

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DESVAINADORA DE FRÉJOL PARA LOS PEQUEÑOS AGRICULTORES DE LA PARROQUIA DE AMBUQUÍ EN LA PROVINCIA DE IMBABURA

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO

DARÍO JOSÉ AGUILAR CANSECO

darodj10@hotmail.com

DIEGO FERNANDO HARO NÚÑEZ

diegoferharo@yahoo.es

DIRECTOR: Ing. JAIME VARGAS TIPANTA

jaime.vargas@epn.edu.ec

Quito, Diciembre 2010

DECLARACIÓN

Nosotros AGUILAR CANSECO DARÍO JOSÉ Y HARO NÚÑEZ DIEGO FERNANDO declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí presentado es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado de las fuentes bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional.

AGUILAR CANSECO

DARÍO JOSÉ

HARO NÚÑEZ

DIEGO FERNANDO

CERTIFICACIÓN

Certificamos que bajo nuestra supervisión el presente proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico fue desarrollado por los señores AGUILAR CANSECO DARÍO JOSÉ y HARO NÚÑEZ DIEGO FERNANDO.

Ingeniero Jaime Vargas T.

DIRECTOR DEL PROYECTO

Ingeniero Jorge Escobar.

Colaborador

Ingeniero Washington Altuna.

Colaborador

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado para mi familia principalmente a mis padres Fausto Aguilar y Sonia Canseco, ya que ellos son mi orgullo, amor y admiración; de igual manera está dedicado a mis hermanas Jackie y Tatty y mis sobrinas Denisse, Michell y Pamela que siempre me estuvieron apoyando en todo momento de mi carrera y especialmente en mi vida.

A mis amigos con quienes he compartido momentos inolvidables, brindándome comprensión, apoyo incondicional y sinceridad; de igual manera al Ingeniero Jaime Vargas quien siempre fue un excelente consejero en todas nuestras dudas e inquietudes.

Darío José A.

El presente proyecto se lo dedico con mucho cariño a mis padres Oswaldo Haro y Elizabeth Núñez precursores de mi formación, quienes con amor y dedicación me han entregado alegría, comprensión y felicidad a su lado, a mis hermanos por su eterna amistad que han compartido momentos inolvidables, y a mi Dios que me ha dado una vida llena de Bendiciones, Prosperidad y Abundancia.

Al Ingeniero Jaime Vargas incondicional amigo, ilustre catedrático que en el transcurso de mi formación profesional ha formado un gran lazo de amistad, que día a día ha guiado nuestro proyecto con ayuda de sus colaboradores. A mis amigos profesores y compañeros “Los Cochis”, que manteniendo nuestros valores íntegros y honestos compartí vivencias inigualables en todas las horas de mi vida estudiantil.

Diego Fernando H.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la familia que me ha dado ya que sin ella ninguna de las metas hubiera sido posible, un profundo agradecimiento a mi Padre quien ha sido mi fuente de inspiración para poder seguir adelante, de la misma manera a mi madre y mis hermanas especialmente a Jackie por el apoyo brindado en todos estos años de mi carrera.

De manera especial al Ingeniero Jaime Vargas por el apoyo brindado durante la elaboración del proyecto, y no se me puede olvidar mis amigos “Los cochis”.

Finalmente agradezco a mi querida facultad donde se encuentran mis amigos y profesores.

Darío José A.

Principalmente a Dios quien me ha brindado una vida llena de éxito, por su misericordia y bondad, por guiarme por su camino, por hacerme reposar en su dulce ceno y confortarme de paz en los momentos más trágicos de mi vida.

A mis padres por la confianza depositada en mí desde temprana edad y por su incondicional y sobreabundante ayuda quienes son felices de verme realizado tanto profesionalmente, como íntegramente.

A mi tía la señora Esperanza Haro que junto a su familia fueron de incomparable apoyo en el transcurso de mi carrera por brindarme sus consejos, cariño y amor en cualquier circunstancia de mi vida.

A la Escuela Politécnica Nacional que permitió realizar mis estudios en la facultad de Ingeniería Mecánica, por su cálida acogida en sus instalaciones y calidad humana de sus Docentes, y Estudiantes

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN.....	ii
CERTIFICACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
INDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
PRESENTACIÓN.....	xvii
CAPÍTULO I	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 EL FRÉJOL.....	1
1.1.1 RESEÑA HISTÓRICA.....	1
1.1.2 GENERALIDADES.....	3
1.1.2.1 Producción en el Norte del Ecuador	4
1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS CULTIVOS DE FRÉJOL EN EL NORTE DEL CUADOR.....	5
1.2.1 LOCALIZACIÓN DE LOS CULTIVOS DE FRÉJOL.....	5
1.3 ÉPOCAS Y CARACTERÍSTICAS DEL SUELO CULTIVABLE	6
1.3.1 ÉPOCAS DE PRODUCCIÓN	6
1.3.2 SISTEMAS DE RIEGO	7
1.4 CARACTERÍSTICAS DEL FRÉJOL.....	8

1.4.1 TIPOS DE FRÉJOL	8
1.4.2 PRINCIPALES ENFERMEDADES QUE AFECTAN AL FRÉJOL	11
1.5 PROCESO AGROINDUSTRIAL.....	13
1.5.1 COSECHA	13
1.5.2 PROCESO DE CLASIFICACIÓN	14
1.5.3 DESVAINADO DEL FRÉJOL	14
1.5.4 LIMPIEZA	15
1.5.5 ALMACENAMIENTO	15
1.5.6 CALIDAD DEL FRÉJOL.....	16
1.5.7 COMERCIALIZACIÓN.....	17
CAPÍTULO 2	18
ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	18
2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	18
2.2 ESTUDIO DE MERCADO	18
2.2.1 DESCRIPCIÓN, CARACTERÍSTICAS Y USOS.....	20
2.2.2 OFERTA	20
2.2.2.1 Producción Nacional.....	20
2.2.2.2 Importaciones.....	20
2.2.3 DEMANDA ACTUAL.....	21
2.2.3.1 Consumo Aparente	21
2.2.3.2 Conclusiones de las Encuestas	21
2.2 RESTRICCIONES Y LIMITACIONES	22
2.3.1 CARACTERÍSTICAS DEL PROTOTIPO.....	22
2.3.2 LIMITACIONES DE DISEÑO	22
2.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	24
2.4.1 PARÁMETROS FUNCIONALES.....	24
2.5 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.....	25
2.5.1 ALTERNATIVA 1: DESVAINADORA ELÉCTRICA DE RODILLOS.....	25
2.5.1.1 Descripción	25
2.5.1.2 Ventajas.....	27
2.5.1.3 Desventajas	27

2.5.2	ALTERNATIVA 2: DESVAINADORA NEUMÁTICA DE RODILLO.....	28
2.5.2.1	Descripción	28
2.5.2.2	Ventajas.....	30
2.5.2.3	Desventajas.....	30
2.6	SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	30
2.6.1	FACTORES PARA LA EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS	31
2.6.2	SELECCIÓN DE ALTERNATIVA.....	33
2.6.3	PROTOCOLO DE PRUEBAS.....	37
2.6.3.1	Pruebas sobre la Máquina Desvainadora.....	38
2.6.3.1.1	Control de las Dimensiones Físicas	38
2.6.3.1.2	Control de la Cámara de la Velocidad Angular	38
2.6.3.1.3	Control del Tiempo de Desvainado.....	39
CAPÍTULO 3	40
DISEÑO DE LA MÁQUINA DESVAINADORA DE FRÉJOL	40
3.1	TRABAJO DE CAMPO PARA DEFINIR LA RELACION FRÉJOL EN VAINA SECA A FRÉJOL EN SEMILLA.....	41
3.2	ANÁLISIS DEL DISEÑO DE LA MÁQUINA.....	43
3.2.1	SISTEMAS CONSTITUTIVOS DE LA MÁQUINA	43
3.2.2	SISTEMA DE CARGA DE PRODUCTO ENVAINADO	44
3.2.2.1	Cálculo de la Estructura Soportante de Producto Envainado	44
3.2.3	SISTEMA MOTRIZ DE LA CÁMARA DE DESVAINADO	51
3.2.3.1	Selección del Motor Eléctrico.....	51
3.2.3.2	Dimensionamiento del Sistema Reductor de Velocidad.....	53
3.2.3.2.1	Cálculo de Poleas y Bandas	54
3.2.3.3	Cálculo de los Engranés.....	58
3.2.3.4	Dimensionamiento de los Ejes de Transmisión a Fatiga	62
3.2.3.4.1	Cálculo del Eje de Levas.....	62
3.2.3.4.2	Cálculo del Eje Motriz	71
3.2.3.5	Dimensionamiento de la Lengüeta	80
3.2.3.6	Dimensionamiento de Pernos.....	83
3.2.3.7	Dimensionamiento del Soporte de Rodillos.....	87
3.3	CONSTRUCCIÓN MONTAJE Y PRUEBAS DE CAMPO	92

