

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**“DISEÑO DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA Y
LIMPIADORA DE VEGETALES”**

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por los bachilleres:
Gómez C. Antonio J.
Gómez E., Carlos A.

Para optar por el título de Ingeniero Mecánico

Caracas, 2005

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

“DISEÑO DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA Y LIMPIADORA DE VEGETALES”

Tutores Acad.: Prof. Manuel Martínez
Prof. María E. Gudiel

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los bachilleres:
Gómez C. Antonio J.
Gómez E., Carlos A.
Para optar al título de Ingeniero Mecánico

Caracas, 2005

ACTA

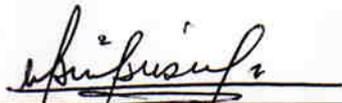
Quienes suscriben, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Mecánica, para examinar el Trabajo Especial de Grado titulado:

“DISEÑO DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA Y LIMPIADORA DE VEGETALES”

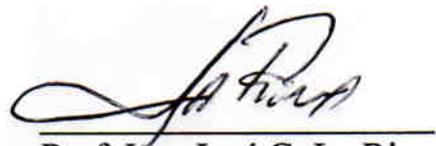
Presentado ante la Ilustre **Universidad Central de Venezuela** por los Brs. **Antonio José Gómez Casique** y **Carlos Alberto Gómez Escalona**, dejan constancia de lo siguiente:

Hemos leído este trabajo y participado en su discusión encontrando que es suficiente en contenido, calidad y extensión para cumplir con todos los requerimientos establecidos para optar el título de Ingeniero Mecánico.

En fe de lo cual se levanta la presente acta en Caracas a los 17 días del mes de Noviembre de dos mil cinco.


Prof. Ing. Manuel Martínez
Tutor


Prof. Ing. Fausto Carpentiero
Jurado


Prof. Ing. José G. La Riva
Jurado



A los agricultores

Antonio J. Gómez C.

El trabajo esta dedicado:

Especialmente a mi padre *Norberto A. Gómez E.* quien fue Ingeniero Mecánico egresado de la UCV y a mi tía *Nancy Escalona* que lamentablemente no están acompañándome.

A mi madre *Raiza.*

A mi novia *Lubys.*

A *dios.*

Carlos A. Gómez E.

A todas y cada una de las personas, ya que directa o indirectamente me ayudaron en la presentación de este Trabajo. Especialmente a:

Mi familia, papá, mamá, hermanos, tíos y a mi novia Daniela Saputi.

Mis amigos, Alex “mi niño” Aguado, Aaron Castillejo, Bernardo Porte, Carlos Gómez, Camlett Caraballo, Crisanto Villalobos, José Gabriel Cermeño, José Manzo, Julio Dávila, Leonardo Correia, Luis Castellanos, Luis “Chino” Chang, Melisa Pernaleta y Ronnie Oropeza.

A los profesores.

Antonio J. Gómez C.

Le doy gracias a dios.

A mi familia, a mi novia Lubys Linares y todos mis amigos y profesores que me apoyaron en la realización de este Trabajo.

Sobre todo:

A Mi Madre Raiza que me ha brindado su apoyo a lo largo de toda mi formación profesional.

Carlos A. Gómez E

Gómez C. Antonio J., Gómez E. Carlos A.

DISEÑO DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA Y LIMPIADORA DE VEGETALES.

Tutores Académicos: Prof. Manuel Martínez

Prof. María E. Gudiel

Tesis. Caracas, U. C. V. Facultad de Ingeniería.

Escuela de Ingeniería Mecánica.

Año 2005, 168 p.

Palabras clave: Diseño, clasificación, limpieza, ergonomía, mantenimiento, máquina, cinemática, vegetales, frutos, tomates, pimentones.

Resumen. Una empresa agrícola de producción de vegetales (tomate y pimentones) planteó la necesidad de aumentar su producción y calidad, automatizando los procesos de poscosecha de los vegetales mediante una máquina que los clasifique y los limpie, con lo cual, se planteó y desarrolló el presente diseño; que posteriormente puede ser construido. Se analizó el problema a fondo estudiando los requerimientos del usuario y ergonómicos para lograr un diseño óptimo y confiable para el mismo. Para complementar la definición se investigaron otros diseños similares y tecnologías relacionadas. Ya obtenidos todos los datos, se determinaron las especificaciones del diseño para así establecer los componentes de la máquina y el funcionamiento de ésta. Se realizó análisis de esfuerzo, de solicitaciones del diseño y de la cinemática de los componentes utilizando un software computacional. También, se explicó el proceso de fabricación, el manual de instalación, operación y mantenimiento; así como la estimación de los costos de la construcción y elaboración de la máquina clasificadora y limpiadora de vegetales. Finalmente, el diseño de la máquina puede clasificar por peso en 3 categorías y limpiar vegetales, con un tamaño máximo de frutos de 16 cm. Adicionalmente, se pueden clasificar hasta 2 tipos de frutos al mismo tiempo. Tiene la capacidad de clasificar 9370 frutos/h equivalente a 2000 kg/h, y limpiar 8900 frutos/h equivalente a 1950 kg/h.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	vi
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS	xx

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN Y ALCANCES.

1.1.- Introducción	1
1.2.- Antecedentes	1
1.3.- Planteamiento del problema	2
1.4.- Objetivos	3
1.4.1.- Objetivo general	3
1.4.2.- Objetivos específicos	3
1.5.- Alcances	4

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE LA PRODUCCIÓN DE “EL VIVERO EL HORTICULTOR J.J.R.”

2.1.- Introducción	5
2.2.- Descripción de los productos a ser procesados	5
2.3.- Clasificación de los productos según su peso y tamaño	6
2.3.1.- Clasificación de los tomates	7
2.3.2.- Clasificación de los pimentones	7

2.4.- Limpieza de los productos	8
---------------------------------	---

CAPÍTULO III

INVESTIGACIÓN DE USUARIOS

3.1.- Introducción	9
3.2.- Objetivos de la investigación de usuarios	9
3.3.- Identificación de usuarios	9
3.4.- Viaje de usuarios	9
3.4.1.- Tomates	10
3.4.2.- Pimentones	12
3.5.- Requerimientos de usuario	13
3.5.1.- Desempeño funcional	13
3.5.2.- Factores humanos	14
3.5.3.- Requerimientos físicos	14
3.5.4.- Confiabilidad	15
3.5.5.- Ciclo de vida	15
3.5.6.- Recursos disponibles	16
3.5.7.- Requisitos de manufactura	16

CAPÍTULO IV

INVESTIGACIÓN ERGONÓMICA

4.1.- Introducción	18
4.2.- Estudio ergonómico	18
4.2.1.- Parámetros ergonómicos	19
4.2.2.- Determinación de las condiciones de trabajo	22

CAPÍTULO V
ESTUDIO DE TECNOLOGÍAS PARA LA CLASIFICACIÓN Y
PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS

5.1.-	Introducción	26
5.2.-	Proceso de clasificación de los vegetales	26
5.3.-	Proceso de limpieza de los frutos	29
5.4.-	Fichas tecnológicas	31

CAPÍTULO VI
ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

6.1.-	Introducción	37
6.2.-	Requisitos de la máquina	37

CAPÍTULO VII
GENERACIÓN, SELECCIÓN Y DESARROLLO DE SOLUCIONES

7.1.-	Introducción	39
7.2.-	Funciones de la máquina	39
	7.2.1.- Clasificación de vegetales	39
	7.2.2.- Lavado y escurrido de vegetales	41
	7.2.3.- Potencia motriz de máquina	41
7.3.-	Ideas o soluciones existentes y conocidas	42
7.4.-	Diagrama morfológico	52
7.5.-	Evaluación de alternativas	52
	7.5.1.- Objetivos de diseños y sus ponderaciones	52
	7.5.2.- Matriz morfológica para cada proceso	53
	7.5.3.- Alternativas seleccionadas	59

CAPÍTULO VIII

DEFINICIÓN DE LOS COMPONENTES

8.1.-	Introducción	60
8.2.-	Descripción del funcionamiento de la máquina	60
	8.2.1.- Proceso de Clasificación de los frutos	60
	8.2.2.- Proceso de limpieza de los frutos	78
	8.2.3.- Dimensionamiento de la potencia motriz	85
	8.2.4.- Sistema de instrumentación	88

CAPÍTULO IX

DETERMINACIÓN DE LAS SOLICITACIONES Y SELECCIÓN DE MATERIALES

9.1.-	Introducción	91
9.2.-	Determinación de las solicitudes	91
	9.2.1.- Tolva	91
	9.2.2.- Alimentadora	93
	9.2.3.- Clasificadora	97
	9.2.4.- Limpiadora	101
	9.2.5.- Elementos motrices de la máquina	106
	9.2.6.- Sistema de instrumentación	138

CAPÍTULO X

ANÁLISIS DE LA CINEMÁTICA DE LOS COMPONENTES DE LA MAQUINA

10.1.-	Introducción	141
10.2.-	Método para el análisis de la cinemática de los mecanismos	141

10.3	Análisis de los mecanismos de la máquina	141
10.3.1	Tolva	142
10.3.2	Alimentadora	142
10.3.3	Clasificadora	144
10.3.4	Limpiadora	155

CAPÍTULO XI

PROCESOS DE MANUFACTURA Y ESTIMACIÓN DE COSTO DEL DISEÑO

11.1.-	Introducción	157
11.2.-	Procesos de Manufactura	157
11.2.1.-	Cortes y taladrado de perfiles, tubos estructurales y láminas	158
11.2.2.-	Maquinado de ejes y aberturas internas de piñones y engranes	159
11.2.3	Doblado de láminas	159
11.2.4.-	Soldaduras y uniones	159
11.3.-	Fabricación y ensamble	160
11.3.1.-	Tolva	160
11.3.2.-	Alimentadora	163
11.3.3	Clasificadora	166
11.3.4	Limpiadora	172
11.4	Evaluación de precios	173
11.4.1	Materiales y equipos	173
11.4.2	Costos de manufactura	176

CAPÍTULO XII**MANUALES DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

12.1.-	Introducción	178
12.2.-	Manual de Instalación	178
12.3.-	Manual de Operación	188
12.4.-	Manual de mantenimiento	190
CONCLUSIONES		194
RECOMENDACIONES		195
BIBLIOGRAFÍA		196
ANEXOS		199
I.-	Planos de la máquina	
II.-	Tablas de referencias	
III.-	Norma COVENIN 1834-81. Definiciones generales	
IV.-	Norma COVENIN 165-83. Tomates	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Descripción	Pág.
2.1	Tamaño de los tomates.	6
2.2	Tamaño de los pimentones	6
4.1	Valores aplicables a dimensiones relacionadas con la figura 4.1	20
4.2	Media de las dimensiones para acceso y desempeño en la posición de pie en hombres latinoamericanos.	21
4.3	Valores de algunas de las dimensiones antropométricas en la población masculina.	21
4.4	Factor de frecuencia de levantamiento	24
4.5	Valores del factor de acoplamiento.	24
5.1	Especificaciones técnicas de la máquina clasificadora Eshet 2000	31
5.2	Especificaciones técnicas de la máquina clasificadora Unical 600 Mono	32
5.3	Especificaciones técnicas de la máquina clasificadora Univers	32
5.4	Especificaciones técnicas de la máquina clasificadora F5 MSF	33
5.5	Especificaciones técnicas de la máquina clasificadora Niagara.	34
5.6	Especificaciones técnicas de la máquina limpiadora-secadora Agrolac.	35
5.7	Especificaciones técnicas de la máquina limpiadora-secadora	35
5.8	Especificaciones técnicas de la máquina limpiadora Sunkist HPW.	36
5.9	Especificaciones técnicas de la máquina limpiadora Juvisa.	36
6.1	Estándares de clasificación por peso	38
7.1	Diagrama morfológico de ideas	52
7.2	Criterios y ponderaciones aplicados a las matrices morfológicas	53
7.3	Matriz morfológica aplicada a la alimentación y preselección.	54
7.4	Matriz morfológica aplicada a la separación en fila india.	55
7.5	Matriz morfológica aplicada a la clasificación por peso.	56
7.6	Matriz morfológica aplicada al lavado.	57
7.7	Matriz morfológica aplicada al secado.	58
7.8	Matriz morfológica aplicada a la potencia motriz.	59
7.9	Alternativas seleccionadas.	59
8.1	Porcentaje esperado por clase y tipo de fruto	63
8.2	Pesos promedio para cada clase y tipo de fruto	64
8.3	Cantidad de tomates en 2000 kg	64
8.4	Dimensiones del sistema portacangilón-cangilón	74
8.5	Dimensiones obtenidas para el sistema portacangilón-cangilón	77
9.1	Especificaciones del dosificador	104
9.2	Especificaciones de los ventiladores	105
9.3	Longitudes de las cadenas de transmisión	106
9.4	Piñones seleccionados	106

9.5	Velocidades de los componentes de la maquina	107
9.6	Acople para el eje del motor principal de la clasificadora	135
9.7	Especificaciones de la chumacera UCF 204	136
9.8	Especificaciones de la chumacera UCT 204-12	136
9.9	Especificaciones de la chumacera UCP 204	136
9.10	Especificaciones del engrane cónico	137
9.11	Especificaciones del engrane recto	137
9.12	Especificaciones del motor principal(Clasificadora-Alimentadora)	137
9.13	Especificaciones del reductor del motor principal	137
9.14	Especificaciones del motor de las limpiadoras	138
9.15	Especificaciones del reductor del motor de las limpiadoras	138
11.1	Lista de precios de los materiales y equipos.	176
11.2	Costos de manufactura.	177

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Descripción	Pág.
3.1	Llegada de los tomates al área de clasificación y limpieza	10
3.2	Desinfección de los tomates	10
3.3	1ª limpieza y preclasificación de los tomates	11
3.4	2ª limpieza y secado de los tomates	11
3.5	Bandejas clasificadoras de tomates	12
3.6	Tomates empacados	12
3.7	Llegada de los pimentones al área de clasificación y limpieza	12
3.8	Limpieza y clasificación de los pimentones	13
3.9	Área disponible para la ubicación de la máquina	15
4.1	Dimensiones de la estación de trabajo en posición de pie	20
4.2	Dimensiones para acceso y desempeño del trabajador en posición de pie	21
4.3	Caja de tomates y pimentones	22
4.4	Esquema básico para evaluar los factores del LPR	23
4.5	Factor de rotación lateral del tronco	24
7.1	Diagrama funcional de la preselección	40
7.2	Diagrama funcional estilo fila india	40
7.3	Diagrama funcional de la clasificación por peso	40
7.4	Diagrama funcional del lavado	41
7.5	Diagrama funcional del secado	41
7.6	Idea 1 para la alimentación y preselección	42
7.7	Idea 2 para la alimentación y preselección	42
7.8	Idea 3 para la alimentación y preselección	43
7.9	Idea 4 para la alimentación y preselección	43
7.10	Idea 5 para la alimentación y preselección	43
7.11	Idea 1 para la separación de uno a uno	44
7.12	Idea 2 para la separación de uno a uno	44
7.13	Idea 3 para la separación de uno a uno	45
7.14	Idea 1 para la clasificación por peso	45
7.15	Idea 2 para la clasificación por peso	46
7.16	Idea 3 para la clasificación por peso	46
7.17	Idea 4 para la clasificación por peso	47
7.18	Idea 1 para el lavado	47
7.19	Idea 2 para el lavado	48
7.20	Idea 3 para el lavado	48
7.21	Idea 4 para el lavado	49
7.22	Idea 5 para el lavado	49
7.23	Idea 1 para el secado	50
7.24	Idea 2 para el secado	50
7.25	Idea 3 para el secado	50
7.26	Idea 4 para el secado	51

7.27	Idea 5 para el secado	51
8.1	Diagrama funcional de la máquina	60
8.2	Esquema de la clasificación	61
8.3	Dimensiones de la tolva	62
8.4	Esquema del sistema de transmisión de potencia en la alimentadora	66
8.5	Esquema de las láminas alienadoras	68
8.6	Medias del cangilón	69
8.7	Llenado de los cangilones	69
8.8	Esquema del sistema motriz de la clasificadora	70
8.9	Piñones de la mesa clasificadora	71
8.10	Dimensiones del sistema de clasificación por peso	72
8.11	Pieza central de la mesa exterior	73
8.12	Soporte soldado	73
8.13	Dibujo esquemático de las medidas del cangilón	74
8.14	Dibujo esquemático de la situación desfavorable 1 y de las dimensiones del sistema portacangilón-cangilón	75
8.15	Dibujo esquemático de la situación desfavorable 2 y de las dimensiones del sistema portacangilón-cangilón	76
8.16	Sistema de Contrapeso	78
8.17	Esquema de la limpiadora	79
8.18	Mesa de rodillos	79
8.19	Transmisión de la limpiadora	79
8.20	Sistema aspersor	82
8.21	Dosificador	82
8.22	Vista frontal del cepillado	83
8.23	Vista frontal del secado	84
8.24	Esquema de la bandeja de drenaje y la tapa protectora del cepillo	84
8.25	Bandeja de drenaje y la tapa protectora del cepillo	85
8.26	Sistema de potencia de los motores de la clasificadora alimentadora y limpiadoras	88
8.27	Sistema de control de los motores de la clasificadora alimentadora y limpiadoras	89
8.28	Sistema de potencia de los motores de los ventiladores	90
9.1	Soporte tolva	92
9.2	Fuerzas aplicadas sobre el soporte de la tolva	92
9.3	Fuerzas aplicadas sobre la tolva	93
9.4	Soportes alimentadora	94
9.5	Láminas alineadoras	94
9.6	Soportes bandas	95
9.7	Tambores de las bandas transportadoras	96
9.8	Fuerzas aplicadas sobre los soportes de los soportes laterales de la alimentadora	96
9.9	Portacangilón y soporte soldado (isometría vista superior)	97
9.10	Fuerzas actuantes sobre el portacangilón	97

9.11	Soporte soldado y portacangilón (isometría vista inferior)	98
9.12	Cangilón	99
9.13	Mesa base de la transportadora de cangilones	99
9.14	Mesa exterior	100
9.15	Estructura de la limpiadora	101
9.16	Paredes laterales protectoras de la limpiadora	102
9.17	Rodillos transportadores	102
9.18	Sistemas aspersor	103
9.19	Cepillado	103
9.20	Dosificador	104
9.21	Ventiladores	105
9.22	Geometría propuesta para el eje del motor	108
9.23	Fuerzas sobre el eje del motor (3D)	108
9.24	Fuerzas sobre el eje del motor (2D)	110
9.25	Gráficas de fuerza de corte y momento flector para el eje del motor	111
9.26	Geometría propuesta para el eje del piñón de ataque de la clasificadora	115
9.27	Fuerzas sobre el eje del piñón de ataque de la clasificadora (3D)	115
9.28	Fuerzas sobre el eje del piñón de ataque de la clasificadora (2D)	116
9.29	Gráficas de fuerza de corte y momento flector para el eje del piñón de ataque de la clasificadora	117
9.30	Geometría propuesta para el eje del piñón de ataque de la clasificadora	120
9.31	Geometría propuesta para el eje de transmisión de la alimentadora 1	120
9.32	Fuerzas sobre el eje transmisión de la alimentadora 1 (3D)	121
9.33	Fuerzas sobre el eje transmisión de la alimentadora 1 (2D)	121
9.34	Gráficas de fuerza de corte y momento flector sobre el eje transmisión de la alimentadora 1	122
9.35	Geometría propuesta para el eje (a) de transmisión a de la alimentadora 2	124
9.36	Fuerzas sobre el eje de transmisión a de la alimentadora 2 (3D)	124
9.37	Fuerzas sobre el eje de transmisión a de la alimentadora 2 (2D)	125
9.38	Gráficas de fuerza de corte y momento flector sobre el eje de transmisión a de la alimentadora 2	125
9.39	Geometría propuesta para el eje (b) de transmisión de la alimentadora 2	127
9.40	Fuerzas sobre el eje de transmisión b de la alimentadora 2 (3D)	128
9.41	Fuerzas sobre el eje de transmisión b de la alimentadora 2 (2D)	128
9.42	Gráficas de fuerza de corte y momento flector sobre el eje de transmisión b de la alimentadora 2	129

9.43	Geometría propuesta para el eje del tambor de potencia de la banda separadora	131
9.44	Fuerzas sobre el eje del tambor de potencia de la banda separadora (3D)	131
9.45	Fuerzas sobre el eje del tambor de potencia de la banda separadora (2D)	132
9.46	Gráficas de fuerza de corte y momento flector sobre el eje del tambor de potencia de la banda separadora	133
9.47	Geometría propuesta para el eje del tambor de potencia de la banda alineadora	135
9.48	Tablero de control tipo 1	139
10.1	Ingreso de frutos a la banda separadora	142
10.2	Frutos ingresando a la banda separadora	143
10.3	Velocidades de los frutos en la banda separadora	144
10.4	Portacangilón y cangilón	145
10.5	Situación desfavorable 1	145
10.6	Situación desfavorable 2	146
10.7	Secuencia del volcamiento del cangilón	147
10.8	Estado inicial del llenado del cangilón	147
10.9	Secuencia del llenado del cangilón	148
10.10	Caso desfavorable del llenado del cangilón	148
10.11	Secuencia del llenado del cangilón con dispositivo	149
10.12	Cangilones en reposo	149
10.13	Cangilones en movimiento	150
10.14	Tensión en las cuerdas con el cangilón en reposo	150
10.15	Tensión en las cuerdas con el cangilón en movimiento	151
10.16	Instante cero del tiempo de caída del fruto	152
10.17	Secuencia del tiempo de caída del fruto	152
10.18	Tiempo de caída del fruto	153
10.19	Límite de peso del contrapeso (a)	154
10.20	Límite de peso del contrapeso (b)	154
10.21	Instante cero del vaciado del cangilón	155
10.22	Secuencia del vaciado del cangilón	155
10.23	Continuación de la secuencia del vaciado del cangilón	156
11.1	Pata 1 y 2 del soporte tolva	160
11.2	Pata 1 y 2 del soporte tolvas unidas	161
11.3	Soporte para las cajas de frutos del soporte tolva	161
11.4	Ángulo de unión del soporte para las cajas de frutos	161
11.5	Piso de la tolva	162
11.6	Primer ensamble tolva	162
11.7	Segundo ensamble tolva	163
11.8	Tolva y soportes	163
11.9	Soporte lateral 1 de la limpiadora	163
11.10	Soporte lateral 1 de la limpiadora	164
11.11	Soporte lateral 1 de la limpiadora	164

11.12	Soporte lateral 2 de la limpiadora	164
11.13	Soporte de la lámina alineadora móvil	164
11.14	Soporte lateral 2 de la limpiadora con soportes de lámina alineadora y de la banda	165
11.15	Lámina alineadora móvil	165
11.16	Primer ensamble portacangilón	166
11.17	Segundo ensamble portacangilón	166
11.18	Primer ensamble soporte soldado	167
11.19	Segundo ensamble soporte soldado	167
11.20	Tercer ensamble soporte soldado	167
11.21	Cuarto ensamble soporte soldado	167
11.22	Ensamble del cangilón	168
11.23	Vista inferior 1 de la mesa	168
11.24	Bases inferiores de la mesa	168
11.25	Vista inferior 2 de la mesa	169
11.26	Soportes de las pistas de rodamiento	169
11.27	Soportes de las pistas de rodamiento de la mesa	169
11.28	Primer ensamble pata 1	170
11.29	Segundo ensamble pata 1	170
11.30	Primer ensamble pata 2	170
11.31	Segundo ensamble pata 2	170
11.32	Ensamble de la base para el tablero de control	171
11.33	Primer ensamble base contrapeso	171
11.34	Segundo ensamble base contrapeso	171
11.35	Ensamble guía de frutos	172
11.36	Primer ensamble soporte limpiadora	172
11.37	Segundo ensamble soporte limpiadora	172
11.38	Tercer ensamble soporte limpiadora	173
11.39	Cuarto ensamble soporte limpiadora	173
12.1	Ubicación de la máquina	178
12.2	Paso 1 y 2 de la instalación de la clasificadora	179
12.3	Pasos 3, 4 y 5 de la instalación de la clasificadora	180
12.4	Pasos 6 y 7 de la instalación de la clasificadora	181
12.5	Paso 8 y 9 de la instalación de la clasificadora	181
12.6	Paso 1, 2, 3 y 4 de la instalación de la alimentadora	182
12.7	Paso 5 y 6 de la instalación de la alimentadora	182
12.8	Paso 7 y 8 de la instalación de la alimentadora	183
12.9	Alimentadora 2	184
12.10	Pasos 1, 2, 3, 4 y 5 de la instalación de la limpiadora	184
12.11	Pasos 6 y 7 de la instalación de la limpiadora	185
12.12	Pasos 8 y 9 de la instalación de la limpiadora	185
12.13	Pasos 10 y 11 de la instalación de la limpiadora	186
12.14	Paso 12 de la instalación de la limpiadora	186
12.15	Máquina Clasificadora-Limpiadora completa	187

ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

Abreviatura o Símbolo	Descripción
°	Grado
%	Porcentaje
“	Pulgada
T	Torque
ω	Velocidad angular
AA	Aluminum Association
AISI	American Iron and Steel Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWs	American Welding Society
bar	Bar
Cant	Cantidad
Cap	Capacidad
cc	Centímetro cúbico
CFM	Pie cúbico por minuto
cm	Centímetro
d	Diámetro
dia	Diámetro
Fig	Figura
FS	Factor de seguridad
g	Gramo
h	Hora
HP	Caballo de potencia
Hz	Hertz
IEC	International Electrotechnical Commission
IL	Índice de levantamiento
ISO	International Organization for Standardization
Kcal	Kilocaloría
Kg	Kilogramo
KHz	Kilo hertz
l	Litro
lb	Libra
LPR	Límite de peso recomendado
m	Metro
m ²	Metro cuadrado
m ³	Metro cúbico
Max	Máximo
min	Minuto
ml	Mililitro

mm	Milímetro
MPa	Mega Pascal
N	Newton
NEMA	National Electrical Manufactures Association
No.	Número
P	Potencia
Pa	Pascal
PL	Peso real
PVC	Cloruro de polivinilo
rad	Radianes
rev	Revolución
RPM	Revolución por minuto
r_p	Radio primitivo
RPS	Revolución por segundo
s	Segundos
s^2	Segundo cuadrado
S_{UY}	Resistencia a la tracción
S_Y	Resistencia a la fluencia
t	Tiempo
Ton	Tonelada
V	Voltio
V_{BA}	Velocidad banda alineadora
V_{BS}	Velocidad banda separadora
V_{CC}	Velocidad cadena transportadora de cangilones
W	Watt

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN Y ALCANCES

1.1 Introducción

Empresas venezolanas del área de la agricultura, se encuentran actualmente en búsqueda de satisfacer una necesidad: clasificar por peso y limpiar sus productos. En el presente capítulo se expondrán los objetivos propuestos para la realización de este trabajo y sus alcances, así como también una solución para satisfacer dicha necesidad.

1.2 Antecedentes

Madoca Servicios C.A. es una empresa dedicada a la fabricación y diseño de invernaderos; el Vivero El Horticultor J.J.R. C.A. cultiva vegetales organopónicos (tomates y pimentones); y plantas como el papagayo, el crisantemo, la coqueta, entre otras. Ambas están ubicadas en la Universidad Simón Bolívar, Sartenejas-Baruta, Estado Miranda, y poseen una relación comercial establecida.

El Vivero El Horticultor J.J.R. C.A., necesita clasificar sus productos por calidad (1°, 2° y 3°), al presente lo realizan por tamaño, haciendo pasar manualmente los tomates y pimentones a través de unos agujeros de determinado diámetro para cada clase. Debido a que el sistema actual significa más tiempo, mayor número de empleados y, debido a que estudios recientes han demostrado que el tamaño no es la mejor característica para seleccionar los vegetales, se plantea la posibilidad de realizar la categorización por peso y automatizar el proceso, potenciando el desarrollo y crecimiento de la empresa. De igual forma, también existe la necesidad de agilizar el proceso de limpieza de los productos, puesto que éstos tienen aditivos químicos para evitar plagas y enfermedades en las plantas, por lo que, es importante que la máquina también realice dicho proceso.

Madoca Servicios C.A., con miras a la expansión y consciente de la problemática existente para el desarrollo de la pequeña y mediana industria de la

agricultura, conjuntamente con el Vivero El Horticultor J.J.R. C.A, plantean la posibilidad de construir una máquina clasificadora y limpiadora de verduras, especialmente tomates y pimentones.

Así mismo, Madoca Servicios C.A., cuenta con experiencia en construcción de invernaderos. Cuando comenzaron la implantación de ésta infraestructura, se encontraron con limitaciones puesto que en aquel entonces solamente eran importados y, además de los costos, la asesoría técnica, los repuestos y el tiempo de espera, entre otros, afectaban el proceso severamente. A partir de allí emprendieron la tarea de diseño y construcción de invernaderos con materiales nacionales. Puesto que la experiencia fue exitosa, plantean seguir el mismo plan de acción.

En cuanto a los equipos que otras compañías internacionales ofrecen, a simple vista se le pueden identificar varias limitaciones para ser adquiridos por productores venezolanos independientes tales como el Vivero El Horticultor, quienes producen en baja proporción. Dentro de las más importantes, se encuentran el costo (valor en moneda extranjera: euro), la capacidad de la máquina (que resulta elevada e inadecuada a la realidad de la empresa) y el uso de tecnología. A este respecto, si bien muchos equipos permiten clasificar el producto en base al daño interno del fruto, color, entre otros; es cierto también que en Venezuela la mano de obra calificada para la operación de la máquina es escasa, en particular en la empresa en cuestión. Por esto, ellos mismo solicitan un equipo de fácil manejo.

1.3 Planteamiento del problema

Como se explicó anteriormente, el Vivero El Horticultor J.J.R. C.A, necesita clasificar sus productos por calidad (1°, 2° y 3°), al presente lo realizan por tamaño, haciendo pasar manualmente los tomates y pimentones a través de unos agujeros de determinado diámetro para cada clase. Debido a que el sistema actual significa más tiempo, mayor número de empleados y, debido a que estudios recientes han demostrado que el tamaño no es la mejor característica para seleccionar los vegetales, se plantea la posibilidad de realizar la categorización por peso y automatizar el

proceso, potenciando el desarrollo y crecimiento de la empresa. De igual forma, también existe la necesidad de agilizar el proceso de limpieza de los productos, puesto que éstos tienen aditivos químicos para evitar plagas y enfermedades en las plantas, por lo que, es importante que la máquina también realice dicho proceso.

Finalmente, Madoca Servicios C.A., con miras a la expansión y consciente de la problemática existente para el desarrollo de la pequeña y mediana industria de la agricultura, conjuntamente con el Vivero El Horticultor J.J.R. C.A, plantean la posibilidad de construir una máquina clasificadora y limpiadora de verduras, especialmente tomates y pimentones.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseño de una máquina clasificadora y limpiadora de vegetales para la producción de un vivero.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Definir la cantidad y el tipo de vegetales que se desea procesar con la máquina.
2. Estudiar los métodos de clasificación para los diferentes tipos de vegetales a ser procesados.
3. Estudiar diferentes tecnologías de máquinas para aplicaciones similares.
4. Estudiar a los usuarios y los parámetros ergonómicos involucrados en el problema.
5. Establecer las especificaciones de diseño.
6. Proponer conceptos solución utilizando técnicas creativas.
7. Seleccionar un concepto solución para la máquina clasificadora y limpiadora de vegetales, sobre la base de los criterios de diseño establecidos.
8. Definir los componentes constructivos de la máquina.

9. Seleccionar el sistema de instrumentación.
10. Determinar las solicitudes a las cuales estará sometida la máquina y verificar que el diseño propuesto soporte las mismas.
11. Analizar la cinemática de los componentes de la máquina utilizando un software computacional.
12. Seleccionar los materiales y los procesos de manufactura que se utilizaran para la fabricación de la máquina.
13. Estimar los costos de fabricación del equipo.
14. Elaborar los planos del equipo.
15. Elaborar los manuales de instalación, operación y mantenimiento.

1.5 Alcances

1. Determinación de la cantidad y tipo de vegetales a ser procesados.
2. Establecimiento de los aspectos ergonómicos, tecnológicos y de usuarios con el fin de establecer las especificaciones de la máquina clasificadora y limpiadora de vegetales a ser diseñada.
3. Evaluación de los conceptos solución, sobre la base de criterios previamente establecidos.
4. Selección de los materiales sobre la base de las condiciones de trabajo, carga y ambiente.
5. Análisis de la cinemática de los componentes de la máquina utilizando un software computacional.
6. Estimación de los costos de fabricación de la máquina.
7. Elaboración de los planos de la máquina.
8. Elaboración de manuales de operación, instalación y mantenimiento.

CAPÍTULO 2

ESTUDIO DE LA PRODUCCIÓN DE “EL VIVERO EL HORTICULTOR J.J.R.”

2.1 Introducción

Para satisfacer la necesidad de El Vivero el Horticultor J.J.R. de diseñar y construir una máquina que clasifique por peso y limpie sus productos, es necesario obtener datos relacionados con su producción. Es por ello, que el presente capítulo proporciona información detallada sobre el nivel de producción, el tipo de vegetales cultivados y los estándares de clasificación de dichos frutos.

2.2 Descripción de los productos a ser procesados

Los vegetales cultivados principalmente por el vivero son el tomate y el pimentón. El tipo de tomate cosechado es el manzano, y de pimentón son el amarillo, el naranja y el rojo. Las semillas utilizadas para cultivar los tomates es la *Hazera 3057* y para los pimentones, la *Rogers Van Crusader*.

En el vivero realizan la recolección de los frutos dos veces por semana. Actualmente la máxima capacidad de producción del vivero es de 8000 Kg/semana (Aproximadamente un 70 % de tomates y un 30% de pimentones). El criterio de selección para cortar los vegetales es según su grado de madurez; esto es, se observa la coloración de la epidermis del fruto, sí ésta presenta un índice de coloración entre 1 y 2 (De acuerdo con Norma Covenin, No. 165-83), quiere decir que el fruto ha llegado a su completo desarrollo y debe ser cortado. Los cortes se realizan de forma manual y los frutos van siendo almacenados en cajas, las cuales después serán llevadas al área de clasificación y limpieza.

La producción promedio de los vegetales en el vivero es de: un 70 % de primera, 25 % de segunda y 5 % de tercera. Por ejemplo, en la recolección de vegetales del 17 de Enero del 2005, se apreció:

Fruto	Diámetro promedio* (cm)			Diámetro máximo (cm)	Diámetro mínimo (cm)
	1° Calidad	2° Calidad	3° Calidad		
Tomate manzano	8,25	6,95	5,91	12,41	3,52

* Diámetro perpendicular al eje del raballo.

Tabla 2.1 Tamaño de los tomates.

Fruto	Tamaño promedio (cm)						Ancho o Alto máximo (cm)	Ancho o Alto mínimo (cm)
	1° Calidad		2° Calidad		3° Calidad			
	Ancho	Alto	Ancho	Alto	Ancho	Alto		
Pimentón amarillo	10,9	11,2	8,8	8,4	6,6	6,3	12,9	5,9
Pimentón anaranjado	10,1	13,1	7,4	9,4	4,8	6,1	15,3	4,7
Pimentón rojo	10,4	12,6	7,6	8,4	5,5	5,1	13,8	3,6

Tabla 2.2 Tamaño de los pimentones

2.3 Clasificación de los productos según su peso y tamaño

Existe una estrecha relación entre el diámetro y el peso de los tomates. Sin embargo, esa relación puede cambiar entre variedades o en función de las condiciones de cultivo. Con los pimentones es diferente, no hay una relación definida entre el ancho y peso, ni para las diferentes variedades (amarillo, naranja, rojo), ni para los pertenecientes a una misma categoría, ya que pueden salir anchos y bajos, o altos y delgados, y tener un peso aproximadamente igual. Precisamente por ello, se recomienda que la máquina clasifique los frutos por peso, ya que las dimensiones (ancho/alto) del mismo están relacionadas con el peso. Por consiguiente, a mayor peso mayor calidad, siempre y cuando el fruto se encuentre sano.

La clasificación por tamaño, peso y demás características, la realiza en el vivero de la siguiente manera, de acuerdo con Norma Covenin, No. 165-83.

2.3.1 Clasificación de los tomates

Debido a sus características similares dentro de cada clase, como lo son la forma, tamaño y peso, la clasificación se realiza por tamaño y están definidas por:

- *1° Calidad:* Mayores a 7 cm de diámetro, esto equivale en peso a los mayores de 180 g. Los tomates de esta clase deben estar: enteros, limpios, sanos, firmes, bien formados, sin rajaduras, sin magulladuras, sin roturas, sin cicatrices, que estén fisiológicamente maduros, sin quemaduras de sol; libres de humedad, olor y sabor extraño, libres de residuos de plaguicidas, deben tener la forma típica de la variedad.
- *2° Calidad:* Entre 6 cm y 7 cm de diámetro, esto equivale en peso a los comprendidos entre 140 g y 180g. Los pertenecientes a esta clase deben ser: libres de quemaduras de sol, no deben presentar huellas de ataques de plagas, estar libres de necrosis tales como tapa o culillo, poseer las características típicas de la variedad, libres de rajaduras, magulladuras, roturas y cicatrices. Esta clase también incluye a los tomates que cumplen con las características de tamaño y peso, pertenecientes a los de 1° calidad, pero que por no cumplir algunas de las demás características, son excluidos como de esa categoría.
- *3° Calidad:* Menores a 6 cm de diámetro, esto equivale en peso a los menores de 140 g.

2.3.2 Clasificación de los pimentones.

Para los pimentones, debido su forma irregular, no hay un tamaño específico que determine la calidad a la cual pertenece cada uno. La selección se realiza por observación de la persona que los limpia. Aproximadamente, se clasifican por peso, las clases se definirán por:

- *1° Calidad:* Mayores a 220 g. que deben cumplir con: estar enteros, limpios, sanos, firmes, bien formados, sin rajaduras, sin magulladuras, sin roturas, sin cicatrices, que estén fisiológicamente maduros, sin quemaduras de sol; libres de humedad, olor y sabor extraño, libres de residuos de plaguicidas, deben tener la forma típica de la variedad.
- *2° Calidad:* Entre 100g y 220 g. Deben cumplir con: libres de quemaduras de sol, no deben presentar huellas de ataques de plagas, poseer las características típicas de la variedad, libres de rajaduras, magulladuras, roturas y cicatrices. Esta clase también incluye a los pimentones que cumplen con las características de peso pertenecientes a los de 1° calidad, pero que por no cumplir algunas de las demás características, son excluidos como de 1° calidad.
- *3° Calidad:* Menores a 100 g.

2.4 Limpieza de los productos

La limpieza de los frutos después del corte se realiza principalmente por dos razones, la primera es para quitar la suciedad: tierra, polvo, hojas, microorganismos no deseados, productos químicos (fumigaciones), por lo que se requiere de un lavado que los remueva. Y la segunda es recubrirla mediante una solución que ayudan a preservar los frutos por más tiempo.

Por tanto, para obtener una adecuada presentación e higienización de los frutos, es necesario separar y eliminar la suciedad existente sobre la epidermis de los vegetales empleando un lavado previo a su distribución, con soluciones químicas y agua, así como también ser escurridos para evitar que el vegetal se dañe.

Actualmente, en el vivero realizan el lavado de los tomates mediante inmersión en una solución desinfectante y preservativa (50 cc de CitruPar-80 en 180 l de agua), luego son pasados a través de una mesa de rodillos giratorios para cepillarlos y secarlos con paños. Los pimentones son lavados a mano, empleando un trapo remojado en solución desinfectante y preservativa.

CAPÍTULO 3

INVESTIGACIÓN DE USUARIOS

3.1 Introducción

Para establecer las características propias de la máquina a diseñar, es necesario obtener información detallada acerca de lo concerniente al proceso de clasificación y limpieza de vegetales. Esto se obtiene a partir de un estudio con las personas involucradas o ejecutoras de dicho proceso, así como también es necesario conocer los requerimientos y requisitos del usuario, los cuales se serán definidos en el desarrollo de este capítulo.

3.2 Objetivos de la investigación de usuarios

El objetivo de esta investigación es obtener información detallada del procedimiento de trabajo y de las personas que van a estar en contacto directo con el proceso de clasificación y limpieza de los vegetales.

3.3 Identificación de usuarios

Los trabajadores del vivero que realizan la clasificación y limpieza de los pimentones y tomates, son obreros mayores de 25 años, se encuentran dentro del promedio normal de estatura y el grado de instrucción es por lo menos primaria.

3.4 Viaje de usuarios

Los procesos de clasificación y limpieza de los pimentones y tomates son diferentes y, se describen a continuación:

3.4.1 Tomates

- Los tomates llegan al área de trabajo en cajas, desde los invernaderos.



Figura 3.1 Llegada de los tomates al área de clasificación y limpieza.

- Se prepara una solución con agua (180 l) y desinfectante (50 ml), en una tina. Se le agregan los tomates en tandas de 3 cajas que equivalen aproximadamente de 15 kg cada una.



Figura 3.2 Desinfección de los tomates.

- Los obreros, proceden a limpiarlos manualmente.
- Se preseleccionan visualmente por tamaño, al mismo tiempo que son limpiados y sacados de la tina, separándolos en 3 cajas, 1° y 2° calidad, 3° calidad, y dañados.



Figura 3.3 1ª limpieza y preclasificación de los tomates.

- Los tomates de 1° y 2°, son pasados a través de una máquina limpiadora-secadora, (construida por ellos mismos), y los de 3° calidad son dejados a un lado del proceso, ya que, fue concluido para ellos.



Figura 3.4 2ª limpieza y secado de los tomates.

- Los de 1° y 2° después de secados, son clasificados. Colocando los tomates encima de una bandeja con agujeros de 7 cm. cada uno. Esta bandeja a su vez, está colocada sobre una caja. Los tomates que atraviesan los agujeros, son clasificados como 2° y almacenados en dicha caja; los que no atraviesan los agujeros son clasificados como de 1° calidad.



Figura 3.5 Bandejas clasificadoras de tomates.

- Una vez separados por clases, se colocan en cajas diferenciando los de 1° y 2° calidad. Solo los de 1° calidad se etiquetan.



Figura 3.6 Tomates empacados.

3.4.2 Pimentones

- Los pimentones llegan al área de trabajo en cajas, desde los invernaderos.



Figura 3.7 Llegada de los pimentones al área de clasificación y limpieza.

- Se limpian manualmente los pimentones, con un trapo y rociándoles una solución desinfectante, con las mismas proporciones antes descritas.



Figura 3.8 Limpieza y clasificación de los pimentones.

- Se van clasificando visualmente por tamaño, al mismo tiempo que son limpiados, separándolos en 1°, 2°, 3° calidad y dañados.
- Una vez separados por clases, se colocan en cajas diferenciando los de 1° y 2° calidad. Solo los de 1° calidad se etiquetan.

3.5 Requerimientos de usuario

Los requerimientos de usuario son, precisamente, las exigencias mínimas deseadas por los usuarios de la máquina, para esto es necesario tomar en cuenta varios factores, los cuales son:

3.5.1 Desempeño funcional

- *Flujo de Energía:* Los mecanismos serán movidos a través de motores eléctricos y pesos, para la automatización del proceso.
- *Flujo de Información:* Tendrá varios indicadores de funcionamiento como: encendido de la máquina, bajo volumen de líquido en el tanque, obstrucción, tipo de vegetal a ser procesado, entre otros.
- *Flujo de material:* Manejará vegetales.

- *Pasos operacionales:* Se deben separar los vegetales según su calidad o clase, la cual será determinada a través el peso del mismo, Luego los frutos (vegetales) de primera y segunda calidad deben pasar por el proceso de lavado antes de ser despachados.
- *Secuencia de operación:* Se debe realizar primero la clasificación, y seguidamente la limpieza, ya que solo se lavarán los de primera y segunda calidad, ya que son los que son vendidos.

3.5.2 Factores humanos

- *Apariencia:* Estéticamente agradable, primordialmente funcional.
- *Fuerza y control de movimiento:* Interviene al comienzo y al final del proceso de clasificación y selección. Al inicio, puesto que deben volcar los vegetales manualmente sobre una bandeja, cuya altura está por determinarse; y al terminar, se situarán en otra bandeja, y serán recogidos por los empleados y almacenados en cajas.
- *Captación y señales a través de los sentidos:* Por medio de señales visuales en el tablero de control y del ruido que la máquina genere, se podrá conocer como estará funcionando.

3.5.3 Requerimientos físicos

- *Espacios disponibles para su ubicación y embalaje:* El área utilizada para la clasificación y limpieza es de aproximadamente 12 x 5 m (60 m²). No va ser embalada.



Figura 3.9 Área disponible para la ubicación de la máquina.

- *Propiedades físicas:* El tamaño de la máquina debe ser acorde al espacio disponible, así como para poder realizar el mantenimiento adecuadamente.

3.5.4 Confiabilidad

- *Tiempo entre fallas:* Los días de corte son semanalmente y en la mañana. Máximo hacia el final de la tarde ya deben estar clasificados, limpiados y empacados; listos para su despacho, por lo que, las fallas no deben durar más de una semana.
- *Seguridad, peligros involucrados:* Los elementos móviles deben estar cubiertos o fuera del alcance normal de las personas, así como también los dispositivos en donde haya riesgo de choque eléctrico.

3.5.5 Ciclo de vida

- *Distribución y venta:* Actualmente no se tiene pensada la venta de esta máquina u otras similares.
- *Mantenimiento y limpieza:* Aunque solo se usaría dos veces a la semana, el mantenimiento no debe ser muy seguido y la limpieza se estima que se realizará semanalmente.

- *Diagnóstico de fallas:* Se espera que las fallas puedan ser analizadas fácilmente por parte del usuario.
- *Pruebas:* Se realizarán pruebas una vez construido el prototipo, con diferentes tipos de vegetales.
- *Reparación de fallas:* Se espera que el usuario pueda reparar las fallas ocurridas, ya que se le dará las especificaciones técnicas de la máquina.
- *Retiro:* No se espera el retiro por completo de la máquina, si no de algún componente, debido al desgaste.

3.5.6 Recursos disponibles

- *Tiempo:* No se ha establecido aún la fecha límite para construir el prototipo, ya que se espera terminarlo en 16 semanas, que son las equivalentes para la entrega del presente trabajo especial de grado.
- *Costos:* Los más económicos, afectando lo menos posible la calidad.
- *Capital:* Los gastos serán cubiertos en su totalidad por el vivero el Horticultor J.J.R. y Madoca Servicios C.A.
- *Unidades:* Se construirá solo un prototipo.
- *Equipos:* La empresas no cuentan con los equipos necesarios para la construcción de la máquina, sin embargo, posee la facilidad y la disponibilidad para la obtención de los mismos.
- *Normas y estándares relacionados:* Se deben cumplir las leyes y normas, que regulan la manipulación de alimentos.
- *Medio ambiente:* Se estima que el impacto ambiental será mínimo, puesto que los productos a usar para la limpieza y desinfección de los vegetales son biológicos.

3.5.7 Requisitos de manufactura

- *Materiales:* Los recomendados para la manipulación de alimentos.

- *Cantidad:* Se diseñará la máquina procurando emplear la menor cantidad de piezas necesarias para su normal funcionamiento
- *Capacidades de la compañía:* Actualmente, se encuentra produciendo aproximadamente 8000 Kg/semana y se estima que crecerá a 10000 Kg/semana, los cortes se realizan solo dos días a la semana y el proceso poscosecha se hará después del corte en un tiempo de 5 horas. Por lo tanto, la maquina clasificadora y limpiadora deberá procesar 2000 Kg/h de vegetales o más.

CAPÍTULO 4

INVESTIGACIÓN ERGONÓMICA

4.1 Introducción

En este capítulo se hará un estudio de las dimensiones físicas y funcionales del cuerpo humano, para desarrollar los patrones de diseño y requerimientos específicos de la maquina, se utilizarán técnicas en búsqueda de la mejor adaptación de las personar a sus puestos de trabajo, eliminando los aspectos más molesto o perjudiciales.

4.2 Estudio ergonómico

Los parámetros ergonómicos que se especificarán serán los directamente relacionados con los operarios de la máquina. Las interacciones entre la máquina y los operarios se realizará con estos últimos en posición de pie, es por ello, que se presenta las especificaciones de las dimensiones pertinentes para este tipo de actividad de acuerdo con los parámetros antropométricos establecidos para hombres latinoamericanos.

El ser humano tiene buena tolerancia a la postura de pie; una vez que se a asumido tal postura, el individuo no requiere utilizar su cerebro para mantener ese estado, ya que las áreas inferiores del sistema nervioso central se encargan de ese tipo de actuación liberando los centros superiores para las tareas no postulares asociadas al trabajo, tales como pensar o coordinar señales de respuesta (Estrada, 2000).

La posición de pie tiene algunos inconvenientes: los músculos de la pantorrilla, por estar contraídos durante largos períodos presentan fatiga; en muchas personas pueden aparecer varices especialmente si hay factores hereditarios y las lesiones que se posean en los miembros inferiores tiende a agravarse.

4.2.1 Parámetros ergonómicos

Desde el punto de vista del diseño del puesto de trabajo en postura de pie es necesario tener en cuenta algunos aspectos: las dimensiones adecuadas al hombre, tales como la altura de la superficie de trabajo, la localización de los controles y mostradores, la anchura y profundidad de la superficie, la altura de apoyo para los pies, el espacio para el movimiento de los pies a los lados y hacia atrás. Más específicamente:

1. *Altura de la superficie de trabajo:* Esta puede variar dependiendo si el trabajo es de concentración (altura por encima del codo) o de fuerza (altura por debajo del codo).
2. *Altura de la localización de los controles:* Deben estar ubicados de tal manera que queden entre la cintura y la altura del asiento de la mano a 40°.
3. *Altura para la localización de mostradores:* Los mostradores deben quedar localizados dentro del campo visual del usuario, 30° a ambos lados de una línea vertical frente al usuario, 50° como visión de profundidad y 20° por encima de la línea visual de la horizontal.
4. *Ancho y profundidad de la superficie:* Ha de quedar dentro del alcance de las manos del usuario.
5. *Ángulo visual:* De 30° a 35° por debajo de la línea visual.
6. *Alcances frontales:* Cuando se incorpora el hombro se puede superar la dimensión frontal del miembro superior en cerca de 10 cm.
7. *Altura del apoyo para los pies:* El apoyo permite posiciones de descanso de los pies y la columna. En ocasiones se trata de una barra de madera, metal o plástico que se coloca al frente, con el objeto de alternar la postura de los pies, permitiendo que un miembro inferior esté descansado y otro soportando la carga. Debe poseer diferentes alturas para que el usuario pueda graduarlo.
8. *Espacio para miembros inferiores:* El espacio para las rodillas por debajo para la superficie de trabajo se establece para que la rodilla pueda cumplir un papel de

estabilizador y haya un acercamiento del cuerpo a la superficie de trabajo, por lo cual la columna vertebral no requiere curvarse hacia delante para que la persona realice sus movimientos.

9. *Continuidad*: Está definida como permanente, pero debe preverse que haya alternación de los miembros inferiores en el apoyo pie, la cadera puede reposar en un apoyo en forma intermitente. Se recomienda disponer de períodos de descanso.

Los valores antropométricos establecidos para cada una de las dimensiones a considerarse al momento de diseñar el puesto de trabajo de una persona en posición de pie se muestran en las siguientes tablas y figuras.

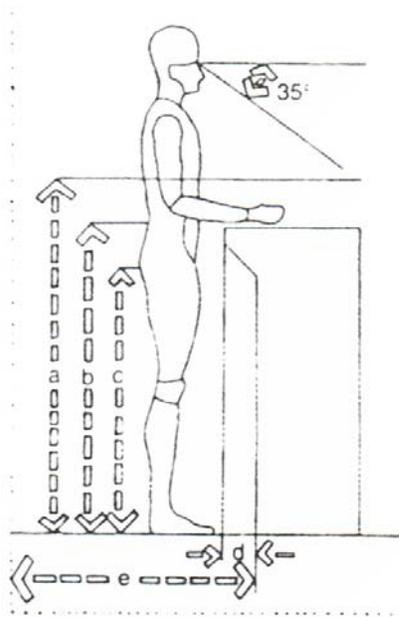


Figura 4.1 Dimensiones de la estación de trabajo en posición de pie.
(Estrada, 2000)

Código	Actividad	Valor
a	Trabajos de precisión	100 a 115 cm
b	Trabajos mecánicos	88 a 100 cm
c	Trabajos pesados	80 a 95 cm
d	Distancia introducir pies	15 cm
e	Distancia para deslizamiento hacia atrás	100 cm
α	Ángulo visual	35° a 38°

Tabla 4.1 Valores aplicables a dimensiones relacionadas con la figura 4.1.
(Estrada, 2000)

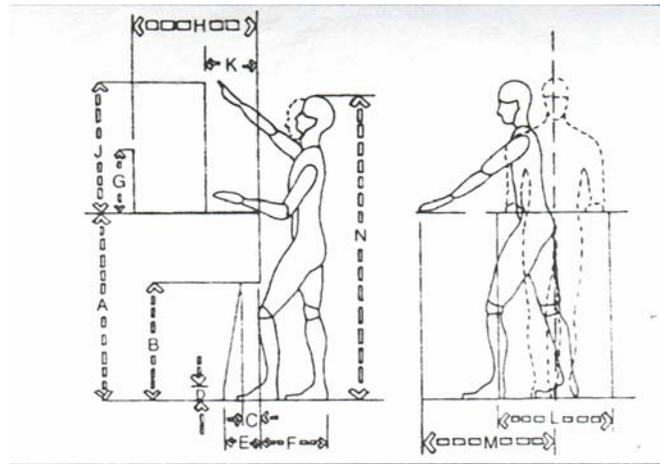


Figura 4.2 Dimensiones para acceso y desempeño del trabajador en posición de pie.
(Estrada, 2000)

Código	Dimensiones	Valores (cm)
a	Altura superficie de trabajo	106.5
b	Altura desempeño rodilla	52.5
c	Ancho desempeño de rodilla	9.7
d	Altura de desempeño del pie	-
e	Ancho del desempeño del pie	19.8
f	Distancia hacia atrás	100.8
g	Máximo acceso en altura	31.4
h	Máximo acceso en distancia	71.4
j	Asir objetos hacia arriba	91.8
k	Longitud hacia delante-arriba	50.4
l	Espacio para agacharse atrás	102.5
m	Extensión lateral máximo alcance	153.8
n	Altura del trabajador	168.6

Tabla 4.2 Media de las dimensiones para acceso y desempeño en la posición de pie en hombres latinoamericanos. (Estrada, 2000)

En el caso del tablero de control de la máquina, se utilizarán las medidas antropométricas antes mencionadas y las estimaciones de la altura de los ojos, así como el ángulo de visión. Dichos valores son:

Variable	Valores (cm)
Altura ojos	158.6
Altura codo parado	106.9

Tabla 4.3 Valores de algunas de las dimensiones antropométricas en la población masculina.
(Estrada, 2000)

4.2.2 Determinación de las condiciones de trabajo

Para hallar la altura de la bandeja de entrada y salida de los vegetales de la máquina se utilizará el criterio para una situación cualquiera de trabajo de levantamiento manual de las cajas de tomates y pimentones, que tienen un peso aproximado de 15 Kg.

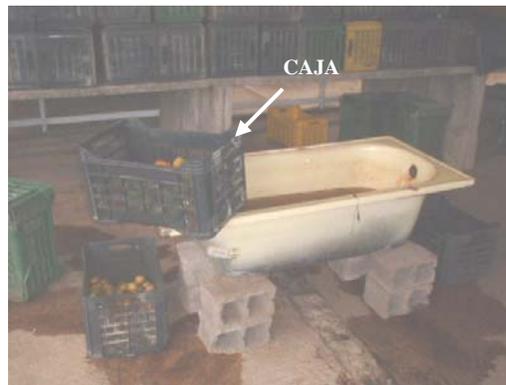


Figura 4.3 Caja de tomates y pimentones.

Limite de peso recomendado (LPR)

El criterio establece que para una situación cualquiera de trabajo de levantamiento manual de cargas existe un LPR, obtenido mediante una fórmula (Estrada, 2000); una vez obtenido éste, se lo compara con el valor de la carga real y se obtiene el índice de levantamiento (IL), que es la relación entre el peso real (PL) y el LPR. Si el IL es menor que 1, el riesgo de lesión será mínimo y el trabajador estará en una condición segura; mientras que, si el IL se encuentra entre 1 y 2, se aumenta el riesgo; cuando el IL es mayor a 2 el riesgo de lesión en la columna y en el sistema músculo-esquelético, aumenta considerablemente. Por lo tanto se puede decir que a medida que aumente el IL, aumenta también el riesgo de lesión.

Este método representa, para una situación de trabajo, el valor del peso (LPR) que más del 90% de los hombres y más del 75% de las mujeres consiguen levantar

sin lesión. En ese nivel el gasto energético es de aproximadamente 3,5 Kcal/min, lo que es compatible con una jornada continua. Cálculo del LPR:

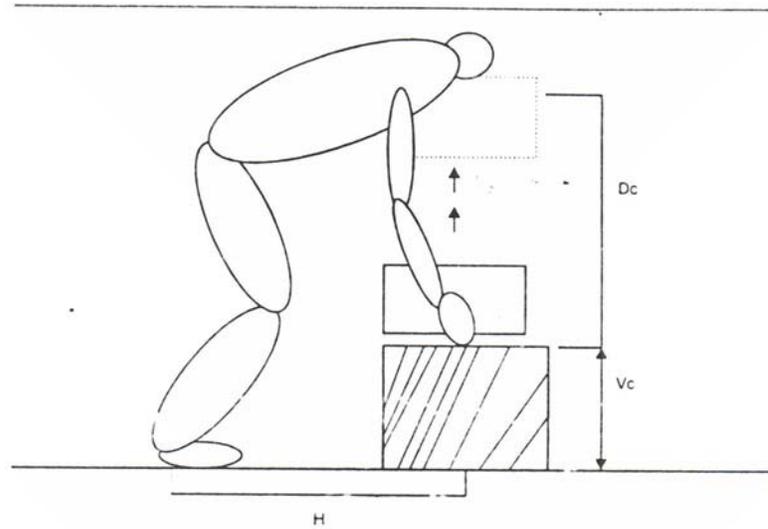


Figura 4.4 Esquema básico para evaluar los factores del LPR.
(Estrada, 2000)

$$\text{LPR} = 23 * (\text{FDH}) * (\text{FAV}) * (\text{FDV}) * (\text{FFL}) * (\text{FRLT}) * (\text{FA})$$

Donde:

Factor de distancia horizontal (FDH)

$$\text{FDH} = 25/H \quad H \text{ [cm]}$$

Factor de altura vertical de la carga (FAV)

$$\text{FAV} = (1 - 0,003 * |Vc - 75|) \quad Vc \text{ [cm]}$$

Factor de distancia vertical recorrida desde el origen hasta el destino (FDV)

$$\text{FDV} = (0,82 + 4,5/Dc) \quad Dc \text{ [cm]}$$

Factor de frecuencia de levantamiento (FFL)

FFL está dado en la siguiente tabla:

Frecuencia Levant/min	Duración del trabajo					
	= 1 hora		= 2 horas		= 8 horas	
	Vc < 75	V = 75	Vc < 75	V = 75	Vc < 75	V = 75
0,2	1,00	1,00	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0,00	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0,00	0,13
11	0,41	0,41	0,00	0,23	0,00	0,00
12	0,37	0,37	0,00	0,21	0,00	0,00
13	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
> 15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla 4.4 Factor de frecuencia de levantamiento
(Estrada, 2000)

Factor de rotación lateral del tronco (FRLT)

$$FRLT = 1 - 0,0032 * A \quad A [^\circ]$$

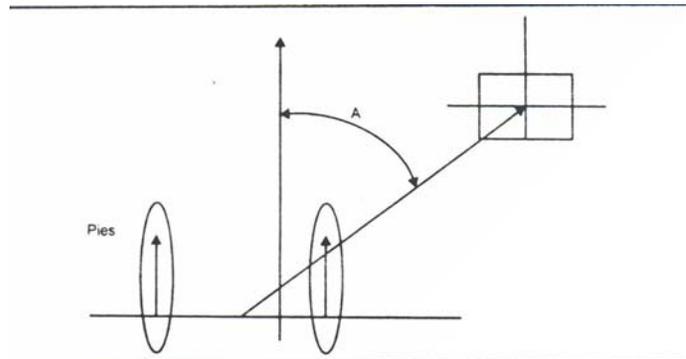


Figura 4.5 Factor de rotación lateral del tronco.
(Estrada, 2000)

Factor de acoplamiento, es decir, la calidad que presenta el punto de agarre de la carga para la mano (FA) y se obtiene de la tabla 4.5.

Acoplamiento	Factor de acoplamiento	
	Vc < 75 cm	Vc > 75 cm
Bueno	1.00	1.00
Razonable	0.95	1.00
Pobre	0.90	0.90

Tabla 4.5 Valores del factor de acoplamiento.
(Estrada, 2000)

Para cada una de las situaciones, desde la caja inferior hasta la superior, se tiene:

1° Caja:

$$LPR = 23 * (25/30) * (1 - 0.003|25 - 75|) * (0.82 + 4.5/55) * (0.815) * (1) * (1) = 11.97$$

2° Caja:

$$LPR = 23 * (25/30) * (1 - 0.003|50 - 75|) * (0.82 + 4.5/30) * (0.815) * (1) * (1) = 14.02$$

3° Caja:

$$LPR = 23 * (25/30) * (1 - 0.003|75 - 75|) * (0.82 + 4.5/5) * (0.815) * (1) * (1) = 26.87$$

4° Caja:

$$LPR = 23 * (25/30) * (1 - 0.003|100 - 75|) * (1) * (0.815) * (1) * (1) = 14.45$$

$$LPR \text{ promedio} = 16.83$$

De acuerdo a la información antes mencionada, se tiene como conclusión en la elaboración de la máquina en cuestión, los siguientes:

1. La distancia horizontal del trabajador a la carga es de 30 cm.
2. La altura de la agarradera con respecto a la base de la caja es de 25 cm.
3. Se colocan 4 cajas, una encima de otra.
4. La altura de la bandeja de entrada de vegetales es de 0,8 m con respecto al suelo.
5. Se realizan como máximo 1 levantamientos por minuto, cada persona. En el volcamiento de los vegetales en la entrada.
6. El trabajador no realiza rotación del tronco al subir o bajar las cajas.
7. Las agarraderas de las cajas son buenas ergonómicamente hablando. Estas son: sin filos cortantes, suficientemente ancha para que pueda ser sujeta con toda la mano (10 cm) y no muy alta para que la mano pueda cerrar (2 cm).
8. $IL = PL/LPR = 15/16.83 = 0.89$, por lo tanto, se puede decir que con las condiciones establecidas anteriormente, se cumple con el criterio del límite del peso recomendado.

CAPÍTULO 5

ESTUDIO DE TECNOLOGÍAS PARA LA CLASIFICACIÓN Y PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS

5.1 Introducción

Para establecer la tecnología y el criterio de clasificación y limpieza de los vegetales acorde al funcionamiento óptimo de la máquina propuesta, es importante conocer las diferentes tecnologías presentes en el mercado y los sistemas utilizados para la clasificación y limpieza de vegetales. Por ello, en el presente capítulo se procede a describir máquinas comerciales para el lavado y clasificación de vegetales.

5.2 Proceso de clasificación de los vegetales

Generalmente, las máquinas clasificadoras no están diseñadas para procesar un solo tipo de vegetales o frutos, sino que son capaces de procesar diferentes tipos, pero uno a la vez, entre los cuales tenemos: tomates, pimentones, berenjenas, aguacates, pepinos, lechugas, mangos, naranjas, mandarinas, peras, manzanas, entre otros.

Existen criterios y normas establecidas que debe cumplir un vegetal o fruto, para poder determinar su calidad y clasificarla, con el fin de mantener aproximadamente los mismos parámetros cualitativos dentro de cada clase (1°, 2° y 3° calidad). Entre los criterios están: tamaño, peso, calidad o daño interno del fruto, color de la epidermis (maduración), grado de azúcar, acidez y exceso de agua. En su mayoría utilizan equipos electrónicos, como cámaras y rayos que lo penetran, para poder determinar el estado en que se encuentran los frutos, esto es, para poder observar sus cualidades internas sin dañarlo. Así mismo, las capacidades de procesamiento de estas máquinas son para volúmenes industriales, los cuales van desde los 18000 frutos/h.

La selección juega un papel importante en el control de la eficiencia de los muchos procesos de manufactura de los alimentos, puesto que: a) son más adecuados para las operaciones mecanizadas, y b) desde el punto de vista del consumidor los productos seleccionados son más atractivos a la vista y permiten servir porciones de tamaño uniforme. Esto último es de gran importancia para los embalajes de distribución al consumidor. Entre los métodos de selección más comunes tenemos:

- Selección por peso: Las maquinas seleccionadoras por pesos están sustituyendo cada vez mas a la seleccionadora por tamaño, debido a que posibilita una separación más precisa. Por lo tanto, muchas frutas y hortalizas se seleccionan por peso, debido a que la no uniformidad de los tamaños hace inaceptable la selección por tamaño. A continuación se muestran algunos métodos de selección por pesos:
 - Utilización de bolsas, cangilones, etc. unida a ejes móviles provistos de contrapesos. A medida que el eje pasa a lo largo del seleccionador, el punto del eje se mueve hacia el contrapeso todo el tiempo que sea necesario para que la fruta haga que el eje gire, descargando la fruta en canales según la categoría del peso.
 - Mediante los principios de catapultas se seleccionan frutas con exactitud y sin lesiones. Las frutas alimentan una a una a catapultas que lanza la fruta a uno de los canales de recogida montados sobre un dispositivo. La altura de la trayectoria de la fruta y, por tanto, la posición de los canales, esta relacionada con el peso de la fruta.
 - Los recientes avances sobre máquinas de selección por peso, comprende el empleo de transductores electromecánicos e hidrostáticos para detectar la diferencia de pesos y, a menudo, mejoran los sistemas controlados por computadoras para dirigir las unidades a los canales de preselección.
- Selección por tamaño: Esta selección fundamentalmente se realizan por tamices y este se divide en tamices de aperturas fijas y de aperturas variables.

