frac{177,8 - 50,8}{400,55}$$

$$Ar = 160,97^\circ$$

Ángulo α

$$2\alpha = 180^\circ - Ar \quad (44)$$

$$\alpha = \frac{180^\circ - 160,97^\circ}{2}$$

$$\alpha = 9,515^\circ$$

Ángulo β

$$\begin{aligned}\beta &= 180^\circ + 2\alpha & (45) \\ \beta &= 180^\circ + 2 * 9,515^\circ \\ \beta &= 199,03^\circ\end{aligned}$$

4.11.7 Tensiones producidas en la polea. La relación de tensiones producidas en la banda trapezoidal está dada por media de la siguiente ecuación.

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{\frac{f*\theta}{\gamma}} \quad (46)$$

Dónde:

T_1 = Fuerza en el lado tirante

T_2 = Fuerza en el lado flojo

f =Coeficiente de rozamiento =0,28 entre la superficie y la banda

θ =Ángulo de contacto en lado conducido en lado conducido en rad.

γ =Ángulo de garganta de la correa en grados. Del Anexo J se obtiene 40°

$$\theta = \beta = 199,03^\circ \frac{2\pi}{360^\circ}$$

$$\theta = 3,47$$

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{2,84}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = 17,115$$

$$T_1 = 17,115T_2$$

4.11.8 Potencia. En la siguiente ecuación se presenta para el cálculo de la potencia.

$$P = \frac{T_1 - T_2 * V}{33000} \quad (47)$$

Dónde:

V = Velocidad de la correa (pie/min).

$$v = 4,78 \frac{m}{s} * \frac{60 \text{ seg}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ pie}}{0,3048m} = 940,94 \frac{\text{pie}}{\text{min}}$$

$$2 = \frac{T_1 - T_2 * 940,94 \frac{\text{pie}}{\text{min}}}{33000}$$

$$T_1 - T_2 = 70,14$$

Entonces al remplazar en la ecuación anterior se obtiene:

$$17,115T_2 - T_2 = 70,48$$

$$T_2 = 4,35 \text{ lb}$$

$$T_1 = 74,49 \text{ lb}$$

Cálculo de las tensiones en los ejes

$$T_x = T_1 - T_2 \text{ sen } \alpha \quad (48)$$

$$T_x = 74,49 - 4,35 \text{ sen } 9,515$$

$$T_x = 11,59 \text{ lb} = 51,56 \text{ N}$$

$$T_y = T_1 + T_2 \text{ cos } \alpha \quad (49)$$

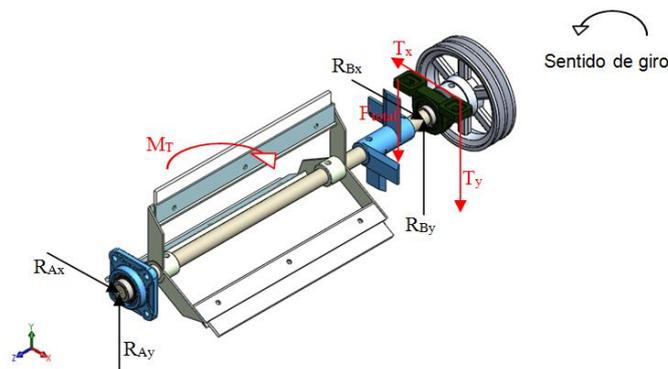
$$T_y = 74,49 + 4,35 \text{ cos } 9,515$$

$$T_y = 77,75 \text{ lb} = 345,9 \text{ N}$$

4.12 Diseño del eje

En la figura 68 se muestran todas las fuerzas que actúan en el eje, para el diseño del mismo se considerara el punto donde exista mayor esfuerzo.

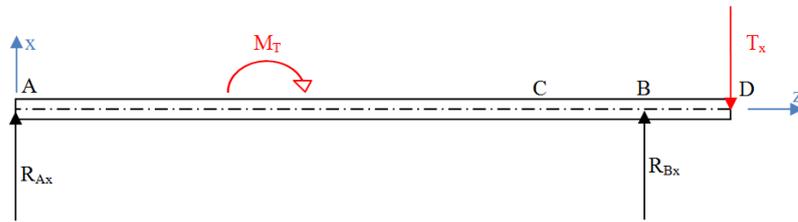
Figura 68. Fuerzas actuantes en el diseño del eje



Fuente: Autores

Representación de fuerzas en el plano x-z.

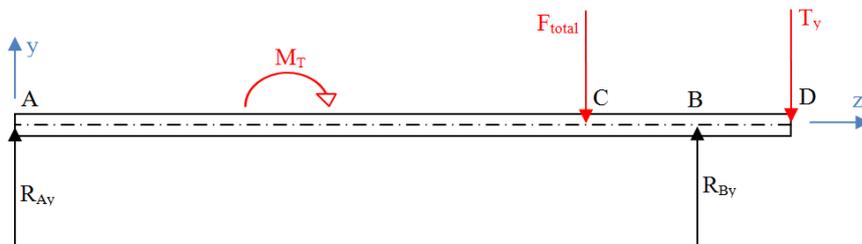
Figura 69. Representación de fuerzas en el plano x-z



Fuente: Autores

Representación de fuerzas en el plano y-z.

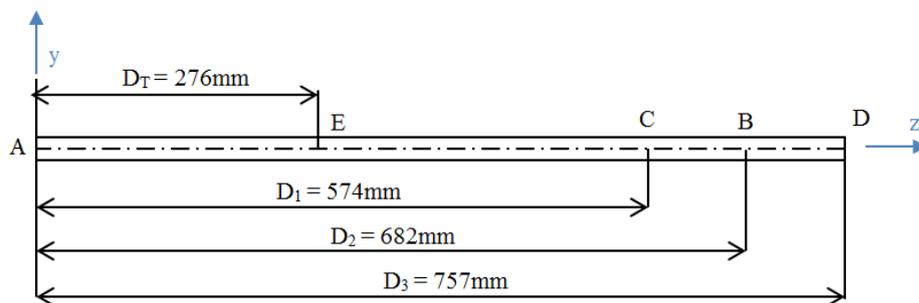
Figura 70. Representación de fuerzas en el plano y-z



Fuente: Autores

Las fuerzas y el momento torsor se encuentran a ciertas distancias como se lo muestra en la figura 71.

Figura 71. Distancias a los puntos



Fuente: Autores

Donde el punto A y B son los rodamientos.

4.12.1 Cálculo de reacciones en A y B. Aplicando una sumatoria de momentos en el punto A para el eje y-z

$$M_A = 0$$

$$M_T + F_{Total} * D_1 - R_{By} * D_2 + T_y * D_3 = 0 \quad (50)$$

$$R_{By} = \frac{28,65 \text{ N m} + 237,34 \text{ N} * 0,574 \text{ m} + 345,9 \text{ N} * 0,757 \text{ m}}{0,682 \text{ m}}$$

$$R_{By} = 625,7 \text{ N}$$

Se realiza la sumatoria de fuerzas en el eje Y.

$$F_y = 0$$

$$R_{Ay} + R_{By} - T_y - F_{Total} = 0 \quad (51)$$

$$R_{Ay} = -625,7 \text{ N} + 345,9 \text{ N} + 237,34 \text{ N}$$

$$R_{Ay} = -42,46 \text{ N} \downarrow$$

Aplicando una sumatoria de momentos en el punto A para el eje x-z

$$M_A = 0$$

$$M_T + T_x * D_3 - R_{Bx} * D_2 = 0 \quad (52)$$

$$R_{Bx} = \frac{28,65 \text{ N m} + 51,56 \text{ N} * 0,757}{0,682}$$

$$R_{Bx} = 99,23 \text{ N}$$

Se realiza la sumatoria de fuerzas en el eje X.

$$F_x = 0$$

$$R_{Ax} + R_{Bx} - T_x = 0 \quad (53)$$

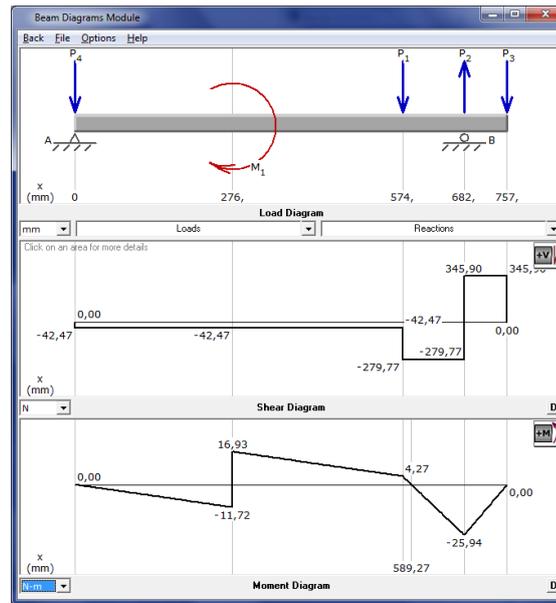
$$R_{Ax} = 51,56 \text{ N} - 99,23 \text{ N}$$

$$R_{Ax} = -47,67 \text{ N} \downarrow$$

4.12.2 Diagramas de momentos y cortante. Con los datos obtenidos de las reacciones se construyen los diagramas de momentos y cortante para cada plano, para ello se usó el software MDSolids 2.6.

Plano y-z:

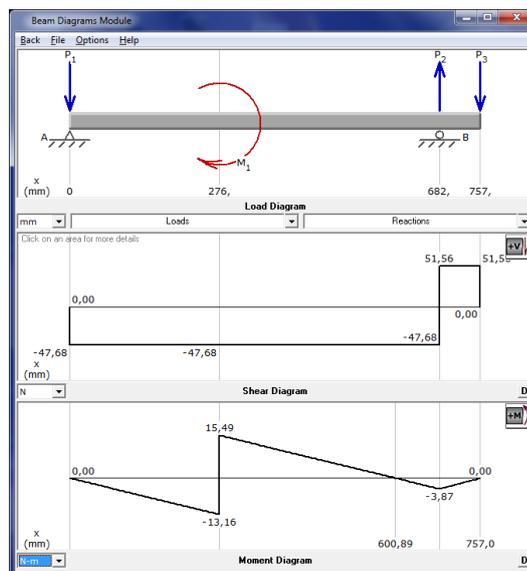
Figura 72. Diagrama de momento y cortante en la plano y-z del eje



Fuente: Autores

Plano x-z:

Figura 73. Diagrama de momento y cortante en la plano x-z del eje



Fuente: Autores

4.12.2.1 Momentos resultantes. El análisis se lo realiza en el punto B.

$$M_{RB} = \sqrt{M_{yz}^2 + M_{xz}^2} \quad (54)$$
$$M_{RB} = \sqrt{25,94^2 + 3,87^2}$$
$$M_{RB} = 26,22 \text{ Nm}$$

Y en el punto E el momento está dado por:

$$M_{RE} = \sqrt{M_{yz}^2 + M_{xz}^2} \quad (55)$$
$$M_{RE} = \sqrt{16,93^2 + 15,49^2}$$
$$M_{RE} = 22,94 \text{ Nm}$$

4.12.3 Diseño estático del eje. El diseño se lo efectúa donde exista el punto más crítico.

En este caso es el punto B.

$$M_{RB} = 26,22 \text{ Nm}$$
$$T = M_T = 28,65 \text{ Nm}$$

Aplicando la teoría de esfuerzo cortante máximo se tiene:

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{eq}} \quad (56)$$

Dónde:

S_y = Limite de fluencia del material.

Para el Acero Inoxidable AISI 304 se tiene:

$$S_y = 2,4 \times 10^8 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Este dato se lo verifica en el Anexo B

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 4\tau_{xy}^2} \quad (57)$$

Cálculo del esfuerzo por flexión

$$\sigma_x = \frac{32M_{max}}{\pi * d^3} \quad (58)$$

$$\sigma_x = \frac{32 * 26,22}{\pi * d^3}$$

$$\sigma_x = \frac{267,07 Nm}{d^3}$$

Esfuerzo por torsión

$$\tau_{xy} = \frac{16T}{\pi * d^3} \quad (59)$$

$$\tau_{xy} = \frac{16 * 28,65}{\pi * d^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{145,9}{d^3}$$

Al remplazar en la ecuación 57 se obtiene:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\frac{267,07}{d^3}^2 + 4 \frac{145,9}{d^3}^2}$$

$$\sigma_{eq} = \frac{S_y}{n}$$

Se considera un n=3

$$\sigma_{eq} = \frac{2,4 \times 10^8 \frac{N}{m^2}}{3}$$

$$\sigma_{eq} = 0,8 \times 10^8 \frac{N}{m^2}$$

$$0,8 \times 10^8 \frac{N}{m^2} = \sqrt{\frac{71328,9}{d^6} + \frac{85147,24}{d^6}}$$

$$0,8 \times 10^8 \frac{N}{m^2}^2 = \frac{71328,9}{d^6} + \frac{85147,24}{d^6}^2$$

$$6,4 \times 10^{15} = \frac{156476,15}{d^6}$$

$$d^6 = 2,44 \times 10^{-11}$$

$$d = 0,017m = 17,03mm$$

Este diámetro obtenido es de $\frac{3}{4}$ in y para mayor seguridad de aproxima a un diámetro de 1 in, que es un diámetro que se encuentra en el mercado.

4.12.4 Diseño a fatiga. Se asume un diámetro de 1 in para el tramo analizado.

Esfuerzos en la sección B.

Flexión:

$$\begin{aligned}\sigma_{xm} &= 0 \\ \sigma_{xa} &= \frac{32M_B}{\pi * d^3} \\ \sigma_{xa} &= \frac{32 * 26,22}{\pi * 0,0254^3} \\ \sigma_{xa} &= 16,29 \times 10^6 \text{ Pa}\end{aligned}$$

Corte:

$$\begin{aligned}\tau_{xya} &= 0 \\ \tau_{xym} &= \frac{16T}{\pi * d_B^3} \\ \tau_{xym} &= \frac{16 * 28,65}{\pi * 0,0254^3} \\ \tau_{xym} &= 8,9 \times 10^6 \text{ Pa}\end{aligned}$$

Compresión:

$$\begin{aligned}\sigma_{fm} &= 0 \\ \sigma_{fa} &= 0\end{aligned}$$

Los esfuerzos equivalentes aplicando el criterio de Von Mises son:

$$\begin{aligned}\sigma_{eqm} &= \sqrt{\sigma_{xm}^2 + 3 \tau_{xym}^2} & (60) \\ \sigma_{eqm} &= \sqrt{0^2 + 3 (8,9 \times 10^6)^2} \\ \sigma_{eqm} &= 1,54 \times 10^7 \text{ Pa} \\ \sigma_{eqa} &= \sqrt{\sigma_{xa}^2 + 3 \tau_{xya}^2} \\ \sigma_{eqa} &= \sqrt{16,29 \times 10^6^2 + 3 \cdot 0^2} \\ \sigma_{eqa} &= 16,29 \times 10^6 \text{ Pa}\end{aligned}$$

4.12.4.1 Diseño por resistencia a la fatiga.

$$Se' = 0.5Sut$$

El material del eje a usar es el acero inoxidable AISI 304 el cual tiene una resistencia de:

$$Sut = 5300 \frac{kg}{cm^2}$$

Remplazando en la ecuación se tiene:

$$Se' = 0.5 * 5300 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Se' = 2650 \frac{kg}{cm^2}$$

4.12.4.2 Límite de fatiga real. Se obtiene empleando la siguiente ecuación:

Dónde:

Se' = Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

Ka = Factor de acabado superficial (Ver Anexo C)

Se lo determina gráficamente con $Sut=75,8$ kpsi, y la curva de estirado en frio, se obtiene un valor de:

$$Ka = 0,78$$

Kb = Factor de corrección por tamaño

Se aplica la siguiente ecuación:

$$K_b = \frac{d}{0,3}^{-0.114} \quad (61)$$

$$K_b = \frac{1}{0,3}^{-0.114}$$

$$Kb = 0,87$$

Kc = Factor de confiabilidad (ver anexo E)

Para una confiabilidad del 90%

$$Kc = 0,897$$

K_d = Factor de corrección de temperatura (ver anexo F)

Para una temperatura de 100 °C

$$K_d = 1,020$$

K_e = Factor de efectos diversos

$$K_d = 1$$

K_e = Factor de concentración de esfuerzos

De acuerdo con el anexo P

$$\frac{D}{d} = \frac{1,25}{1} = 1,25$$

$$\frac{r}{d} = \frac{1/16}{1} = 0,0625$$

Se tiene un $K_t = 1,7$

Sensibilidad en la ranura

$$k_f = 1 + q k_t - 1$$

$$q = 0,9$$

$$k_f = 1 + 0,9 \cdot 1,7 - 1$$

$$k_f = 1,63$$

Y el

$$k_e = \frac{1}{k_f}$$

$$k_e = \frac{1}{1,63} = 0,61$$

Se reemplaza todos los valores en la ecuación 13 se tiene:

$$S_e = 2650 * 0,78 * 0,87 * 0,897 * 1,020 * 1 * 0,61$$

$$S_e = 1003,64 \text{ kg/cm}^2 = 9,835 \times 10^7 \frac{N}{m^2}$$

Aplicando el criterio de Goodman se tiene que:

$$\frac{\sigma_{eqa}}{S_n} + \frac{\sigma_{eqm}}{S_{ut}} = \frac{1}{n} \quad (62)$$

$$\frac{16,29 \times 10^6}{9,835 \times 10^7} + \frac{1,54 \times 10^7}{5,19 \times 10^8} = \frac{1}{n}$$

$$n = 5,12$$

Se considera para la construcción que se use en su totalidad el eje de $\varnothing=1$ in.