3.3.1	GENERALIDADES.....	92
3.3.2	CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA	92
3.3.2.1	Máquinas y Herramientas.....	93
3.3.2.2	Elementos a Construir	95
3.3.2.3	Etapas de Construcción del Prototipo	95
3.3.3	DIAGRAMA DE FLUJO DE CONSTRUCCIÓN	96
3.3.3.1	Sistema Estructural de la Máquina.....	97
3.3.3.2	Sistema Motriz de la Desvainadora.....	98
3.3.4	MONTAJE.....	101
3.3.4.1	Diagrama de Flujo del Montaje.....	102
3.3.5	PRUEBAS DE CAMPO	105
3.3.5.1	Análisis de Resultados.....	108
	CAPÍTULO 4	109
	ANÁLISIS DE COSTOS	109
4.1	ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS.....	109
4.1.1	COSTOS DE MATERIALES DIRECTOS	109
4.1.2	COSTO DE ELEMENTOS TERMINADOS	110
4.1.3	COSTO DE MAQUINADO.....	112
4.1.4	COSTO DE MONTAJE.....	112
4.1.5	COSTO DIRECTO TOTAL.....	113
4.2	ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS	114
4.2.1	COSTOS DE MATERIALES INDIRECTOS.....	114
4.2.2	COSTO DEL DISEÑO	115
4.2.3	GASTOS INDIRECTOS	115
4.2.4	COSTO TOTAL INDIRECTO.....	115
4.3	COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA.....	116
	CAPÍTULO 5	117
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	117
5.1	CONCLUSIONES.....	117
5.2	RECOMENDACIONES	119
	BIBLIOGRAFÍA	120
	ANEXOS	121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Orden de Producción Mundial de Fréjol.....	2
Tabla 1.2	Consortios Formados en el Norte del País.....	4
Tabla 1.3	Plagas Comunes en el Fréjol.....	12
Tabla 2.1	Alternativas de la Desvainadora.....	31
Tabla 2.2	Criterios de Evaluación.....	32
Tabla 2.3	Evaluación del Peso Específico de cada Criterio.....	33
Tabla 2.4	Evaluación del Peso Específico del Criterio Tiempo de Procesado...34	34
Tabla 2.5	Evaluación del Peso Específico del Criterio Costo.....	34
Tabla 2.6	Evaluación del Peso Específico del Criterio Fuente de Energía.....	35
Tabla 2.7	Evaluación del Peso Específico del Criterio Facilidad de Operación..35	35
Tabla 2.8	Evaluación del Peso Específico del Criterio Mantenimiento.....	35
Tabla 2.9	Evaluación del Peso Específico del Criterio Facilidad Construcción..36	36
Tabla 2.10	Evaluación del Peso Específico del Criterio Seguridad.....	36
Tabla 2.11	Resumen de Evaluación de Alternativas.....	36
Tabla 2.12	Formato del Protocolo de Pruebas de la Máquina.....	39
Tabla 3.1	Muestra de números de Costales en los Recintos.....	41
Tabla 3.2	Peso Aproximado de Costales en los Recintos.....	41
Tabla 3.3	Relación de Masa del Fréjol.....	43
Tabla 3.4	Conjunto de Poleas y Bandas en el Sistema Motriz.....	43

Tabla 3.5	Tipo y Designación de Máquinas Herramientas y Equipos.....	58
Tabla 3.6	Tipos de Operaciones a Utilizarse.....	93
Tabla 3.7	Listado de Materia Prima a Utilizarse.....	94
Tabla 3.8	Listado de Elementos a Construir.....	94
Tabla 3.9	Simbología Utilizada en el Diagrama de Flujo.....	95
Tabla 3.10	Actividades de Montaje.....	96
Tabla 3.11	Resultado de las Pruebas Realizadas a Desvainadora de Fréjol....	101
Tabla 4.1	Costo de Materiales Directos.....	110
Tabla 4.2	Costos de Elementos Normalizados.....	111
Tabla 4.3	Costo de Maquinado.....	112
Tabla 4.4	Costo de Montaje.....	113
Tabla 4.5	Costo Directo Total.....	113
Tabla 4.6	Costo de Materiales Indirectos.....	114
Tabla 4.7	Costo Total Indirecto.....	115
Tabla 4.8	Costo Final de la Máquina.....	116

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Variedad de Fréjol.....	1
Figura 1.2	Características de los Diversos Tipos de Vainas en Carpuela.....	3
Figura 1.3	Mapa de la Provincia de Imbabura.....	6
Figura 1.4	Estudio de Campo Realizado con el Director de Tesis en Ambuquí..	7
Figura 1.5	Principal Afluente de Riego Río Chota.....	8
Figura 1.6	Fréjol Caupi Proveniente del Recinto Santa Marianita-Chota.....	9
Figura 1.7	Fréjol Arbustivo Proveniente de la Parroquia de Ambuquí.....	9
Figura 1.8	Fréjol Gandul Proveniente del Recinto San Rafael.....	10
Figura 1.9	Fréjol Chino Proveniente del Recinto el Tambo.....	10
Figura 1.10	Limpieza del Fréjol en el Sector Mascarilla.....	15
Figura 1.11	Almacenamiento de Fréjol en Bodegas en Ibarra.....	16
Figura 2.1	Desvainado del Fréjol en Panamericana Norte en Mascarilla.....	18
Figura 2.2	Trabajo de Campo con el Director del Proyecto en Mascarilla.....	19
Figura 2.3	Desvainadora Eléctrica de Múltiples Rodillos.....	26
Figura 2.4	Desvainadora Neumática de un solo Rodillo.....	29
Figura 2.5	Desvainado Tradicional en el Sector de Ambuquí.....	40
Figura 3.1	Esquema de la Estructura Soportante del Producto Envainado.....	44
Figura 3.2	Diagrama de Cuerpo Libre de la Estructura Soportante.....	46
Figura 3.3	Esquema del Corte de Viga.....	47

Figura 3.4	Polea entre el Eje Motor y Eje Motriz.....	55
Figura 3.5	Denominación de Poleas del Sistema Motriz.....	57
Figura 3.6	Esquema de Engranés.....	59
Figura 3.7	Diagrama de Cuerpo Libre del Engrane.....	61
Figura 3.8	Diagrama de Cuerpo libre del Eje de Levas.....	63
Figura 3.9	Diagrama del Momento Flector en el Eje de Levas.....	66
Figura 3.10	Diagrama de Cuerpo Libre del Eje Motriz.....	71
Figura 3.11	Diagrama del Momento Flector del Eje Motriz.....	75
Figura 3.12	Diagrama de Cuerpo Libre de la Lengüeta.....	81
Figura 3.13	Diagrama de Cuerpo Libre del Perno.....	84
Figura 3.14	Diagrama de Cuerpo Libre del Perfil Soporte de Rodillo.....	87
Figura 3.15	Diagrama de Seccionamiento de Viga.....	89
Figura 3.16	Diagrama de Momento Flector.....	90
Figura 3.17	Diagrama de Flujo del Sistema Estructural de la Máquina.....	97
Figura 3.18	Diagrama de Flujo del Sistema Motriz de la Desvainadora.....	98
Figura 3.19	Corte de las Placas Metálicas.....	99
Figura 3.20	Corte de Perfiles Estructurales.....	99
Figura 3.21	Soldadura de Perfiles Estructurales.....	100
Figura 3.22	Torneado de Ejes.....	100
Figura 3.23	Diagrama de Flujo de Montaje.....	102
Figura 3.24	Montaje de la Estructura de Cámara de Desvainado.....	103
Figura 3.25	Montaje de Soporte a la Cámara de Desvainado.....	103