En los tamices de apertura fija se utilizan hojas metálicas perforadas con agujeros, ranuras u otras formas, telas metálicas, tejidos y cedas de tramas variadas, el movimiento de los alimentos sobre el tamiz se puede producir por movimientos rotatorio, vibratorio o giratorio de los marcos que se soportan el tamiz.

Los tamices de apertura variable pueden ser variables continuamente o variables descontinuamente. Se incluyen en el primer grupo la seleccionadora de rodillos, cables y cintas en la que los alimentos pasan a lo largo de una ranura de anchura continuamente creciente. El otro grupo comprende algunos tipos de seleccionadores de rodillos y de tornillo.

En los de aperturas variables continuamente, el diseño más sencillo es de un par de rodillos inclinados accionados mecánicamente con pendiente variable desde la entrada a la salida. La apertura o separación entre los rodillos se puede ajustar de forma que se presente a los alimentos una ranura continuamente variable. La rotación de los rodillos orienta a los alimentos en la posición de su forma mas regular, por ejemplo las manzanas se alinean con el eje del raballo paralelo a los rodillos. Otro diseño es el principio utilizado por la patente del seleccionador Grovesend que consiste en un sistema transportador con rodillos en el que la separación entre los rodillos se hace de forma que aumente regularmente desde la entrada hasta la salida.

Las seleccionadoras de cinta desplazan los alimentos a lo largo de una ranura continuamente divergente producida por cintas inclinadas accionadas mecánicamente, este sistema fue mejorado por la seleccionadora Jansen, la fruta es arrastrada por una cinta sin fin afieltrada que se desplaza a lo largo de uno u otro lado de un canal con forma de V; la base de la V se corta con una inclinación tal que la apertura se haga menor cuanto mas cerca esté de la entrada de la seleccionadora.

5.3 Proceso de limpieza de los frutos

Debido a la gran variedad de contaminantes que se encuentran en los frutos, se hace necesario disponer de métodos de limpieza variados, los cuales se pueden clasificar en dos tipos: métodos secos y métodos húmedos.

Casi invariablemente todos estos métodos se utilizan combinados, dependiendo de las características de la materia prima (el fruto), de los contaminantes a separar y de las condiciones que se deseen para los productos limpios.

Métodos secos

Estos métodos presentan la ventaja de ser relativamente baratos y convenientes ya que la superficie del fruto queda seca. Sin embargo, puede haber recontaminación si no se tiene cuidado extremo para minimizar el aventamiento del polvo. Además, las condiciones polvorientas existentes durante la limpieza en seco pueden dar lugar a riesgo de incendios y explosiones. Dentro del método de limpieza en seco, se pueden distinguir dos tipos diferentes de procesos, los cuales son:

- Cepillado y abrasión: El cepillado se realiza por medio de cepillos giratorios de pelo de caballo o material de fibra sintética los cuales tienen una velocidad que está entre 150-200 RPM, para que su rigidez sea la justa de modo que se elimine la suciedad sin dañar la epidermis. La abrasión entre las partículas alimenticias o entre estas y las partes móviles de los aparatos de limpieza se utilizan para ablandar y remover los contaminantes adheridos. Para este fin se utilizan tambores rotatorios, vibradores, discos abrasivos y cepillos rotatorios. Para eliminar la recontaminación, proteger a los operarios y prevenir explosión del polvo, es necesario prestar una escrupulosa atención a la eliminación del polvo.
- Limpieza por aspiración: El principio de aspiración en la limpieza de vegetales y verduras, se emplea como un proceso posterior a la limpieza por abrasión, eliminándose selectivamente los residuos mediante corrientes de aire.

Métodos húmedos

La limpieza húmeda es eficaz para eliminar las partículas del suelo firmemente adheridas y es útil porque permite el empleo de detergentes y productos sanitarios. Sus desventajas serían el empleo de gran cantidad de agua (dependiendo de la cantidad de frutos procesados), y las superficies húmedas se alteran con más rapidez de tal modo que se necesita un secado final. Dentro de los tipos de limpieza húmeda se tiene:

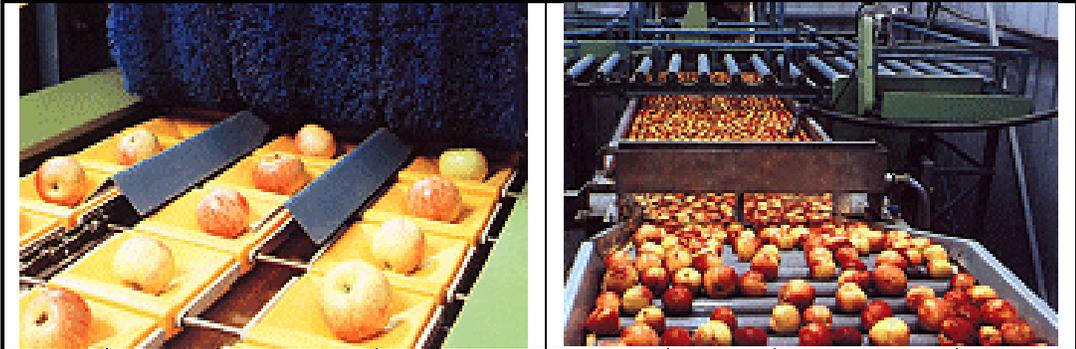
- Inmersión: Es el método mas simple de la limpieza húmeda. La tierra adherida resulta así ablandada y en parte desprendida y desechada juntos con las piedras, arena y otras sustancias abrasivas que puedan dañar la maquina utilizada en los siguientes pasos de la limpieza. Los depósitos de inmersión son de metal, cemento liso u otros materiales de construcción adecuados para la limpieza regular y desinfección. Los materiales absorbentes, como la madera, no se deben utilizar. Se les provee de salidas con rejillas por el fondo para eliminar las tierras densas y de salidas laterales para quitar las materias ligeras que flotan y que en otro caso serian arrastrada junto con el producto limpio.
- Aspersión: Probablemente este sea el método de lavado húmedo más utilizado; durante el mismo se exponen las superficies del fruto a duchas de aguas. La eficiencia del lavado por aspersión depende de la presión del agua empleada, el volumen de agua utilizado, la temperatura del agua, la distancia del fruto al origen de la aspersión, el tiempo de exposición y el número de duchas utilizadas. La mejor combinación, en general, es un volumen de agua pequeña a presión elevada.
- Flotación: El método tiene como fundamento la diferencia de densidad o flotación entre las partes valiosas e indeseables de los frutos a limpiar. Como las manzanas magulladas o podridas se hunden en agua, se puede efectuar la separación sumergiéndolas en agua y recorriendo la fruta sana que quedará flotando. Los productos indeseables pesados se pueden extraer pasando el producto sucio por

una serie de compartimientos separados por láminas ajustables. Los productos contaminados más pesados son atrapados y permanecen retenidos por la lámina. El producto, contaminado ahora solo con sustancias con mayor flotabilidad experimenta una purificación posterior, pasando por un tamiz vibratorio en el que por aspersion de agua se extraen los contaminantes finos.

- **Limpieza ultrasónica:** Tratamiento de un fluido por ondas ultrasónicas de frecuencias entre 20 y 100 KHz produce una aspersion rápidamente alternante en la parte del fluido por donde pasan las ondas dando lugar a la formación y colapso rápido de burbujas en el fluido, con el consiguiente desprendimiento de energía en el sistema que causa la agitación violenta de las partículas sumergidas en el fluido. La limpieza ultrasónica, utilizando agua o soluciones detergentes, encuentra amplias aplicaciones en la industria en general, pero su aplicación en las industrias de los alimentos parece estar limitadas a estudios experimentales.

5.4 Fichas tecnológicas

- *Clasificadoras:*



Marca	Modelo	Tipo de fruta o vegetal	Tipo de clasificación	Precisión	No. de canales	Cap. de procesamiento	Max. tamaño de la fruta o vegetal
Eshet Eilon	Eshet 2000	Pimentón, aguacate, mango, *	Peso	1,5 g	1 a 8	18000 frutos/hora-canal	200 mm

* lechosa, melón y pescados.

Tabla 5.1 Especificaciones técnicas de la máquina clasificadora Eshet 2000

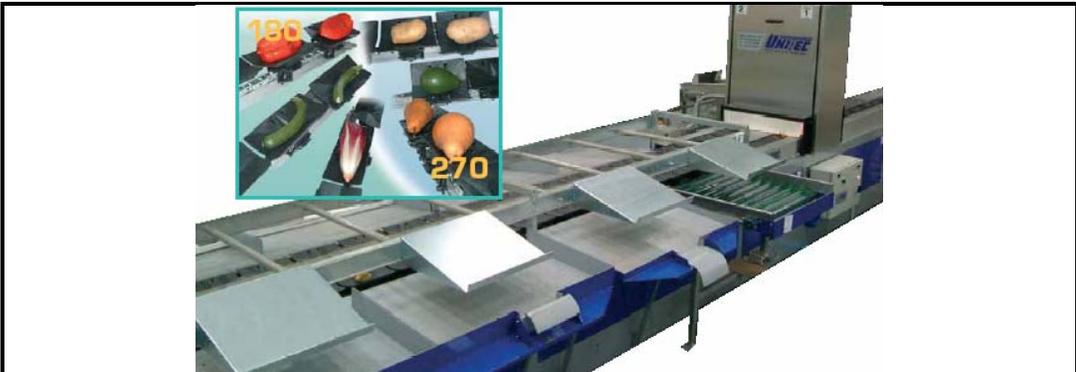
(Eshet Eilon – Tomado de: http://www.latinex.com/latinex/html/spanish2/catalog/eshet_eilon/eshetprod.htm#top).



Marca	Modelo	Tipo de fruta o vegetal	Tipo de clasificación	Precisión	No. de canales	Cap. de procesamiento	Max. tamaño de la fruta o vegetal
UNITEC	UNICAL 600 Mono	Kiwi, ciruela, albaricoque, manzana, *	Peso	1 g	1	57600 frutos/hora-canal	89 mm
			Color	-			

* pera, melocotón, nectarina, tomate, naranja y mandarina.

Tabla 5.2 Especificaciones técnicas de la máquina clasificadora Unical 600 Mono
(Unitec – Tomado de: <http://www.unitec-group.com/esp/brochure.htm>).



Marca	Modelo	Tipo de fruta o vegetal	Tipo de clasificación	Precisión	No. de canales	Cap. de procesamiento	Max. tamaño de la fruta o vegetal
UNITEC	Univers	Vegetales y frutas de todas las dimensiones y formas *	Color	-	1,2	18000 frutos/hora-canal	270 mm
			Peso	-			

* Pera, calabacín, pimentón, berenjena, aguacate, pepino, espárrago, lechuga, chicoria, repollo, papa, alcachofa, coliflor, nabo, apio, piña, mango, etc.

Tabla 5.3 Especificaciones técnicas de la máquina clasificadora Univers
(Unitec – Tomado de: <http://www.unitec-group.com/esp>).



Marca	Modelo	Tipo de fruta o vegetal	Tipo de clasificación	Precisión	No. de canales	Velocidad de la cinta transportadora	Max. tamaño de la fruta o vegetal
Sacmi	F5 MSF	Tomate, cítrico, pera, piña, kiwi, manzana, mango, durazno, ciruela y nectarina.	Peso	-	-	18 a 45 m/min	152 mm
			Tamaño	-			
			Grado de azúcar	0,5 Brix			
			Acidez	10%			
			Exceso de agua	-			
			Daño interno	-			
Madurez	-						

Tabla 5.4 Especificaciones técnicas de la máquina clasificadora F5 MSF

(Sacmi – Tomado de: <http://www.sacmi.com/Products.aspx?IdAzienda=1&IdDivisione=5&IdSottoDivisione=6&IdLinea=120>).



Marca	Modelo	Tipo de fruta o vegetal	Tipo de clasificación	Precisión	No. de canales	Cap. de procesamiento	Max. tamaño de la fruta o vegetal
Sortex	Niagara	Zanahoria, papa, pimentón, cebolla, tomate, manzana, melocotón, aguacate, ciruela, uva, fresa, mora, cereza, etc. (congelada o fresca; trozada, cortada en rodajas o entera)	Color	-	1,2	2 a 10 Ton/hora	550 mm Ancho simple
			Peso	-			
			Daño o calidad interna	-		6 a 20 Ton/hora	1100 mm Ancho doble

Tabla 5.5 Especificaciones técnicas de la máquina clasificadora Niagara.
 (Sortex – Tomado de: <http://www.sortex.com/spanish/fruitveg/htdocs/news2.cfm?id=61>).

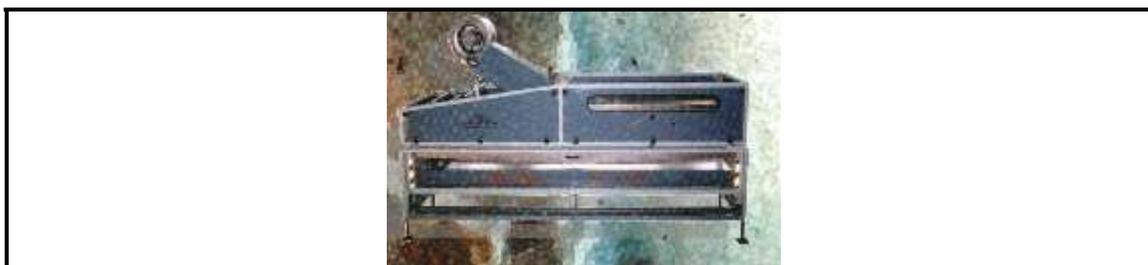
➤ *Limpiadoras:*



Marca	Modelo	Tipo de fruta o vegetal	Función	Tamaño (m) (Ancho/alto/largo)	Cap. de procesamiento	Max. tamaño de la fruta o vegetal
Agrolac	Lavadora secadora	Vegetales y frutas de todas las dimensiones y formas *	Lavado por aspersión Secado por aire	0,6 a 1,5/ 1,0/3	4 Ton/hora	300 mm

* Pera, calabacín, pimentón, berenjena, aguacate, pepino, mango, tomate, etc.

Tabla 5.6 Especificaciones técnicas de la máquina limpiadora-secadora Agrolac.
(Agrolac – Tomado de: <http://www.cpi.udep.edu.pe/empresas/agrolac/lavado%20secado%20encerado.htm>).



Marca	Modelo	Tipo de fruta o vegetal	Función	Tamaño (m) (Ancho/alto/largo)	Cap. de procesamiento	Max. tamaño de la fruta o vegetal
Cedis	CBR 2. 800 By-Pass	Vegetales y frutas de todas las dimensiones y formas.	Lavado por aspersión Cepillado Secado por aire	-	-	-

Tabla 5.7 Especificaciones técnicas de la máquina limpiadora-secadora CBR 2 800 By-Pass.
(Femac – Tomado de: <http://femac.org/femacesp/emp/empresa.html?id=34>).

						
Marca	Modelo	Tipo de fruta o vegetal	Función	Tamaño (m) (Ancho/ alto/largo)	Cap. de procesamiento	Max. tamaño de la fruta o vegetal
Sunkist	HPW	Ofrece un proceso de lavado para cítricos, incluyendo, pero no limitado a las siguientes variedades: Naranjas, limones, pomelos y mandarinas.	Lavado por aspersión	-	-	150 mm

Tabla 5.8 Especificaciones técnicas de la máquina limpiadora Sunkist HPW.
(Sunkist – Tomado de: <http://www.sunkistresearch.com/espanyol/washers/pressurewash.htm>).

						
Marca	Modelo	Tipo de fruta o vegetal	Función	Tamaño (m) (Ancho/ alto/largo)	Cap. de procesamiento	Max. tamaño de la fruta o vegetal
Juvisa	Lavadora	Vegetales y frutas de todas las dimensiones y formas.	Lavado por aspersión	-	20 Ton/hora	-
			Cepillado			
			Ecurrido			

Tabla 5.9 Especificaciones técnicas de la máquina limpiadora Juvisa.
(Juvisat – Tomado de: <http://www.juvisa.net/Maquinas.htm>).

CAPÍTULO 6

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

6.1 Introducción

Luego de la información expuesta en los capítulos anteriores, se procede en el presente capítulo a desarrollar las especificaciones de diseño en las cuales se basará la construcción de la máquina.

6.2 Requisitos de la máquina

1. Debe clasificar y limpiar distintos tipo de vegetales, los cuales tendrán un tamaño máximo de 16 cm.
2. Procesará 2000 Kg/h de vegetales, esto dependerá del tipo de vegetal, ya que para cada tipo se presentan diferentes tamaños y pesos característicos.
3. La limpieza debe ser húmeda.
4. Las uniones pueden ser soldadas, remachadas o atornilladas; dependiendo el caso.
5. El tamaño no debe exceder los 5 m de ancho, 8 m de largo y 2 m de alto. Esto para la comodidad de los trabajadores a momento de usar la máquina o realizarle mantenimiento.
6. La apariencia externa de la máquina debe ser estéticamente agradable, primordialmente funcional; se cuidará que posea contornos suaves y sin bordes externos afilados.
7. Los materiales constitutivos que estén en contacto directo con los vegetales deben ser los recomendados para el trabajo con lo mismos, puede ser acero inoxidable, plástico, acero con recubrimientos de plásticos, goma; y los restantes materiales deben estar acordes al proceso en el que esté involucrado.
8. La bandeja de entrada de los vegetales estará como máximo a 1 m de altura con respecto al suelo.

9. El tablero de control estará a una altura entre 1,06 m y 1,7 m, con características ergonómicas.
10. No habrá una cantidad mínima de vegetales para poder poner en funcionamiento la máquina.
11. Debe tener indicador de encendido.
12. Debe tener una válvula reguladora del suministro de agua.
13. Los elementos móviles deben estar cubiertos fuera del alcance normal de las personas, así como también los dispositivos en donde haya riesgo de choque eléctrico.
14. Debe clasificar los vegetales por peso, diferenciándolos en 1°, 2° y 3° calidad. Específicamente se debe cumplir para los tomates y pimentones:

Vegetal	1° Calidad	2° Calidad	3° Calidad
Tomates	Peso ≥ 180 g	$140 \text{ g} \leq \text{Peso} < 180 \text{ g}$	Peso < 140 g
Pimentones	Peso ≥ 220 g	$100 \text{ g} \leq \text{Peso} < 220 \text{ g}$	Peso < 100 g

Tabla 6.1 Estándares de clasificación por peso
(Estándares de clasificación utilizados por el vivero el Horticultor J.J.R.).

15. Debe tener desagües o mecanismos para la fácil eliminación del agua residual, producto del proceso de limpieza de los vegetales.
16. La máquina como tal es fija; no estará diseñada para ser trasladada de lugar.
17. La fuente de energía eléctrica es de 220 V, por lo cual el sistema eléctrico debe trabajar con ese voltaje o uno inferior (110 V).
18. Los vegetales no pueden ser lanzados en caída libre desde una altura mayor a 20 cm. En caso de ser mayor se deben utilizar amortiguadores de caída acordes al caso.
19. El vaciado de los envases con los vegetales, en cualquier etapa, no puede ser mayor de 25° de inclinación. En el caso que sea mayor, se pueden utilizar envases con tapas antes de ejecutar la inclinación hasta el ángulo de reposo de los frutos y a continuación retirar la tapa y dejar salir los frutos gradualmente.
20. Se debe realizar una preselección para evitar que los vegetales inferiores a 50 mm sean procesados por la clasificadora, esto, para evitar que entren varios frutos pequeños en lugar de uno de tamaño aceptable.

CAPÍTULO 7

GENERACIÓN, SELECCIÓN Y DESARROLLO DE SOLUCIONES

7.1 Introducción

En el presente capítulo se procederá a la búsqueda de nuevas soluciones mediante dos métodos: la tormenta de ideas, como técnica creativa, con la cuál se plantearán distintas alternativas de solución; y, la elaboración de la matriz morfológica, para seleccionar el concepto solución más adecuado.

7.2 Funciones de la máquina

Luego de observar el proceso realizado por los trabajadores y considerando los requerimientos de usuario, se ha establecido que las funciones que llevará a cabo la máquina son las siguientes:

7.2.1 Clasificación de vegetales

Una vez que los frutos han sido trasladados desde los invernaderos al área de trabajo, se procederá a la clasificación de los mismos, de acuerdo al peso, en tres clases: 1°, 2° y 3° calidad; por lo que, se hará pasar cada uno por un sistema de pesaje. Las funciones son las siguientes:

- Alimentación de la máquina y preselección por tamaño: Esta será la primera parte de la máquina. Consistirá en verter las cajas de frutos provenientes de los invernaderos en unas bandejas/contenedores lo suficientemente grande para que la caja se vacíe en su totalidad. También se realizará una preselección, sustrayendo

los vegetales muy pequeños a fin de evitar que éstos agrupados, suplanten a uno de mayor tamaño.

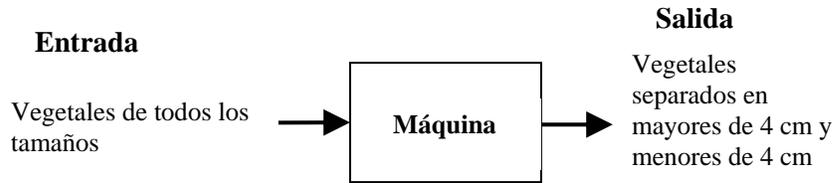


Figura 7.1 Diagrama funcional de la preselección.

- Separación uno a uno de los vegetales (“estilo fila india”): Se separarán los vegetales uno tras otro y serán transportados hacia el pesaje para realizar la clasificación.

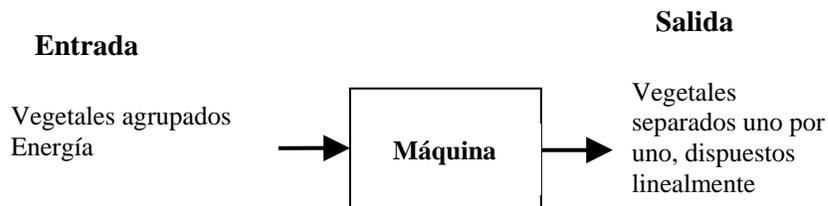


Figura 7.2 Diagrama funcional estilo fila india.

- Clasificación por peso de los vegetales: Se pesará cada uno de los vegetales y se comparará con los pesos exigidos para cada clase; teniendo en cuenta esta información se separarán los frutos por su peso.

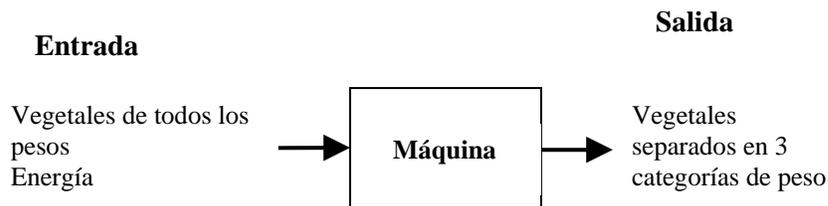


Figura 7.3 Diagrama funcional de la clasificación por peso.

7.2.2 Lavado y escurrido de vegetales

Seguidamente después de la separación de los frutos según su peso, se procederá al lavado y secado de los de primera y segunda clase; dejando sin lavar los vegetales que han sido clasificados como tercera calidad.

- Lavado de frutos: Este lavado se efectuará con una solución de agua que contiene una cantidad determinada de desinfectante, lo que dará además de limpieza, durabilidad en los vegetales.

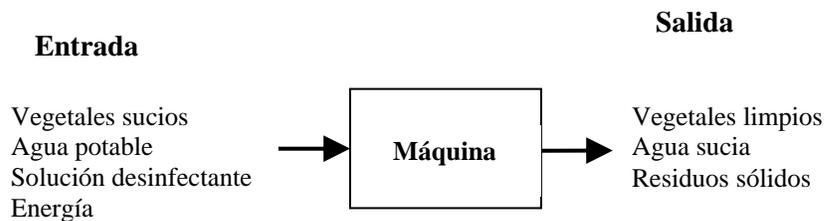


Figura 7.4 Diagrama funcional del lavado.

- Escurreo o secado de vegetales: Por último se secarán para que los frutos estén listos para el consumo humano.

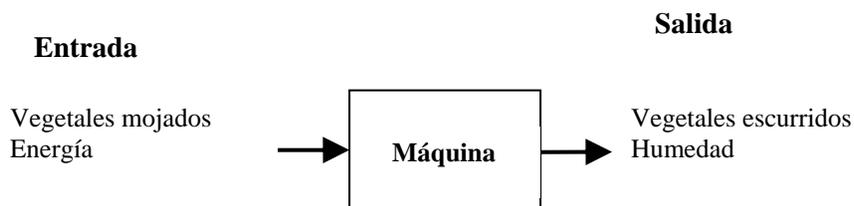


Figura 7.5 Diagrama funcional del secado.

7.2.3 Potencia motriz de máquina

Se requiere que la máquina sea totalmente automatizada, es decir, la menor participación de los obreros en el diseño. Por lo cual dicha máquina tendrá una fuente de energía.

7.3 Ideas o soluciones existentes y conocidas

- Alimentación y preselección por tamaño

1. Manualmente sobre una cinta transportadora.



Figura 7.6 Idea 1 para la alimentación y preselección.

2. Banda transportadora inclinada y canal inclinado, posicionados en V, y separados en su parte inferior (en el vértice de la V).

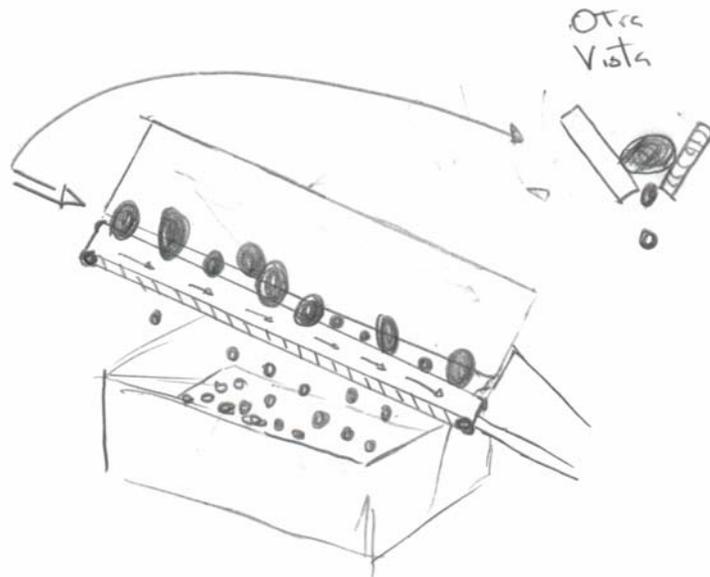


Figura 7.7 Idea 2 para la alimentación y preselección.

3. Mesa de rodillos giratorios, separados a una cierta distancia, la cual se puede variar.

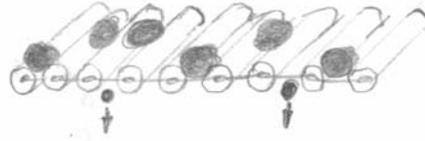


Figura 7.8 Idea 3 para la alimentación y preselección.

4. Una bandeja inclinada o tolva, con agujeros internos para realizar la preselección, y salida frontal de los frutos.

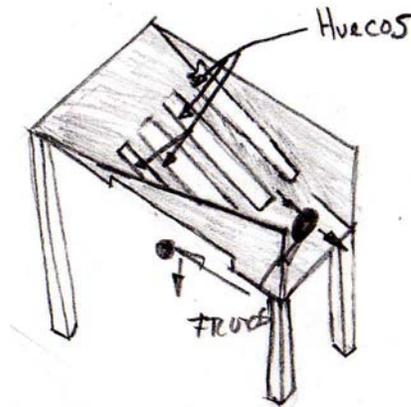


Figura 7.9 Idea 4 para la alimentación y preselección.

5. Tolva con agujeros internos para realizar la preselección, y salida lateral de los frutos.

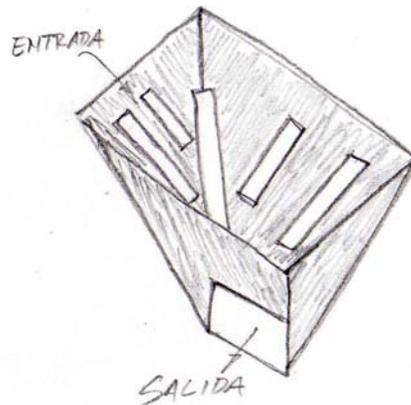


Figura 7.10 Idea 5 para la alimentación y preselección.

- Separación uno a uno de los vegetales (“estilo fila india”)
 1. Un par de rodillos giratorios inclinados, con pendiente variable desde la entrada a la salida.



Figura 7.11 Idea 1 para la separación de uno a uno.

2. Tres cintas transportadoras, la primera para la entrada frontal a la cual se le va disminuyendo el ancho del canal hasta conectar con la segunda de ancho menor que transportará cada fruto hasta la tercera, la cual tendrá unos separadores que los llevara a la clasificadora.

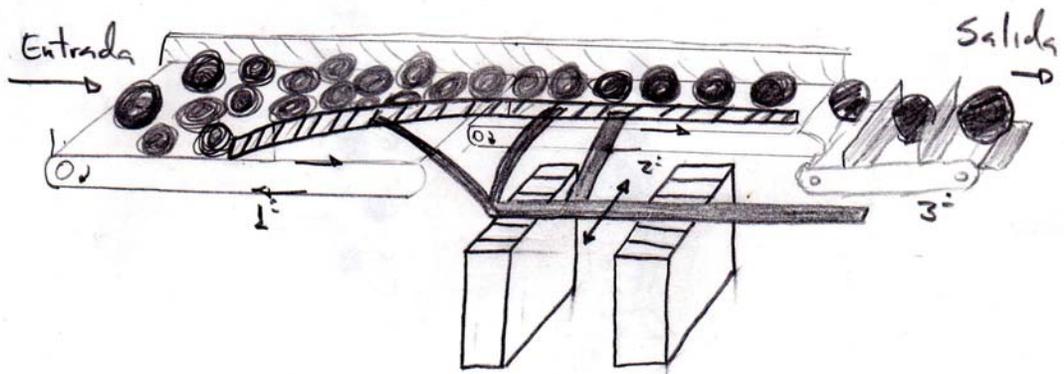


Figura 7.12 Idea 2 para la separación de uno a uno.

3. Dos cinta transportadora, la primera para la entrada lateral con pared móvil y ancho constante. Y la segunda más seguidamente de la primera con separadores para transportar cada fruto hasta la clasificadora.

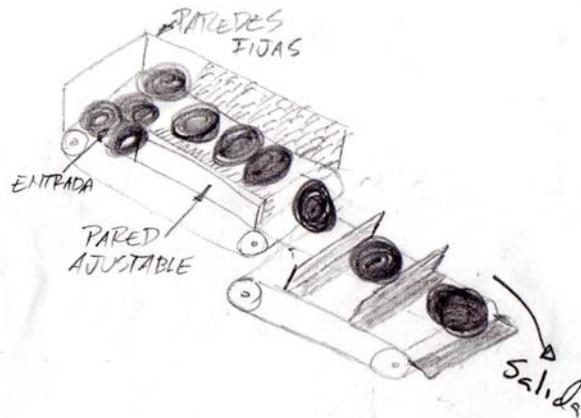


Figura 7.13 Idea 3 para la separación de uno a uno.

- Clasificación por peso de los vegetales
 1. Mediante una cadena transportadora de cangilones, apoyados sobre una pletina que formará parte de un sistema de contrapeso, que volcarán cuando el peso del vegetal más el cangilón, supere la fuerza ejercida por el contrapeso.

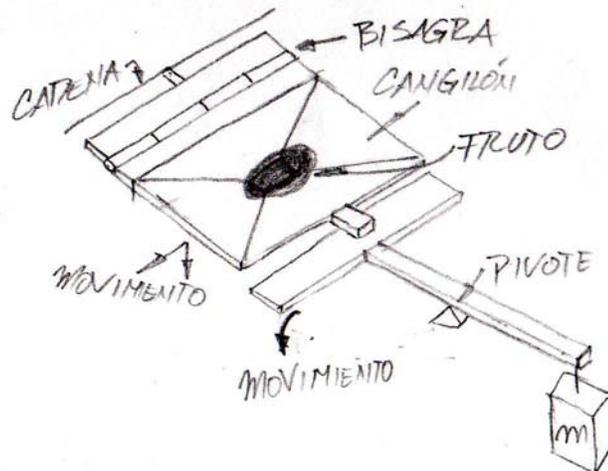


Figura 7.14 Idea 1 para la clasificación por peso.

2. Mediante una cadena transportadora de cangilones colgantes, apoyados sobre una pletina que formará parte de un sistema de contrapeso, que volcarán cuando el peso del vegetal más el cangilón supere la fuerza ejercida por el contrapeso.

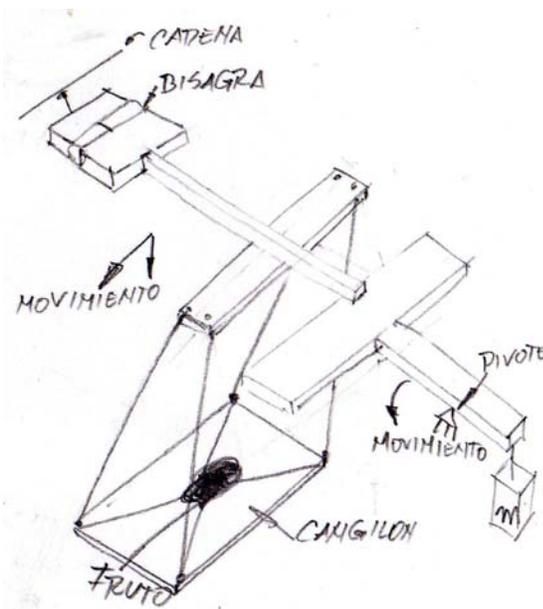


Figura 7.15 Idea 2 para la clasificación por peso.

- Mediante una cadena transportadora de cangilones de piso y pared falsa, los cuales tendrán un resorte en la parte superior y una pestaña en la parte inferior, así el peso del cangilón más el fruto harán descender al mismo, para que mediante la pestaña ajustable pueda separar las paredes del cangilón, haciendo caer el fruto.

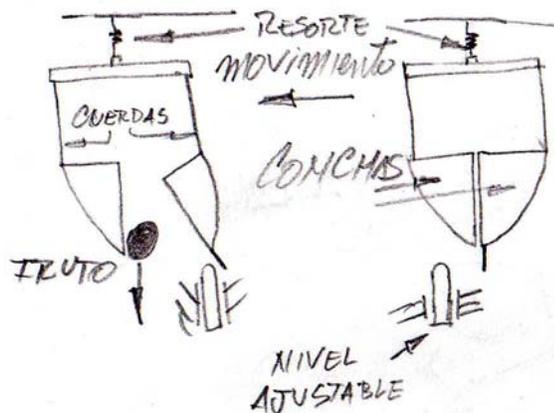


Figura 7.16 Idea 3 para la clasificación por peso.

- Mediante una cadena transportadora de cangilones de piso falso, apoyados sobre unos pulsadores, los cuales formarán parte de un sistema de

contrapeso. Para abrir el piso del cangilón cuando el peso del vegetal supere la fuerza ejercida por el pulsador sobre el mismo.

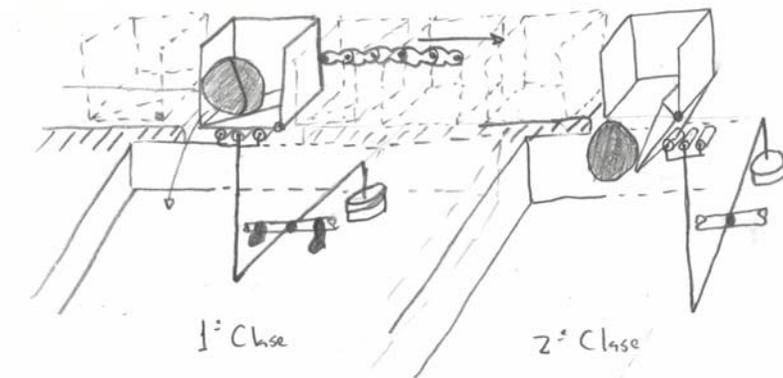


Figura 7.17 Idea 4 para la clasificación por peso.

- *Lavado de verduras*

1. Lavado mediante un proceso que empieza con una inmersión en una solución de agua con una solución desinfectante y luego un cepillado de las verduras sobre un canal transportando las verduras en una correa transportadora.

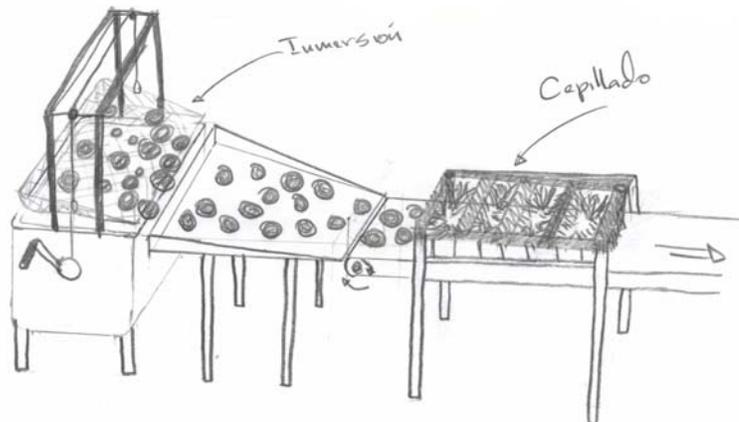


Figura 7.18 Idea 1 para el lavado.

2. Lavado mediante una mesa de rodillos giratorios y duchas para la aspersión de una solución desinfectante combinado con el cepillado.

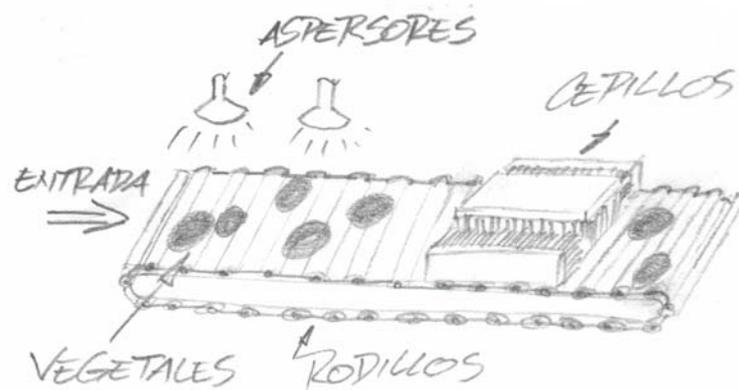


Figura 7.19 Idea 2 para el lavado.

3. Lavador de tambor, aspersion y cepillado, mediante un tambor inclinado y giratorio de rodillos metálicos, separados lo suficiente para retener los vegetales y dejar pasar los desechos. El aspersor y los cepillos se encuentran dentro del tambor.

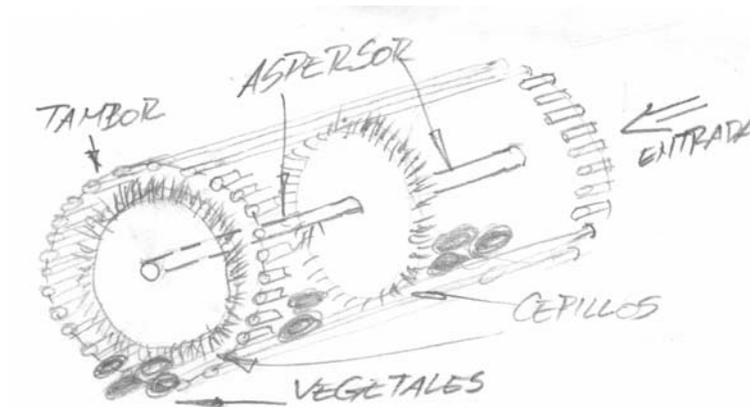


Figura 7.20 Idea 3 para el lavado.

4. Canal inclinado de solución desinfectante y cepillo giratorio al final.

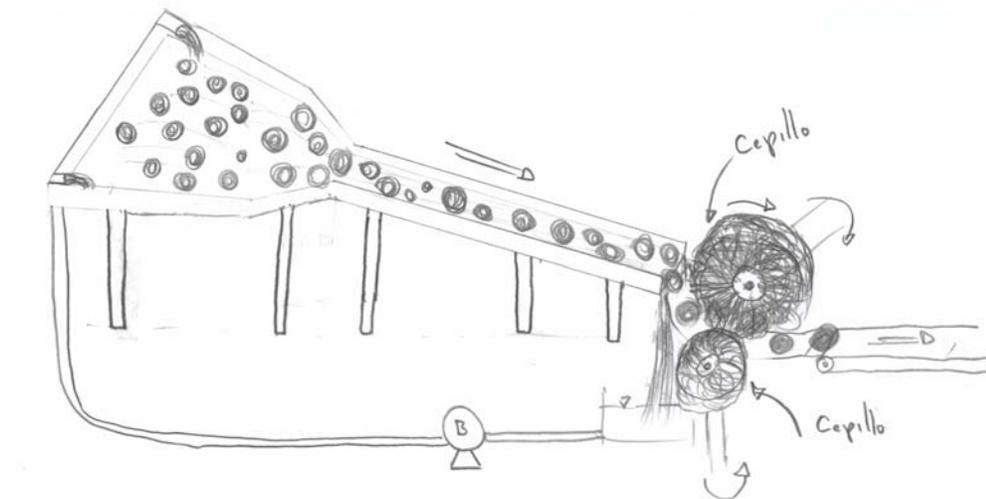


Figura 7.21 Idea 4 para el lavado.

5. En un canal inclinado de tubos, separados lo suficiente para dejar escapar los desechos, se realiza la aspersion de solución desinfectante, para después pasar por un conjunto de cepillos.



Figura 7.22 Idea 5 para el lavado.

- *Escurrido o secado de verduras*
 1. Mediante una banda transportadora y un ventilador y dirigiendo el aire hacia el fruto.

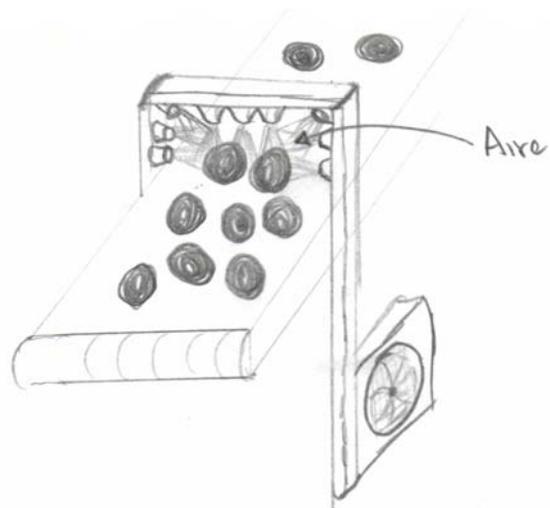


Figura 7.23 Idea 1 para el secado.

2. Mediante una banda transportadora y una serie de paños sucesivos.

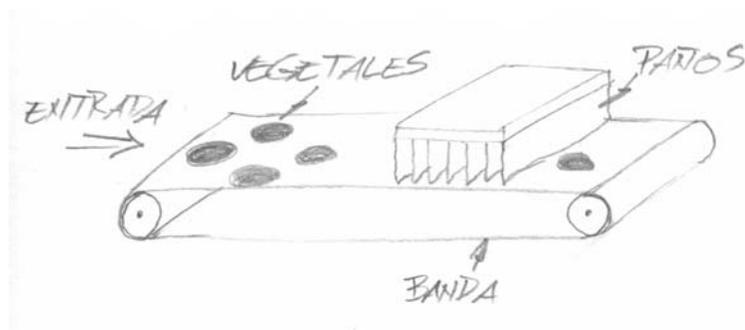


Figura 7.24 Idea 2 para el secado.

3. Mediante una mesa de rodillos giratorios y un ventilador dirigido.

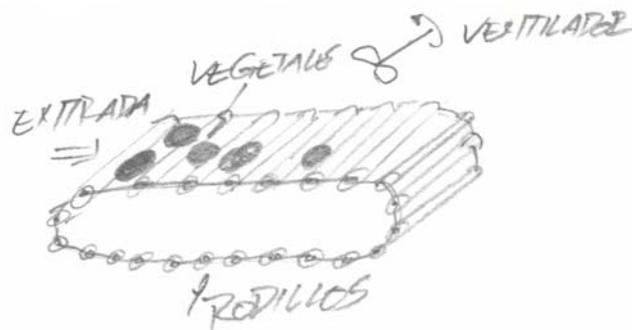


Figura 7.25 Idea 3 para el secado.

4. Mediante una mesa de rodillos giratorios y una serie de paños sucesivos.

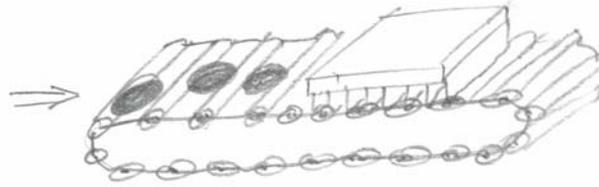


Figura 7.26 Idea 4 para el secado.

5. Mediante una mesa de rodillos giratorios, una serie de paños sucesivos y al final un ventilador dirigido.

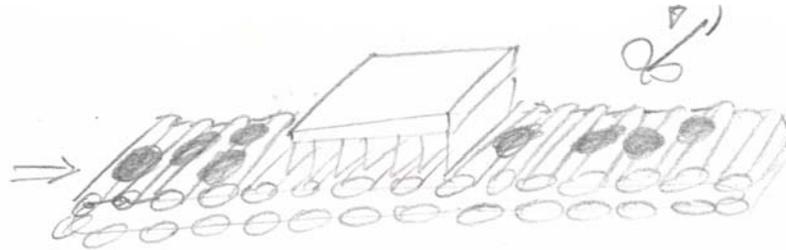


Figura 7.27 Idea 5 para el secado.

- *Potencia motriz de la maquina*
 1. Motor eléctrico.
 2. Motor de combustión interna.
 3. Impulsado a pedal por la fuerza de los obreros (Estilo bicicleta).
 4. Utilizando la gravedad.

7.4 Diagrama morfológico

PROCESO	IDEAS				
	1	2	3	4	5
Alimentación y preselección	Manualmente sobre una banda transportadora	Bandas transportadoras inclinadas	Mesa de rodillos separados	Tolva frontal	Tolva lateral
Separación en fila india	Par de rodillos inclinados	Banda transportadora entrada frontal de ancho variable	Banda transportadora entrada lateral de ancho constante	-	-
Clasificación por peso	Cadena transportadora de cangilones no colgantes apoyados sobre un sistema de contrapeso	Cadena transportadora de cangilones colgantes apoyados sobre un sistema de contrapeso	Cadena transportadora de cangilones de piso y pared falsa colgados en un resorte	Cadena transportadora de cangilones de piso falso, apoyados sobre un sistema de contrapeso	-
Lavado	Inmersión y cepillado	Rodillos, aspersion y cepillado	Tambor, aspersion y cepillado	Canal inclinado y cepillado	Canal inclinado de tubos, aspersion y cepillado
Secado	Banda transportadora y ventilador	Banda transportadora y paños	Mesa de rodillos y ventilador	Mesa de rodillos y paños	Banda transportadora, paños y ventilador

Tabla 7.1 Diagrama morfológico de ideas

7.5 Evaluación de alternativas

7.5.1 Objetivos de diseños y sus ponderaciones

Mediante los estudios realizados anteriormente sobre los requerimientos de usuarios, se elaboró una tabla de criterios estableciendo niveles de importancia entre ellos para poder así realizar las ponderaciones de cada criterio, que posteriormente fue revisada por los usuarios (El Vivero El Horticultor J.J.R. C.A.) y corregida, quedando de la siguiente forma:

Desempeño de la maquina	Ponderación (%)
• Precisión o calidad de la operación	20
• Adaptabilidad con procesos adyacentes	10
• Velocidad de procesamiento	10
• Seguridad	10
• Bajo desgastes en sus partes móviles	7
• Poca intervención de mano de obra para su operación	7
• Facilidad de limpieza	6
Fabricación	
• Tiempo de construcción	5
• Facilidad de fabricación de las piezas	5
Costos	
• Costos de materiales	10
• Costos de operación	10
Total	100

Tabla 7.2 Criterios y ponderaciones aplicados a las matrices morfológicas.

7.5.2 Matriz morfológica para cada proceso

A cada idea propuesta se le aplicarán matrices morfológicas para seleccionar la que obtenga el mayor puntaje, asumiendo que, por consiguiente, será la más óptima.

Alimentación y preselección

	Precisión	Adaptación	Velocidad de procesamiento	Seguridad	Bajo desgastes	Poca mano de obra	Facilidad de limpieza	Tiempo de construcción	Facilidad de fabricación	Costos de operación	Costos de materiales	Total
Manualmente sobre una banda transportadora	17	8	5	7	6	0	5	4	4	3	8	67
Banda transportadora inclinada	18	5	8	8	6	6	5	4	4	6	7	77
Mesa de rodillos separados	18	6	8	8	5	6	4	4	4	7	7	77
Tolva frontal	18	7	8	9	7	6	6	4	4	9	9	87
Tolva lateral	18	9	8	9	7	6	6	4	4	9	9	89

Tabla 7.3 Matriz morfológica aplicada a la alimentación y preselección.

Separación en “Estilo fila india”

	Precisión	Adaptación	Velocidad de procesamiento	Seguridad	Bajo desgastes	Poca mano de obra	Facilidad de limpieza	Tiempo de construcción	Facilidad de fabricación	Costos de operación	Costos de materiales	Total
Par de rodillos inclinados	18	4	6	8	6	6	5	3	3	7	5	71
Banda transportadora entrada frontal de ancho variable	18	7	8	8	6	6	5	4	4	7	7	80
Banda transportadora entrada lateral de ancho constante	18	8	8	8	6	6	6	4	4	7	8	83

Tabla 7.4 Matriz morfológica aplicada a la separación en fila india.

Clasificación por peso

	Precisión	Adaptación	Velocidad de procesamiento	Seguridad	Bajo desgastes	Poca mano de obra	Facilidad de limpieza	Tiempo de construcción	Facilidad de fabricación	Costos de operación	Costos de materiales	Total
Cadena transportadora de cangilones no colgantes apoyados sobre un sistema de contrapeso	10	8	9	8	6	6	5	3	3	7	7	72
Cadena transportadora de cangilones colgantes apoyados sobre un sistema de contrapeso	19	6	8	8	6	6	5	3	3	7	7	78
Cadena transportadora de cangilones de piso y pared falsa colgados en un resorte	15	4	8	8	6	6	5	2	2	8	6	70
Cadena transportadora de cangilones de piso falso, apoyados sobre un sistema de contrapeso	10	8	9	8	6	6	5	3	3	7	7	72

Tabla 7.5 Matriz morfológica aplicada a la clasificación por peso.

Lavado

	Precisión	Adaptación	Velocidad de procesamiento	Seguridad	Bajo desgastes	Poca mano de obra	Facilidad de limpieza	Tiempo de construcción	Facilidad de fabricación	Costos de operación	Costos de materiales	Total
Inmersión y cepillado	16	4	7	8	4	6	4	4	4	7	6	70
Rodillos, aspersión y cepillado	17	8	7	8	5	6	4	4	4	7	5	75
Tambor, aspersión y cepillado	16	5	6	8	5	6	5	3	3	6	4	67
Canal inclinado y cepillado	15	4	6	8	6	6	5	4	4	6	5	69
Par de rodillos inclinados, aspersión y cepillado	16	5	5	8	5	6	4	3	3	7	3	65
Canal inclinado de tubos, aspersión y cepillado	17	4	6	8	6	6	4	4	4	6	5	70

Tabla 7.6 Matriz morfológica aplicada al lavado.

Escurrido o secado

	Precisión	Adaptación	Velocidad de procesamiento	Seguridad	Bajo desgastes	Poca mano de obra	Facilidad de limpieza	Tiempo de construcción	Facilidad de fabricación	Costos de operación	Costos de materiales	Total
Banda transportadora y ventilador	11	8	8	8	5	6	5	4	4	7	7	73
Banda transportadora y paños	9	8	8	9	6	6	4	4	4	7	9	74
Mesa de rodillos y ventilador	18	8	8	7	5	6	4	4	4	6	6	76
Mesa de rodillos y paños	14	8	8	8	6	6	3	4	4	6	8	75
Mesa de rodillos, paños y ventilador	17	8	8	7	4	6	3	4	4	6	6	73

Tabla 7.7 Matriz morfológica aplicada al secado.

Potencia Motriz

	Precisión	Adaptación	Velocidad de procesamiento	Seguridad	Bajo desgastes	Poca mano de obra	Facilidad de limpieza	Tiempo de construcción	Facilidad de fabricación	Costos de operación	Costos de materiales	Total
Motor eléctrico	19	9	9	8	6	6	5	4	4	9	9	88
Motor de combustión interna	19	6	9	6	4	5	3	3	3	5	4	67
Con pedales, estilo bicicleta	10	6	6	6	4	0	5	4	4	3	9	57

*Tabla 7.8 Matriz morfológica aplicada a la potencia motriz.***7.5.3 Alternativas seleccionadas**

Proceso	Alternativa definitiva
Alimentación y preselección	Tolva lateral
Separación en “Estilo fila india”	Banda transportadora entrada lateral de ancho constante
Clasificación por peso	Cadena transportadora de cangilones colgantes apoyados sobre un sistema de contrapeso
Lavado	Rodillos, aspersión y cepillado
Ecurrido	Mesa de rodillos y ventilador
Potencia Motriz	Motor eléctrico

Tabla 7.9 Alternativas seleccionadas.

CAPÍTULO 8

DEFINICIÓN DE LOS COMPONENTES

8.1 Introducción

Considerando la información hasta ahora expuesta, se procede en este capítulo a calcular las velocidades y a realizar el dimensionamiento de los componentes de la máquina, a fin de continuar con el diseño de la misma.

8.2 Descripción del funcionamiento de la máquina

La máquina realizará básicamente dos operaciones, las cuales serán: clasificación y limpieza. Para un mejor enfoque de su funcionamiento se separa la explicación de ambos procesos.

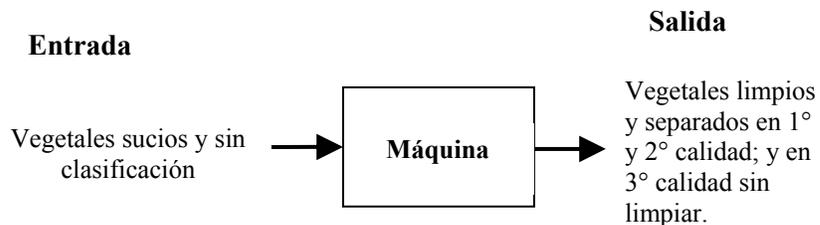


Figura 8.1 Diagrama funcional de la máquina.

8.2.1 Proceso de Clasificación de los frutos

A continuación se explica la secuencia operacional del proceso de clasificación:

1. Los vegetales son depositados por los obreros en la tolva, la cual posee unos orificios en la parte inferior, por donde saldrán los frutos de menor tamaño (3º clase), que caerán en cajas ubicadas debajo de la misma. Los frutos restantes se

- desplazarán por la abertura lateral inferior de la tolva, cayendo en la banda transportadora (“alineadora”).
2. Los frutos serán alineados mediante la separación entre las paredes laterales de la banda transportadora (separación predeterminada para cada tipo de fruto: pimentón, tomate), para luego caer en la segunda banda transportadora (“separadora”) que depositará los frutos uno a uno en cada cangilón. Los cangilones pasarán frente a la salida de la banda separadora con un movimiento perpendicular a la misma.
 3. Una vez que el fruto se encuentra en el cangilón colgante, es llevado por medio de una cadena transportadora al primer sistema de contrapeso, el cual, por diferencia de pesos puede o no hacer caer al cangilón y dejar rodar la fruta si esta es de 1° clase. Cuando no volca continúa inmediatamente al segundo sistema de contrapeso, que actúa de la misma forma, separando así el fruto si es de 2° clase. Por descarte no habrá sistema de contrapeso para clasificar los de 3° clase, por lo cual los cangilones serán dejados caer libremente una vez que lleguen a este nivel. El cangilón volcado, continuará de esta forma hasta que le corresponda cargar nuevamente otro fruto en la próxima salida de la banda “separadora”.

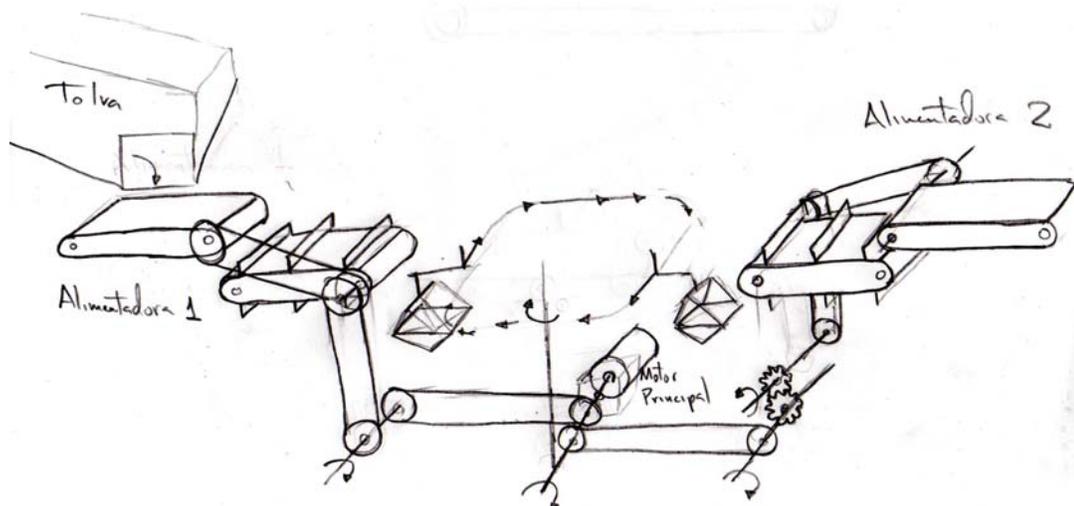


Figura 8.2 Esquema de la clasificación.

Definición de las dimensiones y funcionamiento operacional del proceso de clasificación

Para una fácil comprensión acerca del dimensionamiento de los componentes siguientes, se explican según el orden de dependencia entre los mismos:

➤ *Tolva de entrada:* Para dimensionar la tolva hay que tener en cuenta dos alturas importantes: la primera es la altura donde se depositarán los frutos que no puede ser muy alta porque los frutos que se encuentren abajo se aplastarían por el peso de los frutos superiores; la segunda es la altura de entrada de los alimentos (1 m), ya que de esta depende cuan alto el obrero debe alzar las cajas de frutos para vaciarlos en la tolva (80 cm), medida que se calculó en el capítulo 4.

Se seleccionó un ángulo de caída de 25° , que es el máximo recomendado; esto para asegurar que los pimentones con forma irregular lleguen a la salida. Tiene un ancho de 50 cm, para que albergue una cantidad equivalente de 2 cajas, ya que la máquina procesa aproximadamente una caja por minuto, por lo tanto la altura de la salida de la tolva respecto al piso será de 65 cm. Se le colocó un soporte para apoyar las cajas y facilitar el volqueo hacia la tolva. Tiene una salida de 20 cm de alto y ancho para que los frutos salgan con facilidad y no muy amontonados.

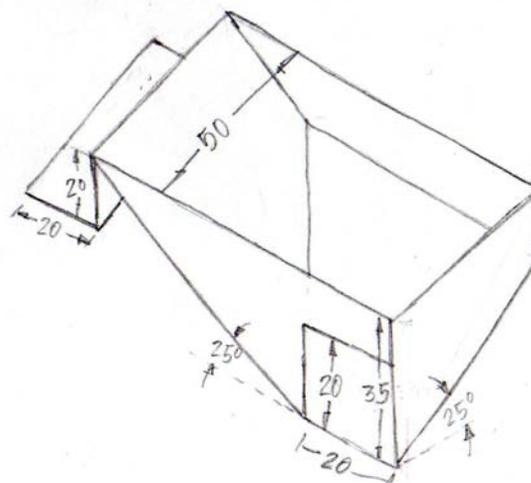


Figura 8.3 Dimensiones de la tolva

➤ *Bandas transportadoras de alimentación:* Se tendrán dos sistemas de alimentación (1 y 2) para la máquina y estarán compuestos por dos bandas transportadoras. Estas dos alimentadoras tendrán como única diferencia un sistema de cambio de dirección de giro por medio de un engranaje, más adelante se explicarán las razones.

Las bandas transportadoras, una llamada “alineadora” que alinea estilo fila india los frutos para separarlos luego uno a uno con la otra banda (separadora). La “alineadora” poseerá una pared lateral fija y otra móvil para obtener diferentes anchos de la banda, los cuales dependerán del tipo de fruto que procese la máquina.

Se inicia explicando las bandas en dirección contraria al flujo de los frutos, primero la separadora y después la alineadora, ya que ambas dependen entre ellas mismas y de la velocidad de la cadena portacangilones. Estas velocidades deberán estar sincronizadas para que las frutas que provienen de las bandas carguen adecuadamente los cangilones.

Banda Separadora: Tiene un ancho de 20 cm, definido por el tamaño máximo que se puede presentar en un fruto con holgura para que se traslade sin problemas. Poseerá separadores distanciados 12 cm, para garantizar que todos los frutos serán procesados. Esta distancia se tomó del tamaño promedio y se calculó utilizando los pimentones de 1° clase, ya que son los frutos de mayor tamaño. La velocidad de esta banda será calculada por el número de frutos que tiene que procesar la máquina.

Debemos definir la cantidad, tipo y tamaño de frutos a ser procesados por la máquina. Como se dijo en los capítulos anteriores, la capacidad de la máquina debe ser 2000 Kg/h, la producción total está conformada por 70 % de tomates y 30 % de pimentones. Y dentro de cada tipo de fruto se tiene aproximadamente:

Fruto	% en Kg de la producción de frutos		
	1° Clase	2° Clase	3° Clase
Tomate	70	25	5
Pimentón	70	25	5

Tabla 8.1 Porcentaje esperado por clase y tipo de fruto

Se tiene que el peso promedio de los tomates y pimentones cultivados en el Vivero El Horticultor son:

Fruto	Peso promedio de los frutos (g)		
	1° Clase	2° Clase	3° Clase
Tomate	261	162	97
Pimentón	280	201	92

Tabla 8.2 Pesos promedio para cada clase y tipo de fruto

Tomando en cuenta que la mayoría de la producción del vivero es de tomate y que habrá más números de frutos en 1 kg de tomate que en 1 kg de pimentones, la capacidad de la máquina se calculará usando de referencia solamente los tomates, ya que un tomate pesa menos que un pimentón en promedio y para una misma clase; por lo tanto, si se trabaja con pimentones se estaría procesando por arriba de la capacidad establecida con los tomates. De esta forma, se procede a estudiar con una capacidad de 2000 Kg/h de 100 % tomate. Se tiene que en 2000 Kg hay aproximadamente:

Número de tomates en 2000 kg		
1° Clase	2° Clase	3° Clase
5363	3086	1031

Tabla 8.3 Cantidad de tomates en 2000 kg

Se aprecia en la tabla anterior que la máquina debe procesar aproximadamente 9480frutos/h. Debido a que posee dos entradas, cada una manejará 4740 frutos/h.

Velocidad lineal
de la Banda Separadora = (Número de frutos por hora)*(Distancia entre frutos)

$$V_{BS} = (4740 \text{ frutos/h}) * (12 \text{ cm/frutos}) = 56880 \text{ cm/h} = 15,8 \text{ cm/s}$$

El largo de la banda será definido por los 30 cm que hay entre los centros de los dos tambores que están en cada esquina de la banda.

El diámetro de los tambores de la banda separadora será de 76,2 mm procurando garantizar una curvatura lo suficientemente suave como para impedir el problema de desprendimiento de los separadores con la banda, ya que estos están vulcanizados a la misma.

Banda Alineadora: Estará colocada anterior a la banda separadora, y por encima a una distancia de 9,8 cm (distancia entre ejes de las dos bandas), garantizándose que los separadores no peguen con esta banda.

La banda será similar a la separadora en cuanto al ancho (20 cm); el largo será mayor debido a que tendrá un área de carga al principio de 20 cm, definido por la salida de la tolva de alimentación, y luego de 30 cm en la sección de ordenamiento en fila india hasta llegar a la banda separadora, garantizándose así que en esta sección tenga lugar dicho ordenamiento. El largo de la banda será definido por los 50 cm que hay entre los centros de los dos tambores que están en cada esquina de la banda. Los dos tambores de la banda serán de diámetro 50,8 mm y con este diámetro se asegura que la banda funcione adecuadamente, ya que tendrá suficiente área de contacto con el tambor. La altura del eje de esta banda será 5 cm menos que la altura de la salida de tolva, tomando en cuenta el radio del tambor.