4.13 Selección de chumaceras

Una vez seleccionado el diámetro del eje, se procede a seleccionar la chumacera.

Se selecciona un Rodamiento con soporte de piso CMB UCP205-16 $\varnothing = 1$ in, sus características y dimensiones se indican en el Anexo U.

4.13.1 Análisis a carga estática.

$$C_{O_{REQ}} = f_s * P_o \quad (63)$$

Dónde:

$f_s = 0,8$ Para exigencias normales.

Y la carga estática equivalente se obtiene de la relación:

$$P_o = F_r \quad \text{Para} \quad \frac{F_a}{F_r} \leq 0,8$$

$$P_o = F_r = 625,7 \text{ N}$$

Al remplazar en la ecuación 63 se obtiene:

$$C_{O_{REQ}} = 500,56 \text{ N}$$

$C=7850$ N (ver Anexo T), lo cual es mayor que $500,56$ N, y se verifica la selección de la chumacera.

4.13.2 Análisis a carga dinámica. Para rodamientos rígidos con una hilera de bolas se aplica la siguiente ecuación:

$$P = x * F_r + y * F_a \quad (64)$$

Dónde:

F_r = Carga radial

F_a = Carga axial

x = Coeficiente radial del rodamiento

y = Coeficiente axial del rodamiento.

Los valores x , y dependen de la siguiente relación:

$$\frac{F_a}{C_o}$$

Dónde:

C_o = Capacidad estática de carga.

Los rodamientos al estar bajo carga radial entonces $F_a = 0$

Entonces:

$$\frac{F_a}{C_o} = 0$$

Y se tiene un $e=0,22$

$$\frac{F_a}{F_r} = 0 < e$$

Se obtiene que $x=1$, $y=0$ (Anexo Q)

Al remplazar en la ecuación 64 se tiene que:

$$P = x * F_{rB} = \sqrt{R_{Bx}^2 + R_{By}^2}$$

$$P = x * F_{rB} = \sqrt{99,23^2 + 625,7^2}$$

$$P = x * F_{rB} = 1 * 633,51N$$

$$P = 633,51N$$

4.13.2.1 Cálculo de la capacidad dinámica requerida. Se usa la siguiente ecuación:

$$C_d = \frac{f_l * P}{f_n} \quad (65)$$

Dónde:

f_n = Factor de velocidad.

f_l = Factor de esfuerzos dinámicos.

Utilizando la velocidad angular con la que gira el eje, se obtiene el factor de velocidad (Anexo R).

$$\text{Si } n = 500\text{rpm} \quad f_n = 0,405$$

Se obtiene un factor de esfuerzos dinámicos en este caso, con accionamiento de un motor (Anexo S).

$$f_l = 2,5$$

Remplazando en la ecuación 65 se obtiene:

$$C_d = \frac{2,5}{0,405} * 633,51$$

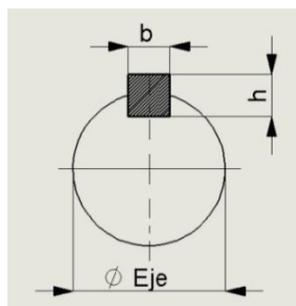
$$C_d = 3910,6N$$

$C_R = 14000$ N (ver Anexo T), lo cual es mayor que 3910,6 N, y se verifica la selección de la chumacera.

4.14 Selección de la chaveta

La chaveta seleccionada es paralela, y su geometría se indica en la figura 74.

Figura 74. Geometría de la chaveta



Fuente: Autores

De la figura 72 se tiene que:

h = Altura de la chaveta.

b = Ancho de la chaveta.

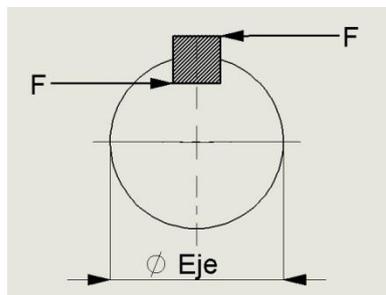
Con el diámetro del eje seleccionado que es de $\varnothing = 25,4mm$, se selecciona las dimensiones de la chaveta con ayuda del Anexo V.

Para un diámetro del eje comprendido entre 22-30 mm se selecciona una chaveta de $b=8$ mm y $h=7$ mm.

4.14.1 Fuerzas que actúan en la chaveta. La chaveta debe ser diseñada y seleccionada para que soporte las fuerzas que actúan, las cuales ocasionan corte.

En la figura 75 se muestra las fuerzas que están actuando en la chaveta.

Figura 75. Fuerzas actuantes en la chaveta



Fuente: Autores

La fuerza F en la superficie del eje se calcula con la siguiente expresión:

$$F = \frac{M_T}{d/2} \quad (66)$$

Siendo:

$$M_T = 28,65 \text{ N m}$$

Se tiene que:

$$F = \frac{28,65 \text{ Nm} * 2}{0,0254 \text{ m}}$$

$$F = 2255,9 \text{ N}$$

4.14.2 Diseño por esfuerzos cortantes. Para el diseño por esfuerzos cortantes se usa la siguiente expresión:

$$M_T = \frac{\tau_c * b * L * d}{2} \quad (67)$$

$$\tau_c = \frac{0,5 * S_y}{n} \quad (68)$$

El material de la chaveta es de acero inoxidable por lo tanto:

$$S_y = 21 \frac{kg}{mm^2} = 206MPa$$

Se considera un factor de seguridad de $n=3$

$$\tau_c = 34,33MPa$$

Remplazando en la ecuación 67 se tiene:

$$L = \frac{2 * 28,65 N m}{34,33MPa * 0,008m * 0,0254m}$$

$$L = 8,21mm$$

4.14.3 Diseño para esfuerzos por aplastamiento. Para el diseño por esfuerzos de aplastamiento se usa la siguiente expresión:

$$M_T = \frac{\tau_a * h * L * d}{4} \quad (69)$$

$$\tau_a = \frac{S_y}{n} \quad (70)$$

$$\tau_a = 68,66MPa$$

Remplazando en la ecuación 69 se obtiene:

$$L = \frac{4 * 28,65 N m}{68,66MPa * 0,007m * 0,0254m}$$

$$L = 9,38mm$$

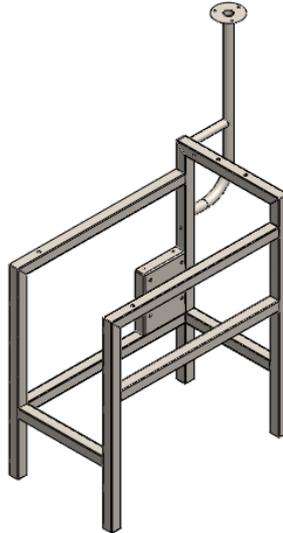
Con las longitudes obtenidas tanto por esfuerzos de aplastamiento y esfuerzos cortantes, se consideró incrementar la longitud de la chaveta a 40mm.

4.15 Diseño de la estructura

La estructura debe estar diseñada para que soporte todo el peso de los elementos que contiene la máquina despulpadora.

La configuración geométrica se la muestra en la figura 76.

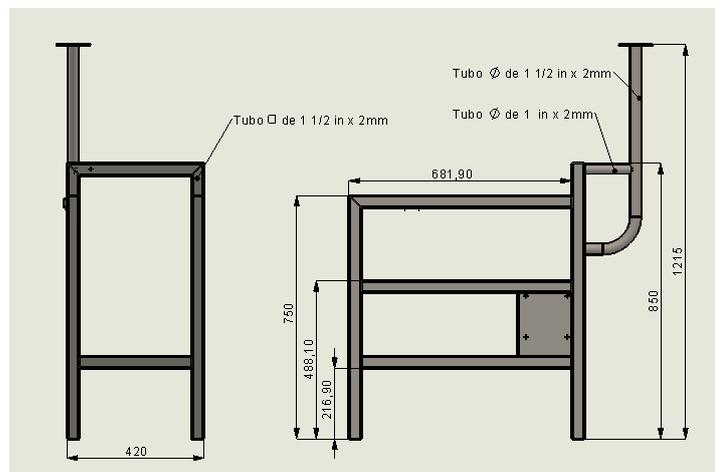
Figura 76. Geometría de la estructura



Fuente: Autores

4.15.1 Características geométricas de la estructura. Está construida en tubo cuadrado de acero inoxidable AISI 304, tiene una placa de soporte del motor y una para la caja de control.

Figura 77. Dimensiones generales de la estructura



Fuente: Autores

El detalle del perfil y de las medidas generales se lo indica en la figura 77.

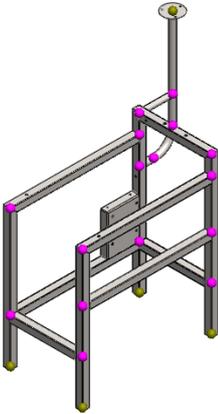
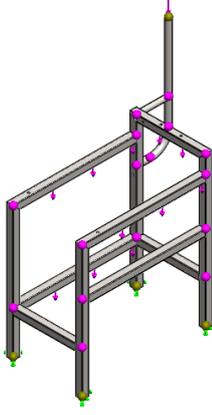
Para verificar si los elementos resisten, la estructura se somete al análisis estático mediante SolidWorks.

Las cargas que están actuando en la estructura son las siguientes:

- Peso del motor = 22,7 kg. Anexo H
- Peso de la caja de control y de sus elementos internos = 5,8 kg.
- Peso del cuerpo y de los elementos interiores = 41,72 kg.
- Peso de la estructura = 18 kg.

4.15.2 Procedimiento de simulación estática. En la tabla 22 se muestra el proceso para el análisis estático de la estructura.

Tabla 22. Procedimiento para el análisis estático

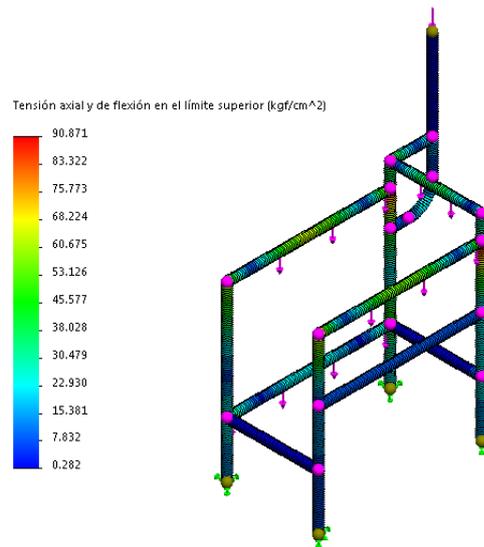
Procedimiento	
Generación de nodos en la estructura.	
Asignar sujeciones y cargas.	

Fuente: Autores

4.15.3 Generación de resultados. En la figura 78 se muestra el resultado del análisis de esfuerzos, donde el esfuerzo máximo obtenido es:

$$\sigma = 90,871 \frac{kg}{cm^2}$$

Figura 78. Esfuerzo máximo y mínimo resultante

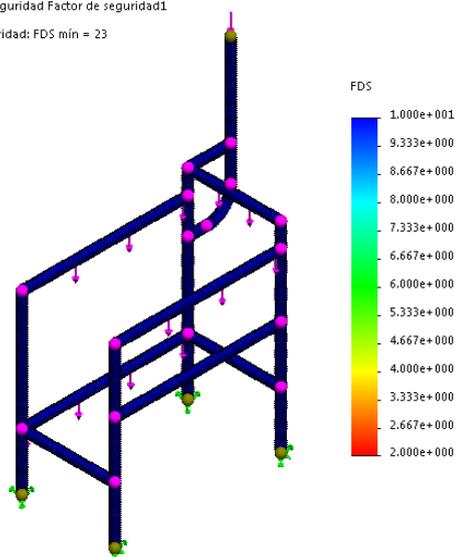


Fuente: Autores

El factor de seguridad para la estructura se ha determinado mediante la simulación estática, y se muestra en la figura 79.

Figura 79. Factor de seguridad en la estructura

Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
 Criterio: Automático
 Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 23



Fuente: Autores

Del resultado de la simulación se obtuvo un n=13 mínimo.

4.16 Diseño del circuito eléctrico

El diseño consta de un circuito de potencia y un circuito de control, para el accionamiento del motor y el funcionamiento de la máquina.

Conforme al requerimiento del auspiciante que el suministro de energía sea de V=110V.

Los elementos que forman parte del circuito deben ser seleccionados para las siguientes condiciones de funcionamiento del motor, como se lo muestra en la tabla 23.

Tabla 23. Requerimientos del motor seleccionado

Motor eléctrico WEG monofásico de 2 HP	Voltaje = 110V
	Frecuencia = 60 Hz
	Corriente = 20 A

Fuente: Placa del motor

De acuerdo con lo requerido se selecciona los siguientes elementos como se muestra en la tabla 24.

Tabla 24. Elementos eléctricos

Cantidad	Código	Descripción
1	B-19981	Contactador fuerza 9A 2HP 110V GMC9 LG
1	B-2030	Térmico 16-22A MT32/3K LS GTK-22
1	FPB-EA1	Pulsador 22mm monobloq VERDE CAMSCO
1	FPB-EA2	Pulsador 22mm 1NC ROJO CAMSCO
1	AD1622DS	Luz piloto 22mm VERDE 110V CAMSCO
3		Conductor Cu gemelo SPT # 2x12 CABLEC
2		Conductor Cu Flexible #16 ROJO CABLEC
1	486	Enchufe 2 patas reforzado 15A 110V COOPER

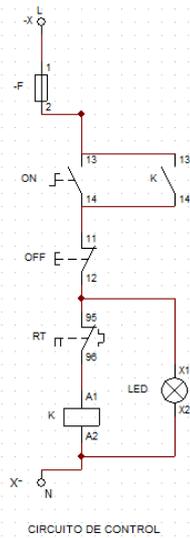
Fuente: Autores

Una vez seleccionado los elementos del circuito se realiza el esquema de instalación y funcionamiento de los circuitos de control y potencia.