Figura 3.26	Montaje del Sistema de Desvainado.....	104
Figura 3.27	Prototipo de la Máquina Desvainadora de Fréjol.....	104
Figura 3.28	Pruebas de Campo con el Director del Proyecto en Ambuquí....	107
Figura 3.29	Pruebas de Campo con el Director de Proyecto en Piquiucho....	107

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I: ENCUESTA PARA ESTUDIO DE MERCADO.....	121
ANEXO II: SERIE DE IMPORTACIONES DE MÁQUINAS.....	133
ANEXO III: VARIABLES QUE CARACTERIZAN A LOS SECTORES O GRUPOS PRODUCTIVOS DE FRÉJOL.....	135
ANEXO IV: CARACTERÍSTICAS DEL SUELO.....	137
ANEXO V: MOTOR.....	139
ANEXO VI: MATERIALES USADOS.....	141
ANEXO VII: HOJAS DE PROCESO.....	154
ANEXO VIII: PLANOS DE TALLER Y MONTAJE.....	164

RESUMEN

Este proyecto se inicia con el estudio previo de los sembríos de fréjol en la parroquia de Ambuquí en la provincia de Imbabura, las variedades en el mercado nacional, proceso de cultivo y cosecha del fréjol; también se especifican las diferentes clases más comunes de fréjol.

Su construcción se basa de los resultados entregados por el estudio de mercado previamente elaborado y cumple satisfactoriamente con los objetivos a bajo costo.

Utilizando el estudio comparativo y de ponderación de criterios, se procede a seleccionar de una serie de alternativas, la que mejor cumpla con los requerimientos planteados.

A continuación se dimensionan todos los sistemas que constituyen la desvainadora de fréjol tomando en cuenta criterios de resistencia a la fatiga, y el análisis de mecanismos de transmisión. Posteriormente se realiza el proceso de fabricación.

Se elaboran los planos de taller y de montaje de la desvainadora de fréjol, estableciendo los tipos de máquina-herramienta, proceso de corte y soldadura hacer utilizados para la transformación de la materia prima.

Al final se realizan las pruebas de campo al prototipo construido, lo que permite verificar el correcto funcionamiento de la máquina de acuerdo con los parámetros establecidos.

PRESENTACIÓN.

Una de las actividades económicas más importantes del país es la agricultura. Genera empleo en niveles bastante significativos, y permite exportar productos a los países vecinos en condiciones satisfactorias.

Dentro de la búsqueda permanente de acortar la brecha tecnológica con los países desarrollados, se ha visto la necesidad de aportar con los conocimientos adquiridos en la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional, en el diseño y construcción de una desvainadora de fréjol, dirigida a la pequeña y mediana industria.

Dado que el diseño de la máquina abarca diferentes áreas de la Ingeniería Mecánica como son el diseño, producción y montaje, se requiere la cooperación de catedráticos especializados y experimentados en dichas áreas.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 EL FRÉJOL

1.1.1 RESEÑA HISTÓRICA

Los estudios arqueológicos revelan que el fréjol, del género *Phaseolus*, se origina en el continente americano con una edad aproximada de 500 a 800 años en algunas regiones de México, Estados Unidos y Perú. No obstante existe un relativo acuerdo respecto a su origen y se lo considera procedente de México. También el lugar donde se diseminaron las primeras semillas hacia el sur del continente americano, sitio en el que llega a cultivarse.

En particular los historiadores destacan que es posible identificar a México como lugar de origen por encontrar prototipos de especies silvestres de los cinco grupos más cultivados. En América se dieron cultivos de fréjol, maíz, calabaza y chile que constituyeron la fuente alimenticia principales de las culturas que habitaban esta región, pero con una clara dominación del fréjol en los productos de mayor consumo. (ver figura 1.1)



Figura 1.1 Variedad de Fréjol

Fuente: Depósitos de Almacenamiento de Fréjol Asociación Ambuquí.

En la actualidad el fréjol, a nivel internacional, resulta ser un producto de menor significación en cuanto a volumen, su importancia trasciende como fuente de alimento y sustituto de otros nutrientes en la sociedad, sobre todo en países donde el ingreso limita la adquisición de bienes de alto valor protéico, pero de mayor valor económico. Según estadísticas reveladas a nivel mundial la producción de fréjol en el mundo se concentra en 129 países de los cinco continentes. Entre 1961–2007 se produjo en promedio poco menos de 15 millones de toneladas al año, lo que constituye una tasa media de crecimiento anual de 1.16% durante dicho lapso.

La variación que se presenta en los niveles de producción entre un año y otro es proporcional con la presencia de lluvias, ya que una siembra significativa se obtiene bajo condiciones óptimas del temporal. Así mismo se cree que el mayor consumo de fréjol en el mundo se manifiesta en regiones con estándares de vida bajos, principalmente en naciones en vías de desarrollo, dado los niveles de aceptación y uso de este producto que se hace en América Latina, Asia y África ¹

Entre los países productores de la leguminosa destacan por orden de importancia como se indica en la Tabla 1.1

Tabla 1.1 Orden de Producción Mundial del Fréjol

ORDEN DE IMPORTANCIA	PAÍSES	PORCENTAJE DE PRODUCCIÓN
Primero	India	18.49 %
Segundo	Brasil	16.55%
Tercero	China	6.84%
Cuarto	Estados Unidos	6.80%
Quinto	México	6.55%
Sexto	Ecuador	5.95%

Fuente: Estudio realizado por la revista de investigación Nueva Época

Elaboración: Propia

¹ Revista Investigación Científica, Vol. 4, Nueva época, diciembre 2008, ISSN 1870–8196

1.1.2 GENERALIDADES

Los fréjoles son semillas comestibles, una especie de la familia de las leguminosas que son plantas caracterizadas por producir frutos en forma de vainas dentro de las cuales se encuentran las semillas. Tienen la propiedad de tomar el nitrógeno de la atmósfera y a través de bacterias en sus raíces, incorporarlos al suelo. El fréjol posee un alto contenido en proteínas y en fibra, siendo así mismo una fuente excelente de minerales.

Como se menciona antes, el fréjol se presenta en forma de vainas las cuales se encuentran de distintos colores dependiendo del tipo de fréjol que se está produciendo. En el Ecuador en las diferentes zonas de producción se han encontrado distintas coloraciones en las vainas siendo las más comunes las presentadas en la Figura 1.2



Figura 1.2 Características de los Diversos Tipos de Vainas en el Recinto Carpuela

1.1.2.1 Producción en el Norte del Ecuador

Desde hace 30 años aproximadamente los pequeños, medianos y grandes productores ubicados en las riveras de los ríos Chota y Mira respectivamente, se dedican al cultivo del fréjol arbustivo. Este tipo de fréjol caracterizado por su grano rojo moteado, constituye una fuente importante de alimentación e ingresos económicos para los productores.

Esta producción se encuentra repartida entre las dos provincias, abarcando alrededor de 18.100 hectáreas, donde 11.200 hectáreas pertenecen a Imbabura y 6.900 hectáreas al Carchi. En los sectores de estudio se siembran variedades de fréjol arbustivos criollos y mejorados.

En razón de que el fréjol cubre la mayor extensión o superficie de cultivo en un 55% del sector se ha formado un organismo denominado COPCAVIC que significa (Consortio de Asociaciones Artesanales de Producción de Bienes Agrícolas y Pecuarias de Imbabura y Carchi) que agrupa a estos sectores para normar la producción, calidad, variedad y comercialización. Este consorcio está formado por 120 socios que pertenecen a 9 sectores conformados en asociaciones que se muestran en la Tabla 1.2²

Tabla 1.2 Consorcios Formados en el Norte del País

NOMBRE DE LA ASOCIACIÓN	NOMBRES DE LAS COMUNIDADES
Asociación la Esperanza	San Clemente
Asociación Ambuquí	Ambuquí.
Asociación Carpuela	Carpuela
Asociación Santa Marianita	Chota
Asociación 10 de Enero	El Tambo
Asociación Jesús del Gran Poder	Pusir Grande
Asociación 9 de Julio	San Rafael.