La velocidad de esta banda será calculada con la velocidad de la banda separadora, se sabe que esta banda manejará en promedio 1 fruto por cada 8,25 cm de distancia (tamaño promedio de un tomate de 1° calidad), ya que en esta banda los frutos irán lo más juntos posibles, y que la banda separadora manejará 1 fruto cada 12 cm, con lo cual se hará una relación para obtener la velocidad de esta banda:

$$\begin{array}{l} \text{Velocidad lineal} \\ \text{de la Banda} \\ \text{Alineadora} \end{array} = V_{BS} * (8,25 \text{ cm} / 12 \text{ cm})$$

$$V_{BA} = (15,8 \text{ cm/s}) * (8,25 \text{ cm} / 12 \text{ cm}) = 10,86 \text{ cm/s}$$

Para calcular los piñones de transmisión de potencia a la bandas, se tiene que considerar que la transmisión de potencia será a través de cadenas y piñones, que el eje 1 (eje del motor) transmitirá potencia al eje 2, éste a su vez transmitirá potencia al eje 3, el cual acoplado a un tambor le da la potencia motriz a la separadora y, transmitirá potencia al eje 4, el cual acoplado a su vez a un tambor le da la potencia motriz a la banda “alineadora”. En el eje 1 se encuentra el piñón 1, en el eje 2 se encuentran los piñones 2 y 3, en el eje 3 se encuentran los piñones 4 y 5, y finalmente, en el eje 4 se encuentra el piñón 6.

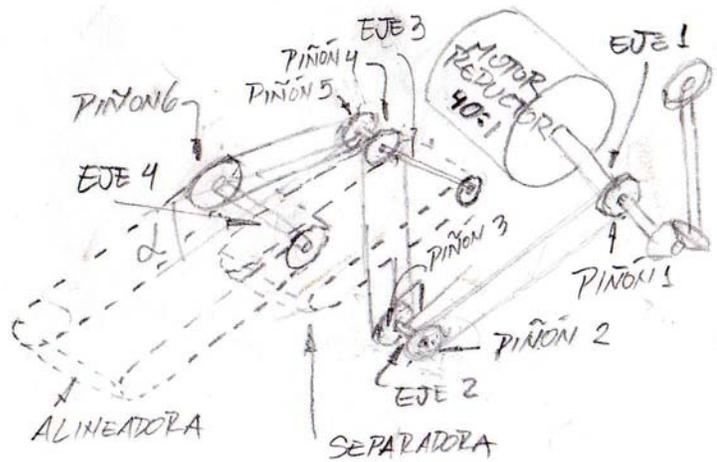


Figura 8.4 Esquema del sistema de transmisión de potencia en la alimentadora 1

Teniendo establecidas las medidas de los tambores y las velocidades tangenciales de las bandas; y el espesor de las correas 2 mm (medida estándar), se calculan las velocidades angulares que deben tener los ejes 3 y 4.

$$\text{Velocidad angular} = \frac{\text{velocidad de la banda}}{\text{radio del tambor} + \text{espesor de la correa}}$$

$$\text{Velocidad angular eje 3} = \omega_3 = (15,8 \text{ cm/s}) / 4.01 \text{ cm} = 3,94 \text{ rad/s}$$

$$\text{Velocidad angular eje 4} = \omega_4 = (10,86 \text{ cm/s}) / 2.74 \text{ cm} = 3,96 \text{ rad/s}$$

Para simplificar los cálculos vamos a partir de que los piñones 3 y 4 tienen el mismo número de dientes, por lo que los ejes 2 y 3 tendrán la misma velocidad

angular. La velocidad del eje 1 se seleccionó con RPM de motores estándar con reductores existentes en el mercado nacional, por lo que el motor tendrá una velocidad constante de 1800 RPM con un reductor de velocidad 40:1. Entonces este eje posee una velocidad de 45 RPM ó 4,712389 rad/s. Tenemos la siguiente relación:

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{\text{No. dientes piñón 2}}{\text{No. dientes piñón 1}} = 1,20$$

Para los piñones 1 y 2 se buscarán tal que cumpla esta relación o parecida, y estos a su vez sean accesibles en el mercado.

$$\frac{\omega_3}{\omega_4} = \frac{\text{No. dientes piñón 6}}{\text{No. dientes piñón 5}} = 0,99$$

Por las mismas razones antes expuestas, los piñones 6 y 5 serán iguales, puesto que la relación es casi igual a 1.

Sistema de cambio de dirección de giro por medio de engranes: Este sistema se colocará en la alimentadora 2, ya que las bandas transportadoras de esta deben girar en sentidos opuestos para así desplazar los frutos hacia la mesa clasificadora, debido a que las alimentadoras están acopladas al mismo eje del motor y están una enfrente de la otra (Figura 8.2). Por consiguiente el eje del piñón que transmite la potencia del motor, tendrá un engrane que está acoplado a otro similar que se encuentra en un eje encima, y este eje tendrá un piñón que le transmitirá potencia a las bandas mediante cadenas y piñones. Los engranes y los piñones serán del mismo tamaño para así conservar los cálculos realizados anteriormente.

➤ *Laminas alineadoras:* Estas láminas son perpendiculares a las bandas y paralelas a su desplazamiento. Su función principal es servir de canal para los frutos, una de las paredes laterales es fija y la otra movable para lograr variar el tamaño del canal dependiendo del fruto que vaya a manejar la máquina. Se explicó anteriormente

que la máquina no manejara frutos mayores de 16 cm ni menores de 5 cm, por lo tanto se requiere que esta pared lateral movable tenga una amplitud de movimiento lateral de 11 cm.

Esta pared estará sobre las bandas pero no tocándolas, por lo cual se hace un mecanismo de soporte por medio de apoyos que a su vez permitan el movimiento de esta pared y también permita fijarla sin permitir movimiento en posiciones determinadas por el usuario. En el siguiente esquema se explica este mecanismo.

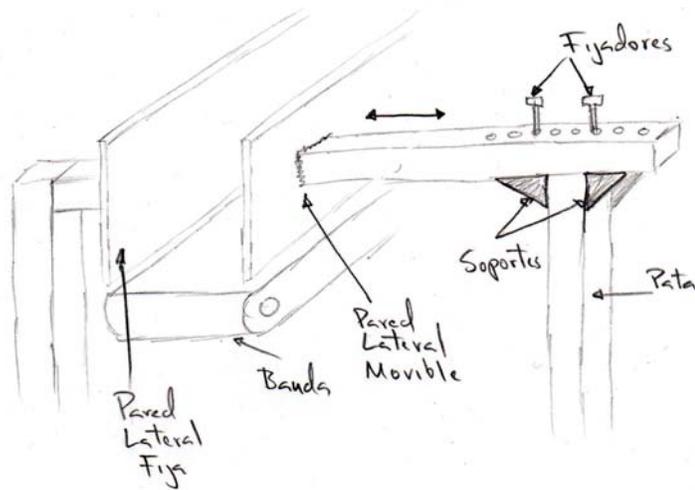


Figura 8.5 Esquema de las láminas alineadoras

➤ **Sistema de clasificación por peso:** Está constituido por la transportadora de cangilones, dos “mesas”, los cangilones y sus portacangilones, los soportes soldados a la cadena transportadora y los sistemas de contrapeso.

Transportadora de cangilones: Los cangilones se encuentran unidos a través de cuerdas a los portacangilones, estos a su vez están fijados a un soporte soldado a la cadena, la cual los traslada a través de las diferentes estaciones.

Tomando en cuenta los estudios realizados en el capítulo 2, se tiene que el fruto de mayor tamaño, considerando tanto los tomates como los pimentones es de 15,3 cm, con lo cual se definieron los lados del cangilón de 20x16 cm, donde la

mayor longitud corresponde a la parte frontal del cangilón para asegurar un fácil ingreso de los frutos. Por lo cual no se podrá procesar frutos mayores de 16 cm.

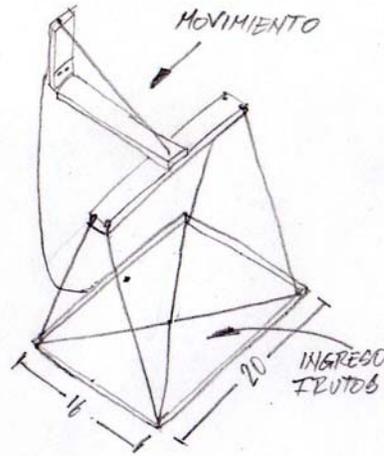


Figura 8.6 Medias del cangilón.

Los cangilones están separados entre ellos por 2 cm, lo cual quiere decir que por cada 22 cm que recorra la cadena de cangilones se cargará un fruto. Se sabe que la banda separadora manejará 1 fruto cada 12 cm, con estos datos se hará una relación, obteniéndose así la velocidad de la transportadora de cangilones:

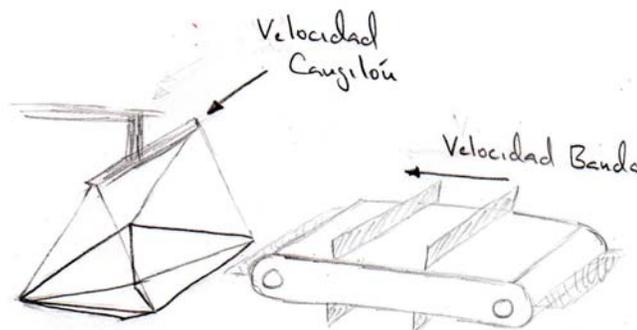


Figura 8.7 Llenado de los cangilones

Velocidad lineal de la cadena = $V_{BS} * (22 \text{ cm} / 12 \text{ cm})$
transportadora de cangilones

$$V_{CC} = (15,8 \text{ cm/s}) * (22 \text{ cm} / 12 \text{ cm}) = 28,97 \text{ cm/s}$$

Obtenido esto, se busca un piñón que suministre, junto con el motor principal seleccionado para la máquina, la velocidad requerida. Por lo cual, la velocidad angular del eje donde irá el piñón es de 45 RPM que es igual a 4,712389 rad/s ya que en la transmisión diferencial no habrá ninguna reducción de velocidad. Se tiene que:

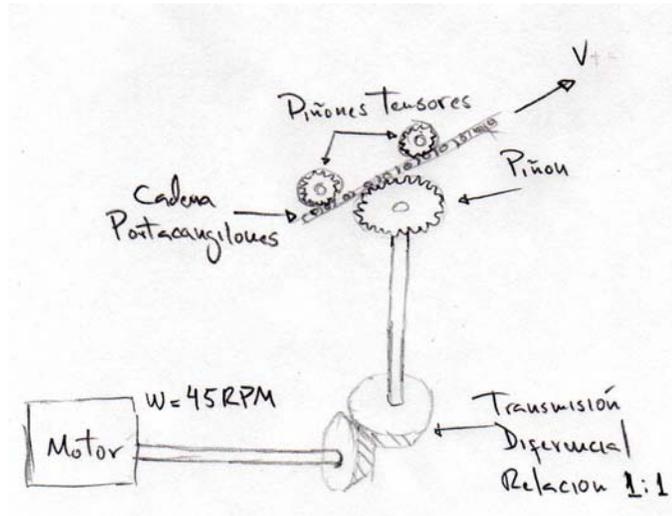


Figura 8.8 Esquema del sistema motriz de la clasificadora.

Radio del piñón = (Velocidad tangencial) / (Velocidad angular)

Radio del piñón = (28,97 cm/s) / (4,712389 rad/s) = 6.15 cm

Se buscará un piñón que tenga un radio primitivo parecido, para se cumpla la relación con un error pequeño; ya que se requiere buena precisión en el sincronismo entre la velocidad de la cadena transportadora de cangilones y la de la banda separadora.

Mesa central o Guía de cadena transportadora: Sirve de apoyo a los piñones que hacen desplazar a la cadena en su recorrido (Figura 8.9). El ancho de la mesa central se basó en un espacio lineal para la estabilización de los cangilones y en el tamaño de los mismos para facilitar su llenado, por lo que se estimó un tamaño de 22 cm; tiene un radio de 14 cm en las esquinas, para que los mismos no oscilen demasiado debido a la diferencia de velocidades entre los extremos del portacangilón, el cual se halló experimentalmente. El largo se basó en el tamaño del sistema de contrapesos, y este a su vez, en el tamaño de los cangilones para asegurar que pueda

volcar durante el tiempo que están en contacto; cada sistema tiene un largo de 20 cm para cada clase (más adelante se explica el dimensionamiento), esto para que no estén apoyados dos cangilones al mismo tiempo, ya que están separados 22 cm los unos de los otros.

Una vez obtenidas estas dimensiones se procede a calcular el perímetro de la mesa y conseguir el número de cangilones, que dio como resultado 2,28 m de perímetro, dividiendo entre la separación entre cangilones (22cm) dan 10,3 cangilones, por lo tanto se toman 11 cangilones y se le agregan 7 cm al largo de la mesa, dando como longitud de cadena 2,42 m.

Sobre esta mesa central habrá un piñón de ataque y una serie de piñones que servirán de apoyo-tensor para la cadena transportadora de cangilones. Se seleccionaron piñones pequeños para colocarlos por la parte externa e interna del recorrido y piñones de mayor tamaño en las esquinas; para que los radios de las esquinas sean de 14 cm y que estos no fuesen tan grandes, se utilizarán piñones que tenga un radio primitivo muy cercano a 6 cm, junto con una pieza (Soportes soldados a la cadena transportadora) que separe al portacangilón de la cadena los 8 cm restantes.

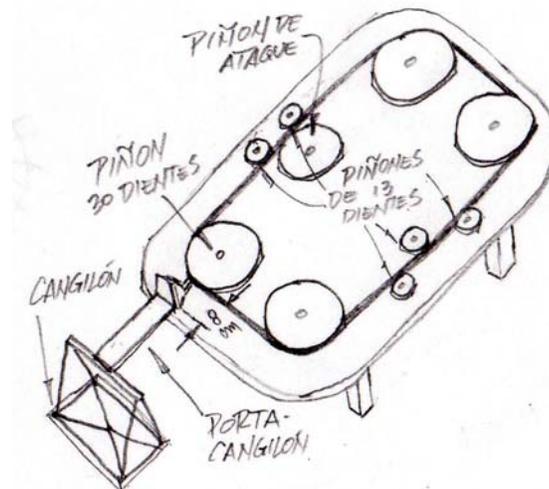


Figura 8.9 Piñones de la mesa clasificadora.

En esta mesa habrán dos pistas de rodamiento, una para las ruedas de los soportes que están soldados a la cadena y otra para las ruedas que están en la parte

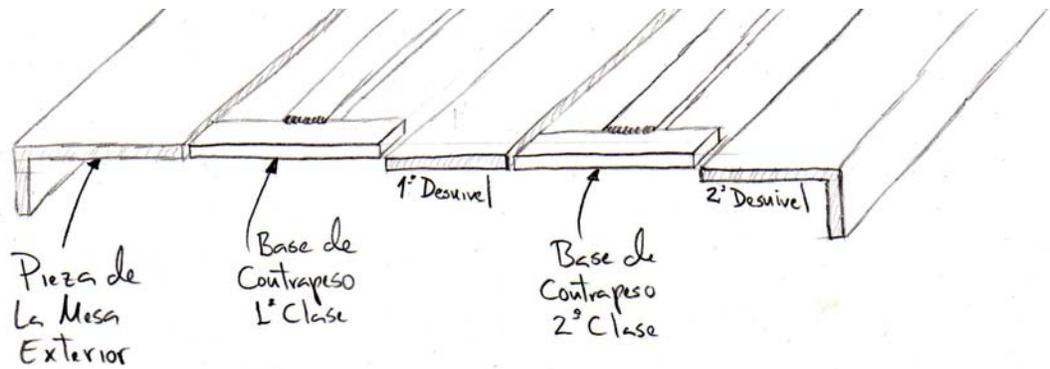


Figura 8.11 Pieza central de la mesa exterior.

- c. Entradas de los frutos: son 2 piezas que estarán entre las separadoras y el cangilón, tendrán dos funciones, la primera es hacer de pista de rodamiento al portacangilón en su parte superior y la segunda es servir de conector entre la separadora y el cangilón en su parte inferior.

Soporte soldado: Tiene 2 funciones, la primera es que sirve de unión entre el portacangilón y la cadena transportadora de los mismos, y la segunda es que es el complemento de los 14 cm del radio de las esquinas de la mesa central. Posee una rueda en su parte inferior para disminuir los roces con la mesa guía.

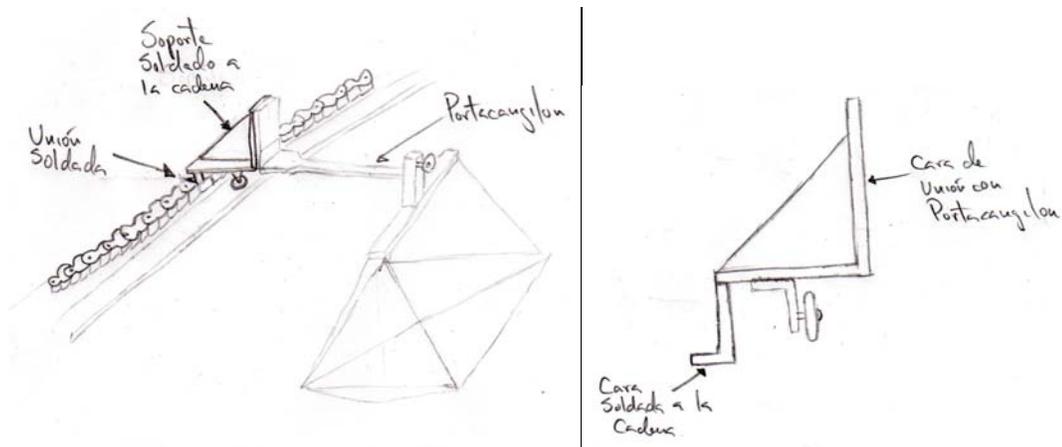


Figura 8.12 Soporte soldado.

Cangilón y portacangilón: El cangilón es la bandeja donde se aloja la fruta, tendrá las dimensiones antes mencionadas (16 x 20 cm), con forma de punta de

diamante para asegurar que la fruta siempre repose hacia al centro del mismo. El portacangilón es una pieza que trasladará y sujetará al cangilón mediante cuerdas. Para obtener las medidas elementales del cangilón y del portacangilón se estudia la cinemática de volcamiento.

El cangilón después de pasar por el sistema mecánico de pesaje procederá, dependiendo del peso del fruto, a dejarlo caer o no. Se debe procurar que el diseño asegure el volcamiento del fruto sin que sufra daños.

Medidas establecidas:

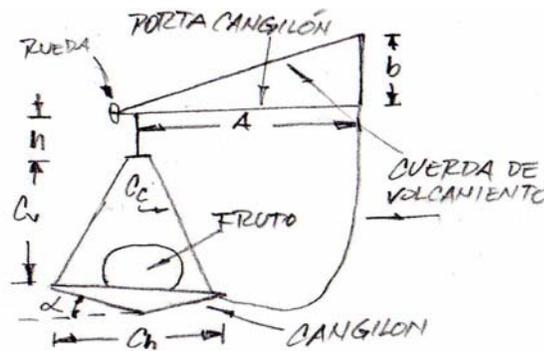


Figura 8.13 Dibujo esquemático de las medidas del cangilón

Parámetros de diseño	Medidas predeterminados
A	18 cm
h	-
b	-
Ch	16 cm
Cv	16 cm
Cc	17,9 cm
α	-

Tabla 8.4 Dimensiones del sistema portacangilón-cangilón

Las variables h , b y α , van a ser determinadas a continuación, para así definir las dimensiones de los componentes referidos al cangilón. Se va a utilizar un sistema sencillo, que consiste en que cuando el portacangilón volque debido al peso del fruto, pueda volcar también el cangilón, puesto que debido a su configuración siempre tenderá a buscar el equilibrio y no el volcamiento. Dicho sistema consta de una

cuerda, llamada *cuerda de volcamiento*, la cual se tensará cuando el portacangilón caiga, halando esta al cangilón hacia arriba por la parte posterior para producir su volcamiento y por consiguiente deje caer al fruto. Hay que considerar dos aspectos al dimensionar dicha cuerda: una que no se tense cuando el fruto no ha volcado; y que siempre se tense cuando el cangilón caiga para que así volque.

Situación desfavorable 1: El fruto cae de tal manera en el cangilón, que su centro de gravedad lo lleve a tensar la cuerda de volcamiento. Este análisis dará una longitud mínima de diseño de la cuerda para que no se tense si el cangilón no ha volcado.

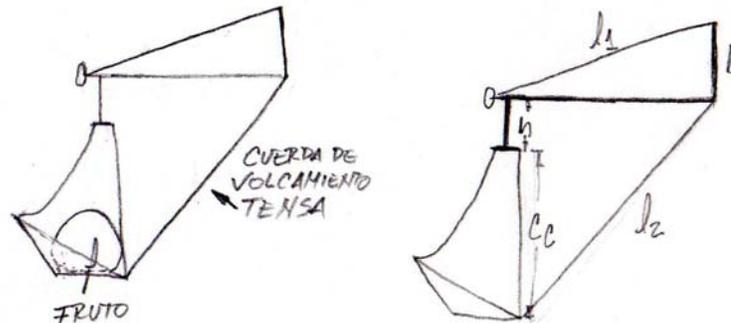


Figura 8.14 Dibujo esquemático de la situación desfavorable 1 y de las dimensiones del sistema portacangilón-cangilón

$$l_1 = (b^2 + A^2)^{1/2}$$

$$l_2 = [(h + Cc)^2 + A^2]^{1/2}$$

$$\text{Longitud mínima} = b + l_1 + l_2 = b + (b^2 + A^2)^{1/2} + [(h + Cc)^2 + A^2]^{1/2}$$

Situación desfavorable 2: El fruto está en el cangilón de tal manera que cuando el portacangilón cae, su centro de gravedad lo lleva a no tensar la cuerda de volcamiento. Este otro análisis dará una longitud máxima de diseño de la cuerda para que se tense y haga que el cangilón volque.

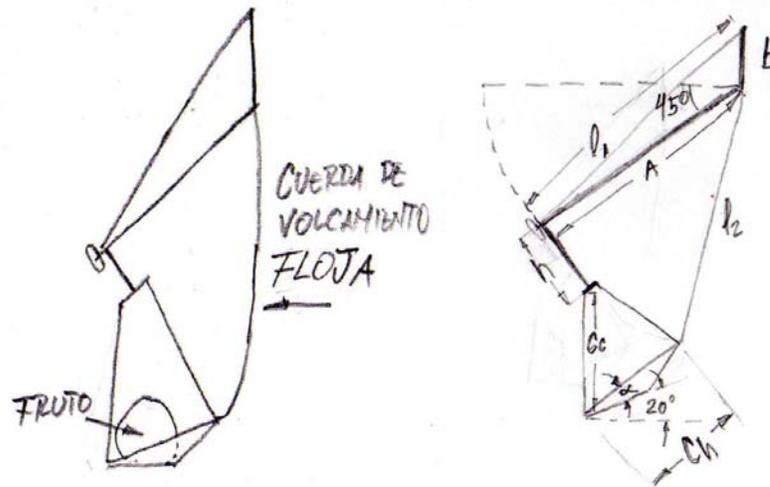


Figura 8.15 Dibujo esquemático de la situación desfavorable 2 y de las dimensiones del sistema portacangilón- cangilón

$$l_1 = [(A \cdot \cos 45^\circ)^2 + (b + A \cdot \sin 45^\circ)^2]^{1/2}$$

$$l_2 = \{[A \cdot \cos 45^\circ - C_v \cdot \cos(\alpha + 25^\circ) - h \cdot \sin 45^\circ]^2 + [A \cdot \sin 45^\circ + h \cdot \cos 45^\circ + C_c - C_v \cdot \sin(\alpha + 25^\circ)]^2\}^{1/2}$$

$$\text{Longitud máxima} = b + l_1 + l_2 = b + [(A \cdot \cos 45^\circ)^2 + (b + A \cdot \sin 45^\circ)^2]^{1/2} + \{[A \cdot \cos 45^\circ - C_v \cdot \cos(\alpha + 25^\circ) - h \cdot \sin 45^\circ]^2 + [A \cdot \sin 45^\circ + h \cdot \cos 45^\circ + C_c - C_v \cdot \sin(\alpha + 25^\circ)]^2\}^{1/2}$$

Para definir el tamaño de la cuerda de volcamiento, se deben cumplir las relaciones anteriores y la siguiente relación:

$$\text{Longitud mínima} \leq \text{Longitud de la cuerda de volcamiento} \leq \text{Longitud máxima}$$

Se consideraron los siguientes rangos para la iteración de los valores para h , b , y α , utilizando una hoja de cálculo hasta cumplir con la relación anterior:

- a. $2 \text{ cm} \leq h \leq 10 \text{ cm}$: Se establece que la dimensión de h no puede ser menor que 2 cm ya que habría interferencia entre el portacangilón y la mesa guía;

el valor máximo se determina en por los criterios estética y ahorro de material.

- b. $5\text{ cm} \leq b \leq 20\text{ cm}$: La dimensión de b no puede ser menor que 5 cm porque en esta parte del cangilón va estar una bisagra que une los componentes del portacangilón, el valor máximo se determina por los criterios estética y ahorro de material.
- c. $15^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$: El ángulo en el cangilón debe ser suficiente para que el fruto no se caiga en el momento de llenado y se mantenga estable dentro del mismo. Este rango es suficiente para obtener resultados óptimos.

Obteniéndose como valores para una longitud máxima de 61.9991 cm y longitud mínima de 61.9813 cm, lo siguiente:

Parámetros de diseño	Medidas determinada
h	4 cm
b	12 cm
α	20°
Longitud de la cuerda de volcamiento	62 cm

Tabla 8.5 Dimensiones obtenidas para el sistema portacangilón-cangilón

La altura de la mesa se basó en que el cangilón debe quedar 5 cm por debajo del eje de la separadora, y sabiendo la distancia entre el punto de apoyo de la rueda de soporte del cangilón en la mesa exterior al cangilón, se tiene como resultado la altura de la mesa igual a 65 cm.

Sistema de contrapeso: Estará colocado en la mesa exterior y consta de dos contrapesos ubicados contiguamente y en el siguiente orden, en sentido del movimiento de los cangilones, el primero para clasificar los frutos de 1° calidad y el otro para los de 2° calidad, por descarte no habrá sistema de contrapeso para los de 3° y se dejarán caer libremente sin “pesarlos”. Habrá un sistema de contrapesos a cada lado de la mesa, uno para cada alimentadora. Los componentes de este sistema serán: una base, una bisagra y la pesa.

- a. La base, tendrá dimensiones de 20 x 30 cm y el material debe ser liviano.
- b. Bisagra, estará colocada en la mesa exterior y la base, y permite girar la base.
- c. La pesa, estará del lado contrario por donde pasan las ruedas, el material y las dimensiones de esta pesa dependerá de todos los componentes del mecanismo de contrapeso y el tipo de clase.

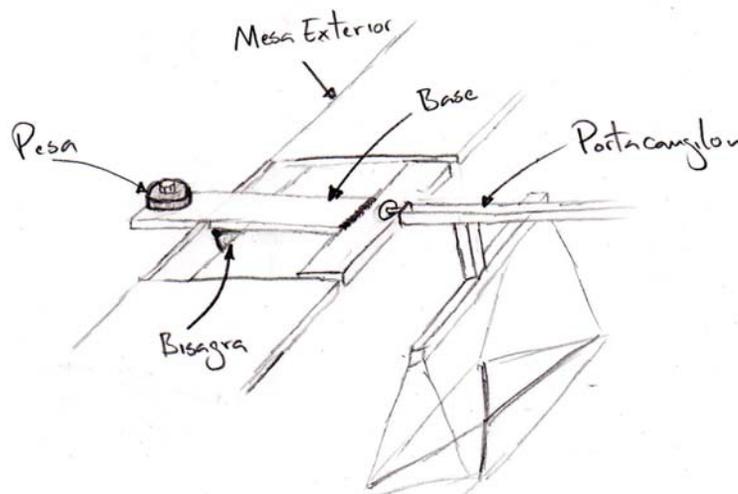


Figura 8.16 Sistema de Contrapeso

8.2.2 Proceso de limpieza de los frutos

A continuación se explica la secuencia operacional del proceso de limpieza:

1. Una vez que los frutos son clasificados como 1° o 2° calidad, son depositados en diferentes canales sobre una mesa de rodillos.
2. Son lavados mediante aspersión con una solución desinfectante.
3. Son cepillados mediante un cepillo giratorio ubicado encima.
4. Son escurridos mediante un ventilador ubicado por encima de ellos.
5. Son vaciados en cajas acolchadas a la salida.

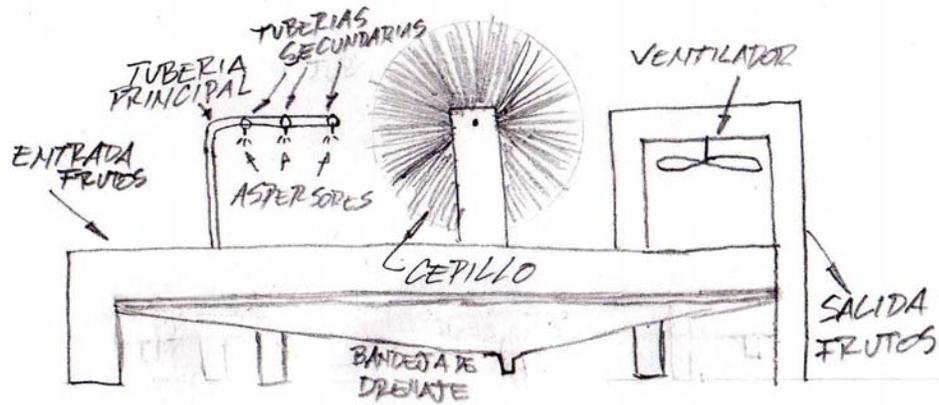


Figura 8.17 Esquema de la limpiadora

Definición de las dimensiones y funcionamiento operacional del lavado

- **Dimensionamiento de la mesa de rodillos:** Sobre la mesa de rodillos se colocará un separador para evitar que se mezclen los de 1° con los de 2° calidad, el cual estará a 20 cm de un borde y a 14 cm del otro borde de los rodillos, esto porque los de 1° son de mayor tamaño.

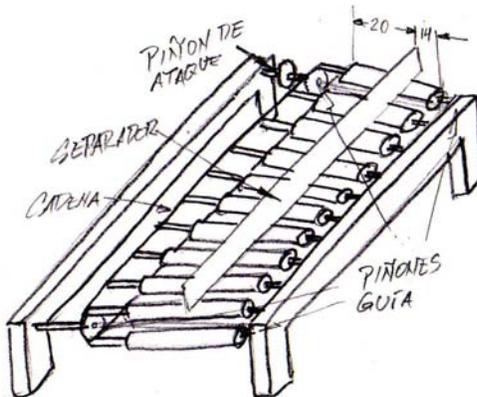


Figura 8.18 Mesa de rodillos

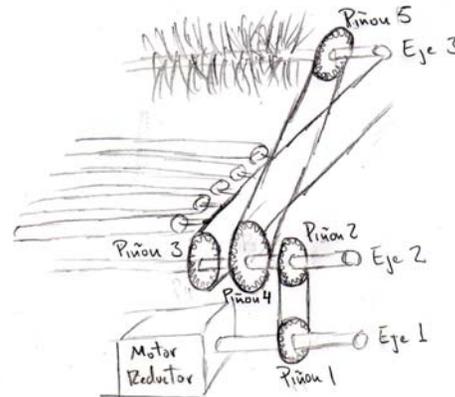


Figura 8.19 Transmisión de la limpiadora

Para evitar aglomeramiento en la entrada, la velocidad de los rodillos dependerá del tiempo de descarga de la clasificadora. El caso más desfavorable sería cuando se clasifican consecutivamente dos frutos de la misma clase, ya que caerían en el mismo sitio. El tiempo que se llevarían en caer dichos frutos se determina de la siguiente manera:

$$\text{Tiempo de separación} = \frac{\text{Distancia entre cangilones}}{\text{Velocidad lineal de los cangilones}}$$

$$t = (22 \text{ cm}) / (28,63 \text{ cm/s}) = 0,768 \text{ s}$$

Por lo cual la transportadora de rodillos deberá tener una velocidad tal que recorra el tamaño máximo que se puede presentar en un tomate y una holgura para que se traslade sin problemas, la cual es aproximadamente 12 cm y debe trasladarse en menos de 0,768 s.

$$\text{Velocidad lineal de la transportadora de rodillo} > 12 \text{ cm} / 0,768 \text{ s}$$

$$\text{Velocidad lineal de la transportadora de rodillo} > 15,625 \text{ cm} / \text{s}$$

Utilizando un motor de 1800 RPM y con su reductor de 40:1, se tiene

$$\text{Radio del piñón} = (\text{Velocidad tangencial}) / (\text{Velocidad angular})$$

$$\text{Radio del piñón} = (15,625 \text{ cm/s}) / (4,712389 \text{ rad/s}) = 3,32 \text{ cm}$$

Se buscará un piñón que tenga un radio primitivo muy cercano a este valor.

Para calcular el largo del trayecto de cada sección del lavado, el fruto debe dar por lo menos una vuelta en ese recorrido para asegurar que en cada sección haya contacto con toda la superficie de la fruta. Para este cálculo tomaremos el fruto con forma de esfera de 8,25 cm de diámetro (tamaño promedio de un tomate de 1° calidad).

Los rodillos serán de 33 mm de diámetro cada uno (Dato del fabricante de rodillos transportadores de alimentos) e irán a una velocidad lineal de 15,625 cm/s. Por lo tanto los rodillos giran de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\omega \text{ (RPS)} = \text{Velocidad lineal (cm/s)} / \text{perímetro del rodillo (cm/Rev)}$$

$$\omega \text{ (RPS)} = 15,625 \text{ cm/s} / (3,14159 * 3,3 \text{ cm/Rev})$$

$$\omega = 1,51 \text{ RPS}$$

Teniendo una relación de perímetro entre el rodillo y la fruta, se obtiene que un tomate dará una vuelta en un tiempo estimado de:

$$\omega \text{ (RPS)} = (1,51 \text{ RPS}) * (3,3 \text{ cm} / 8,25 \text{ cm})$$

$$\omega \text{ (RPS)} = 0,604 \text{ RPS}$$

La fruta dará 1 vuelta completa en 1,66 s, por lo tanto, se sabe cuánto ha recorrido el tomate en la lavadora.

$$\text{Distancia en que da una vuelta} = (15,625 \text{ cm/s}) * (1,66 \text{ s})$$

$$\text{Distancia en que da una vuelta un fruto de tamaño promedio} = 25,94 \text{ cm}$$

Se tiene que en la entrada habrá unos 20 cm, luego prosigue el lavado empezando con la aspersion, esta sección tendrá unos 30 cm de longitud, seguidamente vendrá la sección del cepillado la cual será de la misma longitud y para el secado igual. Por lo tanto la longitud total de la transportadora de rodillo será aproximadamente de 1,1 m dependiendo del número de rodillos.

Para hallar el número de rodillos se tomará su diámetro y se le dará una separación entre ellos no mayor de 6 cm (Tamaño mínimo de fruta que pasa por la limpiadora), la separación debe coincidir con la distancia de uno o mas paso de cadenas, ya que estos estarán soldados a la cadena.

➤ *Dimensionamiento del sistema aspersor:* Como se señaló anteriormente, esta sección tendrá una longitud de 30 cm para garantizar que se humedezca toda su superficie del fruto, durará aproximadamente 2 s y recibirá 0,16 l de solución, el cual se obtiene de la siguiente manera:

El sistema de aspersion consta de una tubería principal y dos secundarias, una para cada sección de calidad (1 ° y 2 °), todas de 3/4" de diámetro. En cada tubería

secundaria habrá 3 aspersores. La cantidad de agua que se espera recibir para cada fruta será mayor de 0,05 l, ya que experimentalmente se halló.

A la tubería principal se le colocó un dosificador, el cual se gradúa acorde a la concentración necesitada. En el capítulo 2 se explicó que los obreros mezclan 50 cc de CitruPar-80 en una bañera de 180 l de agua. La dosificación del producto inyectado es constante, proporcional al volumen de agua que atraviesa el dosificador, cualesquiera que sean las variaciones de presión y de caudal que puedan ocurrir.

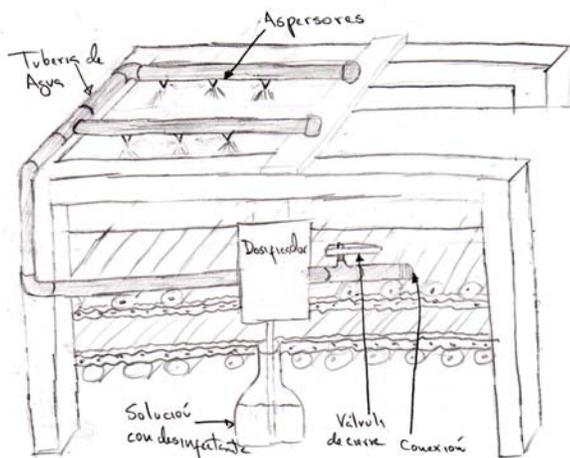


Figura 8.20 Sistema aspersor

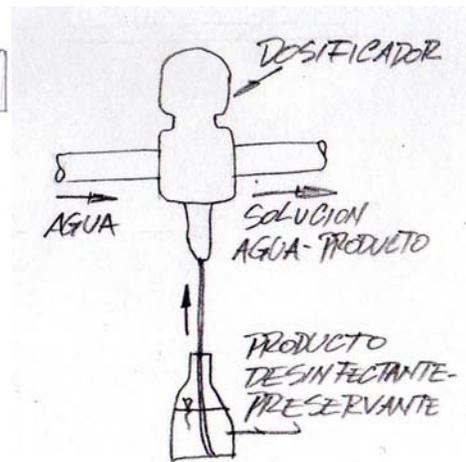


Figura 8.21 Dosificador

Se observa en la Figura 8.20 que el dosificador está colocado en la tubería principal y por su parte inferior absorbe el desinfectante-preservante puro.

➤ *Dimensionamiento del cepillado:* Esta sección estará constituida por un cepillo de pelos de caballos que está en la parte superior y que gira a través de un eje impulsado por un piñón conectado mediante una cadena a otro piñón, el cual está en el eje impulsor de la cadena transportadora de rodillos. Para las dos clases habrá un mismo cepillo.

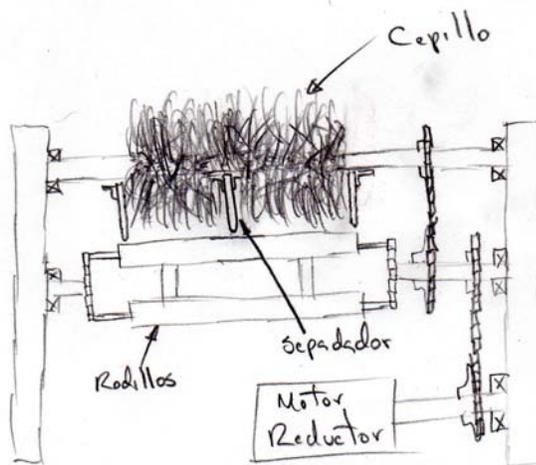


Figura 8.22 Vista frontal del cepillado

El cepillo tiene 30 cm de diámetro exterior, 34 cm de largo, y el eje tiene un diámetro igual a 2,5 cm., el cual tendrá que girar a 100 RPM para así garantizar una buena limpieza; para lograr esta velocidad se tendrá que aumentar las RPM. La velocidad en el eje del cepillo tendrá que ser mayor que en el eje de la transportadora de rodillos, por lo tanto el piñón 4 será mayor que el piñón 5 para que de una relación mayor que 2,22. Ya que así aumentaría la velocidad de 45 RPM a 100 RPM

➤ *Dimensionamiento del secado:* El secado será mediante un ventilador axial, el cual por evaporación forzada mediante un flujo de aire se buscará que evapore y escurra la mayor cantidad de agua presente en el fruto. No se calentará el aire debido a que las temperaturas máximas de manejo de los frutos son muy bajas.

Para seleccionar el ventilador, se elegirán dos ventiladores para cada clase, para 1° clase y 2° clase, estos no deben tener un tamaño mayor de 16 cm. Y se buscarán ventiladores que manejen la mayor de cantidad de aire posible para los tamaños antes mencionados, sabemos que a mayor caudal de aire que suministremos a la fruta se conseguirá mayor evaporación forzada del agua presente en esta.

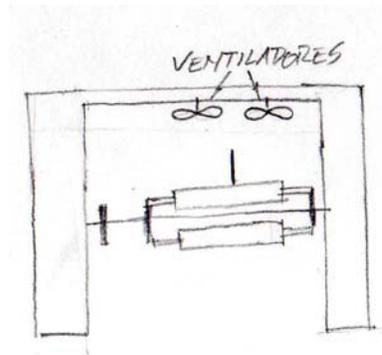


Figura 8.23 Vista frontal del secado

➤ *Dimensionamiento de drenaje y tapa del cepillo:* El drenaje se hará mediante una bandeja con inclinación y en su punto más bajo se le conectara un tubo por donde saldrá el agua utilizada en el lavado. La misma estará debajo de los rodillos y será independiente de la limpiadora, es decir no esta unida a la limpiadora y por lo tanto se podrá mover de su puesto para así lavarla constantemente. Sus dimensiones son 34 cm x 124 cm y de profundidad 5 cm. Las patas de la bandeja darán una altura tal que la parte mas alta de la bandeja quede a 14 cm y la más baja 9 cm, esta última distancia será la holgura que tiene el codo conectado a la bandeja en su parte inferior que se utilizara para el desagüe.

La tapa del cepillo será la protección que no permitirá salpicaduras de agua o sucio que desprenda el cepillo y está tendrá la forma circular del cepillo y solo colocara encima del cepillo y estará unida a la limpiadora por unos tornillos pero igual que la bandeja de drenaje se podrá quitar fácilmente para lavarla constantemente. Sus dimensiones serán radio igual a 16 cm y su ancho de 72 cm.

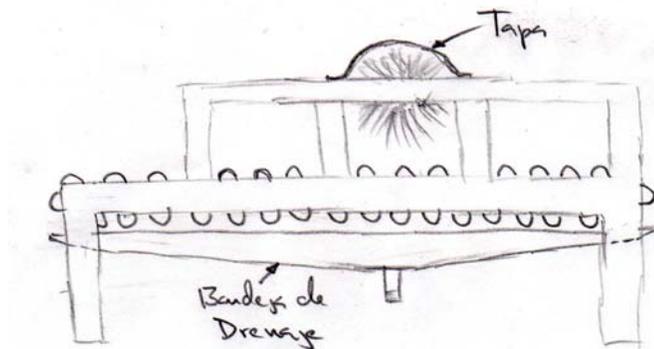


Figura 8.24 esquema de la bandeja de drenaje y la tapa protectora del cepillo

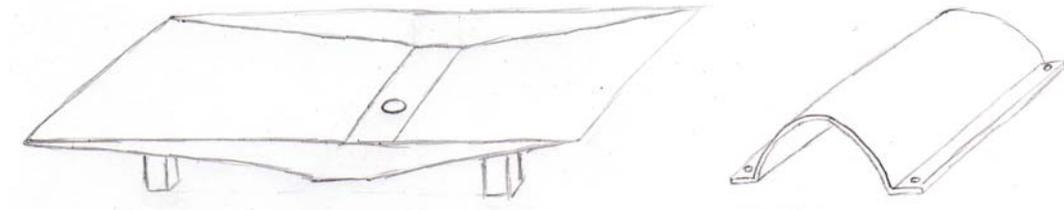


Figura 8.25 Bandeja de drenaje y la tapa protectora del cepillo

8.2.3 Dimensionamiento de la potencia motriz

Para determinar la potencia del motor eléctrico que debe ser seleccionado se separará la máquina por etapas: alimentadora, clasificadora y limpiadora; para determinar así la potencia individual requerida que será sumada posteriormente.

➤ *Alimentadora:* Cada alimentadora consta de dos bandas transportadoras, una llamada alineadora y otra separadora. Para calcular la potencia requerida para realizar su trabajo se utilizarán las fórmulas de la Guía Good-Year para correas transportadoras; sobre selección, usos y aplicaciones. Primero se calculó la potencia requerida para la alineadora, con los siguientes datos:

Distancia entre centros de los tambores (L) = 1.64 pies

Velocidad de la correa (S) = 21.14 pies/min

Carga sobre la correa (T) = 1 Ton/h

Factor de fricción (C) = 0.022 ; obtenido según tabla 7 de la guía.

Factor de longitud (L_o) = 200 ; obtenido según tabla 7 de la guía.

Factor de peso (Q) = 7 ; obtenido según tabla 8 de la guía.

T_e: Tensión efectiva requerida en el tambor motriz [lb]

$$T_e = C (L + L_o)[Q + (100 \cdot T)/(3 \cdot S)]$$

$$T_e = 0.022(1.64 + 200)[7 + (100)(1)/(3)(21.14)] = 38.05 \text{ lb}$$

BHP: Potencia requerida para trabajar la banda [HP]

$$BHP = (T_e)(S)/33000$$

$$BHP = (38.05)(21.14)/33000 = \mathbf{0.0244 HP}$$

Luego se calculó la potencia requerida para la separadora, con los siguientes datos:

Distancia entre centros de los tambores (L) = 0.9843 pies

Velocidad de la correa (S) = 30.75 pies/min

Carga sobre la correa (T) = 1 Ton/h

Factor de fricción (C) = 0.022 ; obtenido según tabla 7 de la guía.

Factor de longitud (L_o) = 200 ; obtenido según tabla 7 de la guía.

Factor de peso (Q) = 7 ; obtenido según tabla 8 de la guía.

$$T_e = 0.022(0.9843 + 200)[7 + (100)(1)/(3)(30.75)] = 35.74 \text{ lb}$$

$$BHP = (35.74)(30.75)/33000 = \mathbf{0.0333 HP}$$

➤ *Clasificadora:* Para calcular la potencia necesaria para poner en marcha la transportadora de cangilones se tomó el caso más desfavorable, suponiendo que todos los cangilones están cargados con un fruto de 500 g. El peso del portacangilón con el cangilón es de 500 g, y con un motor de 1800 RPM con un reductor 40:1 quedando este en 45 RPM, se tiene lo siguiente:

$$\tau = (\text{Fuerza}) \cdot (\text{distancia}) = [(\text{No. cangilones})(\text{Peso})] \cdot (\text{radio piñón})$$

$$\tau = [(11)(1 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2)] \cdot (0.06075 \text{ m}) = 6.55 \text{ Nm}$$

$$P = (\text{Torque}) \cdot (\text{Velocidad angular}) = (6.55 \text{ Nm}) \cdot (4.71 \text{ rad/s}) = 30.85 \text{ W} = \mathbf{0.0414 HP}$$

Al sumar las potencias requeridas:

$$P_{\text{total}} = 2(P_{\text{alineadora}} + P_{\text{separadora}}) + P_{\text{clasificadora}} = 2(0.0244 + 0.0333) + 0.0414 = \mathbf{0.1568 \text{ HP}}$$

Considerando los roces, pesos de las cadenas, factores de seguridad y disponibilidad en el mercado se escogió un motor de $\frac{1}{2}$ HP.

➤ *Limpiadora:* Para calcular la potencia necesaria que se requiere para cada limpiadora, se toma igual que en la transportadora de cangilones de la clasificadora el caso más desfavorable. Se toman el peso de todos los rodillos y frutas que se van a transportar por la limpiadora. Y con un motor de 1800 RPM con un reductor 40:1 quedando este en 45 RPM, se tiene lo siguiente:

$$\tau = (\text{Fuerza}) \cdot (\text{distancia}) = [(\text{No. rodillos}) \cdot (\text{Peso}) + (\text{No. de frutas}) \cdot (\text{Peso})] \cdot (\text{radio piñón})$$

No. de frutas máx. aproximado es de 10 de primera clase y 14 de segunda

Peso de las frutas de primera 260 g y la de segunda 180 g

No. de rodillos es de 48

Peso de rodillo máximo, teniendo en cuenta que el eje es de acero inoxidable y su superficie de plástico y por sus dimensiones es de 1 Kg (Dato del fabricante de rodillos transportadores de alimentos).

Radio del piñón, tomaremos el más pequeño, un piñón P40 de 13 dientes, su radio es 2.653 cm

$$T = [(48) \cdot (1 \text{ kg}) + (10 \cdot 0.26 \text{ Kg} + 14 \cdot 0.18 \text{ Kg})] \cdot (9.81 \text{ m/s}^2) \cdot (0.02653 \text{ m}) = 13,82 \text{ Nm}$$

$$P = (\text{Torque}) \cdot (\text{Velocidad angular}) = (13,82 \text{ Nm}) \cdot (4.71 \text{ rad/s}) = 65.11 \text{ W} = \mathbf{0.0873 \text{ HP}}$$

Considerando los roces, la transmisión del movimiento de los cepillos, pesos de las cadenas, factores de seguridad y disponibilidad en el mercado se escogió un motor de $\frac{1}{4}$ HP para cada limpiadora.

8.2.4 Sistema de instrumentación

Los controles que posee la maquina son de apagado y encendido simple, ya que esta máquina va ser utilizada por obreros de bajo nivel de formación.

Serán dos interruptores que estará en una de las esquina de la mesa exterior de la clasificadora, un interruptor enciende y apaga el motor principal de la clasificadora y los motores de limpiadora. Y el otro interruptor enciende y apaga todos los ventiladores. La condición de encendido del interruptor de los motores es la siguiente:

- El motor principal de la clasificadora prende si y solo si prende los motores de las limpiadoras.
- Si alguno de los motores se para por sobrecarga o cortocircuito todos los motores se detienen.
- No necesitará temporizador, es decir que haya un tiempo determinado entre arranque de motores.
- El interruptor es totalmente independiente al de los ventiladores.
- El tablero donde este el interruptor tendrá una luz de modo de funcionamiento. Prende cuando los motores arranquen.

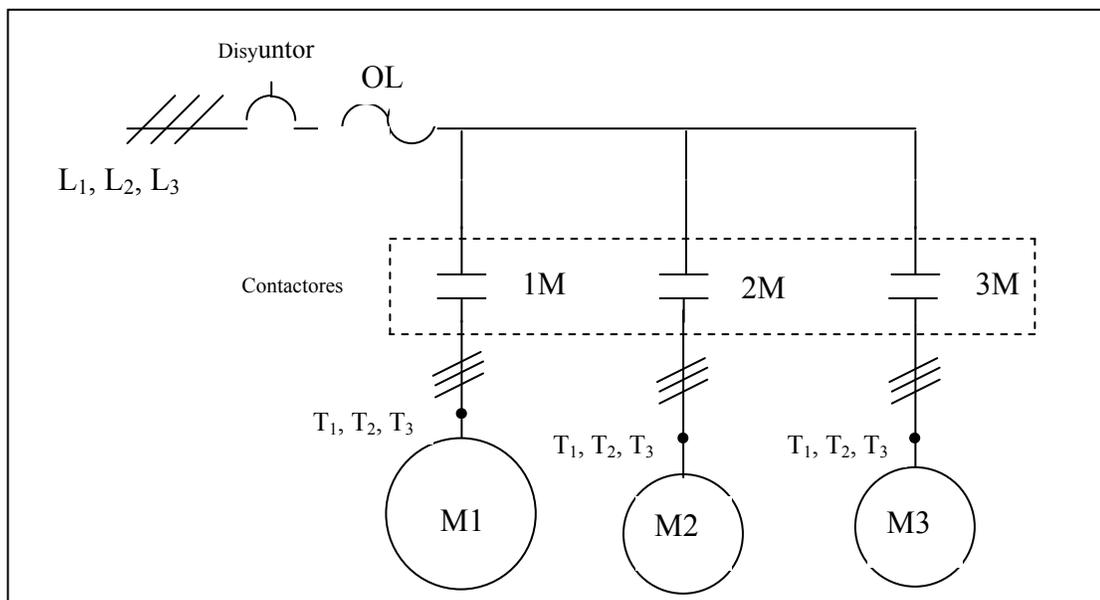


Figura 8.26 Sistema de potencia de los motores de la clasificadora-alimentadora y limpiadoras

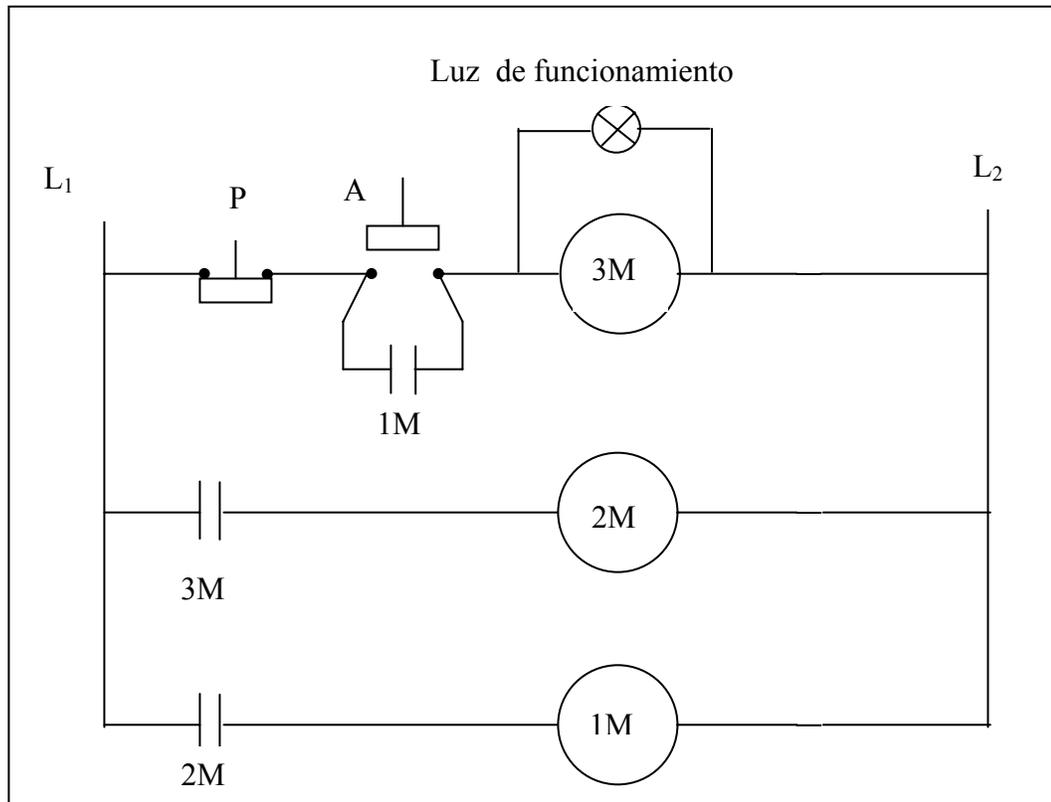


Figura 8.27 Sistema de control de los motores de la clasificadora-alimentadora y limpiadoras

La condición de encendido del interruptor de los ventiladores es la siguiente:

- No importará el orden de encendido de los ventiladores.
- El interruptor es totalmente independiente al interruptor de los motores.
- El interruptor estará en el tablero pero no tendrán luces de funcionamiento.

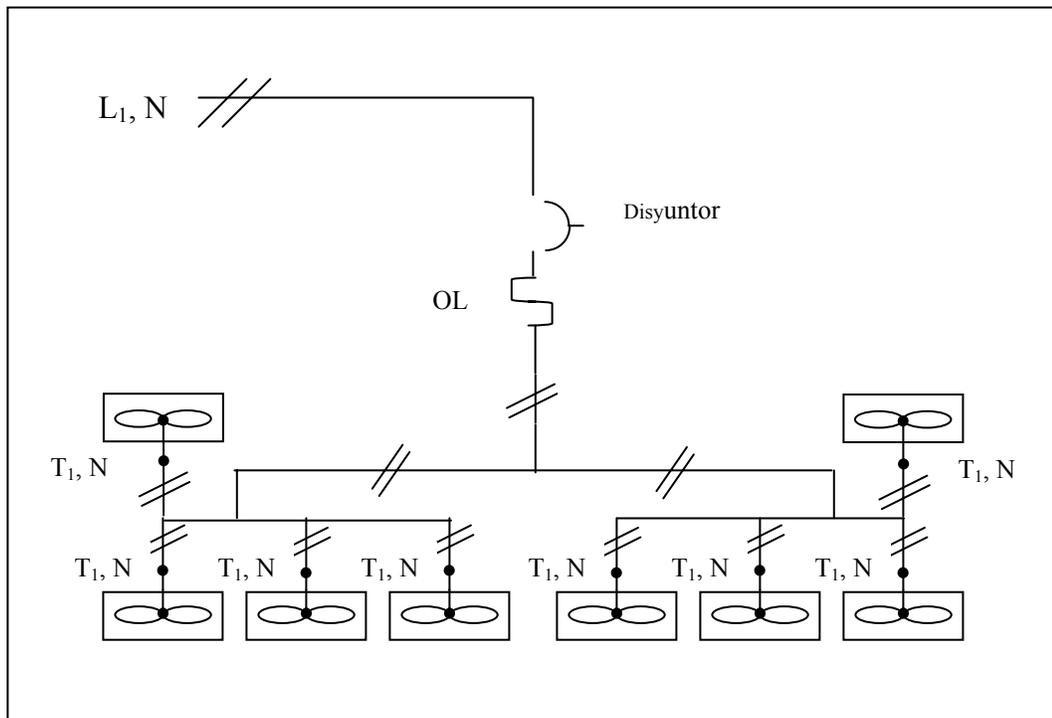


Figura 8.28 Sistema de potencia de los motores de los ventiladores

El circuito eléctrico de los ventiladores no tendrá pulsadores o circuito de control, ya que se arrancará directo desde el interruptor o breaker.

El tablero de los interruptores quedará ubicado a la altura de la cintura de los obreros, es decir a una altura de acceso y desempeño del trabajador en posición de pie será a un metro aproximadamente. Por lo cual se hará una base en una de las esquina de la mesa exterior para colocar el tablero.

Los cables que conectan cada dispositivo eléctrico al tablero irán por dentro de una tubería flexible.

CAPÍTULO 9

DETERMINACIÓN DE LAS SOLICITACIONES Y SELECCIÓN DE MATERIALES

9.1 Introducción

En el presente capítulo se determinará las solicitaciones a las cuales estará sometida la máquina y se verificará que el diseño propuesto soporte las mismas. También se seleccionarán los materiales y los procesos de manufactura para la fabricación de la máquina.

9.2 Determinación de las solicitaciones

Para determinar las solicitaciones a las cuales está sometida la máquina y verificar que el diseño propuesto soporte las mismas, se utilizó el programa COSMOSXpress del SolidWorks 2004. Este utiliza los esfuerzos de von Mises para calcular los análisis de esfuerzos y conocer si la pieza fallará.

Las piezas estudiadas mediante este programa serán consideradas homogéneas, es decir que las juntas soldadas no se tomarán en cuenta, ya que las juntas soldadas soportan mayor carga que el material base y se suponen cordones de soldadura óptimos.

9.2.1 Tolva

➤ *Los soportes:* constan de las patas y el esqueleto donde se apoya la tolva, ambos de acero al carbono ASTM A36. Las patas (A) son tubos cuadrados de 2" de calibre 18, las cuales están unidas entre sí, para darle estabilidad mediante ángulos de 1" (B) a unos 35 cm de su parte inferior, esto para que puedan ser introducidas y

extraídas las cajas que servirán para almacenar los frutos de 3° calidad que sean clasificados en esta etapa. Por su parte superior se encuentran los apoyos de la tolva (C), los cuales también son ángulos de 1" situados en su perímetro, así como los soportes para colocar las cajas con frutos para ser volcadas en la tolva (D). Todos unidos mediante soldadura.

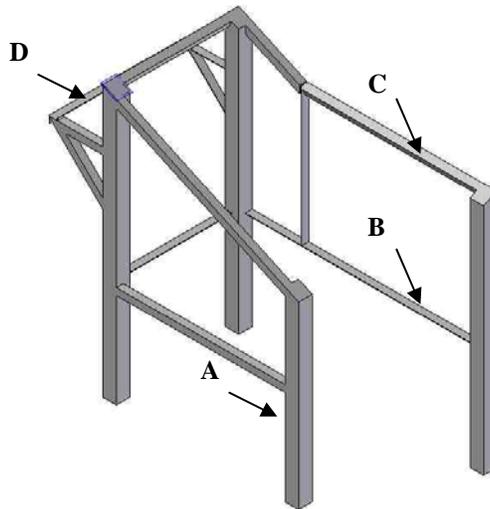
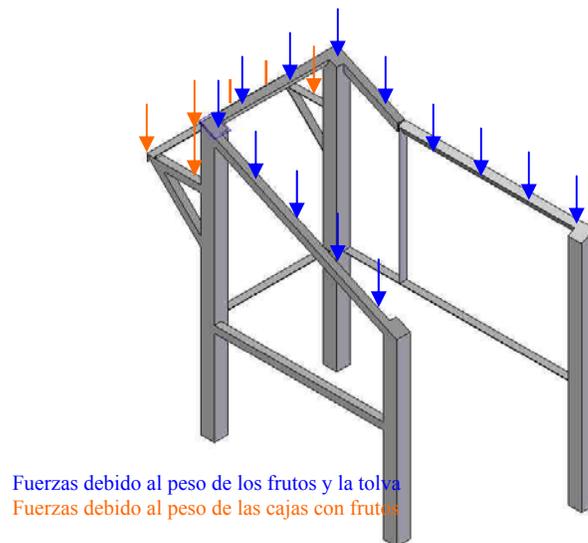


Figura 9.1 Soporte tolva



Fuerzas debido al peso de los frutos y la tolva
Fuerzas debido al peso de las cajas con frutos

Figura 9.2 Fuerzas aplicadas sobre el soporte de la tolva

El factor de seguridad da 5.92 por lo que se asegura que no fallará debido al peso ejercido por los frutos y la tolva.

➤ *La tolva:* son cortes de láminas de acero inoxidable (AISI 304) de 1 mm de espesor que se unirán por medio de soldadura. Para hacer los cálculos de esfuerzo se dividió el piso de la tolva en áreas cuadradas de 10 cm, para colocar sobre cada una de estas diferentes magnitudes de fuerza acordes a los frutos que soportarán, ya que debido a su inclinación no tendrá un número igual de frutos sobre cada área. Y en la parte de colocación de las cajas se le aplicó también una fuerza acorde al peso de las cajas con frutos. La tolva irá unida al soporte mediante remaches de 3/16" de diámetro.

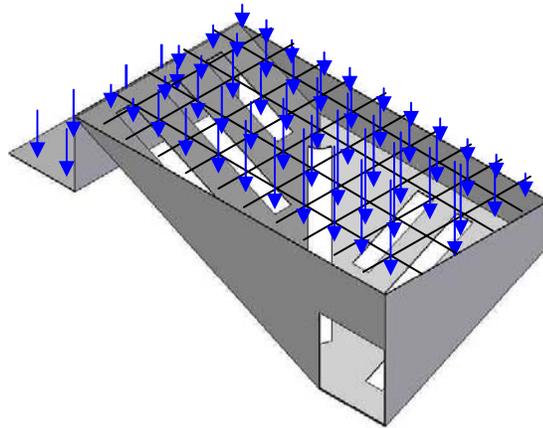


Figura 9.3 Fuerzas aplicadas sobre la tolva

El factor de seguridad obtenido fue de 4,12; por lo que se asegura que no fallará debido al peso ejercido por los frutos.

9.2.2 Alimentadora

A continuación se explican los componentes de la alimentadora que están sometidos a fuerzas, más adelante se analizarán todos en conjunto.

➤ *Los soportes laterales:* son dos soportes (A y B) los cuales constan de 4 patas de acero al carbono ASTM A36, tubos cuadrados de 2" y la estructura de estas estarán hechas con estos mismos tubos. El riel (C) donde estarán apoyadas las

chumaceras tensoras serán pletina de $3/8'' \times 1/4''$ de acero al carbono ASTM A36. De este mismo material serán los ángulos $1'' \times 1''$ (D) que servirán de soporte de las bases de las bandas transportadoras. Todo estará unido mediante soldadura y lo único que estará unido por tornillos serán las pletinas $1'' \times 1/4''$ (E) de acero al carbono ASTM A36 que servirán para darle estabilidad y unir los soportes laterales.

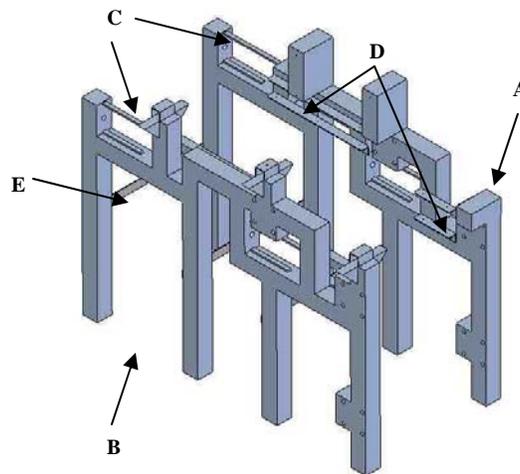


Figura 9.4 Soportes alimentadora

➤ *Láminas alineadora:* son 2 piezas (A y B) de láminas de acero inoxidable (AISI 304, acabado 2B) de 1 mm de espesor, la pieza A estará atornillada mediante 6 tornillos a uno de los soportes laterales (A), y a la pieza B se le atornillarán tres cortes de láminas de 1,2 mm de espesor de acero laminado en frío ASTM A-366, cada uno estará soldado a un tubo (C) de acero al carbono ASTM A36, cuadrados de $1''$.