El circuito de potencia y de control se los diseña con ayuda del software CADe_SIMU, con el que se puede realizar la simulación antes de realiza la conexión.

4.16.1 Circuito de control. El circuito de control realiza la función de accionar el motor por medio de los pulsadores de encendido y apagado.

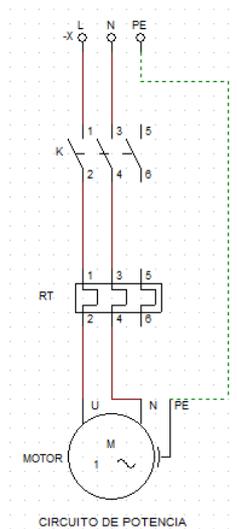
Figura 80. Circuito de control



Fuente: Autores

4.16.2 Circuito de potencia. El circuito es también conocido como de fuerza, permite el paso de la corriente para el encendido del motor.

Figura 81. Circuito de potencia

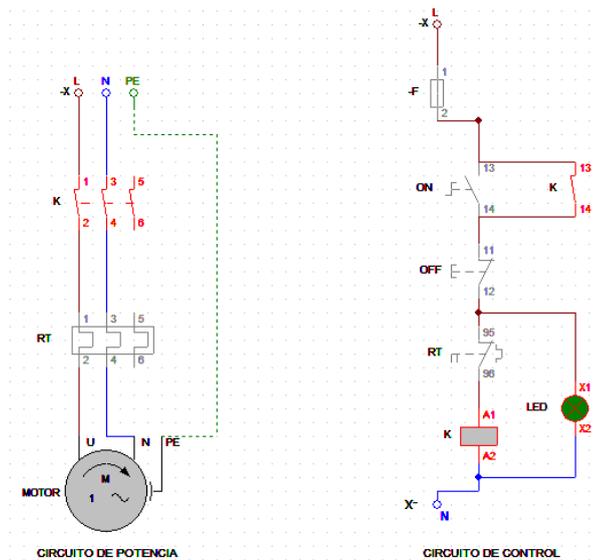


Fuente: Autores

4.16.3 Funcionamiento. Al pulsar el ON del pulsador NA, energiza la bobina k del contactor, permitiendo el enclavamiento y el paso de corriente hacia el motor (se enciende el motor), el mismo que continua luego que se haya soltado el pulsador ON como se muestra en la figura 82.

La verificación de encendido del motor se da al encenderse la luz piloto (verde).

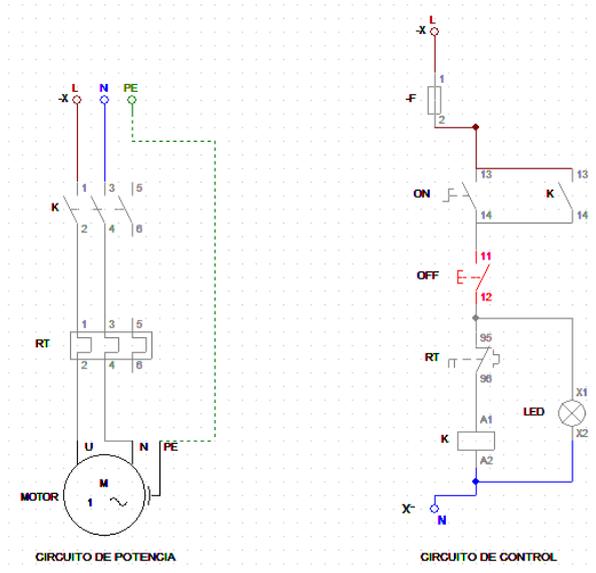
Figura 82. Diagrama eléctrico encendido del motor



Fuente: Autores

El enclavamiento continúa hasta que se presione el pulsador OFF el cual abre el circuito de control y apaga el motor como se muestra en la figura 83.

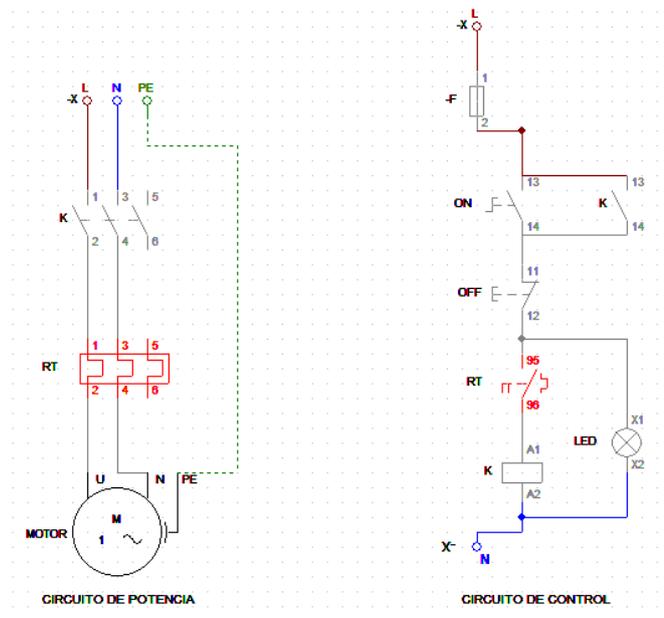
Figura 83. Diagrama eléctrico apagado del motor



Fuente: Autores

4.16.4 Seguridad. El circuito consta de un relé térmico el cual está regulado a un rango de amperaje dependiendo del funcionamiento del motor, el relé térmico al sobrecalentarse abre el circuito y apaga el motor para que no existan daños en el mismo, la figura 84 muestra e accionamiento del relé térmico.

Figura 84. Diagrama eléctrico accionamiento del relé térmico



Fuente: Autores

CAPÍTULO V

5. CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE LA MÁQUINA DESPULPADORA

5.1 Construcción

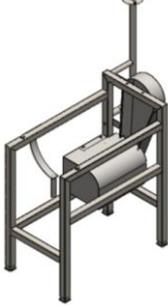
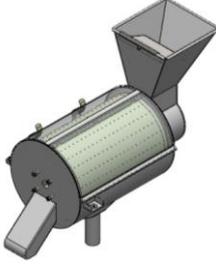
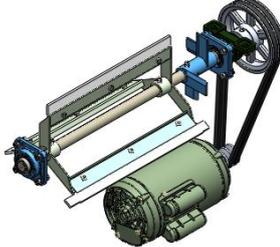
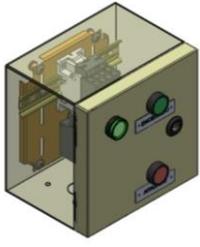
Durante el proceso de construcción, montaje y pruebas de la máquina despulpadora de frutas se utilizaron las siguientes máquinas y herramientas:

- Cortadora por plasma
- Soldadora de arco
- Soldadora de alta frecuencia TIG
- Torno
- Cizalla hidráulica
- Baroladora
- Plegadora hidráulica
- Dobladora manual
- Prensa de banco
- Cierra de cinta
- Plegadora manual
- Taladro de pedestal
- Flexómetro
- Calibrador pie de rey
- Escuadra
- Taladro de mano
- Amoladora
- Pulidora
- Martillo
- Brocas
- Llaves
- Machuelos
- Destornilladores
- Limatón

5.1.1 Componentes de la máquina y la tecnología de construcción. La etapa de construcción sigue una secuencia de procesos, para así optimizar el uso de los recursos y reducir el tiempo de construcción. La construcción se dividió en sistemas lo cual da mayor eficiencia en el tiempo e construcción.

La máquina despulpadora de frutas se compone de 4 sistemas como lo indica la tabla 25.

Tabla 25. Sistemas de la máquina despulpadora

Sistemas	Esquema
Sistema estructural	
Sistema de alimentación, recolección de producto y expulsión de subproducto	
Sistema motriz	
Sistema eléctrico	

Fuente: Autores

5.2 Procedimiento de construcción

5.2.1 *Elementos de construcción.* En la tabla 26 se detallan todas las partes y elementos que conforman la máquina despulpadora de frutas, y su respectivo material.

Tabla 26. Partes constructivas de la máquina despulpadora de frutas

Sistema	Elemento	Cantidad	Material/modelo
Sistema estructural	Estructura	1	Perfil de acero inoxidable AISI 304
	Soporte caja de control	1	Tubo de acero inoxidable AISI 304
	Placa base del motor	1	Acero Inoxidable AISI 430
	Protector de poleas	1	Acero Inoxidable AISI 430
	Cubierta motor	1	Acero Inoxidable AISI 430
	Limpiador de pulpa	1	Acero Inoxidable AISI 304
Sistema de alimentación, recolección de producto y expulsión de subproducto	Placa de descarga subproducto	1	Acero Inoxidable AISI 304
	Placa de ingreso	1	Acero Inoxidable AISI 304
	Placa de soporte	1	Acero Inoxidable AISI 304
	Cilindro de corte	1	Acero Inoxidable AISI 304
	Cubierta de recolección 1	1	Acero Inoxidable AISI 304
	Cubierta de recolección 2	1	Acero Inoxidable AISI 304
	Lámina frontal tolva	1	Acero Inoxidable AISI 304
	Lámina lateral tolva 1	1	Acero Inoxidable AISI 304
	Lámina lateral tolva 2	1	Acero Inoxidable AISI 304
	Lámina posterior tolva	1	Acero Inoxidable AISI 304
	Lámina lateral ducto de recolección	2	Acero Inoxidable AISI 304
	Lámina inferior ducto de recolección	2	Acero Inoxidable AISI 304
	Lámina inferior tubo de salida de producto	1	Acero Inoxidable AISI 304
	Tubo de salida de producto	1	Acero Inoxidable AISI 304
	Tubo de ajuste tamiz	1	Acero Inoxidable AISI 304
	Ducto de salida de subproducto	1	Acero Inoxidable AISI 304
	Lámina inferior ducto de salida de subproducto	1	Acero Inoxidable AISI 304
	Anillo de ajuste Tamiz	2	Acero Inoxidable AISI 304
Soporte del cuerpo	2	Acero Inoxidable AISI 304	
Semianillos de ajuste	4	Acero Inoxidable AISI 304	

	Ganchos	2	Acero Inoxidable AISI 304
	Cubierta desmontable	1	Acero Inoxidable AISI 304
	Enganche de palanca	2	Acero Inoxidable AISI 304
	Salpicadera	1	Acero Inoxidable AISI 304
	Placa de retención	1	Acero Inoxidable AISI 304
	Tamiz	1	Lamina perforada Acero Inoxidable AISI 304
Sistema motriz	Cuchilla de corte	1	Acero Inoxidable AISI 304
	Soportes rascadores	1	Acero Inoxidable AISI 304
	Eje	1	Acero Inoxidable AISI 304
	Placa ajuste de rascadores	3	Acero Inoxidable AISI 304
	Rascadores	2	Nylon
	Rascador limpiador lateral	1	Nylon
	Poleas	2	Aluminio
	Chumaceras de pared	2	Normalizado
	Chumacera de piso	1	Normalizado
	Motor	1	WEG 2 HP
	Correas	2	Normalizado
Sistema eléctrico	Circuito de potencia	1	Diseño, Selección
	Circuito de control	1	Diseño, Selección
	Gabinete modular	1	Normalizado
	Caja de control	1	Normalizado
	Motor	1	Normalizado

Fuente: Autores

5.2.2 *Tiempos de construcción de la máquina despulpadora.* En la Tabla 27 se detalla el tiempo de construcción de cada elemento que conforma los sistemas de la despulpadora de frutas.

Tabla 27. Tiempos en la construcción de la despulpadora de frutas

Sistemas	Elemento	N°	Operaciones	Tiempo (h)
Sistema estructural	Estructura base	1	Toma de medidas	1,00
		2	Corte	2,00
		3	Pre soldado	2,00
		4	Escuadrado	1,00
		5	soldado	4,00
		6	Pulido	1,00
	Soporte caja de control	7	Toma de medidas	0,50
		8	Corte	0,25

		9	Barolado	0,50
		10	Soldado	0,50
		11	pulido	0,20
		12	Taladrado	0,30
	Placa base del motor	13	Trazado	0,10
		14	Corte	0,50
		15	Doblado	0,50
		16	Taladrado	0,50
		17	soldado	0,25
		18	pulido	0,25
	Protector de poleas	19	Trazado	2,00
		20	Corte plasma	0,50
		21	Doblado	0,50
		22	Barolado	0,60
		23	Pre Soldado	0,25
		24	Soldado	1,50
		25	Pulido	0,15
		26	Taladrado 2 agujeros	0,10
		27	Montaje	0,25
	Cubierta motor	28	Trazado	0,50
		29	Corte	0,50
		30	Barolado	0,35
		31	Pre soldado	0,25
		32	Soldado	0,50
		33	Pulido	0,50
		34	Taladrado 2 agujeros	0,15
		35	Montaje	0,15
	Limpiador de pulpa	36	Trazado	0,50
		37	Corte plasma	0,50
		38	Pre soldado	0,25
		39	Soldado	0,35
		40	Pulido	0,10
	Placa de descarga subproducto	41	Trazado	0,25
		42	Corte plasma	0,10
		43	Pre soldado	0,20
44		Soldado	1,50	
45		Pulido	1,50	
46		Taladrado 4 agujeros	0,50	
Placa de ingreso	47	Trazado	0,25	
	48	Corte plasma	0,10	
	49	Pre soldado	0,30	

	50	Soldado	1,50
	51	Pulido	1,50
	52	Taladrado 2 agujeros	0,20
Placa de soporte	53	Trazado	0,25
	54	Corte plasma	0,10
	55	Pre soldado	0,50
	56	Soldado	0,75
	57	Pulido	1,00
	58	Taladrado 4 agujeros	0,25
Cilindro de corte	59	Trazado	0,25
	60	Corte	0,25
	61	Doblado	0,20
	62	Barolado	0,10
	63	Pre soldado	0,25
	64	Soldado	0,75
	65	Pulido	0,75
Cubierta de recolección 1	66	Trazado	0,30
	67	Corte	0,50
	68	Barolado	0,25
	69	Doblado	0,50
	70	Pre soldado	0,50
	71	Soldado	0,75
	72	Pulido	1,00
Cubierta de recolección 2	73	Trazado	0,30
	74	Corte	0,50
	75	Barolado	0,25
	76	Doblado	0,30
	77	Pre soldado	0,25
	78	Soldado	0,75
	79	Pulido	0,50
Lámina frontal tolva	80	Trazado	0,20
	81	Corte plasma	0,10
	82	Barolado	0,20
	83	Pre soldado	0,15
	84	Soldado	0,50
	85	Pulido	0,50
Lámina lateral tolva 1	86	Trazado	0,15
	87	Corte	0,10
	88	Barolado	0,20
	89	Pre soldado	0,25
	90	Soldado	0,50