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería

Elaboración: Propia

² [http:// www.mag.org/ProducFrejol?856p?opcion=9_3_1](http://www.mag.org/ProducFrejol?856p?opcion=9_3_1)

1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS CULTIVOS DE FRÉJOL EN EL NORTE DEL ECUADOR.

1.2.1 LOCALIZACIÓN DE LOS CULTIVOS DE FRÉJOL

El Valle del Chota está ubicado en la Provincia de Imbabura, cantón Ibarra, parroquia Ambuquí, donde se asientan algunas comunidades entre las que se puede citar Mascarilla, Chota, Carpuela, Ambuquí y El Juncal; y otros sectores que corresponden a la Provincia del Carchi, Cantón Bolívar como El Tambo, Pusir Grande, Tumbatú y San Rafael, todas estas tienen como principal actividad la agricultura, cultivando diferentes productos propios de la zona tropical por encontrarse en una cota que oscila entre los 1600 msnm. destacándose la producción del fréjol como el de mayor cultivo.

El clima en el valle del Chota es cálido seco, con una temperatura media anual de 19,50°C, con mínimas variaciones durante el año. La humedad relativa media anual es del 39%. Los vientos fuertes se presentan durante todo el año, especialmente en los meses de Julio y Octubre. La distribución de lluvias en el área de producción es estacional, no muy bien definida, observándose las mayores precipitaciones entre los meses de Octubre y Mayo; la época seca se presenta entre los meses de Junio y Agosto; sin embargo, el nivel de precipitación depende de la distancia del centro de la cuenca. Al interior del Valle el aire es cálido seco, requiriéndose de riegos frecuentes para el desarrollo de los cultivos, a pesar de encontrarse rodeado de grandes macizos (ver figura 1.3).

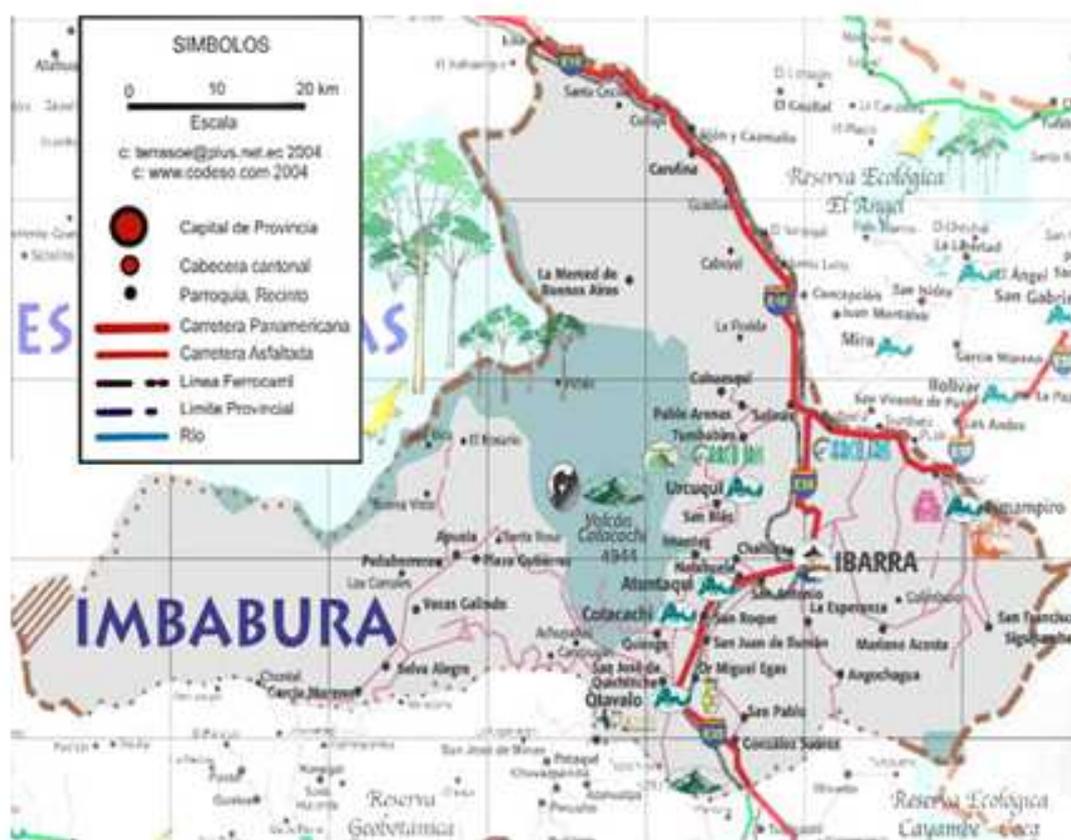


Figura 1.3: Mapa de la Provincia de Imbabura³

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería

1.3 ÉPOCAS Y CARACTERÍSTICAS DE SUELO CULTIVABLE

1.3.1 ÉPOCAS DE PRODUCCIÓN

En el Valle del Chota el fréjol se siembra en dos campañas durante todo el año, siendo la primera en el período de febrero-abril y la segunda dándose en los meses de septiembre a noviembre; el ciclo de cultivo para la cosecha del grano seco se encuentra entre los 110 a 115 días como máximo, obteniéndose el producto para el consumo.

³ [http:// www.mag.org/ProducFrejol?856p?opcion=9_3_1](http://www.mag.org/ProducFrejol?856p?opcion=9_3_1)

La producción de fréjol arbustivo en el Valle del Chota se da en distintos tipos de suelos como: arcillosos secos, arcillosos húmedos y arenosos secos poco profundos, erosionados con afloramientos de cangagua y pendientes moderadas, con pH generalmente alcalino y menos de 1.5 % de materia orgánica, baja retención de humedad y relieve plano ligeramente ondulado.(ver figura 1.4)



Figura 1.4: Estudio de Campo realizado con el Director del Proyecto en la parroquia de Ambuquí

1.3.2 SISTEMA DE RIEGO.

En el Valle del Chota funcionan canales de riego durante las épocas de sequía debido a que el fréjol requiere de un riego constante en la etapa de la siembra, no solamente para obtener un producto de mejor calidad sino también para obtener las condiciones específicas del suelo.

Dentro de las fuentes de agua se destacan las siguientes:

Ambuquí que abastece de agua a las comunidades de Chalguayacu, Juncal, Carpuela y Ambuquí de Imbabura, y Pusir Grande Tumbatú del Carchi.

San Vicente de Pusir que provee de agua a la comunidad del mismo nombre, mientras que en la cuenca del Mira no existen canales de riego, sus comunidades obtienen riego de los afluentes del Mira. Como se observa en la figura 1.5



Figura 1.5: Principal Afluente de Riego Río Chota

1.4 CARÁCTERÍSTICAS DEL FRÉJOL

1.4.1 TIPOS DE FRÉJOL

Entre las variedades de fréjol se pueden citar las siguientes:

- Chiclayo o Caupi.
- Arbustivo.
- Gandul.
- Chino o Loctao.

El fréjol Chiclayo o Caupi, es pequeño y de color negro, se adapta bien en un clima entre los 20° C y 35° C por lo general se siembran en suelos francos como arenosos, arcillosos o limosos que son profundos y fértiles, (ver figura 1.6)



Figura 1.6 Fréjol Caupi proveniente del recinto Santa Marianita-Chota

El fréjol Arbustivo se caracteriza por presentar coloración rojiza y de gran tamaño, se produce en gran cantidad en la región norte del Ecuador. Se adapta bien en un clima entre los 18 y 28°C por lo general se siembra en suelos francos, profundos, fértiles, de buen drenaje y sin problemas de salinidad, es sensible tanto a la sequía como al exceso de humedad, (ver figura 1.7)



Figura 1.7 Fréjol Arbustivo proveniente de la Parroquia de Ambuquí

El fréjol Gandul se caracteriza por presentar un crecimiento exuberante de la planta cuando se expone a altas temperaturas y humedad ambiental. Las temperaturas frías menores de 17°C retardan el crecimiento y desarrollo de la planta afectando la producción. Por lo general se siembra en suelos de todo tipo, preferentemente francos, profundos, fértiles y de buen drenaje. (ver figura 1.8)

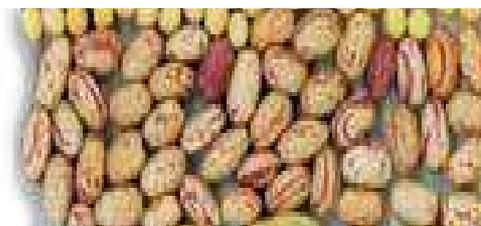


Figura 1.8 Fréjol Gandul proveniente del recinto San Rafael.