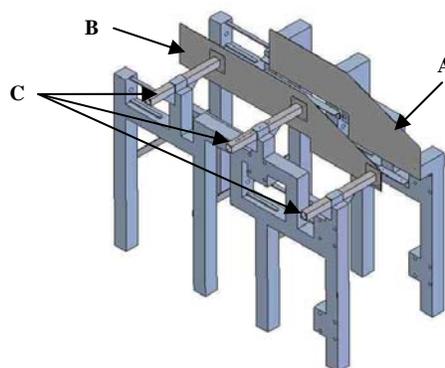


Figura 9.5 Láminas alineadoras

➤ *Soportes de la bandas transportadoras:* son 4 piezas de láminas de acero inoxidable (AISI 304, acabado 2B) de 1 mm de espesor, dos piezas (A y C) son para soportar la parte superior de la banda alineadora y separadora, respectivamente; y las láminas B y D son para evitar que estas mismas bandas vibren demasiado debido a su propio movimiento. Serán colocadas en su parte interior e inferior de las bandas. Las 4 láminas serán atornilladas a los ángulos de 1" nombrados en los soportes laterales, esto para poder montar y desmontar con facilidad las bandas.

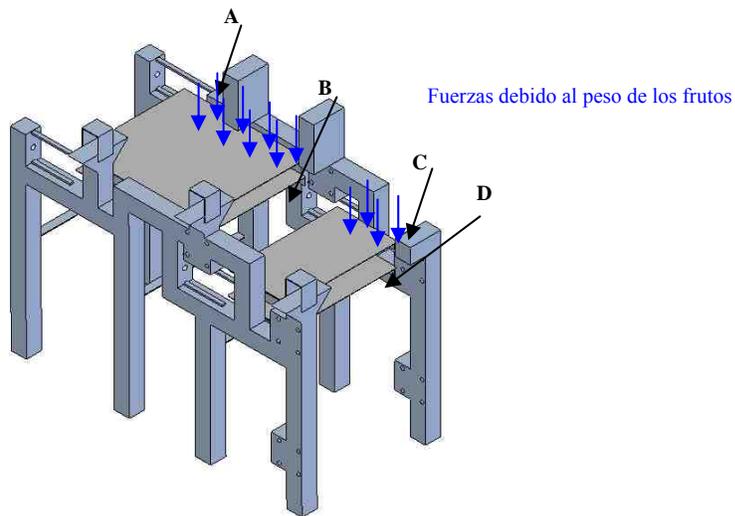


Figura 9.6 Soportes bandas

El factor de seguridad para el soporte de la banda alineadora es de 28,86; por lo que se asegura que no fallará por el peso ejercido por los frutos. Debido a que el FS de la banda alineadora da alto y que el soporte de la banda separadora esta sometido a menos peso que la otra, se asume que esta tampoco fallará.

➤ *Tambores de las bandas:* Estos tambores serán de acero AISI 1045 y su eje de acero AISI 4340 y se mandarán a fabricar por la empresa Equiproin, son cuatro y dos de estos vendrán con sus piñones. El dimensionamiento de estos ejes serán calculado más adelante.

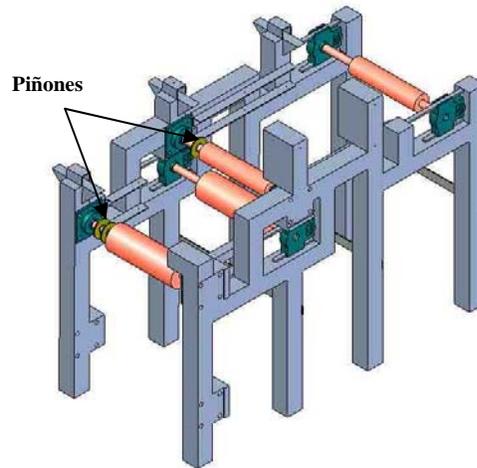


Figura 9.7 Tambores de las bandas transportadoras

Las fuerzas aplicadas en los soportes laterales, en su mayoría se encuentran en los agujeros de soporte de las chumaceras que soportan los distintos ejes

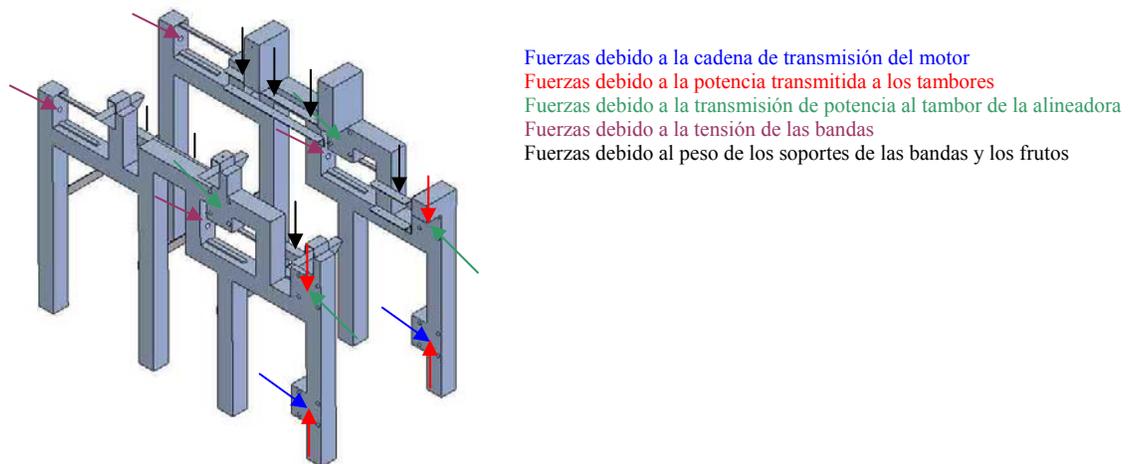


Figura 9.8 Fuerzas aplicadas sobre los soportes de los soportes laterales de la alimentadora

El factor de seguridad obtenido fue de 15,22; con lo que se asegura que no fallará debido a las distintas fuerzas actuantes.

➤ *Bandas transportadoras*: Estas deben ser sanitarias, ya que son bandas especiales para manejo de alimentos y su espesor es de 2 mm.

9.2.3 Clasificadora

➤ *Portacangilón:* es una pieza que está constituida por un ensamble de ángulos, perfiles y vigas T, de aleación de aluminio 6063 T5, unidas mediante soldaduras. La cual soporta al cangilón mediante cuerdas unidas a la viga T (A), y está unida mediante una bisagra (B) para permitirle el movimiento de volcar. Posee dos ruedas, una (C) para cuando está rodando por la mesa externa y otra (D) para cuando volca.

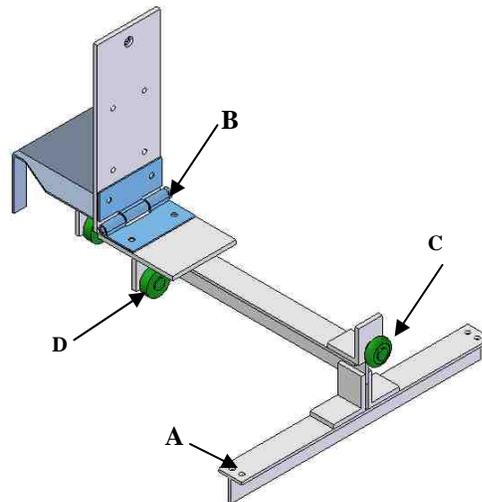


Figura 9.9 Portacangilón y soporte soldado (isometría vista superior)

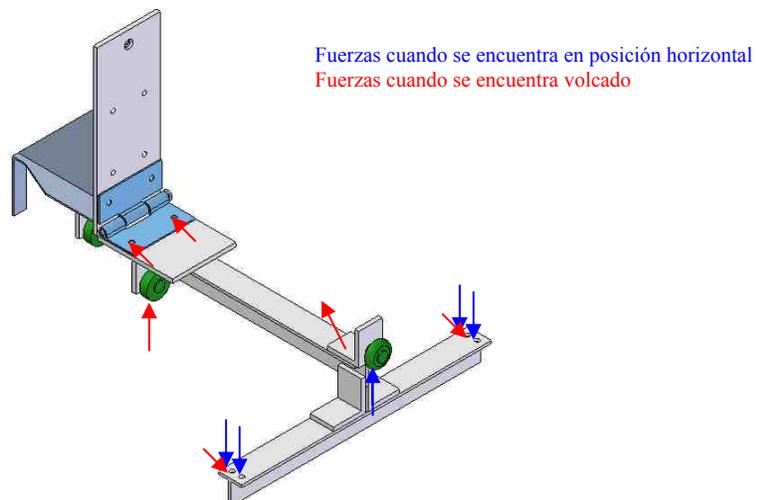


Figura 9.10 Fuerzas actuantes sobre el portacangilón.

El factor de seguridad cuando se encuentra en posición horizontal es de 2,63; y cuando esta volcado es de 18,39; con esto se asegura que no fallará debido a las fuerzas actuantes.

➤ *Soporte soldado a la cadena transportadora:* está constituida por un ensamble de cortes de láminas de 1,2 mm de espesor de acero laminado en frío ASTM A-366, unido mediante soldaduras. La cual soporta al portacangilón mediante 4 tornillos y sus tuercas (A), está unida en B a la cadena transportadora de la mesa clasificadora mediante soldadura y la pestaña tiene un espesor de 2,4 mm ya que son dos láminas pegadas; tiene fijada por la parte inferior de su base una rueda (C) para eliminar roces en su movimiento. Y el nervio D también son dos láminas pegadas por sus caras principales.

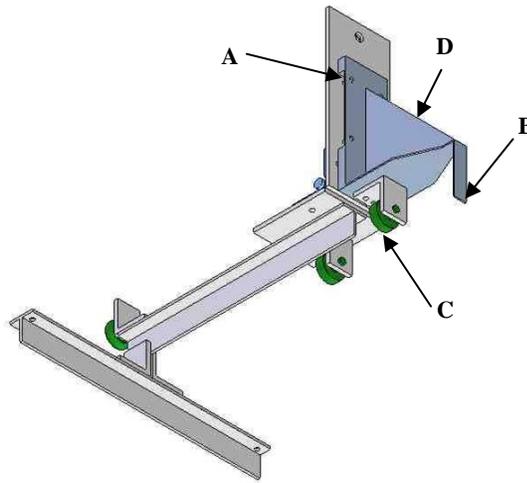


Figura 9.11 Soporte soldado y portacangilón (isometría vista inferior)

El factor de seguridad es de 2,50; con lo cual se asegura que no fallará debido a las fuerzas actuantes.

➤ *Cangilón:* Esta constituido por una serie de cortes de láminas de poliestireno, el cual es apto para trabajar con alimentos, será de 3 mm de espesor y armados mediante una pega especial para este plástico.

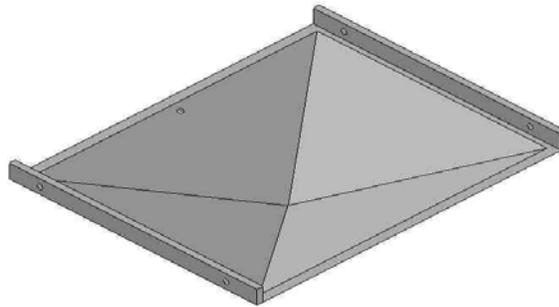


Figura 9.12 Cangilón

➤ *Mesa base de la transportadora de cangilones:* Las patas (A) son tubos cuadrados de 2"; las bases del motor (B) y del sistema de transmisión diferencial (C) son de tubos cuadrados de 1"; las bases (D) de las chumaceras del eje del motor son tubos cuadrados de 2" unidos a un pedazo de un tubo similar para completar la altura de colocación de las chumaceras; los soportes (E) de la pista de rodamiento del soporte soldado de los portacangilones, son tubos de 2" pero picados longitudinalmente a la mitad. Esta pista de rodamiento (F) y la pista de rodamiento de los portacangilones volcados (G), que soporta al portacangilón a 45°, son cortes de láminas de 1,2 mm de espesor de acero laminado en frío ASTM A-366. Los tubos son de acero al carbono ASTM A36 y estará todo unido mediante soldadura.

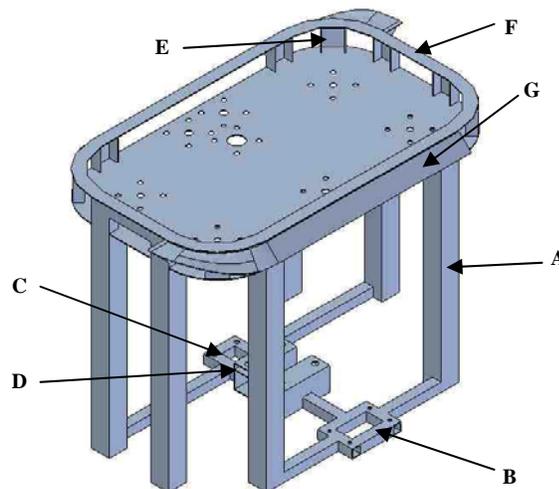


Figura 9.13 Mesa base de la transportadora de cangilones

- *Mesa exterior:* esta mesa esta constituida por 8 piezas:
- Las 4 piezas de las esquinas (A, B, C y D) tendrán una pata cada una y servirán de soporte para la mesa, las patas son de acero al carbono ASTM A36, tubos cuadrados de 2", y tendrán tubos de 1" a los lados del mismo material para darle estabilidad. La pieza superior (E) es un corte de una lámina de 1,2 mm de espesor de acero laminado en frío ASTM A36. Todo estará unido mediante soldadura.
 - Las 2 piezas (F y G) donde estarán los contrapesos son cortes de una lámina de 1,2 mm de espesor de acero laminado en frío ASTM A-366, y todo estará unido mediante soldadura.
 - Las 2 piezas (H e I) por donde entran las frutas que vienen de la alimentadora son cortes de una lámina de 1,2 mm de espesor de acero laminado en frío ASTM A-366, y todo estará unido mediante soldadura.

Todas estas 8 piezas que conforma la mesa exterior estarán unidas en sus pestañas laterales por 4 tornillos y sus tuercas, así se facilitará su desarme.

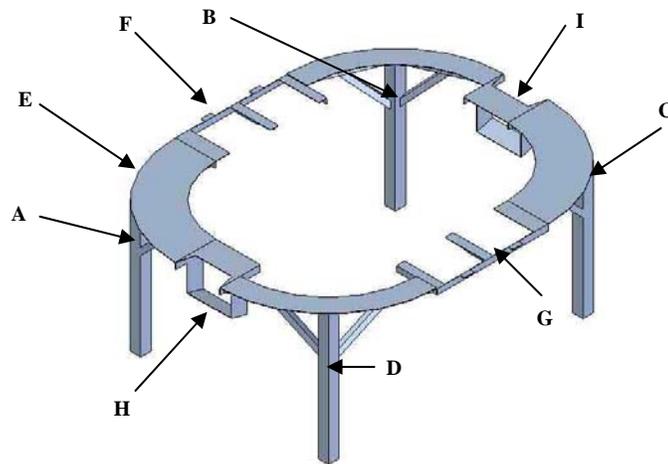


Figura 9.14 Mesa exterior

9.2.4 Limpiadora

➤ *Estructura de la limpiadora:* Los elementos son de acero inoxidable. Constan de dos soportes (A y B) compuestos por tubos cuadrados de 2". Tiene 10 ángulos (C) de 1" que son el apoyo del conjunto de pletinas (D y E) las cuales son de 1" x 3/32", y sirven de pista para los rodillos. Estas pletinas serán fijadas mediante tornillos cabeza plana a los ángulos de la estructura. En la parte donde estarán apoyadas las chumaceras tensoras serán hechas con pletina de 3/8" x 1/4". Las piezas van estar unidas por soldadura.

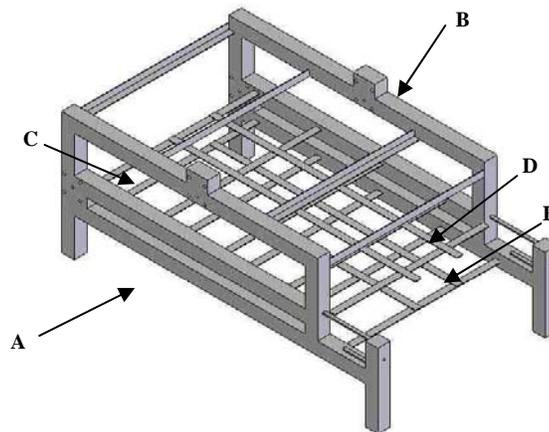


Figura 9.15 Estructura de la limpiadora

➤ *Paredes laterales protectoras de salpicaduras de agua y divisoras de clase:* Serán cortes de lámina de acero inoxidable (AISI 304, acabado 2B) de 1 mm de espesor (A). Estas estarán unidas a ángulos (B) fijados en la parte superior de la estructura por tornillos y tuercas.

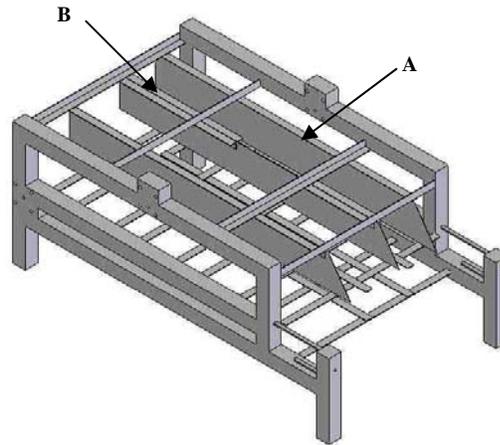


Figura 9.16 Paredes laterales protectoras de la limpiadora

➤ *Rodillos de la transportadora:* Están conformados de varias partes, un rodillo de plástico de 33 mm de diámetro, un eje de acero inoxidable de 10 mm de diámetro, y entre estos tendrá un rodamiento sellado a cada extremo, estarán unidos a una cadena por cada extremo del eje de acero inoxidable.

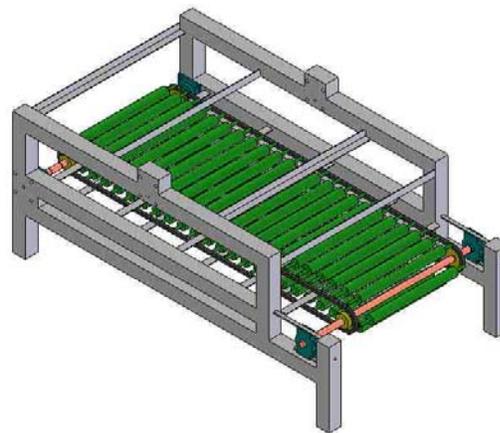


Figura 9.17 Rodillos transportadores

➤ *Sistema aspersor:* Son tuberías PVC de $\frac{3}{4}$ " de diámetro, con sus respectivos codos, uniones en T y tapones. Este sistema tendrá una válvula de cierre de $\frac{3}{4}$ " a la cual se le acopla la conexión de suministro de agua que se hará mediante una manguera. Los aspersores serán micro-jets de Cap. 0.0133 l/s, estos son roscados

directamente a la tubería PVC secundaria. Toda la tubería estará unida mediante pega para tubería PVC, y estará unida a la estructura por tirrajás.

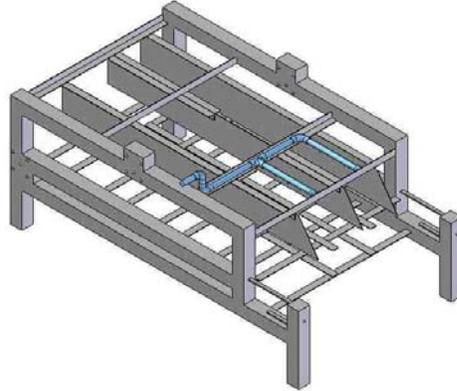


Figura 9.18 Sistema aspersor

Teniendo la capacidad y los demás parámetros que se definieron en el capítulo anterior se calcula la cantidad de solución que recibe cada fruto.

$$\text{Cant. Solución} = (\text{No. Aspersores}) * (\text{Cap. micro-jets}) * (\text{Tiempo exposición})$$

$$\text{Cant. Solución} = (3) * (0,0133 \text{ l/s}) * (2 \text{ s}) = 0,08 \text{ l}$$

➤ *Cepillo:* Un cepillo cilíndrico (A) de fibra nylon especial para el lavado de frutos, tiene 12" de diámetro por 11 ½" de largo en flecha de 1" maquinada con espigas de 3/8" x 4" y 5 ½" de largo y servirá para el cepillado de las dos clases, tiene acoplado un piñón (B) al eje de transmisión principal (C) para su movimiento.

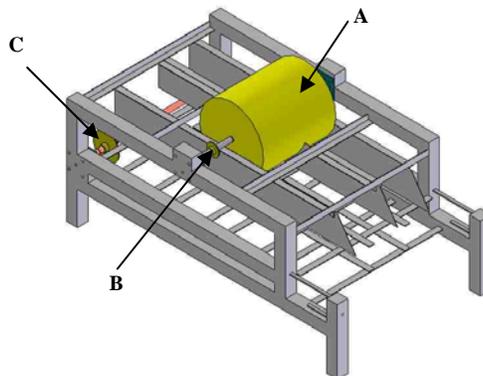


Figura 9.19 Cepillado

➤ *Dosificador:* Para poder mezclar la solución desinfectante-preservante con el agua del lavado, se usará un dosificador marca Dosatron, modelo D 100 R. Este se coloca en la tubería principal y por su parte inferior absorbe la solución pura mezclándola con el agua, el cual tiene una manguera que se coloca dentro de un recipiente de solución de agua y que mezclando con el agua de la tubería mediante el dosificador se obtendrá la concentración final de la solución, la cual es la que se va esparcir al fruto.



Figura 9.20 Dosificador

Especificaciones	Valor
Rango de dosificación	0,5 -1 %
Caudal agua de servicio	1,5 m ³ /h
Presión agua de trabajo	0,5 – 5 bar
Caudal de inyección del producto concentrado	0,05 l/h – 15 l/h

Tabla 9.1 Especificaciones del dosificador

➤ *Secado:* Serán cuatro, dos para primera clase y dos para los de segunda clase. Estarán unidos mediante tornillos a los ángulos.



Especificaciones	Valor/Descripción
Marca	ORIENTAL MOTOR
Tipo	ventilador Axial
Modelo	MRS-16-BUL
Tamaño del marco	6,3"
Especificaciones eléctricas	1F/60Hz/110-115V
RPM	3300
Caudal de Aire	258 CFM
Máxima Presión Estática	0,63 " H ₂ O

Tabla 9.2 Especificaciones de los ventiladores

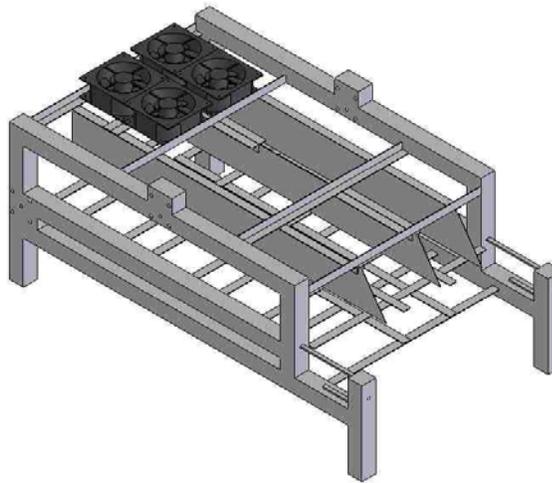


Figura 9.21 Ventiladores

➤ *Bandeja de drenaje y tapa del cepillo:* La bandeja son cortes de láminas de poliestireno de 3 mm de espesor, armados mediante una pega especial para este plástico, en la parte inferior se une un codo de tubería PCV, al cual se le conecta una manguera que se utiliza para llevar el agua del drenaje hasta un desagüe.

La tapa del cepillo será de una lámina de acero inoxidable (AISI 304) de 1 mm de espesor.

9.2.5 Elementos motrices de la máquina

➤ *Piñones y cadenas:* Para la transmisión de potencia en toda la máquina se utilizan cadenas y piñones P40. Tamaño 1/2" x 3/16", piñones para cadena simple según: DIN 8187 – ISO/R 606 y su lubricación es tipo I (Lubricación manual o por goteo). Para el diseño se utilizaron las tablas de 13-4 y 13-7 del Mott (1992).

Cadena P40	Longitud (m)
Cadena del motor a la alimentadora 1	1.854
Cadena del motor a la alimentadora 2	1.854
Cadena 1 en la alimentadora 1	0.876
Cadena 2 en la alimentadora 1	0.800
Cadena 1 en la alimentadora 2	0.419
Cadena 2 en la alimentadora 2	0.800
Cadena transportadora de cangilones	1.524
Cadena de la limpiadora 1	0.876
Cadena de la limpiadora 2	2.438
Cadena de la limpiadora 3	1.384

Tabla 9.3 Longitudes de las cadenas de transmisión

Piñón P40	No. de dientes
Piñón 1a y 1b del eje del motor	14
Piñón 2 alimentadora	17
Piñón 3, 4, 5 y 6 alimentadora	13
Piñón 1, 2, 3, 4 y 5 clasificadora	30
Piñón 6, 7, 8, 9 y 10 clasificadora	13
Piñón 1 y 2 limpiadora	13
Piñón 3 a, b, c y d limpiadora	17
Piñón 4 limpiadora	30
Piñón 5 limpiadora	13

Tabla 9.4 Piñones seleccionados

Teniendo definido los piñones se obtienen las velocidades normalizadas y muchos parámetros de diseño para la máquina normalizados, las cuales son:

Velocidades de los componentes	Valor
Banda separadora	15,562 cm / s
Banda alineadora	10,633 cm / s
Cadena transportadora de cangilones	28,628 cm / s
Transportadora de rodillos de la limpiadora	16,284 cm / s
Velocidad angular del cepillo	103,846 RPM

Tabla 9.5 Velocidades de los componentes de la máquina

- *Sincronismo en la máquina:*

$$\frac{\text{Velocidad de la banda separadora}}{\text{Velocidad de la cadena transportadora de cangilones}} = 0,544$$

La relación da muy parecida a la relación 12 cm / 22 cm expuesta en el capítulo anterior, por lo tanto se pueden usar estos piñones y se sincronizaría la máquina con las chumaceras tensoras de la banda separadora.

- *Posición de los portacangilones en la cadena:* Se redondea al inmediato entero superior dando 191 eslabones, por lo que la nueva longitud de cadena es 242,57 cm. Colocando cada 17 eslabones un cangilón.

- *Números de rodillos y cadena de la transportadora de rodillos de la limpiadora:* Si los rodillos son de 33 mm y están separados entre ellos por 50,8 mm; ya que estarán fijos a la cadena P40 de paso ½", se tiene que estarán separados por cada 4 eslabones de cadena, y además la vuelta que dará la cadena tiene un radio igual al del piñón que estará en los extremos de la transportadora que es de 34,55 mm.

Por lo tanto, la longitud total de la cadena será de 243,84 cm para que den enteros los eslabones, con 48 rodillos y la longitud entre los centros de los piñones en los extremos será de 111 cm.

- *Ejes:* El material utilizado para la fabricación de los ejes es un acero comercial de fácil adquisición en el mercado nacional, AISI 4340 con una resistencia

a la tracción $S_{ut} = 833 \text{ MPa}$ y una resistencia a la fluencia $S_y = 637 \text{ MPa}$, (datos proporcionados por el proveedor del material); el factor de diseño (n) utilizado es 3.

Eje del motor

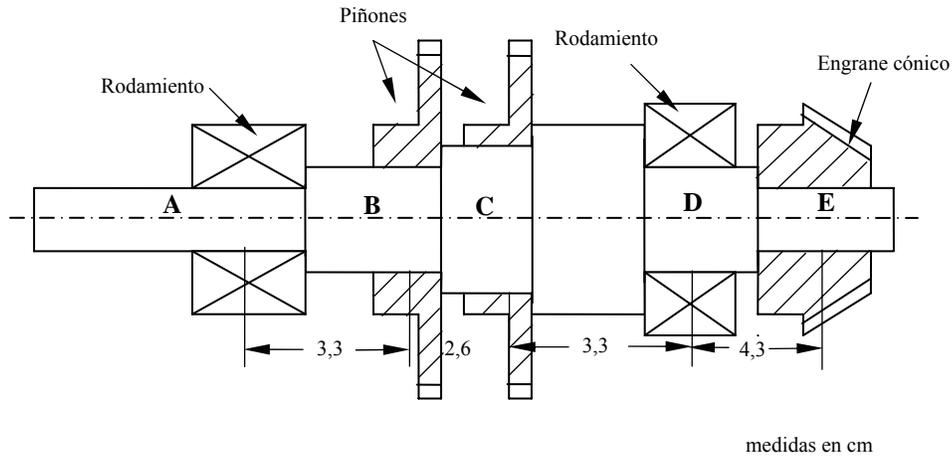


Figura 9.22 Geometría propuesta para el eje del motor

En la figura 8.23 se muestra un diagrama de cuerpo libre de todas las fuerzas que actúan a lo largo del eje.

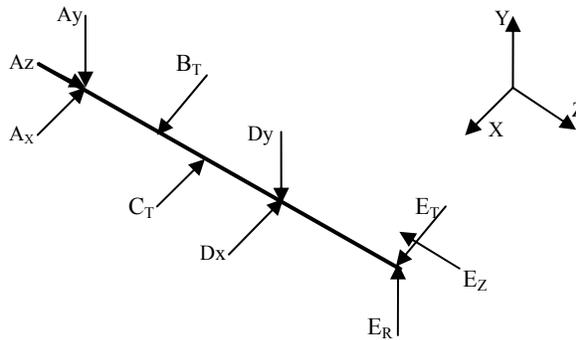


Figura 9.23 Fuerzas sobre el eje del motor (3D)

El torque en el eje fue calculado con la potencia mínima requerida para el funcionamiento de las alimentadoras y clasificadora. La velocidad del eje es la misma dada por los fabricantes del motor-reductor, la cual es 45 RPM. Más adelante se calculan las potencias, por ahora simplemente se pondrán:

$$T_{\text{eje}} = P_{\text{total}} / \omega$$

$$T_{\text{eje}} = 24,8 \text{ Nm}$$

Las fuerzas ejercidas en el eje vienen dadas por los piñones que transmiten la potencia a la alimentadora y el engrane cónico que transmite a la clasificadora.

Los piñones son P40 de 14 dientes con un radio primitivo de 2,85 cm. Las fuerzas B y C ejercidas en el eje por la transmisión de cadena, se calcularán mediante el torque en los piñones y su dimensión, según la ecuación 9-6 del Mott (1992). El ángulo de inclinación de la cadena es pequeño por lo que si se desprecia, se genera un error mínimo, entonces tendríamos que la B en su totalidad actúa en el sentido del eje X.

$$T_{\text{alim}} = P_{\text{alim}} / \omega$$

$$T_{\text{alim}} = 9,13 \text{ Nm}$$

$$B_T = T_{\text{alim}} / r_p$$

$$B_T = C_T 320,35 \text{ N}$$

Los engranes cónicos a 90° con relación 1:1, son de 22 dientes y módulo 3,5 con radio primitivo de 3,85 cm. La fuerza E ejercida en el eje debido a la transmisión en el engrane cónico son tangencial (E_T), radial (E_R) y axial (E_Z).

La E_T es la fuerza que genera el torque en el engrane y esta en el sentido del eje X. El torque se calcula mediante la potencia transmitida en el engrane y la velocidad de giro del eje.

$$T_{\text{clas}} = P_{\text{clas}} / \omega$$

$$T_{\text{clas}} = 6,55 \text{ Nm}$$

$$E_T = T_{\text{clas}} / r_p$$

$$E_T = 170,13 \text{ N}$$

La E_R es la fuerza que actúa hacia el centro del engrane en sentido del eje Y, y se calcula mediante las ecuaciones para engrane cónicos (ec. 12-20; Mott, 1992)

$$E_R = E_T(\tan\Phi)(\cos\gamma)$$

$$\Phi = 20^\circ \text{ (Angulo de ataque)}$$

$$\gamma = 45^\circ \text{ (relación 1:1, y transmisión a } 90^\circ)$$

$$E_R = 43,78 \text{ N}$$

La E_Z es la fuerza axial que actúa paralela al eje Z, provoca una fuerza de empuje en los cojinetes. También genera un momento de flexión en el eje ya que actúa a una distancia del eje que es igual al radio primitivo, este momento esta en el punto donde este situado el engrane.

$$E_z = E_T(\tan\Phi)(\cos\gamma)$$

$$E_z = 43,78 \text{ N}$$

Las reacciones en los apoyos se calculan aplicando sumatoria de momento en el punto A, e igualándola a cero. Después se suman algebraicamente las fuerzas para determinar la fuerza faltante.

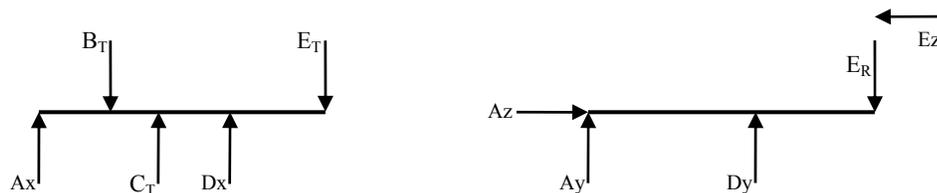


Figura 9.24 Fuerzas sobre el eje del motor (2D)

Los resultados son: $A_X = 9,98 \text{ N}$; $A_Y = -2,35 \text{ N}$
 $D_X = 160,15 \text{ N}$; $D_Y = 46,13 \text{ N}$

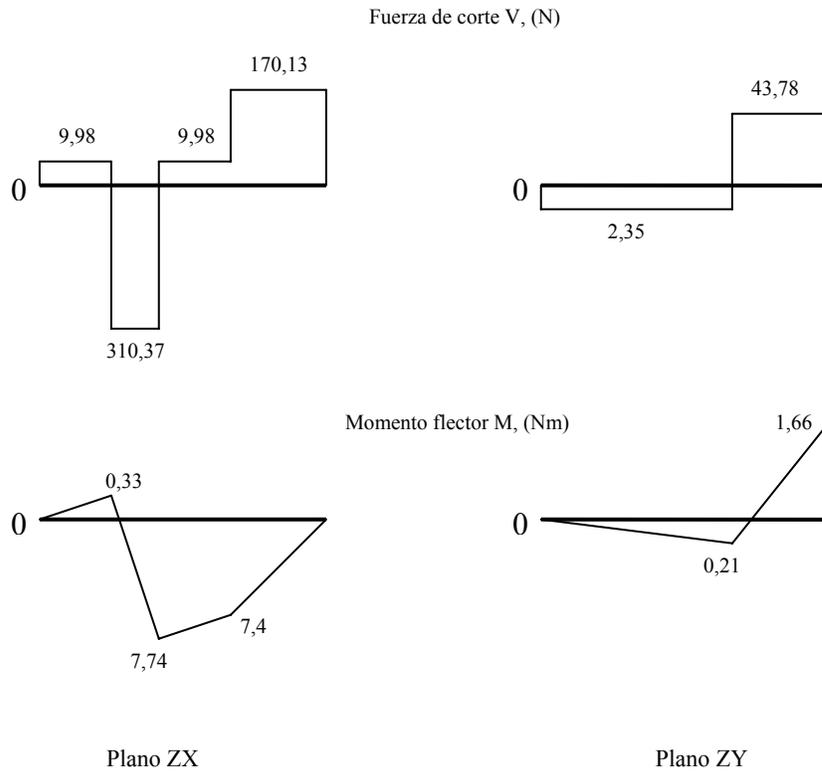


Figura 9.25 Gráficas de fuerza de corte y momento flector para el eje del motor

Cálculo del diámetro mínimo del eje en el punto A.

El punto A es el asiento del cojinete A, en este punto no hay torque, pero si una fuerza de corte V_A y hay una fuerza axial pero como la tensión es por compresión, mejora el rendimiento del eje ante fatiga ya que por lo regular las fallas por fatiga se presenta en un punto donde existe tensión por esfuerzo de tracción. Por estas razones, en estos cálculos se omite la tensión axial.

$$V_A = [(A_X^2 + A_Y^2)]^{1/2} \quad ; \quad V_A = 22,77 \text{ N}$$

La tensión por esfuerzo de corte de diseño es:

$$\tau_d = 0.577 * S_y / n \quad ; \quad \tau_d = 122.52 \text{ MPa}$$

Para un eje circular sólido tenemos:

$$\tau_d = \frac{4V}{3(\text{Área})} \quad ; \text{ por lo tanto despejando el área y calculando: } \text{Área} = 2,478 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$$

Lo que da que el diámetro del eje en ese punto tiene que ser igual o mayor que $5,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}$

$$\mathbf{D_A = 0,56 \text{ mm}}$$

Cálculo del diámetro mínimo del eje en los puntos B, C, D y E.

Para el cálculo del diámetro mínimo de la sección transversal en estos puntos del eje se utilizará la ecuación para diseño de ejes de la norma AISI B106.1M-1985 (ec. 9-22; Mott, 1992).

$$D = \left\{ \left(\frac{32 \cdot n}{\pi} \right) \cdot \left[\left(\frac{K_t \cdot M}{S_n'} \right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{T}{S_y} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

Donde,

$S_n' \rightarrow$ Resistencia a la fatiga

$K_t \rightarrow$ Factor de concentración de tensión

$M_B \rightarrow$ Momento flector en el punto B

$n \rightarrow$ Factor de diseño

$T \rightarrow$ Torque en el eje (T_{eje})

$S_y \rightarrow$ Tensión máxima a la fluencia

S_n' viene dado por la siguiente ecuación (ec. 5-4; Mott, 1992)

$$S_n' = S_n \cdot C_s \cdot S_R$$

Según tabla 5.9 del Mott ; $S_n = 300 \text{ MPa}$ (Resistencia por durabilidad)

Según tabla 9.8 del Mott ; $C_s = 0,9$ (Factor de tamaño)

Poniendo una confiabilidad de 99% ; $C_R = 0,81$ (Factor de confiabilidad)

$$S_n' = 218,7 \text{ MPa}$$

Punto B: En este punto se encuentra un piñón con un chaflán bien redondeado a la derecha, un cuñero de perfil y una ranura para un anillo de retención a la izquierda, por lo cual tomaremos el mayor $K_t = 3$ (Mott, 1992).

El momento en B lo hallamos mediante:

$$M_B = [(M_{BX}^2 + M_{BY}^2)]^{1/2} \quad ; \quad M_B = 0,339 \text{ Nm}$$

Lo que da que el diámetro del eje en ese punto tiene que ser igual o mayor que $1,01 \cdot 10^{-2} \text{ m}$

$$D_B = 10,1 \text{ mm}$$

Punto C: En este punto se encuentra un piñón con un chaflán bien redondeado a la derecha, un cuñero de perfil y una ranura para un anillo de retención a la izquierda, por lo cual tomaremos el mayor $K_t = 3$ (Mott, 1992).

El momento en C lo hallamos mediante:

$$M_C = [(M_{CX}^2 + M_{CY}^2)]^{1/2} \quad ; \quad M_C = 0,339 \text{ Nm}$$

Lo que da que el diámetro del eje en ese punto tiene que ser igual o mayor que $1,50 \cdot 10^{-2} \text{ m}$

$$D_C = 15,0 \text{ mm}$$

Punto D: En este punto se encuentra un cojinete con un chaflán bien redondeado a la izquierda, por lo cual $K_t = 1,5$ (Mott, 1992).

El momento en D lo hallamos mediante:

$$M_D = [(M_{DX}^2 + M_{DY}^2)]^{1/2} \quad ; \quad M_D = 7,4 \text{ Nm}$$

Lo que da que el diámetro del eje en ese punto tiene que ser igual o mayor que $1,23 \cdot 10^{-2}$ m

$$D_D = 12,3 \text{ mm}$$

Punto E: En este punto se encuentra un engrane cónico con un chaflán bien redondeado a la izquierda, un cuñero de perfil y una ranura para un anillo de retención a la derecha, por lo cual $K_t = 3$ (Mott, 1992).

El momento en E lo hallamos mediante:

$$M_E = [(M_{EX}^2 + M_{EY}^2)]^{1/2} \quad ; \quad M_E = 1,66 \text{ Nm}$$

Lo que da que el diámetro del eje en ese punto tiene que ser igual o mayor que $1,08 \cdot 10^{-2}$ m

$$D_E = 10,8 \text{ mm}$$

Los diámetros utilizados en el diseño del eje del motor van por encima de estos valores, por lo cual aumenta la confiabilidad del diseño.

Eje del piñón de ataque de la clasificadora

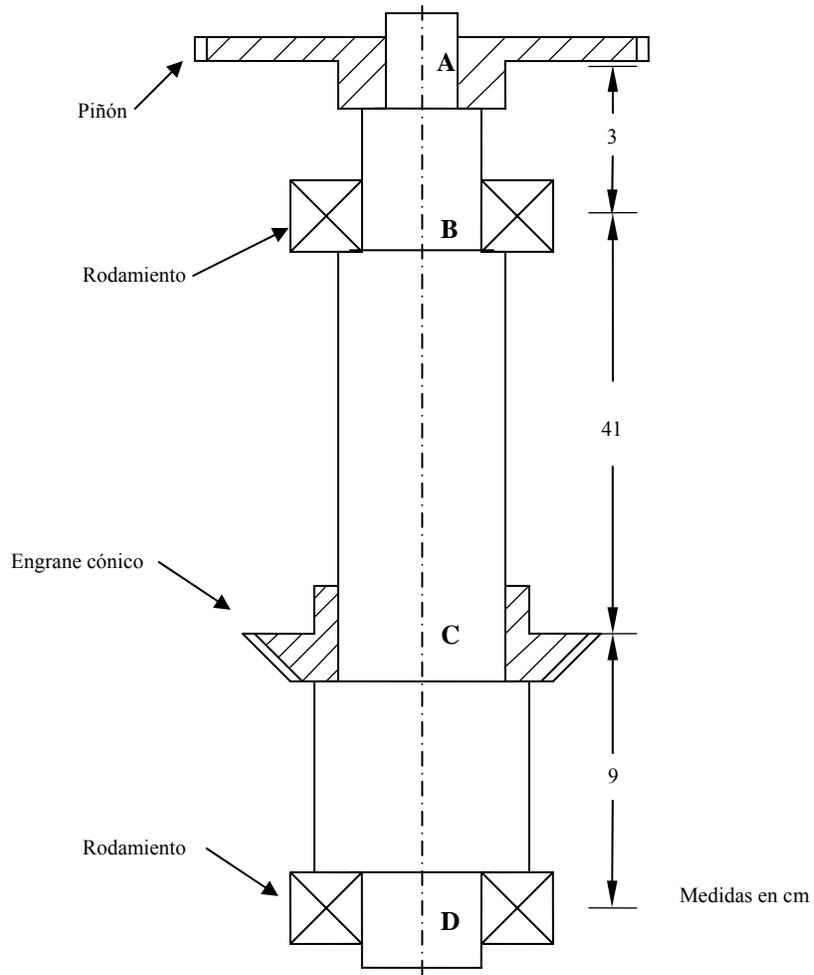


Figura 9.26 Geometría propuesta para el eje del piñón de ataque de la clasificadora

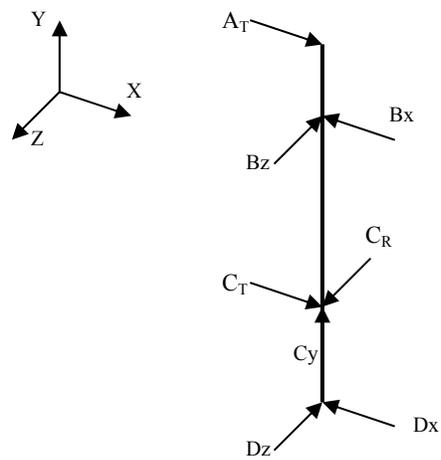


Figura 9.27 Fuerzas sobre el eje del piñón de ataque de la clasificadora (3D)

La fuerza ejercida sobre el piñón de ataque es la siguiente:

$$A_T = T_{\text{Clas}} / r_p$$

$$A_T = 107,82 \text{ N}$$

Con la 3° Ley de Newton sacamos las fuerzas sobre el engrane cónico, ya que las fuerzas sobre el engrane cónico del eje del motor tendrán su reacción sobre el engrane cónico del eje del piñón de ataque de la clasificadora, por lo tanto:

$$E_T = C_T = 170,13 \text{ N} \quad E: \text{ Fuerza sobre el engrane del eje de motor}$$

$$E_R = C_Y = 43,78 \text{ N} \quad C: \text{ Fuerza sobre el engrane del eje de ataque de la}$$

$$E_Z = C_R = 43,78 \text{ N} \quad \text{clasificadora}$$

Las reacciones en los apoyos se calculan aplicando sumatoria de momento en el punto B, e igualándola a cero. Después se suman algebraicamente las fuerzas para determinar la fuerza faltante.

**Figura 9.28** Fuerzas sobre el eje del piñón de ataque de la clasificadora (2D)

Los resultados son: $B_X = 145 \text{ N}$; $B_Z = 7,92 \text{ N}$
 $D_X = 133 \text{ N}$; $D_Z = 35,86 \text{ N}$

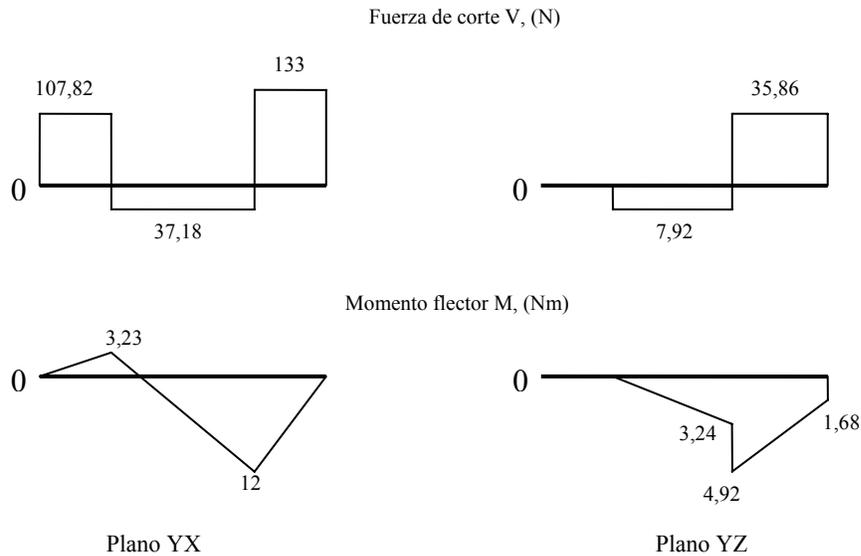


Figura 9.29 Gráficas de fuerza de corte y momento flector para el eje del piñón de ataque de la clasificadora

Cálculo del diámetro mínimo del eje en el punto A

En este punto se encuentra el piñón de ataque, a partir de A (hacia la izquierda) no hay fuerzas, momentos ni torques. Debido a que es el extremo libre del eje, no hay momentos de flexión en A. Las concentraciones de tensión pueden omitirse porque el torque es constante, por lo que mediante la ecuación 9-19 del Mott (1992), para hallar la tensión por esfuerzo de corte por torsión, tenemos:

$$Z_p = T_{\text{Clas}} / \tau \quad ; \quad \text{donde } Z_p \text{ es el coeficiente de la sección polar}$$

$$Z_p = 122,52 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

Ahora con, $Z_p = \pi D^3 / 16$ y despejando el diámetro, da que el diámetro del eje en ese punto tiene que ser igual o mayor que $6,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

$$\mathbf{D_A = 6,5 \text{ mm}}$$

Cálculo del diámetro mínimo del eje en los puntos B y C

Aquí se usarán los mismos cálculos usados para determinar los diámetros anteriores, a menos que se indique lo contrario, el torque usado será el T_{Clas} .

Punto B: En este punto se encuentra un cojinete con un chaflán bien redondeado a la izquierda, por lo cual $K_t = 1,5$ (Mott, 1992) y hay una fuerza axial pero como la tensión es por compresión, mejora el rendimiento del eje ante fatiga ya que por lo regular las fallas por fatiga se presentan en un punto donde existe tensión por esfuerzo de tracción. Por estas razones, en estos cálculos se omite la tensión axial.

El momento en B lo hallamos mediante:

$$M_B = [(M_{BX}^2 + M_{BY}^2)]^{1/2} \quad ; \quad M_B = 3,23 \text{ Nm}$$

Lo que da que el diámetro del eje en ese punto tiene que ser igual o mayor que $9 \cdot 10^{-3}$ m

$$D_B = 9 \text{ mm}$$

Punto C: En este punto se encuentra un engrane cónico con un chaflán bien redondeado a la derecha, un cuñero de perfil y una ranura para un anillo de retención a la izquierda.

La izquierda del punto C tomaremos $K_t = 3$ (Mott, 1992).

El momento en C lo hallamos mediante:

$$M_C = [(M_{CX}^2 + M_{CY}^2)]^{1/2} \quad ; \quad M_C = 12,97 \text{ Nm}$$

Lo que da que el diámetro del eje en ese punto tiene que ser igual o mayor que $1,76 \cdot 10^{-2}$ m.

A la derecha de C no se genera torque pero el chaflán bien redondeado sugiere que $K_t = 1,5$ para diseño, y hay flexión inversa. Utilizando las ec. 9-15 y 9-18 del Mott (1992).

$$\sigma_d = S_n' / n = 72,9 \text{ MPa}$$

La tensión por flexión para ejes circulares sólidos es, $\sigma = M / Z$. Por lo que despejando Z e igualando $\sigma = \sigma_d$

$Z = Kt * M / \sigma_d = 2,67 * 10^{-7} \text{ m}^3$, ahora con la ecuación para el coeficiente de sección, tenemos:

$Z = \pi * D^3 / 32$, y despejando el diámetro nos da que en ese punto tiene que ser igual o mayor que $1,39 * 10^{-2} \text{ m}$, por lo que nos quedamos con el primero calculado.

$$\mathbf{D_C = 17,6 \text{ mm}}$$

Cálculo del diámetro mínimo del eje en el punto D

El punto D es el asiento de un rodamiento, en este punto no hay torque, pero si una fuerza de corte V_D .

$$V_D = [(D_X^2 + D_Z^2)]^{1/2} \quad ; \quad V_D = 137,75 \text{ N}$$

Con $\tau_d = 4V / 3(\text{Área})$, despejando el área y calculando: $\text{Área} = 1,5 * 10^{-6} \text{ m}^2$

Y con el área de un círculo da que el diámetro del eje en ese punto tiene que ser igual o mayor que $1,38 * 10^{-3} \text{ m}$

$$\mathbf{D_D = 1,38 \text{ mm}}$$

Eje de los piñones tensores y de la cadena transportadora de la clasificadora

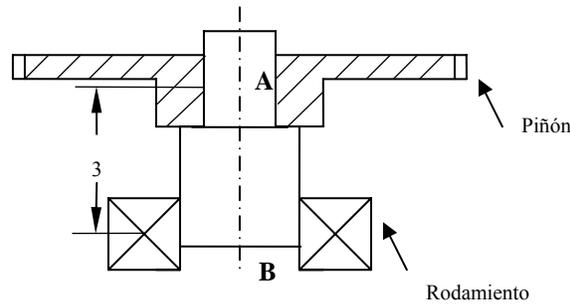


Figura 9.30 Geometría propuesta para el eje del piñón de ataque de la clasificadora

Para estos ejes se tomaron los mismos diámetros del eje del piñón de ataque de la clasificadora, desde el punto A al B, estas medidas de los diámetros del eje van por encima de los valores de cálculo de diseño; ya que estos ejes no están sometidos a ningún torque solo estarán sometidos a fuerzas de tensión de la cadena transportadora.

Eje de transmisión de la alimentadora 1

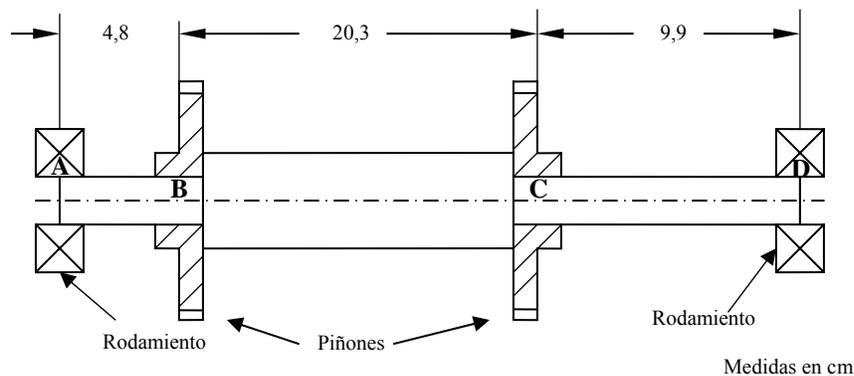


Figura 9.31 Geometría propuesta para el eje de transmisión de la alimentadora 1

En la figura 8.32 se muestra un diagrama de cuerpo libre de todas las fuerzas que actúan a lo largo del eje.

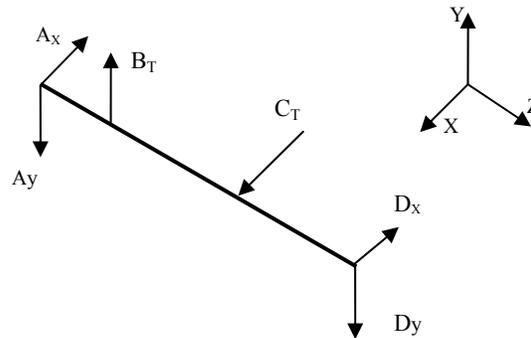


Figura 9.32 Fuerzas sobre el eje transmisión de la alimentadora 1 (3D)

El torque en el eje fue calculado con la potencia mínima requerida para el funcionamiento de una alimentadora y la velocidad del eje que es 37,06 RPM ya que hay una reducción con respecto a la velocidad del eje del motor, este torque es de 11,08 Nm.

La fuerza ejercida sobre los piñones es la siguiente:

$$B_T = T_{Alim} / r_p$$

$$B_T = 417,64 \text{ N}$$

$$C_T = T_{Alim} / r_p$$

$$C_T = 320,65 \text{ N}$$

Las reacciones en los apoyos se calculan aplicando sumatoria de momento en el punto A, e igualándola a cero. Después se suman algebraicamente las fuerzas para determinar la fuerza faltante.



Figura 9.33 Fuerzas sobre el eje transmisión de la alimentadora 1 (2D)

Los resultados son: $A_X = 90,69 \text{ N}$; $A_Y = 360,36 \text{ N}$

$$D_X = 229,95 \text{ N} \quad ; \quad D_Y = 57,28 \text{ N}$$

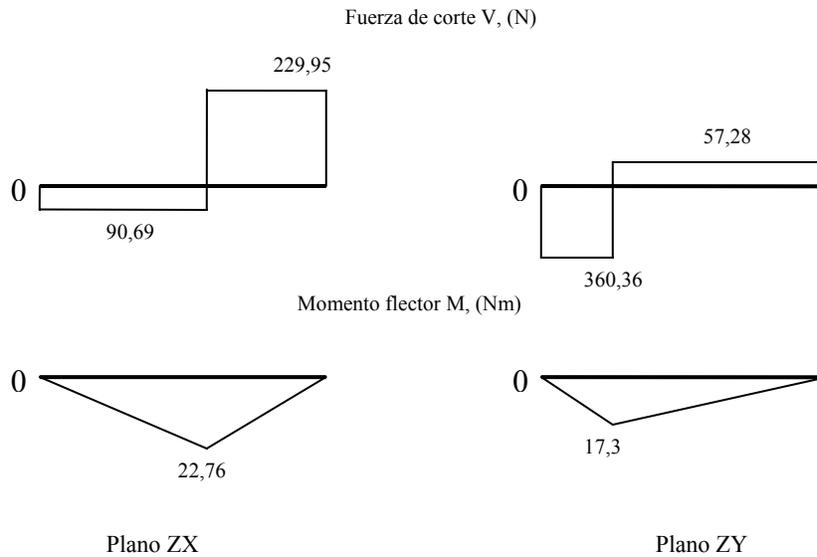


Figura 9.34 Gráficas de fuerza de corte y momento flector sobre el eje transmisión de la alimentadora 1

Cálculo del diámetro mínimo del eje en el punto A y D

El punto A y D es el asiento de un rodamiento, en este punto no hay torque, pero si una fuerza de corte V.

$$V_A = [(A_X^2 + A_Y^2)]^{1/2} \quad ; \quad V_A = 371,6 \text{ N}$$

$$V_D = [(D_X^2 + D_Y^2)]^{1/2} \quad ; \quad V_D = 236,97 \text{ N}$$

Con $\tau_d = 4V / 3(\text{Área})$, despejando el área y calculando:

$$\text{Área}_A = 4,04 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\text{Área}_D = 2,58 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Y con el área de un círculo da que el diámetro del eje en ese punto tiene que ser igual o mayor que $2,27 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ en el punto A y $1,81 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ en el punto D

$$D_A = 2,27 \text{ mm}$$

$$D_D = 1,81 \text{ mm}$$

Cálculo del diámetro mínimo del eje en el punto B y C

En estos puntos se encuentra los piñones con un chaflán bien redondeado a la derecha de B y a la izquierda de C, un cuñero de perfil para cada uno y una ranura para un anillo de retención a la izquierda de B y a la derecha de C.

A la derecha de B y a la izquierda de C hay un chaflán bien redondeado, esto sugiere que $K_t = 1,5$ para diseño. El momento lo hallamos mediante:

$$M_B = [(M_{BX}^2 + M_{BY}^2)]^{1/2} \quad ; \quad M_B = 17,84 \text{ Nm}$$

$$M_C = [(M_{CX}^2 + M_{CY}^2)]^{1/2} \quad ; \quad M_C = 23,46 \text{ Nm}$$

Lo que da que el diámetro del eje en el punto B tiene que ser igual o mayor que $1,55 \cdot 10^{-2}$ m y en el punto C es $1,7 \cdot 10^{-2}$ m.

A la izquierda de B y a la derecha de C no se genera torque pero la ranura sujeción sugiere que $K_t = 3$ para diseño, y hay flexión inversa. Utilizando las ecuación 9-15 y 9-18 del Mott (1992).

$$Z = K_t \cdot M / \sigma_d$$

$$Z_B = 7,34 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3$$

$$Z_C = 9,65 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3$$

$Z = \pi \cdot D^3 / 32$, y despejando los diámetros nos da que en el punto B tiene que ser igual o mayor que $1,95 \cdot 10^{-2}$ m y en el C es $2,14 \cdot 10^{-2}$ m, por lo que nos quedamos con este resultado.

$$\mathbf{D_B = 19,5 \text{ mm}}$$

$$\mathbf{D_C = 21,4 \text{ mm}}$$

Ejes de transmisión de la alimentadora 2

Eje (a) que es el que recibe la potencia del motor:

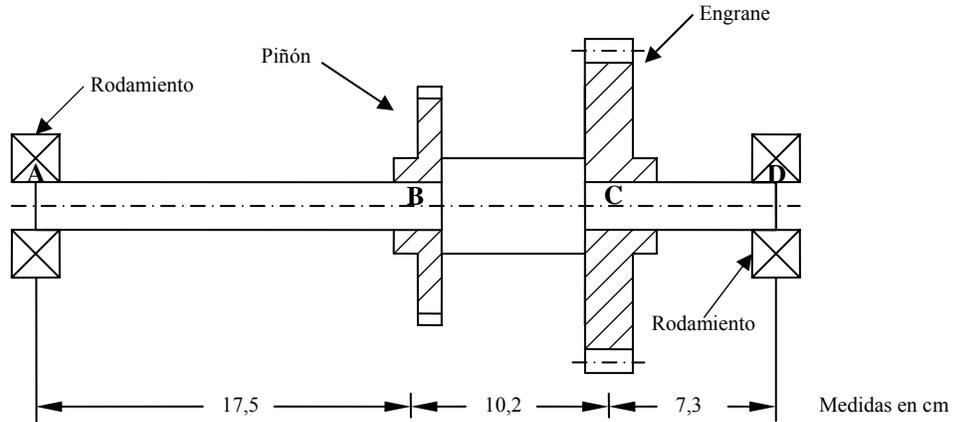


Figura 9.35 Geometría propuesta para el eje (a) de transmisión a de la alimentadora 2

En la figura 8.36 se muestra un diagrama de cuerpo libre de todas las fuerzas que actúan a lo largo del eje.

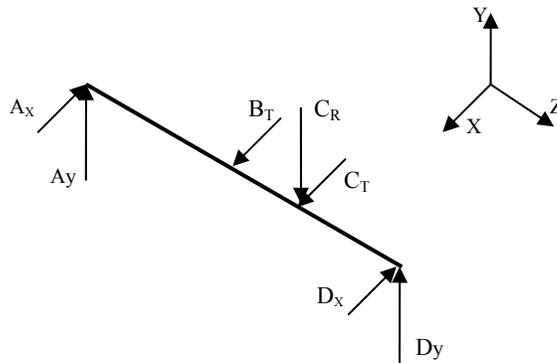


Figura 9.36 Fuerzas sobre el eje de transmisión a de la alimentadora 2 (3D)

El torque en el eje fue calculado con la potencia mínima requerida para el funcionamiento de una alimentadora y la velocidad del eje que es 37,06 RPM ya que hay una reducción con respecto a la velocidad del eje del motor, este torque es de 11,08 Nm.

La fuerza ejercida el piñón y el engrane es la siguiente:

$$B_T = T_{Alim} / r_p$$

Cálculo del diámetro mínimo del eje a, en el punto A y D

El punto A y D es el asiento de un rodamiento, en este punto no hay torque, pero si una fuerza de corte V.

$$V_A = [(A_X^2 + A_Y^2)]^{1/2} \quad ; \quad V_A = 207,22 \text{ N}$$

$$V_D = [(D_X^2 + D_Y^2)]^{1/2} \quad ; \quad V_D = 341,72 \text{ N}$$

Con $\tau_d = 4V / 3(\text{Área})$, despejando el área y calculando:

$$\text{Área}_A = 2,26 * 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\text{Área}_D = 3,71 * 10^{-6} \text{ m}^2$$

Y con el área de un círculo da que el diámetro del eje en ese punto tiene que ser igual o mayor que $1,7 * 10^{-3} \text{ m}$ en el punto A y $2,18 * 10^{-3} \text{ m}$ en el punto D

$$\mathbf{D_A = 1,7 \text{ mm}}$$

$$\mathbf{D_D = 2,18 \text{ mm}}$$

Cálculo del diámetro mínimo del eje a, en el punto B y C

En estos puntos (B y C) se encuentran el engrane y el piñón, respectivamente, con un chaflán bien redondeado a la derecha de B y a la izquierda de C, un cuñero de perfil para cada uno y una ranura para un anillo de retención a la izquierda de B y a la derecha de C.

A la derecha de B y a la izquierda de C hay un chaflán bien redondeado, esto sugiere que $K_t = 1,5$ para diseño. El momento se halla mediante:

$$M_B = [(M_{BX}^2 + M_{BY}^2)]^{1/2} \quad ; \quad M_B = 36,26 \text{ Nm}$$

$$M_C = [(M_{CX}^2 + M_{CY}^2)]^{1/2} \quad ; \quad M_C = 24,89 \text{ Nm}$$

Lo que da que el diámetro del eje en el punto B tiene que ser igual o mayor que $1,97 \cdot 10^{-2}$ m y en el punto C es $1,74 \cdot 10^{-2}$ m.

A la izquierda de B y a la derecha de C no se genera torque pero la ranura sujeción sugiere que $K_t = 3$ para diseño, y hay flexión inversa. Utilizando las ecuación 9-15 y 9-18 del Mott (1992).

$$Z = K_t \cdot M / \sigma_d$$

$$Z_B = 1,49 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$Z_C = 1,02 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$Z = \pi \cdot D^3 / 32$, y despejando los diámetros nos da que en el punto B tiene que ser igual o mayor que $2,48 \cdot 10^{-2}$ m y en el C es $2,18 \cdot 10^{-2}$ m, por lo que nos quedamos con este resultado.

$$D_B = 24,7 \text{ mm}$$

$$D_C = 21,8 \text{ mm}$$

Ahora se estudiará el eje (b) que transmite la potencia a las bandas:

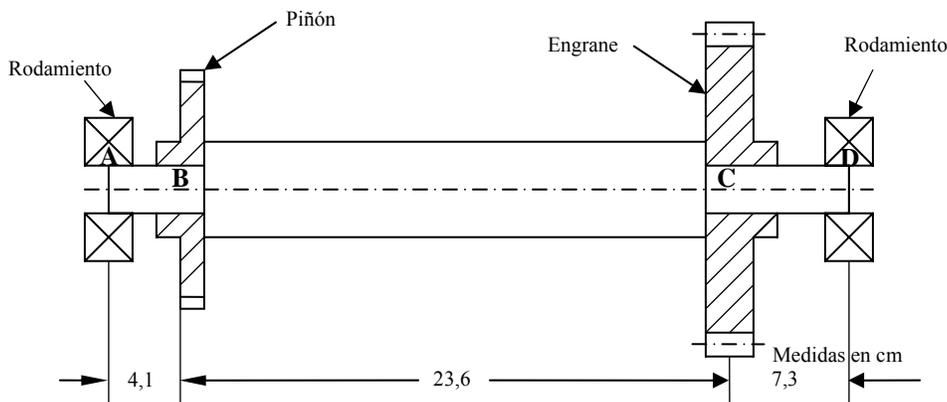


Figura 9.39 Geometría propuesta para el eje (b) de transmisión de la alimentadora 2

En la figura 8.40 se muestra un diagrama de cuerpo libre de todas las fuerzas que actúan a lo largo del eje.