	91	Pulido	0,50
Lámina lateral tolva 2	92	Trazado	0,15
	93	Corte	0,10
	94	Barolado	0,20
	95	Pre soldado	0,25
	96	Soldado	0,50
	97	Pulido	0,50
Lámina posterior tolva	98	Trazado	0,15
	99	Corte	0,10
	100	Barolado	0,20
	101	Pre soldado	0,30
	102	Soldado	0,50
	103	Pulido	0,50
Lámina lateral ducto de recolección	104	Trazado	0,25
	105	Corte	0,20
	106	Pre soldado	0,50
	107	Soldado	1,00
	108	Pulido	1,00
Lámina inferior ducto de recolección	109	Trazado	0,25
	110	Corte	0,60
	111	Pre soldado	0,40
	112	Soldado	0,50
	113	Pulido	1,00
Lámina inferior tubo de salida de producto	114	Trazado	0,10
	115	Corte plasma	0,10
	116	Pre soldado	0,25
	117	Soldado	0,35
	118	Pulido	0,50
Tubo de salida de producto	119	Toma de medidas	0,15
	120	Corte	0,20
	121	Pre soldado	0,25
	122	Soldado	0,50
Tubo de ajuste tamiz	123	Toma de medidas	0,10
	124	Corte	0,25
	125	Pre soldado	0,15
	126	Soldado	0,25
	127	Pulido	0,30
Ducto de salida de subproducto	128	Trazado	0,50
	129	Corte plasma	0,15
	130	Doblado	0,25
	131	Barolado	0,50

	132	Pre soldado	0,25
	133	Soldado	0,50
	134	Pulido	1,50
Lámina inferior ducto de salida de subproducto	135	Trazado	0,25
	136	Corte	0,10
	137	Pre soldado	0,25
	138	Soldado	0,50
	139	Pulido	0,50
Anillo de ajuste Tamiz	140	Trazado	0,25
	141	Corte	0,15
	142	Barolado	0,25
	143	Pre soldado	0,25
	144	Soldado	1,30
Soporte del cuerpo	145	Trazado	0,25
	146	Corte	0,20
	147	Doblado	0,40
	148	Pre soldado	0,30
	149	Soldado	0,50
	150	Taladrado 1 agujero	0,20
	151	Esmerilado	0,20
	152	Pulido	0,75
Semianillos de ajuste	153	Trazado	0,25
	154	Corte	0,40
	155	Barolado	0,40
	156	Pre soldado	0,80
	157	Soldado	1,20
	158	Pulido	0,75
Ganchos	159	Toma de medidas	0,25
	160	Corte	0,20
	161	Doblado	0,30
	162	Pre soldado	0,10
	163	Soldado	0,25
Cubierta desmontable	164	Trazado	0,25
	165	Corte plasma	0,20
	166	Barolado	0,50
	167	Doblado	0,25
Enganche de palanca	168	Toma de medidas	0,50
	169	Corte	0,30
	170	Doblado	0,25
	171	Pre soldado	0,20
	172	Soldado	0,30

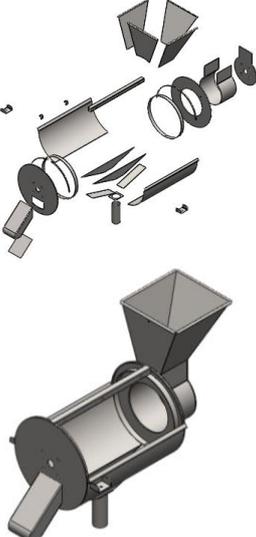
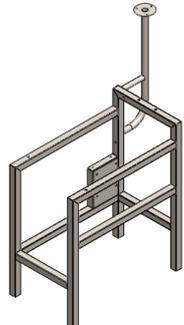
	Salpicadera	173	Trazado	0,25	
		174	Corte	0,20	
		175	Doblado	0,20	
		176	Taladrado 1 agujero	0,15	
	Placa de retención	177	Trazado	0,15	
		178	Corte plasma	0,10	
		179	Taladrado 2 agujeros	0,20	
		180	Pulido	0,25	
	Tamiz	181	Trazado	0,20	
		182	Corte plasma	0,15	
		183	Barolado	0,25	
		184	Doblado	0,25	
		185	Taladrado	0,20	
	Sistema motriz	Cuchilla de corte	186	Toma de medidas	1,00
			187	Torneado	2,00
188			Corte plasma	1,25	
189			Esmerilado (afilado)	2,00	
190			Pre soldado	0,50	
191			Soldado de cuchillas	1,00	
192			Soldado de 2 tuercas	0,50	
193			Machuelado 2 agujeros	1,00	
194			Pulido	2,00	
Soportes rascadores		195	Toma de medidas	0,75	
		196	Corte	1,00	
		197	Torneado	1,50	
		198	Doblado	0,30	
		199	Machuelado 2 agujeros	1,00	
		200	Pre soldado	0,75	
	201	Soldado	1,50		
	202	Taladrado 9 agujeros	0,50		
	203	Pulido	2,00		
Eje	204	Toma de medidas	0,10		
	205	Corte	0,25		
	206	Torneado	0,50		
	207	Chaflanado	0,15		
	208	Taladrado 4 semi agujeros	0,50		
	209	Montaje	0,50		
Placa ajuste de rascadores	210	Trazado	0,25		
	211	Corte	0,50		
	212	Taladrado 9 agujeros	0,75		
Rascadores	213	Trazado	0,50		

		214	Corte	1,00
		215	Esmerilado	1,25
		216	Taladrado 6 agujeros	0,50
		217	Limado	0,50
		218	Montaje	0,35
	Rascador limpiador lateral	219	Trazado	0,25
		220	Corte	0,50
		221	Esmerilado	0,50
		222	Taladrado 3 agujeros	0,25
		223	Limado	0,25
		224	Montaje	0,15
	Poleas	225	Taladrado 2 agujeros	0,50
		226	Machuelado 2 agujeros	1,00
		227	Montaje	0,35
	Chumaceras de pared	228	Montaje de chumacera	0,25
		229	Lubricación	0,10
	Chumacera de piso	230	Montaje de chumacera	0,25
		231	Lubricación	0,10
Motor	232	Montaje	0,50	
Correas	233	Montaje	0,25	
Sistema eléctrico	Circuito de potencia	234	Diseño del diagrama de potencia	1,00
		235	Conexión de la fuente	0,50
		236	Conexión de contactor	0,25
		237	Conexión de relé térmico	0,20
	Circuito de control	238	Diseño del diagrama de control	1,00
		239	Conexión a la fuente	0,50
		240	Conexión al pulsador NA	0,25
		241	Conexión al pulsador NC	0,25
		242	Conexión luz piloto	0,20
	Gabinete modular	243	Trazado	0,20
		244	Taladrado	0,30
		245	Remachado	0,10
	Caja de control	246	Montaje riel	0,10
		247	Montaje circuitos de control y potencia	0,50
	Motor	248	Conexión a la caja de control	0,10
	Tiempo total (h)			

Fuente: Autores

En el proceso de construcción existen elementos que forman parte de un sub ensamble, el mismo que esta soldado adecuadamente para llegar al elemento final, la tabla 28, muestra los elementos que se han unido para obtener un solo elemento.

Tabla 28. Elementos de sub ensamble

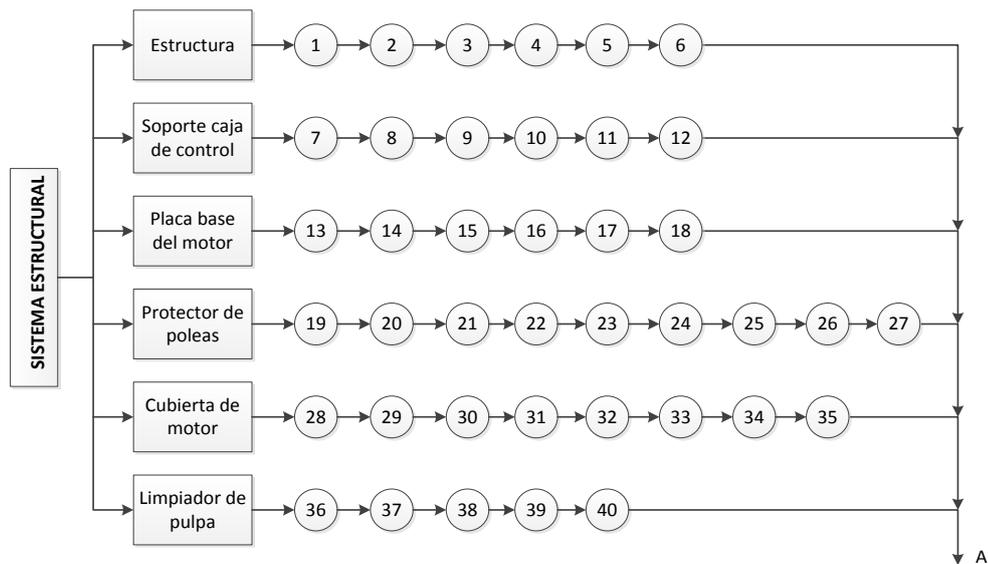
Elementos sub ensamble	Esquema	Elemento final
Placa de descarga subproducto Placa de ingreso Placa de soporte Cilindro de corte Cubierta de recolección 1 Cubierta de recolección 2 Lámina frontal tolva Lámina lateral tolva 1 Lámina lateral tolva 2 Lámina posterior tolva Lámina lateral ducto de recolección Lámina inferior ducto de recolección Lámina inferior tubo de salida de producto Tubo de salida de producto Tubo de ajuste tamiz Ducto de salida de subproducto Lámina inferior ducto de salida de subproducto Anillo de ajuste Tamiz Soporte del cuerpo Semianillos de ajuste Ganchos		Cuerpo
Estructura base Soporte caja de control Placa base del motor		Estructura

Fuente: Autores

5.2.3 *Flujogramas de construcción.* Indican la secuencia a seguir durante la construcción, cada flujograma está de acuerdo con los sistemas.

5.2.3.1 *Flujograma de construcción del sistema estructural.*

Figura 85. Flujograma de construcción del sistema estructural

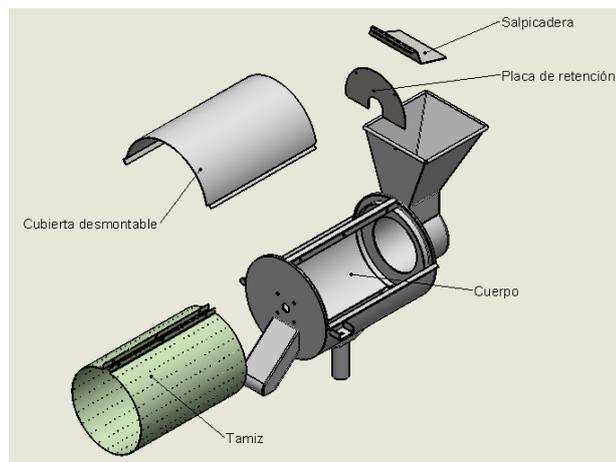


Fuente: Autores

5.2.3.2 Flujograma de construcción del sistema de alimentación, recolección de producto y expulsión de subproducto. El flujograma indica la secuencia de operaciones que se realizaron en la construcción del cuerpo el cual desempeña la función de alimentación, recolección y expulsión.

El sistema de alimentación, recolección de producto y expulsión contiene elementos que se acoplan al cuerpo como es la cubierta desmontable, la salpicadera, la placa de retención y el tamiz. En la figura 86 se indica los elementos que se unen al cuerpo.

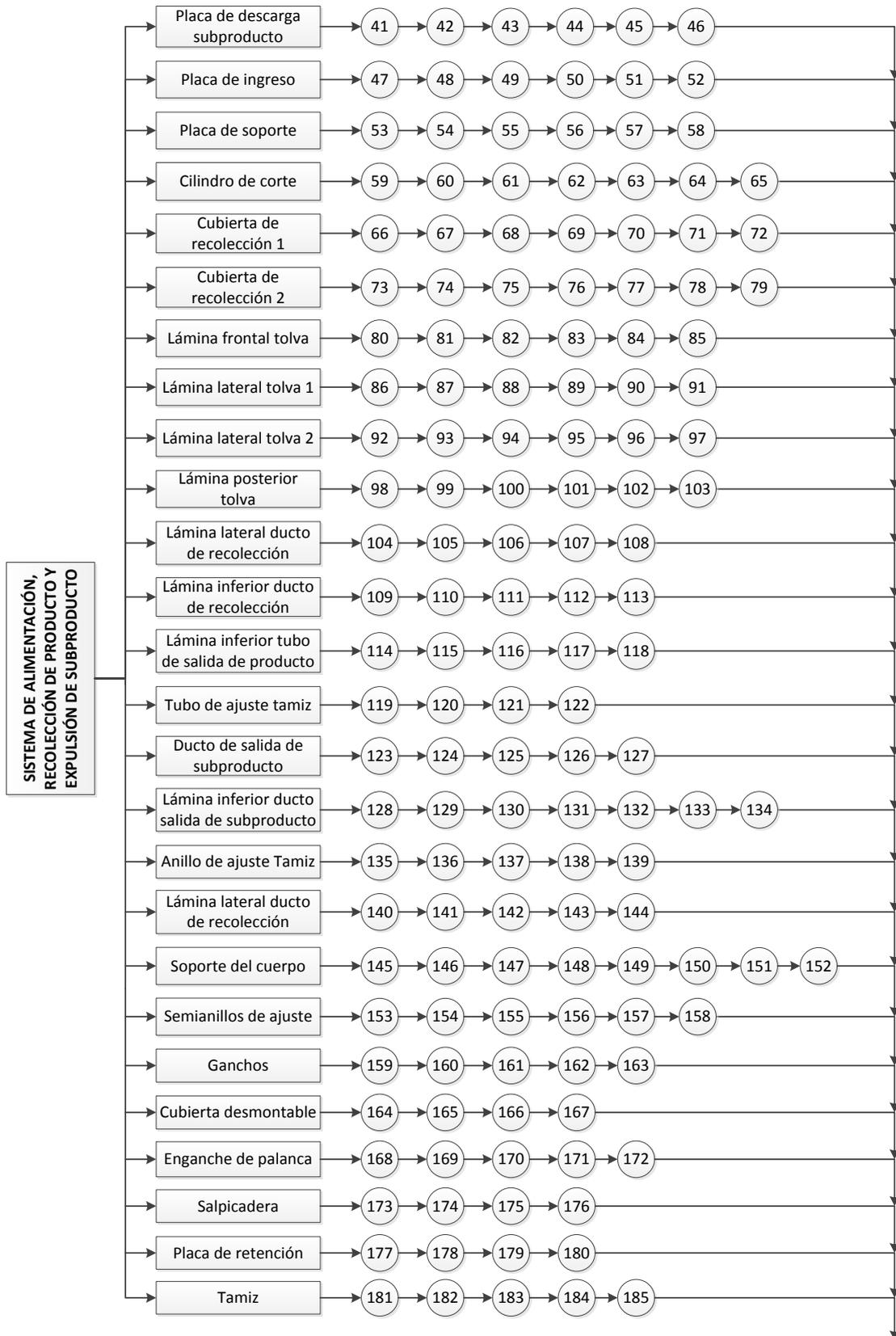
Figura 86. Elementos del sistema



Fuente: Autores

El flujograma de construcción se muestra en la figura 87.

Figura 87. Flujograma de construcción del sistema de alimentación, recolección de producto y expulsión de subproducto



Fuente: Autores

5.3 Montaje de la despulpadora de frutas

Los tiempos de montaje se dan de acuerdo a cada sistema de la despulpadora de frutas.

5.3.1 Montaje del sistema estructural. Se lo realiza como se indica en la tabla 29.

Tabla 29. Montaje del sistema estructural

Montaje del sistema estructural		
Operación	Símbolo	Tiempo (h)
Traslado de los elementos al sitio de trabajo	M1	0,10
Montaje de la estructura	M2	0,15
Montaje protector de poleas	M3	0,15
Montaje cubierta del motor	M4	0,15
Montaje limpiador de pulpa	M5	0,10
Ajuste de pernos	M6	0,5
SUBTOTAL		1,15

Fuente: Autores

5.3.2 Montaje del sistema de alimentación, recolección de producto y expulsión de subproducto. Se lo realiza como se indica en la tabla 30.