El fréjol Chino se caracteriza por su apariencia blanca y de mediano tamaño, esta clase de leguminosa se adapta bien en un clima entre los 20° a 30 °C por lo general se siembra en suelos francos sin problemas de salinidad (ver figura 1.9)



Figura 1.9 Fréjol Chino proveniente del recinto El Tambo

1.4.2 PRINCIPALES ENFERMEDADES QUE AFECTAN AL FRÉJOL

Dentro de las enfermedades que afectan al cultivo destacan las siguientes: antracnosis, roya y oídio. Así como las principales plagas que pueden afectar los cultivos de fréjol se encuentran de mayor presencia son la mosca blanca, araña roja, grillo topo y el minador, que afectan directamente a la planta, reduciendo substancialmente la producción.

Para contrarrestar estos problemas todos los productores de este grupo aplican productos químicos, con una frecuencia de tres aplicaciones por cultivo. El ingrediente activo de los productos que más utilizan para controlar las enfermedades son: Mancozeb, Cyproconafol, Azufre y Maneb; en cambio, para controlar plagas los ingredientes activos de más uso son: Metamidofos, Profenofos y Cipermetrina. Las combinaciones y dosis de los productos anteriormente citados no son las más adecuadas, ya que en la mayoría de los casos las dosis son bajas y mezclan varios productos que cumplen similares reacciones para su control. En la Tabla 1.3 se presenta el listado de las plagas más comunes⁴

⁴ [http:// www.mag.org/ProducFrejol?856p?opcion=9_3_1](http://www.mag.org/ProducFrejol?856p?opcion=9_3_1)

Tabla 1.3 Plagas Comunes en el Fréjol

Plaga	Descripción	Control Cultural
Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>)	Vive en las hojas chupando la savia. Transmite virus.	Controlar las malezas.
Lorito (<i>Empoasca kraemeri</i>)	Habita en el envés de las hojas. Causa achaparramiento de planta, encarruja las hojas, deforma las vainas y reduce el rendimiento. Es favorecida por las altas temperaturas y la sequía.	El cultivo se debe sembrar dentro de la época recomendada de siembra. Los riegos deben ser oportunos y en volumen adecuados.
Caballada (<i>Prodenia eridania</i>)	Vive en la cara inferior de las hojas, alimentándose del parenquima y vainas tiernas. Suele presentarse más en la floración y madurez.	Buena preparación del suelo, eliminación de malezas y riegos oportunos para evitar la incidencia de estas plagas.
Comedores de Hoja (<i>Diabrotica</i> , <i>Cerotoma</i>)	Perforan hojas, flores, brotes tiernos y vainas. Son insectos transmisores de virus en caupí y zarandaja.	Buena preparación del suelo, eliminación de malezas sobre todo gramíneas, ayudan a controlar estas plagas.
Arañita roja (<i>Tetranychus urticae</i>)	Produce amarillamiento y secado de hojas. Es favorecida por la sequía, altas temperaturas. Y el uso excesivo de insecticidas (fosforados y clorados). Puede presentarse durante todo el período vegetativo.	Buena preparación del suelo, rotación de cultivos con gramíneas, control de malezas y riegos oportunos.

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería

Elaboración: Propia

1.5 PROCESO AGROINDUSTRIAL

A los procesos de cosecha y post cosecha pertenecen las siguientes actividades

1. Cosecha.
2. Proceso de Clasificación (Vaina Seca y Vaina Húmeda).
3. Desvainado del Fréjol.
4. Limpieza
5. Almacenamiento.
6. Calidad
7. Comercialización.

1.5.1 COSECHA

El 100% de los productores del Valle del Chota asocian la época de cosecha del fréjol cuando la planta está seca sin hojas, no determinan el nivel de humedad requerido para el proceso de desvainado tradicional, lo cual incide en la calidad del grano, mermando las ganancias y haciéndole menos atractiva la producción de esta leguminosa.

Comúnmente las plantas de fréjol son arrancadas con raíces para iniciar el proceso de desvainado, contaminando el grano con tierra, piedras, etc., situación que dificulta las operaciones de limpieza.

En la época de cosecha es donde se almacena el fréjol en costales, llevándolos a los patios o terrazas de almacenamiento para clasificarlos por la apariencia de su vaina.

1.5.2 PROCESO DE CLASIFICACIÓN

La clasificación del fréjol la realizan los agricultores de acuerdo a la apariencia física que presente la vaina. Se diferencian los siguientes tipos de vaina:

- **Vaina Seca**
- **Vaina Húmeda**

Por lo general los productores de fréjol clasifican a las vainas en bodegas independientes, puesto que algunas están listas para el proceso de desvainado tradicional, mientras las otras necesitan ser expuestas a radiación solar, dependiendo de qué tan húmedas se encuentren estas.

Una vez que se homologan las apariencias físicas de las vainas se las mezclan en una sola bodega, dejando listo el producto en costales, para llevarlo a la carretera y desvainarlo cuando los agricultores lo deseen.

1.5.3 DESVAINADO DEL FRÉJOL.

El proceso de desvainado comienza tendiendo el fréjol envainado seco que se encuentran en los costales en un tramo de la carretera, para después hacer pasar sobre el producto envainado un vehículo liviano, repitiendo este procedimiento cuantas veces sea necesario hasta asegurarse que esté el grano fuera de la vaina.

El desvainado del fréjol se produce por la aplicación de la fuerza ejercida por el peso del vehículo. Este procedimiento de desvainado ha sido utilizado desde los inicios de esta actividad agrícola por los pequeños y medianos agricultores por desconocimiento de fuentes tecnológicas.

Otro proceso de desvainado que se ha venido utilizando por los agricultores es colocar el fréjol en tendales, para luego mediante maderos aplicar varios golpeteos hasta lograr extraer al producto de la vaina y continuar así con el resto del producto envainado. Este proceso implica más tiempo de trabajo y mayor dificultad para extraer el producto, puesto que para poder desvainar de esta manera se debe emplear la fuerza física, lo que implica mayores inconvenientes a los agricultores en dicha labor.

1.5.4 LIMPIEZA

La limpieza de los granos posterior al proceso de desvainado, es decir, antes de su consumo, se lo realiza mediante la aspiración o ventilación, pues de esa manera se está eliminando residuos de cascarillas y material liviano existente (Basura, residuos de hojas, etc.) también son recomendables las limpiezas mediante tamizadoras que separen dichos materiales. (ver figura 1.11)



Figura 1.10 Limpieza del Fréjol en el Sector Mascarilla

1.5.5 ALMACENAMIENTO

Para el almacenamiento del fréjol se lo realiza en costales de forma inmediata acabado el proceso desvainado después de una previa limpieza eliminando los residuos de la cascarilla que se encuentra presente en el mismo. Esto implica que el producto no se vea afectado por algunas de las principales plagas como gorgojos, grillos etc. Minimizando así las pérdidas del producto causadas por las plagas, y desperdiciando así un porcentaje de la semilla que podía ser utilizada para la comercialización.

En la actualidad se cuenta con bodegas de almacenamiento de fréjol en semilla, con una ventilación adecuada y con un control de temperatura, que permiten mantener, por cortos periodos, los granos lo suficientemente frescos y ventilados, para reducir los peligros de calentamiento y ataque de plagas.

No solo se disminuye las posibles pérdidas por aquellas causas, sino que permiten mantener una aceptable calidad. Una ventilación correcta puede reducir en algún punto la humedad inicial, y al mismo tiempo uniformar las humedades evitando diferentes porcentajes (ver figura 1.10)



Figura 1.11 Almacenamiento del Fréjol en Bodegas de Comercialización Ibarra

Fuente: Propia

1.5.6 CALIDAD DEL FRÉJOL

El conocimiento y la determinación de las características de los granos está relacionado con el proceso de desvainado, almacenamiento y uso final del mismo, por lo tanto las exigencias que demandan las distintas aplicaciones que pueden tener los granos son muy diferentes.

