



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA
CLASIFICADORA DE MAÍZ PARTIDO”**

AMANGANDI AGUILAR JORGE WASHINGTON

LAMIÑA MAYGUA FABIÁN ROLANDO

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

RIOBAMBA – ECUADOR

2013

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2012-11-12

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

JORGE WASHINGTON AMANGANDI AGUILAR

Titulada:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE MAÍZ PARTIDO”

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

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Geovanny Novillo A.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Aníbal Viñan.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. José Paredes
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: JORGE WASHINGTON AMANGANDI
AGUILAR

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA
CLASIFICADORA DE MAÍZ PARTIDO”

Fecha de Examinación: 2013-06-27

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Ing. Aníbal Viñan. (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. José Paredes (ASESOR)			

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

RECOMENDACIONES: _____

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

f) Presidente del Tribunal

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2012-11-12

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

FABIÁN ROLANDO LAMIÑA MAYGUA

Titulada:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE MAÍZ PARTIDO”

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

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Geovanny Novillo A.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Aníbal Viñan.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. José Paredes
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: FABIÁN ROLANDO LAMIÑA MAYGUA

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE MAÍZ PARTIDO”

Fecha de Examinación: 2013-06-27

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Ing. Aníbal Viñan. (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. José Paredes (ASESOR)			

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

RECOMENDACIONES: _____

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

f) Presidente del Tribunal

DERECHOS DE AUTORÍA

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

f) Jorge Washington Amangandi Aguilar

f) Fabián Rolando Lamiña Maygua

DEDICATORIA

Quiero dedicar este presente trabajo de tesis a toda mi familia.

A mi madre quien con su cariño, sacrificio, humildad y con su apoyo incondicional hizo posible mis sueños y anhelos para mi vida profesional. Y sobre todo le doy gracias por sus consejos.....y sobre todas las cosas le doy, gracias a dios por tenerlo siempre conmigo y que ha sido un pilar fundamental en mi vida.

A mi padre y hermanos por su apoyo incondicional, por todas las experiencias vividas juntas y a todas las personas que de una u otra manera me apoyaron siempre.

Jorge Washington Amangandi Aguilar

Este trabajo lo dedico a Dios por darme vida, fuerza y capacidad para alcanzar mis metas.

A mi padre y madre que me han apoyado durante todo el trayecto de mi carrera y en especial a mi esposa e hijos que fueron la fuente de inspiración y perseverancia para crecer y ser una mejor persona.

A mis hermanos y a todas las personas que me apoyaron y compartieron este sueño conmigo.

Fabián Rolando Lamiña Maygua

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y ser una persona útil a la sociedad.

Y especialmente a dios quien ha estado siempre conmigo guiando por un buen camino y me dio fortaleza para seguir adelante y lograr un objetivo, a mis padres y hermanos quienes han sido mi fuente de inspiración para conseguir mis sueños y mis metas.

Jorge Washington Amangandi Aguilar

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y ser una persona útil a la sociedad

A dios el agradecimiento infinito por darme la luz del conocimiento y perseverancia para concluir el presente trabajo.

A mis padres que han sido principales gestores de la formación académica que culmina: ya que con sus consejos, enseñanza y sustento han logrado guiarnos por el duro camino de la vida.

A mí querida esposa que siempre estuvo a mi lado brindándome su apoyo incondicional durante toda mi carrera profesional para poder cumplir mis sueños.

Fabián Rolando Lamiña Maygua

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	22
1.1 Antecedentes	22
1.2 Justificación	22
1.3 Objetivos	23
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	23
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	23
2. MARCO TEÓRICO	24
2.1 Clasificación taxonómica	24
2.2 Tipos de variedades	24
2.2.1 <i>Maíces tunicados</i>	25
2.2.2 <i>Maíces duros</i>	25
2.2.3 <i>Maíces reventones</i>	25
2.2.4 <i>Maíces dentados</i>	25
2.2.5 <i>Maíces capia</i>	25
2.2.6 <i>Maíces dulces</i>	25
2.2.7 <i>Maíces cerosos</i>	26
2.3 Características del grano ecuatoriano	26
2.4 Maíz duro en el Ecuador	27
2.5 Estructura física y composición del grano de maíz	29
2.6 Consumo del maíz en el Ecuador	29
2.6.1 <i>Zonas productoras del maíz</i>	30
2.7 Conservación	31
2.8 Métodos utilizados para la clasificación del maíz partido	31
2.9 Requerimientos de la máquina	32
2.9.1 <i>Método manual</i>	32
2.9.2 <i>Método vibratorio</i>	33
2.9.3 <i>Método giratorio</i>	34
2.9.4 <i>Método por ventilación</i>	35
2.10 Selección de las alternativas	36
2.11 Descripción de la alternativa elegida	40
3. DISEÑO Y CÁLCULO DE LA MÁQUINA	41
3.1 Determinación de los parámetros	41
3.2 Diseño y cálculo de los elementos de la máquina	41
3.2.1 <i>Diseño de la bandeja de clasificación</i>	41
3.2.2 <i>Selección espesor de la plancha de acero para el cribado</i>	43
3.2.3 <i>Diseño del mecanismo principal de la cribadora</i>	44
3.2.4 <i>Evaluación de vibración de la máquina</i>	47
3.2.5 <i>Análisis cinemático</i>	50
3.2.6 <i>Análisis estático del sistema biela manivela</i>	52
3.2.7 <i>Potencia máxima en el eje 1</i>	55
3.2.8 <i>Selección del motor</i>	55
3.2.9 <i>Selección de bandas</i>	56
3.2.9.1 <i>Cálculo de la relación de transmisión</i>	56

3.2.9.2	<i>Cálculo de la potencia de diseño corregido</i>	57
3.2.9.3	<i>Selección de la correa</i>	57
3.2.9.4	<i>Cálculo y selección de las poleas</i>	58
3.3	Diseño del eje1	63
3.3.1	<i>Cálculo de fuerzas actuantes en la polea mayor</i>	63
3.3.2	<i>Cargas soportadas por el eje1</i>	64
3.3.3	<i>Diagramas de fuerzas y momento del eje1</i>	65
3.3.4	<i>Diseño del eje1 a fatiga</i>	66
3.4	Diseño del eje2	71
3.4.1	<i>Cargas soportadas por el eje2</i>	72
3.4.2	<i>Diagramas de fuerzas y momento del eje2</i>	72
3.4.3	<i>Cálculo de las deformaciones en los ejes</i>	72
3.5	Diseño de la chaveta	80
3.6	Verificación de los tamices	82
3.7	Diseño de la bancada	83
3.7.1	<i>Selección del perfil adecuado</i>	84
3.8	Selección de las chumaceras (rodamientos y soportes)	85
3.9	Selección de suspensiones elásticas (Ballestas)	94
3.10	Diseño de tolva de descarga	96
3.11	Sistema de control de la máquina	98
3.11.1	<i>Circuitos de potencia y control</i>	98
4.	TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN	99
4.1	Tecnología de la construcción de la máquina clasificadora de maíz	99
4.2	Equipos	99
4.3	Operación tecnológica	100
4.4	Cursograma de construcción	100
4.5	Construcción de la estructura portante de la máquina	104
4.6	Construcción del sistema de clasificación	105
4.7	Construcción del sistema de transmisión	106
4.8	Montaje del motor eléctrico	106
4.9	Cronograma de construcción	107
4.10	Montaje de la máquina clasificadora de maíz partido	109
5.	EXPERIMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS	110
5.1	Plan de pruebas	110
5.2	Pruebas y resultados	110
5.3	Análisis de resultados	112
6.	MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN	113
6.1	Mantenimiento de elementos	113
6.2	Plan de mantenimiento	115
6.2.1	<i>Mantenimiento preventivo de la máquina</i>	115
6.3	Manual de operación y mantenimiento	121
6.3.1	<i>Manual de operación</i>	121
6.3.2	<i>Libro de registros de parámetros de mantenimiento</i>	122
6.3.3	<i>Medidas de seguridad en la máquina clasificadora de maíz partido</i>	122
7.	ANÁLISIS ECONÓMICO	130

7.1	Costos directos	130
7.1.1	<i>Costos de materiales</i>	130
7.1.2	<i>Costos de mano de obra</i>	131
7.1.3	<i>Costos de equipos y herramientas</i>	131
7.1.4	<i>Costos por transporte de materiales</i>	132
7.1.5	<i>Costos total directo</i>	132
7.2	Costos indirectos	133
7.3	Costos totales	133
7.4	Depreciación	134
7.4.1	<i>Causas de la depreciación</i>	134
7.4.2	<i>Cálculo de la depreciación</i>	134
7.4.3	<i>Método de la línea recta</i>	135
7.4.4	<i>Determinación del costo de energía</i>	136
7.5	Análisis de beneficio de producción	138
7.5.1	<i>Cálculo del TIR (Tasa Interna de Retorno) y el VAN (Valor Actual Neto)</i>	138
7.5.2	<i>Cálculo del VAN (Valor Actual Neto)</i>	139
7.5.3	<i>Cálculo del TIR (Tasa Interna de Retorno)</i>	140
7.6	Análisis beneficio costo	141
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	142
8.1	Conclusiones	142
8.2	Recomendaciones	143

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

LINKOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1	Características físicas de los granos de las variedades de maíz 28
2	Sinopsis de la estructura del grano de maíz..... 29
3	Evaluación de las alternativas..... 37
4	Espesor de la plancha 44
5	Datos de funcionamiento de la máquina..... 46
6	Velocidad angular del eje 1 47
7	Evaluación de vibración (carta de rathbone) 49
8	Dimensiones de la mesa a cribar 54
9	Datos de placa de motor seleccionado..... 56
10	Factor C3 60
11	Factores radiales y axiales para los rodamientos rígidos de bolas 88
12	Duración L10h para diferentes clases de máquinas..... 89
13	Propiedades físicas y mecánicas del (Eucalipto) 95
14	Codificación de Herramientas –Accesorios 99
15	Codificación Máquinas -Herramientas 100
16	Operaciones tecnológicas 100
17	Nomenclaturas de operaciones tecnológicas 101
18	Materiales usados para construcción de la estructura..... 104
19	Materiales usados para construcción de la mesa seleccionadora 105
20	Materiales usados en el sistema de transmisión 106
21	Materiales usados en el montaje del motor 106
22	Cronograma de construcción 108
23	Diagnostico de falla en la parte eléctrica 113
24	Diagnostico de falla en la trasmisión 114
25	Plan de mantenimiento 115
26	Inspección del motor 116
27	Inspección eléctrica 117
28	Cambio de rodamientos 118
29	Lubricación 119
30	Cambio de bandas 120
31	Limpieza 121
32	Registro de mantenimiento y fallas en equipo 123
33	Costo de materiales 130
34	Costo de mano de obra 131
35	Costo de equipos y herramientas 132
36	Costo total directo 132
37	Costos indirectos 133
38	Costo total indirecto 133
39	Costo total de la máquina 133
40	Depreciación mensual de la máquina 136
41	Interés compuesto 140

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1	Tipos de maíz 24
2	Maíz amarillo 28
3	Aspectos agroecológicos en el Ecuador 31
4	Tamiz manual 32
5	Tamiz vibratorios..... 33
6	Tamiz giratorio 34
7	Separador por ventilación 35
8	Mecanismo de cuatro barras 38
9	Mecanismo biela-manivela 39
10	Partes de la máquina clasificadora de maíz partido 40
11	Balanza de granos 42
12	Dimensiones de la mesa 43
13	Mecanismo principal de la cribadora 44
14	Sistema biela – manivela 50
15	Desplazamiento de la criba..... 50
16	Velocidad de la criba 51
17	Aceleración de la criba 51
18	Análisis estático del sistemas biela manivela 52
19	Transmisión de bandas trapeciales 56
20	Curvas para la elección de la sección de la correa 57
21	Eje excéntrico cumple la función de la manivela 63
22	Reacciones en la polea 63
23	Cargas que soporta el eje1 64
24	Diagrama de cortante y momento flector en el plano YZ (eje1) 65
25	Diagrama de cortante y momento flector en el plano XZ (eje1) 66
26	Fluctuaciones de carga sobre el eje 66
27	Sección crítica del eje1 67
28	Factores de modificación de acabado superficial k_a , para el acero 68
29	Factores de confiabilidad k_c 69
30	Sensibilidad a las ranuras 70
31	Factor de configuración geométrica de elemento 70
32	Cargas que soporta el eje2 72
33	Diagrama de cortante y momento flector en el plano YZ (eje2) 73
34	Diagrama de cortante y momento flector en el plano XZ (eje2) 74
35	Sección crítica del eje2 74
36	Deformación en el eje 1 76
37	Deformación en el eje 2 78
38	Dimensión de la chaveta 81
39	Diagrama de momento flector y cortante de la plancha de acero..... 82
40	Bancada de la máquina 84
41	Diagrama cortante y momento flector de la bancada 85
42	Cargas que soporta el eje1 86
43	Cargas que soporta el eje2 93
44	Suspensiones elásticas (Ballestas) 95
45	Dimensión del recipiente para pesar los granos 96
46	Dimensión de la tolva 97

47	Tolva de descarga	97
48	Circuitos de potencia y control	98
49	Estructura portante de la máquina	105
50	Sistema de clasificación	105
51	Construcción del sistema de transmisión	106
52	Montaje del motor	107
53	Medidas de seguridad	126
54	Ingresos y egresos mensual	139
55	Interés-VAN	140

SIMBOLOGÍA

X_c	Desplazamiento de la criba	m
V_c	Velocidad de la criba	m/s
a_c	Aceleración de la criba	m/s ²
ω_{eje1}	Velocidad angular del eje 1	RPM
a_{cS}	Aceleración de la criba de subida	m/s ²
a_{cB}	Aceleración de la criba de bajada	m/s ²
μ_E	Coefficiente de rozamiento estático	
μ_C	Coefficiente de rozamiento dinámico	
T	Torque	N.m
N	Normal	N
W	Peso total del producto que se tiene en la criba	N
P_{max}	Potencia máxima	Hp
T_{max}	Torque máximo	N.m
P_t	Potencia de trabajo	Hp
P_m	Potencia del motor	Hp
n_2	Velocidad angular de la polea conducida	RPM
n_1	Velocidad angular de la polea motriz	RPM
C_1	Factor de servicio	
P_D	Potencia de diseño	Hp
d_p	Diámetro en mm de la polea menor – motriz	mm
D_p	Diámetro en mm de la polea mayor – conducida	mm
C	Distancia entre ejes	mm
L	Longitud de la correa	mm
L_n	Longitud normalizada	mm
C_c	Distancia entre centros	mm
α_1	Arco de contacto menor	°
P_1	Potencia transmitida por bandas	Hp
C_2	Factor de corrección que considera la longitud de la correa	
C_3	Factor de corrección que considera el arco de contacto entre la correa y las poleas	
Z	Número de bandas	
V	Velocidad de la banda	m/s

α_2	Ángulo de contacto en la polea mayor	°
β	Ángulo de contacto de la banda en la polea donde se va a calcular las tensiones	°
α	Ángulo de garganta	°
T_1	Fuerza en el lado tirante	N
T_2	Fuerza en el lado flojo	N
M	Momento resultante	N.m
S_e	Límite de resistencia a la fatiga	Kpsi
S_e'	Límite de resistencia a la fatiga medio	Kpsi
k_a	Factor de superficie	
k_b	Factor de tamaño	
k_c	Factor de confiabilidad	
k_d	Factor de temperatura	
k_g	Factor de temperatura-aparato quirúrgica	
k_e	Factor de concentración de esfuerzos	
S_{ut}	Resistencia a tensión	
σ_{eq}	Esfuerzo equivalente	N/m ²
σ_{eqa}	Esfuerzo equivalente amplitud	N/m ²
σ_{eqm}	Esfuerzo equivalente medio	N/m ²
$T_{mtorsión}$	Esfuerzo tangencial debido a la torsión	N/m ²
T_{corte}	Esfuerzo tangencial debido a corte	N/m ²
S_y	Límite de fluencia	Kpsi
L_c	Longitud de la chaveta	mm
S	Módulo de inercia	cm ³
F_r	Carga radial real	N
F_a	Carga axial real	N
X	Factor radial	
Y	Factor axial	
F_s	Factor de esfuerzos estáticos	
C_{0req}	Capacidad de carga estática requerida	N
C_{req}	Capacidad de carga dinámica requerida	N
C_{0catal}	Capacidad de carga estática catálogos	N
C_{catal}	Capacidad de carga dinámica catálogos	N

P_0	Carga estática equivalente	N
L_{10h}	Duración nominal en horas de servicio	
C	Capacidad de carga dinámica	N
\dot{m}	Flujo másico	kg/s
$V_{\text{salvamento}}$	Valor de salvamento	\$
V_{inicial}	Valor de costo inicial	\$
D_{mensual}	Depreciación mensual	\$
C_{diario}	Consumo diario	Kw-h
C_{motor}	Consumo del motor	Kw
C\$	Costo en dólares	
C_{costo}	Valor en dólares	[Kw-h]
$T_{\text{producción}}$	Producción total	
B_{mensual}	Beneficio mensual	\$
VAN	Valor actual neto	
P/A	Coefficiente del valor presente de una distribución uniforme	
P/F	Coefficiente del valor presente de una cantidad futura	
P	Costo de inversión	
I_m	Ingreso mensual	
D_m	Depreciación mensual	
E_m	Egreso mensual	
TIR	Porcentaje de la tasa interna de retorno	
VAN^+	Valor actual neto de la cantidad positiva	
I%	Porcentaje último de la variación de cantidades	
VAN^-	Valor actual neto de la cantidad negativa	
B/C	Beneficio / Costo	

LISTA DE ABREVIACIONES

INEN	Instituto ecuatoriano de normalización
AISI	American Iron and Steel Institute (instituto americano de hierro y acero)

LISTA DE ANEXOS

A	Eficiencia de las bandas
B	Eficiencia de los rodamientos
C	Característica de los motores
D	Factor C_1
E	Diámetros primitivos de las poleas
F	Longitudes primitivas de las correas
G	Determinación de potencia de transmisión una correa
H	Característica de las poleas
I	Selección de la chaveta
J	Características de las chumaceras de pared
K	Selección del perfil
L	Tasas pasivas efectivas referenciales por el Banco Central del Ecuador

RESUMEN

El Diseño y Construcción de una Máquina Clasificadora de Maíz Partido está basado en el requerimiento del sector agroindustrial dedicado a la producción avícola, que tiene como principal finalidad minimizar tiempos de clasificación de maíz partido.

El proceso investigativo previo y necesario para determinar la funcionalidad y las características de la máquina, se realizó basándonos en los principios de máquinas y herramientas similares construidas en Estados Unidos, México y en consultas permanentes a profesionales de la rama.

Como resultado de ésta investigación, la máquina está estructurada de la siguiente manera: Bancada, sistema de transmisión de potencia y un sistema eléctrico con control semiautomático del motor, mallas, tolvas, para accionar el eje se seleccionó una transmisión por banda conectada a un motor bifásico de 220V y 2HP.

Se tomó en cuenta la necesidad de seleccionar maíz partido de buena calidad basándose en ensayos de granulometría obteniendo como resultado el diámetro de 6 milímetros y 3 milímetros respectivamente, mediante el cual se logró satisfacer las necesidades del consumidor final, por lo que se seleccionaron y diseñaron los diferentes mecanismos de acuerdo a esta necesidad, logrando que en la misma máquina se pueda clasificar 1500 [kg/h] de maíz partido.

Esta máquina permite alcanzar un gran beneficio para la industria avícola.

ABSTRACT

The Design and Construction of a Shredded Corn Grading Machine is based on agro-industrial requirements of the sector which is engaged in poultry production. The main purpose of this investigation is to minimize time for grading shredded corn.

A previous investigating process was necessary for determining machine functionality and characteristics which were carried out by means of basing knowledge on machine and tool manufacturing principles similar to those of the United States and Mexico; the investigation was also processed by establishing permanent consultations to specialized professionals.

As a result, this machine consists of the following component parts: a bedplate, a power transmission system, an electric system supported by a semi-automatic control motor, a set of meshes and hoppers; for activating the axis, a transmission set was chosen for coupling a band to a 220V and 2HP biphasic motor.

The need for choosing good quality shredded corn was based on grain size tests; as a result of this, two grain size measurements were obtained, a 6 millimeter diameter one and another of 3 millimeter diameter which satisfied the final consumers' needs. For that reason, various mechanisms were chosen and designed to construct a machine with such characteristics as to classify 1500 [kg/h] of shredded corn.

As a way of conclusion, the machine enables the poultry industry reach great benefits.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En la provincia de Chimborazo cantón Riobamba sector San Francisco de Piscín se encuentra establecida la planta de producción de balanceado EXIBAL, la misma que cuenta con maquinaria para la producción de alimentos para animales de granja y domésticos.

Además de esta actividad se va a implementar el proceso de clasificación de maíz partido para esto se requiere maquinaria que ayude a la selección de dicho producto.

En el desarrollo del presente trabajo se darán a conocer todos los datos técnicos y elementos necesarios, relacionados con los equipos que intervienen en el proceso de clasificación.

El avance de la ciencia, evolución tecnológica y exigencias del mercado ha obligado a la industria de balanceados a buscar nuevas formas de mejorar la producción, que sean más competitivas en el mercado.

1.2 Justificación

En la planta de balanceados EXIBAL se desarrolla el proceso de clasificado de maíz partido manualmente esto representa un número considerable de personal para realizar esta actividad y a su vez en mayor tiempo.

Debido a la necesidad de minimizar el tiempo de clasificación, se plantea diseñar y construir una máquina clasificadora de maíz partido, para así ahorrar recursos económicos y a la vez obtener un producto de mejor calidad.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Diseñar y construir una máquina clasificadora de maíz partido.

1.3.2 Objetivos específicos

Revisar el marco teórico.

Determinar las condiciones y los parámetros de diseño de la máquina, para un rendimiento de 1500 [kg/h].

Realizar el diseño y la selección de los elementos de la máquina.

Construir la máquina clasificadora de maíz partido.

Ejecutar las pruebas necesarias para garantizar el normal funcionamiento de la máquina.

Elaborar el manual de funcionamiento y mantenimiento de la máquina.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Clasificación taxonómica

Nombre común o vulgar: “Maíz dulce, choclo, elote

Nombre científico o latino: *Zea mays* var. *saccharata*

Familia: Poáceas (Gramíneas).

2.2 Tipos de variedades

Las variedades de maíz desde el punto de vista de descendencia lineal de un ancestro común, describiendo seis variedades, ellas son: la variedad palomero toluqueño del cual derivarían todas las variedades de maíz reventón, variedad complejo chapalotenaltel de la cual derivan los maíces blancos duros, variedad pira de la cual derivan todos los maíces duros tropicales de endosperma de color amarillo, variedad confite.

Morocho de donde derivan los maíces de ocho hileras, variedad chulpi de donde derivan todos los maíces dulces y amiláceos y la variedad kculli de donde derivan todos los maíces con coloración de aleurona y pericarpio. El maíz tiene una gran variabilidad en el color del grano, la textura, la composición y la apariencia. Puede ser clasificado en distintos tipos según: a) la constitución del endosperma y del grano; b) el color del grano; c) el ambiente en que es cultivado; d) la madurez, y e) su uso.

Kendall y rhinehart, 1951 describe los grupos más importantes de maíces: tunicados, duros, reventones, dentados, capia, dulces y cerosos. [1]

Figura 1. Tipos de maíz



Fuente: www.sica.sagarra.gov

2.2.1 *Maíces tunicados.* Cada grano está envuelto en una especie de vaina, formada por las glumas y glumelas la espiga está rodeada por las brácteas. El tipo común de maíz tunicado es heterocigota, pues por lo general la homocigota es muy autoestéril. El raquis de la espiga es más frágil que el del maíz normal y se ha observado que ocurre lo mismo con el raquis de la panoja. En la forma genéticamente pura, no segregante, esa fragilidad constituiría un agente favorable a la disseminación de la semilla.

2.2.2 *Maíces duros.* Los maíces duros o lisos comprenden las variedades de endosperma amiláceo, en el cual el almidón harinoso está rodeado exteriormente por almidón córneo. Las proporciones relativas de almidón córneo y harinoso difieren mucho en las distintas variedades. Se ha supuesto que el pico característico de los maíces pisingallo se ha originado a consecuencia de cruzamientos con *euchlaena* y posteriores retro cruza sobre las formas tropicales han dado como resultado la formación de nuevos tipos de maíces duros, con espigas de hileras rectas. [2]

2.2.3 *Maíces reventones.* En éstos, el endosperma presenta una reducida proporción del almidón harinoso, pues la mayor parte de las células amilíferas sólo contienen almidón córneo. Generalmente solo se encuentra algo de almidón harinoso alrededor del embrión. El reducido tamaño de los granos y de los marlos constituye una característica de este grupo. [3]

2.2.4 *Maíces dentados.* El almidón córneo se halla localizado en las caras laterales del grano y el harinoso se extiende hasta la cara opuesta al ápice del grano. Este tipo de almidón se seca más rápidamente que el córneo, lo que produce la hendidura característica del grano.

2.2.5 *Maíces capia.* El almidón córneo falta casi completamente, caracterizándose el grupo por la gran cantidad de almidón harinoso presente en el albumen. Muchos países capia o blandos producen pequeñas cantidades de almidón córneo, cuya posición en el grano puede determinar la presencia de una indentación.

2.2.6 *Maíces dulces.* Este grupo se caracteriza por la apariencia vítrea y translúcida del grano y por su condición de arrugado cuando está seco. Los pocos granos de almidón que se producen son pequeños y angulosos.

2.2.7 Maíces cerosos. Este grupo se caracteriza por su endosperma de naturaleza cerosa, resultante de un hidrato de carbono distinto al de las variedades de almidón amiláceo. Se ha originado en la China, aunque se han obtenido variedades de almidón cerosos en mutaciones producidas en cultivos experimentales.

2.3 Características del grano ecuatoriano

Las variedades tradicionales de maíces ecuatorianos constituyen un rico patrimonio de tradiciones agrícolas y alimenticias. En el Ecuador el maíz se cultiva en todo el país excluyendo los páramos y sub-páramos (encima de los 3,000 [m] de altitud), con siembras concentradas en las provincias de Loja, Azuay y Pichincha, y en menor medida en aquellas de Bolívar, Chimborazo, Tungurahua e Imbabura (región de sierra). Este cultivo es presente en las provincias costaneras de Manabí, seguida por Esmeraldas y Guayas en la costa y en la provincia de Pastaza en la selva. El maíz habría cruzado el istmo de Panamá hace 5,000 años a.C., entrando al territorio Colombiano, para luego alcanzar la costa Ecuatoriana. Desde luego la domesticación y afinamiento / evolución de las variedades tradicionales de maíces ecuatorianos se han desarrollado como sigue:
Acondicionamiento en las altitudes bajas y medias de los andes orientales.

- Formación de variedades primitivas y extensión de los límites de acondicionamiento.
- Introgresión hibridativa de *tripsacum*.
- Introducciones limitadas de maíces de otras regiones.
- Hibridación interracial y formación de razas híbridas para la sierra.
- Selección cualitativa basadas en la composición del endospermo, el tamaño de los granos, su sabor y, por último, la posibilidad de utilizarlos para la fermentación (chicha y chicha morada), así como la productividad y la facilidad de desgrane.

El grano de maíz utilizado en la dieta ecuatoriana deriva de cultivos de variedades que pertenecen a los siguientes grupos varietales:

- *Zea maysseverta* canguiles (popcorn)
- *Zea maysamylosaccharata* maíz dulce, chullpi
- *Zea mays indurada* maíz morocho
- *Zea maysamylacea* maíz suave

Los alimentos tradicionales más destacados tienen relaciones estrictas con los diferentes tipos de grano de maíz y su manera tradicional de procesamiento de los granos. La preferencia para el grano cocido o tostado o el budín de grano no completamente maduro se refleja en la preferencia por los tipos harinosos:

- El chulpi maíz dulce del grupo *amylosaccharata*
- El maíz tierno maíz tierno en fase de maduración láctea
- El maíz cao maíz en fase cerosa
- El choclo budín de maíz fresco, aplastado y empastado
- El tamal rollitos de maíz y carne
- El mote maíz hervido como legumbre
- El tostado maíz tostado con o sin grasa
- El canguil palomitas de maíz o popcorn diferentemente confeccionado
- El pan de harina de maíz empastada y horneada
- Las tortillas masa de maíz empastada y cocida sobre chapa caliente
- La chicha bebida fermentada de maíz molido

La primera descripción de las variedades ecuatorianas remonta al cronista colonial padre Juan de Velasco:

- Maíz o sara blanco y amarillo
- Canguil popcorn
- Carapali mediano, blanco con puntos rojizos
- Chulpi maíz dulce
- Negro grueso negro, grande y algo duro
- Negro mediano negro tierno
- Tumba que grueso, chato, de color pardo y tierno
- Morocho pequeño, mediano, amarillo, duro

2.4 Maíz duro en el Ecuador

El maíz duro amarillo en el Ecuador, satisface principalmente la industria procesadora de alimentos balanceados para la alimentación animal (cerdos, aves, ganado y

camarones). Se estima que esta industria absorbe casi la totalidad de la producción comercializada; una pequeña cantidad sirve para el autoconsumo. [4]

Figura 2. Maíz amarillo



Fuente: www.sica.sagarra.gov.mx

En efecto, la producción de maíz duro está destinada en su mayoría 70% a la industria de alimentos de uso animal; el segundo destino lo representan las exportaciones 22% y el 8% comparten el consumo humano y la producción de semillas.

Tabla 1. Características físicas de los granos de las variedades de maíz dulce blanco y morocho pequeño amarillo durante el proceso de maduración

DAB*	Variedades					
	Maíz dulce			Morocho amarillo		
	Largo	Ancho	Dureza	Largo	Ancho	Dureza
	mm	Mm	kg	mm	mm	kg
16	7.30b	8.18c	1.56e	7.14b	8.10c	1.75e
19	7.46b	8.33C	2.40d	7.46b	8.18c	2.65d
22	7a78b	8.41C	2.75C	7.70b	8.33c	2.80c
25	8c73a	9.92b	3.06b	8.89a	10.16b	3.70b
28	8s97a	10.64 ^a	4.00a	9.13a	10.72a	5.15a

Fuente: Inglet (1970), citado por Gómez (1993)

A medida que progresa el grado de madurez, se necesita mayor fuerza para romper los granos, es decir, la dureza aumenta con el proceso de maduración.

2.5 Estructura física y composición del grano de maíz

El grano de maíz se clasifica botánicamente como un cariósipide, seco indehiscente, con semillas individuales en el fruto. En esta clase de fruto, el ovario maduro no se separa fácilmente de la semilla, que es una característica de todos los granos de los cereales. El grano de maíz se adhiere en la mazorca a través del pedicelo. Además durante el desarrollo del grano, los elementos se conducen por el pedicelo transportando los productos de la fotosíntesis. Una vez que el grano ha madurado el pedicelo sirve de sellador.

La semilla de maíz está formada por el pericarpio, el endospermo. El germen y el pedicelo como se puede observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Sinopsis de la estructura del grano de maíz

Grano de maíz			
Pericarpio	Semilla		
Epidermis	Endospermo	Germen	
Mesocarpio			
Células cruzadas	Capa aleurona	Escutelo	Eje embrionario
Tubo celular	Endospermo duro	Epitelium	Plúmula
Cubierta de la semilla	Endospermo suave	Almacén de aceite Tejidos vasculares	Mesocotilo Raíz primaria

Fuente: Inglet (1970), citado por Gómez (1993)

2.6 Consumo del maíz en el Ecuador

En el Ecuador el hombre crece junto a esta planta, haciendo su historia socio-económico a base de maíz. El maíz constituye un todo en la alimentación del hombre ecuatoriano así como en sus diferentes actividades.

El maíz tanto para el pequeño como el gran agricultor, es parte fundamental de la vida económica de su finca y diversas actividades pecuarias que la desarrolla dentro de la

misma como son; la crianza de aves, cerdos, vacas lecheras y engorde de ganado. Esta última actividad va ganando poco a poco terreno, aunque no se ha garantizado. En general, el agricultor que siembra destina pequeñas áreas de tierra para suplir sus necesidades inmediatas y el sobrante comercializarlo. [5]

En la parte que se relaciona a las industrias nos damos cuenta que ellos movilizan gran cantidad de dinero para la compra del grano de maíz con el que fabrican alimento balanceado, cuyas fábricas se encuentran tanto en la sierra como en la costa. La producción de alimento balanceado es destinada en un 80% para la industria avícola, el 15% para el camarón, mientras que el restante 5% se destina para ganadería bovina, ovina y otros animales.