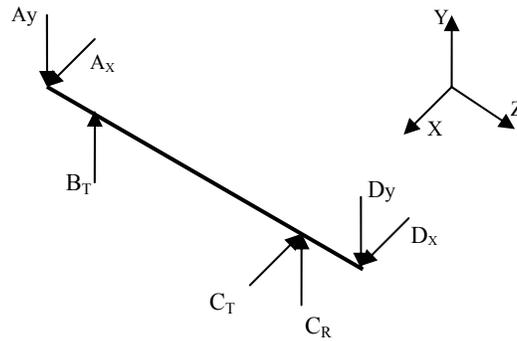


Figura 9.40 Fuerzas sobre el eje de transmisión b de la alimentadora 2 (3D)

La velocidad del eje se mantiene ya que se mantienen las relaciones entre los engranes. La fuerza ejercida en el piñón y en el engrane es la siguiente:

$$B_T = T_{Alim} / r_p$$

$$B_T = 417,64 \text{ N}$$

$$C_T = T_{Alim} / r_p \quad ; \quad C_R = B_T * \tan \Phi$$

$$C_T = 221,6 \text{ N} \quad ; \quad C_R = 80,64 \text{ N}$$

Las reacciones en los apoyos se calculan aplicando sumatoria de momento en el punto A, e igualándola a cero. Después se suman algebraicamente las fuerzas para determinar la fuerza faltante.



Figura 9.41 Fuerzas sobre el eje de transmisión b de la alimentadora 2 (2D)

Los resultados son:

$$A_X = 26,27 \text{ N} \quad ; \quad A_Y = 414,94 \text{ N}$$

$$D_X = 54,37 \text{ N} \quad ; \quad D_Y = 224,3 \text{ N}$$

Cálculo del diámetro mínimo del eje b, en el punto B y C

En estos puntos (B y C) se encuentran el piñón y el engrane, respectivamente, con un chaflán bien redondeado a la derecha de B y a la izquierda de C, un cuñero de perfil para cada uno y una ranura para un anillo de retención a la izquierda de B y a la derecha de C.

A la derecha de B y a la izquierda de C hay un chaflán bien redondeado, esto sugiere que $K_t = 1,5$ para diseño. El momento lo hallamos mediante:

$$M_B = [(M_{BX}^2 + M_{BY}^2)]^{1/2} \quad ; \quad M_B = 17,16 \text{ Nm}$$

$$M_C = [(M_{CX}^2 + M_{CY}^2)]^{1/2} \quad ; \quad M_C = 25,38 \text{ Nm}$$

Lo que da que el diámetro del eje en el punto B tiene que ser igual o mayor que $1,54 \cdot 10^{-2}$ m y en el punto C es $1,75 \cdot 10^{-2}$ m.

A la izquierda de B y a la derecha de C no se genera torque pero la ranura sujeción sugiere que $K_t = 3$ para diseño, y hay flexión inversa. Utilizando las ecuación 9-15 y 9-18 del Mott (1992).

$$Z_B = 7,06 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3$$

$$Z_C = 1,04 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$Z = \pi \cdot D^3 / 32$, y despejando los diámetros da que en el punto B tiene que ser igual o mayor que $1,93 \cdot 10^{-2}$ m y en el C es $2,2 \cdot 10^{-2}$ m, por lo que nos quedamos con este resultado.

$$\mathbf{D_B = 19,3 \text{ mm}}$$

$$\mathbf{D_C = 22 \text{ mm}}$$

Eje del tambor de potencia de la banda separadora

Este es el eje que le da la potencia a la banda separadora para su movimiento, y a su vez también le transmite potencia al eje del tambor de la banda alineadora.

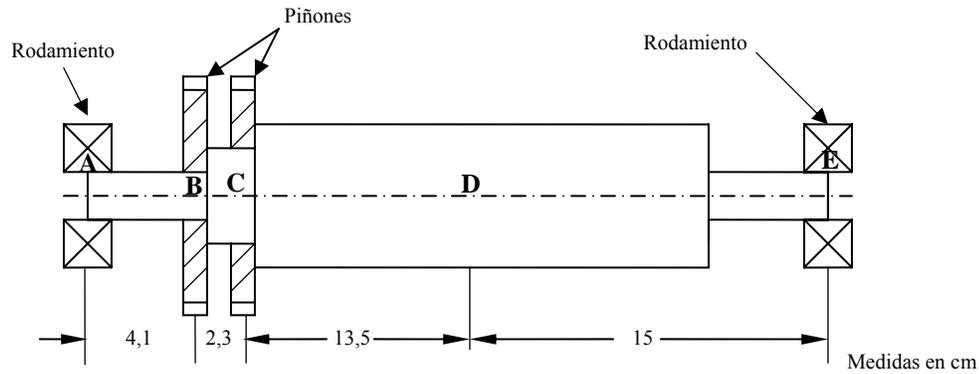


Figura 9.43 Geometría propuesta para el eje del tambor de potencia de la banda separadora

En la figura 8.44 se muestra un diagrama de cuerpo libre de todas las fuerzas que actúan a lo largo del eje.

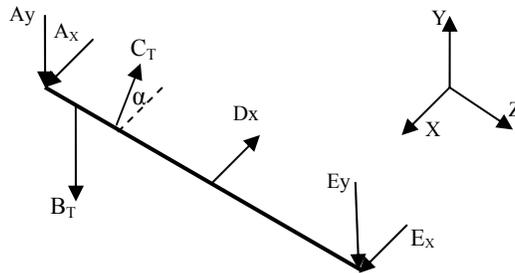


Figura 9.44 Fuerzas sobre el eje del tambor de potencia de la banda separadora (3D)

La velocidad del eje se mantiene ya que se mantienen las relaciones entre los piñones, y debido a esto, la fuerza ejercida sobre el piñón B es la misma ejercida sobre el piñón que le da la potencia del otro eje, la fuerza ejercida sobre el piñón C (C_T) tiene un ángulo de inclinación debido a que el eje al que está acoplado el piñón está 9,8 cm por arriba, hay 30 cm de separación, proyectados sobre la horizontal, entre estos ejes (ver dimensionamiento de las bandas transportadoras), por lo que las fuerzas quedan así:

$$B_T = 417,64 \text{ N}$$

$$T_{\text{Alin}} = P_{\text{Alin}} / \omega = 4,69 \text{ Nm}$$

$$C_T = T_{\text{Alin}} / r_p$$

$$C_T = 1767,81 \text{ N} \quad ; \quad C_x = C_T \cdot \cos\alpha = 1680,3 \text{ N}$$

$$C_y = C_T \cdot \sin\alpha = 549,2 \text{ N}$$

$D_x = 169,25 \text{ N}$ (Tensión efectiva en la polea motriz, ver dimensionamiento de la potencia motriz para la alineadora en la alimentadora)

Las reacciones en los apoyos se calculan aplicando sumatoria de momento en el punto A, e igualándola a cero. Después se suman algebraicamente las fuerzas para determinar la fuerza faltante.

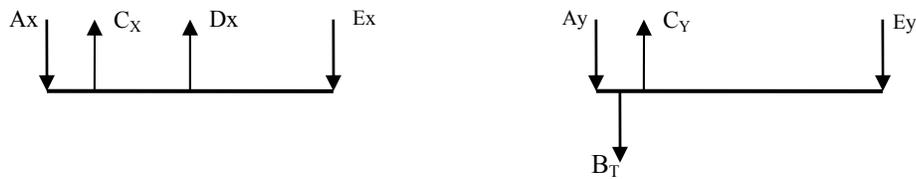


Figura 9.45 Fuerzas sobre el eje del tambor de potencia de la banda separadora (2D)

$$\text{Los resultados son: } \begin{array}{l} A_x = 1443,15 \text{ N} \quad ; \quad A_y = 79,91 \text{ N} \\ E_x = 406,4 \text{ N} \quad ; \quad E_y = 51,65 \text{ N} \end{array}$$

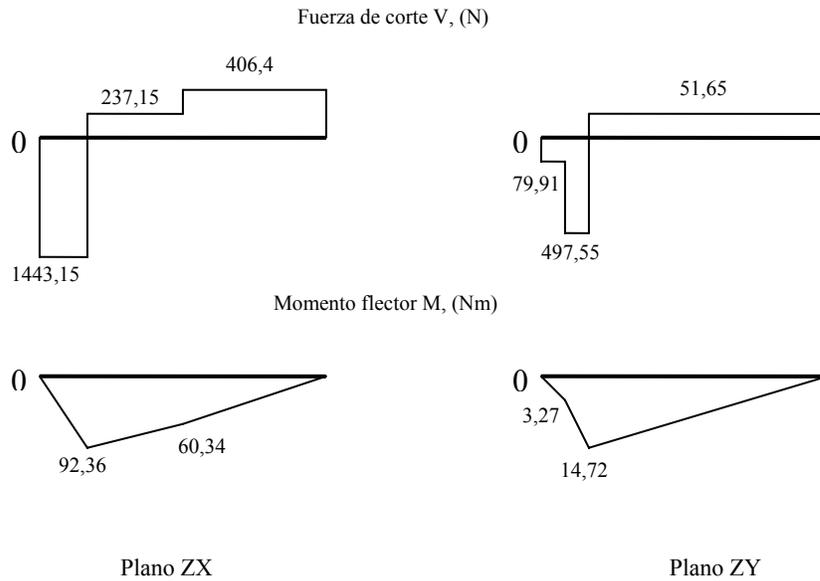


Figura 9.46 Gráficas de fuerza de corte y momento flector sobre el eje del tambor de potencia de la banda separadora

Cálculo del diámetro mínimo del eje en el punto A y E

El punto A y E es el asiento de un rodamiento, en este punto no hay torque, pero si una fuerza de corte V.

$$V_A = [(A_X^2 + A_Y^2)]^{1/2} \quad ; \quad V_A = 1445,4 \text{ N}$$

$$V_E = [(D_X^2 + D_Y^2)]^{1/2} \quad ; \quad V_E = 409,67 \text{ N}$$

Con $\tau_d = 4V / 3(\text{Área})$, despejando el área y calculando:

$$\text{Área}_A = 1,57 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$\text{Área}_E = 4,46 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Y con el área de un círculo nos da que el diámetro del eje en ese punto tiene que ser igual o mayor que $4,47 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ en el punto A y $2,38 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ en el punto E

$$\mathbf{D_A = 4,47 \text{ mm}}$$

$$\mathbf{D_E = 2,38 \text{ mm}}$$

Cálculo del diámetro mínimo del eje en el punto B y C

En estos puntos se encuentran los piñones, con un chaflán bien redondeado a la derecha de B y de C, un cuñero de perfil para cada uno y una ranura para un anillo de retención a la izquierda de B y de C.

A la derecha de B hay un chaflán bien redondeado, esto sugiere que $K_t = 1,5$ para diseño, y a la izquierda de C hay una ranura para un anillo de retención, con lo cual $K_t = 3$. El momento lo hallamos mediante:

$$M_B = [(M_{BX}^2 + M_{BY}^2)]^{1/2} \quad ; \quad M_B = 59,26 \text{ Nm}$$

$$M_C = [(M_{CX}^2 + M_{CY}^2)]^{1/2} \quad ; \quad M_C = 93,53 \text{ Nm}$$

Lo que da que el diámetro del eje en el punto B tiene que ser igual o mayor que $2,32 \cdot 10^{-2}$ m y en el punto C es $3,4 \cdot 10^{-2}$ m.

A la izquierda de B y a la derecha de C no se genera torque y hay flexión inversa y como hay una ranura de sujeción a la izquierda de B que sugiere $K_t = 3$, y a la derecha de C hay un chaflán bien redondeado, por lo que $K_t = 1,5$. Utilizando las ecuaciones 9-15 y 9-18 del Mott (1992).

$$Z_B = 2,44 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$Z_C = 1,92 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$Z = \pi \cdot D^3 / 32$, y despejando los diámetros nos da que en el punto B tiene que ser igual o mayor que $2,92 \cdot 10^{-2}$ m y en el C es $2,69 \cdot 10^{-2}$ m, por lo que quedamos con este resultado.

$$\mathbf{D_B = 29,2 \text{ mm}}$$

$$\mathbf{D_C = 34,0 \text{ mm}}$$

Eje del tambor de potencia de la banda alineadora

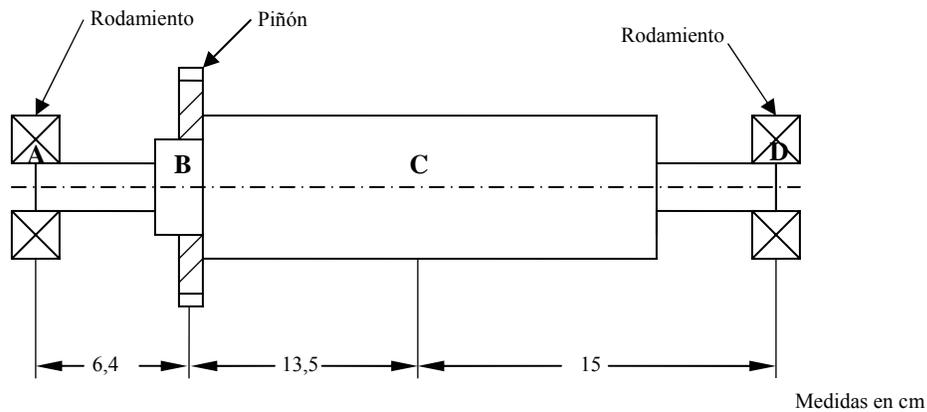


Figura 9.47 Geometría propuesta para el eje del tambor de potencia de la banda alineadora

Para este eje se tomó el mismo diámetro del eje del tambor de potencia de la banda separadora, en los puntos A, C y D, estas medidas de los diámetros del eje van por encima de los valores de cálculo de diseño, ya que este eje estará sometido a fuerzas menores.

Los diámetros utilizados en el diseño de los ejes van por encima de estos valores. Esto aumenta la confiabilidad del diseño.

- *Cuñas:* Teniendo definida las dimensiones de los diámetros de los ejes, utilizamos para el diseño de las cuñas la tabla 10-1 del Mott (1992).
- *Acoples:* Se utilizó el catálogo de acoples elastomérico marca Lovejoy, se seleccionaron según el torque, diámetros de los ejes y el uso que se le va a dar. Los cuales dieron los siguientes:

Marca	Lovejoy
Modelo	L099
Torque Máximo	35,93 Nm
Diámetro máximo	30 mm

Tabla 9.6 Acople para el eje del motor principal de la clasificadora

➤ *Rodamientos:* Los rodamientos se seleccionaron dependiendo del diámetro de los ejes, los rodamientos seleccionados son:

Marca	FBJ
Modelo	UCF-204
Diámetro	20 mm
Carga Dinámica	12,8 KN
Carga Estática	6,65 KN
Velocidad límite	10000 RPM

Tabla 9.7 Especificaciones de la chumacera UCF 204

Esta chumacera se utilizara 14 en las alimentadoras, 11 en la clasificadora y 8 en las limpiadoras.

Marca	FBJ
Modelo	UCT-204-12
Diámetro	20 mm
Carga Dinámica	12,8 KN
Carga Estática	6,65 KN
Velocidad límite	10000 RPM

Tabla 9.8 Especificaciones de la chumacera UCT 204-12

Esta chumacera tensora se utilizara 8 en las alimentadoras y 4 en las limpiadoras.

Marca	FBJ
Modelo	UCP-204
Diámetro	20 mm
Carga Dinámica	12,8 KN
Carga Estática	6,65 KN
Velocidad límite	10000 RPM

Tabla 9.9 Especificaciones de la chumacera UCP 204

Esta chumacera de soporte de pie se utilizara dos en el eje del motor.

➤ *Engranés:* Se seleccionó engranes cónicos para la transmisión diferencial a 90° grados del eje del motor al eje motriz y engranes rectos para el cambio de giro que se realiza en una de las alimentadoras.

- Engrane cónico pares con ejes normales, tipo A

Marca	Tana
Módulo	3,5
No. de dientes	22

Tabla 9.10 Especificaciones del engrane cónico

- Engrane recto

Marca	Tana
Módulo	4
No. de dientes	25

Tabla 9.11 Especificaciones del engrane recto

➤ *Motores y reductores:* Los motores son de 1800 RPM, uno de ½ HP y dos de ¼ HP. Todos traerán reductores de velocidad de 40:1. A continuación se presentan sus características técnicas:

Marca	Kohlbach
Potencia nominal	½ HP
Velocidad	1800 RPM
No. de fases	3
Frecuencia	60 Hz
Tensión	230/460 V
Cerramiento	TEFC
Aislamiento	Clase F
Factor de seguridad	1,2
Normas	IEC

Tabla 9.12 Especificaciones del motor principal (Clasificadora-Alimentadora)

Tipo	Coaxial
Marca	Rossi
Modelo	MR3140
Relación	40:1
Diámetro del eje	19 mm

Tabla 9.13 Especificaciones del reductor del motor principal

Marca	Sew Eurodrive
Potencia nominal	¼ HP
Velocidad	1800 RPM
No. de fases	3
Frecuencia	60 Hz
Tensión	230/460 V
Cerramiento	TEFC
Aislamiento	Clase F
Factor de seguridad	1,2
Normas	IEC

Tabla 9.14 Especificaciones del motor de las limpiadoras

Tipo	Coaxial
Marca	Sew Eurodrive
Modelo	R27AD1
Relación	40:1
Diámetro del eje de entrada	16 mm
Diámetro del eje de salida	25 mm

Tabla 9.15 Especificaciones del reductor del motor de las limpiadoras

9.2.5 Sistema de instrumentación

El interruptor y los cables se seleccionan utilizando normas NEMA.

Equipos eléctricos para el primer circuito: 1 motor de ½ HP 3F/230 V y 2 motores de ¼ HP 3F/60Hz/230 V.

- 36 metros de Cable TW # 14 para circuito de potencia y 3 metros de TW # 18 para circuito de control.
- 12 metros de tubería flexible BX de ¾".
- Disyuntor y protector: 1 Interruptor automático termomagnético trifásico.
- Contactor tripolar: 3 Contactores para cada motor categoría LC1 D09 10F7
- Botón de encendido con iluminación, tipo K 9001, categoría K2L(1)G20H5

- Botón de apagado tipo K 9001, categoría KR4RH6

Equipos eléctricos para el segundo circuito: 8 ventiladores de 45 W 1F/60Hz/110 V.

- 50 metros de Cables TW # 16 para circuito de potencia.
- 1 metros de Cable TW # 14.
- 10 metros de tubería flexible BX de $\frac{3}{4}$ ".
- Disyuntor y protector: 1 Interruptor automático termomagnético monofásico.

El Tablero es tipo 1 según NEMA, es para todo tipo de aplicaciones en interiores, donde las condiciones atmosféricas son normales. La caja está hecha de acero, cuya superficie está tratada para resistir a la corrosión. Su cubierta tiene agujeros para su rápida y fácil instalación de los botones de arranque-parada, luces indicadoras, interruptores selectores y otros accesorios. Los agujeros para los cables de energía están ubicados en la parte superior, inferior y en ambos lados de la caja.



Figura 9.48 Tablero de control tipo 1

La conexión al sistema eléctrico del recinto donde estará la máquina va ser por medio de cables TW # 12, y un macho en su extremo de tres puntas. Para ser conectado en cualquier fuente eléctrica trifásica del recinto que este más cerca.

CAPÍTULO 10

ANÁLISIS DE LA CINEMÁTICA DE LOS COMPONENTES DE LA MAQUINA

10.1 Introducción

Para asegurar que el diseño cumple con todos los cálculos cinemáticos o de cambio de posición de piezas de la maquina que están sometidas a movimientos se realizarán estudios gráficos y analíticos de la cinemática mediante un programa de computadora, como también se realizaran simulaciones de los mecanismos.

10.2 Método para el análisis de la cinemática de los mecanismos

Para el análisis cinemático se utilizó un programa de simulación para ingeniería, el cual nos permite hacer, mediante la aplicación de métodos analíticos y gráficos ilustrativos y sencillos, simulaciones de movimientos físicos de mecanismos y del comportamiento estructural de las piezas, para analizar la dinámica del problema. Dicho programa es el *Working Model*, y utiliza una serie de datos, como por ejemplo: fuerza gravitatoria, resistencia del aire, masa, fricción, velocidades, aceleración de los cuerpos que simulan los frutos, etc., y se le suministraron los datos usados para las velocidades tomados de la tabla 9.41 y de las dimensiones definitivas del diseño.

10.3 Análisis de los mecanismos de la máquina

La máquina clasificadora y limpiadora tiene una serie de mecanismos para lograr que los frutos recorran todas las estaciones de la máquina. Sabemos por los capítulos anteriores que las frutas comienza el recorrido desde la tolva, luego pasan a la alimentadora, siguen a la clasificadora y terminan su recorrido pasando por la

limpiadora. Por lo tanto, desglosaremos los diferentes dispositivos o mecanismos que hay en dicho recorrido del fruto.

10.3.1 Tolva

La tolva utiliza como medios de energía para lograr el movimiento del fruto la gravedad y parte de la velocidad inicial dada por el usuario al momento de descarga de los frutos en la misma.

10.3.2 Alimentadora

El mecanismo usado para trasladar los frutos son dos bandas transportadoras que por medio de piñones y cadenas trasladan la fruta a una velocidad constante de la salida de la tolva al cangilón en la entrada de la clasificadora. Teniendo las velocidad de las bandas se realizará un estudio cinemático de la trayectoria de la fruta determinando la trayectoria, las velocidades y aceleraciones existentes.

Desde la salida de la tolva los vegetales toman la velocidad de la banda alineadora, igual a 10,633 cm/s y luego caen a la banda separadora ubicada a 8,53 cm desde la superficie de la banda alineadora a la superficie de la separadora, esta última banda va a una velocidad de 15,562 cm/s. Con estos datos realizaremos una simulación de la trayectoria del fruto en dos dimensiones.

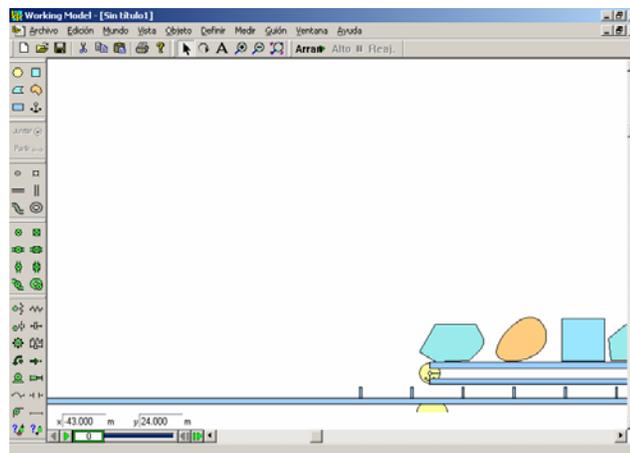


Figura 10.1 Ingreso de frutos a la banda separadora.

En la figura 10.1 se simula el movimiento de caída de los frutos de la banda alineadora a la banda separadora, verificaremos que cada fruto cae entre los separadores. En cuanto a las simulación de la bandas, tomamos nada más su movimiento lineal, debido que en ese movimiento se cumple el transporte del fruto de una banda a otra. Las dimensiones y velocidades son obtenidas de los datos establecidos de los capítulos anteriores.

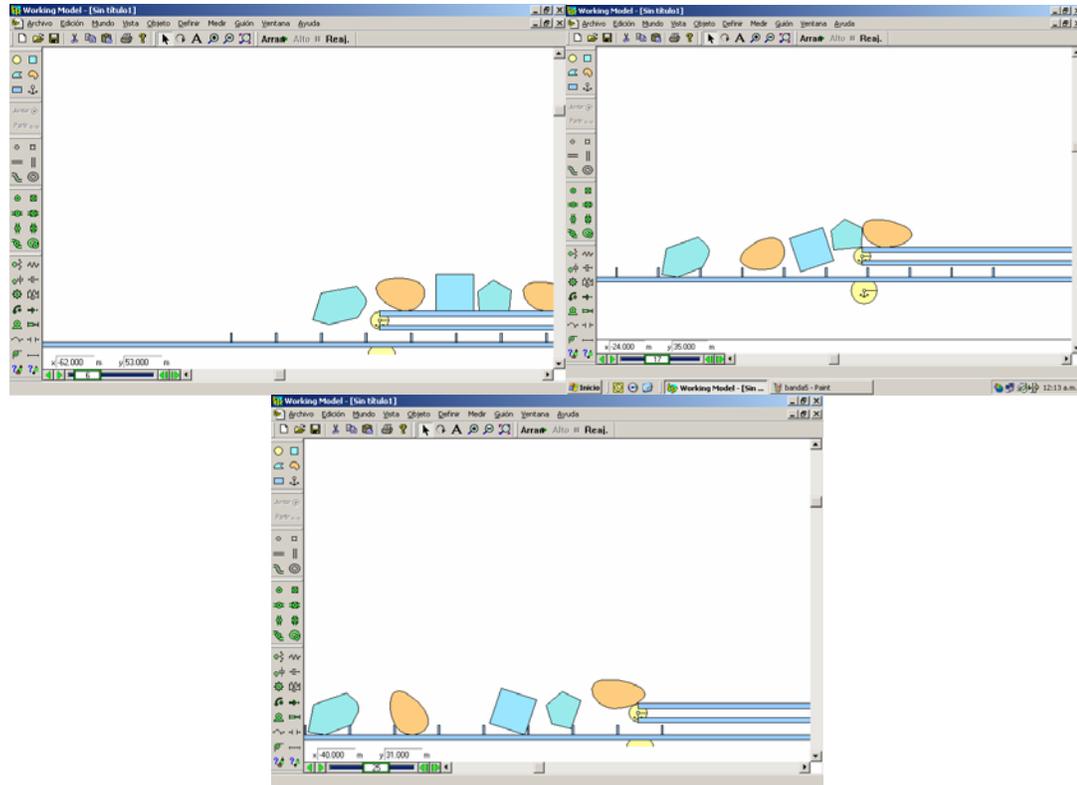


Figura 10.2 Frutos ingresando a la banda separadora.

Se puede apreciar en la figura 10.2, que los frutos caen separados como se predijo aunque pueden quedar espacios vacíos en la banda separadora, lo cual no acarrea ninguna consecuencia. Ahora verificamos el comportamiento de las velocidades de los frutos en el cambio de banda.

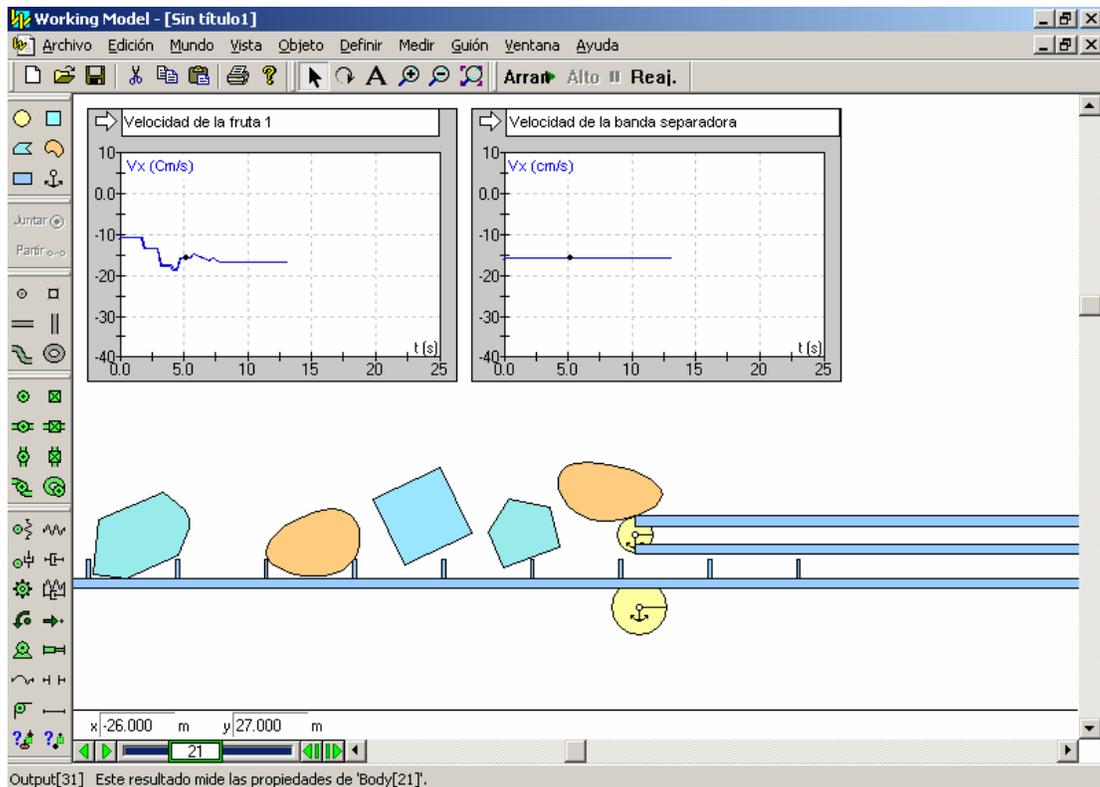


Figura 10.3 Velocidades de los frutos en la banda separadora.

Se aprecia en la figura 10.3 el cambio de velocidad que experimenta el fruto desde que se encuentra en la banda alineadora (10,687 cm/s) hasta caer y ser arrastrado por la separadora a la velocidad de esta última (15,564 cm/s).

10.3.3 Clasificadora

En la clasificadora se tiene varios mecanismos, los cuales son el movimiento del portacangilón, el cangilón y el sistema de contrapeso. La fruta interactúa con el cangilón, a su vez el cangilón con el portacangilón mediante cuerdas y este último con el sistema de contrapeso. Para estos mecanismos se analizarán trayectorias, oscilaciones, fuerzas de tensión en las cuerdas, velocidades, relaciones de pesos y aceleraciones existentes.

El primer caso a analizar, es la cuerda de volcamiento ya que verificaremos que esta cumpla con los requerimientos establecido en el capítulo 9, los cuales son

que la cuerda no se tense cuando el fruto este en el cangilón, y que cuando éste volque tense la cuerda para lograr el volcamiento del cangilón dejando caer el fruto.

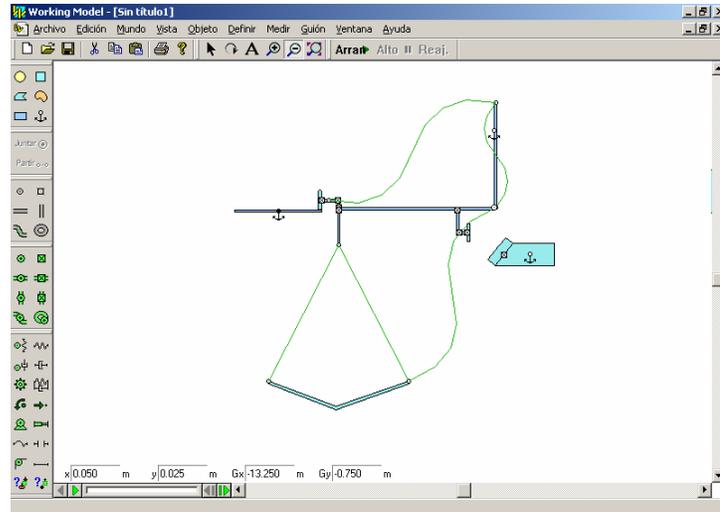


Figura 10.4 Portacangilón y cangilón.

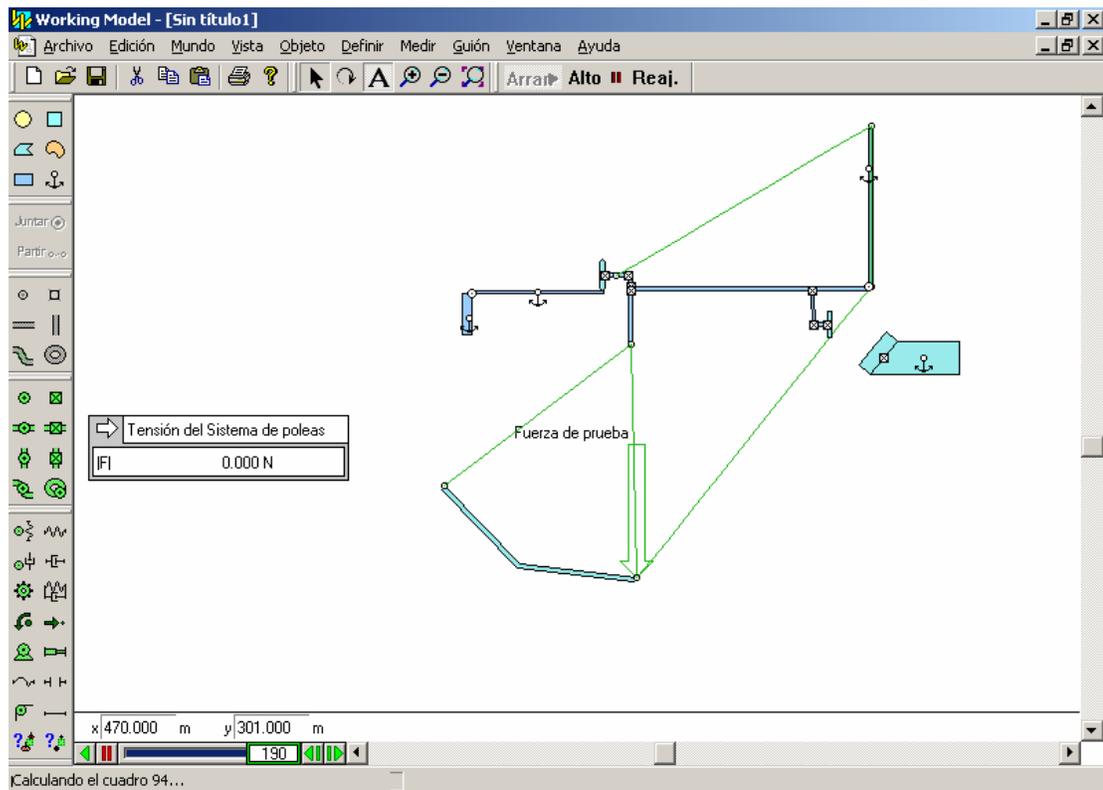


Figura 10.5 Situación desfavorable 1.

Se observa en la figura 10.5 que no existe tensión en la cuerda, por lo cual se demuestra que no se tensa la cuerda de volcamiento cuando un fruto no cae centradamente en el cangilón. En la figura 10.6 se muestra que el cangilón siempre volca.

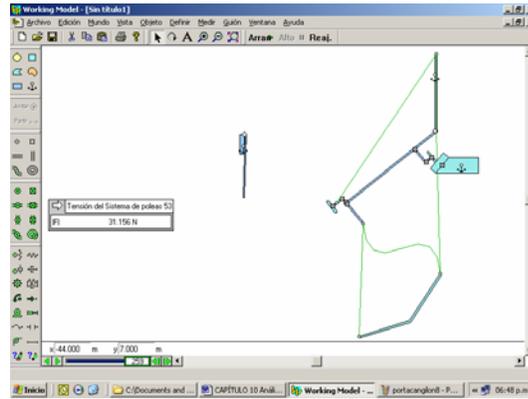
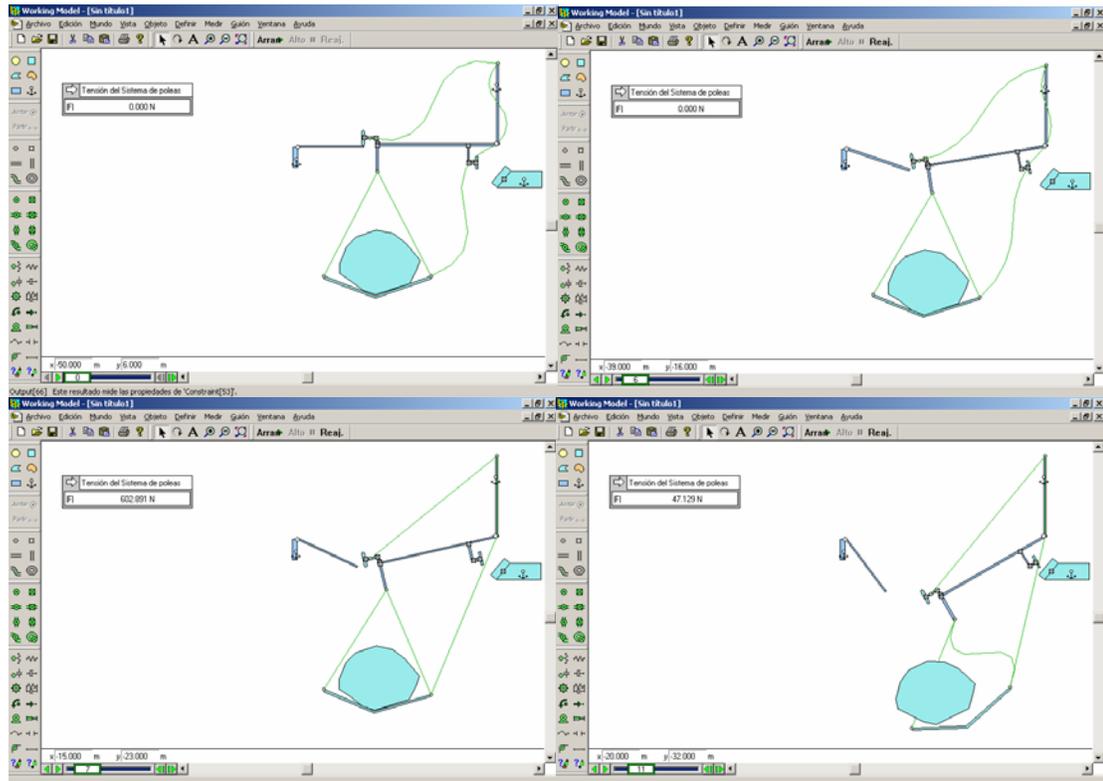


Figura 10.6 Situación desfavorable 2.

A continuación se muestra la secuencia del volqueo del cangilón.



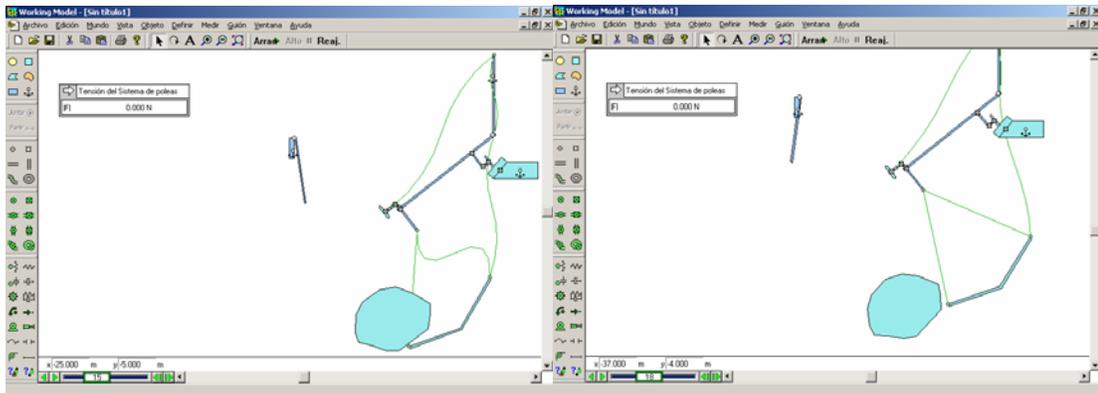


Figura 10.7 Secuencia del volcamiento del cangilón.

En el llenado del cangilón analizaremos el comportamiento del fruto, que viene con la velocidad de la banda separadora y cae en el cangilón el cual viene a otra velocidad, estas velocidades son perpendiculares entre sí. Por lo cual tomaremos el cangilón como estacionario respecto a la velocidad de la fruta, ya que se está haciendo el estudio en dos dimensiones. Se muestra en las figuras siguientes la secuencia del llenado del cangilón.

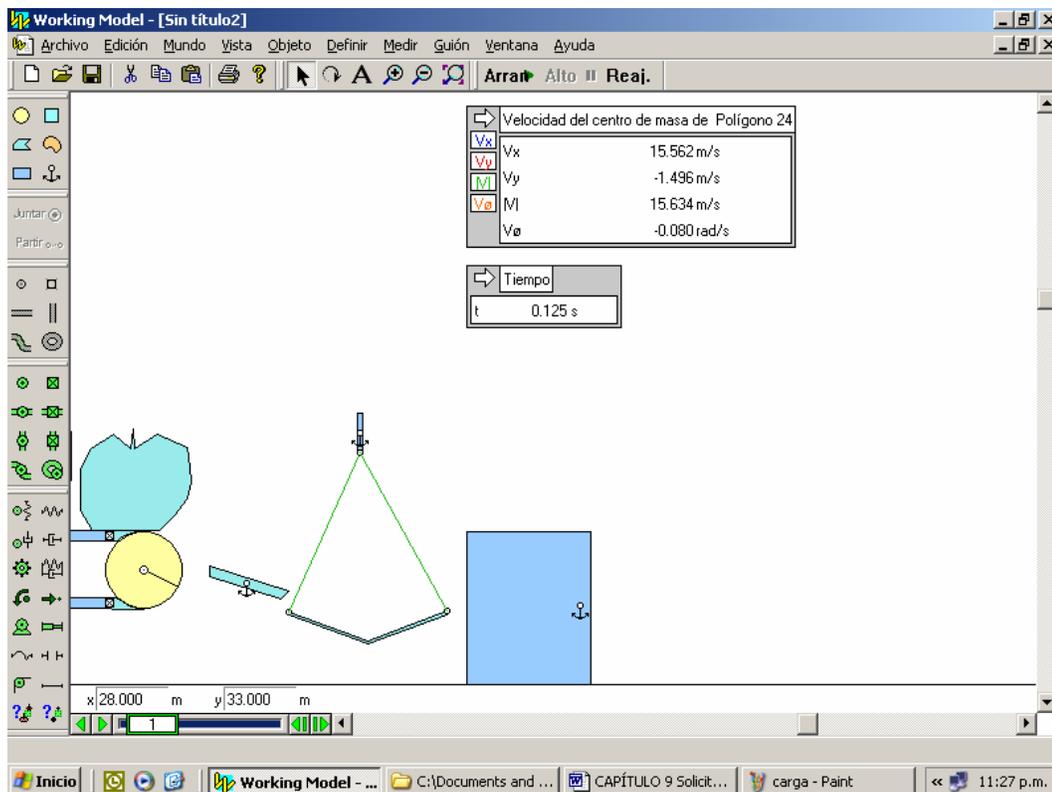


Figura 10.8 Estado inicial del llenado del cangilón.

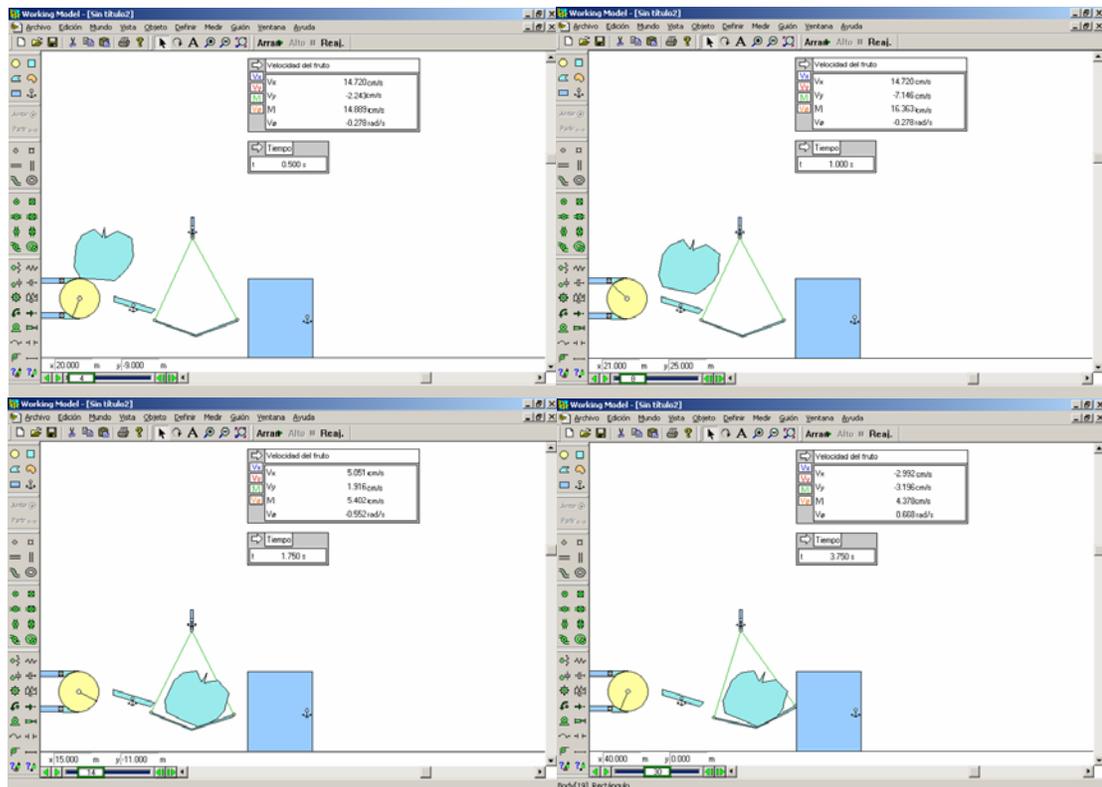


Figura 10.9 Secuencia del llenado del cangilón.

Realizando varias de pruebas de llenado con frutos de diferentes tamaños y formas se presentó un caso desfavorable el cual es cuando el fruto tiende a salirse del cangilón (Fig. 10.10).

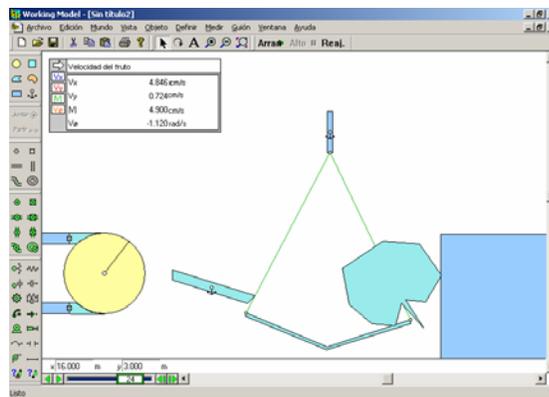


Figura 10.10 Caso desfavorable del llenado del cangilón.

Para solucionar este problema se diseña un dispositivo que frene y absorba la energía para detener la fruta, y que no salga del cangilón cuando se esté llenando.

Este dispositivo es una malla delgada colocada en las cuerdas de soporte del cangilón. A continuación se muestra este dispositivo con una secuencia de llenado.

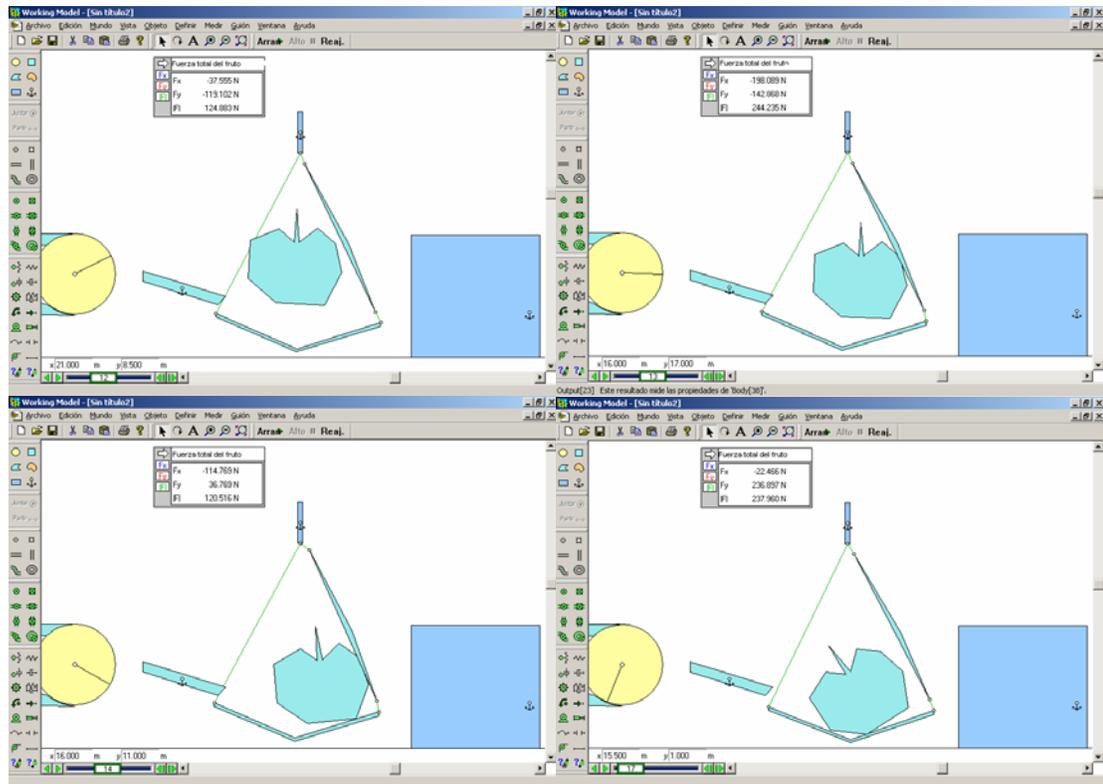


Figura 10.11 Secuencia del llenado del cangilón con dispositivo.

Ahora se estudiará el movimiento en el cangilón y como oscila con o sin fruto, también el comportamiento de las tensiones en las cuerdas.

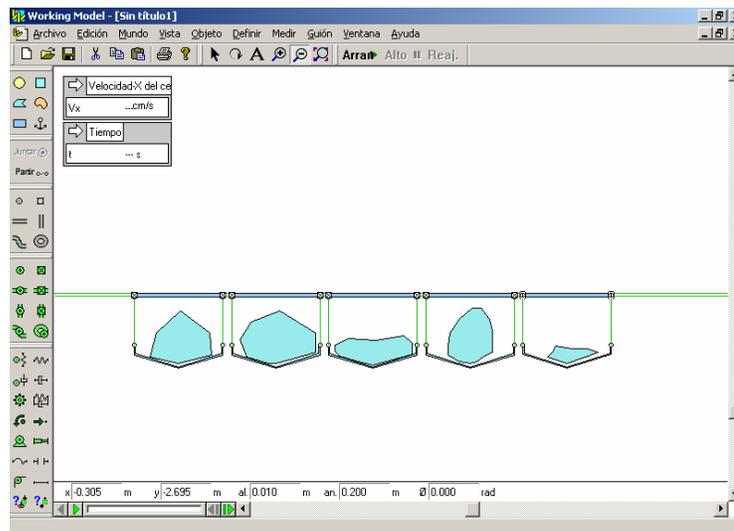


Figura 10.12 Cangilones en reposo.

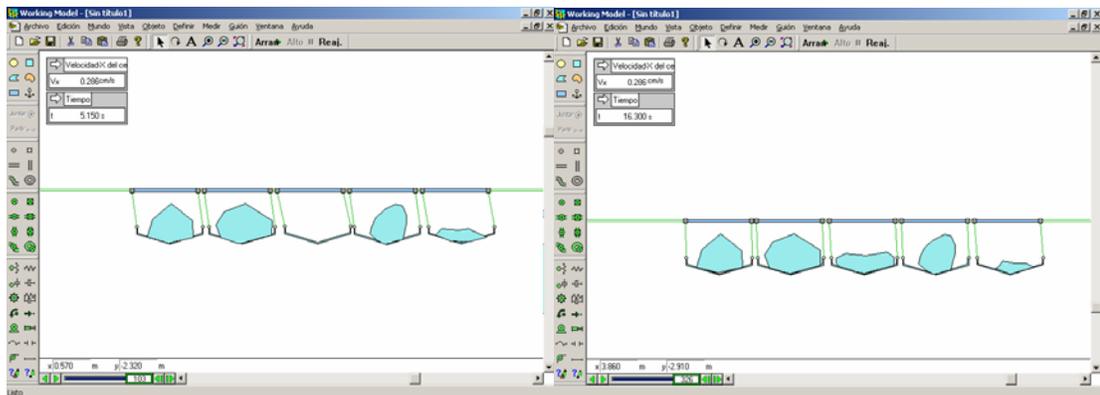


Figura 10.13 Cangilones en movimiento.

Según los resultados obtenidos, el movimiento del cangilón siempre busca su estabilidad. Ahora analizaremos el comportamiento de las cuerdas.

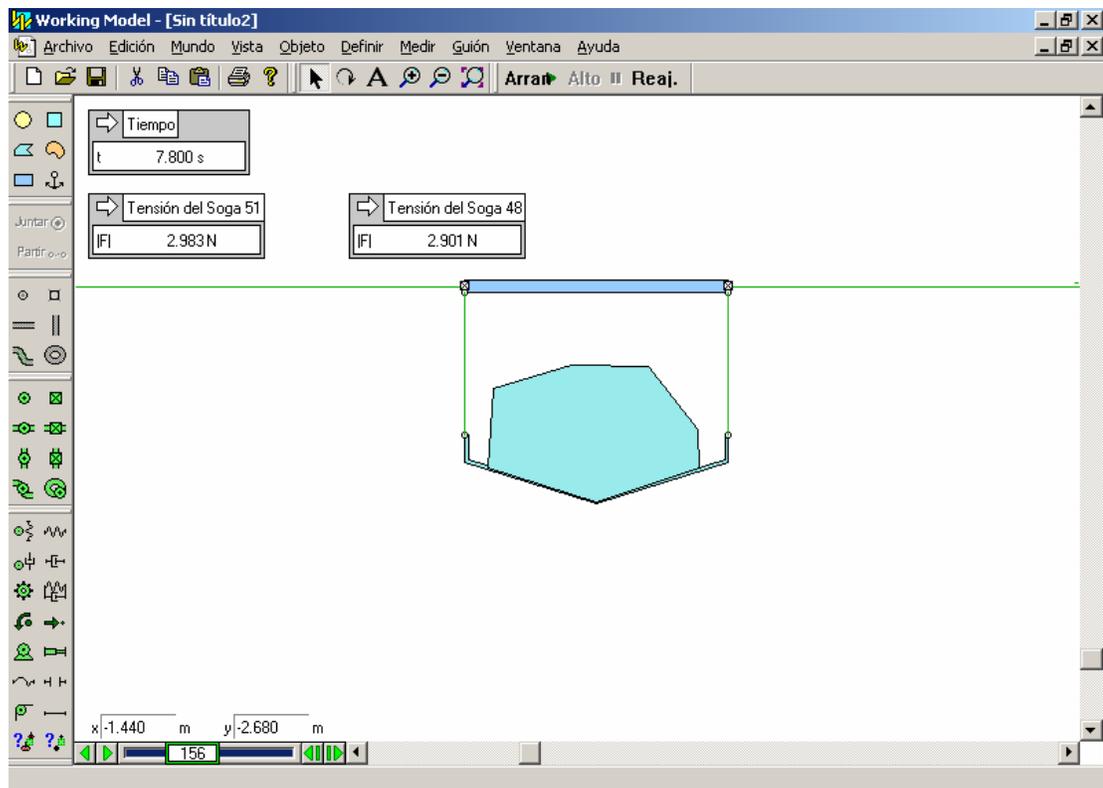


Figura 10.14 Tensión en las cuerdas con el cangilón en reposo.

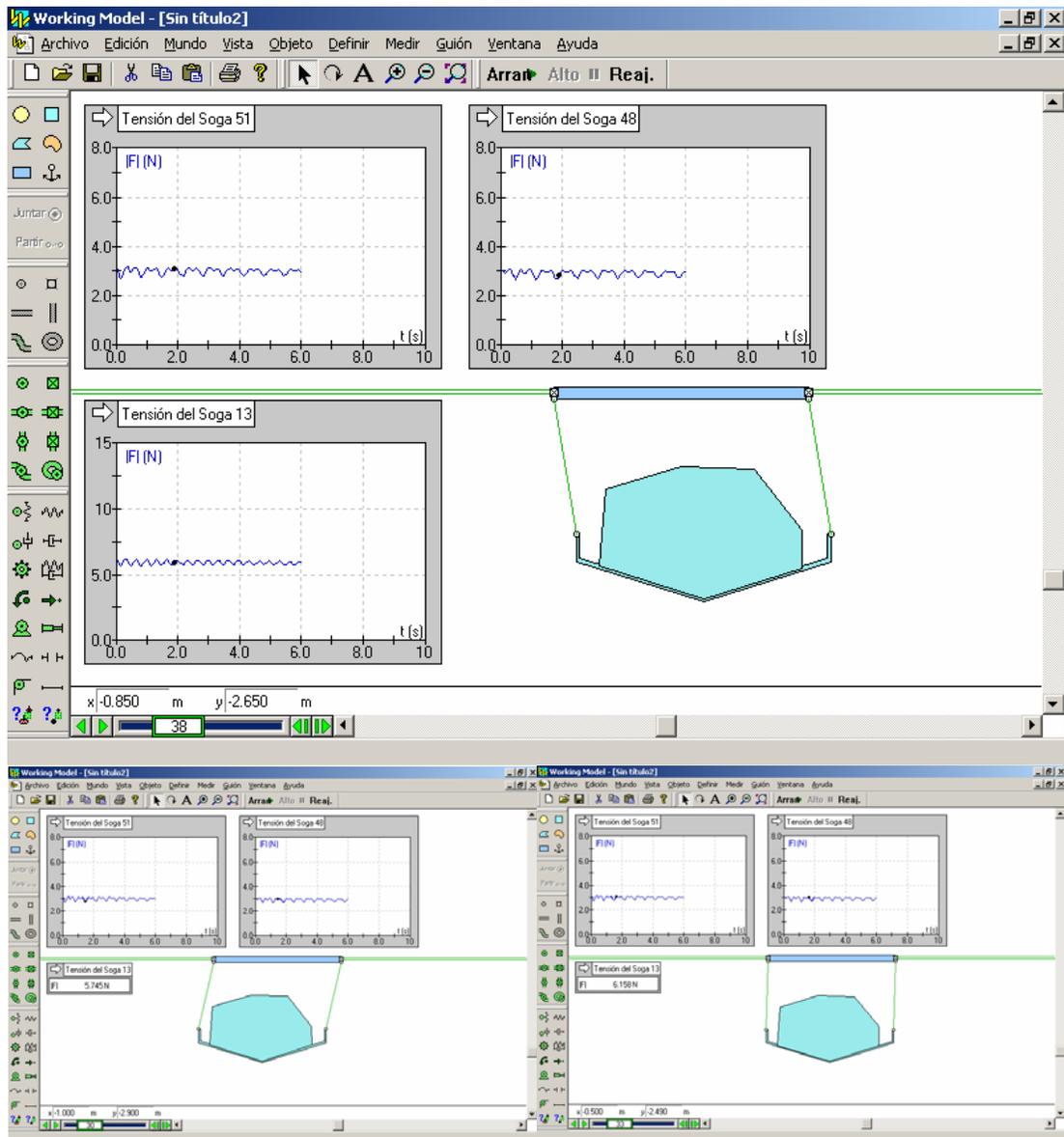


Figura 10.15 Tensión en las cuerdas con el cangilón en movimiento.

La suma de las tensiones se mantiene oscilando entre el valor nominal, por lo que se puede tomar como despreciable este error en el momento de pesaje en el sistema de contrapeso.

El tiempo de caída de los frutos, este tiempo se estudiara con una masa promedio de 200 g, para ello se simulan las fuerzas del peso del portacangilón y base del contrapeso en sus centros de gravedad (Fig. 10.16).

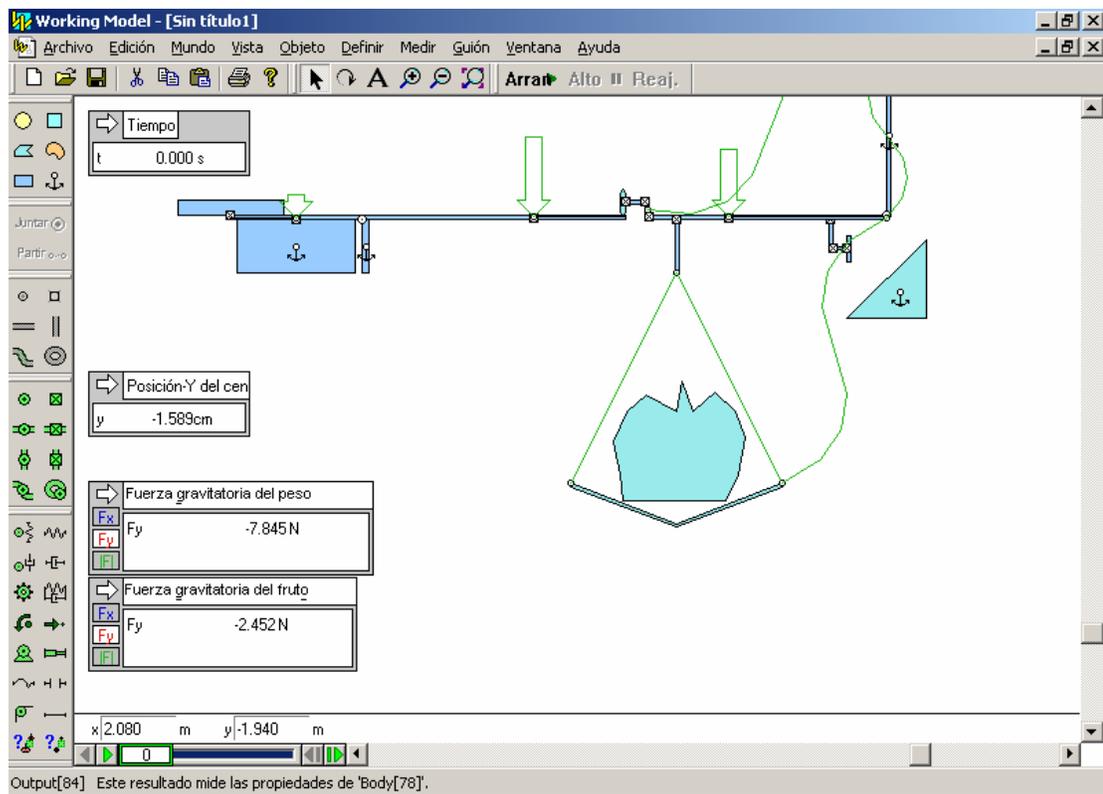


Figura 10.16 Instante cero del tiempo de caída del fruto.

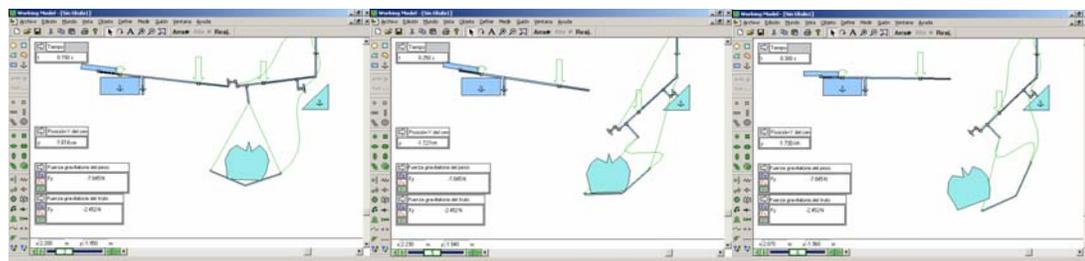


Figura 10.17 Secuencia del tiempo de caída del fruto.

Se observa en la figura 10.18 que el tiempo de caída del fruto es de 0.350 s.

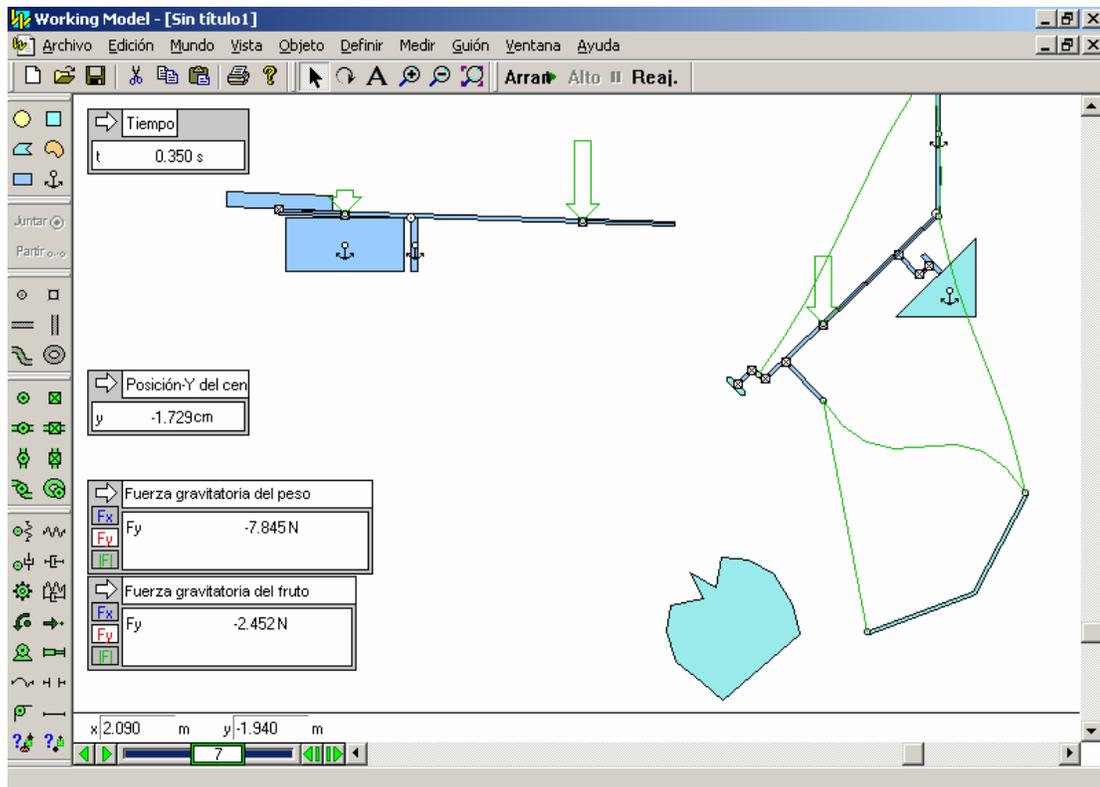


Figura 10.18 Tiempo de caída del fruto

Calculamos ahora un punto límite de volcamiento para un fruto de masa 180 g (límite inferior para un tomate de 1° clase) y modelamos el sistema variando la masa de la pesa del contrapeso. Se observa que si la pesa es de 785 g no volca el cangilón (Fig. 10.19) y si pesa 784 g sí volca (Fig. 10.20), por lo tanto tenemos que límite de la masa de la pesa en este caso es de 784 g ya que para frutos mayor o igual a 180 g caerán o volcarán.