En este sistema se considera como un solo elemento al cuerpo como lo indica el sub ensamble de la tabla 28.

Tabla 30. Montaje del sistema de alimentación, recolección y expulsión

Montaje del sistema de alimentación, recolección de producto y expulsión de subproducto		
Operación	Símbolo	Tiempo (h)
Traslado de los elementos al sitio de trabajo	M7	0,20
Montaje Cuerpo	M8	0,25
Montaje Cubierta desmontable	M9	0,10
Montaje Enganche de palanca	M10	0,20
Montaje Salpicadera	M11	0,15
Placa de retención	M12	0,15
Tamiz	M13	0,10
Ajuste de pernos	M14	0,50
Subtotal		1,65

Fuente: Autores

5.3.3 *Montaje del sistema motriz.* Se lo realiza como se indica en la tabla 31.

Tabla 31. Montaje del sistema motriz

Montaje del sistema motriz		
Operación	Símbolo	Tiempo (h)
Traslado de los elementos al sitio de trabajo	M15	0,30
Montaje Cuchilla de corte	M16	0,20
Montaje Soporte rascadores	M17	0,15
Montaje Eje	M18	0,10
Montaje Placa ajuste de rascadores	M19	0,15
Montaje Rascadores	M20	0,20
Montaje Rascador limpiador lateral	M21	0,20
Montaje Poleas	M22	0,15
Montaje Chumaceras de pared	M23	0,25
Montaje Chumacera de piso	M24	0,25
Montaje Motor	M25	0,30
Montaje Correas	M26	0,10
Ajuste de pernos	M27	0,15
Subtotal		2,20

Fuente: Autores

5.3.4 *Montaje del sistema eléctrico.* Se lo realiza como se indica en la tabla 32.

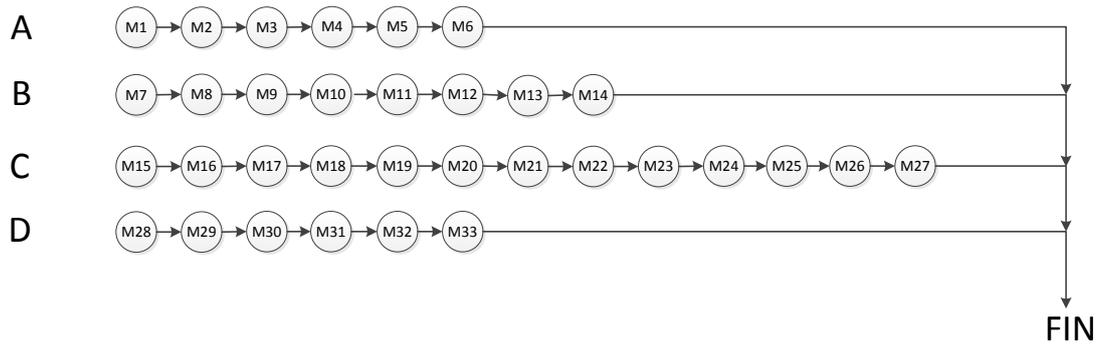
Tabla 32. Montaje del sistema eléctrico

Montaje del sistema eléctrico		
Operación	Símbolo	Tiempo (h)
Traslado de los elementos al sitio de trabajo	M28	0,50
Montaje Circuito de potencia	M29	0,50
Montaje Circuito de control	M30	0,50
Montaje Gabinete modular	M31	0,25
Montaje Caja de control	M32	0,10
Ajuste de pernos	M33	0,25
Subtotal		1,35

Fuente: Autores

5.3.5 *Flujograma de montaje de la máquina despulpadora.* El flujograma indica las operaciones de montaje de los sistemas y de la máquina en general.

Figura 90. Flujograma de montaje de la despulpadora de frutas



Fuente: Autores

La tabla 33, indica los tiempos de montaje y construcción de la máquina.

Tabla 33. Tiempos de montaje y construcción de la máquina

Tiempo de montaje	6.35 horas
Tiempo de construcción	120.95 horas
Tiempo total de construcción de la despulpadora	127.3 horas

Fuente: Autores

El tiempo total de construcción y montaje de la despulpadora es de 127.6 horas que equivale a 16 días laborables, tomando en cuenta que la jornada de trabajo es de 8 horas diarias.

5.4 Pruebas de la máquina despulpadora

5.4.1 Plan de pruebas de funcionamiento. El plan de pruebas se aplica para verificar el correcto funcionamiento y desempeño de la máquina despulpadora de frutas, las pruebas se realizan en vacío, en carga parcial y a plena carga, las cuales nos darán resultados aceptables o caso contrario desperfectos o mal funcionamiento de la máquina despulpadora.

5.4.1.1 Pruebas en vacío. Las pruebas en vacío se las realiza para verificar el funcionamiento correcto del motor.

La tabla 34, muestra los resultados de las pruebas efectuadas.

Tabla 34. Datos obtenidos en el arranque sin carga

Arranque sin carga	Corriente de régimen 20.4A
	Revoluciones 491rpm
	Voltaje 56V

Fuente: Autores

- *Cálculo de potencia en vacío*

$$P = V * I * \cos\theta \quad (71)$$

Dónde:

P= Potencia (W)

V= Voltaje (V)

I= Corriente (A)

$\cos\theta = 0,78$ Factor de potencia (ver Anexo H)

Remplazando valores en ecuación 71 se tiene la potencia que consume la máquina cuando está trabajando en vacío.

$$P = 56 * 20,4 * 0,78$$

$$P = 0,891 \text{ kW} = 1,19 \text{ HP}$$

5.4.1.2 Pruebas con carga parcial. La carga parcial se le llama al sistema motriz, el que genera el movimiento rotatorio y se compone del motor, las poleas, las bandas y el eje.

En este caso se coloca las poleas al motor, para así hacer girar al sistema motriz.

La tabla 35, muestra los resultados de las pruebas efectuadas.

Tabla 35. Datos obtenidos en el arranque con carga parcial

Arranque a carga parcial	Corriente de régimen 20.9A
	Revoluciones 491rpm
	Voltaje 56V

Fuente: Autores

Remplazando valores en ecuación 71 se tiene la potencia que consume la máquina cuando está trabajando a carga parcial.

$$P = 56 * 20,9 * 0,78$$

$$P = 0,912 \text{ kW} = 1,224 \text{ HP}$$

5.4.1.3 Cálculo de potencia a plena carga. En este caso se realiza la prueba con fruta para así verificar el funcionamiento adecuado de la máquina, la fruta seleccionada es la maracuyá ya que su corteza es la más dura y el diseño se realizó con esta fruta.

La tabla 36, muestra los resultados de las pruebas efectuadas.

Tabla 36. Datos obtenidos en el arranque a plena carga

Arranque a plena carga	Corriente de régimen 24,4A
	Revoluciones 491rpm
	Voltaje 56V

Fuente: Autores

Remplazando valores en ecuación 71 se tiene la potencia que consume la máquina cuando está trabajando en vacío.

$$P = 56 * 24,4 * 0,78$$

$$P = 1,065 \text{ KW} = 1,429 \text{ Hp}$$

5.4.2 Pruebas mecánicas de la máquina despulpadora. Las pruebas mecánicas consisten en la verificación de ruidos o calentamiento en los componentes de la máquina despulpadora.

Una vez que se realizó la prueba a plena carga se observó el funcionamiento y desempeño de los elementos de la máquina despulpadora, esto se lo realizo durante una jornada de producción continua.

En la tabla 37 se muestran los resultados de las prueba efectuada, con las observaciones correspondientes a cada elemento analizado.

La evaluación debe realizarse de forma continua para así evitar problemas de funcionamiento y paros imprevistos de la máquina.

Tabla 37. Pruebas mecánicas

Elementos	Ruidos	Calentamiento	Ningún problema	Observaciones
Chumaceras			X	
Eje			X	
Bandas			X	
Poleas			X	
Motor		X		El motor presento un leve calentamiento cuando se trabaja a plena carga
Salpicadera	X			Leve ruido, se controló con un mayor ajuste del elemento
Protector banda			X	
Cubierta motor			X	
Cubierta desmontable			X	
Soporte rascador			X	
Cuchilla de corte			X	
Tamiz	X			Leve contacto con el rascador.
Rascadores	X			Leve contacto entre el rascador y el tamiz, se corrigió regulando la posición del rascador
Pernos			X	

Fuente: Autores

5.5 Verificación de la capacidad de producción

Para obtener la capacidad de producción de la máquina despulpadora, se siguió el siguiente procedimiento.

- Se adquiere la fruta, verificando que se encuentre en buenas condiciones.
- Se pesa la cantidad de frutas a despulpar.
- Se recolecta la pulpa en un recipiente para luego pesar la pulpa.
- Y se recolecta las semillas y el subproducto para pesar.

Figura 91. Pesaje de la fruta adquirida



Fuente: Autores

Los resultados de la capacidad de producción se muestran en la tabla 38.

Relación de conversión de $kW \rightarrow HP$ multiplicar 1.341

Tabla 38. Resultados de la capacidad de producción en diferentes frutas

Fruta	Peso de carga de fruta (kg)	Tiempo de procesamiento (s)	Pulpa obtenida (kg)	Desechos (subproducto) (kg)	Capacidad de producción (kg/h)
Maracuyá	5,4	85	4,5	0,9	228,7
Guayaba	8,4	108	7,6	0,8	280
Tomate de árbol	7,8	112	7,1	0,7	250,7
Naranja	9,2	126	8,4	0,8	262,85
Mora	7,3	85	6,2	1,1	309,17

Fuente: Autores

Se determinó que mientras las frutas sean más suaves la producción se incrementa como es el caso de la mora, y para frutas de corteza dura la producción se reduce como la maracuyá.

La máquina trabaja con capacidades comprendidas entre 250-300 kg/h, con cual se verifica el requerimiento de trabajo de 200 kg/h.

5.5.1 Potencia consumida de la despulpadora de frutas. La potencia consumida nos da una indicación de cuanta energía requiere la máquina despulpadora del sistema de alimentación para que llegue al motor a la potencia requerida para el despulpado de la fruta. En la tabla 39 se determina la potencia requerida para el despulpado de las frutas.

La relación de conversión usada es = 1.341(HP/kW).

Tabla 39. Resultados de potencia consumida para diferentes frutas

Fruta	Amperaje	RPM	Voltaje	Potencia consumida	
				kW	HP
Maracuyá	24,4	491	56	1,065	1,429
Guayaba	21,9	491	56	0,956	1,283
Tomate de árbol	23	491	56	1	1,347
Naranjilla	22,2	491	56	0,969	1,3
Mora	21,4	491	56	0,934	1,25

Fuente: Autores

5.5.2 Tiempos de inicio de salida de pulpa. Es el tiempo en que tarda en salir la pulpa, desde que se carga con las primeras frutas en la tolva, las cuales son procesadas interiormente y sale la pulpa por el ducto de descarga de producto, como se indica en la figura 92.

Figura 92. Tiempo de inicio de despulpado



Fuente: Autores

Este intervalos de tiempo se da ya que la pulpa tiende a pegarse en las paredes exteriores del tamiz, y mientras la pulpa sea más pastosa el tiempo se incrementa, esto se verifica en la tabla 40.

Tabla 40. Tiempos de inicio de despulpado

Fruta	Tiempo (min)
Maracuyá	1
Guayaba	1,5
Tomate de árbol	2,2
Naranjilla	1,2
Mora	0,2

Fuente: Autores

5.6 Verificación de los requerimientos

En la selección de la alternativa se considera de gran importancia el criterio del auspiciante, el cual da sus requerimientos y características para el diseño de la máquina, mientras que el ingeniero los traduce a criterios técnicos.

Una vez construida la máquina y realizado las pruebas necesarias es importante determinar si se ha cumplido con todo lo establecido por parte del auspiciante como del ingeniero.

5.6.1 Verificación de los requerimientos del usuario (voz del usuario). El usuario considero sus requerimientos los cuales se verifican en la tabla 41.

Tabla 41. Verificación de los requerimientos del usuario

Requerimientos del usuario (auspiciante)	Cumple	No cumple
Despulpado adecuado.	X	
Fácil operación.	X	
Alimentación manual.	X	
Que funcione con energía eléctrica.	X	
Despulpado de diferentes frutas.	X	
Funcionamiento silencioso.	X	
Rapidez de despulpado.	X	
Altura de trabajo.	X	
De fácil mantenimiento.	X	
Desmontable	X	
Que cumpla normas de higiene.	X	

Fuente: Autores

5.6.2 Verificación del criterio del ingeniero (voz del ingeniero). Los criterios técnicos del ingeniero se verifican en la tabla 42.

Tabla 42. Verificación de la voz del Ingeniero

Voz del ingeniero	Cumple	No cumple	Observaciones
Fuerzas de desgarre.	X		
Ergonomía.	X		
Tiempo de puesta en marcha.	X		
Suministro de energía.	X		
Diversidad de producción.	X		
Nivel de ruido.	X		
Kilogramos/hora.	X		La máxima capacidad de trabajo de la máquina es de 250kg/h
Dimensión.	X		
Confiabilidad.	X		
Periodos de mantenimiento.	X		
Materiales.	X		

Fuente: Autores

5.7 Verificación para el material del rascador

El material fue puesto en el interior de un recipiente con pulpa durante 15 días, para determinar si existe degradación del nylon, durante estos días el material estuvo inmerso en pulpa de maracuyá. Se seleccionó la maracuyá porque presenta un mayor porcentaje de acidez con respecto a las demás frutas que se puede despulpar en la máquina.

La muestra se la obtuvo de una parte del rascador que está ubicado en la máquina.

Una vez que se obtuvo la muestra, se colocó en un recipiente con pulpa de maracuyá, y esto fue conservado a temperatura de 20°C bajo cero.

En la tabla 43 se muestra los porcentajes de acidez de algunas frutas.

Tabla 43. Contenido aproximado de azúcar y ácido de algunas frutas

Fruta	Acidez (%)	Azúcar (%)
Mora	2,4	20,0
Guayaba	0,6	8,0
Tomate de árbol	1,6	10,0
Maracuyá	4,7	2,4

Fuente: http://www.vinodefruta.com/tabla_acid_ss.htm

5.7.1 Análisis de resultados. Una vez realizado la experimentación se verificó que no existe ningún cambio externo como es cambio de color, en el nylon.

Figura 93. Muestra de Nylon luego de la experimentación



Fuente: Autores

La pulpa no sufrió ningún cambio en sus propiedades al estar inmersa la muestra de nylon.

Para verificar la variación de las propiedades mecánicas se realizó la prueba de dureza como se indica en la figura 94.

Figura 94. Determinación de la dureza



Fuente: Autores

Una vez realizado la prueba de dureza se compara con los datos del catálogo para verificar si existen cambios en sus propiedades.

La dureza obtenida es de 27 HV, la cual es similar a la proporcionada por el fabricante, entonces no existe cambio en las propiedades mecánicas.

Al no presentar ningún cambio el nylon durante la experimentación se concluye que su uso es adecuado.