Los granos empleados para el consumo deben tener las mejores propiedades con gran escala de salubridad, es decir, deberán cumplir todos los estándares de calidad de tal manera que se adapten al consumo humano.

1.5.7 COMERCIALIZACIÓN

Los productores reconocen que la presencia de los comerciantes intermediarios facilita el proceso de comercialización, debido a las vías de que se pueden abrir para vender el producto, entregándose este en los mercados de la zona. Esto se debe a la organización adecuada que permite comercializar los volúmenes producidos en mercados seguros.

Anualmente, en el valle del Chota se cultivan alrededor de 13.937 ha. de fréjol arbustivo, a través del estudio se estimó un rendimiento modal de 1,136 t/ha y una producción total de 15.832 Tm por año, de las cuales se comercializan 12.666 t por efecto del 20% (3.166t) que se pierde en el proceso de desvainado. Esta producción se distribuye de la siguiente manera:

El 12% (1520 t) es comercializado por ciertos productores que realizan la función de acopio. El 85% (10.766 t) por los comerciantes intermediarios y el 3% restante (380 t), venden los productores directamente en las ferias, mercado o tiendas locales.

CAPÍTULO II

ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El sector agrícola del Valle del Chota se encuentra enfocado desde hace 30 años al cultivo de fréjol, por las características de su suelo y sus condiciones ambientales.

En la actualidad, la mayoría de agricultores ejecutan un método empírico y peligroso para extraer el fréjol de la vaina, ya que se deja secar este producto en un tramo de la carretera (Panamericana norte) para cuando este se halle seco, hacer pasar un vehículo liviano. Esta vía es de mucho peligro, puesto que en ella transitan toda clase de vehículos y el espacio que utilizan los agricultores para la obtención del fréjol, se extiende más allá de la berma.

(ver figura 2.1)



Figura 2.1 Desvainado Tradicional del fréjol en la Panamericana Norte, Sector Mascarilla, Imbabura

Otro método no tan peligroso es el secado de frejol sobre planchas, que no son más que patios normales de construcción civil, donde casi de la misma forma que en el método anterior se coloca el fréjol sobre estas planchas, se hace secar el frejol y luego se permite transitar un vehículo liviano. Este proceso resulta más confiable y seguro que el anterior señalado, pero el producto resulta dañado en un 30% siendo desechado de inmediato, ya que se destruye por completo. (ver figura 2.2)



Figura 2.2 Trabajo de Campo con el Director del Proyecto. Sector Mascarilla

Vista esta grave problemática se propone un método confiable y seguro mediante máquinas desvainadoras donde se obtiene el producto final en buenas condiciones minimizando el porcentaje de daños del producto. Facilitando al agricultor la obtención del producto, sin exponerse a tantos riesgos que se han descrito en los métodos anteriores, y tomando en cuenta que la actividad agrícola en este sector tiene gran proyección.

2.2 ESTUDIO DE MERCADO

Se realiza el estudio de mercado el cual indica los parámetros y requerimientos del proceso de desvainado de fréjol, para poder satisfacer las necesidades del pequeño y mediano agricultor del Ecuador.

2.2.1 DESCRIPCIÓN, CARACTERÍSTICAS Y USOS.

El objetivo de la máquina desvainadora de fréjol consiste en extraer el grano de su vaina, conservando su forma y calidad, esto se realiza aplicando una combinación de mecanismos.

A una determinada cantidad de fréjol que se encuentra en un espacio denominado cámara de desvainado, se le suministra una fuerza necesaria mediante un sistema de rodillos en movimiento los cuales permiten fragmentar la vaina seca y obtener el fréjol.

2.2.2 OFERTA

2.2.2.1 Producción Nacional

De acuerdo a la investigación de campo se ha llegado a determinar que no existe una máquina en la región norte del Ecuador, lo cual implica la falta de implementación tecnológica, que en los actuales momentos han tomado gran importancia en la producción agrícola y de consumo humano.

2.2.2.2 Importaciones

Según datos del Banco Central no existen datos de importaciones de máquinas desvainadoras de fréjol, aunque existe de acuerdo a las partidas arancelarias 8417 y 8419, bajo el concepto de “máquinas y aparatos” el registro de

importaciones del Banco Central del Ecuador (ver anexo 1), se muestra una serie histórica de importaciones de máquinas trilladoras de granos.

En base a la oferta nacional e importaciones, se concluye que la oferta a cubrir es satisfecha en su gran mayoría por maquinarias importadas.

2.2.3 DEMANDA ACTUAL

2.2.3.1 Consumo aparente

Para el cálculo del consumo aparente de la máquina desvainadora de fréjol en el mercado nacional se ha considerado realizar una encuesta a los productores de fréjol de la región norte del país, para así tener una idea de las características y demanda insatisfecha del mercado nacional.

La encuesta ha sido realizada a los productores de fréjol en la Parroquia de Ambuquí en la Provincia de Imbabura. Para mayor factibilidad se toma una muestra que contempla 25 encuestados los cuales respondieron de acuerdo a su criterio y necesidad.

Mediante la encuesta (ver anexo 1) se tienen las siguientes conclusiones.

2.2.3.2 Conclusiones de las encuestas

Estos resultados indican que la producción a nivel provincial tiene una buena aceptación en la región norte, siendo los pequeños y medianos agricultores los que constituyen el 65% y 27% respectivamente la producción en esta zona, por tal razón sin tecnificación disminuyen sus ganancias, esto se debe a la falta de acceso de información, capacitación y herramientas para este sector productivo.

Por tal motivo se desarrolla el proyecto de la máquina desvainadora de fréjol con las siguientes características: versátil, fácil operación, bajo costo, y de capacidad

de 100 a 120 kg/hora de semilla, el cual cumple con las necesidades del pequeño y mediano productor, ayudando de esta manera al sector productivo.

2.3 RESTRICCIONES Y LIMITACIONES

Las restricciones que se encuentran para el diseño de la máquina desvainadora de fréjol se detallan a continuación.

2.3.1 CARACTERÍSTICAS DEL PROTOTIPO

De las encuestas realizadas a los pequeños agricultores de la parroquia de Ambuquí se han obtenido los siguientes requerimientos y deseos comunes de los usuarios:

- Tiempo de obtención del Producto.
- Precio.
- Mantenimiento.
- Operación.
- Muy Compacta.
- Accesible.
- Calidad del Producto.

2.3.2 LIMITACIONES DE DISEÑO

Con las anteriores características obtenidas de las encuestas realizadas a los agricultores, se puede extraer las siguientes especificaciones que permiten identificar cualitativamente los requerimientos y parámetros básicos del diseño.

- a) **Tiempo del Proceso.-** Es el tiempo que se demorará la máquina desvainadora en extraer al fréjol, es decir triturar la vaina, separar al grano de los posibles residuos de la vaina listo para clasificarla.
- b) **Costo Máximo.-** La máquina desvainadora debe tener un precio accesible para los pequeños agricultores. Este costo por lo menos debe cubrir los gastos que implican materiales, mano de obra, equipos, y las horas dedicadas al diseño de ingeniería.
- c) **Mantenimiento.-** La maquinaria debe ser fácil de limpiar y de reparar, que sea accesible para el empleado, es decir que no involucre excesivas horas de paro de máquina, gastos extremadamente considerables, por repuestos, reparaciones y mano de obra.
- d) **Ergonómica.-** La máquina debe adaptarse correctamente al propósito para lo que fue diseñada, que no presente dificultades para ser utilizada y mucho menos represente esfuerzos al agricultor, que su versatilidad responda satisfactoriamente al proceso deseado.
- e) **Tipo de Fuente de Energía.-** La máquina desvainadora debe adaptarse a la fuente de energía que se encuentra disponible en este sector agrícola que es la energía eléctrica, ya que si se utilizara otro tipo de energía como energía química representaría molestias para los agricultores, debido a que involucraría tiempo y gastos extras para conseguir el combustible por la lejanía de estaciones gasolineras y por el lugar de almacenamiento.
- f) **Facilidad de Operación.-** La máquina diseñada debe ser de fácil comprensión para ser maniobrada sin ningún inconveniente.
- g) **Capacidad.-** La máquina debe tener una capacidad máxima para depositar el fréjol con vaina dentro de esta para el proceso de desvainado, así como una capacidad máxima de almacenamiento de granos listos para el consumo, de tal forma que no signifique inconvenientes al operador en desperdicios de tiempos.