El maíz se trata de un alimento muy energético y nutritivo, rico en vitamina A. Se le atribuye propiedades analgésicas, antihemorrágicas, hipercolesterolemiantes, diuréticas, hipoglucemiantes y sedantes.

- Su alto contenido en hidratos de carbono de fácil digestión, lo convierten en un alimento ideal para los niños y los deportistas.
- Su aporte en fibra, favorece la digestión y reduce el colesterol, Nos ofrece el antioxidante betacaroteno, muy recomendado en la prevención del cáncer.

También nos ofrece vitaminas del grupo B, específicamente B1, B3 y B9, las cuales actúan ante el sistema nervioso.

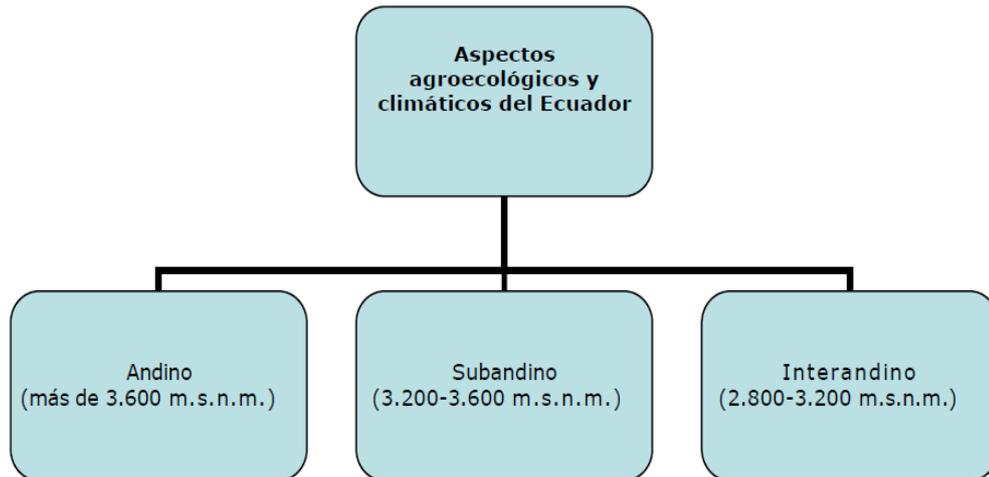
2.6.1 Zonas productoras del maíz. La producción de maíz en Ecuador se distribuye en tres zonas geográficas: norte, centro y sur. Las diferencias agroecológicas están determinadas no por la latitud, sino por las relaciones entre clima, fisiografía y altura.

La región costa posee 4 millones de hectáreas destinadas a los cultivos. De esta superficie, el 21,38% se utiliza para cultivos de ciclo corto. Las zonas poco aptas para la producción agrícola son la península de Santa Elena y otros sitios fronterizos con Perú, que son regiones secas con condiciones climáticas desfavorables.

En la sierra la producción agrícola varía con la altitud. Entre los 2400 y los 3000 m. s. n. m. se cultivan maíz.

En la amazonia los terrenos son poco fértiles y para su explotación es necesaria la rotación permanente de cultivos. El 17,66% es ocupado por cultivos de ciclo corto.

Figura 3. Aspectos agroecológicos en el Ecuador



Fuente: Inglet (1970), citado por Gómez (1993)

2.7 Conservación

Para la conservación del grano del maíz se requiere un contenido en humedad del 35 al 45%.

Para grano de maíz destinado al ganado éste debe tener un cierto contenido en humedad y se conserva en contenedores, previamente enfriando y secando el grano.

Para maíz dulce las condiciones de conservación son de 0°C y una humedad relativa de 85 al 90%. Para las mazorcas en fresco se eliminan las hojas que las envuelven y se envasan en bandejas recubiertas por una fina película de plástico.

El maíz para grano se conserva de la siguiente forma: debe pasar por un proceso de secado mediante un secador de circulación continua o secadores de caja. Estos secadores calientan, secan y enfrían el grano de forma uniforme.

2.8 Métodos utilizados para la clasificación del maíz partido

La clasificación debe ser realizada con la mayor eficiencia para dar buena apariencia a los lotes de maíz partido se va a seleccionar de acuerdo a su tamaño y se utilizan las siguientes alternativas. En la selección se toma en cuenta los siguientes factores.

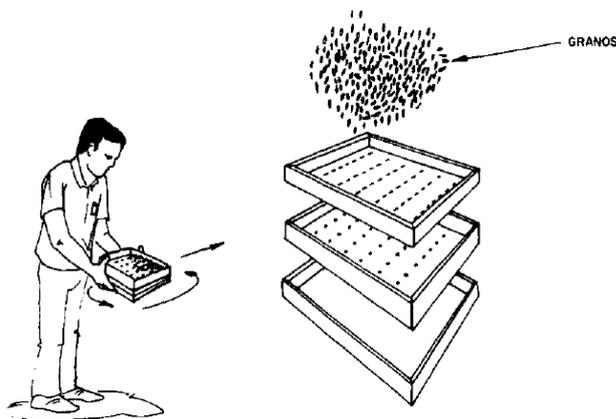
2.9 Requerimientos de la máquina

- Bajo costo
- Facilidad para ser transportada
- Mantenimiento de bajo costo
- Fácil mantenimiento.
- Accesibilidad para montaje y desmontaje
- Bajo peso
- Permita clasificar 1500 [kg/h].
- De fácil operación

2.9.1 Método manual. Este método es el más utilizado por los pequeños agricultores.

Las zarandas manuales son muy utilizadas porque permiten la limpieza de pequeñas cantidades de productos de manera muy eficiente y pueden ser construidas fácilmente por los propios agricultores. La capacidad de limpieza con las zarandas manuales es del orden de 120 a 180 [kg] por hora de trabajo. Tiene la desventaja de ser una operación de bajo rendimiento y de exigir gran esfuerzo físico y habilidad del operador. Por esta razón, la técnica es penosa y perjudicial para la salud, pues el trabajador permanece en constante contacto con la polución causada por el polvo. [6]

Figura 4. Tamiz manual



Fuente: zaranda-semilla-fina-manual-campo-estancia-chacra-mire (FAO)

Ventajas:

- Fácil de construir
- No son costosos

- Fácil para adquirir en el mercado
- Fácil para su uso
- Se puede utilizar en cualquier lugar de trabajo

Desventajas:

- No se puede clasificar en mayor cantidad
- Bajo rendimiento
- La clasificación no es rápida
- Desgaste físico

2.9.2 Método vibratorio. Se utilizan para grandes capacidades. El movimiento vibratorio se le comunica al tamiz por medio de levas, con una excéntrica y un volante desequilibrado, o mediante un electroimán. El tamiz puede poseer una sola superficie tamizante o llevar dos o tres tamices en serie.

Figura 5. Tamiz vibratorios



Fuente: www.directindustry.es

Ventajas:

- Se usan para grandes capacidades
- Alto rendimiento
- Exactitud en la selección en el tamaño
- Bajo costo en el mantenimiento
- Ahorro en la instalación y peso.

- Se instala con una inclinación que llega hasta los 45°.
- No existe desperdicio de grano

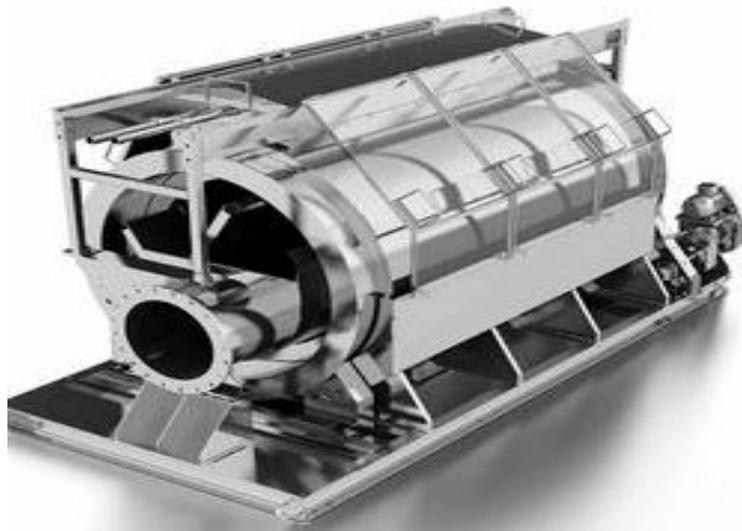
Desventajas:

- No separa por densidad ni por color
- Tamiz no gira sobre un eje
- No se puede usar en lugares donde no existan energía eléctrica.

2.9.3 Método giratorio. Está formado por un tamiz de forma cilíndrica o tronco – cónica, que gira sobre su eje.

Pueden disponerse varios tambores en serie, de modo que el tamizado del primero pase luego al segundo y de éste al tercero, etc. Generalmente la mejor velocidad de trabajo es de 0,33 a 0,45 veces la crítica.

Figura 6. Tamiz giratorio



Fuente: www.gedar.com

Ventajas:

- Grano limpio a bajo costo
- Mínimo mantenimiento
- Fácil operación
- Trabaja en forma continua
- La clasificación realiza en forma rápida

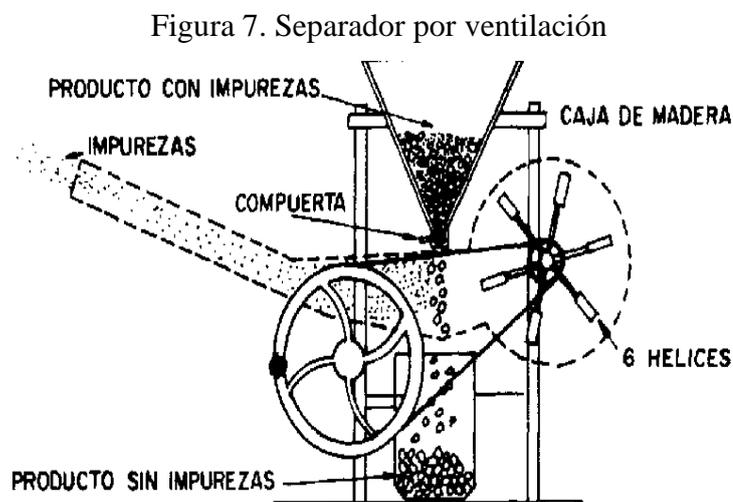
Desventajas:

- Se debe realizar mantenimiento periódico
- Pérdidas de tiempo al momento de cambiar la zaranda

2.9.4 Método por ventilación. La figura 7 muestra un separador de ciclón se emplea para la separación de sólidos de fluidos y utilizan la fuerza centrífuga para efectuar la separación.

Una separación de este tipo depende no solo del tamaño de las partículas sino de la densidad de estas.

El aire con su carga de sólidos se introduce tangencialmente por la parte superior del cilindro, la fuerza centrífuga lanza contra las paredes del cilindro a las partículas sólidas que caen en la parte cónica, efectuando la separación.



Fuente: www.fao.org

Ventajas:

- Se puede clasificar por peso
- Son de bajo costo de instalación y operación
- Alto rendimiento sobre todo cuando las partículas son pequeñas
- Alta calidad
- Bajo periódico de mantenimiento

Desventajas:

- No separa por color
- No separa por tamaño
- Producción baja

2.10 Selección de las alternativas

Las alternativas presentadas sirve para seleccionar el tipo de sistema más idónea para cumplir con la tarea de clasificar maíz partido, la diferencia entre una alternativa y otra radica en el tipo de accionamiento y tamaño de la máquina pero teniendo el mismo principio para la clasificación de maíz partido.

Para el presente proyecto se consideran los siguientes parámetros.

- **Seguridad:** En este caso la seguridad hace referencia a que la máquina debe presentar sus debidas protecciones y guardas respectivas para que el operador no sufra daño alguno.
- **Rendimiento:** Los resultados obtenidos deben lograrse con el menor esfuerzo del operador en función de los medios utilizados.
- **Confiabilidad:** Funcionamiento fiable de la máquina para cualquier lugar donde se necesite clasificar maíz partido.
- **Mantenibilidad:** Los componentes de la máquina deben brindar facilidad de montaje y desmontaje con herramientas existentes en el medio.
- **Costo:** Todos los componentes de esta máquina deben estar diseñados para una vida útil aceptable que garantice un mínimo de mantenimiento, no deberá ocasionar otro gasto que el costo de la energía eléctrica.
- **Tamaño:** Esta máquina debe estar diseñada de acuerdo con la estatura promedio de las personas que la van a utilizar. (Siendo en el Ecuador la estatura promedio de 1.50 [m] a 1.60 [m]).

Para seleccionar el sistema más aplicable al medio y dar solución al problema planteado, se emplea también el método de análisis de ventajas y desventajas de cada una de las alternativas expuestas a través de una comparación conceptual que evalúa cada una de las opciones de manera independiente, calificando de 1 a 4 dónde se tiene el siguiente criterio.

Muy satisfactorio	4
Satisfactorio	3
Poco satisfactorio	2
Nada satisfactorio	1

Adicionalmente se considera el factor de ponderación, tomando con este factor la importancia de cada uno de los parámetros colocando un porcentaje necesario tanto para el diseño como para la evaluación de los mismos.

PARÁMETRO	FACTOR DE PONDERACIÓN
SEGURIDAD	0.2
RENDIMIENTO	0.05
CONFIABILIDAD	0.1
MANTENIBILIDAD	0.1
COSTO	0.4
TAMAÑO	0.1

Tabla 3. Evaluación de las alternativas

PARÁMETRO	ALTERNATIV A N°1		ALTERNATIV A N°2		ALTERNATIV A N°3		ALTERNATIV A N°4	
SEGURIDAD	2X0.2	0.4	3X0.2	0.6	2X0.2	0.4	3X0.2	0.6
RENDIMIENTO	2X0.05	0.01	2X0.05	0.1	4X0.05	0.2	4X0.05	0.2
CONFIABILIDAD	3X0.1	0.3	3X0.1	0.3	4X0.1	0.4	4X0.1	0.4
COSTO	3X0.4	1.2	3X0.4	1.2	2X0.4	0.8	3X0.4	1.2
MANTENIBILIDA D	3X0.1	0.3	3X0.4	1.2	1X0.1	0.1	2X0.1	0.2
TAMAÑO	3X0.1	0.3	3X0.1	0.3	2X0.1	0.2	3X0.1	0.3
TOTAL		2.51		3.7		2.1		2.9

Fuente: Autor

La calificación es mayor cuando el factor es favorable al requerimiento, se estiman las opciones que intervienen en el proyecto mediante la presentación de una tabla comparativa que muestra criterios para evaluar decisiones en el diseño del sistema. Se debe obtener el resultado óptimo de acuerdo a las necesidades planteadas y escoger la alternativa que mejor porcentaje de calificación obtenga.

Una vez realizado el análisis general de las opciones, se procede a la selección de la mejor alternativa, obteniendo la máxima calificación con un total de 3.7 puntos, el sistema seleccionado como la más idónea y viable, es la alternativa N° 2. Se debe tomar en cuenta que dentro de nuestro medio se elige un sistema que se pueda construir en

mejor de los casos sin necesidad de importar los materiales y elementos que componen dicho equipo.

El sistema para la selección de maíz partido es de forma vibratorio.

Los métodos usados para la obtención de vibración son:

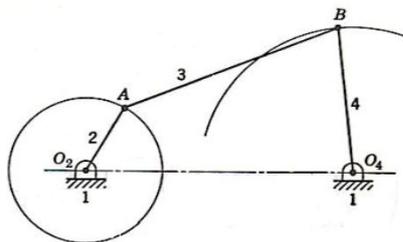
- Mecanismo articulaciones de cuatro barras.
- Mecanismo biela-manivela
- Motores eléctricos desequilibrados.
- Vibradores electromagnéticos.
- Vibradores hidráulicos.
- Vibradores neumáticos.

Solamente los dos primeros métodos son empleados en los alimentadores vibrantes industriales y entre los cuales nos referiremos a los dos primeros.

Mecanismo articulaciones de cuatro barras

Es uno de los mecanismos más simples y útiles. En la figura 8 se ilustra uno de ellos. El eslabón 1 es el marco o tierra y generalmente es estacionario. El eslabón 2 es el motriz que puede girar completamente o puede oscilar. En cualquiera de los dos casos, el eslabón 4 oscila. Si el eslabón 2 gira completamente, entonces el mecanismo transforma el movimiento rotatorio en movimiento oscilatorio. Si la manivela oscila, entonces el mecanismo multiplica el movimiento oscilatorio.

Figura 8. Mecanismo de cuatro barras



Fuente: www.fundamentodemaquinasmvzt.blogspot.com

Si el mecanismo de cuatro barras está diseñado de manera que el eslabón 2 pueda girar completamente pero se hace que el 4 sea el motriz, entonces ocurrirán puntos muertos, por lo que es necesario que haya un volante para ayudar a pasar por estos puntos muertos. Además de los puntos muertos posibles en este mecanismo, es necesario tomar

en cuenta el ángulo de transmisión, que es el ángulo entre el eslabón conector 3 y el eslabón de salida 4. Por lo general, el máximo ángulo de transmisión no debe ser mayor a 140° y el mínimo no menor que 40° si se usa el mecanismo de eslabones articulados para transmitir fuerzas considerables. Si el ángulo de transmisión se hace menor a 40° , este mecanismo tiende a pegarse debido a la fricción en las articulaciones; adicionalmente, los eslabones 3 y 4 tienden a alinearse y se pueden trabar.

Ventajas:

- La velocidad en la carrera de retorno es mayor que en la de avance.
- Grandes amplitudes de carrera.

Desventajas:

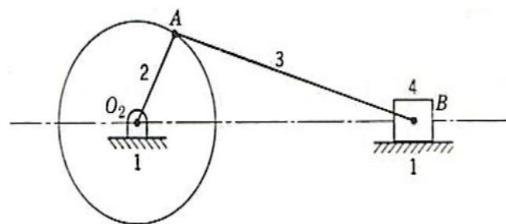
- Existe puntos muertos y provoca rotura.
- Posible estancamiento.

Mecanismo biela-manivela

Forman un grupo mucho mayor que los precedentes y son más empleados actualmente. Este mecanismo, el cual se muestra en la figura 9, transforma un movimiento rectilíneo alternativo en un movimiento circular, de tal modo que una fuerza que se ejerce en un extremo de la biela es transmitida a la manivela, la que a su vez la entrega a un eje imprimiéndole un movimiento de rotación, el cual es utilizado para mover otros mecanismos, como engranajes, poleas, etc.

Este sistema es totalmente reversible, pues se puede imprimir un movimiento lineal alternativo al pie de biela y obtener uno giratorio en el eje de la manivela. [7]

Figura 9. Mecanismo biela-manivela



Fuente: www.fundamentodemaquinasmvzt.blogspot.com

Ventajas:

- Las oscilaciones son simétricas en su acción.
- Su frecuencia es mucho mayor.
- No existe puntos muertos.

- Convierte el movimiento continuo de un eje en uno lineal alternativo

Desventajas:

- La velocidad de retorno es menor que en la de avance.

Por el principio de funcionamiento se selecciona el mecanismo de biela-manivela, es la mejor alternativa.

2.11 Descripción de la alternativa elegida

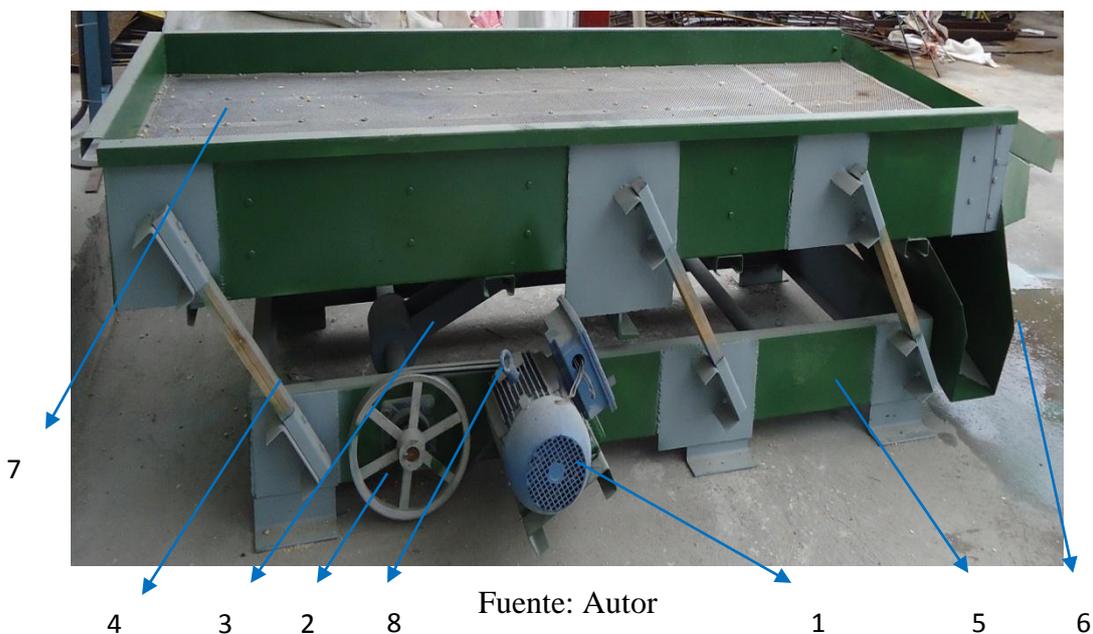
Luego de haber realizado los análisis se ha elegido que la máquina para clasificar maíz partido será de forma vibratoria a través del mecanismo biela- manivela de eje excéntrico.

Esta alternativa tiene un motor eléctrico que transmite el movimiento mediante un mecanismo de poleas y bandas; el cual se encuentra conjugado a un mecanismo biela – manivela; y éste a su vez a una mesa que se desplaza horizontalmente en la que se encuentra la zaranda al deslizarse la mesa se produce la clasificación del maíz partido.

En la figura 10 se muestra las partes de la clasificadora de maíz partido.

- 1.- Motor, 2.- Polea, 3.-Sistema de transmisión, 4.-Suspensión elástica, 5.-Bancada, 6.- Tolva, 7.- Malla, 8.- Banda

Figura 10. Partes de la máquina clasificadora de maíz partido



CAPÍTULO III

3. DISEÑO Y CÁLCULO DE LA MÁQUINA

3.1 Determinación de los parámetros

Un adecuado diseño debe satisfacer los requerimientos funcionales, es decir, la máquina clasificadora de maíz partido debe cumplir la función para la cual es diseñada.

Entre los principales requerimientos funcionales se tiene:

- La máquina clasificadora de maíz partido debe trabajar de forma continua hasta obtener la capacidad requerida.
- La máquina clasificadora de maíz partido debe ser de fácil operación, montaje, desmontaje y que el mantenimiento de las partes pueda realizarse con comodidad y agilidad.
- La máquina deberá satisfacer las exigencias y necesidades de dicha empresa, estableciéndose que deberá clasificar 1500 [kg/h].

3.2 Diseño y cálculo de los elementos de la máquina

La capacidad de clasificación sería un primer parámetro para el diseño de sus elementos de 1500 [kg] por hora, es decir 33 quintales por hora.

3.2.1 Diseño de la bandeja de clasificación. Para el diseño de la bandeja lo que se hizo tomar una muestra 200 [gr] de maíz partido recomendados por las normas INEN 1236 (pág. 4- sección 4.9.3), y cribar en una zaranda de aberturas circular dichos equipos facilitados en el taller de fundición de la Facultad de Mecánica.

Los granos quebrados y el polvo caen en distintas zarandas y se observa cual es más adecuado para satisfacer a los clientes que adquieren el producto y se procede a pesar con precisión los granos quebrados y el polvo.

Datos tomados en el laboratorio

Figura 11. Balanza de granos



Fuente: Lab. de materiales de la EIM

Peso total:

$$W_t = 200 \text{ [gr]}$$

Peso seleccionado:

$$W_s = 0.09 \text{ [kg]}$$

Peso fino:

$$W_f = 0.11 \text{ [kg]}$$

Tiempo:

$$t = 60 \text{ [s]}$$

Área del tamiz:

$$A_{\text{tamiz}} = 0.0176 \text{ [m}^2\text{]}$$

Diámetro del agujero del tamiz:

$$D_{\text{agujero}} = 6 \text{ [mm]} \text{ (Primera malla)}$$

$$D_{\text{agujero}} = 3 \text{ [mm]} \text{ (Segunda malla)}$$

Se debe abastecer a la clasificadora de maíz con un peso total de 3333 [kg/h], para cumplir con el requerimiento 1500 [kg /h] de maíz selecto.

Flujo a seleccionar:

$$Q_{\text{seleccionado}} = 1500 \text{ [kg/h]} = 0.416 \text{ [kg/s]}$$

Entonces:

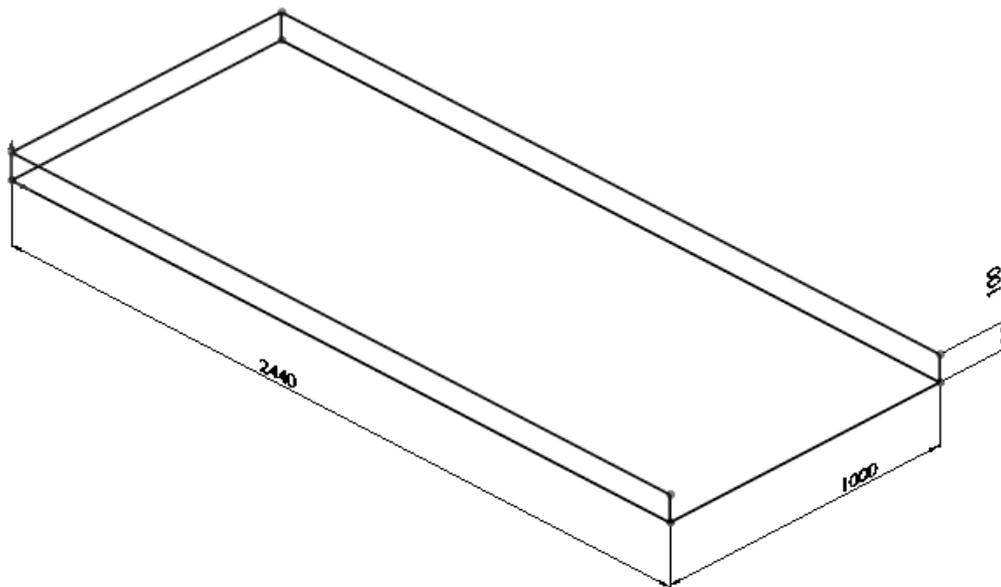
$$W_t = 0.2 \text{ [kg]} / 60 \text{ [s]} = 0.0033 \text{ [kg/s]}$$

Laboratorio

Flujo [kg/s]	Área [m ²]
0.0033	0.0176
0.416	x = 2.44
$A_{\text{requerida}} = 2.44 \text{ [m}^2\text{]}$	
Ancho = 1 [m]	
Largo = 2.44 [m]	

Para determinar el marco de la criba con perforaciones circulares tendrá una altura mínima 50 [mm] y altura máxima de 102 [mm] recomendados por las normas INEN 1515 (pág. 3-sección 4.2.9), se seleccionó una altura de 100 [mm] para cada distribución de la malla dando una altura total de la mesa de 300 [mm].

Figura 12. Dimensiones de la mesa



Fuente: Autor

3.2.2 Selección espesor de la plancha de acero para el cribado. El espesor de la plancha se seleccionó con el tamaño que se quiere seleccionar como se muestra en la siguiente tabla.

Con los ensayos realizados tenemos con un tamaño de 6 [mm] y 3 [mm] (diámetro) como no existe el diámetro que se requiere se procedió a tomar un valor superior de 6.7 [mm] y 3.35 [mm] y se tiene un espesor de 1.5 [mm] por razones de que no se encontró en el mercado se tomó uno superior de espesor de 2 [mm].

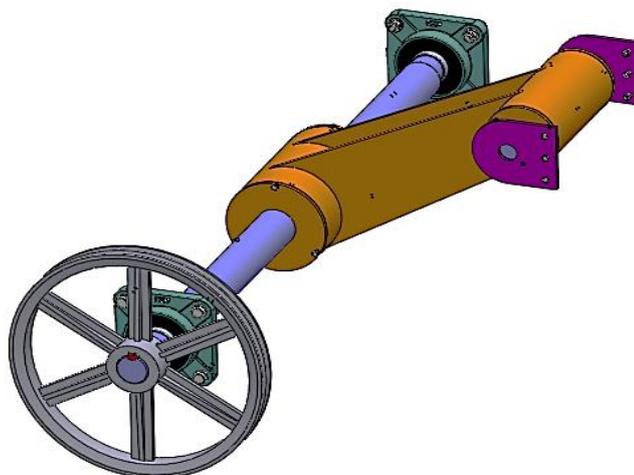
Tabla 4. Espesor de la plancha

TABLA 3. Características de las cribas metálicas. Tamaño nominal de las aberturas circulares Medidas preferenciales					
TAMAÑO NOMINAL mm	Variación permisible tamaño nominal mm	Distancia entre centros mm	Límites permisibles para la distancia entre centros mm	Espesor de la plancha mm	Límites permis. para el espesor de la plancha mm
*125	± 1,0	160	144 a 184	3,4	2,5 a 4,0
106	± 0,9	135	122 a 155	3,4	2,5 a 4,0
* 90	± 0,8	111	100 a 128	2,7	2,5 a 4,0
75	± 0,7	95	86 a 109	2,7	2,5 a 4,0
* 63	± 0,6	80	72 a 92	2,7	2,5 a 4,0
53	± 0,6	68	61 a 78	2,7	2,5 a 4,0
* 45	± 0,5	57	51 a 65	1,9	1,5 a 2,5
37,5	± 0,4	48	43 a 55	1,9	1,5 a 2,5
* 31,5	± 0,4	41	37 a 47	1,9	1,5 a 2,5
26,5	± 0,4	35	31 a 40	1,9	1,5 a 2,5
* 22,4	± 0,3	29	26 a 33	1,9	1,5 a 2,5
19,0	± 0,3	25	22 a 29	1,9	1,5 a 2,5
* 16,0	± 0,27	21	19 a 24	1,9	1,5 a 2,5
13,2	± 0,25	18	16 a 20	1,9	1,0 a 2,0
* 11,2	± 0,23	15	13 a 17	1,9	1,0 a 2,0
9,5	± 0,20	13	11,3 a 14,9	1,9	1,0 a 2,0
* 8,0	± 0,19	11	9,5 a 12,6	1,9	1,0 a 2,0
6,7	± 0,17	9,9	8,3 a 11,4	1,5	0,8 a 1,5
* 5,6	± 0,15	8,7	7,2 a 10,0	1,5	0,8 a 1,5
4,75	± 0,14	6,8	5,8 a 7,8	1,5	0,8 a 1,5
* 4,00	± 0,13	5,9	5,0 a 6,8	1,5	0,8 a 1,5
3,35	± 0,12	4,9	4,2 a 5,7	1,5	0,8 a 1,5
* 2,80	± 0,11	4,4	3,7 a 5,1	1,5	0,8 a 1,5
2,36	± 0,10	3,8	3,2 a 4,4	1,5	0,8 a 1,5
* 2,00	± 0,09	3,3	2,8 a 3,8	1,5	0,8 a 1,5
1,70	± 0,08	2,9	2,5 a 3,3	0,8	0,4 a 0,8
* 1,40	± 0,08	2,6	2,2 a 3,0	0,8	0,4 a 0,8
1,18	± 0,07	2,2	1,9 a 2,5	0,8	0,4 a 0,8
* 1,00	± 0,07	2,0	1,7 a 2,3	0,8	0,4 a 0,8

Fuente: Norma INEN 1515

3.2.3 *Diseño del mecanismo principal de la cribadora.* La potencia requerida y las condiciones de movimiento por el sistema de cribado son transmitidas a través de su mecanismo principal (biela - manivela), como se muestra en la figura 13.

Figura 13. Mecanismo principal de la cribadora



Fuente: Autor

Ecuación característica de la biela- manivela: (Teoría de máquinas y mecanismos de Joseph Edward Shigley).