CAPÍTULO VI

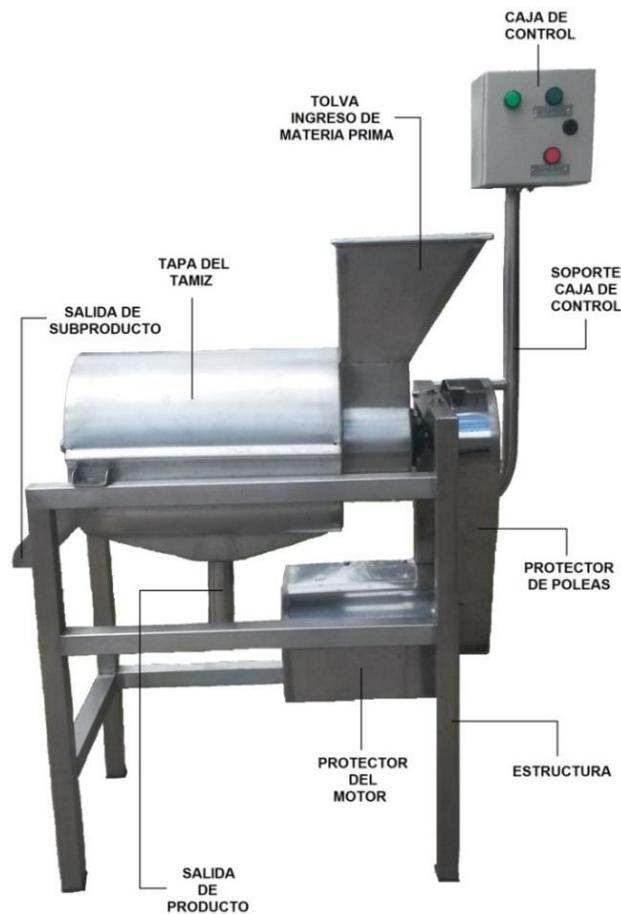
6. MANUAL DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y ANÁLISIS DE COSTOS DE LA MÁQUINA DESPULPADORA

6.1 Manual de Operación

El manual describe las precauciones, especificaciones, puesta en marcha, operación, mantenimiento, ajustes, soluciones de problemas; y es muy necesario para operadores y mecánicos.

6.1.1 Vista General del equipo. En la figura 95 se muestra los elementos generales de la máquina despulpadora.

Figura 95. Vista general del equipo



Fuente: Autores

6.1.2 Accesorios del equipo

6.1.2.1 Limpiador de pulpa. Es un elemento que sirve para la limpieza de la pulpa que se queda en el exterior del tamiz, está construido en acero inoxidable AISI 304.

La geometría del limpiador de pulpa es de forma circular de un radio mayor al del tamiz para así garantizar el contacto tangencial durante se realiza la limpieza.

Figura 96. Limpiador de pulpa



Fuente: Autores

El equipo está diseñado para que los tamices sean intercambiables según los diámetros de las semillas de las diferentes frutas.

Dependiendo de cada fruta, se ha seleccionado los tamices necesarios para el intercambio en la máquina despulpadora, como se lo indica en la tabla 44.

Tabla 44. Tamices intercambiables

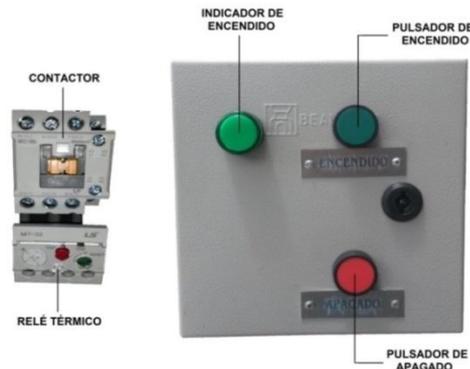
Fruta	Diámetro agujero de la lámina perforada
Frutilla	RT 0,5-1,1 / A.A 18,73 %
Naranja	
Mora	RT 1,25-2,8 / A.A 18,07 %
Guayaba	
Tomate de árbol	
Maracuyá	
Manzana (Previo tratamiento)	RT 2-3,5 / A.A 29,71 %
Pera (Previo tratamiento)	
Durazno	RT 3-5 / A.A 32,76 %
Guanábana	
Chirimoya	
Tamarindo	
Piña	
Mango	

Fuente: Autores

El tamiz que actualmente se encuentra ubicado en la máquina, es el de lámina perforada RT 1,25-2,8 / A.A 18,07 % de disposición trabada.

6.1.3 Caja de control. Efectúa la acción de encender y de apagar la máquina, en la figura 97 se indica los elementos externos e internos de la caja de control.

Figura 97. Caja de control y elementos internos



Fuente: Autores

Internamente se tiene un contacto que hace el enclavamiento magnético.

6.2 Características de la máquina despulpadora.

La máquina presenta las siguientes características como se indica en la tabla 45.

Tabla 45. Características generales de la máquina

Máquina despulpadora de frutas	
Características generales	Dimensiones generales: Alto (caja de control) = 1,42 m Alto tolva de alimentación=1,15 m Ancho = 0,42 m Largo = 1,1 m
	Capacidad de producción: hasta 200 kg/h.
	Material de construcción de Acero Inoxidable AISI 304
	Motor monofásico de 2 HP. Fuente de corriente eléctrica de 110V.
	Peso total de la máquina 88,3 kg
	Tamiz (Intercambiable): Lámina perforada de acero Inoxidable AISI 304, RT 1,25-2,8 / A.A 18,07 % de disposición trabada

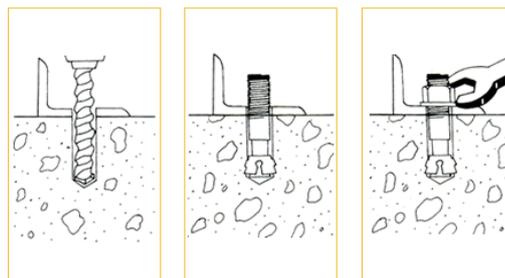
Fuente: Autores

6.3 Instalación del equipo

Para el desempeño adecuado de la máquina, es importante la instalación en el lugar de trabajo, para ello se recomienda:

- Colocar el equipo en una superficie lisa, de manera que no tenga desniveles en sus cuatro patas, si es necesario utilizar pernos de expansión, como se indica en la figura 98.

Figura 98. Instalación de pernos de anclaje



Fuente: www.facomet.cl

- Conectar el equipo a la línea de corriente eléctrica.

Figura 99. Esquema de conexión



Fuente: www.lahora.com.ec

6.3.1 Requisitos necesarios. Para empezar a utilizar la máquina despulpadora se requiere lo siguiente:

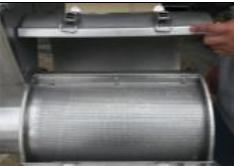
- Suministro de corriente eléctrica de 110V, monofásica.
- Piso de concreto sólido y liso.

6.4 Instrucciones de operación

6.4.1 *Intercambio de tamices.* En la tabla 46, se enumera el procedimiento cuando el operario desee cambiar de tamiz.

Tabla 46. Intercambio de tamiz

1. Apagar el equipo, presionando el pulsador rojo.	
2. Desconectar el equipo de la corriente eléctrica. Esto da mayor seguridad para el operador.	
3. Retirar el accionamiento de los ajustes de palanca.	
4. Quitar la cubierta desmontable.	
5. Quitar los pernos de ajuste del tamiz.	
6. Quitar el tamiz que se desea cambiar y colocar el que se va a utilizar.	
7. Todos los tamices cuentan con dos anillos guía a cada extremo, éstos deben coincidir perfectamente.	

8. Colocar los pernos de ajuste y apretar.	
9. Colocar la cubierta desmontable	
10. Accionar los ganchos de palanca para el cierre hermético.	

Fuente: Autores

6.4.2 Puesta en marcha. Para la puesta en marcha o inicio del proceso de obtención de pulpa la tabla 47 indica el procedimiento que se debe realizar.

Tabla 47. Puesta en marcha

1. Conectar el equipo a la línea de corriente eléctrica.	
2. Colocar un recipiente en la parte inferior del equipo para recibir la pulpa y colocar otro recipiente en la parte posterior para recibir el subproducto (semillas y corteza).	
3. Para encender el equipo presionar el pulsador de color verde.	

<p>4. Verificar que la luz piloto (led) este encendido.</p>	
<p>5. Agregar las frutas por la tolva de ingreso de materia prima (la alimentación se la realiza en forma continua)</p>	

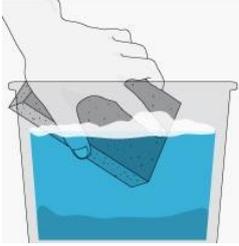
Fuente: Autores

- *Nota.* Al inicio de un proceso la fruta debe ser seleccionada adecuadamente para que la pulpa obtenida sea de calidad, la fruta debe de estar libre de residuos sólidos para que no ingresen a la cuchilla de corte.

6.4.3 Limpieza del equipo. Luego de un proceso de obtención de pulpa es necesario realizar la limpieza del equipo, para una buena limpieza se recomienda seguir el siguiente procedimiento como lo indica en la tabla 48.

Tabla 48. Limpieza del equipo

<p>1. Desconectar el equipo de la corriente eléctrica.</p>	
<p>2. Levantar la cubierta desmontable y con el limpiador de pulpa empujar la pulpa que se encuentra en la parte exterior del tamiz, para así aprovechar todo el producto.</p>	

<p>3. Administrar agua por la tolva y por la parte exterior del tamiz para retirar los excesos de pulpa que aún se encuentran.</p>	
<p>4. Luego de una limpieza exterior, retirar el tamiz para la limpieza interior.</p>	
<p>5. La limpieza se la realiza con una fibra limpiadora para retirar la pulpa que se adhiere al equipo.</p>	
<p>6. Enjuague final del equipo con agua.</p>	

Fuente: Autores

- *Nota.* Durante la limpieza con agua, asegurarse de no mojar los elementos eléctricos, como la caja de control y el motor.

6.5 Manual de Mantenimiento

La máquina despulpadora, con el paso del tiempo sus elementos y sistemas que conforman la máquina sufren desgaste y degradación por el uso continuo. Si no se realiza un correcto mantenimiento y corrección de los desperfectos la máquina reducirá su eficiencia gradualmente hasta llegar a un paro total del equipo.

La presente guía provee de las pautas y procedimientos básicos para mantener el equipo en óptimas condiciones y correcto funcionamiento.

En la tabla 49 se da a conocer los elementos de la máquina que deben someterse a controles y revisiones periódicas.

Tabla 49. Manual de mantenimiento

Periodos de trabajo	Elementos Principales						Trabajos a realizar
	Cuchillas	Rascadores	Poleas	Correas	Chumaceras	Motor	
D	X	X					Limpiar
M				X			Tensionar
					X		Aplicar grasa multiuso litio #2 azul
	X	X					Revisar el ajuste de pernos
		X					Regular los rascadores gastados
T	X						Afilar las cuchillas
					X		Revisar que no exista anomalías en los rodamientos
A		X					Cambiar las placas de nylon
					X		Cambiar los rodamientos
						X	Reparar si existe calentamiento Excesivo

Fuente: Autores

Dónde:

D = Diario

M= Mensual

T= Trimestral

A= Anual

6.6 Riesgos y medidas preventivas

La importancia de localizar los riesgos para que el operador de la máquina despulpadora no sufra ningún daño.

En caso de detectar el riesgo existente y que no se lo pueda solucionar, se dará las recomendaciones para así tratar de reducir el riesgo detectado.

6.6.1 Riesgos ergonómicos. Se refiere principalmente a los sobreesfuerzos, que se generan por la adopción de posturas forzadas.

En el caso de la máquina despulpadora de frutas este riesgo se presenta al momento de levantar la fruta a la tolva para el proceso de despulpado.

- Use movimientos lentos y suaves para evitar lesiones.
- Mantener el cuerpo de frente al objeto mientras que lo levanta la fruta y siempre se debe mantener la carga cerca al cuerpo.

Figura 100. Forma correcta de levantamiento de cargas



Fuente: norma-ohsas18001.blogspot.com

- Colocar el material o materia prima lo más cerca posible para reducir al máximo los desplazamientos.

6.6.2 Riesgos de corte. Las manos son las extremidades más valiosas del cuerpo humano y están siempre sujetas a riesgos de lesiones.

Figura 101. Riesgo de corte



Fuente: www.letsprevent.com

En la máquina despulpadora se presenta este riesgo al colocar la fruta a la tolva de alimentación, ya que la cuchilla está girando a alta velocidad.

Figura 102. Vista de la cuchilla de corte en funcionamiento



Fuente: Autores

Para evitar el riesgo de corte se recomienda:

- Colocar la fruta de tal manera de no acercar las manos a la zona de la cuchilla como se lo muestra en la figura 103.

Figura 103. Forma correcta de colocar la fruta en la tolva



Fuente: Autores

6.6.3 Riesgo eléctrico. Es la probabilidad de contacto tanto directo e indirecto con una instalación eléctrica teniendo como resultado graves lesiones al operador.

Figura 104. Riesgo eléctrico



Fuente: pebeca.com.ve

En el caso de la máquina despulpadora el riesgo detectado es al manipular la caja de control, para ello se recomienda:

- La manipulación interna de las conexiones debe de ser realizadas por un técnico operador teniendo en cuenta los riesgos.

Figura 105. Caja de control



Fuente: Autores

6.7 Análisis de costos para la máquina despulpadora de frutas

Para el análisis de costos de la máquina se ha dividido la construcción de la máquina en cada una de sus partes y de los sistemas que la conforman, como lo indica la tabla 50. Los costos pueden ser directos e indirectos.

Tabla 50. Partes de la máquina despulpadora

Ítem	Descripción
1	Sistema estructural
2	Sistema de alimentación, recolección de producto y expulsión de subproducto
3	Sistema motriz
4	Sistema eléctrico

Fuente: Autores

6.7.1 Costos directos. Los costos directos son los que intervienen directamente en la construcción de la máquina despulpadora como son materiales, mano de obra, equipos, herramientas y transporte.

6.7.1.1 Costo de materiales. El costo de algunos materiales está en función de lo que se usó en la construcción como es el caso de las láminas de acero inoxidable con las que se construyó diferentes elementos.

En el Anexo W, se muestra las láminas de 4mm, 3mm y 2mm con sus respectivos cortes que se usó en la construcción.