- h) **Tamaño.-** La máquina debe tener medidas adecuadas para que ocupe un espacio asignado, y además que su peso no sea excesivo para que pueda ser transportada sin ningún altercado.
- i) **Seguridad.-** La maquina desvainadora debe tener ciertos absolutos de seguridad como seguros de bloqueo y protecciones, de manera que no ponga en riesgo la integridad del operario.

2.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

2.4.1 PARÁMETROS FUNCIONALES

Si se habla de parámetros funcionales se hace mención a aquellos considerados importantes para el diseño de la máquina los cuales son:

Salubridad:

Debido a que la máquina desvainadora se encuentra en contacto directo con el producto, que será destinado para el consumo humano, esta debe cumplir con algunos requisitos de salubridad emitidos por el Ministerio de Salud. Los materiales empleados en la máquina no deben producir focos de oxidación a lo largo de su vida útil.

Capacidad de la Máquina:

De acuerdo a la encuesta realizada a los productores de fréjol la capacidad de la máquina debe ser obtener 2 quintales de fréjol en grano cada hora.

Operación y Costo:

Operación: Semiautomática.

Costo: Inferior a 1900 USD.

Peso Máximo:

(180) kg.

2.5 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.

Establecida una vez las especificaciones técnicas de la máquina se procede a dar un despliegue de las alternativas más factibles para el caso de estudio, evaluando cada uno de los factores más predominantes y especiales de cada alternativa, para posteriormente tomar la decisión del sistema a diseñarse. Dentro de las posibles soluciones para el problema planteado se desarrollan las siguientes.

1. Desvainadora eléctrica de múltiples rodillos
2. Desvainadora neumática de un solo rodillo

2.5.1 ALTERNATIVA 1: DESVAINADORA ELÉCTRICA DE MÚLTIPLES RODILLOS**2.5.1.1 Descripción**

Este tipo de desvainadora funciona mediante el accionamiento de un motor eléctrico y un reductor que hace girar a un eje, el cual está acoplado a un rodillo motriz, permitiendo el movimiento de la banda de distribución que a su vez conduce a los demás rodillos, en el extremo se encuentra otro sistema rodillo-eje en el cual se encuentra acoplado un engrane, que hace juego con otro engrane superior acoplado al siguiente mecanismo de rodillo-eje que permite el movimiento en sentido contrario a la banda superior.

El desvainado del fréjol, se realiza mediante el giro y la aplicación de la fuerza de rodillos conducidos, en la cámara de desvainado de la máquina, donde la velocidad de giro de los rodillos es constante controlado por el motor reductor.

En la parte inferior se encuentra una tolva de almacenamiento de fréjol con mallas tipo tamiz, para que mediante el golpeteo que produce un eje de levas accionado por el mismo motor pueda separar al fréjol del resto de residuos.

En la figura 2.3 se muestra el esquema de la trilladora eléctrica de múltiples rodillos.

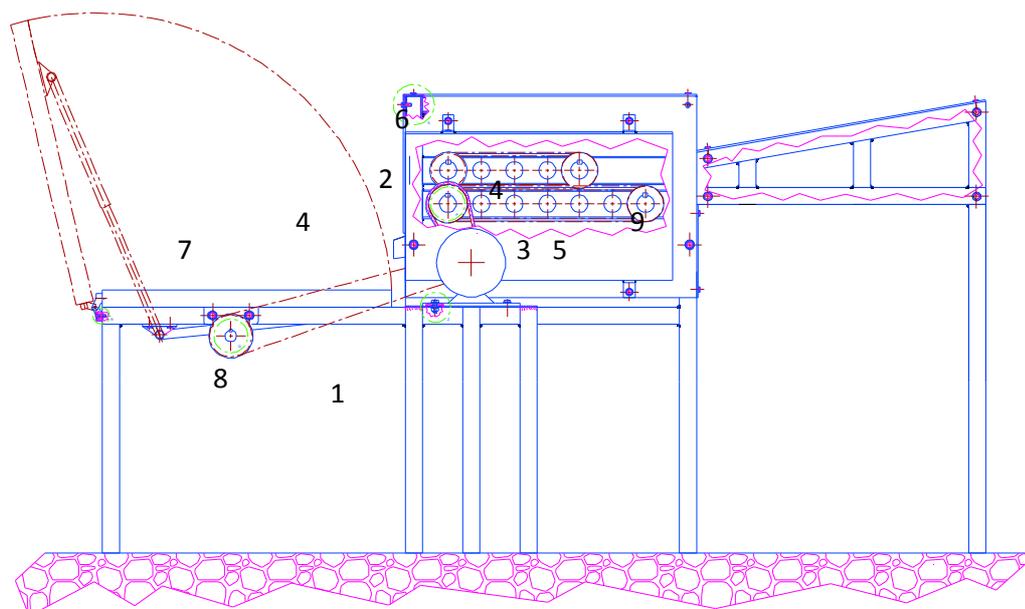


Figura 2.3 Desvainadora eléctrica de múltiples rodillos

Elaboración: Propia

Donde:

1. Tolva.
2. Rodillo Motriz.
3. Motor eléctrico.
4. Banda de Distribución.
5. Rodillos Conducidos.
6. Engranes.

7. Tamizadora.
8. Eje de Levas.
9. Poleas.

2.5.1.2 Ventajas

- Alimentación Continua
- Desvainado Continuo y en varios puntos de aplicación.
- Menor Tiempo de Procesado.
- Costos relativamente bajos.
- Simplicidad de Tecnología.
- Adaptable a Fuente de Energía Existente.
- Fácil de Manejar.

2.5.1.3 Desventajas.

- Capacidad de Recipiente de almacenamiento.
- Montaje de Rodillos.
- Ruidos por utilización de motores.

2.5.2 ALTERNATIVA 2: DESVAINADORA NEUMÁTICA DE UN SOLO RODILLO

2.5.2.1 Descripción:

Este tipo de desvainadora funciona con un compresor que es accionado mediante un motor eléctrico, el cual permite la circulación de aire a través del sistema neumático que controla al embolo, que se desplaza por el cilindro que esta acoplado al rodillo mediante pasadores, el cual se desplaza por toda la superficie de contacto que es tipo rejilla en donde se produce el desvainado del fréjol.

El desvainado del fréjol se realiza por medio del desplazamiento del cilindro que es controlado por el sistema neumático, el cual al activar la válvula 3 salidas- 2 posiciones permitiendo el paso del aire hacia las válvulas 5 salidas- 2 posiciones, que son las encargadas de regular la velocidad de desplazamiento del rodillo. Si se desactivan las válvulas 5 salidas- 2 posiciones permite el regreso del rodillo, esta velocidad es regulada por los caudalímetros y por el filtro regulador ubicado al lado del compresor.

En la parte inferior de la superficie de contacto se encuentra una rejilla por donde se desplaza el cilindro que permite separar al fréjol de la cascarilla mediante la vibración que produce el rodillo al desplazarse.

En la figura 2.4 se muestra el esquema de la tamizadora neumática

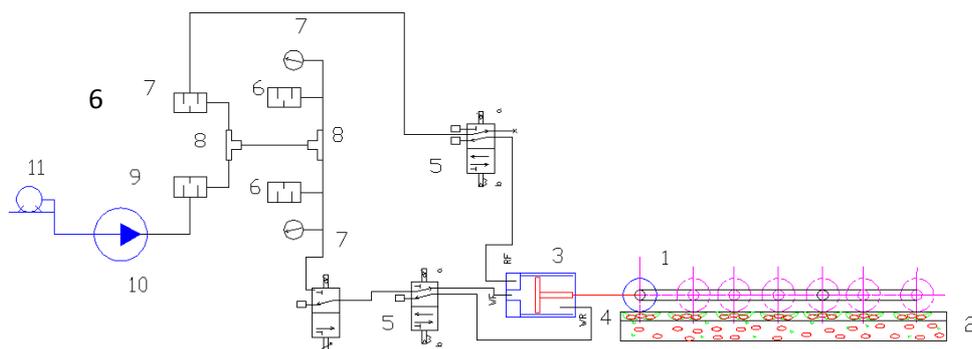


Figura 2.4 Desvainadora Neumática de un solo rodillo

Elaboración: Propia

Donde:

1. Rodillo.
2. Superficie de Contacto.
3. Cilindro de Doble Efecto.
4. Dispositivo de Sujeción.
5. Válvulas 5 salidas – 2 Posiciones y 3 salidas - 2 posiciones.
6. Lubricadores.
7. Caudalímetros.
8. Acoples en T.
9. Filtro Regulador.
10. Compresor.
11. Motor Eléctrico.