X_c = Desplazamiento de la criba:

$$x_c = l - \frac{r_{exc}^2}{4l} + r_{exc} \left(\cos(\omega_{eje1}t) + \frac{r_{exc}}{4l} \cos(2\omega_{eje1}t) \right) \quad (1)$$

V_c = Velocidad de la criba:

$$v_c = -r_{exc}\omega_{eje1} \left(\text{sen}(\omega_{eje1}t) + \frac{r_{exc}}{2l} \text{sen}(2\omega_{eje1}t) \right) \quad (2)$$

a_c = Aceleración de la criba:

$$a_c = -r_{exc} \alpha_{eje1} \left(\text{sen}(\omega_{eje1}t) + \frac{r_{exc}}{2l} \text{sen}(2\omega_{eje1}t) \right) - r_{exc}\omega_{eje1}^2 \left(\cos(\omega_{eje1}t) + \frac{r_{exc}}{l} \cos(2\omega_{eje1}t) \right) \quad (3)$$

Dónde:

r_{exc} = Radio excéntrico [mm]

ω_{eje1} = Velocidad angular del eje 1 [RPM]

l = Longitud de la biela

t = Tiempo

Ecuación aceleración crítica de la criba:(L.TARGHETTA ARRIOLA Y A. LÓPEZ ROA. Transporte y almacenamiento de materias primas en la industria básica, Tomo II).

a_{cS} = Aceleración de la criba de subida:

$$a_{cS} = \frac{g}{\frac{\cos\alpha_B}{u_E} - \text{sen}\alpha_B} \quad (4)$$

a_{cB} = Aceleración de la criba de bajada:

$$a_{cB} = \frac{g}{\frac{\cos\alpha_B}{u_C} - \text{sen}\alpha_B} \quad (5)$$

$$a_{cB} < a_c < a_{cS} \quad (6)$$

Condiciones del funcionamiento de la criba:

Tabla 5. Datos de funcionamiento de la máquina

Elemento	Variable	Valor	Unidades
	g	9.8	$[m/s^2]$
Manivela	r_{exc}	0.005	$[m]$
	α_B	30	$[^\circ]$
	μ_E	0.62	
	μ_C	0.43	
Longitud de la Biela	l	0.4	$[m]$

Fuente: Autor

Dónde:

α_B = Ángulo de inclinación del soporte lateral

μ_E = Coeficiente de rozamiento estático

μ_C = Coeficiente de rozamiento dinámico

μ_E, μ_C Datos tomado: (Escuela de Ingeniería Química “Diseño de un molino de rodillos para molienda de granos, destinado al área de alimentos del cecosta-Espoch.”).

Haciendo el uso de las ecuaciones (4), (5) y (6) y a su vez sustituyendo los datos pertinentes.

$$a_{cS} = 10.93 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$a_{cB} = 6.47 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$6.47 < a_c < 10.93 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

Aplicado la ecuación (3) en el momento del arranque $t = 0$ (la aceleración es máxima), y se observa que a_c depende ω_{eje1} = velocidad angular del eje1, con estas observaciones se determina la velocidad óptima ω_{eje1} para que cumpla dicha condición y se a tabulado en la siguiente tabla.

Tabla 6. Velocidad angular del eje 1

t(s)	ω [rpm]	a_c [m/s ²]
0	0	0
0	50	0.14
0	100	0.56
0	150	1.25
0	200	2.22
0	250	3.47
0	300	5.00
0	350	6.80
0	400	8.88
0	450	11.24
0	500	13.88
0	550	16.79
0	600	19.99
0	650	23.46
0	700	27.20
0	750	31.23
0	800	35.53
0	850	40.11
0	900	44.97
0	950	50.10
0	1000	55.52
0	1080	64.75

Fuente: Autor

En la tabla se obtiene la velocidad angular optima es $\omega_{eje1} = 400$ [rpm] que satisface la condición como se observa a continuación.

$$a_c = 8.88 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$6.47 < 8.88 < 10.93 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

3.2.4 Evaluación de vibración de la máquina. Para evaluar el nivel de vibración de la máquina y comprobar si está en un nivel aceptable se realiza a través de la carta de rathbone la cual tiene una amplia aceptación en el ambiente industrial.

La carta dispone de dos escalas logarítmicas: frecuencias en hercios [Hz] y amplitudes en desplazamiento (Pico), mediante las que se podrá determinar directamente la severidad de la vibración.

Para el siguiente análisis se utiliza como datos:

$$r_{exc} = 5 \text{ [mm]}$$

$$\omega_{\text{eje1}} = 400 \text{ [rpm]} = 42 \text{ [rad/s]}$$

$$f = \frac{\omega_{\text{eje1}}}{2\pi} \quad (7)$$

Dónde:

f = Frecuencia

ω_{eje1} = Velocidad angular del eje 1

f = 6.66 [S⁻¹] Esta frecuencia se calcula con la velocidad angular del eje1 obtenido en la tabla 6.

$$x = r_{\text{exc}} \cdot \cos(\omega_{\text{eje1}} \cdot t) \quad (8)$$

Dónde:

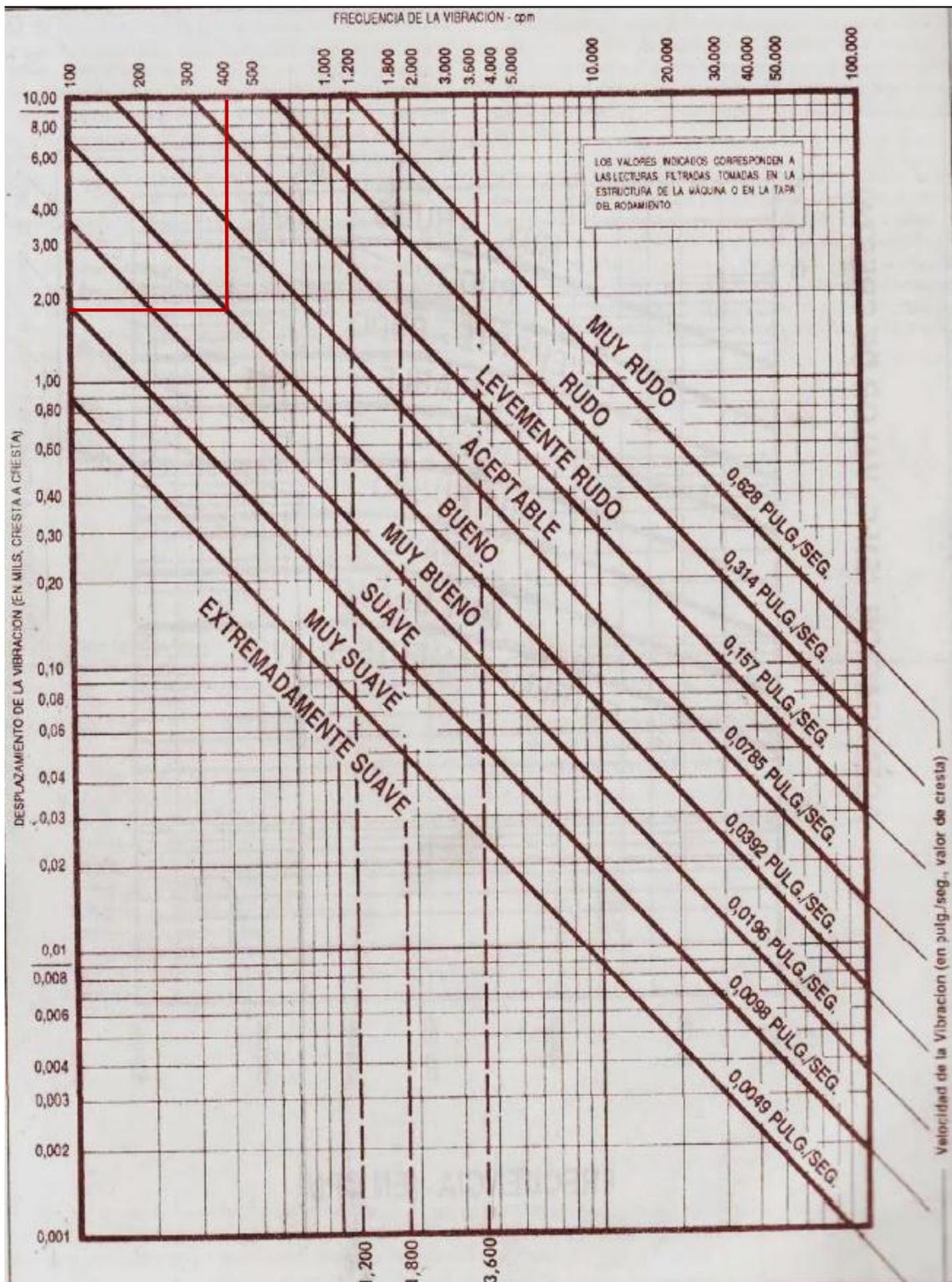
x = Amplitud

r_{exc} = Radio excéntrico

En un tiempo t = 0 se tiene la máxima amplitud de 5 [mm] reemplazando los valores se tiene.

x = 5 [mm] = 1.97 [mils] (milésimas de pulgada).

Tabla 7. Evaluación de vibración (carta de rathbone)

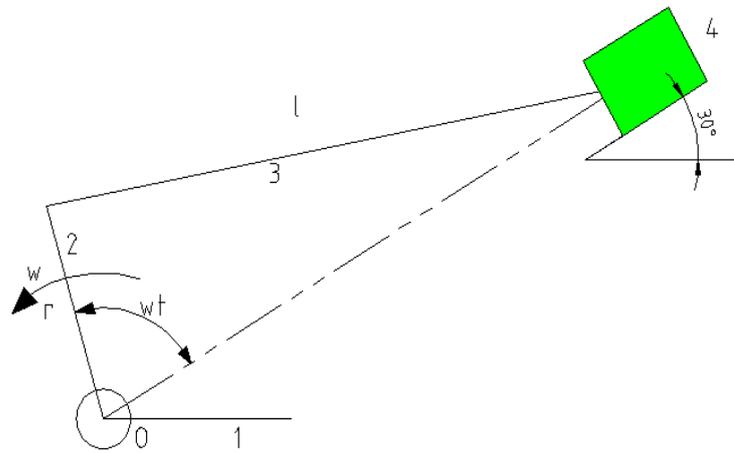


Fuente: Universidad Veracruzana: Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica (Wilbert García González)

Como se observa en la tabla 7 el grado severidad de la máquina clasificadora de maíz partido con 400 [cpm] (ciclos por minuto) y con 1.97 [mils] es bueno por lo tanto estamos dentro de un rango aceptable.

3.2.5 Análisis cinemático. Para realizar el análisis cinemático debemos realizar el dimensionamiento de los eslabones.

Figura 14. Sistema biela - manivela

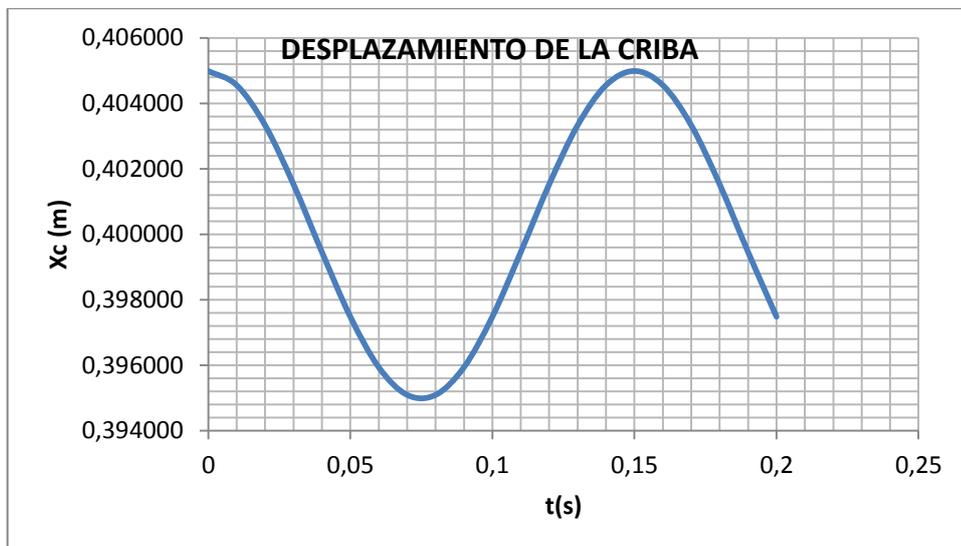


Fuente: Autor

Una vez obtenido la velocidad angular $\omega_{eje1} = 400 [rpm]$, se tienen las siguientes gráficas de desplazamiento carrera, velocidad y aceleración de la criba.

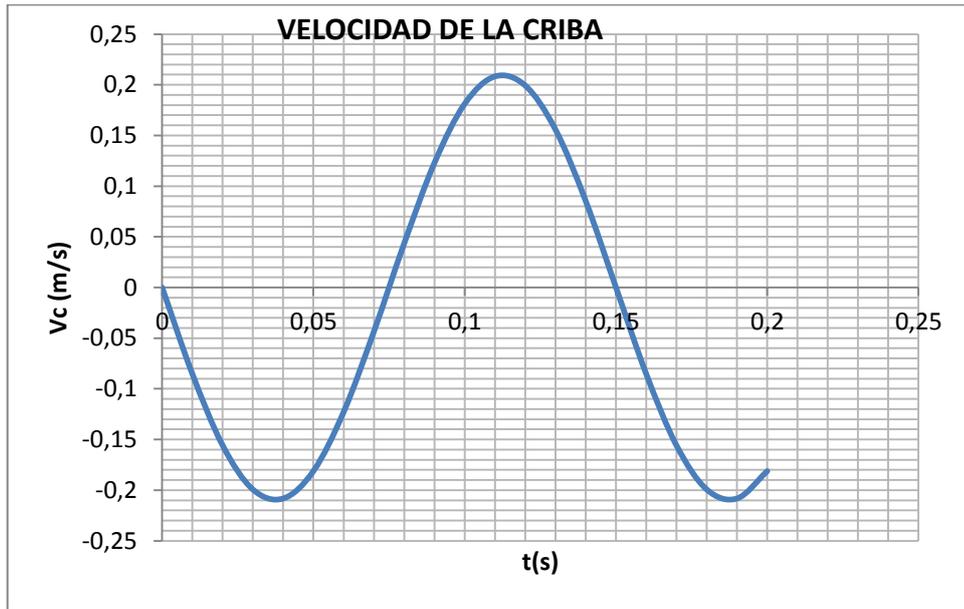
Aplicando las ecuaciones 1,2 y 3 se obtiene las siguientes curvas.

Figura 15. Desplazamiento de la criba



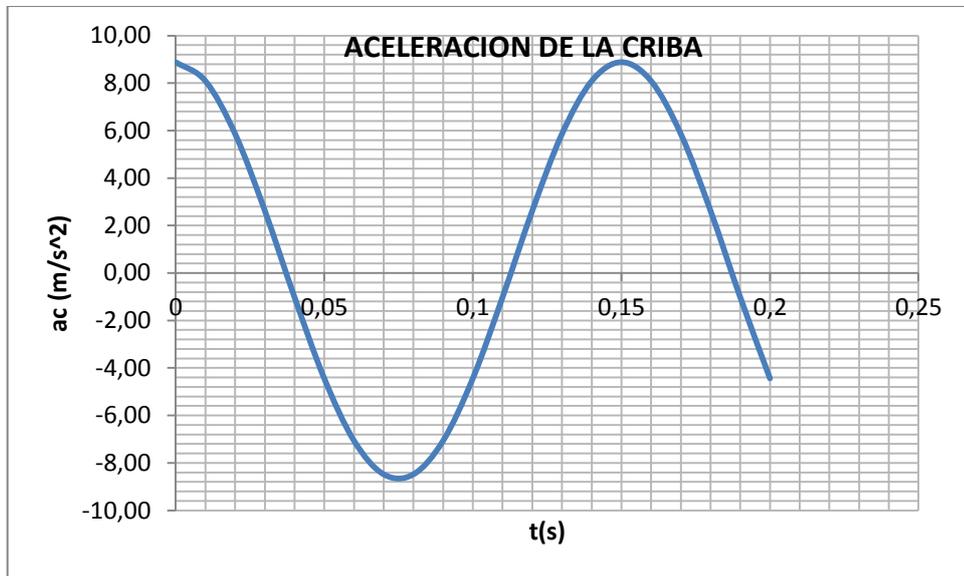
Fuente: Autor

Figura 16. Velocidad de la criba



Fuente: Autor

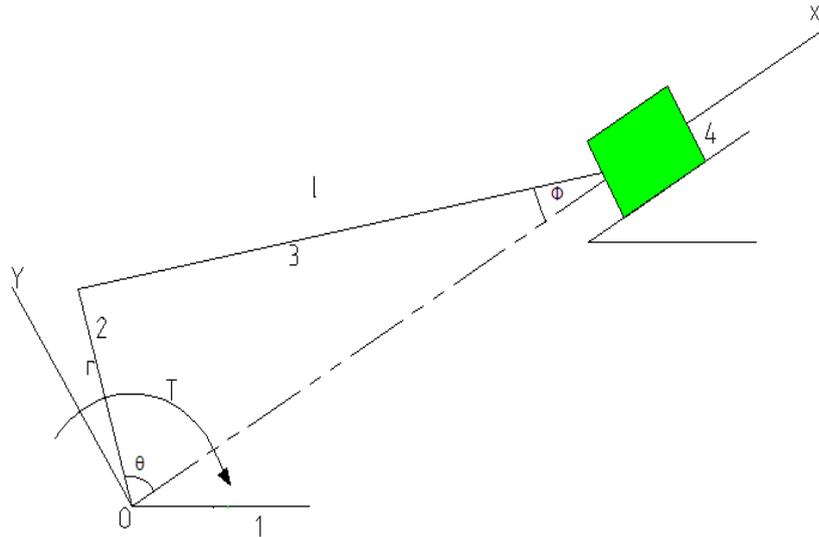
Figura 17. Aceleración de la criba



Fuente: Autor

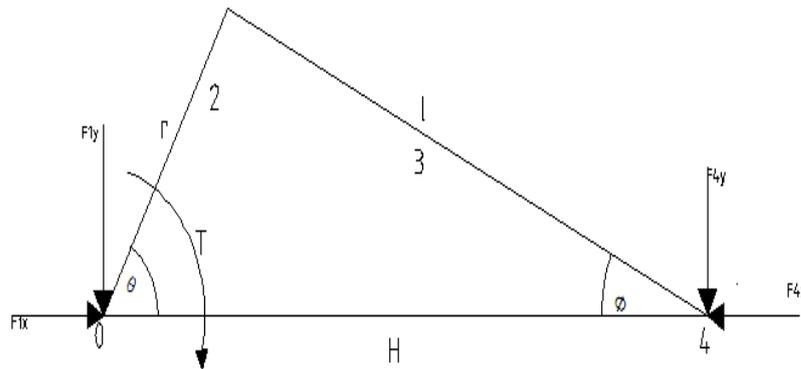
3.2.6 Análisis estático del sistema biela manivela. En esta sección se determinarán las fuerzas actuantes en cada uno de los eslabones. Así como también el torque requerido en el eje cigüeñal (O).

Figura 18. Análisis estático del sistemas biela manivela



Fuente: Autor

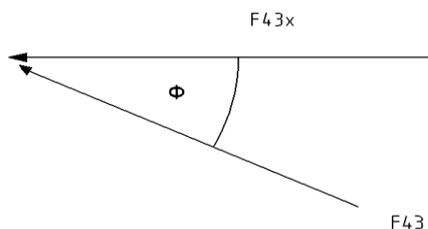
Análisis estático de fuerzas sobre el sistema.



$$H = r_{exc} \cos\theta + l \cos\phi \tag{9}$$

$$\sqrt{1 - \left(\frac{r_{exc}}{l}\right)^2 (\sin\theta)^2} = \cos\phi \tag{10}$$

La fuerza que empujara la clasificadora será la componente horizontal F_{43x} :



$$F_{43x} = \frac{T \cdot l}{H \cdot r_{exc}} \cdot \frac{\cos \phi}{\sin \theta} \quad (11)$$

Dónde:

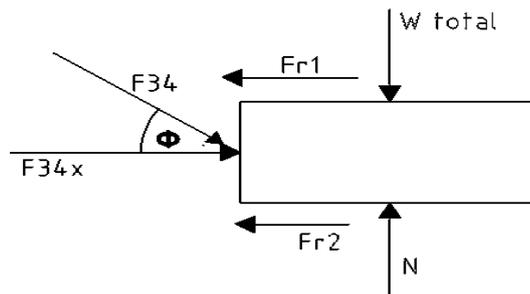
T = Torque

H = Posición de la criba

l = Longitud de la biela

r_{exc} = Radio excéntrico

Fuerza a vencer debido al peso de los productos de maíz y la inercia del equipo:



$$F_{43x} = F_{r1} + F_{r2} \quad (12)$$

F_{43x} = Fuerza para vencer la masa de los productos + Fuerza necesaria para vencer la inercia del equipo.

Fuerza para vencer la masa de los productos:

$$F_{r1} = \mu_E \cdot N$$

N: Normal

$$N = W$$

$$F_{r1} = \mu_E \cdot W \quad (13)$$

Donde W: Peso total del producto que se tiene en la criba 32663 [N].

$$F_{r1} = 1433.19 \text{ [N]}$$

Fuerza inercial del equipo de separación:

$$F_{r2} = m_t \cdot a_c \quad (14)$$

m_t = Masa total de la mesa

a_c = Aceleración de la criba

Se necesita conocer la masa del equipo; como este valor depende de las dimensiones de la mesa de la criba.

Ancho de criba	1	[m]
Largo de criba	2.44	[m]

Según el manual de DIPAC la plancha de PL 1220x2440x2 [mm] y tiene un peso 46.74 [kg] se calcula el peso de la plancha de acero para los soportes laterales, posterior y para seleccionar el maíz partido con la siguiente ecuación recomendado por DIPAC.

METODO PRACTICO PARA CALCULAR PESO DE LAS PLANCHAS DE ACERO

----- NOMENCLATURA

L = Largo (mm)
A = Ancho (mm)
E = Espesor (mm)
Peso = Kgs.

$$\text{Peso} = \frac{L \times A \times E \times 7,85}{1,000.00}$$

Tabla 8. Dimensiones de la mesa a cribar

Plancha		Perfil G	
E =	0.002 [m]	PESO/METRO =	2.78 [kg]
Cantidad = 3		Cantidad =	4
m =	114.27984 [kg]	m =	11.12 [kg]
Soporte laterales		Angulo	
Alto =	0.42 [m]	PESO/METRO =	1.77 [kg]
Cantidad = 2		Cantidad =	4
E =	0.002 [m]	m =	7.08 [kg]
m =	32.00 [kg]		
Soporte posterior		PESO/2.44METRO =	4.17 [kg]
Alto =	0.42 [m]	Cantidad =	8
E =	0.002 [m]	m =	33.36 [kg]
Ancho =	1 [m]		
m =	6.56 [kg]		
m_t =	215.52 [kg]		
F_{r2} =	1913.78 [N]		

Fuente: Autor

$$F_{34x} = F_{43x} = 3347 \text{ [N]}$$

Reemplazando las ecuaciones 9 y 10 en 11 y despejando T se tiene:

$$T = F_{43X} \cdot \left[r_{exc} \cdot \text{sen}\theta + \frac{r_{exc}^2 \cdot (\text{sen}\theta \cdot \text{cos}\theta)}{l \cdot \left[1 - \left(\frac{r_{exc}}{l} \right)^2 \cdot \text{sen}^2\theta \right]^{1/2}} \right] \quad (15)$$

θ [°]	T [N.m]
0	0.000
10	3.266
40	11.790
50	13.853
55	14.691
60	15.404
62	15.650
64	15.872
65	15.974
67	16.160
70	16.399
75	16.689
80	16.841
90	16.735
100	16.120

3.2.7 Potencia máxima en el eje 1

$$P_{max} = T_{max} \cdot \omega_{eje1} \quad (16)$$

Dónde:

T_{max} = Torque máximo

ω_{eje1} = Velocidad angular del eje 1

$$P_{max} = 16.841[N.m] * 42 [rad/s]$$

$$P_{max} = 705 [W] = 0.95 [Hp]$$

3.2.8 Selección del motor

$$P_t = P_{max} \cdot C_s \quad (17)$$

C_s	1.5	
P_t	1.418	[Hp]
n_{bandas}	0.96	ANEXO A
$n_{rodamiento}$	0.9	ANEXO B
OTROS	0.85	

$$P_m = \frac{P_t}{n_{general}} = \frac{1.418}{0.96*0.9*0.85} \quad (18)$$

Dónde:

P_t = Potencia de trabajo

C_s = Coeficiente de seguridad

P_m = Potencia del motor

n_{general} = Rendimiento general

n_{bandas} = Rendimiento de las bandas

$n_{\text{rodamientos}}$ = Rendimiento del rodamiento

$$P_m = 1.9 \text{ [Hp]} \approx 2 \text{ [Hp]}$$

Al obtener la potencia que se requiere en el motor que es de 2 [Hp] procedemos a seleccionar el motor.

Los datos técnicos del motor se encuentran en el **ANEXO C**.

Tabla 9. Datos de placa de motor seleccionado

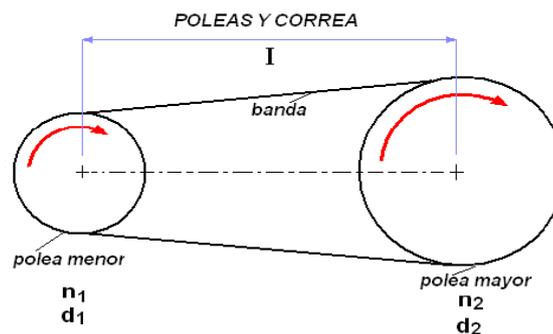
MARCA	WEG
Modelo	W21
Frecuencia	60 [Hz]
Potencia	2 [Hp]
RPM	1720
Voltaje	220/440
Peso	22 [kg]

Fuente: www.weg.net

3.2.9 Selección de bandas

3.2.9.1 Cálculo de la relación de transmisión

Figura 19. Transmisión de bandas trapeciales



Fuente: www.bandas de transmisi3n.com

$$i = \frac{n_1}{n_2} \quad (19)$$

D3nde:

i = Relaci3n de transmisi3n.

n_2 = Velocidad angular de la polea conducida

n_1 = Velocidad angular de la polea motriz

Se recomienda que i para un funcionamiento adecuado sea entre 1 a 6.

$n_1 = 1720$ [RPM]

$n_2 = 400$ [RPM]

$i = 4.30$

3.2.9.2 Cálculo de la potencia de diseño corregido

$$P_D = P_m \times C_1 \quad (20)$$

Dónde:

P_D = Potencia de diseño corregido.

P_m = Potencia del motor.

C_1 = Factor de servicio

C_1 ANEXO D

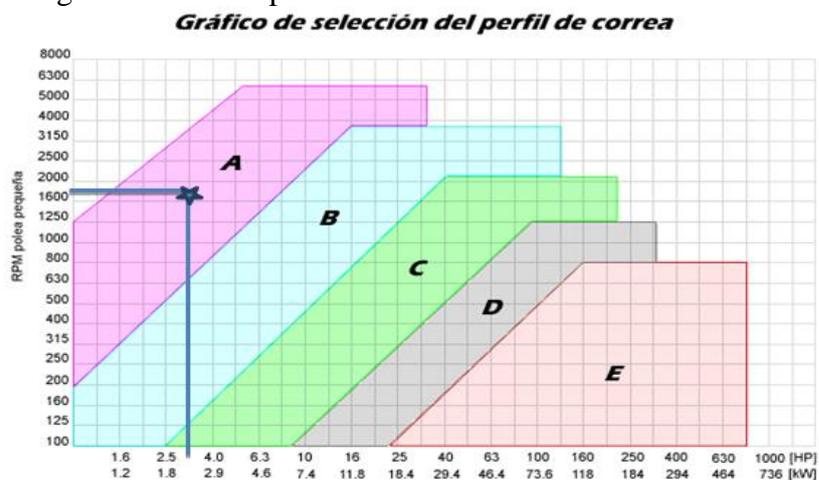
$C_1 = 1.3$ Cribas Vibratorias

$P_m = 2.0$ [Hp]

$P_D = 1.3 * 2$ [Hp] = 2.60 [Hp] ≈ 3 [Hp]

3.2.9.3 Selección de la correa

Figura 20. Curvas para la elección de la sección de la correa



Fuente: Catálogo de correas trapeciales oleostatic PIRELLI

La selección de la banda es de tipo A.

3.2.9.4 Cálculo y selección de las poleas

1) Selección de los diámetros primitivos de las poleas

Escogemos el diámetro de la polea menor $d_p = 80$ [mm] ya que está dentro del rango del tipo A que va desde (75-1000) [mm]. **ANEXO E**

$$D_p = i * d_p \quad (21)$$

Dónde:

i = Relación de transmisión.

d_p = Diámetro en mm de la polea menor - motriz.

D_p = Diámetro en mm de la polea mayor - conducida.

$$D_p = 4.30 * 80 \text{ [mm]} = 344 \text{ [mm]}$$

No existe este diámetro en la tabla por lo que se procede a coger superior a este diámetro.

$$D_p = 355 \text{ [mm]}$$

2) Determinar la distancia entre ejes

- Para i entre 1 a 3

$$C \geq \frac{(i+1)d_p}{2} + d_p \quad (22)$$

- Para i mayor que 3

$$C \geq D_p \quad (23)$$

Dónde:

C = Distancia entre ejes

D_p = Diámetro de la polea menor-motriz

$$C = 355 \text{ [mm]}$$

3) Determinar la longitud primitiva de la banda

Con estos valores se puede calcular el largo L aproximado de la correa que se necesita.

$$L = (2 * C) + (1.57 * (D_p + d_p)) + (D_p - d_p) / (4 * C) \quad (24)$$

$$L = 1446 \text{ [mm]}$$

Conociendo este valor y la sección utilizada, se consulta en el **ANEXO F**, que entrega la identificación de la correa adecuada.

Banda seleccionada

Nº

A 57 Ln = 1481 [mm]

Una vez calculada la longitud **L** de la correa y ser seleccionada **Ln** (longitud normalizada) se debe recalcular definitivamente la distancia entre centros real con la siguiente formula:

$$C_c = C \pm \left| \frac{L - Ln}{2} \right| \quad (25)$$

Signo (+) cuando $L < Ln$

Signo (-) cuando $L > Ln$

$C_c = 372$ [mm]

4) Determinación el arco de contacto menor

Para una transmisión con correa abierta se determina con:

$$\alpha_1 = 180 - 57 * \left(\frac{D_p - d_p}{C_c} \right) > 120^\circ \quad (26)$$

$$\alpha_1 = 138^\circ > 120^\circ$$

5) Potencia transmitida por bandas

Conociendo la velocidad del eje rápido, la relación de transmisión "i" y la sección usada, se consulta la tabla (**ANEXO G**) correspondiente a la sección de correa utilizada. Se obtiene de ella la potencia que es capaz de conducir una sola correa P_1 en [HP], este valor se compara con la potencia de diseño para calcular cuántas correas serán necesarias en su transmisión.

Para obtener el valor de P_1 se interpola entre los límites.

[RPM]	POTENCIAS [HP]
1600	1.63

1720 P_1

1800 1.77

Entonces se obtiene $P_1 = 1.71 [Hp]$

Para realizar el cálculo final se necesitan dos factores de corrección. El primero es el factor C_2 que considera la longitud de la correa. Se obtiene de una tabla pequeña ubicada en la parte baja de la tabla (**ANEXO G**) correspondiente a la sección, se ingresa a ella por el número de correa o por la longitud.

C_2 : Factor de corrección que considera la longitud de la correa

Para obtener el valor de C_2 se interpola entre los límites.

Número de correa Factor de corrección (C_2)

55 0.9

57 C_2

60 0.98

Entonces se obtiene $C_2 = 0.93$

6) Cálculo de cantidad de correas necesarias

El último factor de corrección C_3 considera el arco de contacto entre la correa y las poleas que en definitiva limita la capacidad de transmisión ya que este es un sistema que trabaja por roce. Con los valores de D_p y d_p se consulta la tabla siguiente y se obtiene C_3 .

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

Tabla 10. Factor C_3

$(D_p-d_p)/C$	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40
Arco de contacto	180°	174°	169°	163°	157°	151°	145°	139°	133°	127°	120°	113°	106°	99°	91°
Factor de corrección	1.00	0.99	0.97	0.96	0.94	0.93	0.91	0.89	0.87	0.85	0.82	0.80	0.77	0.73	0.70

Fuente: Catálogo reflex de correas trapezoidales

Para obtener el valor de C_3 se interpola entre los límites.