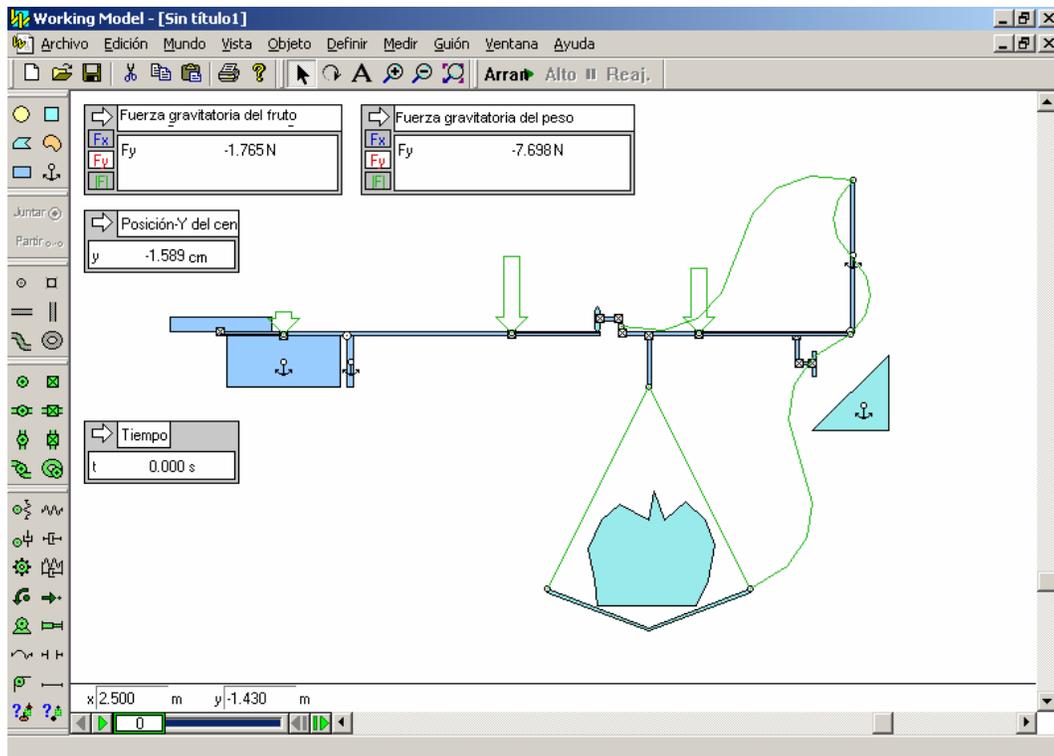


Figura 10.19 Límite de peso del contrapeso (a).

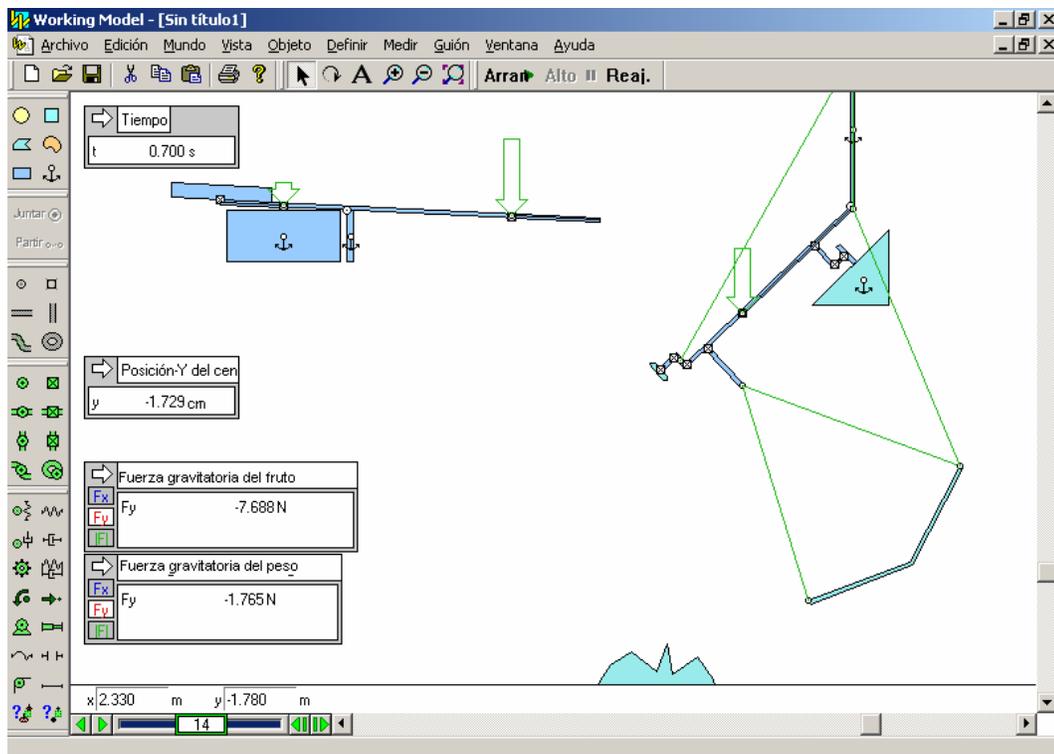


Figura 10.20 Límite de peso del contrapeso (b).

10.3.4 Limpiadora

Este recorrido es muy similar al de la alimentadora, ya que traslada la fruta con una velocidad constante, en este caso es de 16,284 cm/s. Se analizará en dos dimensiones, al igual que en el mecanismo de bandas de la alimentadora, la trayectoria, las velocidades y aceleraciones que presente la fruta.

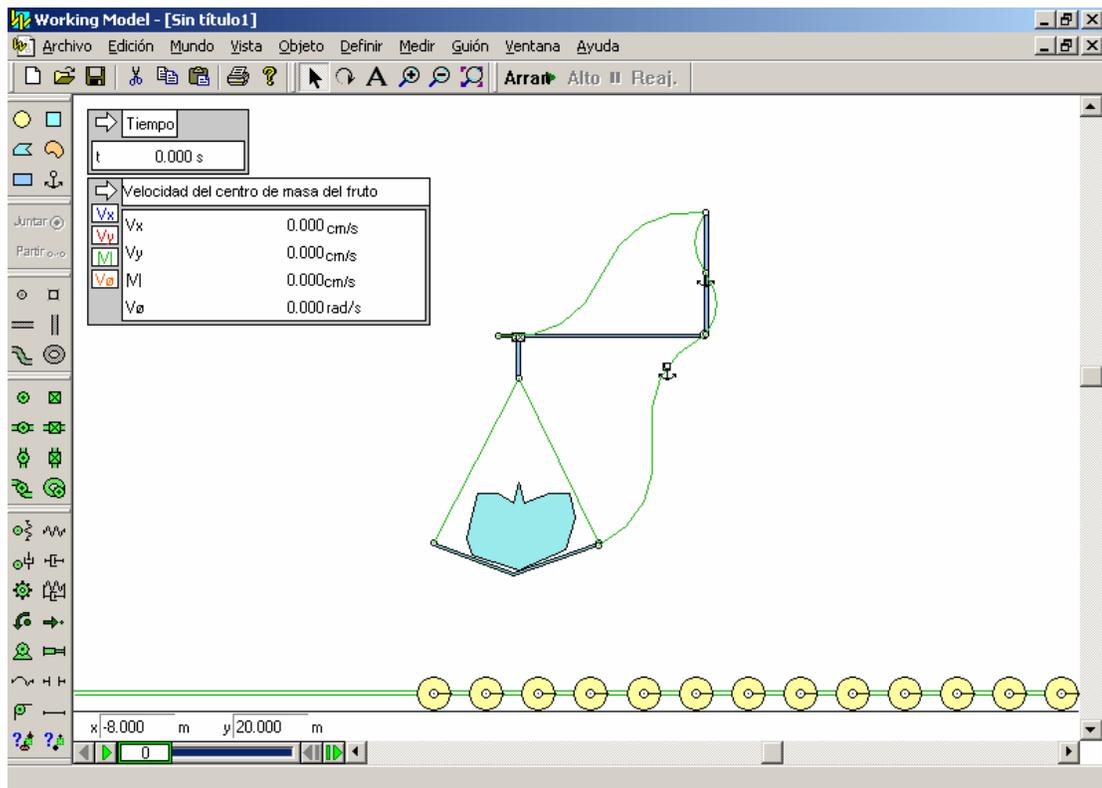


Figura 10.21 Instante cero del vaciado del cangilón.

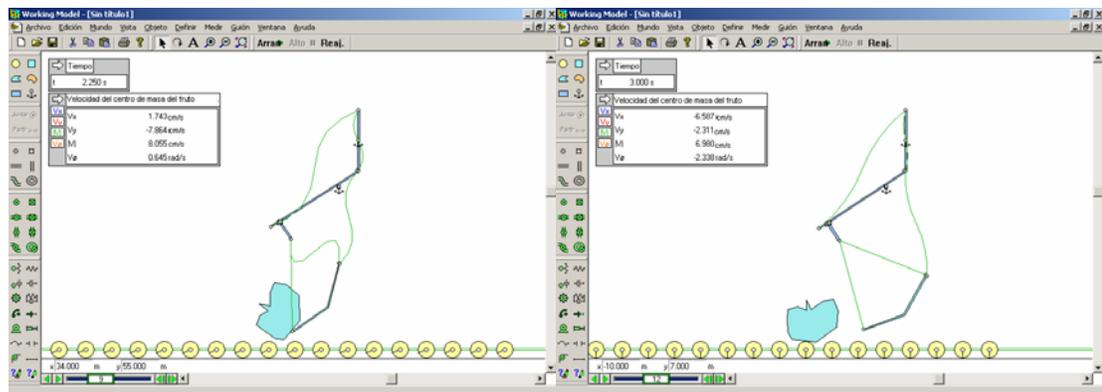


Figura 10.22 Secuencia del vaciado del cangilón.

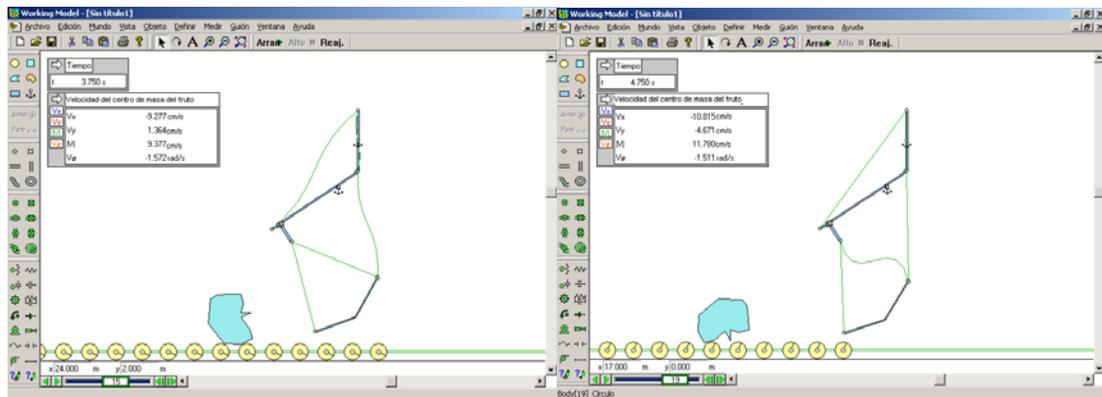


Figura 10.23 Continuación de la secuencia del vaciado del cangilón

Se comprueba que los frutos van a ser trasladados y rotados para su buena limpieza.

CAPÍTULO 11

PROCESOS DE MANUFACTURA Y ESTIMACIÓN DE COSTO DEL DISEÑO

11.1 Introducción

En el presente capítulo se expondrán los diferentes procesos seleccionados para la fabricación de la máquina y se valorizará la fabricación de cada una de las piezas, incluyendo material y mano de obra. También se señalaran cómo deben estar ensambladas las piezas que serán llevadas al sitio donde se armará la máquina.

11.2 Procesos de manufactura

Ya seleccionados los materiales que componen las piezas de la máquina se eligen los proceso de manufactura más indicados para elaborar las piezas de la máquina clasificadora y limpiadora. Los tipos de procesos que se van a utilizar son: procesos de formado y operación de ensambles.

Los procesos de formados utilizados para fabricar las piezas originadas de láminas, tubos estructurales, perfiles y barras macizas, serán los procesos de remoción de material tales como: seccionado, torneado, fresado, taladrado y esmerilado; también habrán algunas piezas que requerirán un proceso de deformado, el cual será el doblado.

Se aplicarán dos operaciones de ensambles fijos: uniones soldadas, en su mayoría; y por remaches.

Las soldaduras en la construcción de la máquina serán: soldaduras por arco metálico protegido (SMAW) y soldadura por arco de tungsteno con gas protector (GTAW).

Todos estos procesos se ejecutan en talleres metalmecánicos nacionales. En este caso, los procesos de manufactura y ensamble de la máquina se realizarán en el

Taller de Fabricación y Reconstrucción de Maquinarias y Transportadores para el Agro y la Industria (TEAGROIN C.A.) y en el TALLER LEMOS WELDING SHOP.

11.2.1 Cortes y taladrado de los perfiles, de los tubos estructurales y de las láminas.

Los procesos de corte y taladrado tendrán como objetivo fundamental obtener piezas con la configuración geométrica requerida y acabado deseado, de acuerdo a especificaciones ya establecidas. Los materiales con cortes y taladrado son:

- Láminas de acero inoxidable AISI 304 de 1 mm de espesor
- Pletinas de 1" x 3/32" de acero inoxidable AISI 304.
- Pletinas de 3/8" x 1/4" de acero inoxidable AISI 304.
- Ángulos de acero inoxidable AISI 304 de 1".
- Tubos de acero inoxidable AISI 304 cuadrados de 2" de calibre 18.
- Láminas de 1,2 mm de espesor de acero laminado en frío ASTM A36
- Tubos de acero al carbono ASTM A36 cuadrados de 2" de calibre 18
- Ángulos de acero al carbono ASTM A36 de 1"
- Pletina de 3/8" x 1/4" de acero al carbono ASTM A36.
- Pletinas de 1" x 1/4" de acero al carbono ASTM A36.
- Perfiles de 2" x 1/8" de aleación de aluminio 6063 T5.
- Vigas T de 3/4" x 3/4" de aleación de aluminio 6063 T5.
- Ángulos de 1" de espesor 1/8" de aleación de aluminio 6063 T5.
- Láminas de poliestireno de 3 mm de espesor.
- Tubos PVC de 3/4"

Para los cortes de láminas de acero inoxidable y al carbono se utilizarán guillotina y cizalla; los cortes de espesores más amplios como las pletinas, ángulos y

tubos cuadrados se harán con cortadoras de disco; para las láminas de plástico se emplearán sierras debido a su espesor; y los agujeros cilíndricos será el taladro.

11.2.2 Maquinado de ejes y aberturas internas de piñones y engranes

Este proceso de manufactura consiste en arrancar de la pieza bruta el excedente de metal (metal sobrante), por medio de ciertas herramientas de corte y máquinas adecuadas a la operación que se vaya a realizar.

El material a maquinar son: barras circulares de acero AISI 4340 de diámetros 1" y 7/8"; piñones y engranes (acero al carbono). Para maquinar los diámetros externos e internos de los ejes de los piñones y engranes se utilizará un torno. Para los chaflanes será una fresa.

11.2.3 Doblado de láminas

El doblado se realiza en las tapas de los cepillos de las limpiadoras que son cortes de una lámina de acero inoxidable AISI 304 de 1 mm de espesor, a los cuales se le aplica una operación de doblado mediante una prensa de rodillos formadores para darle forma circular y, por último, se le hace un doblado simple para las pestañas de los lados. De igual manera se harán las tapas para el sistema aspersor, la diferencia está en la forma cuadrada de esta tapa.

11.2.4 Soldaduras y uniones

Para las juntas de las uniones de acero inoxidable AISI 304 se utilizarán soldaduras por arco metálico protegido (SMAW) con electrodos para acero inoxidable clasificación AWS E308 L Mo – 16.

En la soldadura para el acero al carbono ASTM A36 se utilizan también soldaduras por arco metálico protegido (SMAW) pero con electrodos para aceros al carbono con clasificación AWS E6013.

En el caso de las aleaciones de aluminio tendrán soldadura por arco de tungsteno con gas protector (GTAW), esta soldadura se hará con un material de aporte clasificación 4043 según especificaciones AWS A5.10-69.

Las uniones de las piezas de plástico se realizarán con pegamento.

11.3 Fabricación y ensamble

En esta sección se presentará cómo debe ser construida cada pieza antes de ser llevada al sitio de ensamble final de la máquina; todas estas serán prefabricadas para que el usuario pueda armarla sin ninguna dificultad, por ahora solo se tratarán las uniones fijas. No se explicarán cómo deben ser realizados los procesos de manufactura, por lo que puede ser de gran utilidad ver los planos de las piezas en los anexos y las descripciones del capítulo 9.

11.3.1 Tolva

➤ *Los soportes:* Están compuestos de tubos cuadrados de 2" los cuales se someterán al proceso de seccionado o corte, y de ángulos de 1" cortados y taladrados solamente los superiores (A) que estarán en contacto con la tolva; esto para poder unir mediante remaches el soporte con la tolva. Se deben soldar los ángulos a las patas como se muestra en la figura 11.1. Nótese que los ángulos superiores tienen una inclinación (25°) establecida por los extremos de las patas.

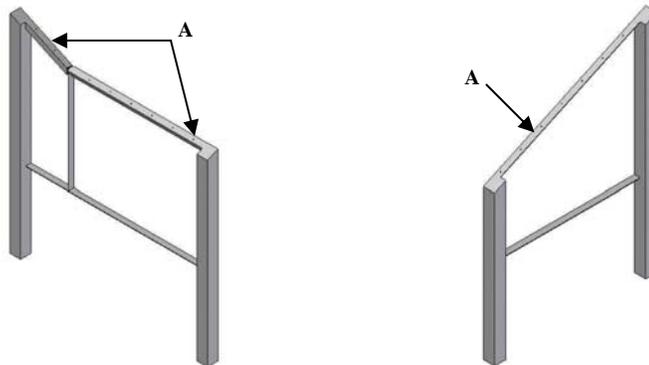


Figura 11.1 Pata 1 y 2 del soporte tolva

Luego, se deben unir las patas de igual manera como se muestra en la figura 11.2 y 11.3.

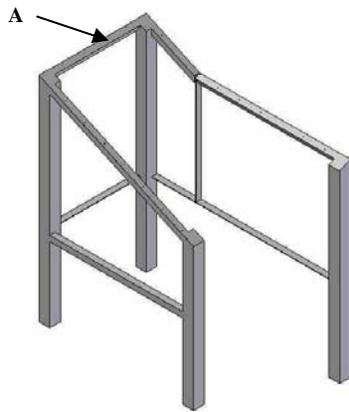


Figura 11.2 Pata 1 y 2 del soporte tolva unidas

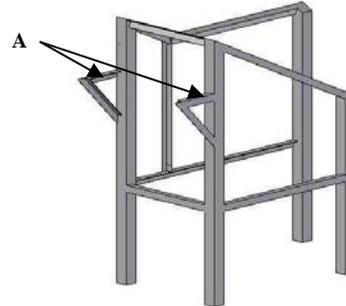


Figura 11.3 Soporte para las cajas de frutos del soporte tolva.

Por último, se coloca el ángulo de unión de los soportes de las cajas.

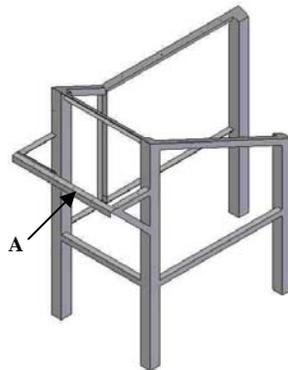


Figura 11.4 Ángulo de unión del soporte para las cajas de frutos.

- *La tolva:* Son cortes de láminas de acero inoxidable soldadas entre sí. Se le realizará taladrado a los bordes (B) que estén en contacto con los soportes de la tolva.

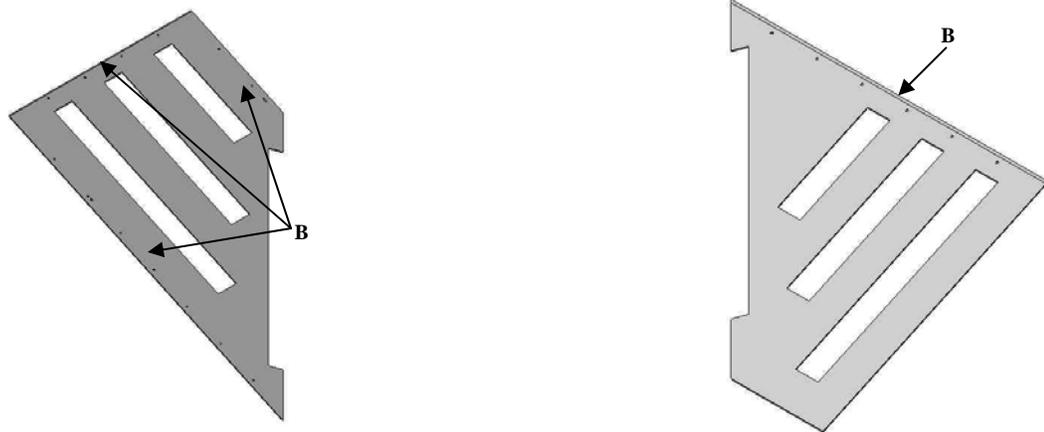


Figura 11.5 Piso de la tolva

Se deben soldar todas estas láminas como se observa en la Figura 11.6. Los pisos 1 y 2 tienen una inclinación de 25° , para que pueda complementarse con los soportes.

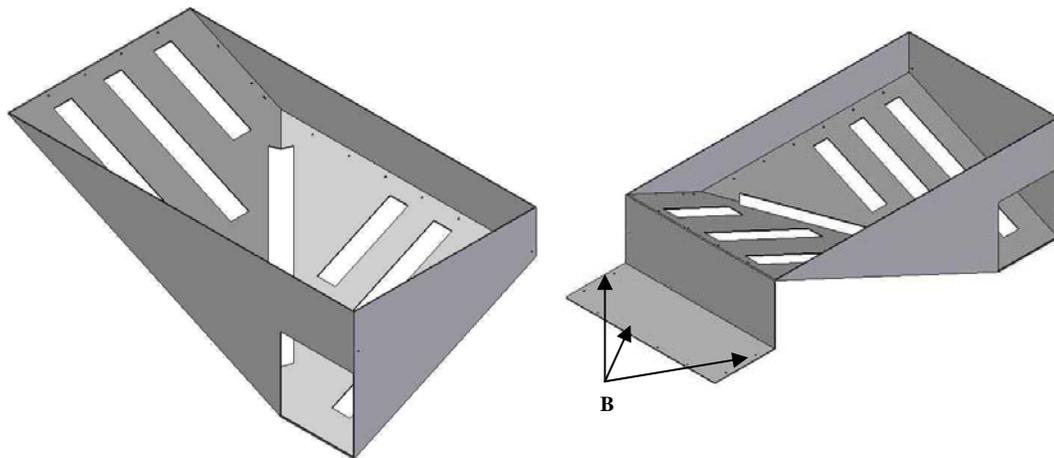


Figura 11.6 Primer ensamble tolva.

Se soldan las láminas a la salida como se muestra en la figura 11.7. Y finalmente, se ensamblan mediante remaches de $3/16''$ la tolva con el soporte, por los agujeros de los bordes.

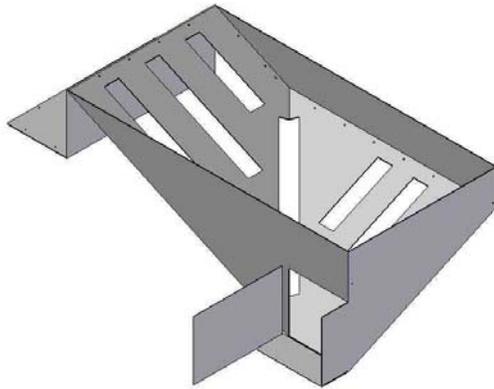


Figura 11.7 Segundo ensamble tolva.

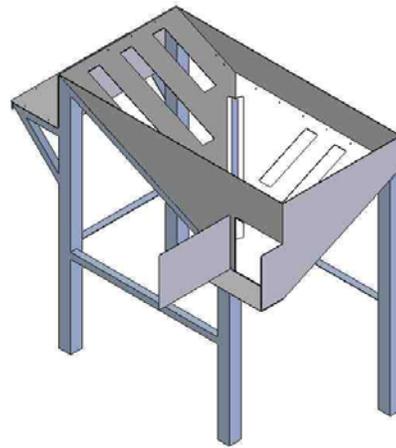


Figura 11.8 Tolva y soportes.

11.3.2 Alimentadora

➤ *Los soportes laterales:* Son dos soportes laterales (1 y 2) por cada alimentadora; la única diferencia entre estas son dos piezas para colocar las chumaceras del eje de cambio de sentido giro de las bandas. Están compuestas por tubos cuadrados de 2" y 1", pletinas de 1" x 1/4", ángulos de 1", láminas de acero de 1,2 mm de espesor y de acero inoxidable de 1mm de espesor, todas estas se someterán al proceso de corte y taladrado; las pletinas de 3/8" x 1/4" sólo se cortarán. Se deben soldar los tubos cuadrados de los soportes y las patas como se muestra en las figuras 11.9. Las piezas A son tubos de 2" soldados a la estructura.

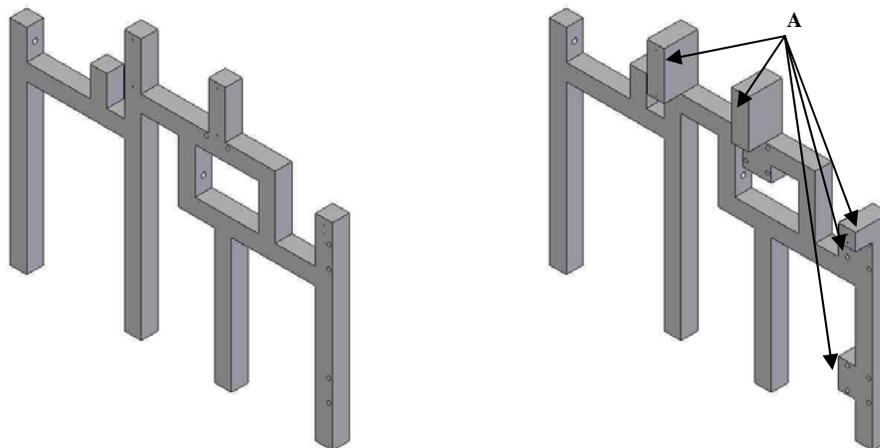


Figura 11.9 Soporte lateral 1 de la limpiadora.

Se le colocan las pletinas de 3/8" x 1/4" que servirán de riel para las chumaceras tensoras en los agujeros previstos para ello y se soldan (Fig. 11.10). Por último, se soldan los ángulos de 1", que servirán de apoyo para el soporte de las bandas transportadoras (Fig. 11.11).

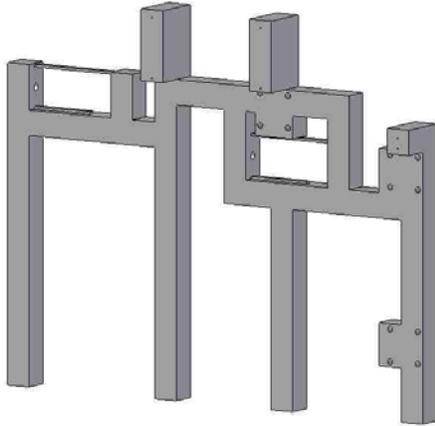


Figura 11.10 Soporte lateral 1 de la limpiadora.

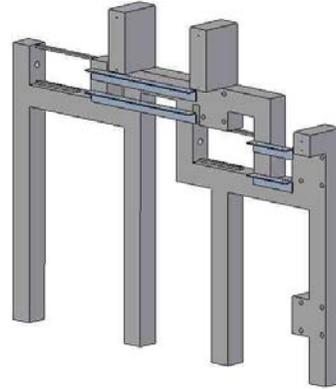


Figura 11.11 Soporte lateral 1 de la limpiadora.

El soporte lateral 2 se construye de manera similar, ya que es muy parecido al soporte 1, con excepción de unas piezas (B) las cuales son tubos de 2" cortados por su diagonal y seccionándole la mitad de una cara, quedando un ángulo de 2x1"; luego debe ser soldada la mitad de la cara seccionada verticalmente, estas piezas se deben soldar colocando la pestaña (C) junto a la cara de las patas como se muestra en Figura 11.12.

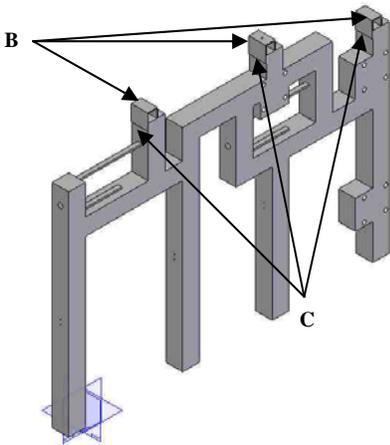


Figura 11.12 Soporte lateral 2 de la limpiadora

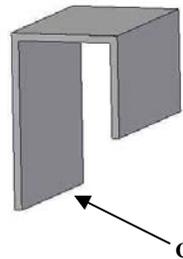


Figura 11.13 Soporte de la lámina alineadora móvil.

Finalmente, se le colocan los soportes (D) de la lámina alineadora móvil soldándose a la pata, alineándolos con los soportes de la Figura 11.12, los cuales son tubos cuadrados de 1" cortados a 45°. Y se soldan los soportes (E) de las bandas transportadoras.

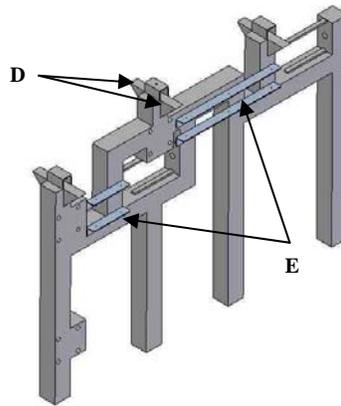


Figura 11.14 Soporte lateral 2 de la limpiadora con soportes de lámina alineadora y de la banda.

➤ **Láminas alineadora:** Son 2 de acero inoxidable; una fija mediante tornillos al soporte lateral 1 de la limpiadora, y otra móvil sobre el soporte 2. La móvil está compuesta por tubos de 1" soldados centradamente en láminas de acero al carbono, de 6,5 x 6,5 cm que estarán unidas mediante tornillos a su respectiva lámina alineadora. Son 3 tubos, uno de ellos (central) tendrá agujeros para poder fijar las diferentes aberturas entre estas láminas.

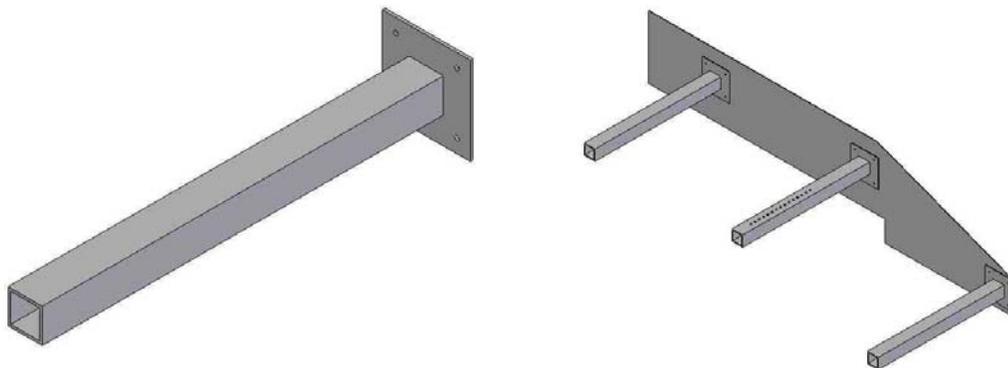


Figura 11.15 Lámina alineadora móvil

11.3.3 Clasificadora

➤ *Portacangilón:* Constituida por pletinas de 2", ángulos de 1" y perfiles en T de $\frac{3}{4}$ " todos de aluminio, que se someterán al corte y taladrado. Primero se solda un perfil en T con una corte de pletina.

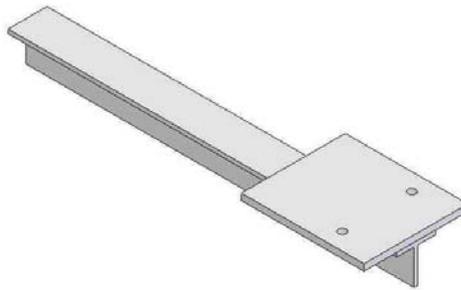


Figura 11.16 Primer ensamble portacangilón

Se soldan los ángulos y el otro perfil en T. Nótese el ángulo A, que tiene un orificio para colocar la rueda de volqueo y el ángulo B para colocar la rueda deslizante en la mesa exterior.

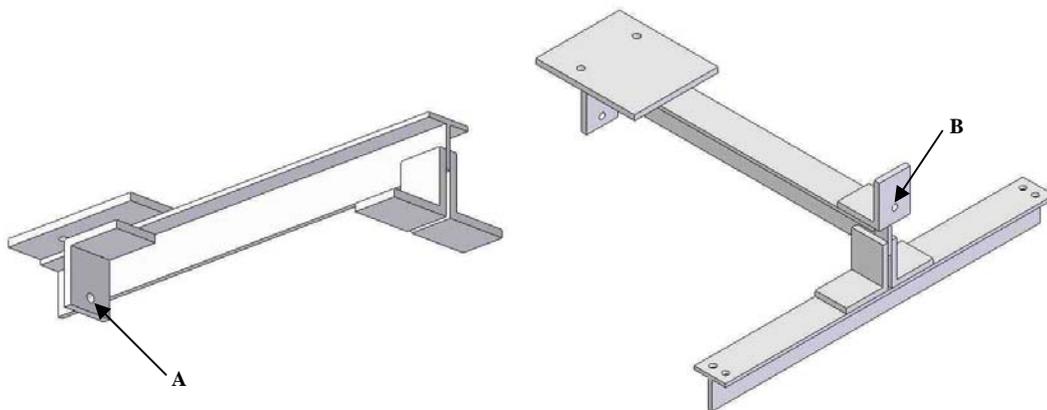


Figura 11.17 Segundo ensamble portacangilón.

➤ *Soporte soldado a la cadena transportadora:* Está constituido en su totalidad por uniones soldadas de láminas de acero de 1,2 mm de espesor, las cuales se

someterán a corte y taladrado. Primero se soldan centradamente la lámina que soporta al portacangilón y el nervio (A) como se muestra en la Figura 11.18. Este nervio son dos cortes de láminas de 1,2 mm de espesor, soldadas entre sí por sus caras principales para formar 2,4 mm de espesor. A continuación se solda la base inferior, el nervio (A) debe quedar centrado entre los agujeros (B) para el ángulo de la rueda (Fig. 11.19).

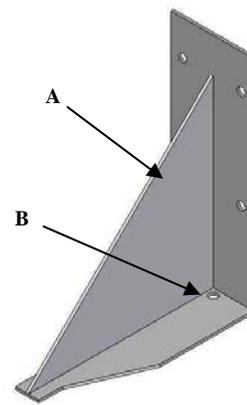
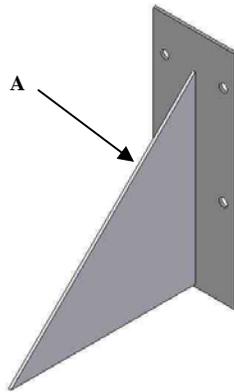


Figura 11.18 Primer ensamble soporte soldado.

Figura 11.19 Segundo ensamble soporte soldado.

Se soldan los separadores (C) que son 4 láminas soldadas por sus caras y a su vez a la lámina que soporta al cangilón; y la pestaña (D) son 2 láminas soldadas entre sí y a su vez a la base inferior.

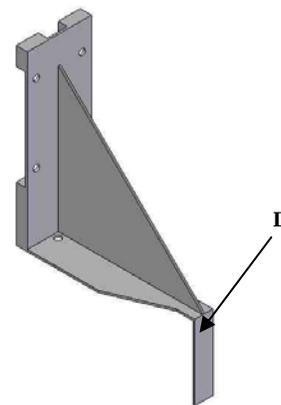
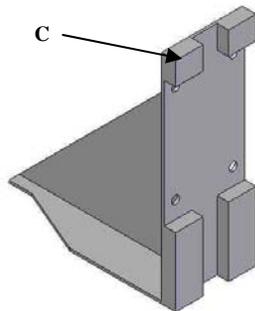


Figura 11.20 Tercer ensamble soporte soldado.

Figura 11.21 Cuarto ensamble soporte soldado.

- *Cangilón:* Mediante un pegamento especial se unen láminas de poliestireno de 3 mm de espesor, estas se someterán a corte y algunas a taladrado. Para ensamblarlo se deben pegar las láminas de la base como se muestra en las Figuras 11.22. Nótese que el cangilón es rectangular por lo que las láminas de igual longitud deben ir en extremos opuestos.

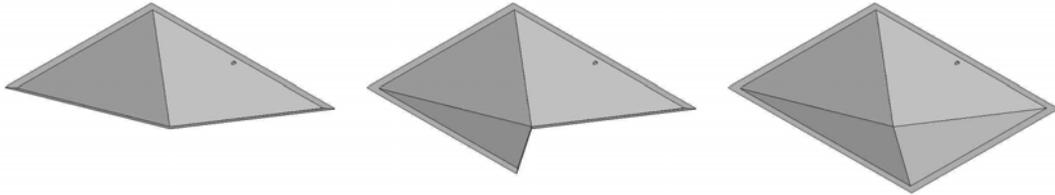


Figura 11.22 Ensamble del cangilón.

- *Mesa base de la transportadora de cangilones:* Es un conjunto de láminas de acero de 1,2 mm de espesor y tubos cuadrados de 2" y 1", que serán sometidos a corte y taladrado. Primero se une mediante soldadura la lámina central con las patas (Fig. 11.23). Seguidamente se soldan las bases inferiores (Fig. 11.24), para después ser unidas a la mesa (Fig. 11.25).

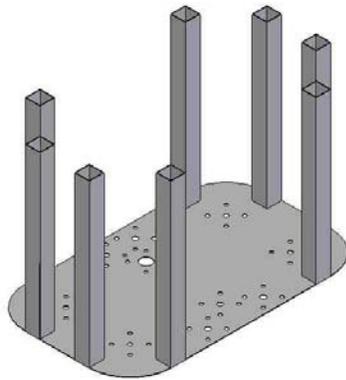


Figura 11.23 Vista inferior 1 de la mesa.

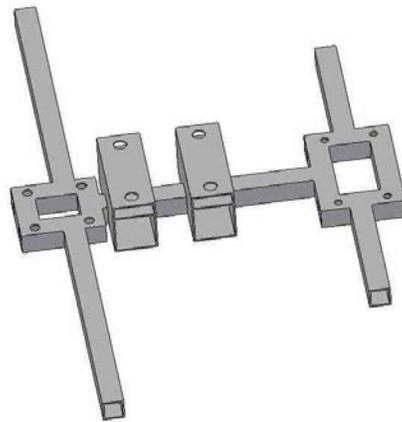


Figura 11.24 Bases inferiores de la mesa.

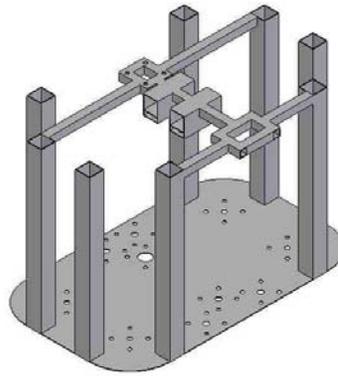


Figura 11.25 Vista inferior 2 de la mesa.

Se soldan los soportes internos (A) de la pista de rodamiento del soporte soldado; entre estos se colocan los ángulos de 1" (B) y los soportes externos (C) de la pista del cangilón volcado (Fig. 11.26). Finalmente se soldan las pistas de rodamiento para el soporte soldado (D) y para los cangilones volcados (E) (Fig. 11.27).

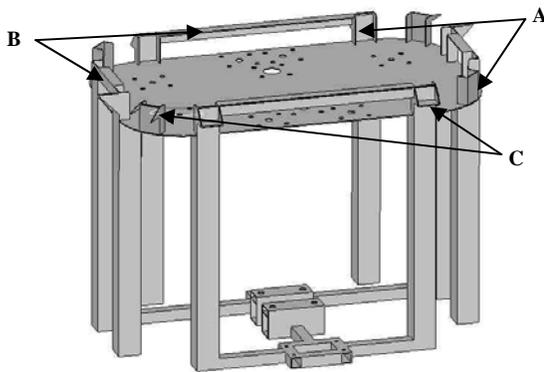


Figura 11.26 Soportes de las pistas de rodamiento.

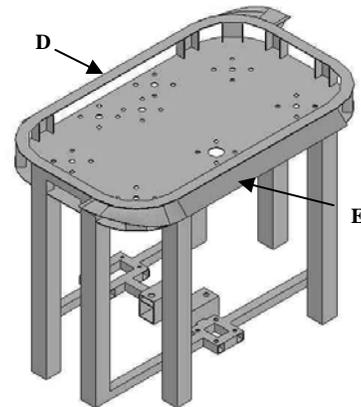


Figura 11.27 Soportes de las pistas de rodamiento de la mesa.

➤ *Mesa exterior:* Esta compuesta por un conjunto de piezas armadas, las cuales son ensambles de láminas de acero, que se cortaran y taladrarán; y de tubos cuadrados de 2" y 1", los cuales se cortarán.

Patas: Son 2 pares de patas, cada uno colocado en esquinas contrarias; sirven para el soporte de las demás piezas componentes de la mesa exterior, el

primer par (pata 1) está colocado a después (en sentido del movimiento) de las piezas que sirve para ayudar en el llenado de los cangilones. Para ensamblarla se soldan los tubos de 2" y 1" como se muestra en la Figura 11.28; seguidamente se coloca centrada la lámina (A) para el rodamiento de los cangilones y las láminas (B) que soportan de las piezas contiguas (Fig. 11.29). La pata 2 se ensambla de manera similar, la única diferencia es que en ésta los soportes no están a 90° entre ellos (Fig. 11.30 y 11.31).

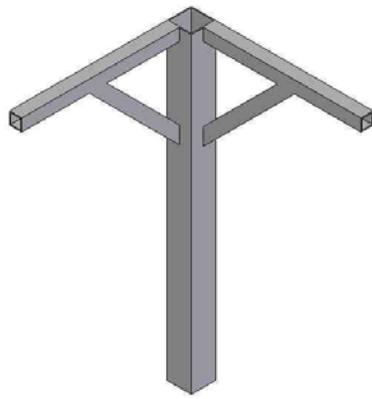


Figura 11.28 Primer ensamble pata 1.

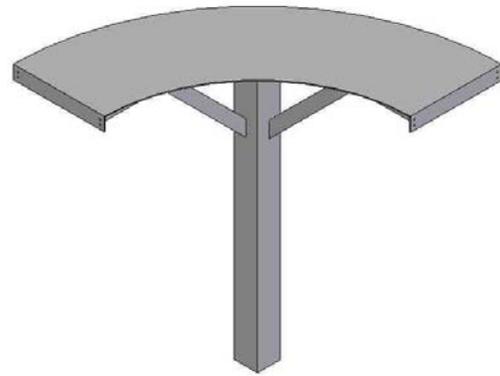


Figura 11.29 Segundo ensamble pata 1.

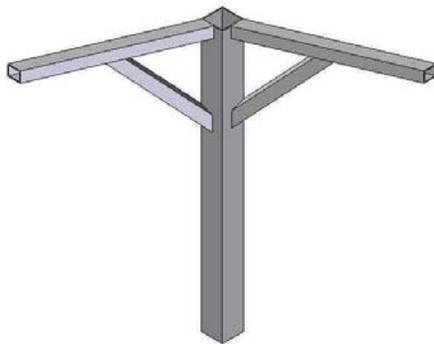


Figura 11.30 Primer ensamble pata 2.

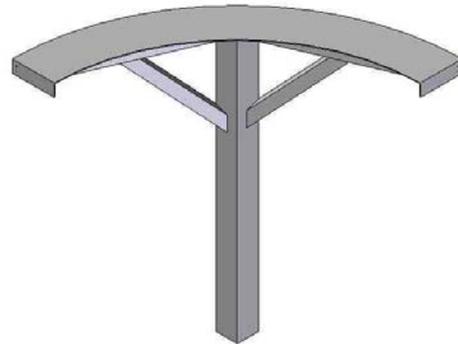


Figura 11.31 Segundo ensamble pata 2.

A una pata 1 se le debe soldar la base para el tablero de control como se muestra en la figura 11.32

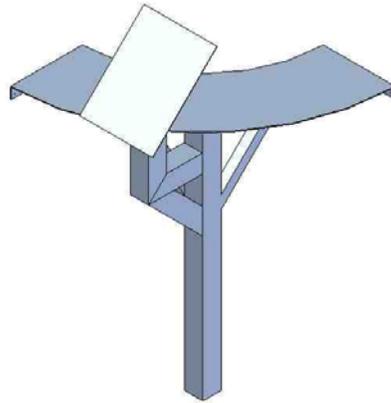


Figura 11.32 Ensamble de la base para el tablero de control.

Bases del contrapeso: Son dos y están compuestas únicamente de láminas de acero soldadas, como se muestra en las Figuras 11.33 y 11.34.

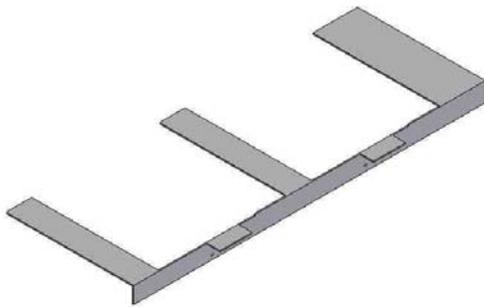


Figura 11.33 Primer ensamble base contrapeso.

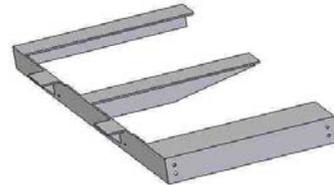


Figura 11.34 Segundo ensamble base contrapeso.

Guía entrada de frutos: Son dos; compuestas únicamente de láminas de acero inoxidable soldadas como se muestra en la Figura 11.35.

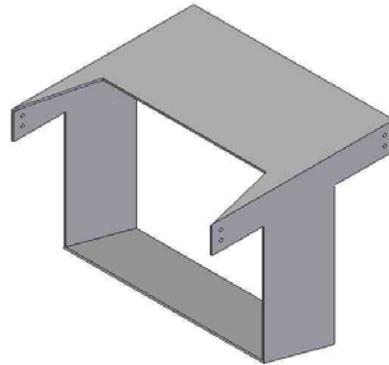


Figura 11.35 Ensamble guía de frutos.

11.3.4 Limpiadora

➤ *Soportes laterales:* Son dos soportes con la misma configuración. Están constituidos por tubos cuadrados de 2", que serán cortados y taladrados; y por pletinas de 3/8" x 1/4" que se someterán a corte, ambos de acero inoxidable. Se soldan los tubos como se muestra en la Figura 10.36, y seguidamente se le soldan los tubos restantes y las pletinas (Fig. 11.37).

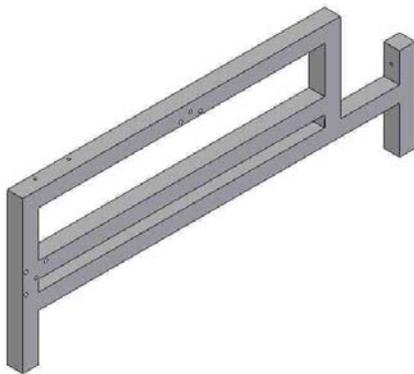


Figura 11.36 Primer ensamble soporte limpiadora.

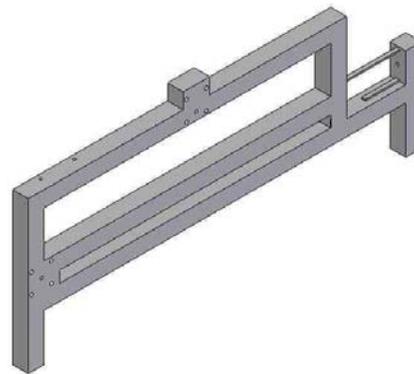


Figura 11.37 Segundo ensamble soporte limpiadora

Se soldan los ángulos soportes de las pletinas de aguanete de los rodillos (A) y de los componentes superiores (B).

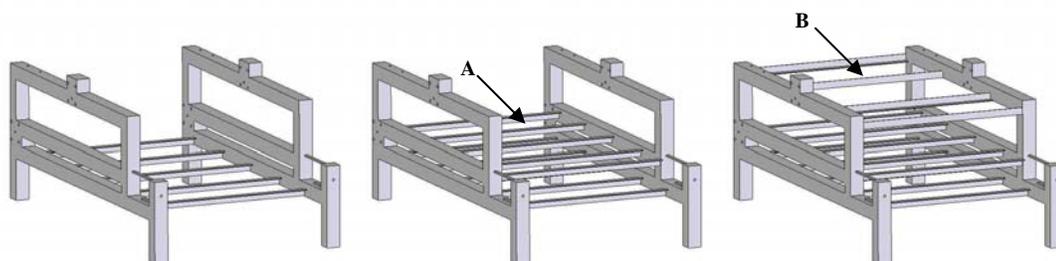


Figura 11.38 Tercer ensamble soporte limpiadora.

Finalmente, se soldan las pletinas inferiores (C) y superiores (D) de aguante de los rodillos, los ángulos de soporte de las láminas separadoras de clases (E) y paredes externas (F) y las bases del motor (G).

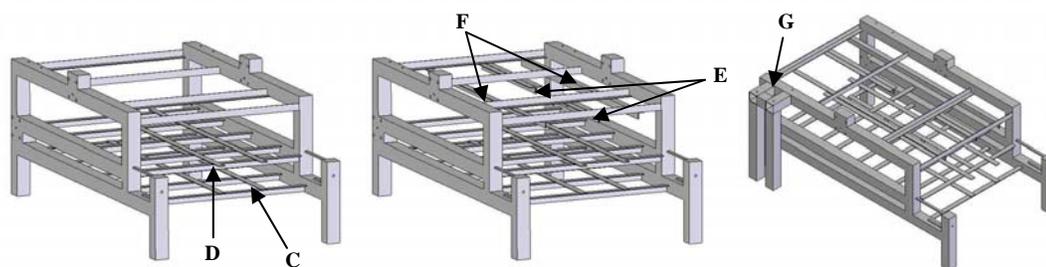


Figura 11.39 Cuarto ensamble soporte limpiadora.

11.4 Evaluación de precios

11.4.1 Materiales y equipos

Partiendo de los presupuestos explorados se presentan los precios (con IVA incluido), de los diferentes componentes de la máquina clasificadora limpiadora de vegetales.

No	Descripción	Cant.	P. unitario (Bs.)	Total (Bs.)
1	Lámina de acero inoxidable 304-2B de espesor 1 mm, 2 x 1 m	2	185.437	370.874
2	Lámina de acero pulida de espesor 1,2 mm, 2 x 1 m	2	42.676	85.352
3	Láminas de acrílico poliestireno de espesor 3 mm, 0,23 x 0,2 m	11	3.000	33.000

	Descripción	Cant.	P. unitario (Bs.)	Total (Bs.)
4	Tubos de acero inoxidable AISI 304 cuadrados de 2" de 6 metros	3	136.633	409.899
5	Ángulos de acero inoxidable AISI 304 de 1" de 6 metros	2	117.546	235.092
6	Pletinas de 1" x 3/32" de acero inoxidable AISI 304 de 5 metros	2	33.473	66.946
7	Pletinas de 3/8" x 1/4" de acero inoxidable AISI 304 de 5 metros	1	29.732	29.732
8	Perfiles de 2" x 1/8" de aleación de aluminio 6063 T5 de 6 metros	1	82.724	82.724
9	Vigas T de 3/4" x 3/4" de aleación de aluminio 6063 T5 de 6 metros	1		
10	Ángulos de 1" de espesor 1/8" de aleación de aluminio 6063 T5 de 6 metros	1		
11	Ruedas de perfil recto	22		
12	Ruedas de perfil redondeado	11		
13	Tubos de acero al carbono ASTM A36 cuadrados de 2" de 6 metros	4	26.700	106.800
14	Tubos de acero al carbono ASTM A36 cuadrados de 1" de 6 metros	1	17.980	17.980
15	Ángulos de acero al carbono ASTM A36 de 1" de 6 metros	3	14.400	43.200
16	Pletina de 3/8" x 1/4" de acero al carbono ASTM A36 de 6 metros	1	5.230	5.230
17	Pletinas de 1" x 1/4" de acero al carbono ASTM A36 de 6 metros	2	7.935	15.870
18	Chumaceras Flange, FBJ (UCF 204 20 mm)	33	13.956	460.548
19	Chumacera tensora, FBJ (UCT-204-12 de 20 mm)	8	16.025	128.200
20	Chumacera soporte de pie, FBJ (UCP-204 de 20 mm)	2	15.260	30.520
21	Tambor libre de dia. 3" con eje de 2 cm de diámetro.	2	57.000	57.000
22	Tambor libre de dia. 2" con eje de 2 cm de diámetro.	2	50.000	50.000
23	Banda transportadora sanitaria 2 mm de espesor, 1.16 m x 0.2 m	1	20.000	20.000

	Descripción	Cant.	P. unitario (Bs.)	Total (Bs.)
24	Banda transportadora sanitaria con separadores, 2 mm de espesor, 0.84 m x 0.2 m	1	150.000	150.000
26	Eje de 1" de diámetro, acero AISI 4340, 6 metros	1	77.280	77.280
27	Cadenas de rodillos RV P40 de 3 metros	8	21.647	173.176
28	Piñón para cadena P40 RV # 13	19	5.030	95.570
29	Piñón para cadena P40 RV # 14	2	5.143	10.286
30	Piñón para cadena P40 RV # 17	10	5.685	56.850
31	Piñón para cadena P40 RV # 30	7	15.957	111.699
32	Bisagras para portacangilones	11	5.750	63.250
33	Bisagras para contrapeso	4	5.750	23.000
34	Rollo de cuerdas para cangilones (m)	10	250	2.500
35	Rollo de cuerdas para volcamiento (m)	8	250	2.000
36	Pega de Cloruro de metileno para acrílicos (l)	1	12.563	12.563
37	Engrane cónicos, TANA (Tipo A, # 22, Modulo 3,5)	2	140.000	140.000
38	Engrane rectos, TANA (Tipo A # 25, Modulo 4)	2	120.000	240.000
39	Acople, Lovejoy (L099)	1	23.750	23.750
40	Cable TW # 14 (m)	36	450	16.200
41	Cable TW # 16 (m)	50	350	17.500
42	Cable TW # 18 (m)	5	200	1.000
43	Cable engomado 3xTW # 12 (m)	6	10.000	6.000
44	Contactador trifásico, Telemecanique (LC1 D09 10F7)	3	88.550	265.650
45	Botón de encendido, Telemecanique K2L(1)G20H5	1	50.000	50.000
46	Botón de apagado, Telemecanique KR4RH6	1	40.000	40.000
47	Breaker trifásico de Tibra, TV3020	1	80.000	80.000
48	Breaker monofasico de Tibra, TV1015	1	30.000	30.000
49	Caja metálica para conexiones eléctricas 10" x 8" x 6"	1	27.950	27.950
50	Enchufe de goma industrial 3 x 20 Amp	1	10.000	10.000
51	Tornillería		150.000	150.000
52	Lámina de acrílico 1,22 x 2,44 m, 3mm espesor	1	297.364	297.364

	Descripción	Cant.	P. unitario (Bs.)	Total (Bs.)
53	Tubos PVC ¾" (6 m)	2	32.200	64.400
54	Codos ¾" PVC	9	805	7.245
55	Unión en T ¾" PVC	3	1.100	3.300
56	Micro jet Irrirtec rosca blanco 1 mm	12	414	4.968
57	Tapones de ¾" PVC	4	1.150	4.600
58	Dosificador Dosatron D 100 R	1	1.874.800	1.874.800
59	Válvula de cierre ¾"	1	8.843	8.843
60	Pega para PVC 1 galón	1	55.000	55.000
61	Cepillo de fibra de nylon 12" diámetro y 11,5" largo	2	337.283	674.566
62	Ventilador axial MRS-16-BUL	8	107.500	860.000
63	Rodillos de plástico 33 mm con eje de acero inoxidable 10 mm	96	60.000	5.760.000
64	Arandelas	96	50	4.800
65	Motor reductor ½ HP 45 RPM	1	956.000	956.000
66	Motor ¼ HP 1800 RPM	2	214.432	428.640
67	Reductor 40:1 para motor ¼ HP	2	426.474	426.474
			Total Bs.	15.628.640

Tabla 11.1 Lista de precios de los materiales y equipos.

11.4.2 Costos de manufactura

Fueron tomados de diferentes talleres metal-mecánicos (TEAGROIN C.A y Taller Lemos Welding Shop), se basan en el tipo de material a trabajar, así como sus dimensiones y espesores. Las piezas de acero al carbono se calculan por número de piezas soldadas y cortadas, las de acero inoxidable por número de piezas cortadas y metro lineal de soldaduras, las piezas de aluminio se calculan por número de piezas cortadas y puntos de soldaduras, y las de plástico por número de piezas.

Conjunto	Costo (Bs.)	Conjunto	Costo (Bs.)
Tolva		Limpiadora	
Soportes	70.000	Soportes	260.000
Tolva	282.000	Bandeja de drenaje	20.000
Alimentadora		Tapas protectoras del cepillo y sección de aspersión	25.000
Soportes	60.000		
Láminas alineadoras	15.000		
Mesa exterior		Ejes	
Soportes	32.000	Ejes	720.000
Contrapeso	32.000	Total Bs.	2.096.000
Guía de frutos	43.000		
Mesa central			
Mesa base	100.000		
Portacangilón	352.000		
Cangilón	35.000		
Soporte soldado	50.000		

Tabla 11.2 Costos de manufactura.

Los materiales y equipos se cotizaron con información dada por los proveedores y son precios que están supuestos a cambios. También algunos de los equipos fueron cotizados en dólares y para el cambio se utilizó el precio oficial del dólar en bolívares a la fecha actual. La lista de proveedores es la siguiente:

- AUSTINOX.
- AVICAMPO, S.A.
- BYCSSA.
- CERRAJERIA PORTUGUESA, C.A.
- DICOPEA.
- DINAMO, C.A.
- EQUIPROIN, C.A.
- FERRUM.
- INVERSIONES MISTER TORNILLO 1200.
- IRRIEGO ACCESORIOS, C.A.
- MOTA SÁNCHEZ Y CIA., S.A.
- ORIENTAL MOTOR.
- RODAMIENTOS ROVI, C.A.
- SEW EURODRIVE VENEZUELA, S.A.
- TANA, C.A.
- TUBO CENTER, C.A.

CAPÍTULO 12

MANUALES DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

12.1 Introducción

En este capítulo se expondrán los procedimientos que servirán a los operadores de la máquina para entender los métodos correctos de instalación, operación y mantenimiento.

12.2 Manual de Instalación

- Ubicación

Lo primero que se debe tener presente para la instalación es el lugar dónde va estar la máquina, el lugar dónde haya espacio adecuado para la instalación, operación y el mantenimiento. El espacio debe ser como mínimo 8 x 6 m.

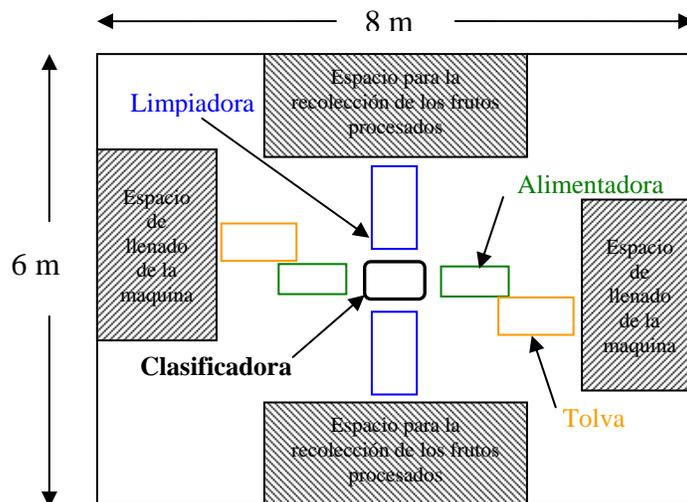


Figura 12.1 Ubicación de la máquina.

Además, en este lugar debe haber o estar cerca un tomacorriente trifásico, un suministro de agua y algún drenaje.

Para la instalación de la maquina clasificadora y limpiadora de vegetales utilice herramientas menores, como por ejemplo: Alicates, destornilladores, llaves fijas, pega para la tubería PVC, etc. A continuación se explica la instalación de cada componente de la máquina.

- Pasos a seguir para la instalación de la máquina.

Clasificadora:

1. Coloque la mesa central en el medio del sitio donde va la maquina.
2. Proceda a colocar todas las chumaceras tipo flanged, excepto una (esta se usará posteriormente para la colocación de la cadena). Coloque también el motor-reductor de $\frac{1}{2}$ HP, todos con sus respectivos pernos, tuercas y arandelas.

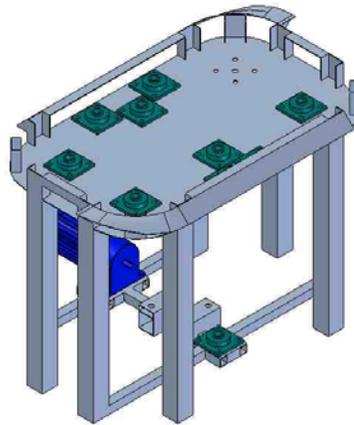


Figura 12.2 Paso 1 y 2 de la instalación de la clasificadora

3. Ajuste los ejes de los piñones tensores de la cadena transportadora en las chumaceras, seguidamente coloque los piñones en cada uno de esos ejes con su anillo de sujeción. Uno de los ejes con su piñón no se va a colocar hasta que esté montada la cadena.
4. Arme el eje del motor colocando primero los piñones de 14 dientes con sus anillos de retención, después coloque las chumaceras de pie y el

engrane cónico con el anillo de sujeción, por último introduzca el acople, fíjelo a los ejes y fije las chumaceras a la base.

5. Para colocar el eje del piñón de ataque de la clasificadora, se le coloca su engrane cónico con su anillo primero y después inserte el eje por la parte inferior de la chumacera superior. Ahora para que el eje apoye abajo proceda a deslizar el eje hasta que los engranes cónicos se acoplen, una vez que ocurra, introduzca la parte inferior del eje en la chumacera. Y ajuste las chumaceras superior e inferior para fijar el eje.

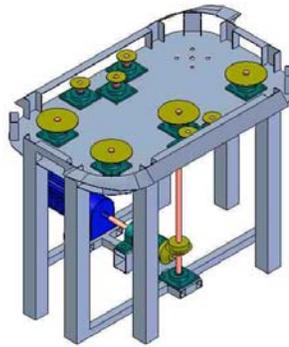


Figura 12.3 Pasos 3, 4 y 5 de la instalación de la clasificadora

6. Ahora coloque la cadena transportadora con los soportes de cangilones ya soldados en los piñones. Para tensarla coloque la chumacera faltante junto con el piñón y el eje ya montados, con su anillo de retención. Luego introduzca de adentro hacia afuera hasta ajustar la chumacera en su lugar y encaje la cadena en este último piñón.
7. Arme los portacangilones, atornille las ruedas al portacangilón; luego mediante tornillos y tuercas coloque las bisagras la cual unen las dos piezas. Seguidamente coloque la cuerda de volqueo y amarre el cangilón mediante cuerdas al portacangilón. Por último, una éste conjunto al soporte soldado a la cadena mediante tornillos y tuercas.