Tabla 51. Costo de materiales

Descripción	Unidad	Precio unitario	Cantidad	Sub total
Plancha de acero inoxidable 4x8 AISI 304-2B 610x610x4 mm	m ²	412,28	0,125	51,535
Plancha de acero inoxidable 4x8 AISI 304-2B 1220x610x3 mm	m ²	306,96	0,25	76,74
Plancha de acero inoxidable 4x8 AISI 304-2B 1220x1220x2 mm	m ²	210,929	0,5	105,4645
Plancha de acero inoxidable AISI 430 1220x610x1.5 mm	m ²	146,88	0,25	36,72
Plancha de acero inoxidable perforada RT 1.25-2.8/A.A 18.07% 925 x 445, e=1 mm	m ²	550	0,205	112,75
Nylon 610x305x6mm	ft ²	18	2	36
Tubo cuadrado de acero Inoxidable AISI 304 de 1 1/2 in x 2 mm	kg	64,5	1,22	78,69
Tubo de acero Inoxidable AISI 304 de ø 1 1/4 in x 2 mm	kg	58	0,124	7,192
Tubo de acero Inoxidable AISI 304 de ø 1 in x 2 mm	kg	46	0,046	2,116
Tubo de acero Inoxidable AISI 304 de ø 2 in x 2 mm	kg	82	0,023	1,886
Eje de Acero Inoxidable AISI 304 de ø 1 in x 760 mm	kg	23,15	1	23,15
Eje de Acero Inoxidable AISI 304 de ø 1 1/2 in x 180 mm	kg	12,6	1	12,6
Tubo cuadrado de acero Inoxidable AISI 304 de 1 in x 2 mm	kg	62	0,076	4,712
Rodamiento con soporte de pared CMB UCF205-15 ø = 1 in	U	4,8496	2	9,6992
Rodamiento con soporte de piso CMB UCP205-16 ø = 1 in	U	4,7	1	4,7
Polea de 2 canales ø = 2 in	U	2,35	1	2,35
Polea de 2 canales ø = 7 in	U	13,3	1	13,3
Tapón cuadrado 1 1/2 in	U	4	1,75	7
Motor monofásico WEG 2 HP 1720 rpm, V= 110/220 V	U	192,75	1	192,75
Banda trapezoidal DONGIL Lp A-46	U	6	2	12
Placa de indicación	U	2	2	4
Placa de información	U	15	1	15
Placa de autores	U	6	1	6
Perno de cabeza hexagonal AISI 304, ø 3/8 x 1 in con tuerca	U	0,85	8	6,8
Perno de cabeza hexagonal AISI 304, ø 1/4 x 3/4 in con tuerca	U	0,48	9	4,32
Tornillo de fijación AISI 304, ø 3/8 x 3/4 in	U	1,75	5	8,75

Tornillo de fijación AISI 304, ø 3/8 x 1/2 in	U	1,5	1	1,5
Perno de cabeza hexagonal AISI 304, ø 5/16 x 3/4 in con tuerca	U	0,46	4	1,84
Arandela plana ø 5/16 in	U	0,08	4	0,32
Perno de cabeza hexagonal AISI 304, ø 3/8 x 2 in con tuerca	U	1,2	9	10,8
Perno de cabeza hexagonal AISI 304, ø 1/4 x 1/2 in con tuerca	U	0,28	8	2,24
Perno de cabeza hexagonal AISI 304, ø 5/16 x 1 1/2 in con tuerca	U	0,62	3	1,86
Perno de cabeza hexagonal AISI 304, ø 3/8 x 2 1/2 in con tuerca	U	1,35	2	2,7
Arandela plana ø 3/8 in	U	0,14	6	0,84
Perno de cabeza hexagonal AISI 304, ø 5/16 x 2 in con tuerca	U	0,73	2	1,46
Perno de cabeza cilíndrica con ranura en cruz M5 x 10	U	0,25	2	0,5
Gabinete modular 20x20x15 pesado (I-0311)	U	15,6912	1	15,6912
Pulsador 22mm monobloq VERDE CAMSCO FPB-EA1	U	1,5568	1	1,5568
Pulsador 22mm 1NC ROJO CAMSCO FPB-EA2	U	1,6912	1	1,6912
Luz piloto 22mm VERDE 110V CAMSCO AD1622DS	U	1,34	1	1,34
Térmico 16-22A MT32/3K LS GTK-22 (B-2030)	U	27,08	1	27,08
Contactador fuerza 9A 2HP 110V GMC9 LG (B-19981)	U	12,78	1	12,78
Conductor Cu gemelo SPT # 2x12 CABLEC	m	1,176	4	4,704
Conductor Cu Flexible #16 ROJO CABLEC	m	0,246	4	0,984
Enchufe 2 patas reforzado 15A 110V COOPER(486)	U	2,45	1	2,45
Bornera para cable # 12	U	0,11	6	0,66
Riel de montaje	m ²	1,75	0,18	0,315
Thinner acrílico	Lts	1,8	1	1,8
Varilla TIG de acero inoxidable ER 308L 3/32x36	kg	28	0,5	14
Electrodos Inoxidable E308-L16 3/16 pulg.	kg	22,5	0,5	11,25
Argón industrial	m ³	42	2	84
Disco flap para acero inoxidable	U	8	2	16
Fibra limpiadora Master Brill	U	0,4	3	1,2
Disco corte Acero Inoxidable 115x1x22 BOSCH	U	2	1	2
Gel decapante	Lts.	7,5	1	7,5
Subtotal A				1067,28USD

Fuente: Autores

6.7.1.2 Costo de la mano de obra. Para determinar el costo de mano de obra se considera el salario mínimo del sector metalmecánico, en donde se detallan los salarios para las diferentes categorías, esto se lo obtiene del Anexo X.

Tabla 52. Costo de la mano de obra

Descripción	Categoría	Salario real/hora	Horas-hombre	Subtotal
Tornero	C1	3,5	3	10,5
Soldador especializado	C1	3,5	25,25	88,37
Ayudantes en general	D2	3,48	92,4	321,55
Operador oxicorte	C1	3,5	2,5	8,75
Electricista especializado	C1	3,5	5,45	19,07
Subtotal B				448,25 USD

Fuente: Autores

6.7.1.3 Costos de equipos y herramientas.

Tabla 53. Costo de equipos y herramientas

Descripción	Costo/hora	Horas de equipo	Subtotal
Cortadora por plasma	4,5	3,8	17,1
Soldadora de arco	1,54	10,65	16,4
Soldadora de alta frecuencia TIG	4,25	25,25	107,31
Torno	1,35	3	4,05
Cizalla hidráulica	1,08	1,75	1,89
Baroladora	1,75	4,5	7,875
Plegadora hidráulica	1,8	1,5	2,7
dobladora manual	1,75	3,7	6,47
Prensa de banco	0,85	2,5	2,12
Cierra de cinta	1,15	2,75	3,16
Plegadora manual	1,5	5,3	7,95
Taladro de pedestal	1,75	5	8,75
Flexómetro	0,8	3,4	2,72
Calibrador pie de rey	0,9	2,7	2,43
Escuadra	0,85	3,85	3,27
Taladro manual	1,31	3,2	4,192
Pulidora	1,2	4	4,8
Amoladora	1,22	12,6	15,37
Esmeril	1,08	6,9	7,45
Machuelos	0,85	2,5	2,12
Herramientas menores	1,08	33	35,64
Subtotal C			263,79 USD

Fuente: Autores

6.7.1.4 Costo por transporte de materiales. El costo por transporte es de 55 dólares debido a que los materiales para construir la máquina despulpadora se los encuentra con facilidad.

6.7.1.5 Costo total directo. Se obtiene al sumar todos los costos como lo es de materiales, mano de obra y equipos, además se considera el costo de transporte.

Tabla 54. Costo total directo

Costo de materiales	1067,28 USD
Costo de mano de obra	448,25 USD
Costo de equipos y herramientas	263,79 USD
Transporte	55 USD
Total costos directos	1834,33 USD

Fuente: Autores

6.7.2 Costos indirectos. Los costos indirectos son aquellos en los que intervienen los costos ingenieriles, el costo ingenieril tiene un agregado del 25% que está involucrado con la supervisión, diseño y construcción de la máquina despulpadora de frutas en la tabla 55 se detalla el costo/hora.

Tabla 55. Costos indirectos

Costos ingenieriles	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Precio total
Supervisión	40	Horas	7	280
Diseño	24	Horas	7	168
Subtotal				448 USD

Fuente: Autores

Para determinar el costo total indirecto se suma el costo ingenieril y la utilidad, pero como se trata de un trabajo de investigación la utilidad es 0.

Tabla 56. Costo total indirecto

Costos	Precio total
Ingenieriles	448
Utilidad	0
Subtotal	448 USD

Fuente: Autores

6.7.3 Costo total. Es la suma de todos los costos directos e indirectos totales obtenidos anteriormente.

Tabla 57. Costo total de la máquina

Costos directos	1834,33
Costos indirectos	448
Total	2282,33

Fuente: Autores.

Se tiene un costo total de la máquina despulpadora es de 2282,33 USD.

6.8 Rentabilidad del equipo

6.8.1 Depreciación. Es la disminución del valor de los bienes como consecuencia de determinadas causas.

La depreciación de los activos fijos se realizará de acuerdo a la naturaleza de los bienes, a la duración de su vida útil y la técnica contable.

Instalaciones, maquinarias, equipos y muebles 10% anual o 10 años. (SRI, 2014)

6.8.1.1 Causas de la depreciación. Las causas pueden ser:

La duración física del activo; se incluyen las causas por:

- Agotamiento.
- Desgaste.
- Envejecimiento.

La duración económica del activo; se incluyen las causas por:

- Explotación por tiempo limitado.
- Envejecimiento técnico.
- Envejecimiento económico (line, 2014)

6.8.1.2 Valor de salvamento. Es la estimación del valor que el bien tendrá para la empresa una vez cumplido su vida útil.

La vida útil de maquinaria y equipos es de 10 años, y de acuerdo con el diseño del equipo se tomará vida útil de 8 años aproximadamente para la máquina despulpadora de frutas. El valor de salvamento se denota por la ecuación. (SRi, 2014)

$$V_{\text{salvamento}} = V_{\text{inicial}} - \frac{V_{\text{inicial}} * n_u}{N} \quad (72)$$

Dónde:

$V_{\text{salvamento}}$ = Valor de salvamento en (USD).

V_{inicial} = Valor de costo inicial de la máquina despulpadora en (USD).

n_u = Tiempo de vida útil 8 años.

N = Tiempo de depreciación en 10 años.

Remplazando en la ecuación 72 se tiene que el valor de salvamento de la máquina es:

$$V_{\text{salvamento}} = 2282,33 - \frac{2282,33 * 8}{10}$$

$$V_{\text{salvamento}} = 456,46 \text{ USD}$$

6.8.2 Cálculo de la depreciación. Para poder calcular la depreciación hay que tener en cuenta:

- *Vida útil.* Es la duración que se le asigna a un bien como elemento de provecho para la empresa. Las bases utilizadas para la determinación de la vida útil son:
- *Tiempo.* Años.
- *Capacidad de producción.* Producción total.

6.8.3 Métodos de depreciación. Una vez determinado el valor a depreciar y establecida la base para la determinación de la vida útil, resta elegir el método para distribuir ese valor.

6.8.3.1 Método de la línea recta. El método de la línea recta es el método más sencillo y más utilizado por las empresas, y consiste en dividir, (el valor inicial menos el valor de salvamento del activo) para la vida útil del mismo.

La ecuación para el cálculo es:

$$D_{anual} = \frac{V_{inicial} - V_{salvamento}}{N} \quad (73)$$

Dónde:

D_{anual} = Depreciación anual en (USD).

$V_{inicial}$ = Valor de costo inicial en (USD).

$V_{salvamento}$ = Valor de salvamento en (USD).

N = Tiempo de depreciación en 10 años

Al remplazar en la ecuación 73 se tiene que la depreciación anual de la máquina es:

$$D_{anual} = \frac{2282,33 \text{ USD} - 456,46 \text{ USD}}{10}$$

$$D_{anual} = 182,58$$

Como la máquina se deprecia a 10 años entonces se tiene los siguientes datos.

Tabla 58. Depreciación anual de la máquina despulpadora

Año	Depreciación anual (USD)	Depreciación acumulada (USD)	Valor anual (USD)
0	0	0	2282,33
1	182,58	182,58	2099,75
2	182,58	365,16	1917,17
3	182,58	547,74	1734,59
4	182,58	730,32	1552,01
5	182,58	912,9	1369,43
6	182,58	1095,48	1186,85
7	182,58	1278,06	1004,27
8	182,58	1460,64	821,69
9	182,58	1643,22	639,11
10	182,58	1825,8	456,53

Fuente: Autores

6.8.4 Cálculo de ingresos. Producción mínima mensual de la máquina se calcula con la siguiente ecuación:

$$P_m = P_t * P_h * D_t \quad (74)$$

Dónde:

P_m = Producción mensual.

Período de trabajo: $P_t = 6$ h/día

Producción: $P_h = 200$ kg/h

Días al mes: $D_t = 20$ días

Al reemplazar los datos en la ecuación 74 se obtiene que la producción mensual es:

$$P_m = 1 \frac{h}{día} * 200 \frac{kg}{h} * 20 \text{ días}$$
$$P_m = 4000 \text{ kg/h}$$

De este valor se resta un porcentaje de pérdidas que son por semillas y cascaras, se considera un porcentaje del 9%.

Entonces se tiene una producción neta mensual de pulpa de 3640 kg/h

Una vez determinado la producción de la máquina se calcula el ingreso por la venta de la pulpa de fruta.

Producción neta anual de pulpa de:

$$P_n = 43680 \text{ kg/h}$$

El costo de pulpa de fruta en el mercado es de:

$$C_{pulpa} = 2,88 \text{ USD/kg}$$

Teniendo en cuenta que la pulpa se encuentra debidamente procesada, en el envase correspondiente.

En este caso se considera una reducción de costo ya que la pulpa se solo se refrigera. Y se tiene un costo de pulpa real de:

$$C_{pulpa} = 1,44 \text{ USD/kg}$$

El valor de ingreso anual por la venta de pulpa de fruta es de:

$$I_{pulpa} = 62899,2 \text{ USD}$$

6.8.5 Cálculo de egresos

6.8.5.1 Gasto de construcción de la máquina despulpadora. Costo total de la máquina despulpadora de 2282,33 USD.

6.8.5.2 Costos por operación y mantenimiento.

Tabla 59. Costos de operación y mantenimiento de la máquina despulpadora

Detalle	Cantidad	Costo unitario	Total (USD)
Grasa	1	5	5
Materiales de limpieza	1	8,5	8,5
Agua para la limpieza	20 m ³	0,03	0,6
Operador	1	353	353
Transporte de fruta	1	100	100
Total gasto mensual			467,1 USD

Fuente: Autores

El gasto total anual de gastos de operación es de 5605,2 USD

6.8.5.3 Costos de materia prima (frutas). Los costos de las frutas pueden variar, en la tabla 60 se indica los precios de algunas frutas las cuales la pulpa son de alta demanda.

Tabla 60. Costos de frutas

Fruta	Costo / kg (USD)
Maracuyá	1,10
Guayaba	1,15
Tomate de árbol	1,2
Naranjilla	0,91
Mora	0,77

Fuente: Autores

Para el análisis se selecciona pulpa de fruta de mayor demanda, que es la guayaba.

La producción mensual de pulpa de pulpa de fruta es $P_m = 4000 \text{ kg/h}$

El costo de fruta mensual es de:

$$C_{fruta} = 4600 \text{ USD}$$

El costo anual es de:

$$C_{fruta} = 55200 \text{ USD}$$

6.8.5.4 Costos de energía eléctrica consumida. La máquina funciona con un motor monofásico de 2 HP, el cual tiene una potencia de 1,5 kW.

Y el periodo de trabajo es de $Pt = 6 \text{ h/día}$

El consumo diario se calcula con la siguiente ecuación:

$$C_{diario} = C_{motor} * t \quad (75)$$

Dónde:

C_{diario} = Consumo diario (kW-h)

C_{motor} = Consumo del motor (kW)

t = Tiempo diario de consumo (horas)

Al remplazar los datos en la ecuación 75 se obtiene que el consumo diario es de:

$$C_{diario} = 1,5 \text{ kw} * 1 \text{ horas}$$

$$C_{diario} = 1,5 \text{kw} - h$$

En el país el costo del kW-h es de 0,098 dólares. Para calcular el consumo eléctrico diario se usa la siguiente ecuación:

$$C_{día} = C_{diario} * C_{costo \text{ kW-h}} \quad (76)$$

Dónde:

$C_{día}$ = Costo diario USD

C_{diario} = Consumo diario en (kW-h)

$C_{costo \text{ kW-h}}$ = Valor en dólares del (kW-h)

$$C_{\text{día}} = 1,5 \text{ kW} - h * 0,098 \text{ kW} - h$$

$$C_{\text{día}} = 0,147 \text{ USD}$$

Costo mensual:

$$C_{\text{mensual}} = C_{\text{día}} * D_t \quad (77)$$

Días al mes: $D_t = 20 \text{ días}$

$$C_{\text{mensual}} = 0,88 \text{ USD} * 20$$

$$C_{\text{mensual}} = 2,94 \text{ USD}$$

Costo del consumo energético anual:

$$C_{\text{anual}} = C_{\text{mensual}} * N_m \quad (78)$$

Dónde:

N_m = Número de meses = 12

$$C_{\text{anual}} = 2,94 \text{ USD} * 12$$

$$C_{\text{anual}} = 35,28 \text{ USD}$$

En la tabla 61 se muestra en forma resumida los egresos anuales de producción de pulpa.