Arco de contacto menor [°]	Factor de corrección (C_3)
133	0.87
138	C_3
139	0.89

Entonces se obtiene $C_3 = 0.89$

Se calcula:

$$Z = P_D / (C_2 * C_3 * P_1) \quad (27)$$

Z: Número de bandas

$$Z = 1.84$$

Donde Z se aproxima al entero superior. $Z = 2$

7) Velocidad de la banda

La velocidad debe ser lo mayor posible para disminuir la cantidad de correas necesarias en la transmisión pero nunca debe superar la velocidad máxima para que el efecto de la fuerza centrífuga no disminuya la capacidad tractiva de la correa.

$$v = \frac{0,052 * n_1 * D_p}{1000} \leq v_{max} \quad (28)$$

$$V = 31.75 \text{ [m/s]} \leq V_{max}$$

Donde:

$$v_{max} = 25 \dots 30 \text{ m/s para correa de perfil normal.}$$

$$v_{max} = 35 \dots 45 \text{ m/s para correa de perfil estrecho.}$$

8) Selección de poleas

Para seleccionarse se deben utilizar los catálogos disponibles, tomando en cuenta el diámetro primitivo, el tipo de banda y número de canales. **ANEXO H**

Diámetro primitivo [mm]	Tipo de banda	Número de canal	Marca
80	A	2	SPZ-3V
355	A	2	SPZ-3V

9) Calculo de tensiones de la banda

$$\alpha_2 = 180 + 57 * \left(\frac{D_P - d_P}{c_c} \right) \quad \text{Si } 57 * \left(\frac{D_P - d_P}{c_c} \right) = \beta \quad \text{en la polea motriz} \quad (29)$$

$$\alpha_2 = \theta = 180 + 2 * \beta \quad (30)$$

$$\alpha_2 = 264 [^\circ]$$

$$\beta = (\alpha_2 - 180)/2 \quad (31)$$

$$\beta = 42 [^\circ]$$

Dónde:

α_2 = Angulo de contacto en la polea mayor

f = Coeficiente de rozamiento entre la banda y la polea de 0 a 0.5 = 0.3

β = Ángulo de contacto de la banda en la polea donde se va a calcular las tensiones [rad].

α = Ángulo de garganta = 38° el rango es (34° a 40°)

La relación de tensiones para bandas trapecoidales está dada por medio de la siguiente ecuación:

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{\frac{f * \theta}{\text{Sen}(\alpha/2)}} \quad (32)$$

$$T_1 = 70.02T_2$$

POTENCIA

$$P_m = (T_1 - T_2) * V \quad (33)$$

En esta ecuación la potencia P_m, está en [WATTS] cuando la tensión está en [NEWTONS] y la velocidad de la banda en [m/s].

$$P_m = 1417 [W]$$

$$T_2 = 0.657 [N]$$

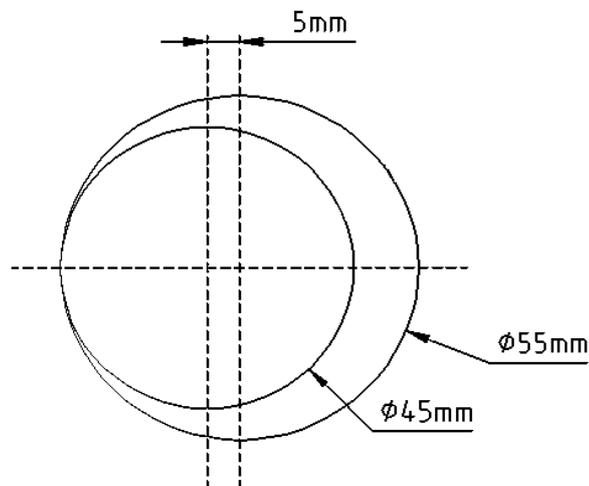
$$T_1 = 46.036 [N]$$

3.3 Diseño del eje1

Manivela

Para el diseño de la manivela se requiere de un análisis extenso, por lo cual analizando las alternativas de diseño y sobre todo de construcción se decidió que la función de la manivela la cumpla un eje excéntrico cumpliendo las necesidades del mecanismo que se necesita para la máquina .En la siguiente figura se puede apreciar la longitud y disposición del eje, para que cumpla con la función de la manivela:

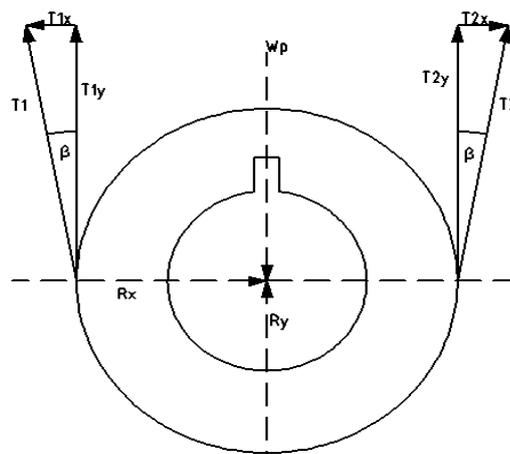
Figura 21. Eje excéntrico cumple la función de la manivela



Fuente: Autor

3.3.1 Cálculo de fuerzas actuantes en la polea mayor

Figura 22. Reacciones en la polea



Fuente: Autor

Peso de la polea mayor $W_p = 60$ [kg]

T_1, T_2 : Tensiones de la banda

$\beta = 42$ [°]

$$\sum F_x = 0$$

$$R_x = (T_1 - T_2)\text{sen}\beta \quad (34)$$

$$R_x = 30$$
 [N]

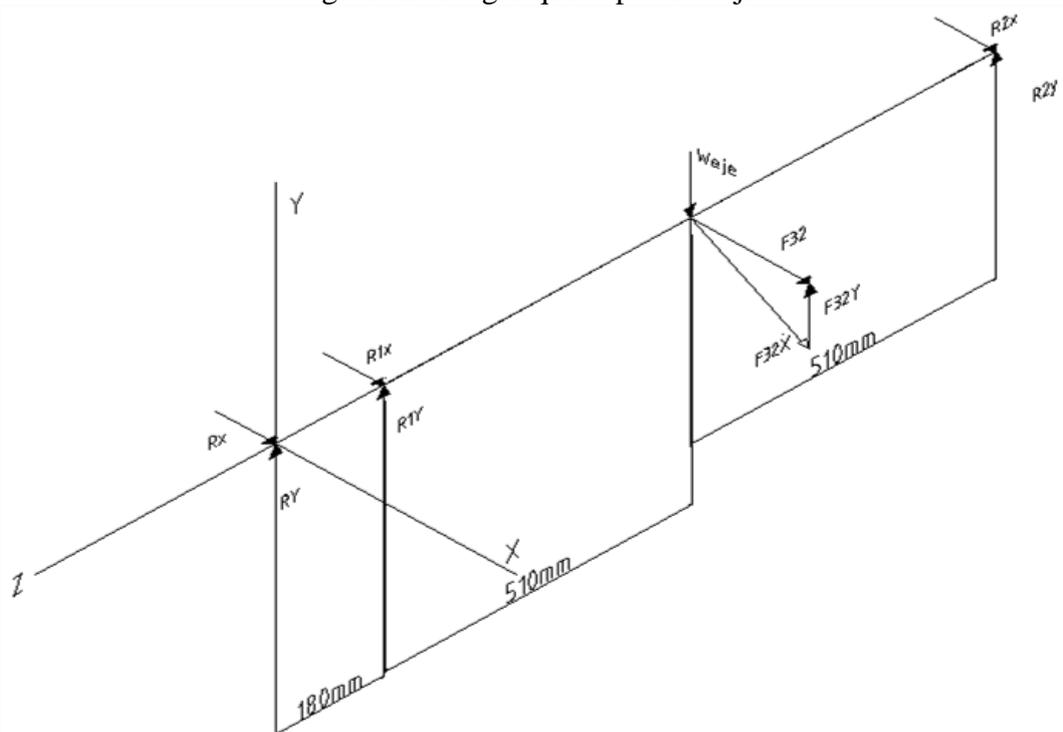
$$\sum F_y = 0$$

$$R_y = W_p - (T_1 + T_2)\text{cos}\beta \quad (35)$$

$$R_y = 26$$
 [N]

3.3.2 Cargas soportadas por el eje1

Figura 23. Cargas que soporta el eje1



Fuente: Autor

W_{eje1} : Peso del eje1 = 20 [kg]

F_{32} = Fuerza ejercida por la biela

$$R_x = 30$$
 [N]

$$R_y = 26$$
 [N]

3.3.3 Diagramas de fuerzas y momento del eje1

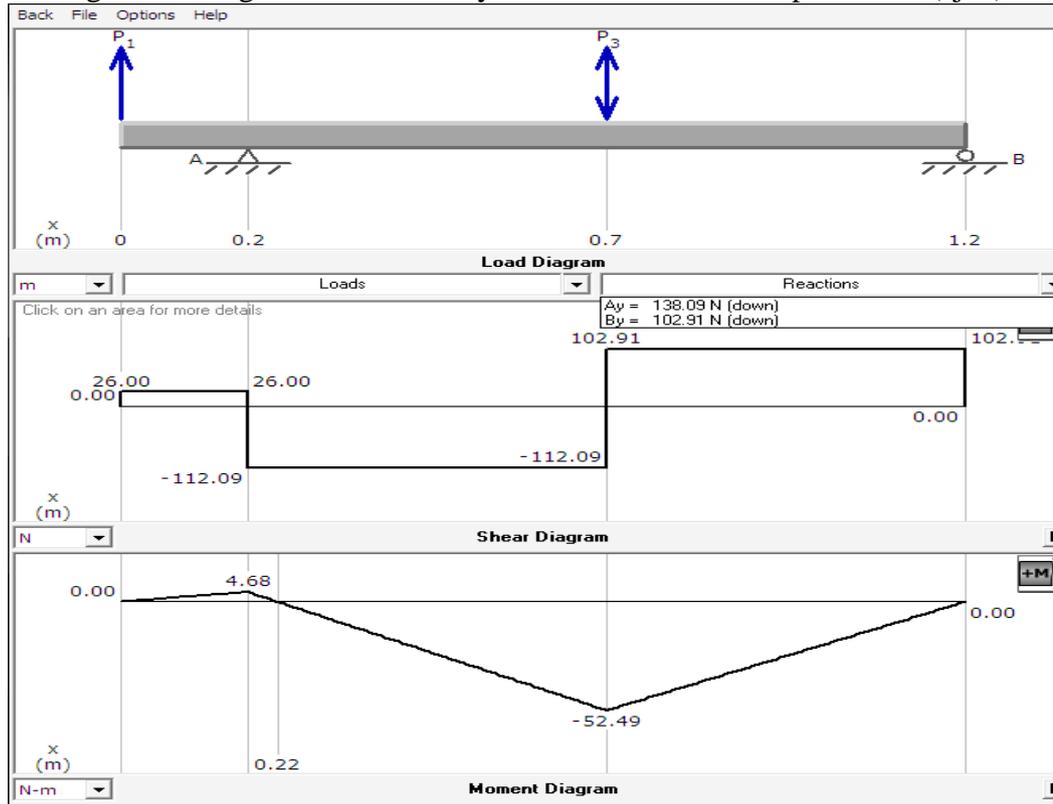
Plano YZ

$$P_1 = 26 \text{ [N]}$$

$$P_2 = 196 \text{ [N]}$$

$$P_3 = 411 \text{ [N]}$$

Figura 24. Diagrama de cortante y momento flector en el plano YZ (eje1)



Fuente: (Programa Mdsolid 3.5)

Reacciones que se producen en los apoyos A y B.

Reacciones:

$$R_a = 138 \text{ [N]}$$

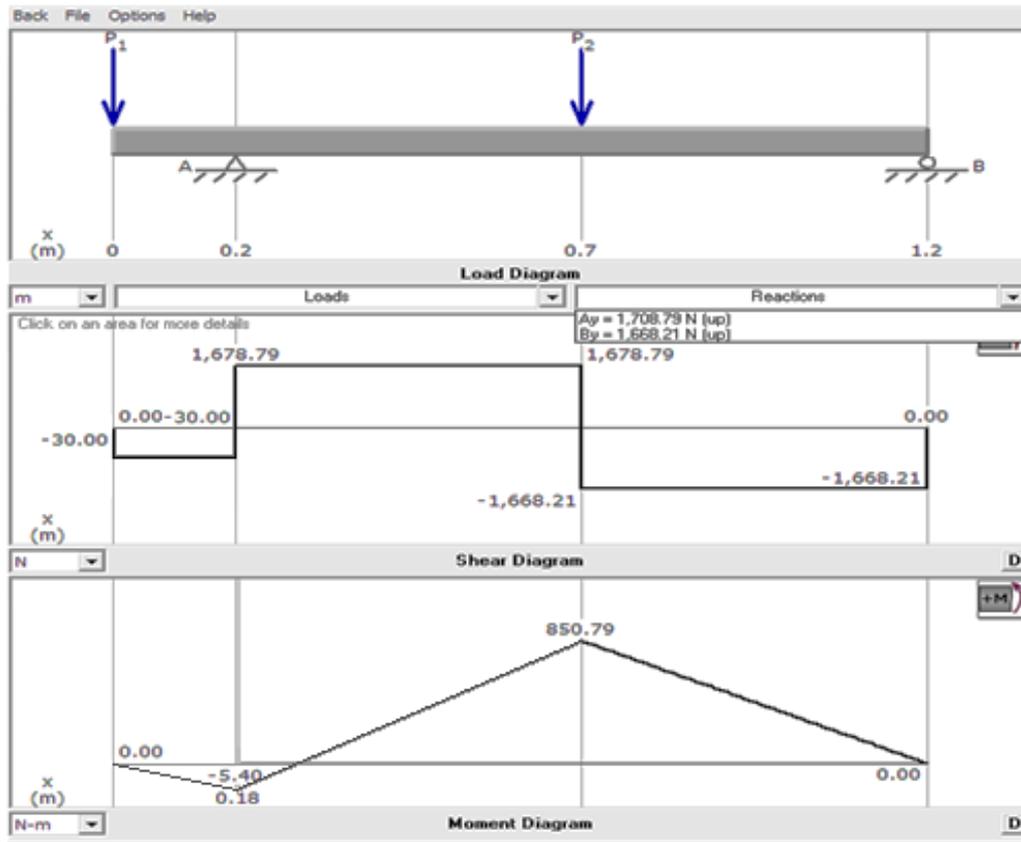
$$R_b = 103 \text{ [N]}$$

Plano XZ cargas:

$$P_1 = 30 \text{ [N]}$$

$$P_2 = 3347 \text{ [N]}$$

Figura 25. Diagrama de cortante y momento flector en el plano XZ (eje1)



Fuente: (Programa Mdsolid 3.5)

Reacciones que se producen en los apoyos A y B.

Reacciones:

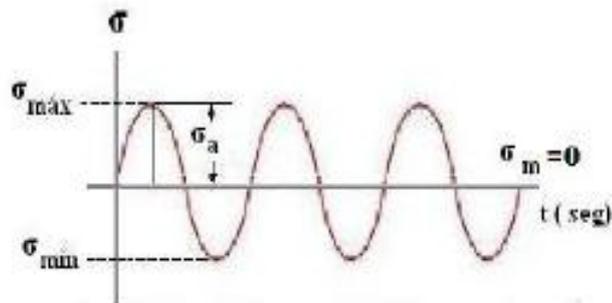
$$R_a = 1708.79 \text{ [N]}$$

$$R_b = 138.21 \text{ [N]}$$

3.3.4 Diseño del eje1 a fatiga

Análisis de fluctuación: la inversión es completa y el torque es constante.

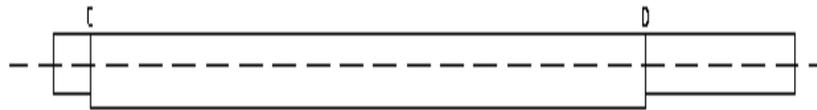
Figura 26. Fluctuaciones de carga sobre el eje





Fuente: J.E. Shigley L.R. Mitchell – Diseño en Ingeniería Mecánica- Cuarta Edición – Pág. 196.

Figura 27. Sección crítica del eje1



Fuente: Autor

Sección C

$$M_{yz} = 6.17 \text{ [N]}$$

$$M_{xz} = 100 \text{ [N]}$$

En la sección C es el más crítico por cambio de secciones.

Existen esfuerzos combinados por torsión y flexión.

M = Momento resultante

$$M = \sqrt{M_{YZ}^2 + M_{XZ}^2} \quad (36)$$

$$M = 100 \text{ [N.m]}$$

Primera aproximación del diámetro del eje 1 adecuado.

$$d = 45 \text{ [mm]}$$

Según la ecuación de GOODMAN

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n} \quad (37)$$

Esfuerzos equivalentes:

$$\sigma_{eqa} = \sqrt{\sigma_a^2 + 3\tau_a^2} = \sqrt{(\sigma_{a\text{trac}} + \sigma_{a\text{flex}})^2 + 3(\tau_{a\text{orte}} + \tau_{a\text{torsión}})^2} = \sigma_{fa} \quad (38)$$

$$\sigma_{eqm} = \sqrt{\sigma_m^2 + 3\tau_m^2} = \sqrt{(\sigma_{m\text{rac}} + \sigma_{m\text{flex}})^2 + 3(\tau_{m\text{orte}} + \tau_{m\text{torsión}})^2} = \sqrt{3} \cdot \tau_{m\text{torsión}} \quad (39)$$

Se tiene como material acero AISI 1018.

$$S_{ut} = 58 \text{ [kpsi]} = 399556355 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

S_{ut} = Resistencia a tensión

El límite de fatiga está dado por la ecuación de Marin:

$$S_e = k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_g \cdot k_e \cdot S_e' \quad (40)$$

Dónde:

S_e = Límite de resistencia a la fatiga del elemento mecánico

S_e' = Límite de resistencia a la fatiga medio

k_a = Factor de superficie

k_b = Factor de tamaño

k_c = Factor de confiabilidad

k_d = Factor de temperatura

k_g = Factor de temperatura -aparatos quirúrgicos (casi siempre es de 1 o 0.9)

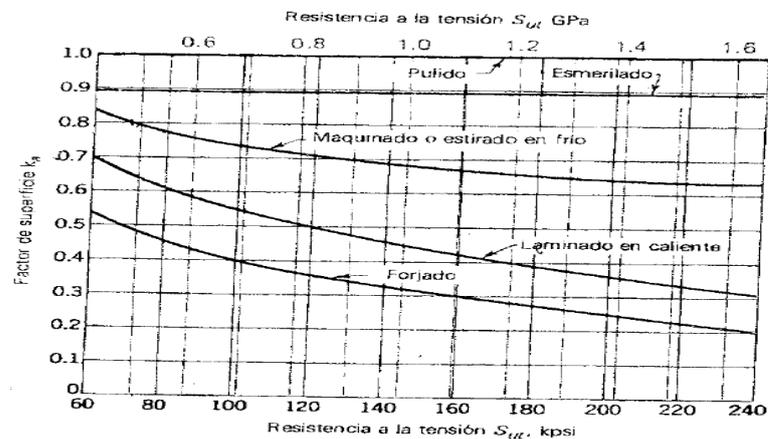
k_e = Factor de concentración de esfuerzos

$$S_e' = 0.5 \text{ sut} \quad (41)$$

$$S_e' = 29 \text{ [kpsi]}$$

$k_a = 0,7$ para maquinado y $S_{ut} = 58 \text{ [Kpsi]}$

Figura 28. Factores de modificación de acabado superficial k_a , para el acero



Fuente: J.E. Shigley L.R. Mitchell – Diseño en Ingeniería Mecánica- Cuarta Edición –

Pág. 419.

$$k_b \begin{cases} 0,869d^{-0,097} & 0.3 \text{ [in]} < d \leq 10 \text{ [in]} \\ 1 & d \leq 0.3 \text{ [in]} \text{ o bien } d \leq 8 \text{ [mm]} \\ 1,189d^{-0,097} & 8 \text{ [mm]} < d \leq 250 \text{ [mm]} \end{cases}$$

$$K_b = 1.189d^{-0.097} = 1.189(45)^{-0.097} = 0.82 \quad (42)$$

$k_c = 0,814$ para $R = 99\%$

Figura 29. Factores de confiabilidad k_c , correspondientes a una desviación estándar de 8% del límite de fatiga

Confiabilidad R	Variable estandarizada z_R	Factor de confiabilidad k_c
0.50	0	1.000
0.90	1.288	0.897
0.95	1.645	0.868
0.99	2.326	0.814
0.999	3.091	0.753
0.9999	3.719	0.702
0.99999	4.265	0.659
0.999999	4.753	0.620
0.9999999	5.199	0.584
0.99999999	5.612	0.551
0.999999999	5.997	0.520

Fuente: J.E. Shigley L.R. Mitchell – Diseño en Ingeniería Mecánica- Cuarta Edición – Pág. 319.

$$k_d = \begin{cases} 1, 0 & T \leq 450 \text{ [}^\circ\text{C]} \text{ (840[}^\circ\text{F])} \\ 1-5,8(10)^{-3}(T-450) & 450 \text{ }^\circ\text{C} < T \leq 550 \text{ [}^\circ\text{C]} \\ 1-3,2(10)^{-3}(T-840) & 840 \text{ }^\circ\text{F} < T \leq 1020 \text{ [}^\circ\text{F]} \end{cases}$$

$$k_d = k_g = 1$$

De acuerdo con datos experimentales en los aceros, el límite de fatiga permanece más o menos constante entre la temperatura “ambiente” y 450 [°C], y comienza a reducirse rápidamente por encima de este valor.

$$k_e = 1/ k_f \quad (43)$$

$$k_f = q (k_t-1)+1 \quad (44)$$

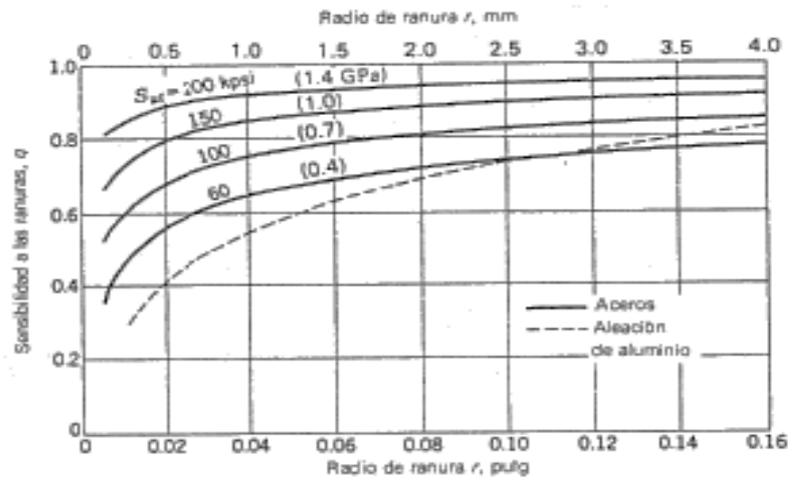
Dónde:

K_f = Coeficiente de mayoración de esfuerzos

q = Coeficiente de sensibilidad de ranura

K_t = Factor por configuración geométrica del elemento (va de 0 a 3)

Figura 30. Sensibilidad a las ranuras



Fuente: J.E. Shigley L.R. Mitchell – Diseño en Ingeniería Mecánica- Cuarta Edición –
Pág. 324.

Radio de ranura:

$$r = 0.08 \text{ [in]}$$

$$q = 0.7$$

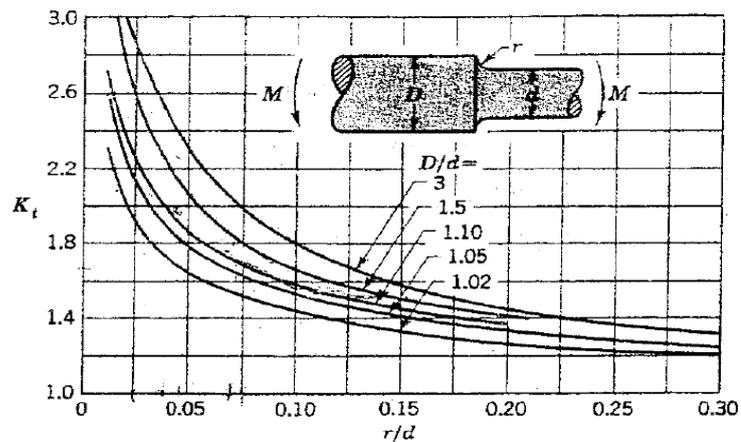
$$r/d = 0.08 \text{ [in]}/1.17 \text{ [in]} = 0.045$$

$$D/d = 5.5/4.5 = 1.22$$

$$K_t = 1.9$$

$$K_e = 0.61$$

Figura 31. Factor de configuración geométrica de elemento



Fuente: J.E. Shigley L.R. Mitchell – Diseño en Ingeniería Mecánica- Cuarta Edición –
Pág. 886.

Reemplazando todos estos factores en la ecuación de Marín se tienen.

$$S_e = 8.33 \text{ [kpsi]}$$

$$S_e = 57398842 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

Esfuerzo debido a la flexión:

$$\sigma_{eqa} = \frac{MC}{I} = \frac{32M}{\pi d^3} = 11177963 \text{ [N/m}^2\text{]} \quad (45)$$

Esfuerzo tangencial debido a la torsión:

$$T_{mtorsión} = \frac{16.\tau}{\pi d^3} = 941240 \text{ [N/m}^2\text{]} \quad (46)$$

$$\sigma_{eqm} = \sqrt{3} \cdot \frac{16.\tau}{\pi d^3} = 1630276 \text{ [N/m}^2\text{]} \quad (47)$$

Reemplazando en la ecuación de Goodman y despejando n (coeficiente de seguridad del eje) se tiene.

n = 5 ok! Es aceptable.

Porque n > 1 el diseño es adecuado recomendado por (SHIGLEY, J. Diseño en Ingeniería Mecánica).

3.4 Diseño del eje2

Para el diseño del eje2 se realiza los mismos pasos que hizo para el eje1.

Esfuerzos equivalentes:

$$\sigma_{eqa} = \sqrt{\sigma_a^2 + 3\tau_a^2} = \sqrt{(\sigma_{ntrac} + \sigma_{aflex})^2 + 3(\tau_{ccorte} + \tau_{atorsión})^2} = \sigma_{fa} \quad (48)$$

$$\sigma_{eqm} = \sqrt{\sigma_m^2 + 3\tau_m^2} = \sqrt{(\sigma_{ntrac} + \sigma_{mflex})^2 + 3(\tau_{mcorte} + \tau_{mtorsión})^2} = \sqrt{3} \cdot \tau_{mcorte} \quad (49)$$

Esfuerzo debido a la flexión:

$$\sigma_{eqa} = \frac{MC}{I} = \frac{32M}{\pi d^3} \quad (50)$$

Esfuerzo tangencial debido a corte

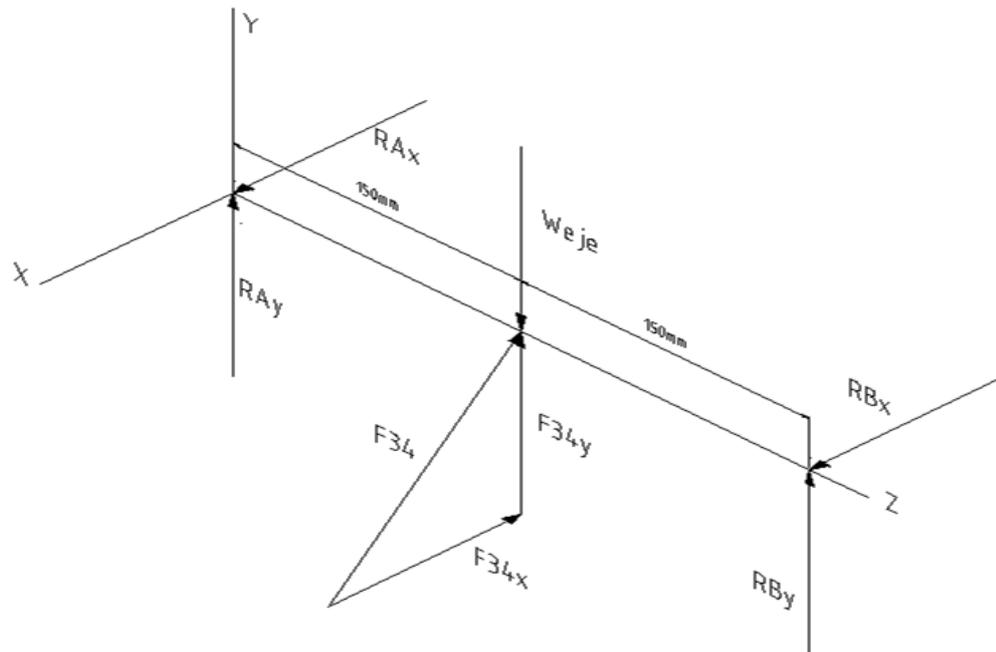
$$T_{corte} = \frac{V}{A} = \frac{4V}{\pi d^2} \quad (51)$$

$$\sigma_{eqm} = \sqrt{3} \cdot \frac{4V}{\pi d^2} \quad (52)$$

V = Fuerza cortante

3.4.1 Cargas soportadas por el eje2

Figura 32. Cargas que soporta el eje2



Fuente: Autor

W_{eje2} : Peso del eje2 = 4 [kg]

F_{34} = Fuerza ejercida por la biela

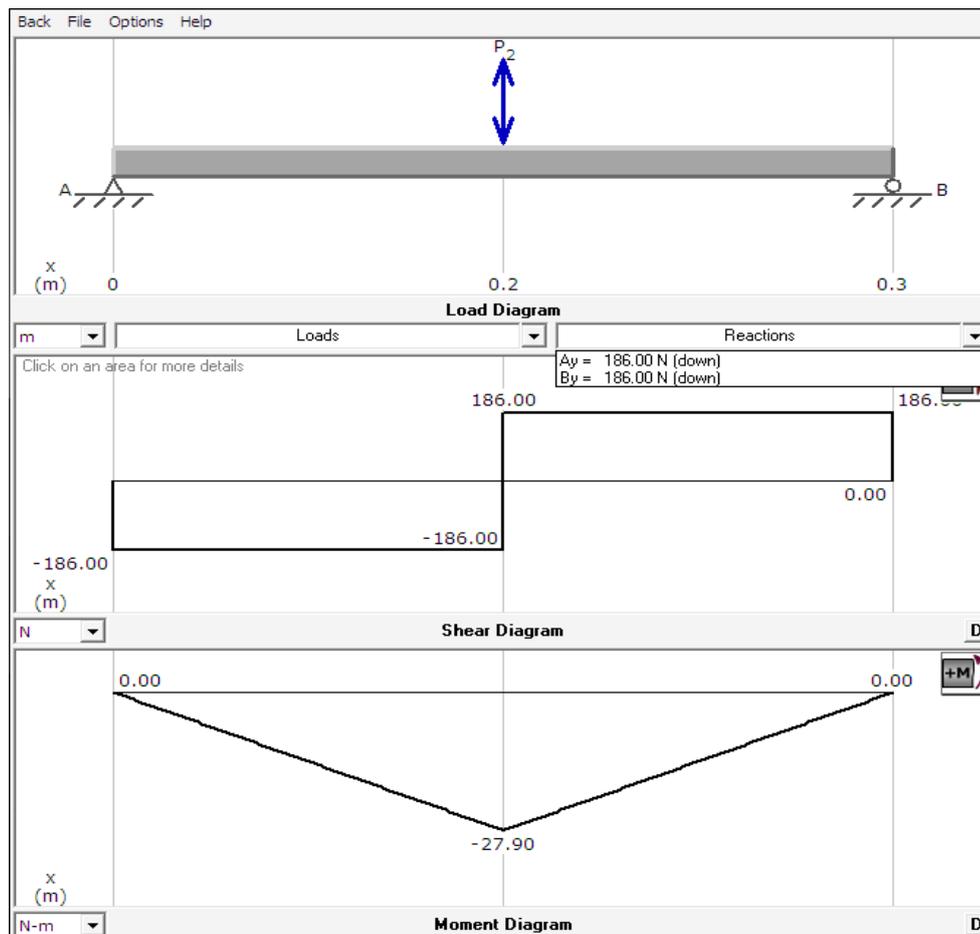
3.4.2 Diagramas de fuerzas y momento del eje2

Plano YZ

$P_1 = 39$ [N]

$P_2 = 411$ [N]

Figura 33. Diagrama de cortante y momento flector en el plano YZ (eje 2)



Fuente: (Programa Mdsolid 3.5)

Reacciones que se producen en los apoyos A y B.