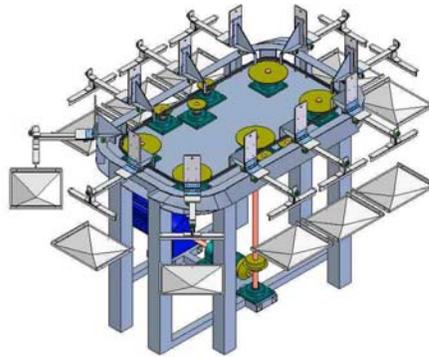


Figura 12.4 Pasos 6 y 7 de la instalación de la clasificadora

8. Ya con la mesa central acoplada, arme la mesa exterior, uniendo todas sus partes mediante tornillos y tuercas. Esta mesa se arma alrededor de la mesa central; luego fije la ubicación de la mesa exterior respecto a la mesa central mediante los portacangilones. Para fijar la mesa exterior a mesa central utilice pletinas atornilladas entre las patas de las mesas.
9. Por último, instale el sistema de contrapeso mediante tornillos y tuercas.

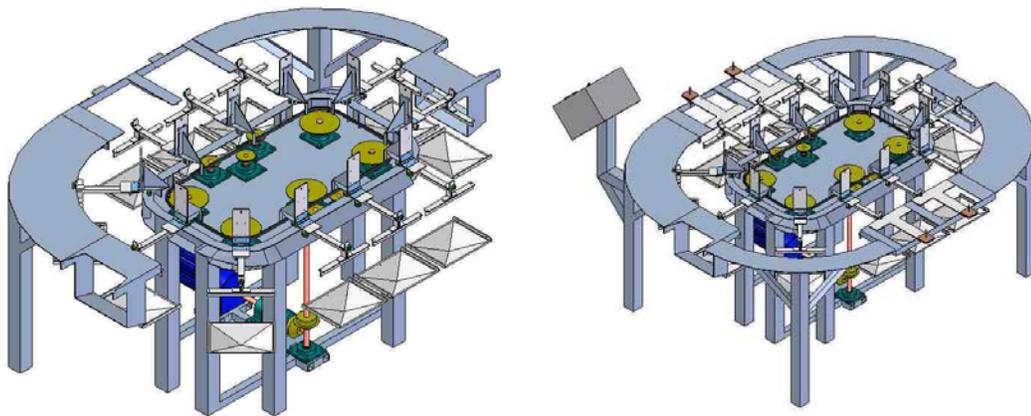


Figura 12.5 Paso 8 y 9 de la instalación de la clasificadora

Alimentadora 1:

1. Mediante pernos y tuercas coloque las chumaceras y las tensoras en las patas 1 y 2 de la alimentadora.
2. Luego proceda a ajustar los ejes con sus piñones y anillos a las chumaceras de la pata 1.

3. Seguidamente ajuste los tambores con sus piñones y anillos a las chumaceras de la pata 1.
4. Coloque las bandas, separadora y alineadora de frutos en sus respectivos tambores, y sus cadenas de transmisión, e instale la pata 2 utilizando los ejes como guías para unir las y ajuste las chumaceras de esta pata a los ejes.

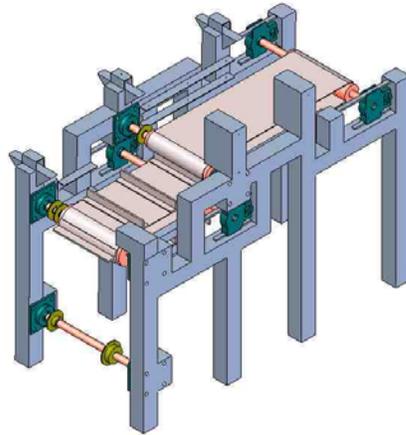


Figura 12.6 Paso 1, 2, 3 y 4 de la instalación de la alimentadora

5. Después de esto, para asegurar la unión de las patas, atornille 3 pletinas a las patas y los soportes de las bandas en los ángulos.
6. Ajuste las chumaceras tensoras y las cadenas.

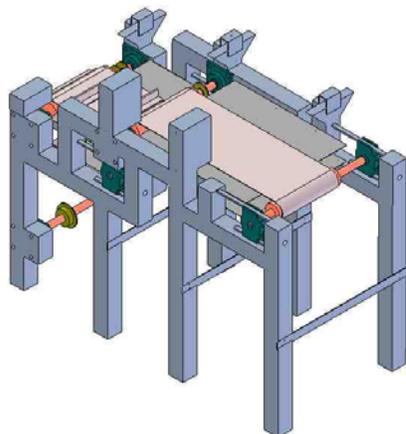


Figura 12.7 Paso 5 y 6 de la instalación de la alimentadora

7. Atornille la lámina alineadora de acero inoxidable que va fija a la pata 1.

8. Coloque la lámina alineadora móvil en la pata 2 y fíjela mediante los pasadores.

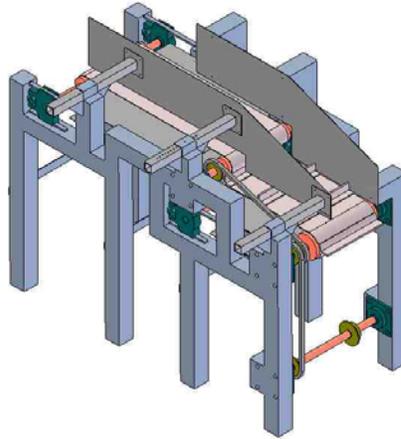


Figura 12.8 Paso 7 y 8 de la instalación de la alimentadora

9. Por último, instale la cadena que une el eje del motor al eje de transmisión de la alimentadora, se coloca esta cadena que quede a 90° respecto a los ejes (eje del motor y eje de transmisión de la alimentadora). Luego tense la cadena separando la alimentadora de la clasificadora pero manteniendo los 90° mencionados anteriormente. Para terminar la conexión entre la clasificadora y la alimentadora, proceda a utilizar 2 pletinas atornilladas a las patas para así fijar la alimentadora a la clasificadora.

Alimentadora 2:

Se ensambla de manera similar que la alimentadora 1, salvo que en el paso 2 se debe colocar un eje adicional con un piñón y un engrane.

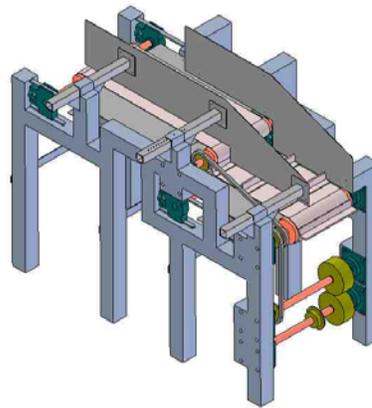


Figura 12.9 Alimentadora 2

Limpiadoras:

1. Mediante pernos y tuerca coloque el motor de $\frac{1}{4}$ HP.
2. Prepare todos los ejes de la alimentadora, es decir, coloque los piñones y sus anillos de sujeción.
3. Al eje de ataque, colóquelo primero sus chumaceras sin ajustar, luego insértelo paralelamente como iría ubicado; coloque la cadena del motor y atornille las chumaceras con pernos y tuercas en sus posiciones, finalmente ajuste los ejes a las chumaceras ya posicionadas.
4. Coloque sin ajustar las chumaceras tensoras. Inserte el eje que sólo tiene dos piñones, en las chumaceras tensoras.
5. Proceda a colocar las dos cadenas con arandelas soldadas y tense las cadenas mediante las chumaceras tensoras.

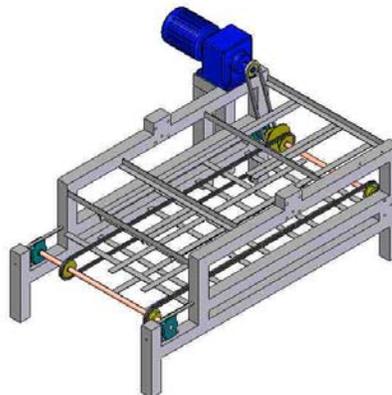


Figura 12.10 Pasos 1, 2, 3, 4 y 5 de la instalación de la limpiadora.

6. Coloque todos los 48 rodillos transportadores mediante pernos ajustados con las arandelas de las cadenas.
7. Atornille las láminas de las paredes externas y la lámina separadora de clases, que van fijas a los ángulos superiores de la estructura de la limpiadora.

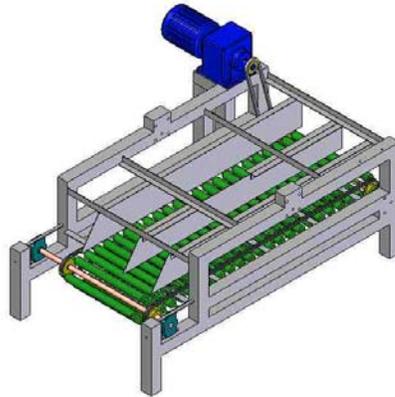


Figura 12.11 Pasos 6 y 7 de la instalación de la limpiadora.

8. Coloque las chumaceras del eje con el cepillo sin ajustarlas, inserte el eje paralelamente como iría ubicado, coloque la cadena del eje del cepillo. Luego atornille mediante pernos y tuerca las chumaceras a la estructura, posteriormente ajuste el eje a las chumaceras.
9. Atornille y fije mediante pernos y tuerca los 4 ventiladores en sus respectivas posiciones.

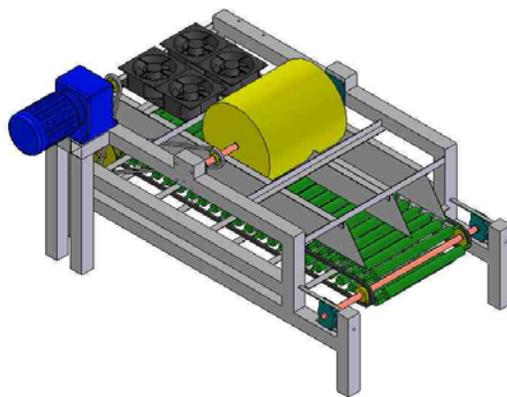


Figura 12.12 Pasos 8 y 9 de la instalación de la limpiadora.

10. Atornille los aspersores en las tuberías, ensamble el sistema de tubería PVC mediante pega (Una limpiadora tendrá una unión en T para llevar la solución desinfectante a la otra limpiadora). Seguidamente fije el sistema de tubería de PVC en la estructura usando soportes de plástico atornillados a la misma.
11. Instale el dosificador (sólo en una limpiadora) y las válvulas en la tubería PVC y coloque un envase de 20 litros de capacidad en la parte inferior del dosificador (En el piso).

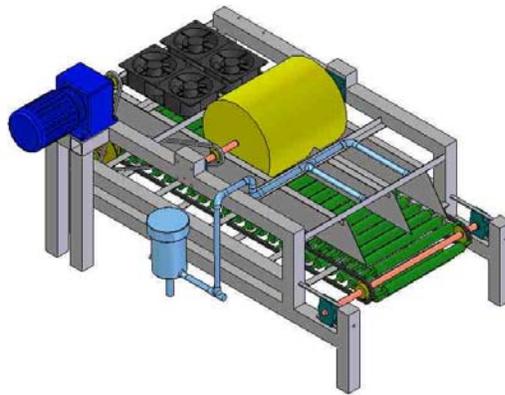


Figura 12.13 Pasos 10 y 11 de la instalación de la limpiadora.

12. Atornille las tapas de acero inoxidable que cubren el cepillo y la sección de aspersión. Y coloque la bandeja de drenaje debajo de la limpiadora.

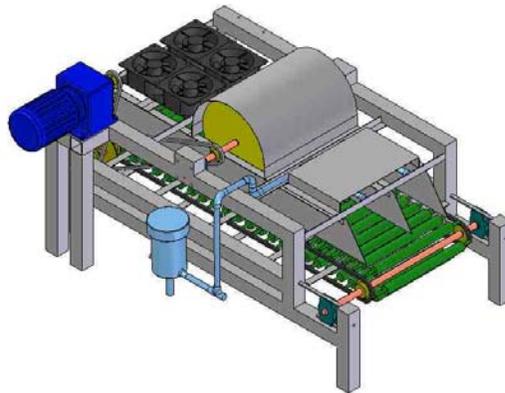


Figura 12.14 Paso 12 de la instalación de la limpiadora.

13. Por ultimo, coloque las limpiadoras debajo de la mesa exterior y atornille las pletinas de fijación con respecto a la mesa central de la clasificadora.

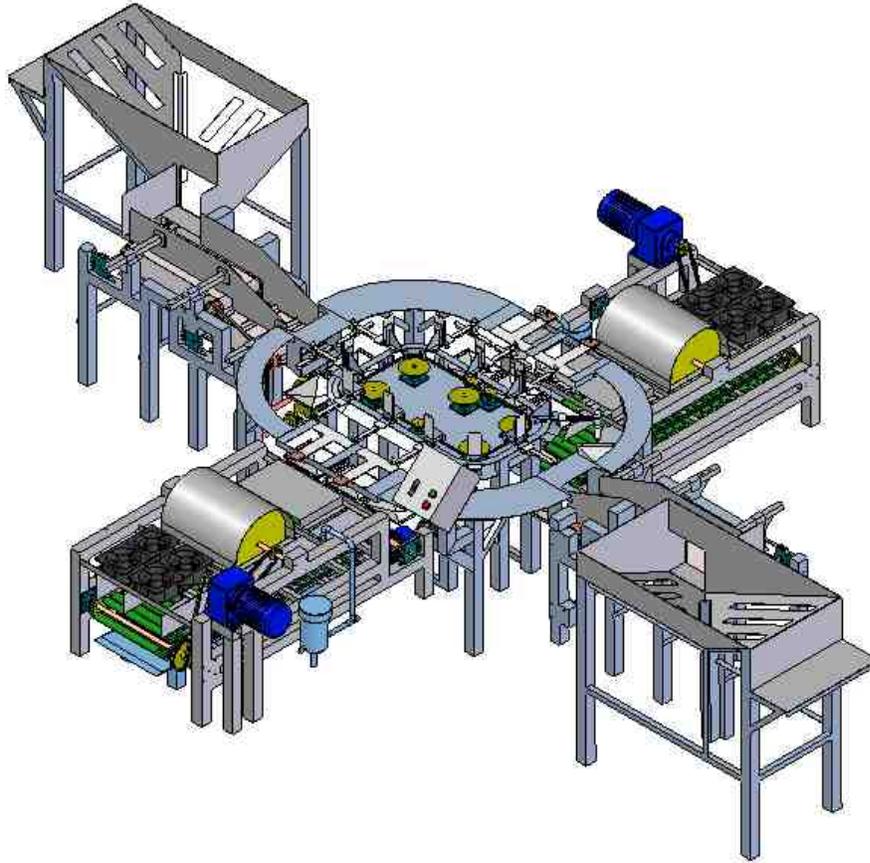


Figura 12.15 Máquina Clasificadora-Limpiadora completa.

Conexiones eléctricas:

1. Instale los 3 contactores, 2 interruptores y 2 pulsadores de arranque-parada en el tablero.
2. Luego separe 5 tuberías flexible BX $\frac{3}{4}$ " y coloque uno de sus extremos saliendo del tablero. La primera tubería que vaya al motor principal e insértele 3 cables de diferentes colores TW # 14, la segunda y tercera a los motores de la limpiadora e insértele 3 cables de diferentes colores TW #

- 14, las dos últimas son hacia los ventiladores y se le insertan 8 cables de diferentes colores TW # 16 a cada una.
3. Sitúe un cable de 3 hilos TW # 12 engomado que salga del tablero y en el otro extremo conéctele un enchufe de 3 puntas.
 4. Para la conexión del cableado, ríjase por las figuras 8.26, 8.27 y 8.28, referentes al sistema de instrumentación.

12.3 Manual de Operación

Para lograr un funcionamiento óptimo de la maquina se necesitan como mínimo cuatro obreros que la operen y sigan las siguientes instrucciones:

1. Conecte la máquina, enchufe el cable de fuerza de la máquina (Cable de 3 hilos TW # 12 engomado con su enchufe) a la toma corriente trifásico más cercano.
2. Realice la mezcla del agua con el desinfectante en el envase que está debajo del dosificador, las medidas son: 1 l de CitruPar-80 (Solución pura desinfectante-preservante) por cada 17 l de agua. Esto garantiza el uso de la máquina sin llenar de nuevo el envase.
3. Coloque cajas vacías para el llenado de los frutos procesado. Dos caja debajo de cada tolva, una caja en cada esquina de la clasificadora que están antes del llenado, siguiendo el recorrido de los cangilones, y dos cajas en cada salida de la limpiadoras (Una para primera clase y otra para los de segunda clase).
4. Conecte una manguera a la salida del drenaje y lleve el otro extremo de la manguera hasta un desagüe cercano.
5. Luego permita la salida del agua en los aspersores abriendo las válvulas que están en cada limpiadora, verifique que sale agua y que los aspersores funcionen bien.

6. Permita el paso de corriente: pase el interruptor principal de la máquina a encendido.
7. Pulse el botón verde de arranque, verifique que la luz del botón esté encendida y espere que se estabilice el sistema (las velocidades permanecen constantes en las bandas, cangilones y rodillos transportadores).
8. Encienda los ventiladores: pase el interruptor de los ventiladores a encendido.
9. Después de todo encendido se verifica que la máquina funciona correctamente.
10. Luego se colocan un obrero en cada tolva (para el llenado de las tolvas) y dos obreros que este pendiente de todas las cajas de llenado, uno en cada lado de la clasificación.
11. Posteriormente cada obrero debe empezar a llenar las tolvas, a razón de 1 caja por minuto aproximadamente.
12. Cuando las cajas con frutos clasificadas y/o limpiadas estén llenas se deben cambiar por otra vacía. A continuación se da un aproximado del tiempo mínimo de llenado de cada caja:
 - Cajas de frutos de primera clase: Cambiar cada 1 min. 15 s.
 - Cajas de frutos de segunda clase: Cambiar cada 3 min.
 - Cajas de frutos de tercera clase: Cambiar cuando esté llena (tiempo indefinido).
13. Luego de utilizar la máquina y verificar que no quede ningún fruto en las tolvas, bandas, cangilones y rodillos transportadores pulse el botón rojo de paro y pase el interruptor de los ventiladores a apagado. Por último, pase el interruptor principal a apagado.

12.4 Manual de mantenimiento

Con este mantenimiento se podrá prolongar la vida útil de la maquina, alcanzar un mayor grado de confiabilidad y obtener un rendimiento aceptable de la misma, así se evitará y se disminuirá las fallas en los dispositivos de la maquina, como también reducirá la gravedad de una futura falla que no se pueda impedir. Además se previenen posibles accidentes y lesiones en los obreros o usuarios de la maquina.

El primer objetivo del mantenimiento será aleccionar a los usuarios a mantener en buenas condiciones la máquina y seguir escrupulosamente las instrucciones de operación, esto permitirá mayor responsabilidad del usuario y prevención de accidentes.

A continuación se explica los pasos a seguir para el mantenimiento, y los dividiremos en mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo.

Mantenimiento preventivo

Este mantenimiento consiste en programar una rutina de inspecciones periódicas y revisiones de los componentes de la maquina. El plan de mantenimiento consistirá básicamente en examinar el estado de los dispositivos críticos, engrase, desmontaje, limpieza, etc.

Seguidamente se mostrará las revisiones que hay que realizarle a la maquina y cuándo.

Después de utilizarla:

- Verificar que la máquina no tenga ningún desecho sólido indeseable, sobre todo en los cangilones.
- Limpiar los 11 cangilones con un paño.
- Sacar y limpiar las bandejas de drenaje.

Duración de los trabajos de mantenimiento: 5 a 10 min.

Semanal:

- Sacar la tapa de los cepillos y lavarla.
- Sacar la tapa de la sección de aspersión y lavarla.
- Limpiar los cepillos, cuidando no salpicar de agua los ventiladores (se recomienda que se protejan con una bolsa los ventiladores antes de limpiar el cepillo).
- Limpiar con agua (puede ser con los mismo aspersores) y un paño con desinfectante los 48 rodillos transportadores.
- Limpiar la tolva.
- Limpiar con un paño las laminas alienadoras.

Duración de los trabajos de mantenimiento: 2 horas.

Quincenal:

- Revisar la lubricación de las cadenas, si se ven muy secas o falta de brillo aplicar lubricante.
- Verificar todas las bisagras y de ser necesario lubricar.
- Aplicar lubricante a los engranes, procurar mantenerlos engrasados.

Duración de los trabajos de mantenimiento: 1 hora.

Mensual:

- Revisión de las todas las chumaceras, verificar el nivel de aceite y colocarle si faltase.
- Limpiar las bandas transportadoras con un paño húmedo y desinfectante.

Duración de los trabajos de mantenimiento: 1 hora.

Trimestral:

- Revisar las turbinas del ventilador y limpiarlas con paños húmedo.
- Revisar estado de las ruedas del portacangilón y soporte soldado a la cadena, de ser necesario cambiar ruedas que estén desgastadas o en mal estado.

Duración de los trabajos de mantenimiento: 1 hora.

Semestral:

- Realizar un mantenimiento general de la máquina: desconecte todas las fuentes de alimentación de la máquina y descargue todas las piezas que puedan retener carga eléctrica antes de proceder a realizar tareas de mantenimiento o reparaciones, proceda a verificar el estado de todos los componentes de la máquina.
- Realizar una limpieza general: dependiendo del estado de suciedad desarme o no algunas piezas, para realizar limpieza a fondo.
- Revisar el estado del motor: limpie los orificios de ventilación del motor, verifique los pernos que lo sujetan a la base, examine el estado de los cables.

Duración de los trabajos de mantenimiento: 1 día.

Mantenimiento correctivo

Éste tipo de mantenimiento se realiza una vez se ha producido el fallo y el paro súbito de la máquina o instalación. El mantenimiento correctivo se ocupa de la reparación de la falla o se encarga de la reparación propiamente aunque no quede eliminada la fuente que causó la falla.

Este mantenimiento no se realizará por el usuario salvo que esté capacitado técnicamente para solucionar el problema mecánico o eléctrico.

Lo más recomendable al momento en que la máquina o un elemento de esta dejen de trabajar en sus condiciones óptimas, el usuario deberá avisarle a un técnico, mecánico o electricista cual sea el caso de la falla para que identifique la causa de la anomalía y proceda a reparar el problema.

Por lo tanto, la principal función de una gestión adecuada de mantenimiento consiste en rebajar el correctivo con una correcta aplicación del preventivo hasta el nivel óptimo de durabilidad de la maquina según el diseño.

CONCLUSIONES

Luego del estudio realizado a lo largo del desarrollo de la presente tesis, se puede concluir que la máquina diseñada tiene la capacidad de clasificar y limpiar vegetales de acuerdo con:

- Los requerimientos de usuarios en cuanto a clasificar frutos en 3 categorías de acuerdo al peso (1°, 2° y 3°), limpiar vegetales de 1° y 2°, poder ser manejada por personal de bajo nivel académico (fácil uso), manejar frutos con tamaño entre 5 y 16 cm, y espacio mínimo para su uso un área de 6 x 8 m.
- Materiales acordes al procesamiento de alimentos.
- Adicionalmente, la máquina puede clasificar hasta 2 tipos de frutos al mismo tiempo.

El análisis de esfuerzo confirmó que los materiales seleccionados son adecuados al uso de la máquina. Y el análisis cinemático comprobó que el mecanismo empleado funcionará correctamente, con lo cual la máquina tiene la capacidad de clasificar 9370 frutos/h equivalente a 2000 kg/h, y limpiar 8900 frutos/h equivalente a 1950 kg/h.

RECOMENDACIONES

Culminado el diseño de la máquina clasificadora y limpiadora de vegetales se realizan las siguientes recomendaciones:

- En cuanto a mejoras para la máquina se sugiere agregar un proceso de clasificación que permita desechar los frutos en mal estado o que no cumplan con otras características de su categoría además del peso (firmes, sanos, sin magulladuras, etc.), con lo cual se optimiza aún más el proceso.
- En relación a su comercialización es importante realizar un análisis de factibilidad económica para la empresa solicitante, antes de su construcción.

BIBLIOGRAFÍA

- Avallone E. y Baumeister III T., 1999. “*Marks manual del ingeniero mecánico tomo I y II*”, 9°ed. McGraw – Hill, México.
- Barreiro, J., 1992. “*Higiene y saneamiento en el procesamiento de alimentos*”. Caracas, Equinoccio USB.
- Beer F. y Johnston E., 1999, “*Mecánica vectorial para ingenieros*”, 6°ed. McGraw – Hill, México.
- Brennam, J. G., 1980. “*Las operaciones de la ingeniería de los alimentos*”. 2°ed. Acribia, España.
- Chiaravalli Transmisión S.P.A., 2004. “*Sprockets - platewheels*”. Italia, Chiaravalli.
- Cross, N., 2002. “*Métodos de diseño*”. 2° ed. Limusa Wyley, México.
- Estrada, J., 2000. “*Ergonomía*”. 2° ed. Colombia, Universidad de Antioquia.
- Fundación servicio para el agricultor., 1974. “*Solanáceas (Tomate, ají, pimentón y berenjena)*” Serie A N 37. Venezuela, Fusagri.
- Good-Year. “*Correas transportadoras, selección, usos y aplicaciones*”. Venezuela, División productos industriales C.A. Goodyear de Venezuela.
- Groover M., 1997, “*Fundamentos de manufactura moderna*”, Prentice Hall, México.
- Horwitz H., 1997, “*Soldadura: Aplicaciones y practica*”, Alfaomega, Colombia.
- Miravete, A. y Larrodé, E., 1996. “*Transportadores y elevadores*”. 1°ed. España, Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Zaragoza.
- Mott R., 1992. “*Diseño de Elementos de Máquina*”, Prentice Hall Hispanoamericano, México.
- Norma Covenin, No. 165-83 “*Tomates*”.
- Norma Covenin, No. 1834-81 “*Definiciones Generales*”.
- Nuez, F., et al., 1995. “*El cultivo del tomate*”. España, Mundi-Prensa.

- Nuez F., et al., 1996. “*El cultivo de pimientos, chiles y ajés*”. España, Mundi-Prensa.
- Rubilar, M y Votterl, G., 1998. “*Planeamiento de una infraestructura industrial versátil para el procesamiento de tomates adaptable a las diferentes exigencias del mercado nacional*”. Trabajo Especial de Grado. UCAB, Facultad de Ingeniería.
- Shigley J. E. y MISCHKE C. R., 2002. “*Diseño en Ingeniería Mecánica*”, 4°ed. McGraw-Hill, México.
- Van Wylen G. y Sonntag C., 2002. “*Fundamentos de termodinámica*”, 2°ed. Limusa Wiley, México.

Páginas Web visitadas

Cadenas de transmisión y piñones

- http://www.chiaravalli.it/home/index_es.htm (Mayo, 2005)

Dosificadores

- <http://www.dosatron.com/es/actualites.asp?uid=C322AAC> (Junio, 2005)

Máquinas clasificadoras

- <http://www.agrotechnology.gr/2/1851.htm?block=0> (Febrero, 2005)
- <http://www.sacmi.com/Products.aspx?IdAzienda=1&IdDivisione=5&IdSottoDivisione=6&IdLinea=120> (Febrero, 2005)
- www.sortex.com (Febrero, 2005)
- <http://www.unitec-group.com/esp/home.htm> (Febrero, 2005)

Máquinas limpiadoras

- <http://www.cpi.udep.edu.pe/empresas/agrolac/lavado%20secado%20encerado.htm> (Marzo, 2005)
- <http://femac.org/femacesp/emp/empresa.html?id=34> (Febrero, 2005)

- <http://somca.com/cepilladoras.htm> (Marzo, 2005)
- <http://www.sunkistresearch.com/espanyol/index.htm> (Marzo, 2005)

Motores

- <http://www.sew-eurodrive.com.ve/> (Mayo, 2005)

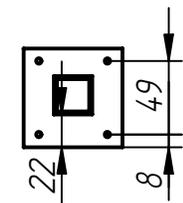
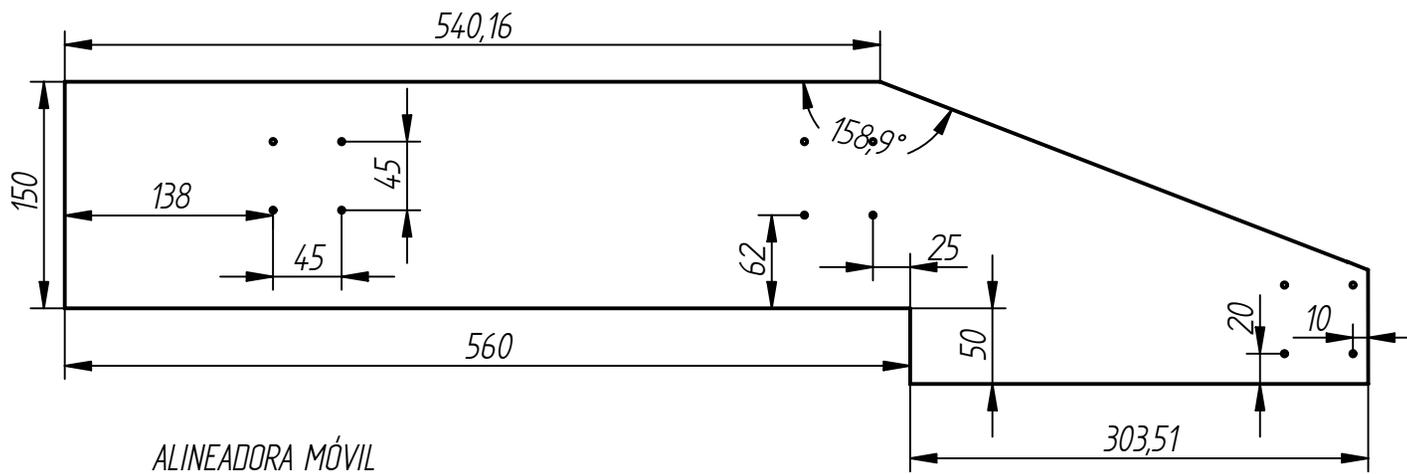
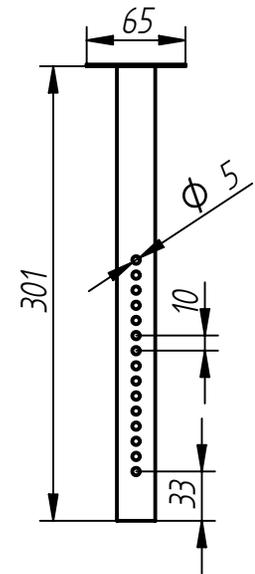
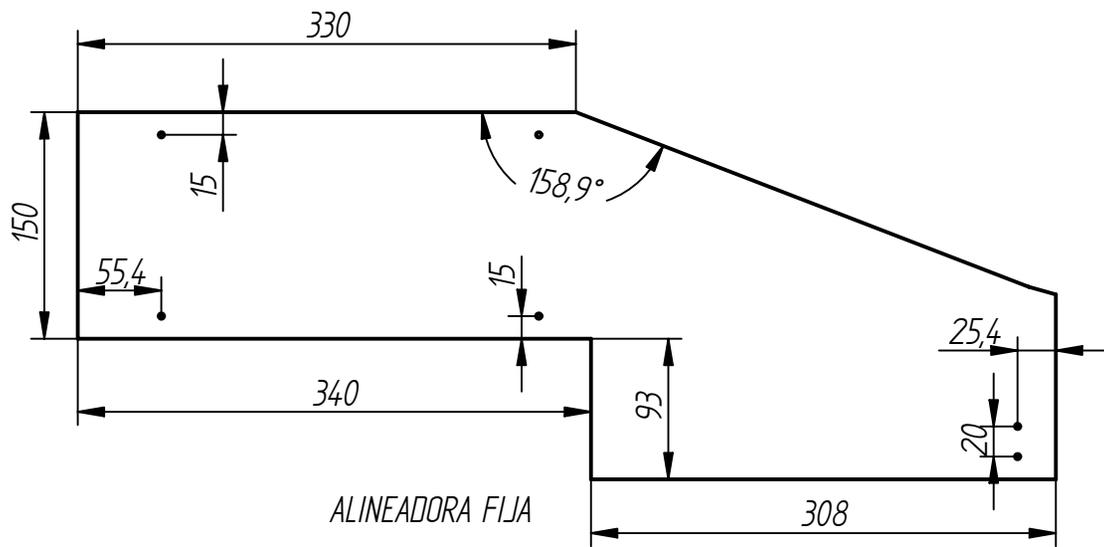
Rodamientos

- <http://www.fbj-bearings.com/> (Junio, 2005)

Rodillos transportadores

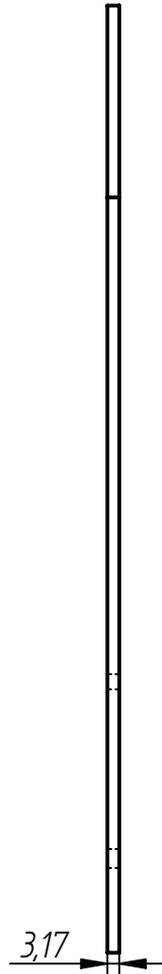
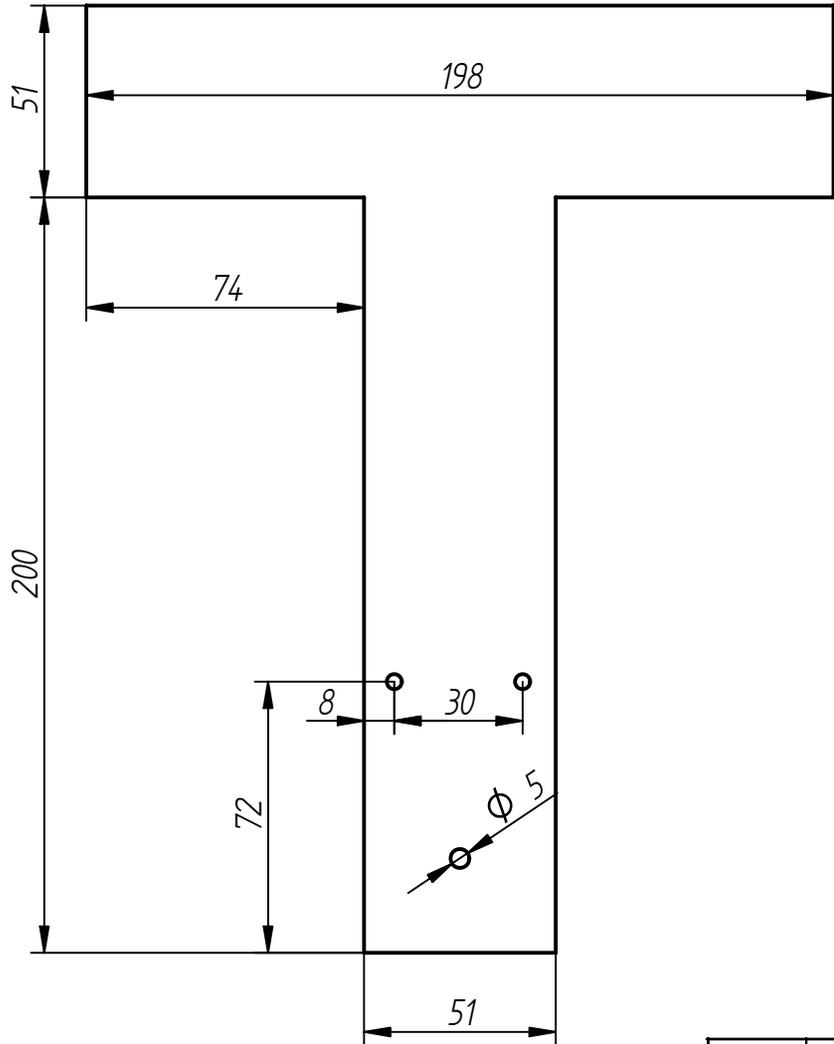
- <http://www.equiproin.com/intro1024x768.htm> (Mayo, 2005)

ANEXO I: Planos de la Máquina

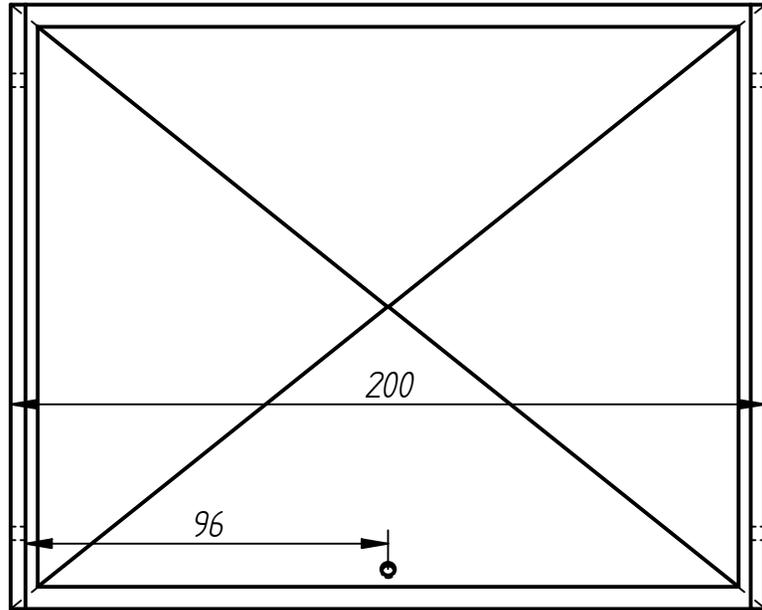
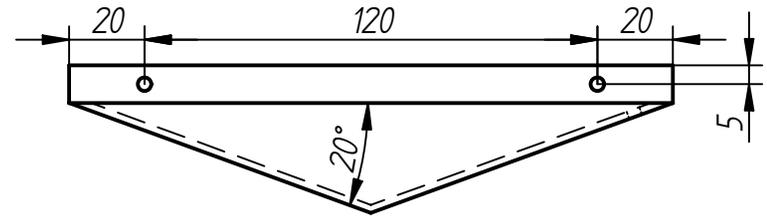
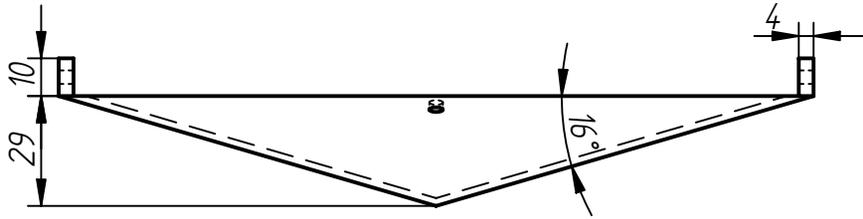


TUBO GUÍA DE ALINEADORA MÓVIL

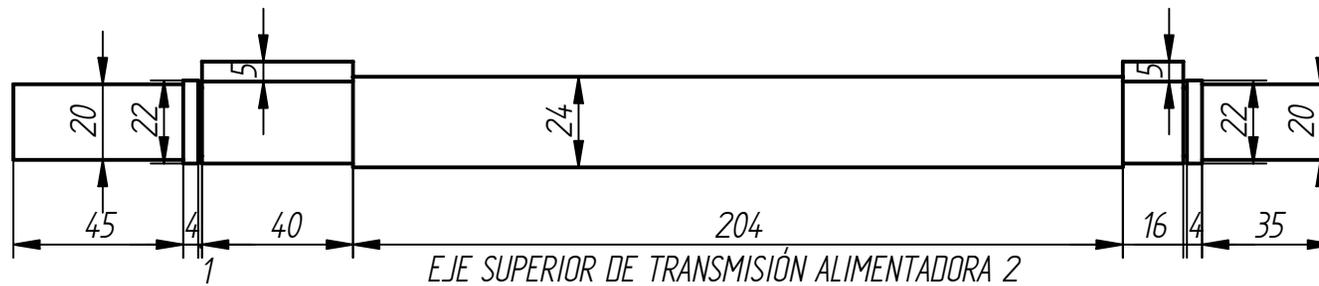
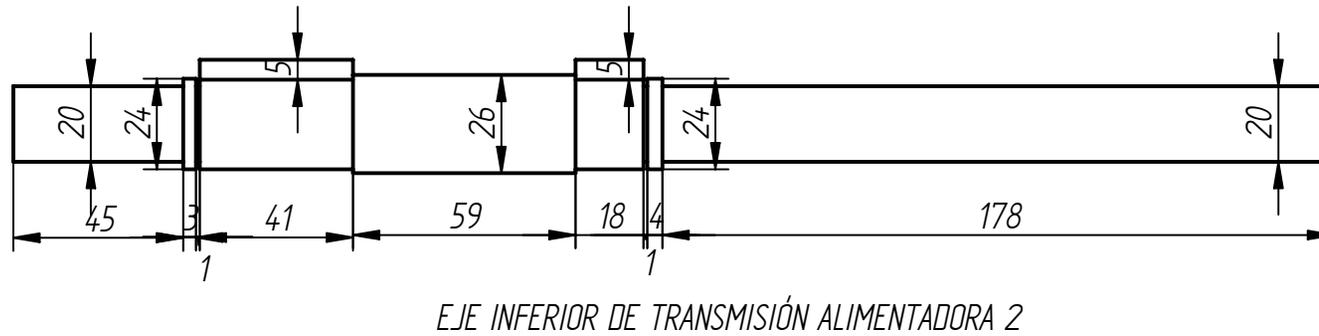
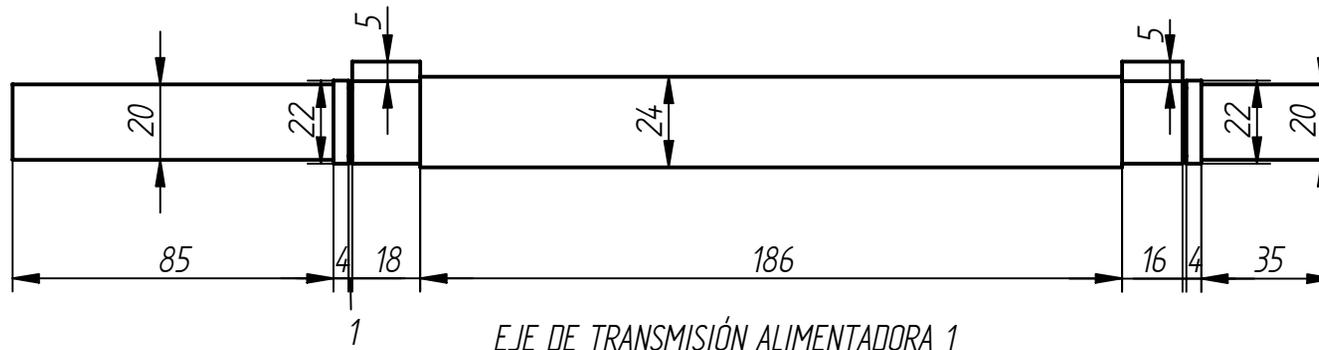
	Fecha	Nombre	
Dibujado		Gómez Antonio	Máquina Clasificadora y Limpiadora de Vegetales
		Gómez Carlos	
Comp. norm.			
Escala 1:5	ALINEADORAS FIJA Y MÓVIL		Material: AISI 304 ASTM A 36
			Formato A4
			Medidas en: mm



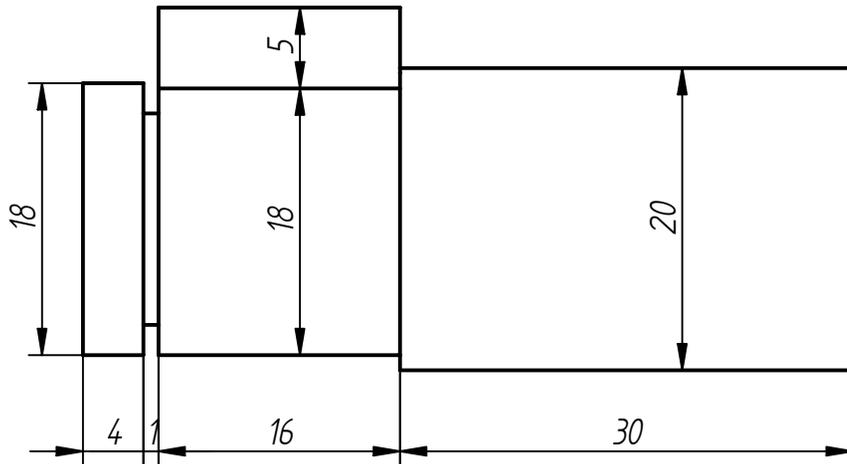
	Fecha	Nombre	
Dibujado		Gómez Antonio	Máquina Clasificadora y Limpiadora de Vegetales
		Gómez Carlos	
Comp. norm.			
Escala 1:2	BASE CONTRAPESO		Material: AA 6063 T5
			Formato A4
			Medidas en: mm



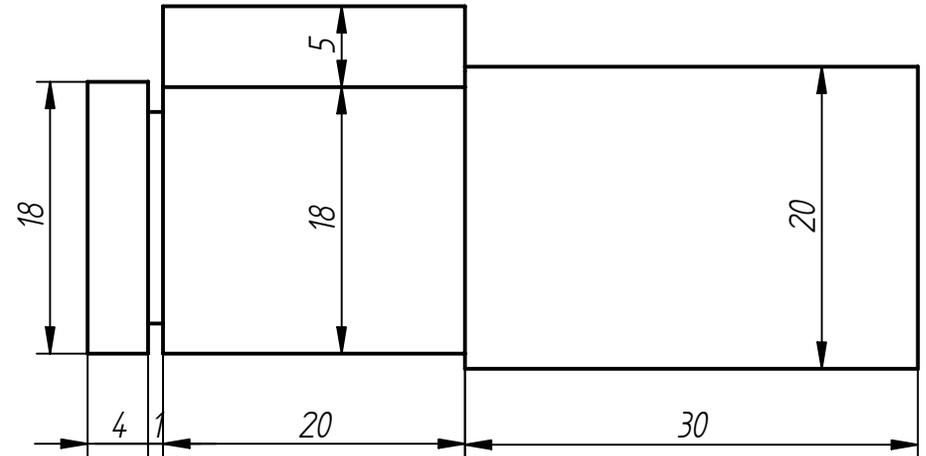
	Fecha	Nombre		Máquina Clasificadora y Limpiadora de Vegetales
Dibujado		Gómez Antonio		
		Gómez Carlos		
Comp. norm.				
Escala 1:2	CANGILÓN			Material: POLIESTIRENO
				Formato A4
				Medidas en: mm



	Fecha	Nombre		Máquina Clasificadora y Limpiadora de Vegetales
Dibujado		Gómez Antonio		
		Gómez Carlos		
Comp. norm.				
Escala 1:2	EJES			Material: ASTM 4043
				Formato A4
				Medidas en: mm

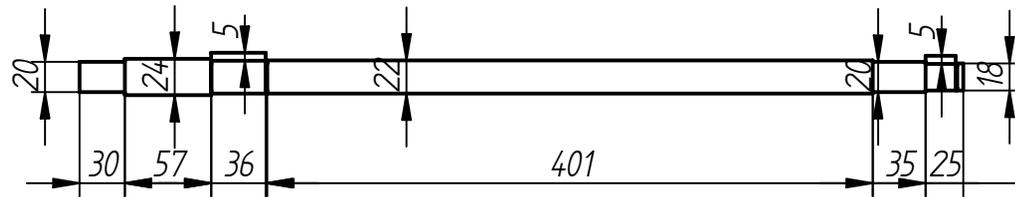


EJE PARA PIÑÓN DE 13 DIENTES MESA CLASIFICADORA

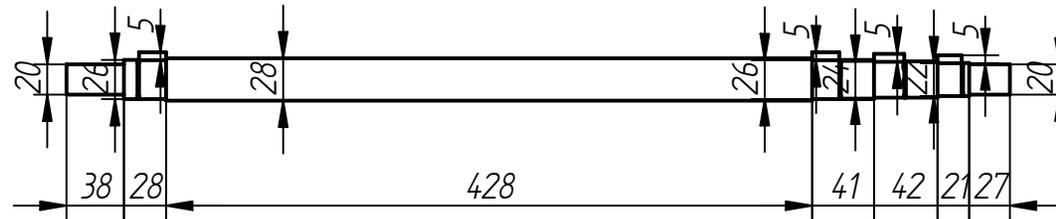


EJE PARA PIÑÓN DE 30 DIENTES MESA CLASIFICADORA

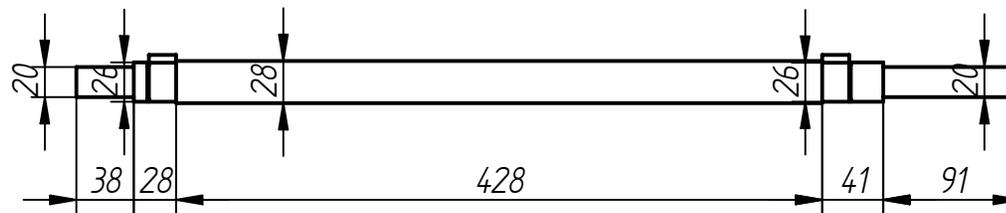
	Fecha	Nombre		Máquina Clasificadora y Limpiadora de Vegetales
Dibujado		Gómez Antonio		
		Gómez Carlos		
Comp. norm.				
Escala 2:1	EJES PIÑONES TENSORES DE LA MESA CLASIFICADORA			Material: ASTM 4043
				Formato A4
				Medidas en: mm



EJE DE ATAQUE CLASIFICADORA

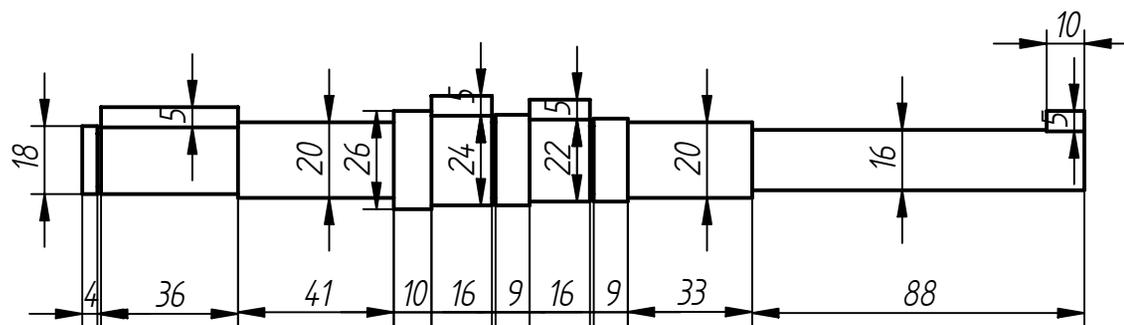


EJE DE ATAQUE LIMPIADORA

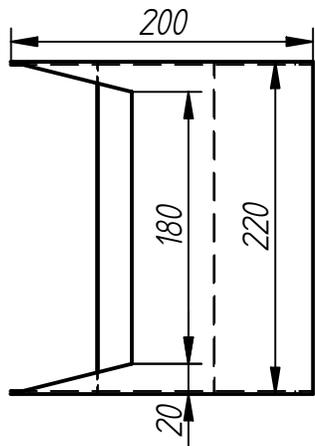
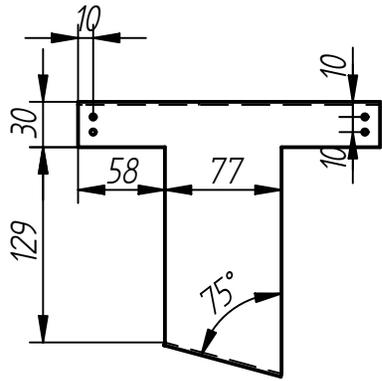


EJE TENSOR LIMPIADORA

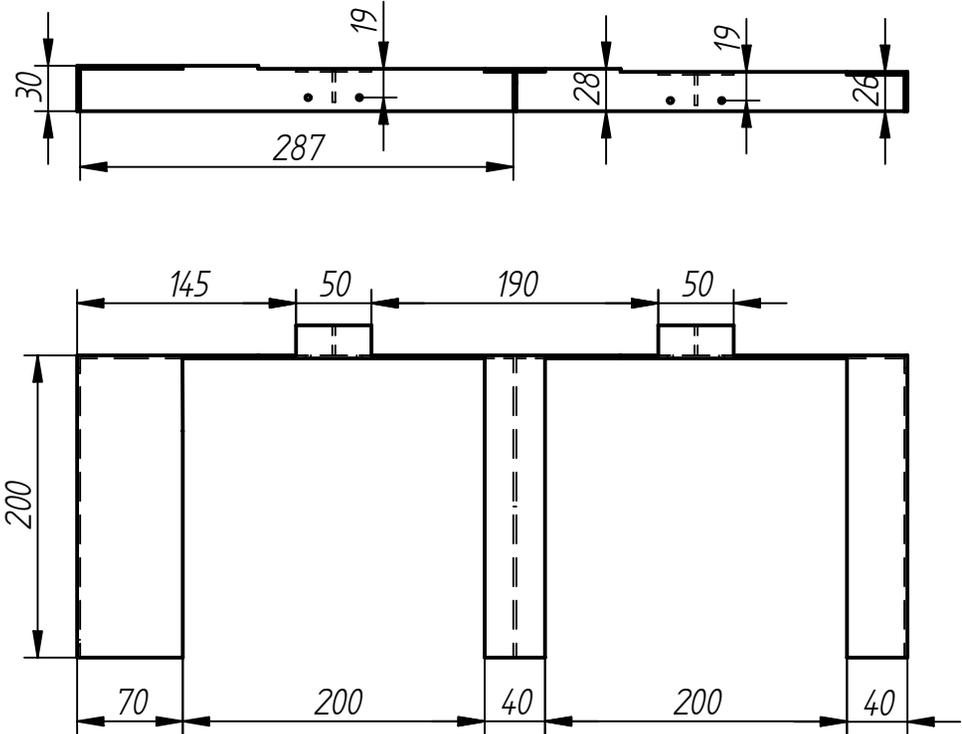
	Fecha	Nombre	Máquina Clasificadora y Limpiadora de Vegetales
Dibujado		Gómez Antonio	
		Gómez Carlos	
Comp. norm.			
Escala 1:5	EJES DE ATAQUE MESA CLASIFICADORA Y EJES LIMPIADORA		Material: ASTM 4043
			Formato A4
			Medidas en: mm



	Fecha	Nombre		Máquina Clasificadora y Limpiadora de Vegetales
Dibujado		Gómez Antonio		
Comp. norm.		Gómez Carlos		
Escala 1:2	EJES DEL MOTOR MESA CLASIFICADORA			Material: ASTM 4043
				Formato A4
				Medidas en: mm



GUÍA DE FRUTOS



SOPORTE CONTRAPESO

	Fecha	Nombre		Máquina Clasificadora y Limpiadora de Vegetales
Dibujado		Gómez Antonio		
		Gómez Carlos		
Comp. norm.				
Escala 1:10	GUÍA DE FRUTOS Y SOPORTE CONTRAPESO			Material: AISI 304 ASTM A 36
				Formato A4
				Medidas en: mm

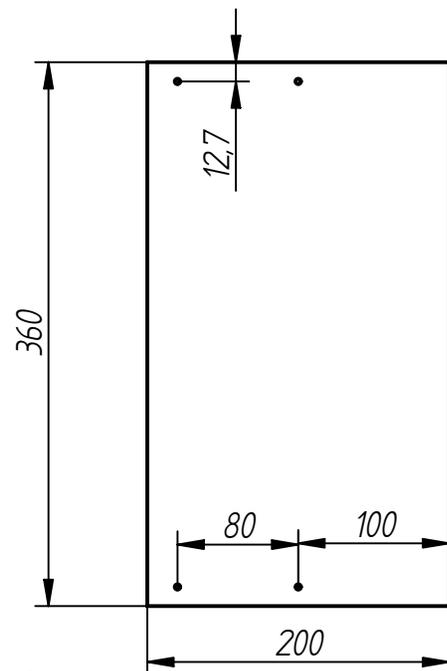


LÁMINA SOPORTE INFERIOR BANDA SEPARADORA

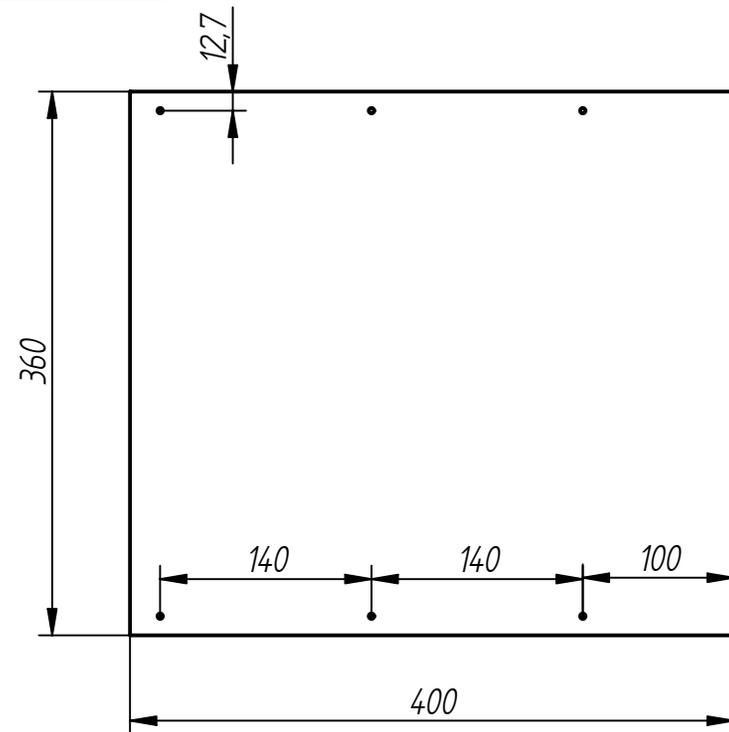


LÁMINA SOPORTE BANDA ALINEADORA

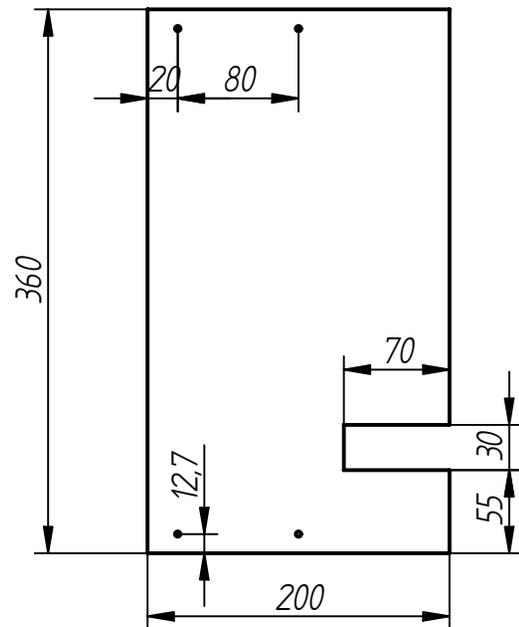
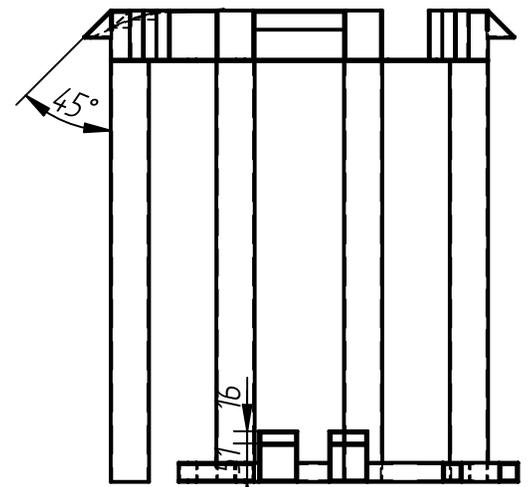
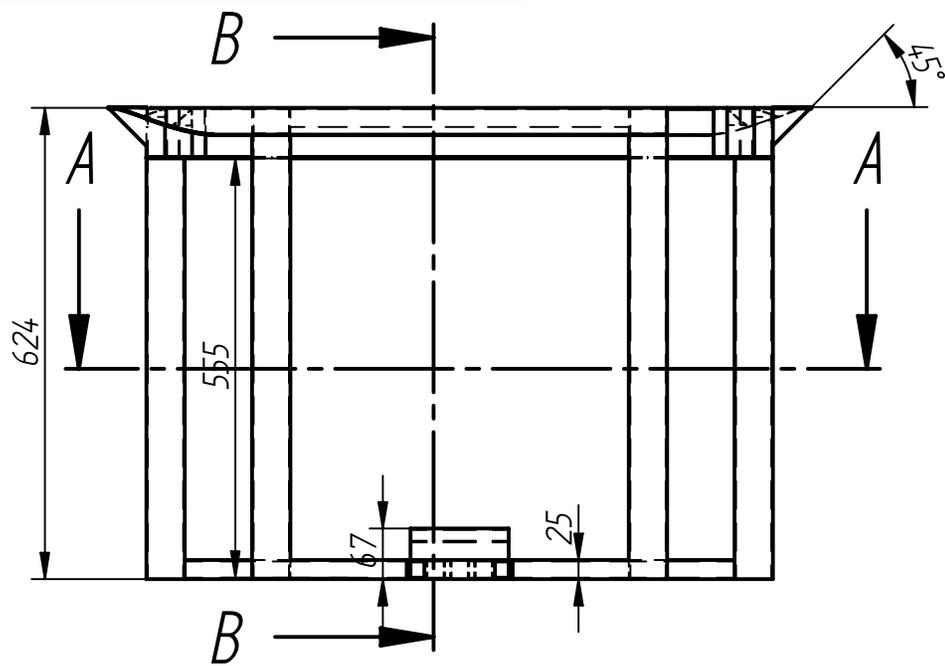
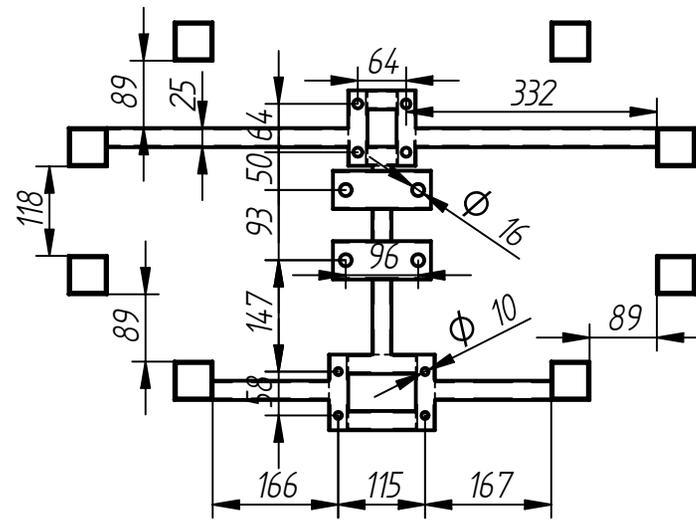
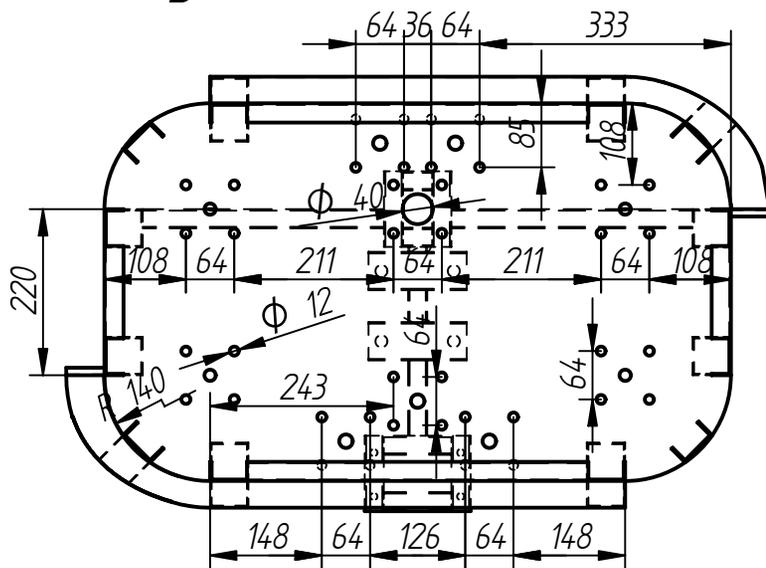


LÁMINA SOPORTE SUPERIOR BANDA SEPARADORA

	Fecha	Nombre		Máquina Clasificadora y Limpiadora de Vegetales
Dibujado		Gómez Antonio		
		Gómez Carlos		
Comp. norm.				
Escala 1:5	LÁMINAS SOPORTE BANDAS ALINEADORA Y SEPARADORA			Material: AISI 304
				Formato A4
				Medidas en: mm