Tabla 61. Egresos anuales

Costos por operación y mantenimiento	5605,2 USD
Costos de materia prima (frutas)	55200 USD
Costos de energía eléctrica consumida.	35,28 USD
Egreso total anual	60840,48USD

Fuente: Autores

6.8.6 Cálculo de la tasa interna de retorno (TIR). El TIR es la tasa de interés que se utiliza como criterio para aceptar o rechazar la factibilidad de un proyecto, entonces si el TIR alto habrá una mayor rentabilidad.

Diagrama de evaluación financiera. Para el diagrama se consideran los datos que se indican en la tabla 62.

Tiempo a evaluar el proyecto $n = 5$.

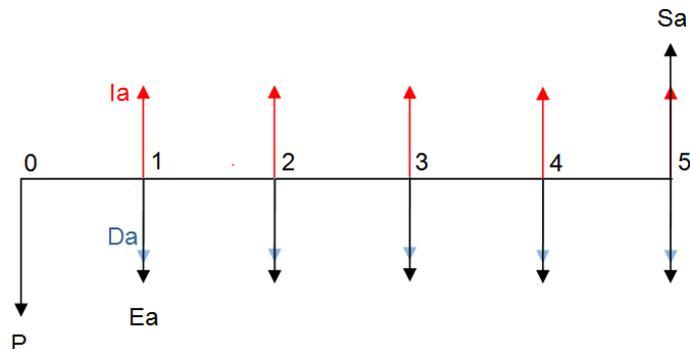
Tabla 62. Datos de evaluación financiera

	Valor (USD)
Ia =Ingreso Anual	62899,2
Sa = Salvamento (n=5)	1369,43
P = Inversión inicial	2282,33
Da = Depreciación anual	182,58
Ea = Egreso anual	60840,48

Fuente: Autores

Con los datos de la tabla 61, se realiza el diagrama de evaluación financiera para un periodo de análisis de 5 años, como se indica en la figura 106.

Figura 106. Diagrama de evaluación financiera



Fuente: Autores

De la figura 106 se determina el valor actual neto (VAN), necesario para el cálculo del TIR.

$$VAN = VAI - VAE \quad (79)$$

Dónde:

VAI = Valor anual de ingresos

VAE = Valor anual de egresos

$$VAN = Ia * \frac{P}{A}, i\%, n + Sa * \frac{P}{F}, i\%, n - P - Da * \frac{P}{A}, i\%, n - Ea * \frac{P}{A}, i\%, n$$

$$VAN = Ia - Da - Ea * \frac{P}{A}, i\%, n + Sa * \frac{P}{F}, i\%, n - P$$

$$VAN = 63590,4 - 182,58 - 60840,48 * \frac{P}{A}, i\%, 5 + 1369,43 * \frac{P}{F}, i\%, 5 - 2282,33$$

Para diferentes valores de interés se obtiene los siguientes resultados que se indican en la tabla 62.

Cantidad única, valor presente $\frac{P}{F}$

$$\frac{P}{F}, i\%, n = \frac{1}{1 + i^n} \quad (80)$$

Serie uniforme, valor presente $\frac{P}{A}$

$$\frac{P}{A}, i\%, n = \frac{1 + i^n - 1}{i(1 + i^n)} \quad (81)$$

Con ayuda de las ecuaciones 80, 81 se calcula los valores de cantidad única y de serie uniforme para diferentes intereses y se obtiene el VAN, la tabla 63 muestra los valores del VAN en función del interés.

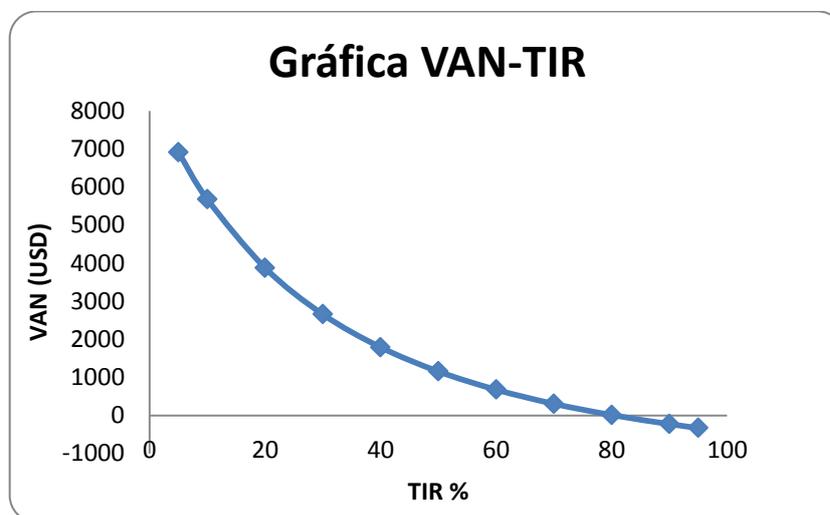
Tabla 63. Valor Actual Neto para diferentes valores de interés

Interés %	VAN (USD)
5	6913,36
10	5680,02
20	3878,82
30	2655,98
40	1790,56
50	1156,12
60	676,96
70	305,55
80	11,20
90	-226,61
95	-328,91

Fuente: Autores

Al graficar los valores obtenidos en la tabla 63, se obtiene la siguiente curva. En donde la intersección con el eje x representa el valor del TIR.

Figura 107. Gráfica VAN-TIR



Fuente: Autores

Para obtener el valor exacto del TIR se aplica la siguiente ecuación:

$$TIR = i\% + \frac{VAN(+)}{VAN + +VAN(-)} * \Delta\% \quad (82)$$

$$TIR = 85\% + \frac{11,20}{11,20 + 226,61} * 10\%$$

$$TIR = 85,47\%$$

6.8.7 Criterios de decisión. El criterio de decisión relaciona la tasa interna de retorno con el interés efectivo vigente que es proporcionado por los bancos.

La tasa de interés anual que otorga la Corporación Financiera Nacional (CFN) para un periodo de 5 años es de $i=9,45\%$ (ver Anexo Y). Este es el interés pasivo efectivo vigente.

Para dar un criterio de aceptación o rechazo del proyecto, se considera los siguientes aspectos:

- Si $TIR < \%i$ El proyecto no es aconsejable.
- Si $TIR = \%i$ El proyecto es indiferente.
- Si $TIR > \%i$ El proyecto es aconsejable.

Con la tasa de interés efectivo vigente se evalúa el VAN, y para dar un criterio de aceptación o rechazo del proyecto hay que considerar los siguientes aspectos:

- Si $VAN < 0$ Rechazar el proyecto porque no permite recuperar la inversión.
- Si $VAN = 0$ Decisión entre invertir en el proyecto o en otra alternativa.
- Si $VAN > 0$ Aceptar el proyecto, se obtiene un valor mayor a la inversión.

6.8.8 Análisis de resultados. El valor obtenido del TIR en el proyecto es de 85,47%, el cual es mayor al interés pasivo efectivo del banco de 9,45%. Por lo tanto el proyecto es aceptable.

El VAN obtenido con la tasa de interés efectivo vigente de 9,45%, da un valor de 1450 USD, el cual es mayor que cero, por lo tanto el proyecto es aceptable. Además el valor tendrá un mejor rendimiento en recuperación de la inversión.

6.9 Comparación del costo de fabricación de la máquina con otras existentes.

En la tabla 64 se realiza la comparación del costo de la máquina con otras de similares características existentes en el país.

Tabla 64. Máquinas despulpadoras de frutas en Ecuador

Esquema	Características	Costo (USD)
	ECOSERV Capacidad 150 kg/h. En acero inoxidable para alimentos. Sistema de despulpado especial en acero. Fuente: http://ec.clasificados.com/despulpadoras-de-fruta-15260	2490

	<p>Capacidad 200 kg/h. En acero inoxidable Excelente para montar o emprender un negocio de extracción de pulpas de frutas Fuente: http://santodomingo.olx.com.ec/despulpadora-nueva-todo-tipo-de-fruta-iid-628631335#</p>	<p>3220</p>
	<p>Capacidad 150 kg/h Construida en acero inoxidable 304. Corrector de inclinación que la convierte en semihorizontal, para mayor rendimiento. Sistema de aspas protegidas para impedir que parta la semilla. Fuente: http://quito.olx.com.ec/despulpadora-de-frutas-iid-480436971</p>	<p>3800</p>
	<p>Capacidad 250 kg/h Motor monofásico de 2HP Elementos de Acero Inoxidable 304 Tamiz intercambiable según el requerimiento.</p>	<p>2282</p>

Fuente: Autores

De la tabla 64 se puede observar que la máquina construida tiene el costo más bajo al comparar con máquinas de similares características existentes en el mercado ecuatoriano. La máquina despulpadora supera la capacidad de producción de otras existentes.

Con este análisis se verifica la aceptación que tendrá la máquina al presentar una reducción de costo y de incremento de capacidad de producción de pulpa.

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.1 Conclusiones

La máquina incorpora una cuchilla de corte capaz de trozar la fruta entera, además el tamiz permitió refinar diferentes clases de frutas de una manera continua y eficiente.

La capacidad de la máquina despulpadora puede variar en función del diámetro del tamiz, la velocidad angular del sistema motriz y el número de rascadores

Los requisitos deseados del auspiciante se cumplieron y verificaron, así como los criterios técnicos del ingeniero.

Para la construcción y montaje de la máquina despulpadora se requirió un total de 127.6 horas equivalentes a 16 días laborables, tomando en cuenta que la jornada de trabajo es de 8 horas diarias.

Las pruebas para determinar la capacidad de producción se la realizó con diferentes frutas, se observó que ningún elemento presento calentamiento, lo que indica que los elementos están acoplados correctamente.

La máquina diseñada tiene una capacidad máxima de producción de pulpa de 250kg/h, teniendo en cuenta que esta capacidad varía en función de la pupa que se desee obtener.

La máquina cumplió con las normas sanitarias, requeridas para el manejo de alimentos, en este caso de frutas y su construcción se realizó totalmente en acero inoxidable AISI 304.

7.2 Recomendaciones

Antes de poner en funcionamiento la máquina despulpadora verificar que la fuente de alimentación sea de 110V.

Verificar que no exista ningún elemento extraño en la tolva, porque podría ingresar al interior, antes de encender la máquina.

Antes de iniciar un proceso de obtención de pulpa, es recomendable dar una limpieza a los elementos tanto externos como internos.

Al momento de lavar la máquina es importante asegurarse que se haya desconectado la fuente de corriente, y durante la limpieza tener cuidado de no mojar a los elementos eléctricos.

Para la recolección de la pulpa se sugiere hacerlo en un recipiente de Acero Inoxidable AISI 304, el cual debe de estar ubicado a la misma altura del ducto de salida, para así reducir efectos de contaminación de la pulpa por aireación.

El tamiz que se encuentra en la despulpadora puede despulpar frutas, que se caractericen por tener el diámetro de la semilla superior a 1,25 mm, caso contrario las semillas se mezclarán con la pulpa.

Realizar el mantenimiento de los elementos de la máquina de acuerdo con el plan de mantenimiento recomendado.

Durante el funcionamiento si se presenta ruidos, apagar inmediatamente la máquina y verificar la posible avería.

BIBLIOGRAFÍA

AVNER, Sydney H. 1988. *Introducción a la metalurgia física.* Mexico : McGRAW-Hill, 1988.

BRAESI. 2010. Despulpadora DES 10-20. [En línea] 15 de 05 de 2010. [Citado el: 01 de 06 de 2014.]

CAMACHO, G. 2008. Obtención y conservación de pulpa de frutas. [En línea] Mayo de 2008. [Citado el: 4 de Marzo de 2014.] <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/teoria/obpulpfru/p8.htm#9>.

Catálogo de Aceros. **DIPAC, Productos de Acero. 2011.** Manta : s.n., 2011.

Consideraciones para trabajar acero inoxidable. **METALACTUAL, Procesos. 2010.** 18, Bogotá : Legis S.A., 2010.

DESPULPADORA. 2010. Despulpadora de frutas, verduras y hortalizas. [En línea] 11 de Agosto de 2010. [Citado el: 12 de Febrero de 2014.] <http://despulpfructpa.blogspot.com/>.

IMARCA, C.A. Distribuidora. Despulpadoras de frutas. [En línea] [Citado el: 4 de Mayo de 2014.] <http://imarca.com.ve/Despulpadoras-de-frutas.php>.

IMINOX. 2011. APLICA-inox, Acero inoxidable. [En línea] IMINOX, 2011. <http://aplicainox.org/sitio/>.

INDUSTRIAS CARDÍN, Y CIA. LTDA. Despulpadora para frutas. [En línea] <http://www.inducardin.com/frutas.html>.

INDUSTRIAS, IMA. Productos. *Línea fruver.* [En línea] [Citado el: 22 de Febrero de 2014.] http://industriasima.com.co/?product_cat=linea-fruver.

INOXIDABLES, M/T. Catalogo de productos. [En línea] [Citado el: 22 de Febrero de 2014.] http://industriasima.com.co/?product_cat=linea-fruver.

Insert bearing & Pillow block. **CMB. 2008.** Lima : s.n., 2008.

JUVINALL, R. C. 1967. *Stress, Strain and Strength.* Nueva York : McGraw-HILL, 1967.

LÓPEZ, Silvia. 2009. *Desarrollo de un plan de implementación de buenas prácticas de manufactura en una planta procesadora de frutas TESIS.* Quito : Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, 2009.

Metal viviente. MEVACO.

PASTOR, Mario. 2003. *Introducción a la metalurgia de la soldadura.* Riobamba : Facultad de Mecánica, 2003.

RIVA, Carles. 2002. *Diseño concurrente.* Barcelona : UPC, 2002.

RODACCIAI, S.p.A. 2012. Aceros inoxidables austeno-ferríticos (dúplex). [En línea] 2012. [Citado el: 06 de Marzo de 2014.] <http://www.rodacciai.es/prodotti.php?pid=31>.

Rodamientos FAG. FAG. 2000. WL41, España : s.n., 2000.

SCHAUM, Daniel. 1991. *Física General.* México : McGraw-Hill, 1991. 968-422-927-5.

SHIGLEY, Joseph y MITCHELL Larry. *Diseño en Ingeniería Mecánica.* s.l. : McGraw-HILL.

SRI. 2014. Reglamento de Aplicación de la Ley de Régimen Tributario Interno. [En línea] SRI, 2014. [Citado el: 15 de 10 de 2014.] <http://www.sri.gob.ec/web/guest/depreciacion-acelarada-de-activos-fijos>.

SUMITEC, Suministros técnicos S.A. 2010. AISI 304. [En línea] 2010. <http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%20304.pdf>.

Transmisión por correas. Industriales, Productos.

TUZA, Patricio. 2011. *Diseño y construcción de una despulpadora de frutas horizontal con una capacidad de producción de 250 kg/h TESIS.* Quito : Universidad Politécnica Salesiana, 2011.

WEG. 2011. Catálogo de Motores. *baja Tensión.* 2011.