Reacciones:

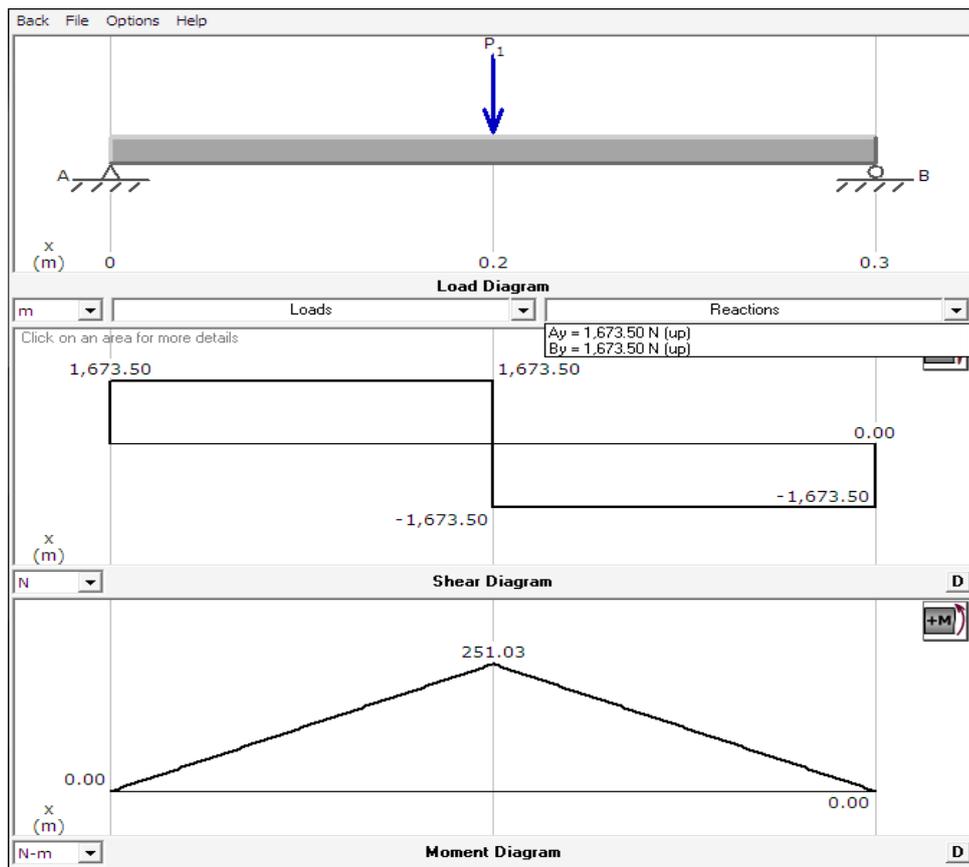
$$R_a = 186 \text{ [N]}$$

$$R_b = 186 \text{ [N]}$$

Plano XZ cargas:

$$P_1 = 3347 \text{ [N]}$$

Figura 34. Diagrama de cortante y momento flector en el plano XZ (eje2)



Fuente: (Programa Mdsolid 3.5)

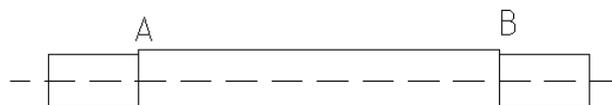
Reacciones que se producen en los apoyos A y B.

Reacciones:

$$R_a = 1673.50 \text{ [N]}$$

$$R_b = 1673.50 \text{ [N]}$$

Figura 35. Sección crítica del eje2



Fuente: Autor

Sección A "O" B

$$M_{yz} = 9 \text{ [N]}$$

$$M_{xz} = 84 \text{ [N]}$$

En la sección es el más crítico por cambio de secciones.

Existen esfuerzos combinados por corte y flexión.

Momento resultante:

$$M = \sqrt{M_{YZ}^2 + M_{XZ}^2} \quad (53)$$

$$M = 85 \text{ [N.m]}$$

Análisis a fatiga:

Acero	AISI 1018		
$S_{ut} =$	58 [kpsi]	$= 399556355 \text{ [N/m}^2\text{]}$	
$K_a =$	0.7		
$K_b =$	0.85		
$K_c =$	0.814	$R =$	99 [%]
$K_d =$	1	$d =$	30 mm = 1.18 in
$K_g =$	1	$D =$	35 [mm]
$q =$	0.7		
$r =$	0.1 [in]	$S_e' =$	0.5 sut
$r/d =$	0.085	$S_e' =$	29 [kpsi]
$D/d =$	1.17		
$K_t =$	1.7		
$K_e =$	0.67	$M =$	85 [N.m]
$S_e =$	9.48 [kpsi]	$V =$	3347 [N]
$S_e =$	65310847 [N/m ²]		
		$d =$	0.03 [m]
$T_{corte} =$	4735037 [N/m ²]		
$\sigma_{flex} =$	32066780 [N/m ²]		
$\sigma_a =$	32066780 [N/m ²]		
$\sigma_m =$	8201325 [N/m ²]		
$n =$	2		Ok! Es aceptable

Porque $n > 1$ el diseño es adecuado recomendado por (SHIGLEY, J. Diseño en Ingeniería Mecánica).

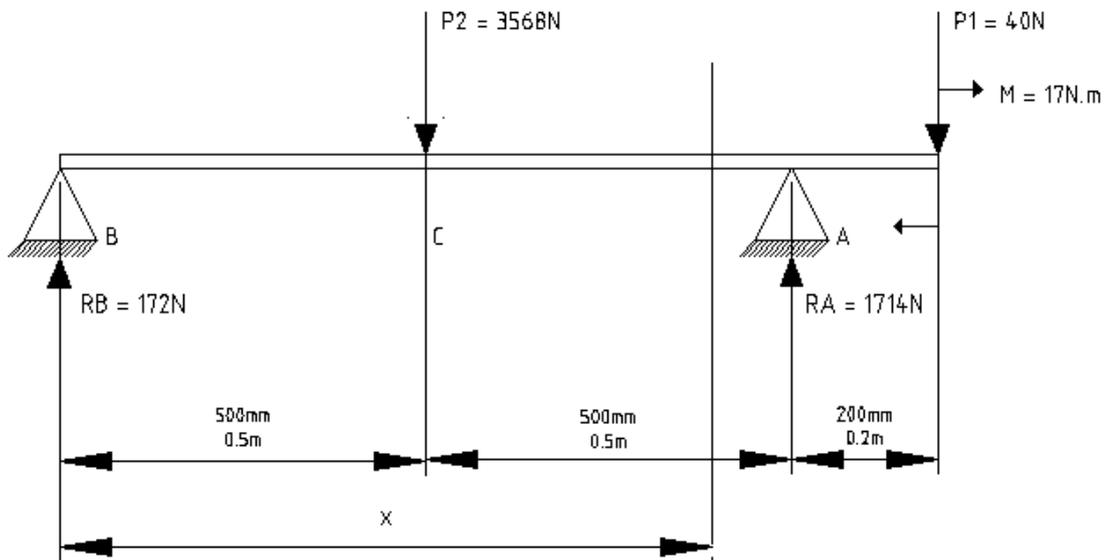
3.4.3 Cálculo de las deformaciones en los ejes. Para calcular las deformaciones en cada uno de los ejes se utiliza el método de ecuaciones universales.

Deformación permisible (Dato tomado de IVANOV, M. N. Elementos de Máquinas.)

$[Y] = (0.0002...0.0003) L$, donde L es la distancia entre apoyos.

$$[\Theta] = 0.01 \text{ rad}$$

Figura 36. Deformación en el eje 1



Fuente: Autor

Ecuación para calcular la flecha:

$$EI_x \theta = EI_x \theta_0 + \sum M(x - a) + \sum \frac{P}{2}(x - b)^2 + \sum \frac{q}{6}(x - c)^3$$

Ecuación para calcular ángulo de giro:

$$EI_x Y = EI_x Y_0 + EI_x \theta_0 X + \sum \frac{M}{2}(x - a)^2 + \sum \frac{P}{6}(x - b)^3 + \sum \frac{q}{24}(x - c)^4$$

Momento de inercia:

$$I_x = \frac{\pi D^4}{64}$$

$$D = 45 \text{ mm} = 0.045 \text{ m}$$

$$I_x = \frac{\pi(0.045)^4}{64}$$

$$I_x = 201,288 \times 10^{-9} \text{ m}^4$$

$$D = 55 \text{ mm} = 0.055 \text{ m}$$

$$I_x = \frac{\pi(0.055)^4}{64}$$

$$I_x = 449,18 \times 10^{-9} \text{ m}^4$$

Módulo de elasticidad:

$$E = 207 \text{ GPa}$$

Para punto B

$$\text{Para } X = 0 \quad \left\{ \begin{array}{l} Y = 0 \\ \Theta \neq 0 \end{array} \right.$$

Angulo de giro:

$$EI_x \theta = -\frac{3568}{2} (0 - 0.5)^2 = -446 \text{ N} \cdot \text{m}^2$$

$$\theta = -\frac{446 \text{ N} \cdot \text{m}^2}{EI_x}$$

$$\theta = -\frac{446 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{m}^2}{207 \times 10^9 \text{ N} \cdot 201,288 \times 10^{-9} \text{ m}^4}$$

$$\Theta = -0.01 \text{ rad}$$

Para punto A

$$\text{Para } X = 1 \quad \left\{ \begin{array}{l} Y = 0 \\ \Theta \neq 0 \end{array} \right.$$

Angulo de giro:

$$EI_x \theta = \frac{172}{2} (1 - 0)^2 - \frac{3568}{2} (1 - 0.5)^2 = -360 \text{ N} \cdot \text{m}^2$$

$$\theta = -\frac{360 \text{ N} \cdot \text{m}^2}{EI_x}$$

$$\theta = -\frac{360 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{m}^2}{207 \times 10^9 \text{ N} \cdot 201,288 \times 10^{-9} \text{ m}^4}$$

$$\Theta = -0.0086 \text{ rad}$$

Flecha:

$$0 = 0 + EI_x \theta_0 \cdot 1 + \frac{172}{6} (1 - 0)^3 - \frac{3568}{6} (1 - 0.5)^3$$

$$EI_x \theta_0 = 45 \text{ N} \cdot \text{m}^2$$

Para punto C (X = 0.5m)

Angulo de giro:

$$EI_x \theta = 45 + \frac{172}{2} (0.5 - 0)^2 - \frac{3568}{2} (0.5 - 0.5)^2 = 67 \text{ N} \cdot \text{m}^2$$

$$\theta = \frac{67 \text{ N} \cdot \text{m}^2}{EI_x}$$

$$\theta = \frac{67 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{m}^2}{207 \times 10^9 \text{ N} \cdot 449,18 \times 10^{-9} \text{ m}^4}$$

$$\Theta = 0.0007 \text{ rad}$$

$$\Theta \leq [\Theta]$$

$0.0007 \leq 0.01$ (rad) Recomienda (IVANOV, M. N. Elementos de Máquinas.) que el ángulo de giro calculada sea menor o igual que el ángulo de giro permisible como se observa se cumple la condición.

Flecha:

$$EI_x Y = 0 + EI_x \theta_0 \cdot 0,5 + \frac{172}{6} (0,5 - 0)^3 - \frac{3568}{6} (0,5 - 0,5)^3$$

$$EI_x Y = 45 \cdot 0,5 + 4 = 26,5 \text{ N} \cdot \text{m}^3$$

$$Y = \frac{26,5 \text{ N} \cdot \text{m}^3}{EI_x}$$

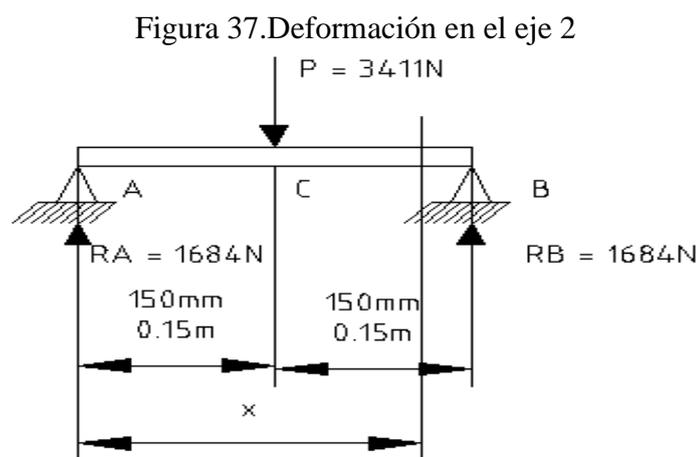
$$Y = \frac{26,5 \text{ N} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{m}^2}{207 \times 10^9 \text{ N} \cdot 449,18 \times 10^{-9} \text{ m}^4}$$

$$Y = 0.0002 \text{ m}$$

$$Y \leq [Y]$$

$0.0002 \leq 0.0003$ (m) Recomienda (IVANOV, M. N. Elementos de Máquinas.) que la flecha calculada sea menor o igual que la flecha permisible como se observa se cumple la condición.

Para el cálculo de la flecha y el ángulo de giro en el eje 2 se realiza el mismo procedimiento que se realizó para el eje 1.



Fuente: Autor

Momento de inercia:

$$I_x = \frac{\pi D^4}{64}$$

$$D = 30\text{mm} = 0.030\text{m}$$

$$I_x = \frac{\pi(0.030)^4}{64}$$

$$I_x = 39.760 \times 10^{-9} \text{m}^4$$

$$D = 35\text{mm} = 0.035\text{m}$$

$$I_x = \frac{\pi(0.035)^4}{64}$$

$$I_x = 73.66 \times 10^{-9} \text{m}^4$$

Para punto A

$$\text{Para } X = 0 \quad \left\{ \begin{array}{l} Y = 0 \\ \Theta \neq 0 \end{array} \right.$$

Angulo de giro:

$$EI_x \theta = \frac{1684}{2} (0 - 0)^2 - \frac{3411}{2} (0 - 0.15)^2 = -38 \text{ N} \cdot \text{m}^2$$

$$\theta = -\frac{38 \text{ N} \cdot \text{m}^2}{EI_x}$$

$$\theta = -\frac{38 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{m}^2}{207 \times 10^9 \text{ N} \cdot 39.760 \times 10^{-9} \text{m}^4}$$

$$\Theta = -0.0046 \text{ rad}$$

Para punto B

$$\text{Para } X = 0.3 \quad \left\{ \begin{array}{l} Y = 0 \\ \Theta \neq 0 \end{array} \right.$$

Angulo de giro:

$$EI_x \theta = \frac{1684}{2} (0.3 - 0)^2 - \frac{3411}{2} (0.3 - 0.15)^2 = 38 \text{ N} \cdot \text{m}^2$$

$$\theta = \frac{38 \text{ N} \cdot \text{m}^2}{EI_x}$$

$$\theta = \frac{38 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{m}^2}{207 \times 10^9 \text{ N} \cdot 201,288 \times 10^{-9} \text{m}^4}$$

$$\Theta = 0.0046 \text{ rad}$$

Flecha:

$$0 = 0 + EI_x \theta_0 \cdot 0,3 + \frac{1684}{6} (0,3 - 0)^3 - \frac{3411}{6} (0,3 - 0,15)^3$$

$$EI_x \theta_0 = -20 \text{ N} \cdot \text{m}^2$$

Para punto C (X = 0.15m)

Angulo de giro:

$$EI_x \theta = -20 + \frac{1684}{2} (0,15 - 0)^2 - \frac{3411}{2} (0,15 - 0,15)^2 = -1 \text{ N} \cdot \text{m}^2$$

$$\theta = -\frac{1 \text{ N} \cdot \text{m}^2}{EI_x}$$

$$\theta = -\frac{1 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{m}^2}{207 \times 10^9 \text{ N} \cdot 73,66 \times 10^{-9} \text{ m}^4}$$

$$\theta = -0,00006 \text{ rad}$$

$$\theta \leq [\theta]$$

-0.00006 ≤ 0.01 (rad) Recomienda (IVANOV, M. N. Elementos de Máquinas.) que el ángulo de giro calculada sea menor o igual que el ángulo de giro permisible como se observa se cumple la condición.

Flecha:

$$EI_x Y = 0 + EI_x \theta_0 \cdot 0,15 + \frac{1684}{6} (0,15 - 0)^3 - \frac{3411}{6} (0,15 - 0,15)^3$$

$$EI_x Y = -20 \cdot 0,15 + 1 = -2 \text{ N} \cdot \text{m}^3$$

$$Y = -\frac{2 \text{ N} \cdot \text{m}^3}{EI_x}$$

$$Y = -\frac{2 \text{ N} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{m}^2}{207 \times 10^9 \text{ N} \cdot 73,66 \times 10^{-9} \text{ m}^4}$$

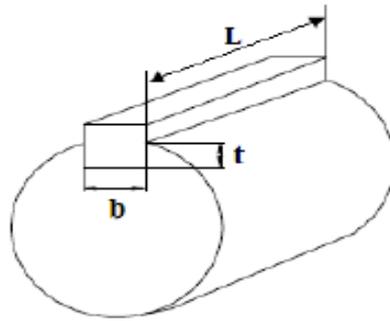
$$Y = -0,0001 \text{ m}$$

$$Y \leq [Y]$$

-0.0001 ≤ 0.0003 (m) Recomienda (IVANOV, M. N. Elementos de Máquinas.) que la flecha calculada sea menor o igual que la flecha permisible como se observa se cumple la condición.

3.5 Diseño de la chaveta

Figura 38. Dimensión de la chaveta



Fuente: AutoCAD 2012

Como la polea conducida es solidaria al eje, esto se logra gracias a una chaveta, la cual se instala dentro de una ranura axial maquinada en el eje denominada chavetero, mientras que la parte externa de la chaveta va alojada en otra ranura realizada en la polea la cual se denomina asiento de la chaveta.

Lo primero que se realiza es la selección de la chaveta en base al diámetro del eje, lo cual se realiza empleando la Tabla mostrada en el **ANEXO I**.

A continuación se indican las dimensiones de la chaveta y chavetero para el eje cuyo diámetro es de 45 [mm] obtenido en el **ANEXO I**.

Sección de la chaveta: $b \times h = 14 \times 9$

Chavetero en el eje: 5.5 [mm]

Chavetero en el cubo: 3.8 [mm]

Una vez dimensionada la sección de la chaveta se procede a determinar su longitud, de manera que se indica a continuación:

Material: Acero A36 límite de fluencia $S_y = 25.31$ [kgf/mm²]

$$L_c = \frac{4.T.n}{D.H_c.S_y} \quad (54)$$

Dónde.

T: Torque necesario para mover la mesa [kgf.mm]

n: Coeficiente de seguridad

D: Diámetro del eje

H_c : Altura de la chaveta

S_y : Límite de fluencia

$$L_c = \frac{4 \cdot 29180(\text{kgf} \cdot \text{mm}) \cdot 3}{45(\text{mm}) \cdot 9(\text{mm}) \cdot 25.31(\text{kgf}/\text{mm}^2)} = 35 \text{ [mm]}$$

3.6 Verificación de los tamices

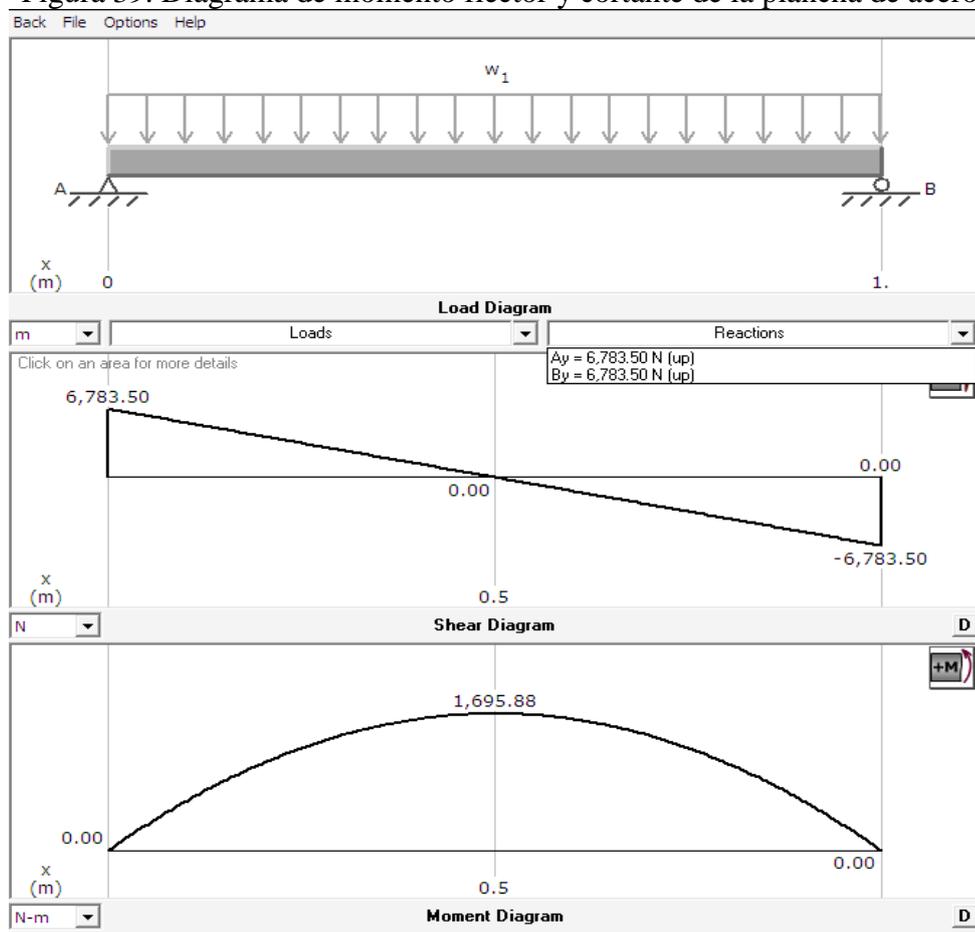
$$\text{Presion de la plancha de acero} = \frac{\text{Carga estática del maíz}}{\text{Area de la plancha}} \quad (55)$$

$$P_a = \frac{(3378[\text{kg}])(9.8[\text{m}/\text{s}^2])}{(2.44[\text{m}])(1[\text{m}])} = 13567 \frac{[\text{N}]}{[\text{m}^2]}$$

Carga distribuida sobre el ancho de la plancha

$$q_{dp} = 13567 \frac{[\text{N}]}{[\text{m}^2]} \cdot 1 [\text{m}] = 13567 \frac{[\text{N}]}{[\text{m}]}$$

Figura 39. Diagrama de momento flector y cortante de la plancha de acero



Fuente: (Programa Mdsolid 3.5)

S_y = Límite de fluencia = 250 [MPa] (A36-DIPAC)

h_p = Espesor de la plancha = 2 [mm]

b = Base de la plancha = 1 [m]

M = Momento máximo = 1695.88 [N.m]

$$\sigma_{flex} = \frac{6.M}{b.h_p^2} \quad (56)$$

$$\sigma_{flex} = \frac{6 * 1695.88}{1 * (0.002)^2}$$

$$\sigma_{flex} = 2543820000 \frac{[N]}{[mm^2]}$$

$$\sigma_{flex} = \frac{s_y}{n} \tag{57}$$

$$n = \frac{s_y}{\sigma_{flex}} = \frac{250 \times 10^6}{2543820000} = 0.1 \text{ No es aceptable.}$$

Porque $n < 1$ el diseño es inadecuado y necesita un rediseño (SHIGLEY, J. Diseño en Ingeniería Mecánica).

Para solucionar este problema se procede a poner un ángulo de 4x3 [mm] a la plancha a una distancia de 33 [cm] y por lo tanto el coeficiente de seguridad es de 1 que es aceptable.

$$\sigma_{flex} = \frac{6 * 1695.88}{1 * (0.005)^2}$$

$$\sigma_{flex} = 407011200 \frac{[N]}{[mm^2]}$$

$$n = \frac{s_y}{\sigma_{flex}} = \frac{250 \times 10^6}{407011200} = 1.1 \text{ Ok! Es aceptable.}$$

Porque $n > 1$ el diseño es adecuado recomendado por (SHIGLEY, J. Diseño en Ingeniería Mecánica).

3.7 Diseño de la bancada

Peso que soporta el perfil de la bancada.

La carga que soporta el perfil viene dada por la siguiente ecuación.

Peso total que soporta la bancada:

$P_t = \text{Peso del maíz} + \text{Peso de la mesa}$

Peso del maíz = 3333 [kg]

Peso del motor = 22 [kg]

Peso del eje y chumaceras = 24 [kg]+5 [kg]

Peso de poleas y otros = 8 [kg]

Peso de la mesa = 216 [kg]

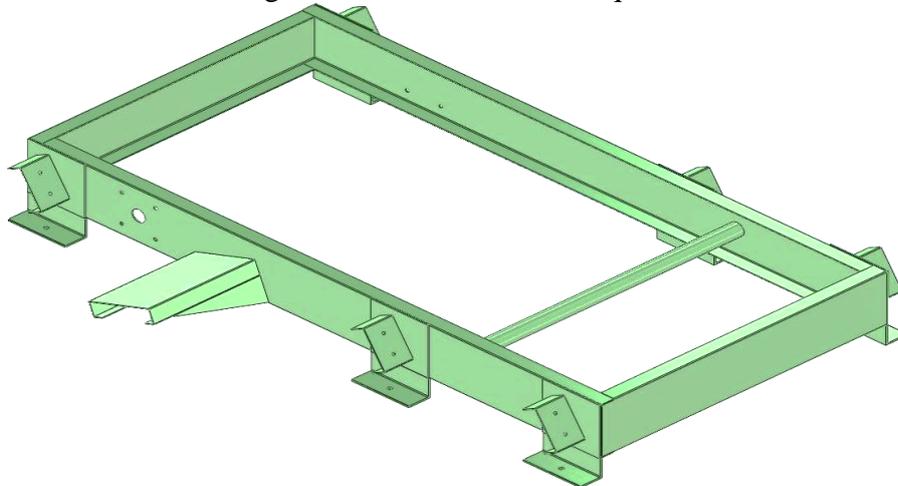
$P_t = 3608$ [kg]

$L_b = \text{Largo de la bancada} = 2$ [m]

Ancho de la bancada = 1 [m]

3.7.1 Selección del perfil adecuado

Figura 40. Bancada de la máquina



Fuente: Autor

$$q_s = \frac{P_t}{A} = \frac{3608[\text{kg}]}{2[\text{m}] * 1[\text{m}]} = 1804 \frac{[\text{kg}]}{[\text{m}^2]} \quad (58)$$

Dónde:

q_s = Carga superficial

A = Área de la bancada

Carga distribuida de la bancada:

$$W_b = q * \text{Ancho de la bancada} = 1804 \frac{[\text{kg}]}{[\text{m}^2]} * 1[\text{m}] = 1804 \frac{[\text{kg}]}{[\text{m}]} \quad (59)$$

$$W_b = 1804 \frac{[\text{kg}]}{[\text{m}]} * \frac{9.8[\text{N}]}{[\text{kg}]} = 17679.2 \frac{[\text{N}]}{[\text{m}]}$$

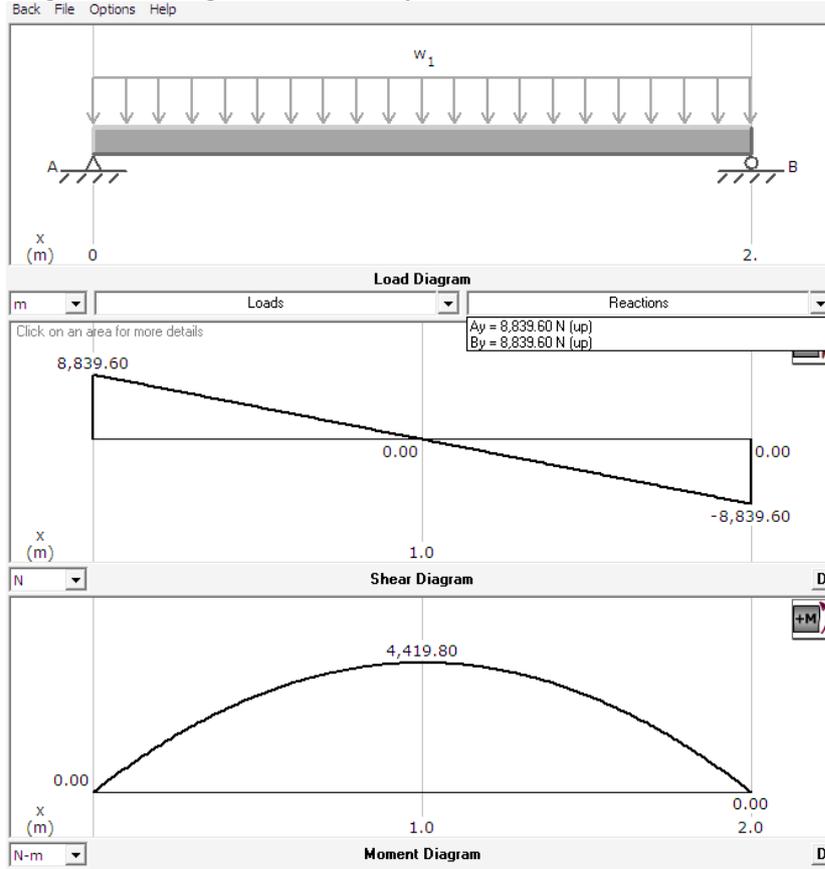
$$W_b = \frac{17679.2 [\text{N}]}{2 [\text{m}]} = 8839.6 \frac{[\text{N}]}{[\text{m}]}$$

Carga puntual:

$$P_v = W_b * L_b = 1804 \frac{[\text{kg}]}{[\text{m}]} * 2 [\text{m}] = 3608 [\text{kg}] \quad (60)$$

Para dimensionar la viga se considera el peso total que está distribuida uniformemente en toda la viga de mayor longitud por lo tanto se realiza el diseño para una viga simplemente apoyada.

Figura 41. Diagrama cortante y momento flector de la bancada



Fuente: (Programa Mdsolid 3.5)

$$S = \frac{M_{max} * 1.67}{S_y} \quad (61)$$

Dónde:

S = Módulo de inercia

S_y = Límite de fluencia

M_{max} = Momento máximo

$S_y = 2531 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$ Acero A36

$$S = \frac{4419.80 \text{ [N.m]} * 1.67 * \text{[cm}^2\text{]} * 1 \text{ [kg]} * 100 \text{ [cm]}}{2531 \text{ [kg]} * 9.8 \text{ [N*m]}} = 30 \text{ [cm}^3\text{]}$$

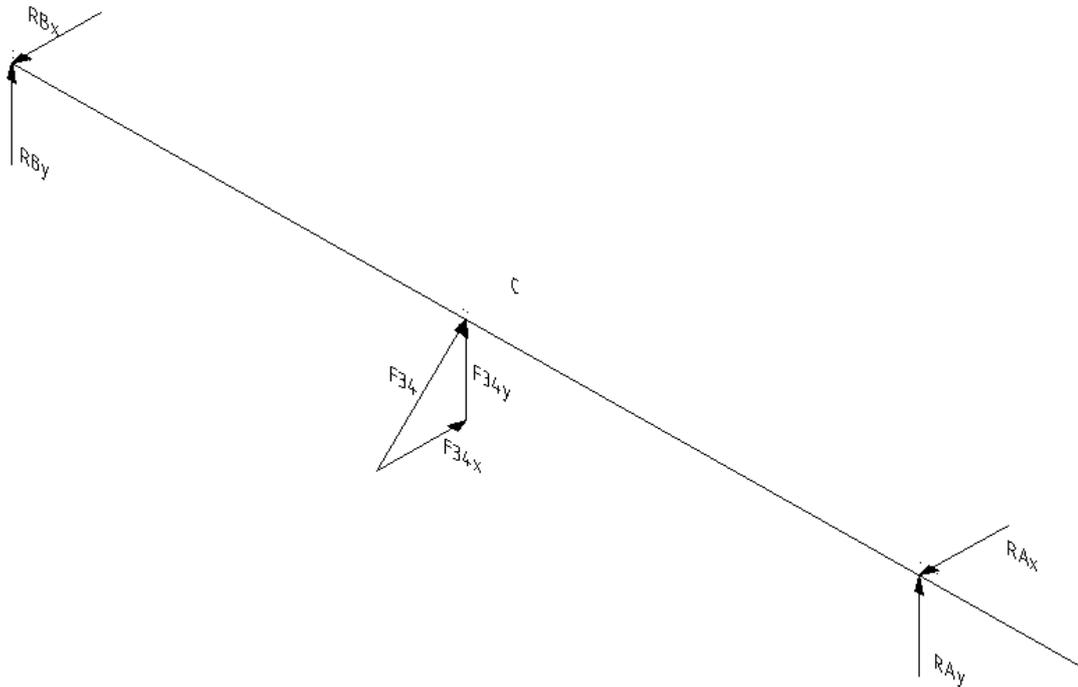
Con el siguiente valor encontrado se va a los catálogos de DIPAC y se busca que sea superior a este módulo de inercia.