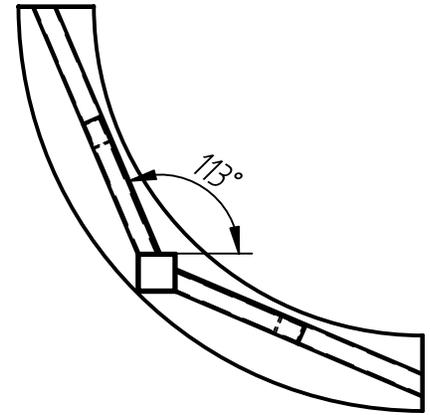
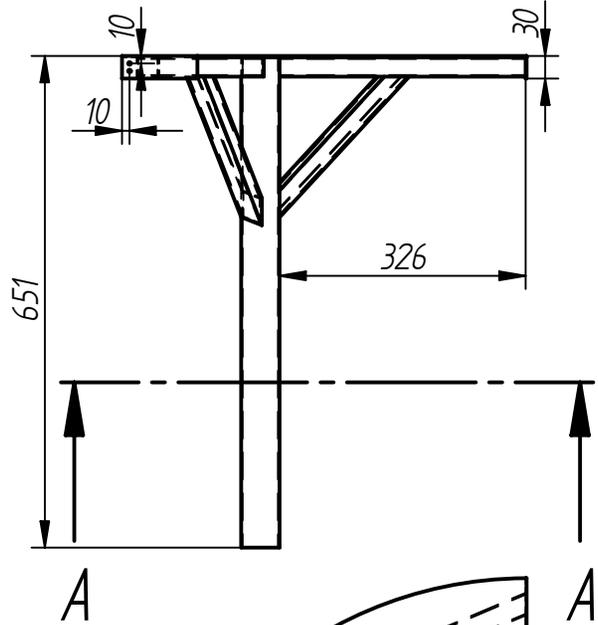
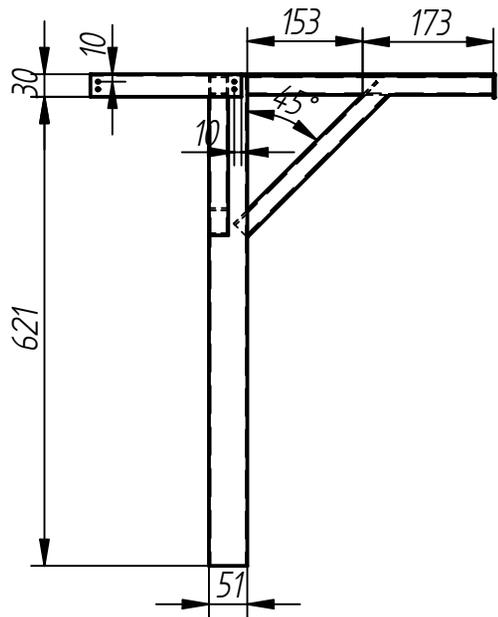


CORTE B-B

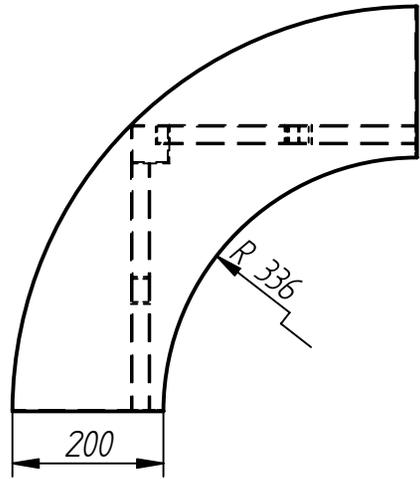


CORTE A-A

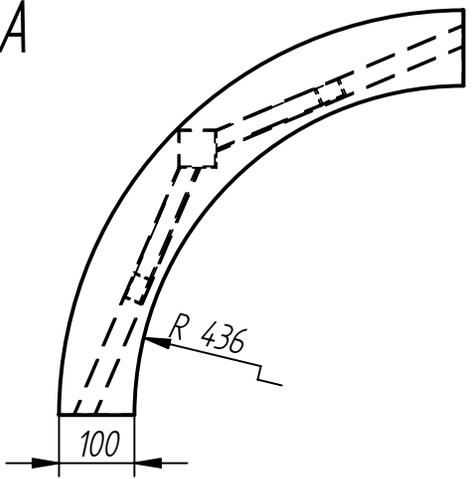
	Fecha	Nombre		Máquina Clasificadora y Limpiadora de Vegetales
Dibujado		Gómez Antonio		
		Gómez Carlos		
Comp. norm.				
Escala 1:10	MESA CENTRAL CLASIFICADORA			Material: ASTM A36
				Formato A4
				Medidas en: mm



CORTE A-A

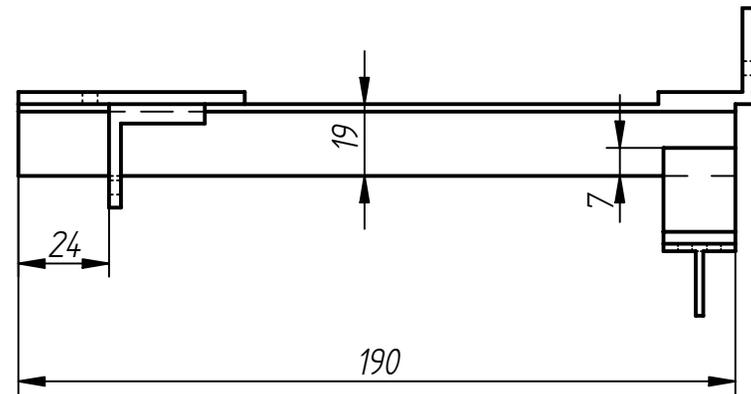
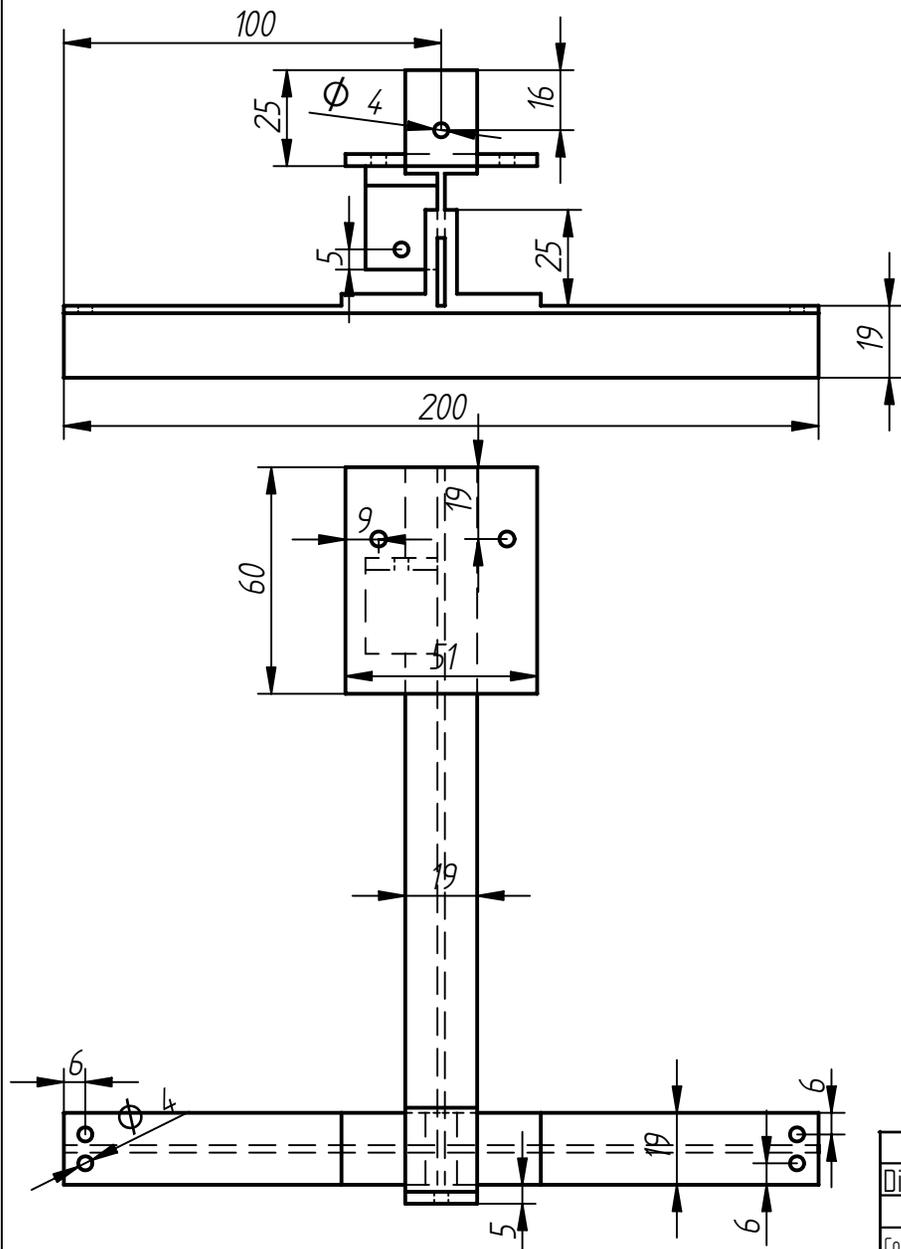


PATA 1

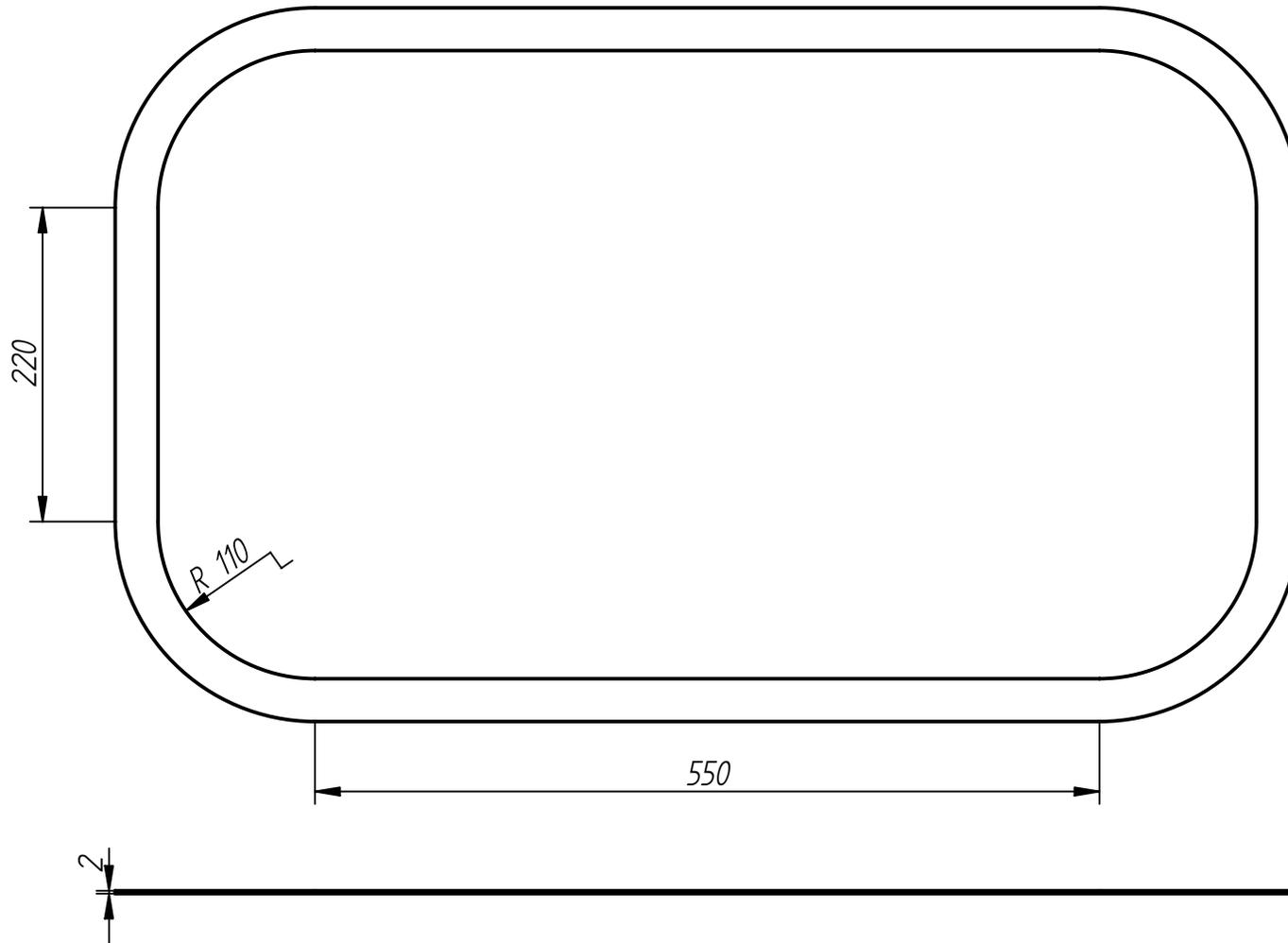


PATA 2

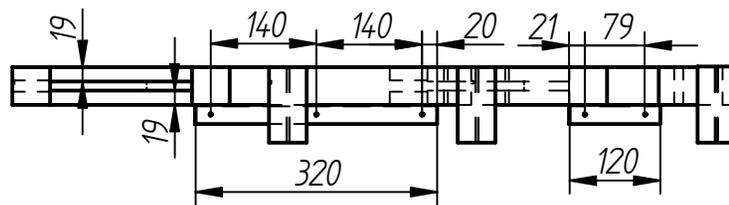
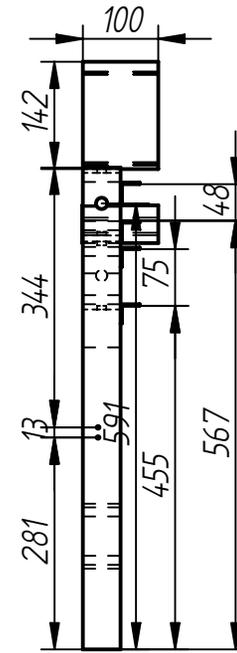
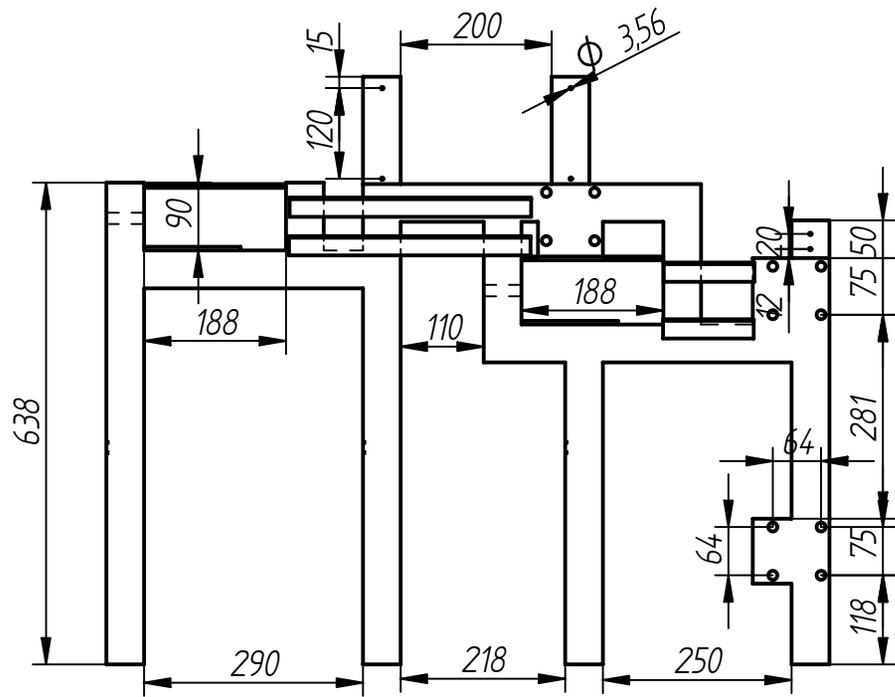
	Fecha	Nombre	
Dibujado		Gómez Antonio	Máquina Clasificadora y Limpiadora de Vegetales
		Gómez Carlos	
Comp. norm.			
Escala 1:10	PATA 1 Y 2 DE LA MESA EXTERIOR		Material: ASTM A36
			Formato A4
			Medidas en: mm



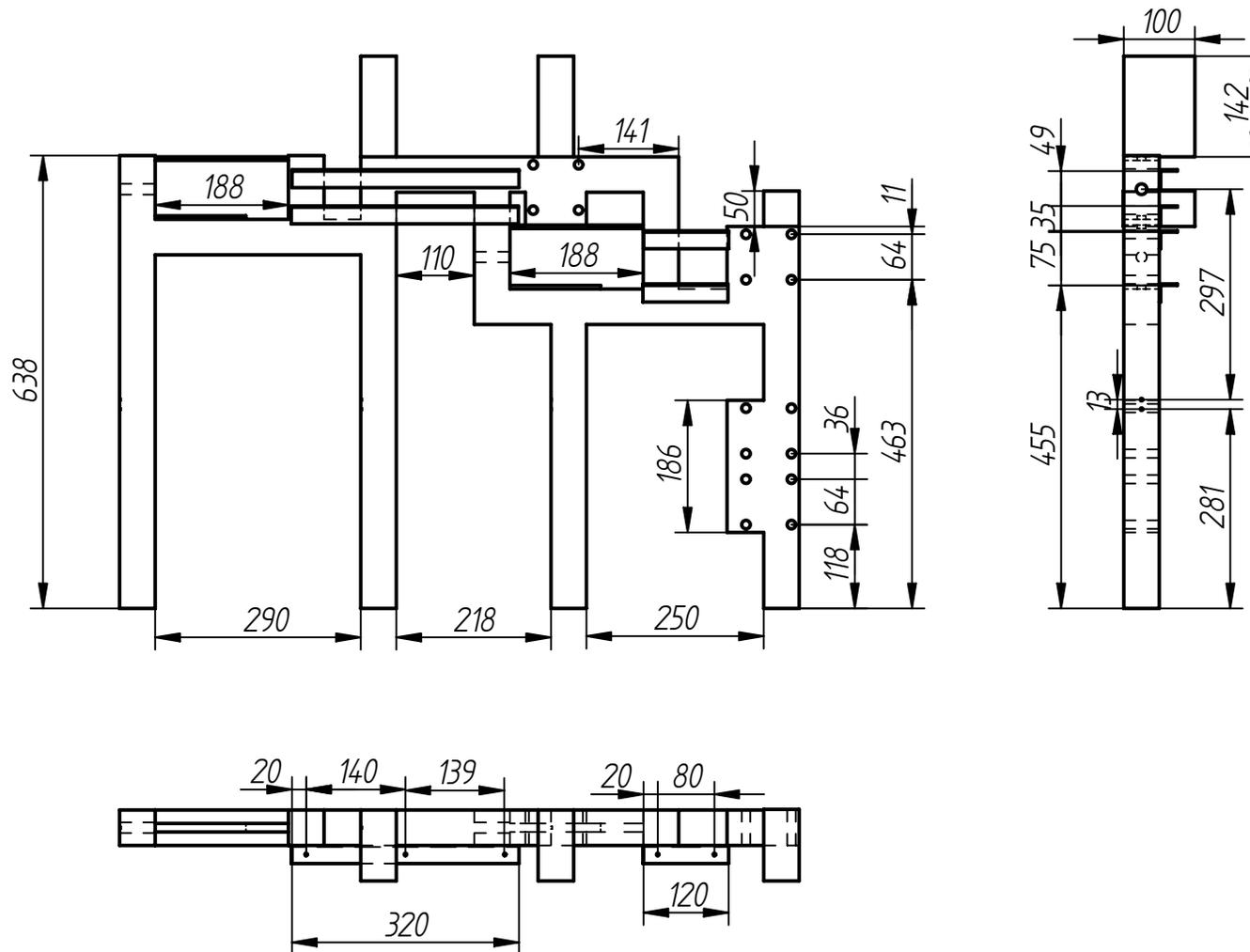
	Fecha	Nombre	Máquina Clasificadora y Limpiadora de Vegetales
Dibujado		Gómez Antonio	
		Gómez Carlos	
Comp. norm.			
Escala 1:2	PORTACANGILÓN		Material: AA 6063 T6
			Formato A4
			Medidas en: mm



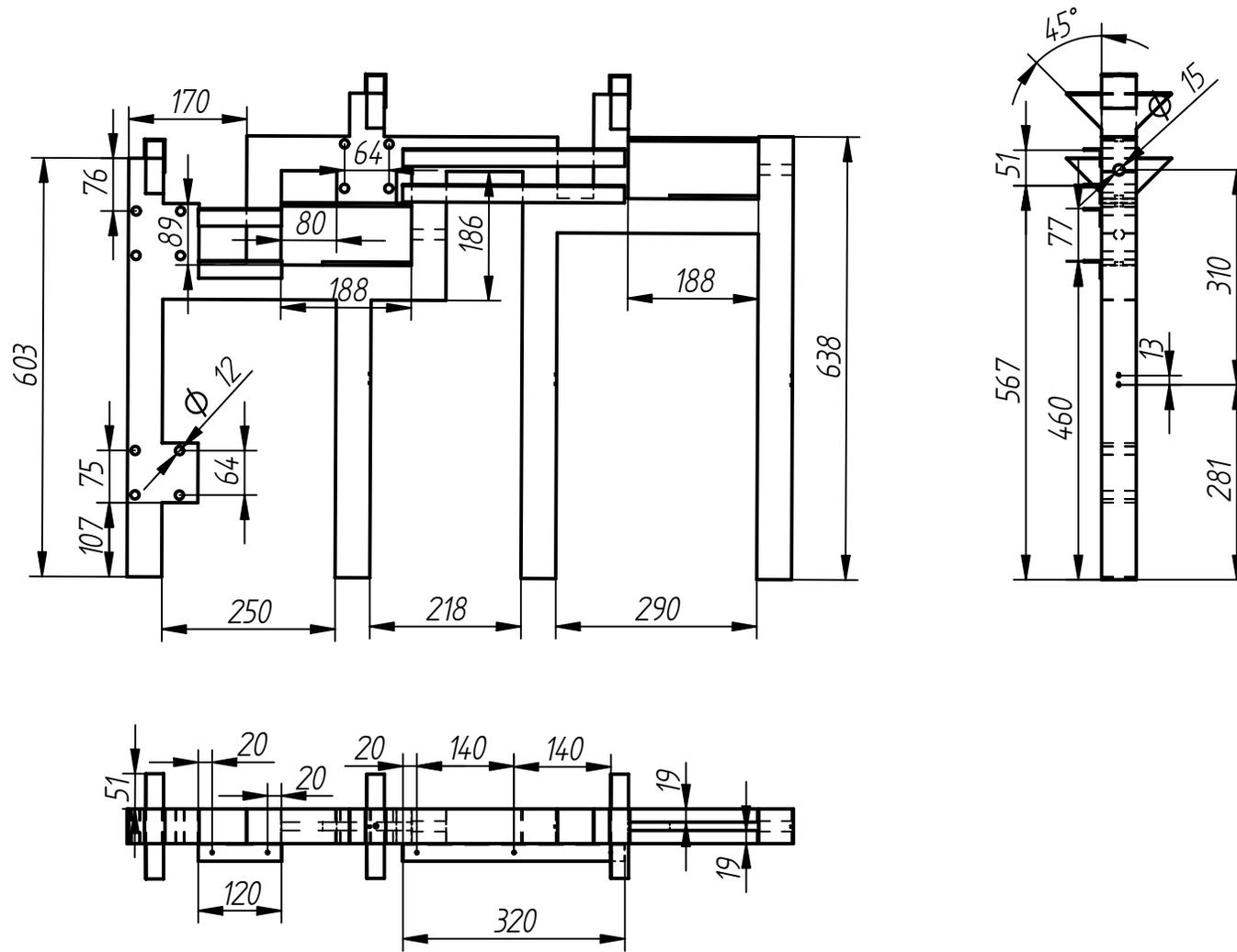
	Fecha	Nombre	Máquina Clasificadora y Limpiadora de Vegetales
Dibujado		Gómez Antonio	
		Gómez Carlos	
Comp. norm.			
Escala 1:5	RIEL SOPORTE SOLDADO		Material: ASTM A36
			Formato A4
			Medidas en: mm



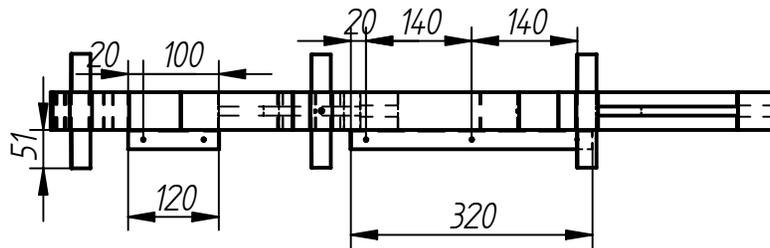
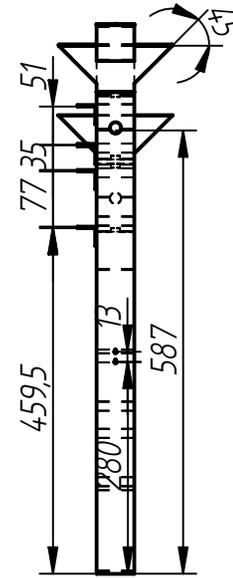
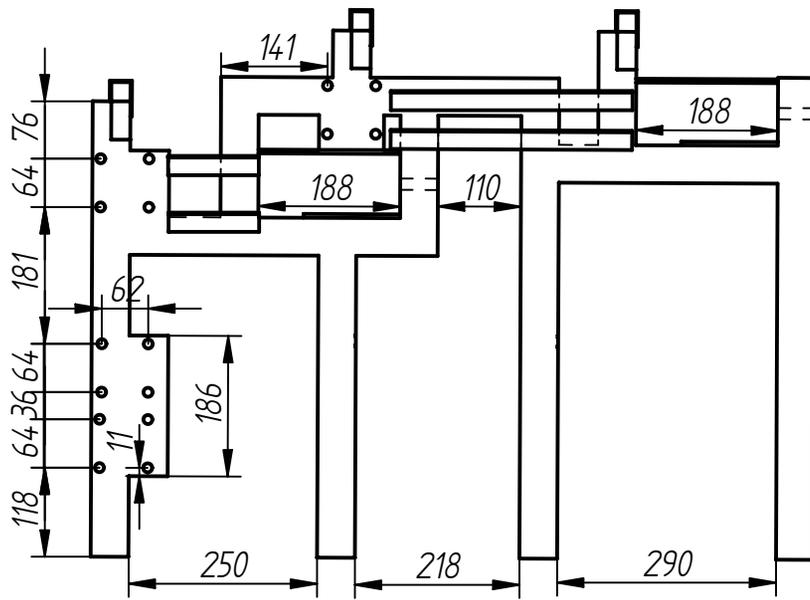
	Fecha	Nombre		Máquina Clasificadora y Limpiadora de Vegetales
Dibujado		Gómez Antonio		
		Gómez Carlos		
Comp. norm.				
Escala 1:10	SOPORTE LATERAL 1 DE LA ALIMENTADORA 1			Material: ASTM A 36
				Formato A4
				Medidas en: mm



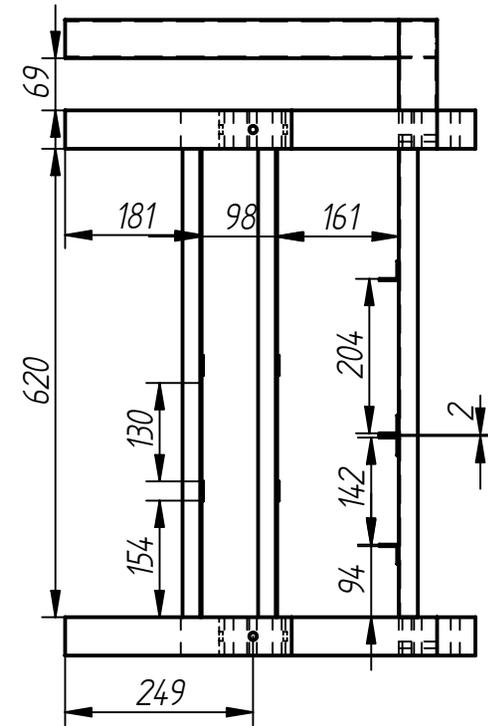
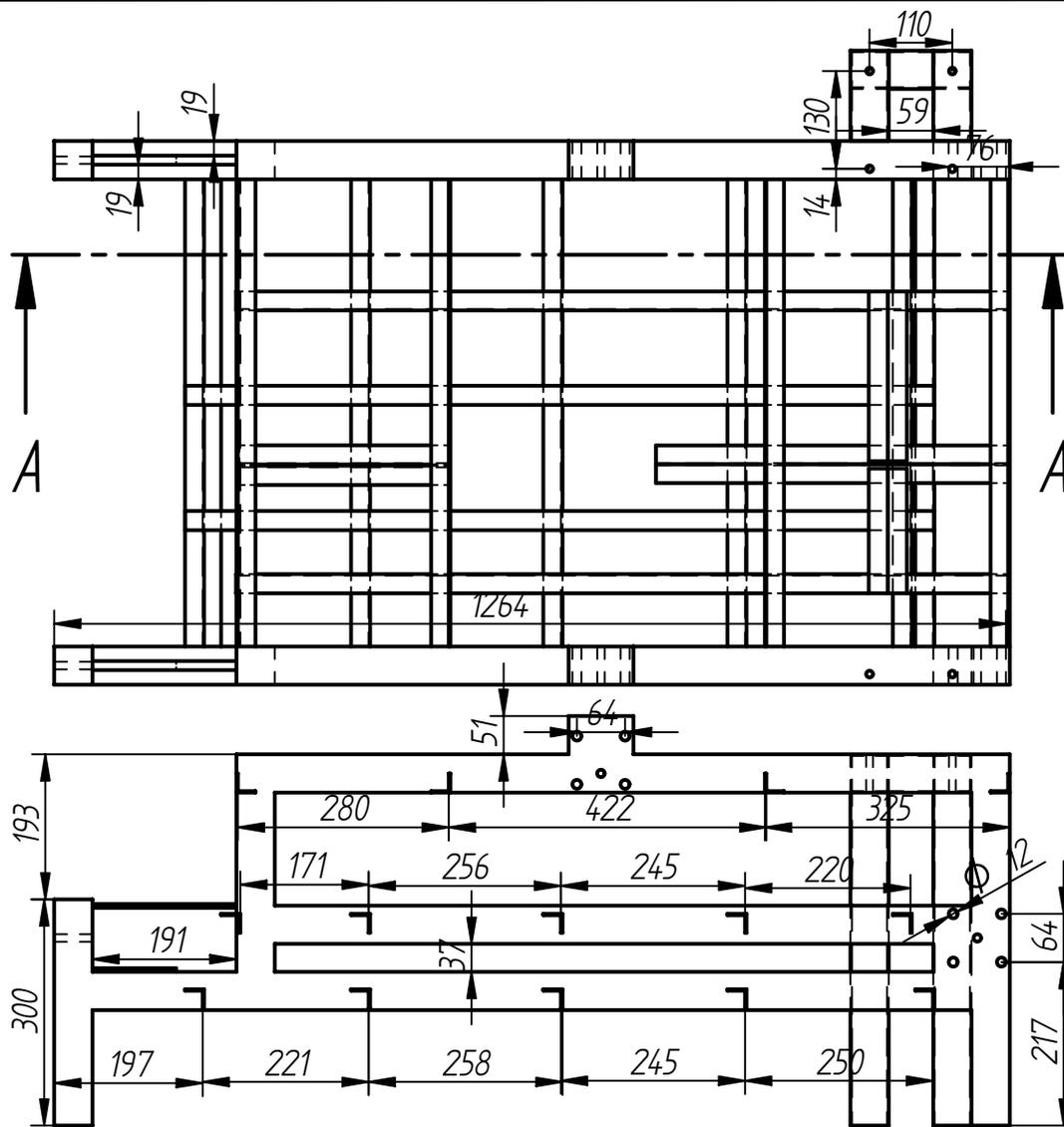
	Fecha	Nombre		Máquina Clasificadora y Limpiadora de Vegetales
Dibujado		Gómez Antonio		
		Gómez Carlos		
Comp. norm.				
Escala 1:10	SOPORTE LATERAL 1 DE LA ALIMENTADORA 2			Material: ASTM A 36
				Formato A4
				Medidas en: mm



	Fecha	Nombre		Máquina Clasificadora y Limpiadora de Vegetales
Dibujado		Gómez Antonio		
		Gómez Carlos		
Comp. norm.				
Escala 1:10	SOPORTE LATERAL 2 DE LA ALIMENTADORA 1			Material: ASTM A 36
				Formato A4
				Medidas en: mm

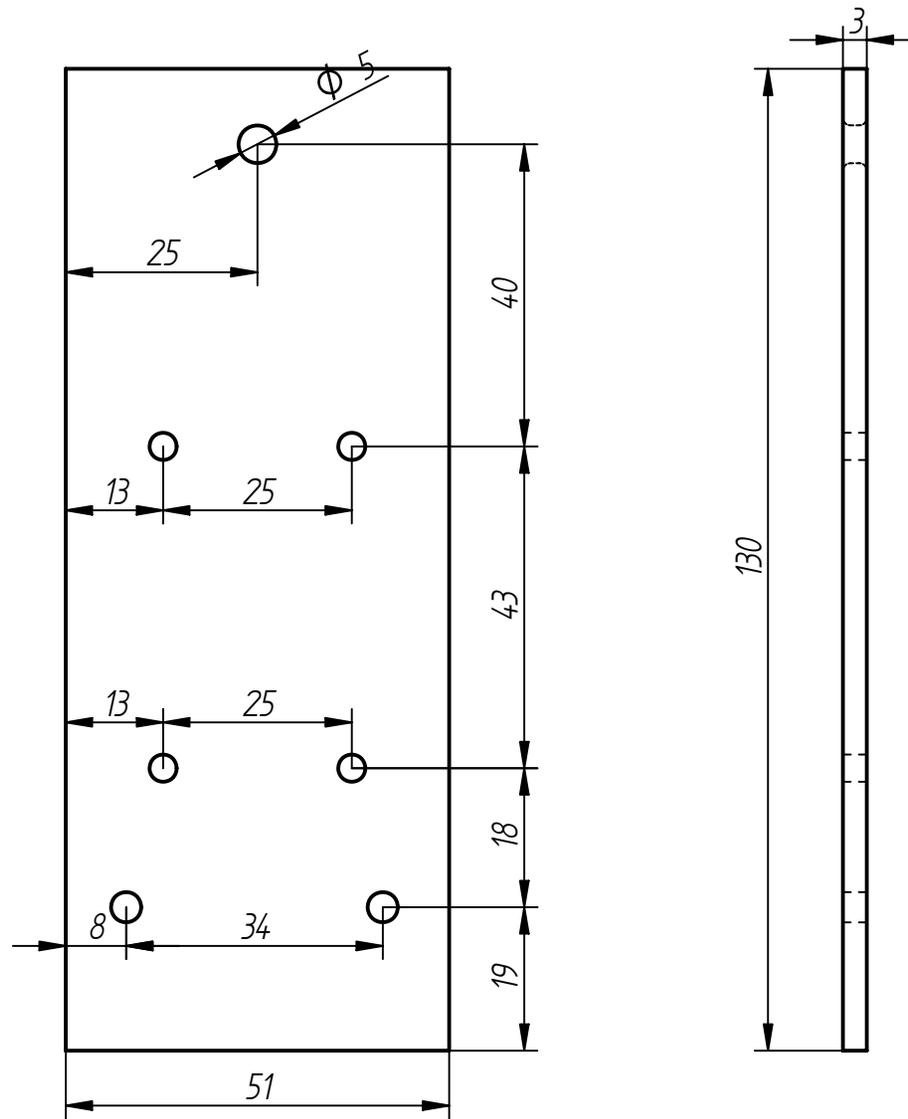


	Fecha	Nombre	Máquina Clasificadora y Limpiadora de Vegetales
Dibujado		Gómez Antonio	
		Gómez Carlos	
Comp. norm.			
Escala 1:10	SOPORTE LATERAL 2 DE LA ALIMENTADORA 2		Material: ASTM A 36
			Formato A4
			Medidas en: mm

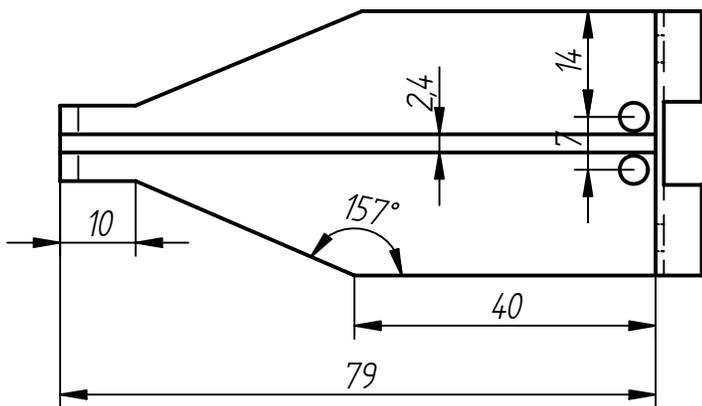
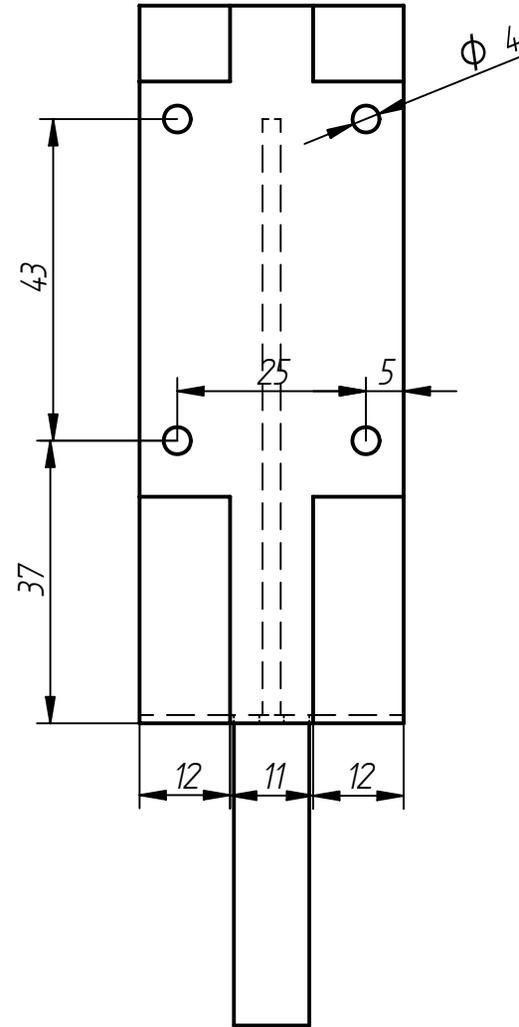
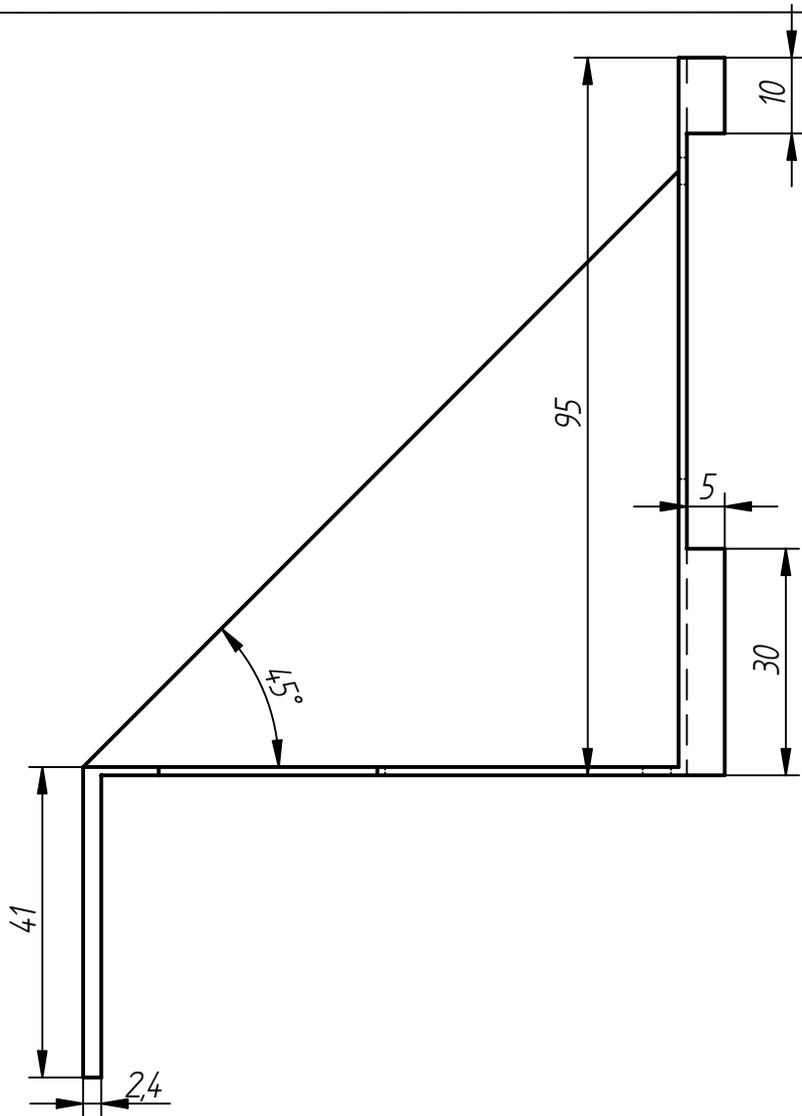


CORTE A-A

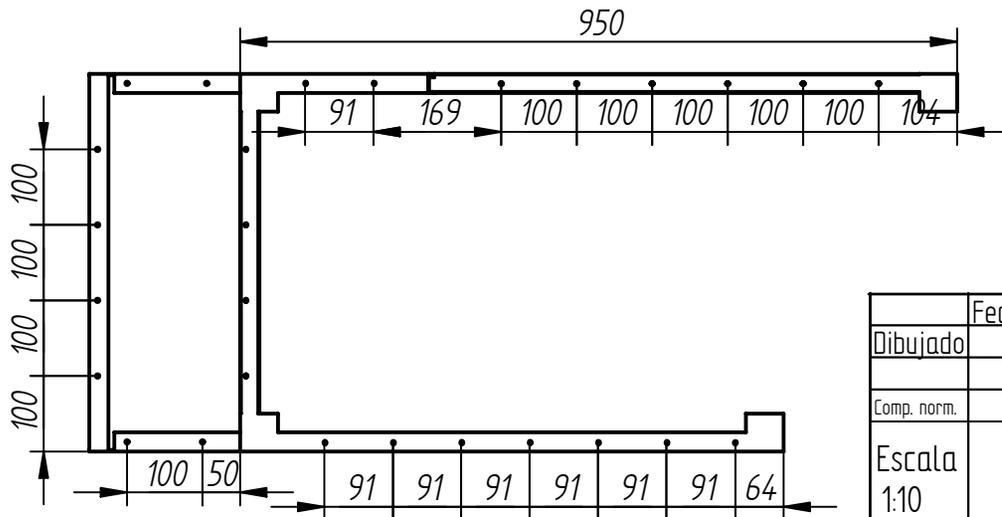
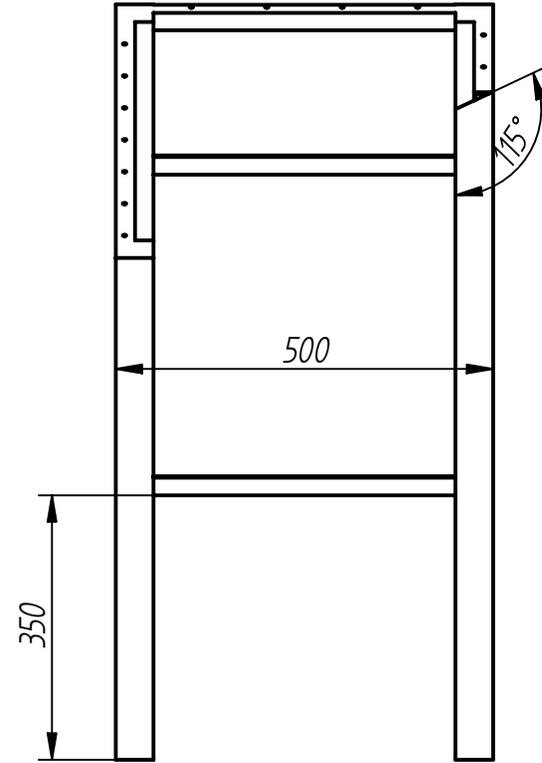
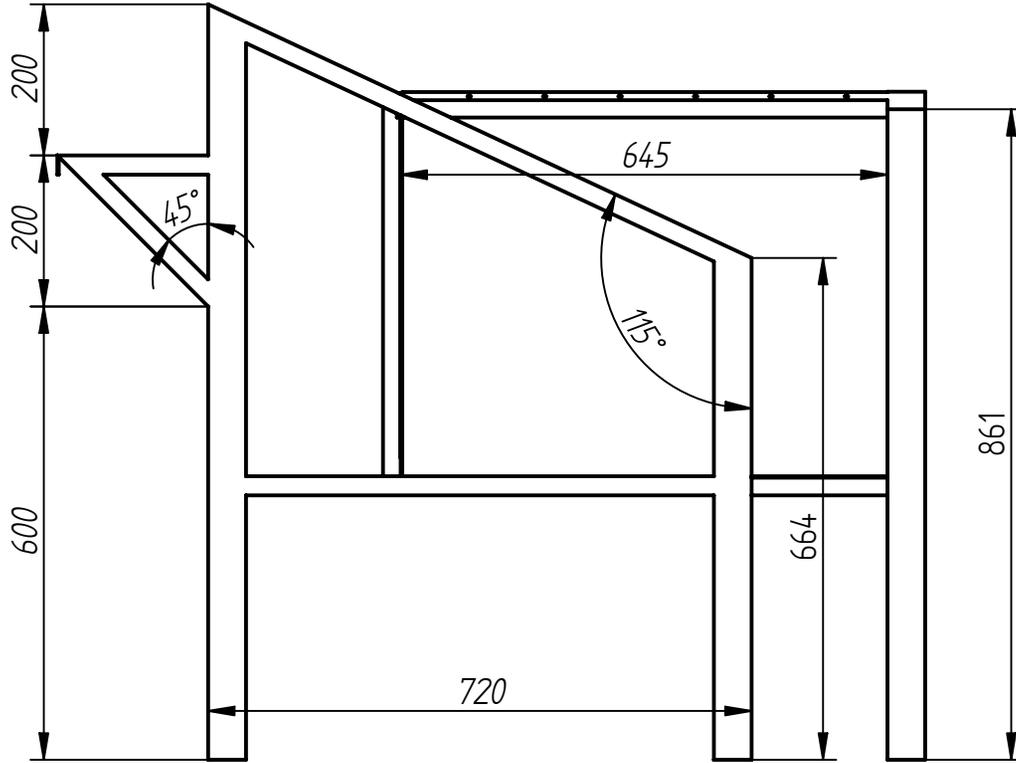
	Fecha	Nombre	Máquina Clasificadora y Limpiadora de Vegetales
Dibujado		Gómez Antonio	
		Gómez Carlos	
Comp. norm.			
Escala 1:10	SOPORTE LIMPIADORA		Material: AISI 304
			Formato A4
			Medidas en: mm



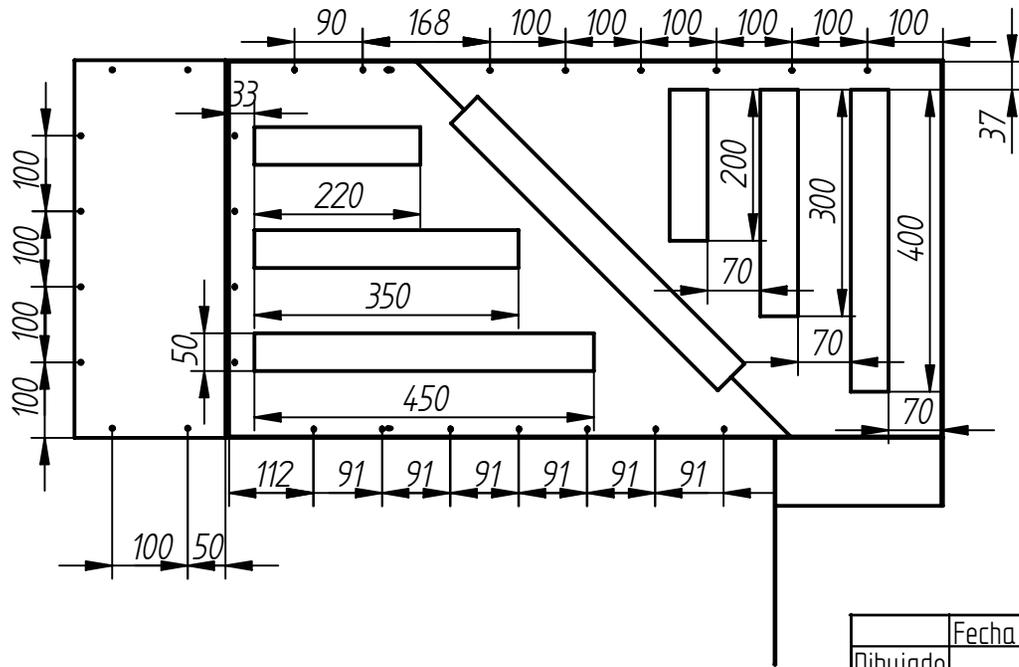
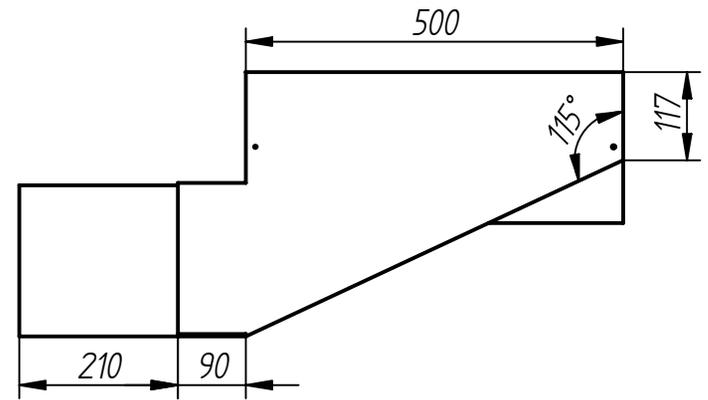
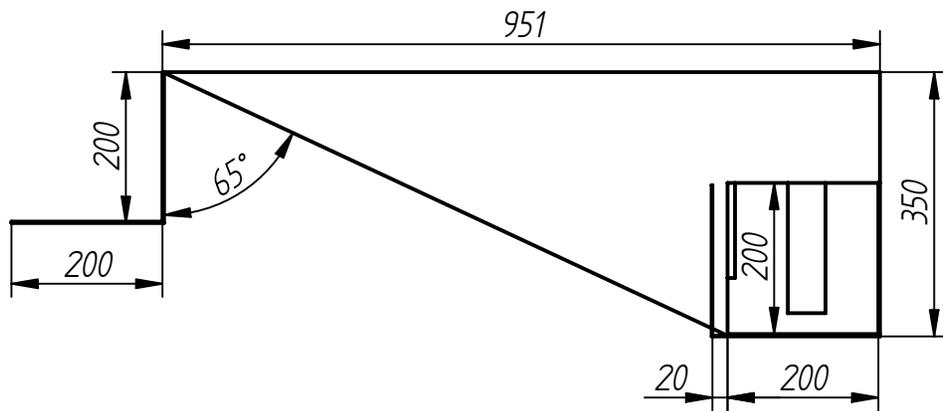
	Fecha	Nombre	
Dibujado		Gómez Antonio	Máquina Clasificadora y Limpiadora de Vegetales
		Gómez Carlos	
Comp. norm.			
Escala 1:1	SOPORTE PORTACANGILÓN		Material: AA 6063 T6
			Formato A4
			Medidas en: mm



	Fecha	Nombre	
Dibujado		Gómez Antonio	Máquina Clasificadora y Limpiadora de Vegetales
		Gómez Carlos	
Comp. norm.			
Escala 1:1	SOPORTE SOLDADO		Material: ASTM A36
			Formato A4
			Medidas en: mm



	Fecha	Nombre	
Dibujado		Gómez Antonio	
		Gómez Carlos	
Comp. norm.			Máquina Clasificadora y Limpiadora de Vegetales
Escala 1:10	SOPORTE TOLVA		Material: ASTM A-36
			Formato A4
			Medidas en: mm



	Fecha	Nombre	
Dibujado		Gómez Antonio	Máquina Clasificadora y Limpiadora de Vegetales
		Gómez Carlos	
Comp. norm.			
Escala 1:10	TOLVA		Material: AISI 304
			Formato A4
			Medidas en: mm

ANEXO II: Tablas

Tablas 7 y 8 de la Guía Good-Year

TABLA 7 FACTOR DE FRICCIÓN (C) Y FACTOR DE LONGITUD (Lo)
PARA USO EN FORMULAS DE TENSION DE TRANSPORTADORES

CLASE DE TRANSPORTADOR	FACTOR DE FRICCIÓN	FACTOR DE LONGITUD
Para transportadores con estructuras permanentes u otras bien alineadas con mantenimiento normal	.022	200
Para estructuras temporales, portátiles o deficientemente alineadas.	.03	150

TABLA 8 VALORES PROMEDIO DE B y Q PARA CORREAS DE LONAS COMUNES

ANCHO		MATERIALES CON PESO DE 0 - 800 kg/m ³ 0 - 50 lb/pie ³		MATERIALES CON PESO DE 800 - 1600 kg/m ³ 50 - 100 lb/pie ³		MATERIALES CON PESO DE MAS DE 1600 kg/m ³ MAS DE 100 lb/pie ³	
mm.	pulg.	B	Q	B	Q	B	Q
356	14	1.5	7	2.5	13	3.5	19
406	16	2	8	3	14	4	21
458	18	2.5	9	3.5	16	4.5	23
508	20	3	10	4	18	5	25
610	24	4	14	5	21	6	29
762	30	5.5	19	7	28	8	38
914	36	7	26	8.5	38	10.5	52
1066	42	9	33	11	50	13.5	66
1220	48	11.5	40	14.5	60	18	82
1372	54	14	50	17.5	71	22	97
1524	60	16.5	62	21	85	27	115
1676	66	19.5	75	24	103	31.5	135
1829	72	22	88	27.5	121	36	155

Tabla 13-4 del Mott (1992)

Tabla 13-4 Especificaciones de potencia, cadena estándar de tramo único con rodamientos, número 40, paso de 1/2"

No. de dientes en la rueda dentada pequeña	Revoluciones por minuto—rueda dentada pequeña																											
	10	25	50	100	200	300	400	500	700	900	1000	1200	1400	1600	1800	2100	2400	2700	3000	3500	4000	5000	6000	7000	8000			
9	0.04	0.10	0.19	0.35	0.65	0.93	1.21	1.48	2.00	2.51	2.75	3.25	3.73	4.12	3.45	2.74	2.24	1.88	1.60	1.27	1.04	0.75	0.57	0.45	0.37			
10	0.05	0.11	0.21	0.39	0.73	1.04	1.35	1.65	2.24	2.81	3.09	3.64	4.18	4.71	4.04	3.21	2.63	2.20	1.88	1.49	1.22	0.87	0.66	0.53	0.43			
11	0.05	0.12	0.23	0.43	0.80	1.16	1.50	1.83	2.48	3.11	3.42	4.03	4.63	5.22	4.66	3.70	3.03	2.54	2.17	1.72	1.41	1.01	0.77	0.61	0.50			
12	0.06	0.14	0.25	0.47	0.88	1.27	1.65	2.01	2.73	3.42	3.76	4.43	5.09	5.74	5.31	4.22	3.45	2.89	2.47	1.96	1.60	1.15	0.87	0.69	0.57			
13	0.06	0.15	0.28	0.52	0.96	1.39	1.80	2.20	2.97	3.73	4.10	4.83	5.55	6.26	5.99	4.76	3.89	3.26	2.79	2.21	1.81	1.29	0.98	0.78	0.64			
14	0.07	0.16	0.30	0.56	1.04	1.50	1.95	2.38	3.22	4.04	4.44	5.23	6.01	6.78	6.70	5.31	4.35	3.65	3.11	2.47	2.02	1.45	1.10	0.87	0.71			
15	0.07	0.17	0.32	0.60	1.12	1.62	2.10	2.56	3.47	4.35	4.78	5.64	6.47	7.30	7.43	5.89	4.82	4.04	3.45	2.74	2.24	1.60	1.22	0.97	0.79			
16	0.08	0.19	0.35	0.65	1.20	1.74	2.25	2.75	3.72	4.66	5.13	6.04	6.94	7.83	8.18	6.49	5.31	4.45	3.80	3.02	2.47	1.77	1.34	1.07	0.87			
17	0.08	0.20	0.37	0.69	1.29	1.85	2.40	2.93	3.97	4.98	5.48	6.45	7.41	8.36	8.96	7.11	5.82	4.88	4.17	3.31	2.71	1.94	1.47	1.17	0.96			
18	0.09	0.21	0.39	0.73	1.37	1.97	2.55	3.12	4.22	5.30	5.82	6.86	7.88	8.89	9.76	7.75	6.34	5.31	4.54	3.60	2.95	2.11	1.60	1.27	0			
19	0.09	0.22	0.42	0.78	1.45	2.09	2.71	3.31	4.48	5.62	6.17	7.27	8.36	9.42	10.5	8.40	6.88	5.76	4.92	3.91	3.20	2.29	1.74	1.38	0			
20	0.10	0.24	0.44	0.82	1.53	2.21	2.86	3.50	4.73	5.94	6.53	7.69	8.83	9.96	11.1	9.07	7.43	6.22	5.31	4.22	3.45	2.47	1.88	1.49	0			
21	0.11	0.25	0.46	0.87	1.62	2.33	3.02	3.69	4.99	6.26	6.88	8.11	9.31	10.5	11.7	9.76	7.99	6.70	5.72	4.54	3.71	2.66	2.02	1.60	0			
22	0.11	0.26	0.49	0.91	1.70	2.45	3.17	3.88	5.25	6.58	7.23	8.52	9.79	11.0	12.3	10.5	8.57	7.18	6.13	4.87	3.98	2.85	2.17	1.72	0			
23	0.12	0.27	0.51	0.96	1.78	2.57	3.33	4.07	5.51	6.90	7.59	8.94	10.3	11.6	12.9	11.2	9.16	7.68	6.55	5.20	4.26	3.05	2.32	1.84	0			
24	0.13	0.29	0.54	1.00	1.87	2.69	3.48	4.26	5.76	7.23	7.95	9.36	10.8	12.1	13.5	11.9	9.76	8.18	6.99	5.54	4.54	3.25	2.47	1.96	0			
25	0.13	0.30	0.56	1.05	1.95	2.81	3.64	4.45	6.02	7.55	8.30	9.78	11.2	12.7	14.1	12.7	10.4	8.70	7.43	5.89	4.82	3.45	2.63	0				
26	0.14	0.31	0.58	1.09	2.04	2.93	3.80	4.64	6.28	7.88	8.66	10.2	11.7	13.2	14.7	13.5	11.0	9.23	7.88	6.25	5.12	3.66	2.79	0				
28	0.15	0.34	0.63	1.18	2.20	3.18	4.11	5.03	6.81	8.54	9.39	11.1	12.7	14.3	15.9	15.0	12.3	10.3	8.80	6.99	5.72	4.09	3.11	0				
30	0.16	0.37	0.68	1.27	2.38	3.42	4.43	5.42	7.33	9.20	10.1	11.9	13.7	15.4	17.2	16.7	13.6	11.4	9.76	7.75	6.34	4.54	3.45	0				
32	0.17	0.39	0.73	1.36	2.55	3.67	4.75	5.81	7.86	9.86	10.8	12.8	14.7	16.5	18.4	18.4	15.0	12.6	10.8	8.64	6.99	5.00	0					
35	0.19	0.43	0.81	1.50	2.81	4.04	5.24	6.40	8.66	10.9	11.9	14.1	16.2	18.2	20.3	21.0	17.2	14.4	12.3	9.76	7.99	5.72	0					
40	0.22	0.50	0.93	1.74	3.24	4.67	6.05	7.39	10.0	12.5	13.8	16.3	18.7	21.1	23.4	25.7	21.0	17.6	15.0	11.9	9.76	6.99	0					
45	0.25	0.57	1.06	1.97	3.68	5.30	6.87	8.40	11.4	14.2	15.7	18.5	21.2	23.9	26.6	30.5	25.1	21.0	17.9	14.2	11.7	0						

Fuente: se reimprime de *Chains for Power Transmission and Material Handling*, p. 147, por cortesía de Marcel Dekker, Inc.

TIPO I: Lubricación manual o por goteo
 TIPO II: Lubricación por disco o baño
 TIPO III: lubricación por flujo de aceite

El límite de rpm para cada tipo de lubricación se lee a partir de la columna hacia la izquierda de la línea límite que se ilustra.

Tabla 13-7 del Mott (1992)

Tabla 13-7 Factores de servicio para impulsores de cadena

Tipo de carga	Tipo de impulsor		
	Impulsor hidráulico	Motor eléctrico o turbina	Motor de combustión integral con impulsor mecánico
Ligera (agitadores, ventiladores, transportadores que se someten a la acción uniforme de cargas ligeras)	1.0	1.0	1.2
Choque moderado (herramientas mecánicas, grúas, transportadores pesados, mezcladoras y molidoras de alimentos)	1.2	1.3	1.4
Choque pesado (prensas de punzón, molinos de martillo, transportadores recíprocos, impulsor de molino giratorio)	1.4	1.5	1.7

Tabla 10-1 del Mott (1992)

Diámetro nominal de la flecha		Tamaño nominal de la cuña		
Más de	Hasta	Espesor, W	Altura, H	
	(incluso)		Cuadrada	Rectangular
5/16	7/16	3/32	3/32	
7/16	9/16	1/8	1/8	3/32
9/16	7/8	3/16	3/16	1/8
1	1 1/4	1/4	1/4	3/16
1 1/8	1 3/8	5/16	5/16	1/4
1 3/8	1 3/4	3/8	3/8	1/4
1 3/4	2 1/4	1/2	1/2	3/8
2 1/4	2 3/4	5/8	5/8	7/16
2 3/4	3 1/4	3/4	3/4	1/2
3 1/4	3 3/4	7/8	7/8	5/8
3 3/4	4 1/2	1	1	3/4
4 1/2	5 1/2	1 1/4	1 1/4	7/8
5 1/2	6 1/2	1 1/2	1 1/2	1
6 1/2	7 1/2	1 3/4	1 3/4	1 1/2
7 1/2	9	2	2	1 1/2
9	11	2 1/2	2 1/2	1 3/4
11	13	3	3	2
13	15	3 1/2	3 1/2	2 1/2
15	18	4		3
18	22	5		3 1/2
22	26	6		4
26	30	7		5

ANEXO III: Norma COVENIN 1834-81. Definiciones Generales

NORMA COVENIN 1834-81. DEFINICIONES GENERALES.

Fruto: Es el ovario fecundado y maduro de la flor y sus partes accesorias, comestibles o no.

Fruto maduro: Es aquel fruto que ha alcanzado un grado de desarrollo que le permite madurar satisfactoriamente, al ser separado de la planta madre, si se le brindan las condiciones adecuadas.

Fruto inmaduro: Es el fruto que aún no ha alcanzado un grado de desarrollo que le permita madurar satisfactoriamente al ser separado de la planta madre y brindársele las condiciones adecuadas.

Fruto maduro para consumo: Es el fruto que ha pasado por un proceso (maduración) que le permite alcanzar las mejores características organolépticas.

Calidad de una fruta: Es el conjunto de características (externas e internas) que determinan el grado de aceptabilidad de una fruta.

Calidad externa: Es el conjunto de características físicas inherentes a cada producto (fruta) tales como: color, forma, peso, altura, diámetro, etc. las cuales se determinan a través de análisis no destructivos.

Calidad interna: Es el conjunto de características químicas y condiciones organolépticas inherentes a cada producto (fruta) tales como: contenido de azúcar, acidez, vitaminas, aminoácido, carbohidratos, olor, color, sabor, textura, etc., la mayoría de las cuales se determinan mediante análisis destructivos de laboratorio.

Requisitos de calidad: Es el conjunto de atributos que determinan la clasificación de las frutas en base a calidad.

Fruto fresco: Es el fruto cosechado no deteriorado que no ha sido sometido a ningún proceso de transformación que altere significativamente su calidad comercial.

Fruto sano: Es el fruto libre de daño causado por agentes biológicos (insectos, roedores, etc.) y/o físicos (calor, frío, etc.) y/o químicos (insecticidas, fungicidas, etc.) y/o factores de orden fisiológico (alteraciones intrínsecas del fruto).

Color típico: Es el que presenta la fruta de acuerdo a sus características varietales y grado de maduración.

Tamaño: Es la apreciación de las dimensiones de la fruta, largo y/o ancho.

Deterioro: Es cualquier cambio que reduzca el valor comercial de una fruta.

Firmeza: Es la resistencia que ofrece una fruta a la presión mecánica.

Daño mecánico: Es cualquier lesión ocasionada por agentes mecánicos, generalmente por manejo inadecuado de la fruta.

Pudrición: Es todo daño que implique cualquier grado de descomposición, desintegración o fermentación de los tejidos.

Rajaduras: Es la ruptura de los tejidos debido a factores fisiológicos o físicos.

Variedad (botánica): Es el conjunto de plantas de la misma especie que poseen características definidas, las cuales se mantienen por propagación sexual o asexual.

Variedad hortícola (cultivar): Es el conjunto de plantas que son esencialmente iguales en todos los aspectos importantes de crecimiento y calidad.

Línea: Es el conjunto de plantas de la misma especie que poseen características hortícolas, las cuales se mantienen por propagación sexual, con características seleccionadas hacia un tipo.

Acondicionamiento: Comprende la preparación y distribución conveniente de las frutas en el empaque o embalaje.

Clasificación: Es el ordenamiento de la fruta en base a características similares.

Sustancias extrañas: Es todo material diferente a la fruta que se esté considerando.

ANEXO IV: Norma COVENIN 165-83. Tomates