El perfil que se ha seleccionado es canal U 200[mm] X50[mm] X3[mm] **ANEXO K** con $S = 31.60 \text{ [cm}^3\text{]}$.

3.8 Selección de las chumaceras (rodamientos y soportes)

Cargas soportadas por el eje. Las cargas que soporta el eje se indican a continuación:

Figura 42. Cargas que soporta el eje 1



Fuente: J.E. Shigley L.R. Mitchell –Diagrama del eje pag. 200.

Eje 1

Ya que los rodamientos van a girar a 400 [r.p.m.] se selecciona el rodamiento utilizando la capacidad de carga dinámica.

Se usa el catálogo SKF para la selección de los rodamientos y de sus respectivos soportes.

Se selecciona soportes de pared con rodamientos Y con carga dinámica equivalente:

$$P = X \cdot F_r + Y F_a \quad (62)$$

Dónde:

P: Carga dinámica equivalente [N].

F_r : Carga radial real [N].

F_a : Carga axial real [N].

X: Factor radial.

Y: Factor axial.

También se realiza el cálculo de capacidad de carga estática.

$$f_s = C_{0req}/P_0 \quad (63)$$

$$C_{0req} = f_s \cdot P_0 \quad (64)$$

Siendo:

f_s : Factor de esfuerzos estáticos

C_{0req} : Capacidad de carga estática requerida [N]

P_0 : Carga estática equivalente [N]

Selección para A

Con las reacciones calculadas en las secciones que se mencionan a continuación se procede a la selección de los rodamientos.

Reacciones eje en el plano YZ (ver sección 3.3.3)

$$R_{AX} = 138 \text{ [N]}$$

Reacciones eje en el plano XZ (ver sección 3.3.3)

$$R_{AY} = 1709 \text{ [N]}$$

Cálculo de la fuerza radial resultante en el punto A

$$F_r = \sqrt{R_{AX}^2 + R_{AY}^2} \quad (65)$$

$$F_r = \sqrt{(138)^2 + (1709)^2} = 1715 \text{ [N]}$$

Análisis dinámica

Como la carga axial es despreciable ($F_a = 0$) se tiene:

$$P = X \cdot F_r \quad (66)$$

Dónde:

$$(F_a/F_r) \leq e \quad (67)$$

$$0 \leq 0.31$$

$$e = 0.31$$

$$X = 1$$

Observando valores en la tabla

Tabla 11. Factores radiales y axiales para los rodamientos rígidos de bolas

Factores para el cálculo dinámico										
F_a/C_0	Juego C3					Juego C4				
	e	$F_a/F_r \leq e$		$F_a/F_r > e$		e	$F_a/F_r \leq e$		$F_a/F_r > e$	
		X	Y	X	Y		X	Y	X	Y
0,025	0,31	1	0	0,46	1,75	0,4	1	0	0,44	1,42
0,04	0,33	1	0	0,46	1,62	0,42	1	0	0,44	1,36
0,07	0,36	1	0	0,46	1,46	0,44	1	0	0,44	1,27
0,13	0,41	1	0	0,46	1,3	0,48	1	0	0,44	1,16
0,25	0,46	1	0	0,46	1,14	0,53	1	0	0,44	1,05
0,5	0,54	1	0	0,46	1	0,56	1	0	0,44	1

Fuente: Catálogos SKF

$$F_r = 1715 \text{ [N]}$$

$$P = 1 \cdot 1715 \text{ [N]} = 1715 \text{ [N]}$$

Fórmula de duración:

$$L_{10h} = \frac{1000000}{60n} \left(\frac{C}{P} \right)^p \quad (68)$$

Dónde:

L_{10h} : Duración nominal en horas de servicio.

n: Velocidad constante de rotación en [rev/min] = 400 [r.p.m.]

C: Capacidad de carga dinámica.

P: Carga dinámica equivalente sobre el rodamiento.

p: Exponente de la fórmula de la duración; siendo $p = 3$ para los rodamientos de bolas.

Tabla 12. Duración L_{10h} para diferentes clases de máquinas

Clase de máquina	L _{10h} horas de servicio
Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, aparatos técnicos para uso médico	300 a 3 000
Máquinas de uso intermitente o por cortos periodos: Máquinas-herramienta portátiles, aparatos elevadores en talleres, máquinas para la construcción	3 000 a 8 000
Máquinas para trabajar con alta fiabilidad de funcionamiento durante cortos periodos o intermitentemente: Ascensores, grúas para mercancías embaladas	8 000 a 12 000
Máquinas para 8 horas de trabajo, no totalmente utilizadas: Transmisiones por engranajes para uso general, motores eléctricos para uso industrial, machacadoras giratorias	10 000 a 25 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario totalmente utilizadas: Máquinas-herramienta, máquinas para trabajar la madera, máquinas para la industria mecánica general, grúas para materiales a granel, ventiladores, cintas transportadoras, equipos de imprimir, centrifugas y separadoras	20 000 a 30 000
Máquinas para trabajo continuo, 24 horas al día: Cajas de engranajes para laminadores, maquinaria eléctrica de tamaño medio, compresores, tornos de extracción para minas, bombas, maquinaria textil	40 000 a 50 000
Maquinaria para abastecimiento de agua, hornos giratorios, máquinas cableadoras, maquinaria propulsora para transatlánticos	60 000 a 100 000
Maquinaria para la fabricación de papel y pasta de papel, maquinaria eléctrica de gran tamaño, centrales eléctricas, bombas y ventiladores para minas, rodamientos para la línea de ejes de transatlánticos	≈ 100 000

Fuente: Catálogos SKF

Se toma un valor de L_{10h} en base a las recomendaciones del catálogo para el caso de máquinas de 8 horas de trabajo, no totalmente utilizadas.

$$L_{10h} = 15000.$$

Capacidad de carga requerida:

$$C_{req} = P * \sqrt[3]{\frac{60 * n * L_{10h}}{1000000}} \quad (69)$$

$$C_{req} = 1715 * \sqrt[3]{\frac{60 * 400 * 15000}{1000000}}$$

$$C_{req} = 12200 \text{ [N]}$$

Del catálogo SKF (ver **ANEXO J**) para soportes de pared con rodamiento Y, fundición, Pág. 361 se selecciona el siguiente:

- Denominación: FY 45 SD
- Soporte: FY 509
- Rodamiento Y: 479209D
- d = 45 [mm]

- $C_{catal} = 25500$ [N]
- $C_{0catal} = 18600$ [N]

Se debe cumplir:

$$C_{req} \leq C_{catal} \quad (70)$$

12200 [N] \leq 25500 [N] Cumple la condición recomendado por (HAMROCK, B. Elementos de Máquinas).

Análisis estático

$$P_0 = F_r \text{ para } F_a/F_r \leq 0.8$$

$f_s = 1,0 \dots 1,5$ para exigencias normales

$$P_0 = 1715$$
 [N]

$$C_{0req} = f_s \cdot P_0 \quad (71)$$

$$C_{0req} = 1.5 * 1715$$

$$C_{0req} = 2573$$
 [N]

$$C_{0req} \leq C_{0catal} \quad (72)$$

2573 [N] \leq 18600 [N] Cumple la condición recomendado por (HAMROCK, B. Elementos de Máquinas).

Selección para B

Para seleccionar en B se realiza el mismo procedimiento que realizamos anteriormente.

Reacciones eje en el plano YZ (ver sección 3.3.3).

$$R_{BX} = 103$$
 [N]

Reacciones eje en el plano XZ (ver sección 3.3.3)

$$R_{BY} = 1668.2$$
 [N]

Cálculo de la fuerza radial resultante en el punto B

$$F_r = \sqrt{R_{AX}^2 + R_{AY}^2} \quad (73)$$

$$F_r = \sqrt{(103)^2 + (1668.2)^2} = 1671$$
 [N]

$$P = 1 * 1671N = 1671$$
 [N]

$$C_{req} = 11887 \text{ [N]}$$

Del catálogo SKF (ver **ANEXO J**) para soportes de pared con rodamiento Y, fundición, Pág. 361 se selecciona el siguiente:

- Denominación: FY 45 SD
- Soporte: FY 509
- Rodamiento Y: 479209D
- $d = 45[\text{mm}]$
- $C_{catal} = 25500 \text{ [N]}$
- $C_{0catal} = 18600 \text{ [N]}$

Se debe cumplir:

$$C_{req} \leq C_{catal} \quad (74)$$

$11887 \text{ [N]} \leq 25500 \text{ [N]}$ Cumple la condición recomendado por (HAMROCK, B. Elementos de Máquinas).

Chequeo a carga estática

$$P_0 = 1715 \text{ [N]}$$

$$C_{0req} = f_s \cdot P_0 \quad (75)$$

$$C_{0req} = 1.5 * 1715$$

$$C_{0req} = 2573 \text{ [N]}$$

$$C_{0req} \leq C_{0catal} \quad (76)$$

$2573 \text{ [N]} \leq 18600 \text{ [N]}$ Cumple la condición recomendado por (HAMROCK, B. Elementos de Máquinas).

Selección para C

Para seleccionar en C se realiza el mismo procedimiento que realizamos anteriormente con $F_r = 3372 \text{ [N]}$ (ver sección 3.3.3).

$$P = 1 * 3372 \text{ [N]} = 3372 \text{ [N]}$$

$$C_{req} = 51680 \text{ [N]}$$

Del catálogo SKF (ver **ANEXO J**) para rodamientos rígidos de bolas, Pág. 136 se selecciona el siguiente:

- Denominación: 6311SKF
- $d = 55 \text{ [mm]}$
- $C_{catal} = 55000 \text{ [N]}$
- $C_{0catal} = 41500 \text{ [N]}$

Para ver si está bien seleccionada el rodamiento se debe cumplir:

$$C_{req} \leq C_{catal} \quad (77)$$

$51680 \text{ [N]} \leq 55000 \text{ [N]}$ Cumple la condición recomendado por (HAMROCK, B. Elementos de Máquinas).

Chequeo a carga estática

$$P_0 = 3372 \text{ [N]}$$

$$C_{0req} = f_s \cdot P_0 \quad (78)$$

$$C_{0req} = 1.5 \cdot 3372$$

$$C_{0req} = 5058 \text{ [N]}$$

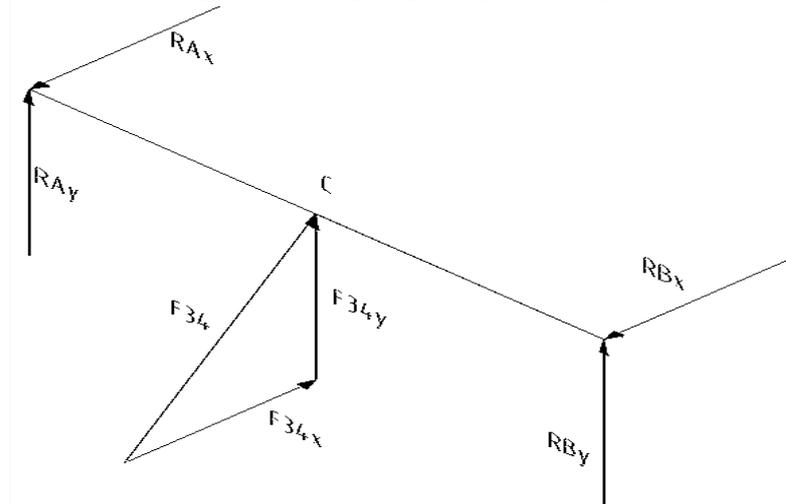
$$C_{0req} \leq C_{0catal} \quad (79)$$

$5058 \text{ [N]} \leq 41500 \text{ [N]}$ Cumple la condición recomendado por (HAMROCK, B. Elementos de Máquinas).

Eje 2

Cargas soportadas por el eje. Las cargas que soporta el eje se indican a continuación:

Figura 43. Cargas que soporta el eje2



Fuente: J.E. Shigley L.R. Mitchell –Diagrama del eje pag. 200.

Como la carga axial es despreciable ($F_a = 0$) se tiene:

$$P = X \cdot F_r \quad (80)$$

Dónde:

$$(F_a/F_r) \leq e \quad (81)$$

$$0 \leq 0.31$$

$$e = 0.31$$

$$X = 1$$

$$F_r = 3372 \text{ [N]}$$

$$P = 1 \cdot 3372 \text{ [N]} = 3372 \text{ [N]}$$

$$n = 58 \text{ [rpm]}$$

$$L_{10h} = 15000.$$

$$C_{req} = P * \sqrt[3]{\frac{60 * n * L_{10h}}{1000000}} \quad (82)$$

$$C_{req} = 3372 * \sqrt[3]{\frac{60 * 58 * 15000}{1000000}}$$

$$C_{req} = 12602 \text{ [N]}$$

Del catálogo SKF (ver ANEXO J) para rodamientos rígidos de bolas, Pág. 134 se selecciona el siguiente:

- Denominación: 6207 SKF
- $d = 35\text{mm}$
- $C_{catal} = 19600 \text{ [N]}$
- $C_{0catal} = 13700 \text{ [N]}$

Se debe cumplir:

$$C_{req} \leq C_{catal} \quad (83)$$

$12602 \text{ [N]} \leq 19600 \text{ [N]}$ Cumple la condición recomendado por (HAMROCK, B. Elementos de Máquinas).

Chequeo a carga estática

$$P_0 = 3372 \text{ [N]}$$

$$C_{0req} = f_s \cdot P_0 \quad (84)$$

$$C_{0req} = 1.5 * 3372$$

$$C_{0req} = 5058 \text{ [N]}$$

$$C_{0req} \leq C_{0catal} \quad (85)$$

$5058 \text{ [N]} \leq 13700 \text{ [N]}$ Cumple la condición recomendado por (HAMROCK, B. Elementos de Máquinas).

3.9 Selección de suspensiones elásticas (Ballestas)

Para ballestas se utiliza la madera de eucalipto por poseer las siguientes características. $156119.382 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$, $0.75 \text{ [g/cm}^3\text{]}$, $680.475 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$, $114.693 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$.

Una de las principales ventajas de la madera es su capacidad para absorber vibraciones producidas por las ondas sonoras. Esta propiedad está íntimamente ligada con su estructura anatómica y su densidad. A menor densidad corresponde una mayor absorción del sonido.

Son utilizadas en construcciones poste, vigas, pilares, tablonos, duelas, pingos en nuestro caso es utilizado como una viga cuyas medidas son de $600 \times 55 \times 15 \text{ [mm]}$. [8]

Figura 44. Suspensiones elásticas (Ballestas)



Fuente: Autor

Las propiedades físicas y mecánicas se mencionan a continuación.

Tabla 13. Propiedades físicas y mecánicas del (Eucalipto)

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS	
PROPIEDADES	VALORES PROMEDIOS
Contenido de humedad	104.75 [%]
Densidad:	
Estado verde	1.08 [g/cm ³]
Estado seco al aire	0.75 [g/cm ³]
Estado seco al horno	0.7 [g/cm ³]
Básica	0.55 [g/cm ³]
Contracción verde seco al aire:	
Tangencial	6.72 [%]
Radial	4.53 [%]
Longitudinal	0.19 [%]
Volumétrica	11.45 [%]
Contracción verde seco al horno:	
Tangencial	10.52 [%]
Radial	7.17 [%]
Longitudinal	25.70 [%]
Volumétrica	17.95 [%]
Flexión estática:	
Esfuerzo de las fibras al límite proporcional	460.937 [kg/cm ²]
Módulo de elasticidad	156119.382 [kg/cm ²]
Módulo de ruptura	867.594 [kg/cm ²]
Compresión paralela al grano:	
Esfuerzo fibras al límite proporcional	317.627 [kg/cm ²]
Módulo de elasticidad	138522.21 [kg/cm ²]

Módulo de ruptura	439.818 [kg/cm ²]
Compresión perpendicular:	
Esfuerzo de las fibras al límite proporcional	85.018 [kg/cm ²]
Cizallamiento paralelo al grano:	
Módulo de ruptura	114.693 [kg/cm ²]
Dureza:	
Extremos	725.678 [kg/cm ²]
Tangencial	651.799 [kg/cm ²]
Radial	680.475 [kg/cm ²]

Fuente: Tecnología de la madera (dirección de desarrollo forestal)

3.10 Diseño de tolva de descarga

Para el diseño de la tolva se sabe que cae 0.416[kg] por segundo 1[lb] entonces se calcula el volumen que tiene en una libra por el método practico y debe cumplir la siguiente condición.

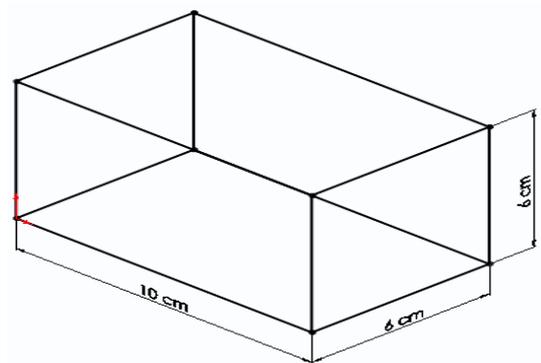
$$V_{\text{requerido}} < V_{\text{calculado}} \quad (86)$$

Se tiene el flujo másico:

$$\dot{m} = 1500 \text{ [kg/h]} = 0.416 \text{ [kg/s]} = 1 \text{ [lb/s]}$$

Para calcular el volumen requerido se hizo es coger 1 [lb] de maíz partido y colocar en un cubo de 10x6x6 [cm] y con las siguientes dimensiones se obtiene lo siguiente.

Figura 45. Dimensión del recipiente para pesar los granos

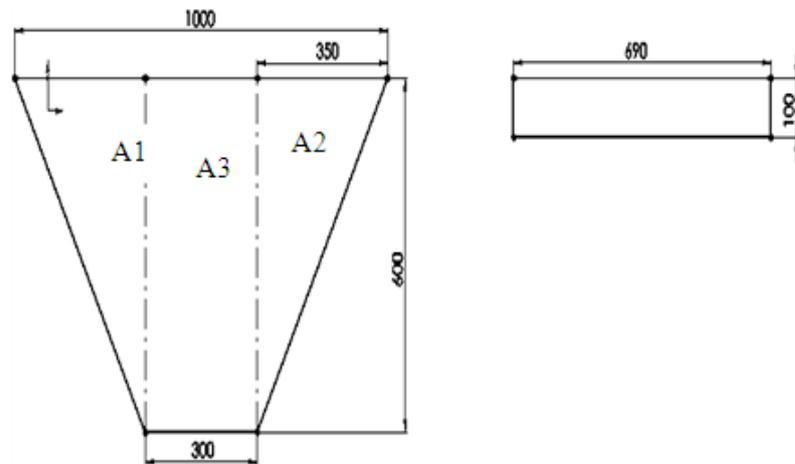


Fuente: Autor

$$V_{\text{requerido}} = 10 \times 6 \times 6 \text{ [cm}^3\text{]} = 360 \text{ [cm}^3\text{]} = 0.00036 \text{ [m}^3\text{]}$$

Para obtener el $V_{\text{calculado}}$ se tiene las siguientes dimensiones y cuyas unidades está en [mm].

Figura 46. Dimensión de la tolva



Fuente: Autor

Calculo de áreas:

$$A_1 = A_2 = 2 * (600 * 350 / 2) \text{ [mm}^2\text{]} = 210000 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_3 = 600 * 300 = 180000 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Área total:

$$A_{\text{total}} = A_1 + A_2 + A_3 = 390000 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Calculo de volumen:

$$V_{\text{calculado}} = A_{\text{total}} \cdot h \tag{87}$$

Dónde:

$V_{\text{calculado}}$ = Volumen calculado

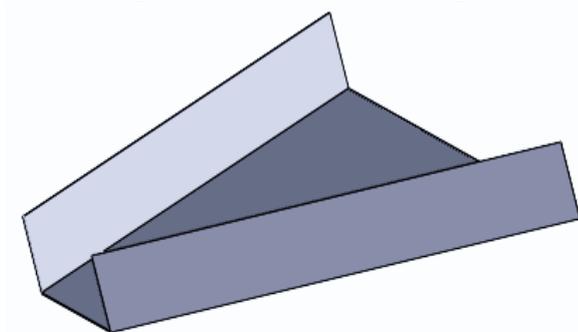
A_{total} = Área total

h = Altura

$$V_{\text{calculado}} = 390000 \text{ [mm}^2\text{]} \times 100 \text{ [mm]} = 39000000 \text{ [mm}^3\text{]} = 0.039 \text{ [m}^3\text{]}$$

Se cumple la condición $0.00036 \text{ [m}^3\text{]} < 0.039 \text{ [m}^3\text{]}$

Figura 47. Tolva de descarga



Fuente: Autor

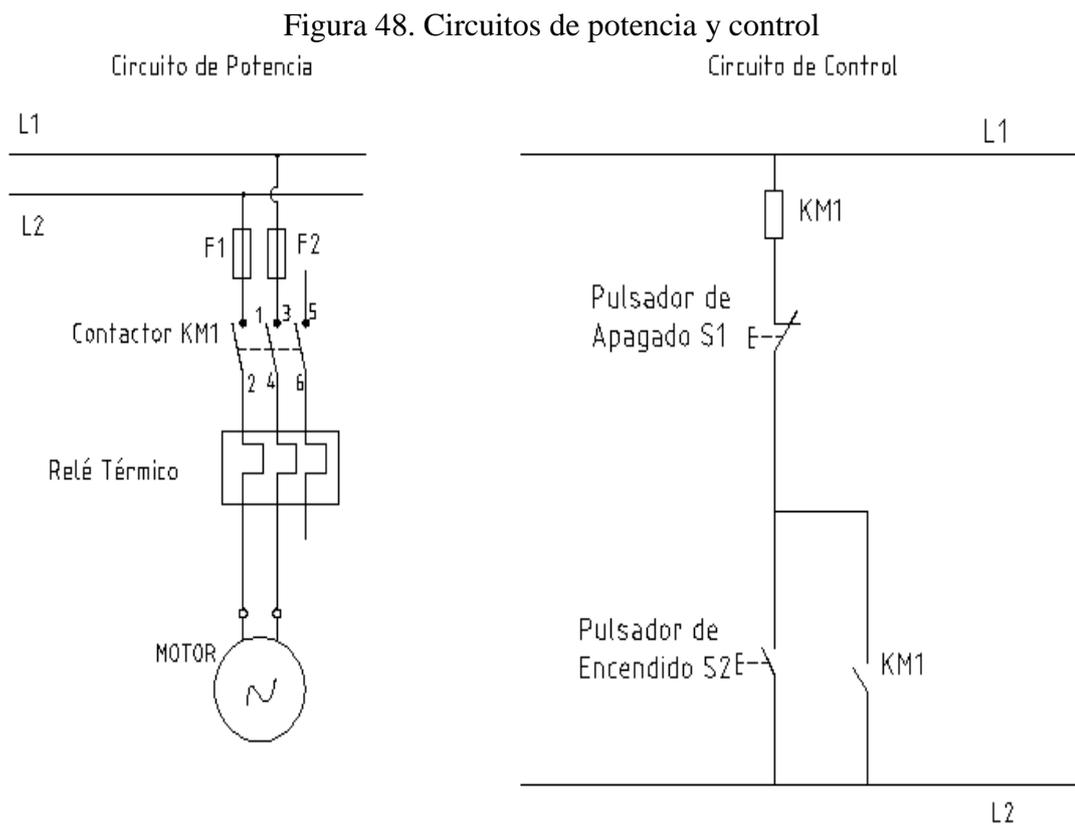
El ángulo de deslizamiento sobre las tolvas descarga para granos gruesos es de 45° en nuestro caso como es para granos partidos se toma el mismo valor y para descargar el grano fino es de 60°. (Recomendado por: L.TARGHETTA ARRIOLA Y A. LÓPEZ ROA. Transporte y almacenamiento de materias primas en la industria básica.)

3.11 Sistema de control de la máquina

3.11.1 Circuitos de potencia y control

El sistema de control como el de potencia y control se utiliza para el arranque y paro de la máquina.

En el circuito tenemos: dos líneas L1, L2; contactos KM1, relé térmico, motor bifásico de 2 [HP]– 400 [rpm]; S1 (Pulsador de apagado), S2 (Pulsador de encendido), Línea neutro N.



CAPÍTULO IV

4. TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

4.1 Tecnología de la construcción de la máquina clasificadora de maíz partido

Al estar diseñado y/o seleccionado los diferentes elementos de la máquina para clasificar maíz partido se procede al montaje de los mismos.

4.2 Equipos

Para la construcción de la máquina clasificadora de maíz se utilizara las siguientes máquinas herramientas e instrumentos de medición, para interpretar el cursograma de construcción de cada uno de los sistemas.

Se designa las máquinas con la letra M; Herramientas y Accesorios con la letra H.

Tabla 14. Codificación de Herramientas -Accesorios

DENOMINACIÓN	HERRAMIENTAS Y ACCESORIOS
H1	Calibrador pie de rey
H2	Flexómetro
H3	Combo
H4	Martillo
H5	Nivel
H6	Escuadra
H7	Llaves
H8	Juego de brocas de 5/16" hasta 5/8"
H9	Rayadores
H10	Cuchilla de torno
H11	Mesa de trabajo
H12	Lijas
H13	Entenalla
H14	Playo de presión

Fuente: Autor

Tabla 15. Codificación Máquinas -Herramientas

DENOMINACIÓN	HERRAMIENTAS Y ACCESORIOS
MH1	Sierra de corte
MH2	Torno
MH3	Taladro de pedestal
MH4	Taladro de mano
MH5	Moladora
MH6	Esmeril
MH7	Compresor
MH8	Dobladora
MH9	Soldadora

Fuente: Autor

4.3 Operación tecnológica

Las diferentes operaciones tecnológicas que se realizan para la construcción se describen en la siguiente tabla.

Tabla 16. Operaciones tecnológicas

N°	OPERACIÓN
1	Medición y trazado
2	Corte
3	Amolado/Cepillado
4	Taladrado
5	Doblado
6	Soldado
7	Empernado
8	Refrentado y Cilindrado
9	Esmerilado
10	Limpiado
11	Fondeado
12	Pintado
13	Montaje

Fuente: Autor

4.4 Cursograma de construcción

En los siguientes cursogramas, se representan las operaciones tecnológicas que se siguen en las diferentes etapas de la construcción para cada elemento. Las operaciones

de construcción no tienen un orden de seguimiento estricto; se ejecutan de acuerdo a la necesidad de avance requerida. El tiempo empleado se indica en minutos y se localiza a la izquierda de cada operación.

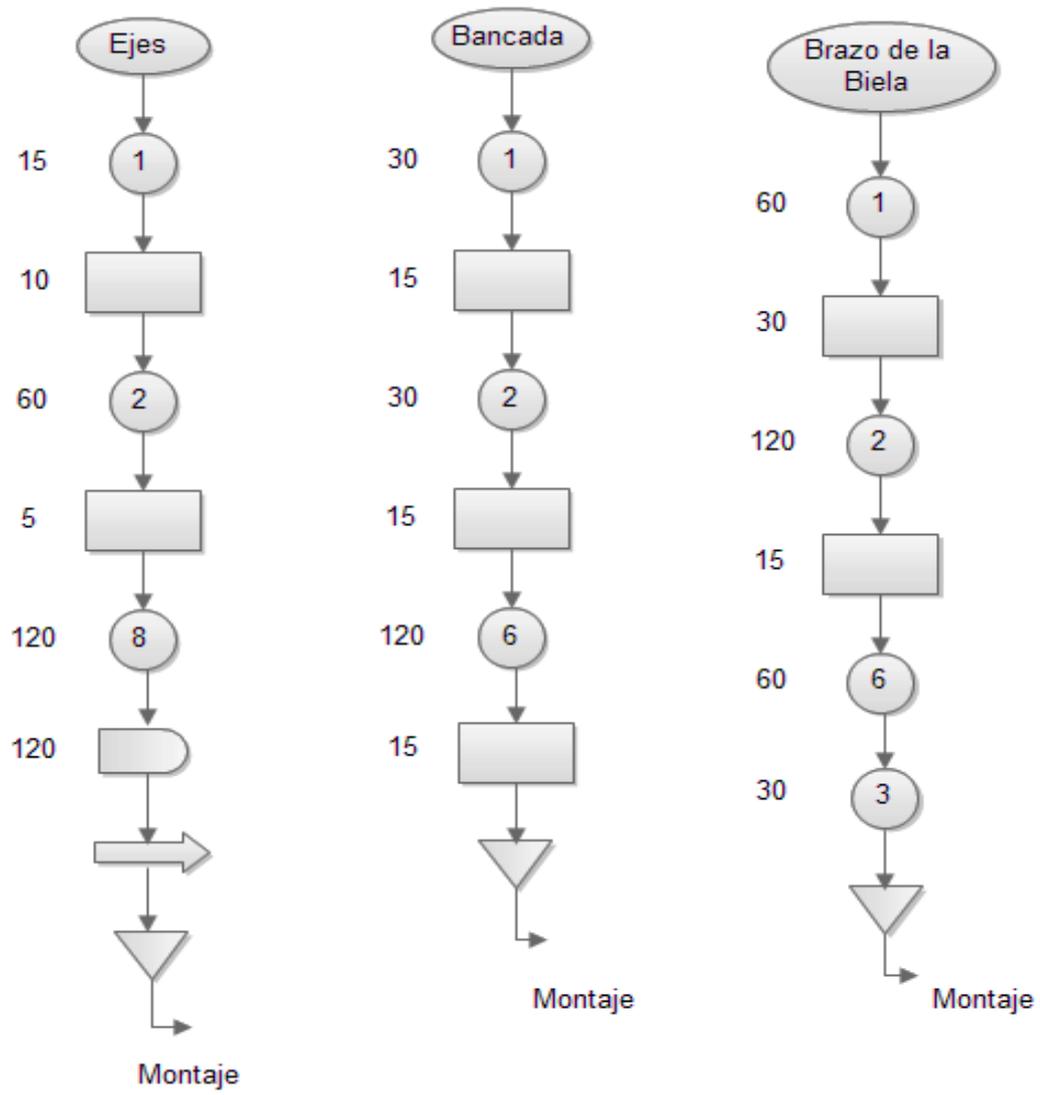
Para mayor comprensión de los cursogramas a continuación se detalla la nomenclatura utilizada en la elaboración de los mismos.

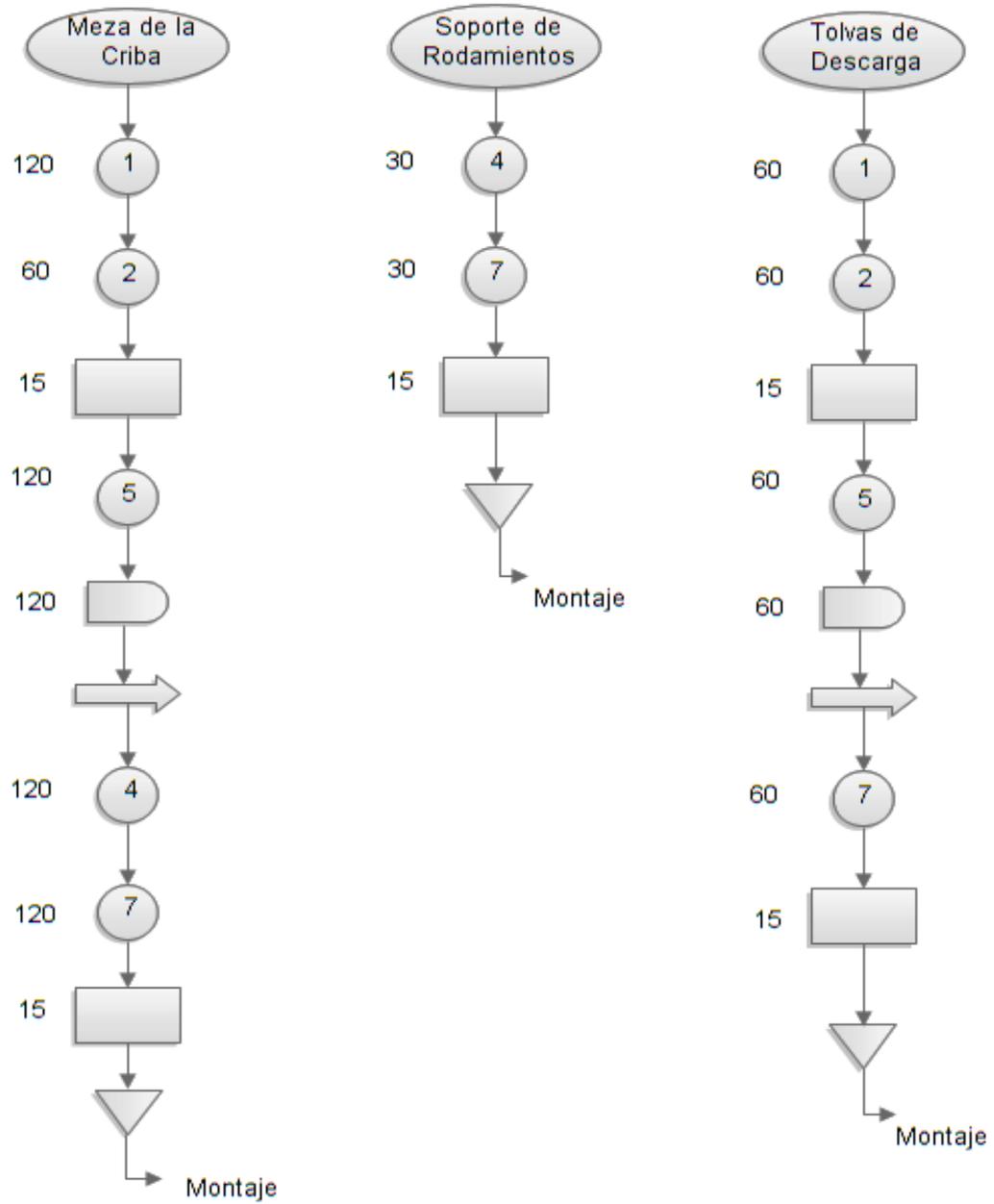
Tabla 17. Nomenclaturas de operaciones tecnológicas

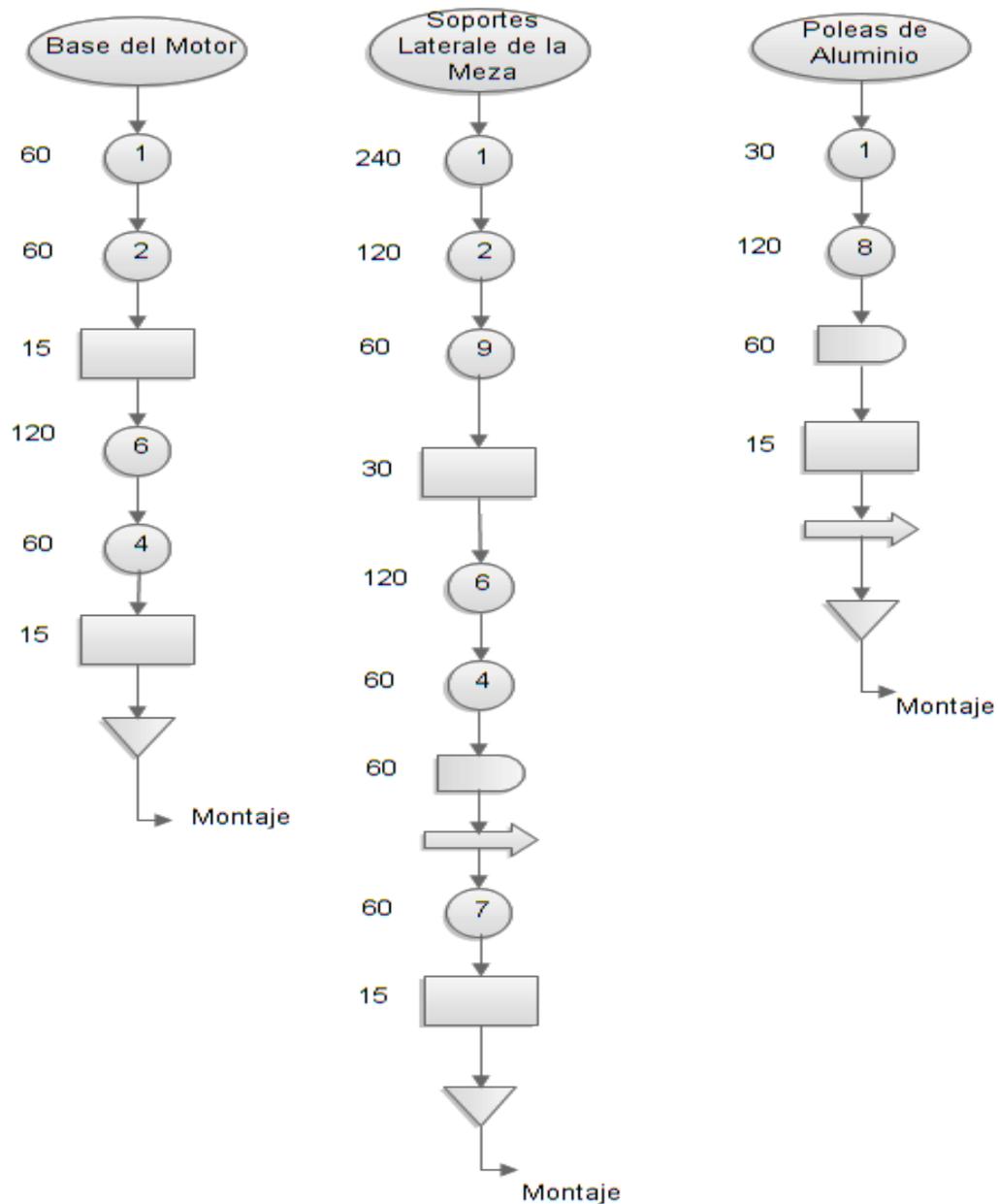
Símbolo	Denominación	Descripción
	Operación	Indica que se altera el estado de un elemento con el que se está trabajando. En procedimientos administrativos, brindar información, emitir un formulario, etc.
	Inspección	Indica que se verifica la calidad, la cantidad o ambas conforme a especificaciones preestablecidas.
	Transporte	Indica el traslado físico de los trabajadores, materiales y equipo de un lugar a otro. En procedimientos administrativos el traslado de un formulario.

Símbolo	Denominación	Descripción
	Espera	Indica que hay un elemento dado detenido esperando a que se produzca un acontecimiento determinado. Periodo de tiempo en el que se registra inactividad ya sea en los trabajadores, materiales o equipo
	Almacenamiento	Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén según un criterio determinado de clasificación.

Fuente: Normas IRAM 34501, 34502 y 34503







4.5 Construcción de la estructura portante de la máquina

Para la construcción de la estructura que soportará toda la máquina se necesita de los siguientes materiales que se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 18. Materiales usados para construcción de la estructura

Descripción	Dimensión	Cantidad
Perfil Canal U	200x50x3` [mm]	12 [m]
Tubo CED.40	1 1/2"	6 [m]
Electrodo E6011	1/8"	10

Fuente: Autor

La operación principal para la construcción es el cortado y el soldado de todos los elementos que componen la estructura; tales como las bases para el motor, la estructura para la mesa clasificadora.

Figura 49. Estructura portante de la máquina



Fuente: Autor

4.6 Construcción del sistema de clasificación

La mesa seleccionador está compuesta de los siguientes elementos que se detalla en la tabla.

Tabla 19. Materiales usados para construcción de la mesa seleccionadora

Descripción	Dimensión	Cantidad
Perfil Canal G	80x40x15X2 [mm]	12 [m]
Perfil Canal U	60x30x2 [mm]	12 [m]
Perfil Canal U	150x50x3 [mm]	12 [m]
Plancha de Acero	4x8 2 [mm]	2
Angulo	40x3 [mm]	5
Electrodo E6011	1/8"	10

Fuente: Autor

La operación principal para la construcción es el cortado y soldado de los perfiles como también el doblado de la lámina.

Figura 50. Sistema de clasificación



Fuente: Autor

4.7 Construcción del sistema de transmisión

El sistema de transmisión está compuesto de los siguientes elementos que se detalla a continuación en la tabla.

Tabla 20. Materiales usados en el sistema de transmisión

Descripción	Dimensión	Cantidad
Eje AISI 1018	D = 55 [mm]	1.20 [m]
Bandas Trapeciales		2
Polea mayor	D = 355 [mm]	1
Polea menor	d = 80 [mm]	1

Fuente: Autor

Las operaciones son cortado y refrentado del eje así como también el refrentado de las poleas con sus respectivos diámetros.

Figura 51. Construcción del sistema de transmisión



Fuente: Autor

4.8 Montaje del motor eléctrico

Para el montaje del motor eléctrico se utilizó los siguientes elementos que se detalla en la tabla 21.

Tabla 21. Materiales usados en el montaje del motor

Descripción	Dimensión	Cantidad
Motor Eléctrico	2 [Hp]	1
Pernos	M12	8

Fuente: Autor

Figura 52. Montaje del motor



Fuente: Autor

4.9 Cronograma de construcción

Tabla 22: Cronograma de construcción

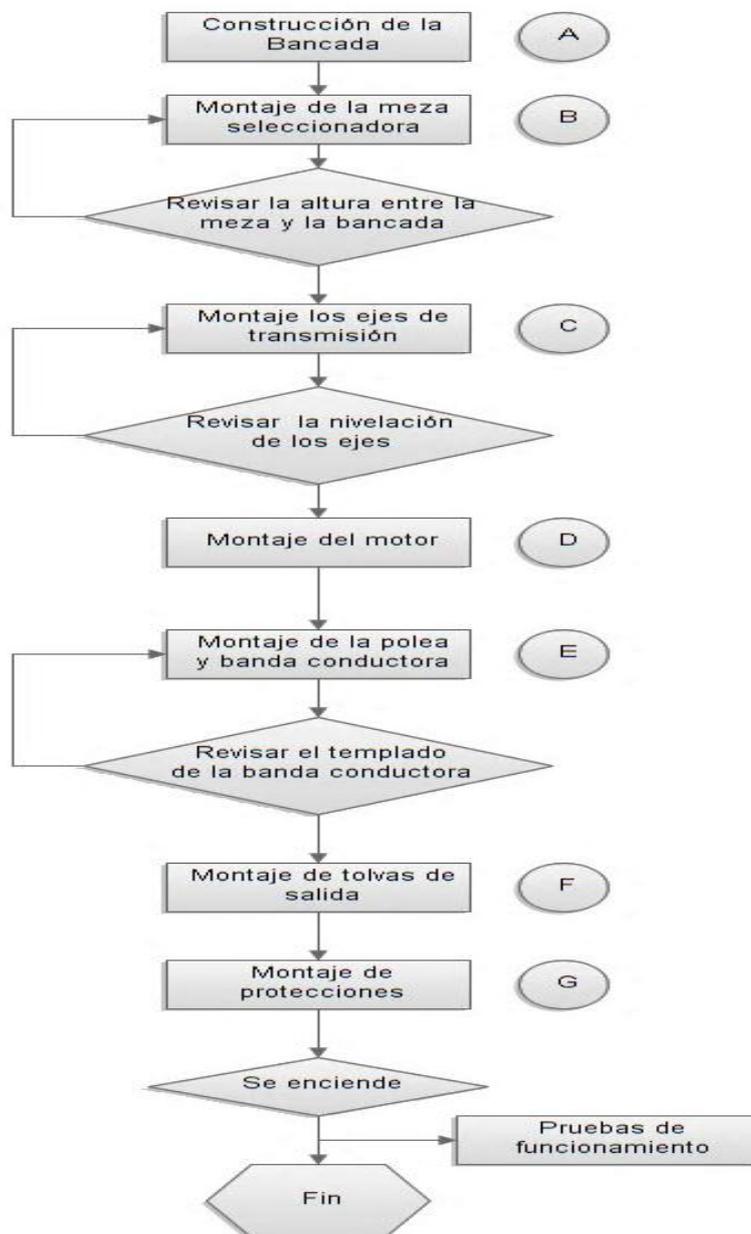
N°	ACTIVIDAD		DURACIÓN	DÍAS																																	
			(días)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
1	ELEMENTOS DE TRANSMISIÓN	Eje	3	■	■	■																															
2		Adquisición de Poleas	1			■																															
3		Adquisición de Rodamientos	1			■																															
4		Biela	2				■	■																													
5	Estructura de soporte		3					■	■	■																											
6	Mesa clasificadora		4							■	■	■	■																								
7	Soportes laterales		3												■	■	■																				
8	Mallas		4															■	■	■	■																
9	Soporte del motor		1																				■														
10	Tolvas		2																					■	■												
11	Adquisición del motor		1																							■											
12	Ensamblaje		5																								■	■	■	■	■						
13	Pruebas		3																																■	■	■

Fuente: Autor

4.10 Montaje de la máquina clasificadora de maíz partido

Una vez que los elementos mecánicos han sido contruidos en base a los diseños realizados y a los procedimientos tecnológicos planteados, así como los elementos seleccionados fueron adquiridos, se procede a las operaciones de ensamblado de las partes, para formar el conjunto de los mecanismos de los que se hayan constituido la máquina clasificadora de maíz partido.

Se debe tener muy en cuenta el montaje del eje principal, ya que de este depende el correcto funcionamiento de la máquina, como también de su correcta nivelación para evitar el daño de los rodamientos y acortar su vida útil así como el de los demás elementos de la máquina.



CAPÍTULO V

5. EXPERIMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Plan de pruebas

Las pruebas que se realizaran en la máquina clasificadora de maíz partido para comprobar su correcto funcionamiento fueron:

Prueba N⁰1, verificación de las dimensiones principales.

Prueba N⁰2, verificación el correcto funcionamiento de los componentes principales.

Prueba N⁰3, datos de comportamiento de la máquina trabajando en vacío.

Prueba N⁰4, se evaluara el comportamiento de la máquina trabajando a su carga nominal.

5.2 Pruebas y resultados

La primera prueba realizada en la máquina clasificadora de maíz partido es verificar las dimensiones principales calculadas en el diseño.

PRUEBA N⁰ 1

DIMENSIONES[mm]	ACEPTACIÓN	
	SI	NO
Largo total(2400)	X	
Ancho total(1000)	X	
Altura total(800)	X	

La segunda prueba que se realiza en la máquina es la verificación de los componentes principales.

PRUEBA N° 2

ELEMENTO	FUNCIONAMIENTO		
	Bueno	Regular	Malo
Motor eléctrico	X		
Tolva	X		
Tamices	X		
Suspensiones elásticas(Ballestas)	X		

Se realizan pruebas de la máquina trabajando en vacío de los elementos constitutivos para verificar el correcto funcionamiento en un tiempo de 60 [minutos].

PRUEBA N° 3

Tiempo (min)	Motor eléctrico		Tolvas		Tamices		Ballestas	
	Falla	No Falla	Falla	No Falla	Falla	No Falla	Falla	No falla
10		X		X		X		X
20		X		X		X		X
30		X		X		X		X
40		X		X		X		X
50		X		X		X		X
60		X		X		X		X

Se verifica la velocidad y capacidad de clasificado cuando la máquina trabaja a plena carga, tomando datos en rangos de tiempo de 10 minutos.

PRUEBA N° 4

Tiempo [min]	Velocidad de clasificado		Capacidad de maíz clasificado
	Bueno	Mala	[Kg]
10	X		250
20	X		250
30	X		250
40	X		250
50	X		250
60	X		250

5.3 Análisis de resultados

Los elementos constituyentes de la máquina clasificadora de maíz partido, se hallan en buenas condiciones y están aptos para entrar en pleno funcionamiento.

La máquina posee las dimensiones adecuadas, ya que se halla dentro de las medidas establecidas en los parámetros de diseño.

La capacidad de clasificación de maíz partido es la planteada en el proyecto, con lo cual asegura su pleno funcionamiento.

CAPÍTULO VI

6. MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN

6.1 Mantenimiento de elementos

Es recomendable que cada equipo tenga su propio registro de mantenimiento. Las partes móviles necesitan mantenimiento constante para la cual mencionamos algunas sugerencias.

- a. Enseñar a los empleados la necesidad e importancia del mantenimiento.
- b. Tener las herramientas necesarias, equipos y accesorios en buenas condiciones.
- c. Exigir que solamente las personas autorizadas trabajen con el equipo especializado.

El diagnóstico de una falla es una labor de destreza que es parte de la experiencia que se gana con el trabajo diario y que compete plenamente al operador, quien debe analizar las posibles causas de fallas y luego tomar acciones dependiendo de la magnitud de las mismas. Esta información, que debe ser registrada en el “libro de registro de mantenimiento y fallas”. De esta forma es posible programar acciones de mantenimiento en el futuro y las precauciones que se debe tener para su ejecución. Las Tablas 23, 24 nos proporcionan lineamientos básicos que puedan ayudar en el proceso de diagnosticar la posible causa de una falla y las posibles alternativas para su solución.

Tabla 23: Diagnóstico de falla en la parte eléctrica

FALLA	POSIBLE CAUSA	ACCIÓN A TOMAR
MÁQUINA NO ARRANCA	No hay energía en la línea principal.	Verificar el circuito y reparar si es necesario.
	Defectos en la línea de transmisión.	Revisar la línea de transmisión por tramos verificar y ajustar.
	Aisladores rotos o cortocircuitos en la línea.	No sobrepasar la capacidad de trabajo del motor durante su funcionamiento.
	Los condensadores del motor están quemados.	

INTERRUPTOR CALIENTE	Chispazos en las conexiones. Falla en la entrada o salida de los contactores.	Reemplazar interruptor. Reducir la carga. Verificar y ajustar. Apagar el equipo y ajustar los bornes flojos.
CORTOCIRCUITO EN EL TABLERO DE CONTROL	Bornes flojos. Tablero de control esta con polvo.	Mantener bien cerrado la compuerta de tablero de control. Ajustar los bornes.

Fuente: Autor

Tabla 24: Diagnostico de falla en la transmisión

FALLA	POSIBLE CAUSA	ACCIÓN A TOMAR
RUIDO EN LOS RODAMIENTOS	Rodamientos defectuosos. Elementos flojos dentro de los rodamientos.	Cambiar los rodamientos Inspeccionar al interior.
CALENTAMIENTO EN LOS RODAMIENTOS	Exceso de grasa. Falta de grasa. Inadecuado alineamiento. Tipo de grasa no adecuado	Inspeccionar, reducir la cantidad de grasa y probar nuevamente. Inspeccionar engrasar y probar. Revisar alineamiento y corregir si es necesario.
VIBRACIÓN Y DAÑO EN LA BANDA	Inadecuado alineamiento. Falta de tensar las bandas. Bandas muy tensas.	Inspeccionar y si es el caso tensar bien la banda jugando con la posición del motor.
VIBRACIÓN EN EL MOTOR	Pernos de sujeción flojos.	Revisar y ajustar los pernos.

Fuente: Autor

6.2 Plan de mantenimiento

La máquina, con la acción del tiempo y del uso está sujeta a un proceso irreversible de desgaste, de envejecimiento y a una degradación de eficiencia técnica; así como a su obsolescencia tecnológica. Por lo tanto, para aliviar estos males inevitables se requerirá asociar la vida de estas máquinas con el mantenimiento, para lo cual se pondrá énfasis en los elementos que presentaran con el paso del tiempo fallas debido a su desgaste o deterioro prematuro.

En la tabla 25 se indica todas las actividades, frecuencia y el responsable de dichas actividades para realizar el mantenimiento de la máquina clasificadora de maíz partido

Tabla 25: Plan de mantenimiento

EQUIPO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE
CRIBADORA PARA MAÍZ PARTIDO	Limpieza interna y externa	Semanal	Operador
	Engrasar chumaceras	Cada 1400 horas	Engrasador
	Revisar sistema de vibración	Mensualmente	Mecánico de turno
	Revisar banda	Cada 12000 horas	Mecánico de turno
	Revisar el sistema eléctrico	Cada 3600 horas	Mecánico de turno
	Revisar el funcionamiento del motor	Cada 3600 horas	Mecánico de turno

Fuente: Autor

6.2.1 *Mantenimiento preventivo de la máquina.* Para un correcto funcionamiento y mayor durabilidad de la máquina clasificadora de maíz partido se deberá tomar en cuenta las siguientes recomendaciones de mantenimiento preventivo en cada uno de los elementos que constituye la máquina

Tabla 26: Inspección del motor

INSPECCIÓN DEL MOTOR
FRECUENCIA: Cada 3600 horas
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <p>Máquina en funcionamiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Revisión de parámetros de funcionamiento: voltajes, amperajes, temperatura y velocidad. - Detectar ruidos anormales en rodamientos y poleas. <p>Máquina apagada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verificar estado de bandas. - Reajuste de pernos y de todos los circuitos. - Notificar daños mayores
<p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Multímetro. - Tacómetro. - Pirómetro
<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Maletín básico de herramientas.
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Guaipe
REPUESTOS:

Fuente: Autor

Tabla 27: Inspección eléctrica

INSPECCIÓN ELÉCTRICA
FRECUENCIA: Cada 3600 horas
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Apagar el equipo e interrumpir el paso del fluido eléctrico. - Limpieza e inspección de instrumentos de control de voltajes, amperajes, temperaturas y velocidad. - Inspección del sistema de arranque. - Limpieza de contactores, relés y regletas. - Comprobación de funcionamiento de la unidad.
<p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fuente universal. - Tacómetro. - Multímetro. - Pirómetro.
<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Maletín básico de herramientas.
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Guaipe. - Franela. - Limpiador.
REPUESTOS:

Fuente: Autor

Tabla 28: Cambio de rodamientos

CAMBIO DE RODAMIENTOS
FRECUENCIA: Cada 14000 horas
PROCEDIMIENTO: <ul style="list-style-type: none">- Apagar el motor.- Extraer las chumaceras.- Extraer los rodamientos.- Colocar nuevos rodamientos.- Colocar las tapas.- Realizar pruebas de funcionamiento.
EQUIPOS:
HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none">- Maletín básico de herramientas.- Extractor.- Torcómetro.
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none">- Guaípe.- Aceite.- Gasolina.- Grasa pesada SKF LGEP 2.
REPUESTOS: Rodamientos SKF 6311 y SKF 6207.

Fuente: Autor

Tabla 29: Lubricación

LUBRICACIÓN
FRECUENCIA: Cada 2500 horas
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Apagar la unidad. - Retirar rodamientos. - Limpiar los rodamientos. - Lubricar con aceite los elementos que lo requieran. - Lubricar con grasa los elementos que se requieran tomando en cuenta las recomendaciones del fabricante. - Encender la unidad. - Realizar pruebas de funcionamiento. - Realizar correcciones si es necesario.
EQUIPOS:
<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Maletín básico de herramientas. - Extractor. - Torcómetro.
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Guaípe. - Aceite Texaco 320 - Grasa pesada SKF LGEP 2 - Gasolina.
REPUESTOS:

Fuente: Autor

Tabla 30: Cambio de bandas

CAMBIO DE BANDAS
FRECUENCIA: Cada 12000 horas
PROCEDIMIENTO: <ul style="list-style-type: none">- Apagar el motor- Sacar las protecciones de las bandas.- Cambiar las bandas.- Tensar las bandas.- Alinear las poleas.- Verificar el funcionamiento.
EQUIPOS:
HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none">- Maletín básico de herramientas.- Extractor.
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none">- Guaípe.- Franela.
REPUESTOS: <ul style="list-style-type: none">- Bandas tipo A 57

Fuente: Autor

Tabla 31: Limpieza

LIMPIEZA
FRECUENCIA: Semanal
PROCEDIMIENTO: <ul style="list-style-type: none"> - Apagar la máquina. - Quitar suministro de corriente eléctrica. - Limpiar todos los componentes. - Colocar cada componente en su posición.
EQUIPOS:
HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none"> - Maletín básico de herramientas.
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none"> - Guaipe. - Brocha. - Escoba. - Gasolina.
REPUESTOS:

Fuente: Autor

6.3 Manual de operación y mantenimiento

6.3.1 Manual de operación. La puesta en marcha del equipo significa poner en funcionamiento toda la máquina para seleccionar maíz partido. Para ello se requiere seguir los siguientes pasos:

Paso 1. La máquina debe estar en perfecto estado, es decir ningún imperfecto, tanto de construcción o de funcionamiento antes de comenzar el trabajo.

Paso 2. El equipo eléctrico debe estar libre de cualquier objeto o material que no sea parte del mismo.

Paso 3. Controlar y verificar que todas las partes de la máquina estén muy bien fijadas sin que existan partes sueltas o desajustadas.

Paso 4. Controlar que las mallas estén bien fijas en la máquina.

Paso 5. Controlar que las mallas estén libres de cualquier impureza.

Paso 6. Controlar que el botón de conexión de la máquina este en la posición OFF o apagado.

Paso 7. Verificar que la conexión de voltaje de la máquina este suministrada por una fuente de 220 voltios. .

Paso 8. Después de estas importantes acciones, se procede al encendido de la máquina, verificando que el botón de la máquina este en la posición ON o encendido, hasta comprobar que el sistema funcione en perfectas condiciones.

Paso 9. Una vez que el equipo se encuentra funcionando de manera estable, procedemos a detenerlo por medio de la pulsación del botón OFF o apagado.

Paso 10. Después de la puesta en marcha de la máquina con todos los mecanismos fijos y estables, la operación se reduce al control en el tablero de mando. El operador de la máquina deberá tener un libro de registros de operación de la misma donde se registre el comportamiento y sus parámetros, pero principalmente las tareas de mantenimiento realizadas o por realizar.

6.3.2 *Libro de registros de parámetros de mantenimiento.* Con el fin de conocer el comportamiento y las acciones de mantenimiento realizadas o por realizar, es necesario contar con un libro de registro de los parámetros de operación mantenimiento y fallas, que de manera permanente e inmovible debe permanecer en la casa de máquinas para su control por el personal autorizado. En este libro de registro se debe consignar las ocurrencias de todos los eventos que se puedan producir, ello permitirá tener datos estadísticos del comportamiento de la máquina desde la puesta en marcha y/o paradas forzadas o de mantenimiento hasta el registro de los parámetros de funcionamiento. En

la siguiente Tabla se debe registrar los parámetros de funcionamiento de la máquina para realizar una evaluación de su comportamiento.

Tabla 32: Registro de mantenimiento y fallas en equipo

		Registro de mantenimiento para clasificadora de maíz partido.				Revisión:
						Fecha:
						Código:
Elaborado por:						
ELEMENTOS	Ajustes de pernos	Limpieza	Engrase	Cambio elementos	Observación	
Biela-Manivela						
Chumaceras						
Bandas						
Mallas						
Motor						
Tablero de control						
Otros						

Fuente: Registro de mantenimiento de la planta EXIBAL

6.3.3 Medidas de seguridad en la máquina clasificadora de maíz partido. El objetivo de la presente Nota Técnica de Prevención es proporcionar criterios de selección de medidas de Seguridad y pautas de análisis, a fin de abordar sistemáticamente el estudio de seguridad de la máquina clasificadora de maíz partido y la elección de las medidas de prevención más idóneas.

Análisis de seguridad

A la hora de realizar un análisis de seguridad, en un diseño de máquina, en un estudio de peligrosidad o bien en la elaboración de normas e instrucciones de uso, se han de

tener presentes todos y cada uno de los peligros susceptibles de ser generados por la máquina clasificadora de maíz partido.

Este estudio se ha de realizar según el esquema, teniendo presente:

Análisis de peligros

Considerando los límites de la máquina

- En el espacio, movimientos y recorridos.
- En la práctica-condiciones de uso.
- En el tiempo-vida global o de componentes.

Identificando los peligros con respecto a todas las posibles situaciones que se presentan en la vida de la máquina

- En su construcción.
- En su manutención.
- Transporte.
- Elevación.
- En su instalación.
- En su puesta en marcha.
- En su funcionamiento.
- Bajo control.
- Bajo fallo.
- Bajo error.
- En su mantenimiento.
- En su puesta fuera de servicio.

Valoración del riesgo

Para la valoración del riesgo se ha de tener presente:

- La probabilidad de que se produzca un daño.
- La mayor gravedad previsible resultante de este daño.

La probabilidad de producirse un daño está relacionada con la exposición al peligro (frecuencia de acceso y permanencia en la zona peligrosa), así como con la facilidad de desencadenarse un fallo.

La gravedad de los daños puede variar en función de numerosos factores que se debe intentar prever. Se considerará siempre el daño más grave previsible.

Estudio de la peligrosidad

Análisis de los peligros

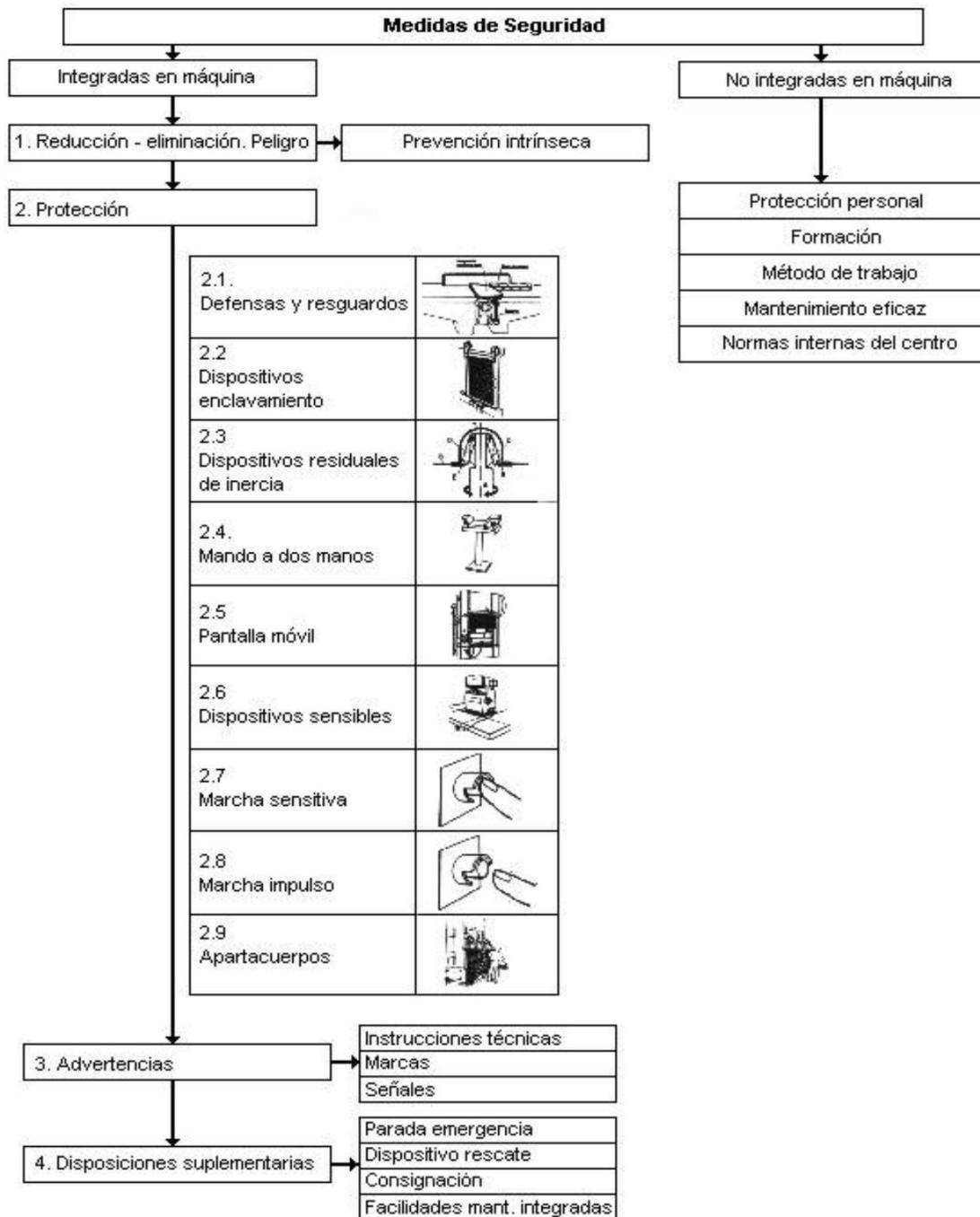
- **Mecánicos**
 - ✓ Aplastamiento.
 - ✓ Cizallamiento.
 - ✓ Corte.
 - ✓ Enganche.
 - ✓ Atrapamiento.
 - ✓ Impacto.
 - ✓ Punzonamiento.
- **Eléctrico**
 - ✓ Cortocircuitos.
 - ✓ Choque eléctrico.
- **Ruido-Vibraciones**

Selección de medidas de prevención

Las medidas de seguridad aplicables a una máquina, se pueden dividir en:

- Medidas de seguridad integradas en la máquina.
- Otras medidas no integradas.

Figura 53. Medidas de seguridad



Fuente: [www. Reglamentos de seguridad.com](http://www.Reglamentos de seguridad.com)

Las primeras componen el paquete de las medidas de seguridad consideradas como tales.

Las segundas son medidas adicionales, independientes de la máquina, y que añaden poco desde el punto de vista de la seguridad.

La seguridad de una máquina se debe tratar de resolver exclusivamente con medidas integradas.

Las medidas no integradas se deben también aplicar, sobre todo la formación, aunque no es prudente confiarles funciones de seguridad exclusivas.

Las medidas de seguridad integradas se han dividido en cuatro niveles de seguridad, en sentido decreciente:

- **Nivel alto.** Medidas de prevención intrínseca.

Evitan o reducen al máximo el peligro, fundamentalmente por diseño.

- **Nivel medio.** Medidas de protección.

Protegen contra los peligros que no es posible evitar o reducir por diseño.

- **Nivel bajo.** Advertencias.

Advierten e informan a los usuarios de los peligros, complementariamente a las anteriores, cuando no cabe protección total.

- **Nivel auxiliar.** Disposiciones Suplementarias.

Son medidas de emergencia, que se usan fuera de las condiciones y del uso normal de la máquina. Sólo se usan cuando el resto de medidas no son aplicables, o como complemento a las mismas.

En la práctica a menudo se pueden usar conjuntamente los cuatro niveles, proporcionando cada uno de ellos un nivel adicional de seguridad.

Prevención intrínseca

La prevención intrínseca consiste en:

- Evitar el mayor número posible de peligros o bien reducir los riesgos, eliminando convenientemente ciertos factores determinantes, en el diseño de la máquina
- Reducir la exposición del hombre a los peligros que no se han podido adecuar convenientemente.

En el primer caso -Evitar peligros o reducir riesgos- se pueden aplicar, entre otras, las siguientes medidas:

- Evitar salientes y aristas punzantes o cortantes.
- Aplicar mecanismos seguros.
- Evitar sobreesfuerzos y fatiga en materiales.
- Usar materiales idóneos a las condiciones de aplicación.

- Usar tecnologías y fuentes de alimentación intrínsecamente seguras (bajas tensiones).
- Usar dispositivos de enclavamiento de acción mecánica positiva. (Elementos que al moverse arrastran indefectiblemente otros, con lo que se garantiza su correcto posicionamiento).
- Diseñar los sistemas de mando, aplicando la técnica adecuada.
- Usar formas de mando especiales para reglaje o ajuste.

En el segundo caso -Reducción de la exposición- se aplican las siguientes medidas:

- Fiabilidad del equipo -equipos homologados y/o de fallo orientado.
- Mecanización y automatización.
- Ubicación de los puntos de operación y ajuste fuera de las zonas peligrosas.

Protección

Las medidas de protección consisten fundamentalmente en:

- Resguardos y defensas (encierran, o evitan el acceso a los puntos peligrosos).
- Dispositivos de protección (protegen puntos peligrosos descubiertos totalmente, o de muy fácil acceso (apertura y cierre).

Diseño de medidas de protección

Puntos a prever en el diseño de resguardos

- Que las dimensiones, ranuras, accesos, etc., se realicen según tablas ergonómicas.
- Que su resistencia, tipo de material, etc, sean los adecuados y no generen otros riesgos, o dificultades en el trabajo.

Puntos a prever en el diseño de dispositivos de protección

- Que se puedan definir diversos niveles de seguridad asociada, para su aplicación según el uso a que van destinados. Cuando el dispositivo es la única seguridad entre el operario y el punto peligroso, el nivel de seguridad asociado debe ser el máximo. Para cada uno de estos niveles se aplican técnicas de mando asociadas. El mayor nivel de seguridad se consigue con un dispositivo de mando autocontrolado. El circuito se diseña de tal manera que un fallo no es peligroso y además, se realiza un control automático

del primer fallo, de tal manera que se necesitan dos fallos simultáneos para producirse una situación peligrosa.

- Que no puedan ser fácilmente inutilizados.
- La posibilidad de hacer funcionar una máquina con varios dispositivos de protección, dependiendo del tipo de fabricación. En este caso se seleccionará el tipo de mando y protección por persona responsable.

Advertencias

- Las advertencias consisten fundamentalmente en:
- Instrucciones técnicas.
- Libro de instrucciones.
- Indicaciones de implantación.
- Mantenimiento y métodos.
- Planos y esquemas.
- Marcas y signos -Indicando puntos peligrosos o advertencias.
- Señales visuales -lámparas, bocinas, etc. Fácilmente identificables y reconocibles.

Disposiciones suplementarias

Dispositivo de parada de emergencia;

En caso de emergencia o fallo de los dispositivos de seguridad o protección, el paro de emergencia pasa la máquina a condiciones de seguridad lo más deprisa posible, siempre como consecuencia de una acción exclusivamente voluntaria.

Este dispositivo no se puede usar como alternativa a una protección.

Dispositivo de rescate de personas

Para evitar que las personas puedan quedar encerradas o atrapadas en la máquina y/o proceder a su rescate, fundamentalmente después de una parada de emergencia, se puede usar:

Vías de salida -refugio.

Posibilidad de mover a mano o bajo pilotaje determinados elementos, después de una parada de emergencia

Consignación de máquinas

Consiste en dejar una máquina a nivel energético cero (energía potencial y alimentación nulas, incluida la gravedad), y bloqueada a fin de poder acceder a la misma.

CAPÍTULO VII

7. ANÁLISIS ECONÓMICO

El siguiente análisis económico da una descripción de todos los gastos realizados para obtener un valor total de inversión tanto de diseño y construcción de la máquina clasificadora de maíz partido.

7.1 Costos directos

En los costos directos se toman en cuenta los gastos por materiales, mano de obra, equipos o maquinarias utilizados y transporte, los mismos que se detallan en la Tabla 33.

7.1.1 Costos de materiales

Tabla 33: Costo de materiales

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO [\$]	CANT.	SUB TOTAL [\$]
Perfil estructural IPN120	6 [m]	85.6	0.1	8.56
Perfil estructural C 160x50x3[mm]	6 [m]	160	0.2	32
Tubería cedula 40 1 ½"	6 [m]	35.46	0.2	7.096
Perfil canal U 200x50x3 [mm]	6 [m]	40.26	1	40.26
Plancha tol negro 2 [mm]	[m ²]	51.18	3	153.54
Angulo 40x3 [mm]	6 [m]	12.45	5	62.25
Perfil canal G 80x40x15x2 [mm]	6 [m]	16.41	1	16.41
Perfil canal U 150x50x3 [mm]	6 [m]	33.42	0.5	16.71
Perfil canal U 60X30X2 [mm]	6 [m]	10.45	0.5	5.23
Electrodo AGA 6011 1/8"	[Kg]	5.65	5	28.25
Disco corte 14" DW- 44640	unidad	7.7	2	15.4
Disco corte Norton 7x 1/16"	unidad	1.91	3	5.73
Acero de transmisión 1018 2"	[Kg]	2.2	4.8	10.56
Acero de transmisión 1018 4"	[Kg]	2.46	1.54	3.79
Chumacera SKF 1 3/4"	unidad	16,49	2	32,98
Rodamiento rígido bolas 6311 SKF	unidad	28.08	2	56.16
Rodamiento rígido bolas 6207 SKF	unidad	15	2	30

Barra perforada ASSAB 100x80 [mm]	[Kg]	4.91	5.41	26.56
Barra perforada ASSAB 130x75 [mm]	[Kg]	4.64	13.8	64.03
Acero transmisión SAE 1018	[Kg]	2.15	24.16	51.94
Motor Weg, 2 [Hp]	unidad	225	1	225
Polea doble canal de aluminio Φ 80 [mm]	unidad	4.5	1	4.5
Polea doble canal de aluminio Φ 355 [mm]	unidad	9.5	1	9.5
Banda A 57	unidad	4,75	2	9.5
Pernos M10X20	[Kg]	5	4	20
Pernos M10X30	[Kg]	6	2	12
Pernos punta de broca 1 ½ ‘’	unidad	0.05	100	5
Pliego de lija gruesa N° 36	unidad	0.65	5	3.25
Fondo de pintura unidas (Esmalte)	[Ltrs.]	3.75	4	15
Pintura anticorrosiva Unidas	[Ltrs.]	4.8	3	14.4
Tiñer	[Ltrs.]	1.5	5	7.5
Tablero de control	unidad	60	1	60
Tol perforado (3-6) [mm]	unidad	150	2	300
SUBTOTAL A				1353.1

Fuente: Autor

7.1.2 Costos de mano de obra

Tabla 34: Costo de mano de obra

DESCRIPCIÓN	CANT.	SAL. REAL/HORA [\$]	HORAS-HOMBRE	SUB TOTAL [\$]
Maestro mecánico	1	3.5	80	280
Tornero	1	3.5	14	49
Soldador	1	3.5	16	56
Maestro eléctrico	1	3.8	4	15.2
SUBTOTAL B				400.2

Fuente: Autor

7.1.3 Costos de equipos y herramientas

Tabla 35: Costo de equipos y herramientas

DESCRIPCIÓN	COSTO x HORA [\$]	HORAS EQUIPO	SUB TOTAL [\$]
Soldadora eléctrica	2.95	16	47.2
Taladro manual	0.85	4	3.4
Taladro pedestal	1.75	5	8.75
Torno	11.5	14	161
Broca	0.8	3	2.4
Cizalladora	1.44	2	2.88
Dobladora de tol	1.35	1	1.35
Escuadra	0.85	2	1.7
Esmeril	1.16	3	3.48
Flexometro	0.8	4	3.2
Herramientas para electricista	1.43	3	4.29
Moladora	1.22	8	9.76
Sierre eléctrica	1.15	1	1.15
Tronzadora	1.25	4	5
Otros	1.31	2	2.62
SUBTOTAL C			258.18

Fuente: Autor

7.1.4 *Costos por transporte de materiales.* El costo por transporte es de 30 dólares debido a que los materiales para construir la máquina clasificadora de maíz partido se encuentra con facilidad.

7.1.5 *Costos total directo*

Tabla 36: Costo total directo

DESCRIPCIÓN	PRECIO [\$]
Materiales	1353.1
Mano de obra	400.2
Equipos y herramientas	258.18
Transporte	30
TOTAL COSTOS DIRECTOS	2041.48

Fuente: Autor

7.2 Costos indirectos

Los costos indirectos son aquellos en los que intervienen los costos ingenieriles, este costo ingenieril tiene un agregado del 25% que está involucrado con la supervisión y diseño de la máquina clasificadora de maíz partido, en el tiempo de la construcción del costo total indirecto.

Tabla 37: Costos indirectos

COSTOS INGENIERILES	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO [\$]	PRECIO TOTAL [\$]
Supervisión	17	Hora	15	255
Diseño	40	Hora	15	600
SUBTOTAL				855

Fuente: Autor

Tabla 38: Costo total indirecto

COSTOS	PRECIO TOTAL [\$]
Ingenieriles	855
Utilidad	0
TOTAL COSTO INDIRECTO	855

Fuente: Autor

7.3 Costos totales

Es la suma de los costos directos más los costos indirectos cabe recalcar que estos precios ya tienen incluido el IVA que es el 12% en nuestro país.

Tabla 39: Costo total de la máquina

COSTOS DIRECTOS	2041.4
COSTOS INDIRECTOS	855
TOTAL	2896.4

Fuente: Autor

Se tiene un costo total de la máquina clasificadora de maíz partido de \$ 2896.4 (dos mil ochocientos noventa y seis dólares Americanos con cuarenta centavos).

7.4 Depreciación [9]

Es la disminución del valor de los bienes como consecuencia de determinadas causas. Contablemente depreciación y amortización se consideran sinónimos. Porcentaje de depreciación de la maquinaria (10 % anual), la vida normal de los activos enunciados (máquinas y herramientas) es de 10 años; por lo tanto su costo total, o sea el 100% de su costo se reduce a una décima parte cada año. La décima parte del 100% es el 10%, ($100\% \div 10 = 10\%$).

Clasificación de la amortización: La amortización se clasifica en:

- Amortización ordinaria: es la desvalorización sistemática del bien, determinada previamente por la empresa
- Amortización extraordinaria: es la desvalorización imprevista total o parcial del bien, por ejemplo, provocada por un siniestro.

7.4.1 Causas de la depreciación. Las causas pueden ser:

1.- La duración física del activo; se incluyen las causas por:

- Agotamiento.
- Desgaste.
- Envejecimiento

2.- La duración económica del activo; se incluyen las causas por:

- Explotación por tiempo limitado.
- Envejecimiento técnico.
- Envejecimiento económico

7.4.2 Cálculo de la depreciación. Para poder calcular la depreciación hay que tener en cuenta:

- La vida útil
- El valor de salvamento
- El método a aplicar

Vida útil: Es la duración que se le asigna a un bien como elemento de provecho para la empresa. Las bases utilizadas para la determinación de la vida útil son:

- Tiempo: años.

- Capacidad de producción: producción total.

Valor de salvamento: Es la estimación del valor que el bien tendrá para la empresa una vez cumplido su vida útil. Surgirá de la diferencia entre el precio de venta estimado y todas las erogaciones necesarias para retirar el bien de servicio.

La vida útil de las máquinas herramientas en su 100% es de 10 años, para la maquina clasificadora de maíz partido se tomara en cuenta una vida útil de 6 años aproximadamente.

El valor de salvamento se denota por la ecuación

$$V_{\text{salvamento}} = V_{\text{inicial}} - \frac{V_{\text{inicial}} \cdot n}{N} \quad (88)$$

Dónde:

$V_{\text{salvamento}}$ = Valor de salvamento en [\$]

V_{inicial} = Valor de costo inicial en [\$]

n = Tiempo de vida útil 72 meses

N = Tiempo de depreciación en 120 meses

Reemplazando los valores conocidos en la ecuación se tiene:

$$V_{\text{salvamento}} = 2896.40 - \frac{2896.40 \cdot 72}{120}$$

$$V_{\text{salvamento}} = \$ 1158.56$$

Métodos de depreciación: Una vez determinado el valor a depreciar y establecida la base para la determinación de la vida útil, resta elegir el método para distribuir ese valor.

7.4.3 Método de la línea recta. El método de la línea recta es el método más sencillo y más utilizado por las empresas, y consiste en dividir, (el valor inicial menos el valor de salvamento del activo) para la vida útil del mismo. La ecuación para el cálculo es:

$$D_{\text{mensual}} = \frac{V_{\text{inicial}} - V_{\text{salvamento}}}{n} \quad (89)$$

Dónde:

D_{mensual} = Depreciación mensual en [\$]

V_{inicial} = Valor de costo inicial en [\$]

$V_{\text{salvamento}}$ = Valor de salvamento en [\$]

n = Tiempo de vida útil en años (máximo 72 meses)

Reemplazando los valores conocidos en la ecuación se tiene:

$$D_{\text{mensual}} = \frac{2896.40 - 1158.56}{72}$$

$$D_{\text{mensual}} = \$ 24,14$$

Como la máquina se deprecia a 72 meses entonces tenemos los siguientes datos.

Tabla 40: Depreciación mensual de la máquina

TIEMPO	DEPRECIACIÓN MENSUAL [\$]
12° meses	2896,40 - 289,64 = 2606,76
24° meses	2606,76 - 289,64 = 2317,12
36° meses	2317,12 - 289,64 = 2027,48
48° meses	2027,48 - 289,64 = 1737,84
60° meses	1737,84 - 289,64 = 1448,20
72° meses	1448,20 - 289,64 = 1158,56
TOTAL	\$ 1158,56

Fuente: Autor

El valor de salvamento en 72 meses de vida útil es **1158,56** (mil ciento cincuenta y ocho con cincuenta y seis centavos de dólares americanos) y su depreciación corresponde a **1737,84** (mil setecientos treinta y siete con ochenta y cuatro centavos de dólares americanos).

7.4.4 Determinación del costo de energía. Para determinar el costo de la energía consumida se determinó el consumo diario, para luego calcular el consumo mensual y multiplicado por el valor vigente del [Kw-h] del sistema interconectado, encontrando así el valor mensual de la energía consumida. Según Tablas de consumo de energía un

motor de 2 [Hp] bifásico, consume 1,25 [Kw] y la máquina trabajara un tiempo estimado de 1 hora.

Para calcular el consumo tenemos la siguiente ecuación:

$$C_{\text{diario}} = C_{\text{motor}} \cdot t \quad (90)$$

Dónde:

C_{diario} = Consumo diario en [Kw-h]

C_{motor} = Consumo del motor en [Kw]

t = Tiempo diario de consumo en horas

Reemplazando los valores conocidos en la ecuación se tiene:

$$C_{\text{diario}} = 1,25 \text{ [kw]} \times 1 \text{ [h]}$$

$$C_{\text{diario}} = 1,25 \text{ [Kw-h]}$$

El precio de consumo del [Kw-h] en el Ecuador es de \$ 0,098

Para calcular el consumo en dólares reemplazamos en la siguiente ecuación.

$$C\$ = C_{\text{diario}} \cdot C_{\text{costo}} \quad (91)$$

Dónde:

C\$ = Costo en dólares

C_{diario} = Consumo diario en [Kw-h]

C_{costo} = Valor en dólares del [Kw-h]

Reemplazando los valores conocidos en la ecuación se tiene.

$$C\$ = 1,25 \text{ [Kw-h]} \times \$ 0,098$$

$$C\$ = 0,1225 \text{ diarios} \times 20 \text{ días}$$

$$C\$ = 2,45 + (\text{impuestos y recaudaciones})$$

$$C\$ = 8,45 \text{ mensual}$$

Entonces el valor de pago de energía eléctrica es de \$ 8.45 dólares americanos mensual, un estimativo del precio de mantenimiento de la máquina mensual es de \$ 20 dólares americanos, además el costo mensual del operario será \$ 81 dólares americanos

7.5 Análisis de beneficio de producción

Para determinar el beneficio de producción mensual tenemos primero que realizar un estimativo diario y proyectarlo a futuro. Teniendo en cuenta que se trabaja 5 horas semanales al 80% de la capacidad de la máquina tendremos 528 quintales cada mes de maíz clasificado, por cada saco se tiene una ganancia de \$ 1 dólar americano. Para este proceso utilizamos la siguiente ecuación.

$$T_{\text{producción}} = 528 \text{ quintales mensuales}$$

$$B_{\text{mensual}} = T_{\text{producción}} * G_{\text{saco}} \quad (92)$$

Dónde:

$$T_{\text{producción}} = \text{Producción total}$$

$$G_{\text{saco}} = \text{Ganancia por cada saco}$$

$$B_{\text{mensual}} = \text{Beneficio mensual en dólares}$$

$$B_{\text{mensual}} = 528 * 1$$

$$B_{\text{mensual}} = \$ 528$$

Un estimativo del beneficio de producción mensual es de \$528 dólares americanos.

7.5.1 Cálculo del TIR (Tasa Interna de Retorno) y el VAN (Valor Actual Neto). Para este cálculo hay que tomar en cuenta todas las cantidades y corresponde a:

Ingresos

$$B_{\text{mensual}} = I_m = \$ 528$$

$$V_{\text{salvamento}} = V_s = \$ 1158,56$$

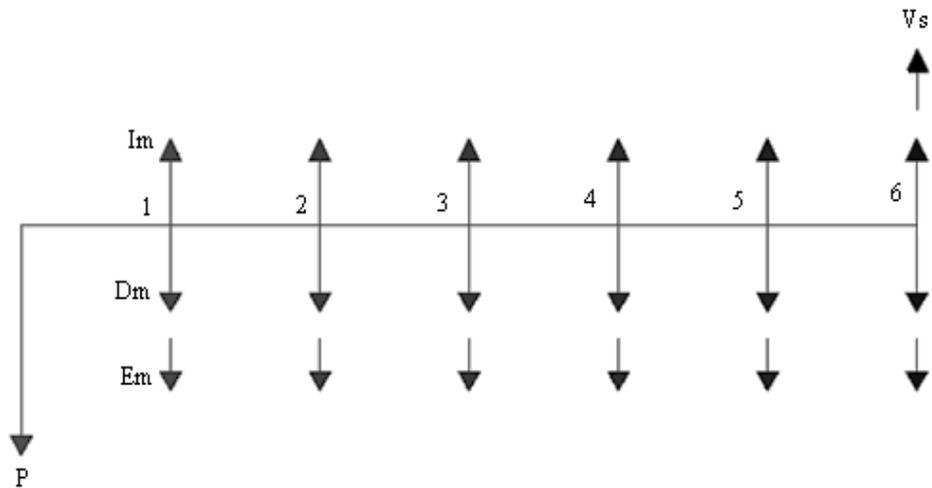
Egresos

$$C_{\text{máquina}} = P = \$ 2896,40$$

$$C_{\text{energ+manteni + oper}} = E_m = \$ 109,45$$

$$D_{\text{mensual}} = D_m = \$ 24,14$$

Figura 54. Ingresos y egresos mensuales



Fuente: Autor

7.5.2 Cálculo del VAN (Valor Actual Neto). El VAN es calculado a partir del flujo de caja mensual, trasladando todas las cantidades futuras al presente originados por una inversión para ver cuán factible es un proyecto por medio del cálculo del TIR (Tasa Interna de Retorno).

$$\text{VAN} = \text{Im} * (\text{P/A}, i\%, n) + \text{Vs} * (\text{P/F}, i\%, n) - \text{P} - \text{Dm} * (\text{P/A}, i\%, n) - \text{Em} * (\text{P/A}, i\%, n) \quad (93)$$

Dónde:

VAN = Valor actual neto en dólares

P/A = Coeficiente del valor presente de una distribución uniforme

P/F = Coeficiente del valor presente de una cantidad futura

i% = Porcentaje a calcular

n = Tiempo en meses

Vs = Valor salvamento

P = Costo de inversión

Im = Ingreso mensual

Dm = Depreciación mensual

Em = Egreso mensual

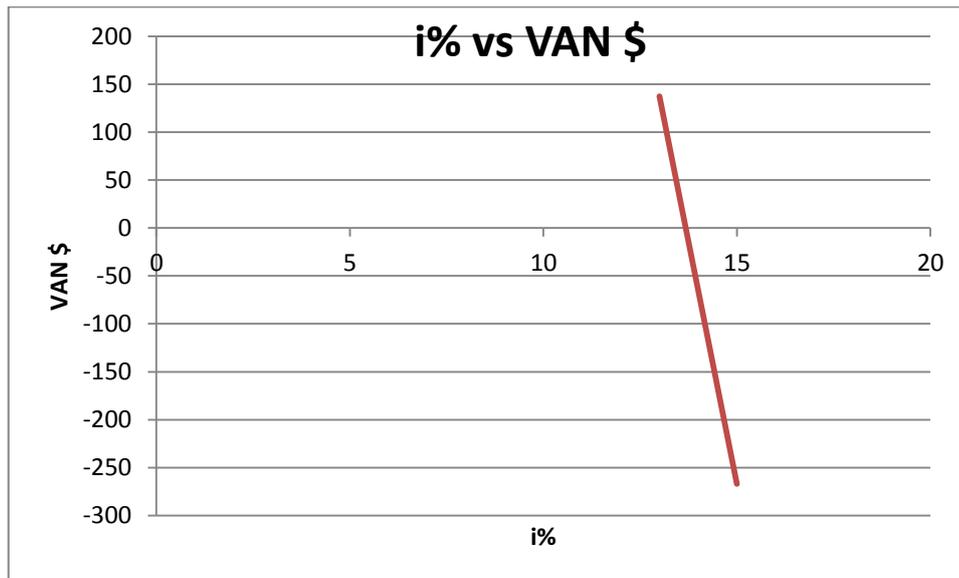
Reemplazando los valores conocidos en la ecuación se tiene:

Tabla 41: Interés compuesto

n	i%	P/A	P/F	VAN
72	9	110,938	0,0016	1480,95
72	13	76,915	0.0001	137,320
72	15	66,665	0,0001	-266.94

Fuente: Autor

Figura 55. Interés-VAN



Fuente: Autor

7.5.3 Cálculo del TIR (Tasa Interna de Retorno). Es la tasa de interés por medio de la cual se recupera la inversión y está en función del valor actual neto.

$$TIR = i\% + \Delta i\% \left(\frac{VAN^+}{VAN^+ + VAN^-} \right) \quad (94)$$

Dónde:

TIR = Porcentaje de la tasa interna de retorno

$\Delta i\%$ = Variación del porcentaje entre cantidad positiva y negativa

VAN^+ = Valor actual neto de la cantidad positiva

$i\%$ = Porcentaje último de la variación de cantidades

VAN^- = Valor actual neto de la cantidad negativa

Reemplazando los valores conocidos en la ecuación se tiene:

$$TIR=13 + 2 \left(\frac{137,320}{137,320+(266,94)} \right)$$

$$TIR=13,67 \text{ [%]}$$

La tasa de interés pasivas efectivas vigente, dada por el banco central del Ecuador para más de 60 días en el año 2013 es de 3,89%, ver en el (ANEXO L).

Comparamos el TIR (Tasa Interna de Retorno) con el interés pasivo efectivo vigente y tenemos 3 alternativas:

Si $TIR < \% \text{ vigente}$ el proyecto no es aconsejable

Si $TIR = \% \text{ vigente}$ el proyecto es indiferente

Si $TIR > \% \text{ vigente}$ el proyecto es aconsejable

Para nuestro caso:

$$TIR = 13.67 \%$$

$$i\% = 3,89 \%$$

La (Tasa Interna de Retorno) TIR es mayor que el porcentaje de interés de las Tasas pasivas efectivas referenciales por el Banco Central del Ecuador vigentes, por la tanto es viable hacer la inversión en nuestra máquina.

7.6 Análisis beneficio costo

Al final se determina la relación Beneficio / Costo (B/C), definida como los ingresos sobre los gastos, que para el proyecto es igual a 1,52; que al ser mayor a 1, demuestra nuevamente que el proyecto es rentable.

$$B / C = 1,52 \quad (95)$$

Después de obtener el VAN, TIR y el B/C, se concluye que la máquina clasificadora de maíz partido resulta rentable desde el punto de vista económico.

CAPITULO VIII

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

Luego de haber analizado cuidadosamente cada opción de las diferentes alternativas, mediante una matriz de decisión, se determinó que una máquina clasificadora basado en el mecanismo biela-manivela, es la más idónea para los objetivos planteados en este proyecto.

El objetivo principal se ha cumplido al diseñar y construir una máquina clasificadora de maíz partido, que satisface con los parámetros funcionales y requerimientos operacionales planteados al inicio de este trabajo.

Se determinan los mejores parámetros y condiciones de diseño para clasificar 1500 kg/h de maíz partido.

La investigación de campo ha sido de gran aporte para la realización de este proyecto.

Se desarrolló pruebas en vacío y a plena carga garantizando un normal funcionamiento de la máquina.

En el país, especialmente en el área agroindustrial no existe mayor interés ni preocupación para diseñar y construir maquinaria para clasificado de productos agrícolas.

La máquina clasificadora de maíz partido puede ser manipulada por cualquier personal de la fábrica, no se requiere personal altamente calificado.

El diseño de la máquina clasificadora de maíz partido permite que pueda ser desmontado si se requiere dar mantenimiento o transportar a otro lugar.

En el diseño de la máquina, al haberlo realizado componente a componente, se tienen diferentes factores de seguridad, pero todos cumplen con los requerimientos mínimos de diseño; e incluso se pueden ver factores altos, esto es debido al material proporcionado por la empresa.

Como resultado de su rentabilidad y funcionamiento la máquina puede recuperar su inversión en 6 meses.

Se elaboró un manual de operación y mantenimiento cumpliendo con los parámetros propios de la máquina.

8.2 Recomendaciones

Para el funcionamiento de la maquina se debe verificar que esté conectada a una fuente de 220[V].

Antes de encender la máquina se debe verificar que no exista ningún elemento extraño, con el fin de evitar el mal funcionamiento.

Para un mejor clasificado se recomienda utilizar un maíz que tenga menos de 15% de humedad prueba que debe realizar antes de cada proceso con el instrumento CLAAS.

Para un clasificado correcto se recomienda no sobrepasar el límite de carga que es 1.5 [ton/h], evitando que se forme capas de maíz mayores a 6 [cm] a lo largo del tol perforado.

La construcción de los elementos debe ser muy precisa de tal manera que no existan problemas de ensamblaje, ni al momento del funcionamiento de la máquina.

Las bandas deben estar tensadas convenientemente para evitar pérdidas de transmisión de potencia.

Realizar el mantenimiento general de la máquina de forma periódica para evitar que los elementos sufran desgastes prematuros.

Se debe seguir las recomendaciones de seguridad industrial al realizar trabajos en las máquinas herramientas utilizadas, en la construcción de la clasificadora de maíz partido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] [Http: //www.monografias.com](http://www.monografias.com), el maíz, Hm (2008-11-18)
- [2] [http://www.produccion agrícola del maíz, historia y origen](http://www.produccion-agricola-del-maiz.com) (2008-11-22)
- [3] <http://www.Consultas\MAIZ\Choclo.Tipos de maiz.com.htm> (2008-12-03)
- [4] www.sica.sagarra.gov.mx
- [5] <http://www.saluddiaria.com/4083/propiedades-medicinales-del-consumo-maiz/>
- [6] <http://www.excavacionegipto.com/curiosidades2/glosario.jsp.htm>
- [7] [www.fundamento de maquinas.com](http://www.fundamento-de-maquinas.com)
- [8] [www.tecnologia de la madera.com](http://www.tecnologia-de-la-madera.com)
- [9] <http://www.scribd.com/doc/3351849/depreciación>

BIBLIOGRAFÍA

- ALEXANDROV, M. 1976. Aparatos y Máquinas de Elevación y Transporte. Moscú, Editorial Mir. 450 p.
- BLANK, L. Y TARQUÍN, A. Economía en la Ingeniería 6ta edición.
- FAIRES, M. Diseño de Elementos de Máquinas México: Limusa, 2003.
- FREDERICK, S. Manual del Ingeniero Civil. 4ta.ed. México: McGraw-Hill, 1992.
- HAMROCK, B. Elementos de Máquinas. México: McGraw-Hill, 2000.
- IVANOV, M. N. Elementos de Máquinas. Moscú: Escuela Superior, 1984.)
- LARBURU, N. Máquinas, Prontuario: técnicas, máquinas herramientas. 2da.ed. Madrid: Paraninfo, 1990.
- LARBURU, N. Máquinas, Prontuario: técnicas, máquinas herramientas. 3ra.ed. Madrid: Paraninfo, 2001.
- MOTT, R. Diseño de Elementos de Máquinas. 4ta.ed. México: Pearson, 2006
- MORÁN, I. Apuntes de Diseño Mecánico.
- NORTON, R. Diseño de Máquinas. 4ta edición México McGRAW-HILL1999.
- SHIGLEY, J. Diseño en Ingeniería Mecánica. 5ta.ed. México: McGraw-Hill, 1990.
- TARGHETTA, L Y LÓPEZ, A. Transporte y almacenamiento de materias primas en la industria básica. Editorial Blume-Rosario.17-Madrid-1970.Tuset8-Barcelona.
- THOMSON, W. Teoría de vibraciones, aplicaciones. Prentice Hall.1ra edición.Hispanoamericana S.A 1982.

LINKOGRAFÍA

PERFILES METÁLICOS:

[http:// www.dipacmanta.com](http://www.dipacmanta.com)
2012-11-15

TIPOS DE MAQUINARIAS

www.iniap.gob.ec
2012-11-15

CONSUMO

www.saluddiaria.com
2012-11-15

ORIGEN DEL MAÍZ

www.fenalce.org
2012-11-15

ESPESOR DE LA MALLA

www.inen.gob-com
2013-02-10

ECUACIONES DEL PISTÓN

www.movimiento de un piston.com
2013-02-10

TIPOS DE CRIBAS

www.envirotekonline.com
2013-02-10

CRIBAS VIBRATORIAS

www.cribadoras.com
2013-02-10

TIPOS DE PERFORACIONES DE LA ZARANDA

www.manual para el beneficio de semillas.com
2013-02-10

CATÁLOGO DE MOTORES WEG

WWW.WEG.NET
2013-02-10

POLEAS

www.poleas de aluminio.com
2013-02-10

RODAMIENTOS Y CHUMACERAS

www.skf.com
2013-02-10

PROPIEDADES DE ACERO AISI

<http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%201018>.
2013-02-10

CURSOGRAMA DE CONSTRUCCIÓN

OIT (Organización Internacional del Trabajo), Introducción al estudio del trabajo (Ginebra, OIT)
Normas IRAM 34501, 34502 y 34503
2013-02-10

EVALUACIÓN DE VIBRACIONES

<http://www.azimadli.com/vibmanspanish/normascomercialestablalidegravedaddevibracinenmaquinaria.htm>
2013-02-10

COSTOS POR MANO DE OBRA

[www.contraloria general del estado 2013.com](http://www.contraloria-general-del-estado-2013.com)
2013-04-20