2.5.2.2 Ventajas.

- Fácil de Operar.
- Simplicidad de Tecnología.
- Adaptable al tipo de Fuente Existente.
- Menor Número de Elementos Mecánicos.
- Tamizado por movimiento del Rodillo.
- Controladores de Fuerza y Velocidad.

2.5.2.3 Desventajas

- Costo de implementación alto.
- Alimentación no continua.
- Mayor tiempo de proceso
- Complejidad en el montaje.

2.6 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA

Para seleccionar la alternativa adecuada que cumpla con los requisitos y objetivos del proyecto a diseñar, se utiliza el método ordinal corregido de criterios ponderados⁵.

Este método se basa en la confrontación de criterios entre las alternativas, ponderándolos según los siguientes valores:

- 1 Si el criterio de las filas es superior (o mejor; >) que el de las columnas
- 0.5 Si el criterio de las filas es equivalente (=) al de las columnas
- 0 Si el criterio de las filas es inferior (o peor); < al de las columnas

⁵ Diseño Concurrente, Carles Riba, Pág. 57

A continuación se realiza la correspondiente sumatoria de cada criterio en relación a los criterios restantes, al cual se añade la unidad (para evitar que el criterio o solución menos favorable tenga una valoración nula); luego en otra columna se calculan los valores ponderados para cada criterio. Para finalizar, la evaluación total de cada solución se realiza la suma de sus productos de sus pesos específicos por el del respectivo criterio.

Para el diseño y construcción de la máquina desvainadora de fréjol se tienen las siguientes soluciones o alternativas que se indican en la tabla (2.1)

Tabla 2.1 Alternativas de la Desvainadora

CODIFICACIÓN	ALTERNATIVA
A	Trilladora Eléctrica de Múltiples Rodillos
B	Trilladora Neumática de Un solo Rodillo

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

2.6.1 FACTORES PARA LA EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

Para la evaluación de las alternativas presentadas en este proyecto, se toman como referencia varios criterios que se han obtenido de la encuesta realizada a los agricultores, como de los objetivos planteados en el mismo (ver tabla 2.2).

Tabla 2.2 Criterios de Evaluación

CRITERIOS	
1	Tiempo de Procesado
2	Costo
3	Capacidad
4	Tipo de Fuente Energía
5	Facilidad de Operación
6	Mantenimiento
7	Facilidad de Construcción y Montaje
8	Seguridad

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

2.6.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA

En la Tabla 2.3 se procede a indicar la evaluación del peso específico de cada criterio

CRITERIO	TIEMPO DE PROCESADO	COSTO	CAPACIDAD	FUENTE DE ENERGÍA	FACILIDAD DE OPERACIÓN	MANTENIMIENTO	FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE	SEGURIDAD	$\Sigma+1$	PESO PONDERADO
TIEMPO DE PROCESADO	0	0	0.5	0	1	0.5	1	0.5	4.5	0.127
COSTO	1	0	1	0.5	1	1	1	0.5	6.5	0.183
CAPACIDAD	0.5	0	0	0	0.5	0	0.5	0	2.5	0.070
FUENTE DE ENERGÍA	1	0.	1	0	1	1	1	0.5	7	0.197
FACILIDAD DE OPERACIÓN	0	0	0.5	0	0	0.5	0.5	0	2.5	00.071
MANTENIMIENTO	0.5	0	1	0	0.5	0	0.5	0	3.5	0.098
FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE	0	0	0.5	0	0.5	0.5	0	0	2.5	0.071
SEGURIDAD	0.5	0.	1	0.5	1	1	1	0	6.5	0.183
								Sum	35	1

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Luego de haber realizado la evaluación del peso específico para cada criterio se procede a realizar la evaluación de los pesos específicos de los criterios en las distintas alternativas, esto se desarrolla de la tabla (2.3) hasta la Tabla (2. 11)

Tabla 2.4 Evaluación del Peso Específico del Criterio “**Tiempo de Procesado**”

EVALUACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO DEL CRITERIO TIEMPO DE PROCESADO				
ALTERNATIVAS	ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B	$\Sigma+1$	PESO POND.
ALTERNATIVA A	0	1	2	0.67
ALTERNATIVA B	0	0	1	0.33
			3	1

Tabla 2.5 Evaluación del Peso Específico del Criterio “**Costo**”

EVALUACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO DEL CRITERIO COSTO				
ALTERNATIVAS	ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B	$\Sigma+1$	PESO POND.
ALTERNATIVA A	0	1	2	0.67
ALTERNATIVA B	0	0	1	0.33
			3	1

Tabla 2.6 Evaluación del Peso Específico del Criterio “Fuente de Energía”

EVALUACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO DEL CRITERIO FUENTE DE ENERGÍA				
ALTERNATIVAS	ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B	$\Sigma+1$	PESO POND.
ALTERNATIVA A	0	0.5	1.5	0.50
ALTERNATIVA B	0.5	0	1.5	0.50
			3	1

Tabla 2.7 Evaluación del Peso Específico del Criterio “Facilidad de Operación”

EVALUACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO DEL CRITERIO FACILIDAD DE OPERACIÓN				
ALTERNATIVAS	ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B	$\Sigma+1$	PESO POND.
ALTERNATIVA A	0	1	2	0.67
ALTERNATIVA B	0	0	1	0.33
			3	1

Tabla 2.8 Evaluación del Peso Específico del Criterio “Mantenimiento”

EVALUACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO DEL CRITERIO MANTENIMIENTO				
ALTERNATIVAS	ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B	$\Sigma+1$	PESO POND.
ALTERNATIVA A	0	0.5	1.5	0.50
ALTERNATIVA B	0.5	0	1.5	0.50
			3	1

Tabla 2.9 Evaluación del Peso Específico del Criterio “Facilidad de Construcción y Montaje”

EVALUACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO DEL CRITERIO FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE				
ALTERNATIVAS	ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B	$\Sigma+1$	PESO POND.
ALTERNATIVA A	0	0.5	1.5	0.50
ALTERNATIVA B	0.5	0	1.5	0.50
			3	1

Tabla 2.10 Evaluación del Peso Específico del Criterio “Seguridad”

EVALUACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO DEL CRITERIO SEGURIDAD				
ALTERNATIVAS	ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B	$\Sigma+1$	PESO POND.
ALTERNATIVA A	0	0.5	1.5	0.50
ALTERNATIVA B	0.5	0	1.5	0.50
			3	1

En la Tabla 2.11 se resume la evaluación de las alternativas

ALT.	Tiempo de Procesado	Costo	Fuente de Energía	Facilidad de Operación	Mantenimiento	Facilidad de Construcción	Seguridad	$\Sigma+1$	Peso Pond.
ALT.A	0.085	0,122	0.098	0.048	0.049	0.0355	0.095	1.53	1
ALT.B	0.041	0.060	0.098	0.023	0.049	0.0355	0.0955	1.40	2

Al culminar con todos los pasos previos al método ordinal corregido de criterios ponderados se llega a la conclusión que en base a los datos mostrados en la tabla 2.11 la alternativa A que corresponde a la desvainadora eléctrica de múltiples rodillos es la que cumple con los objetivos de este proyecto.

2.6.3 PROTOCOLO DE PRUEBAS

Al concluir con la construcción de la máquina desvainadora de fréjol se debe verificar que la máquina cumpla satisfactoriamente con los parámetros y especificaciones de diseño, así como su correcto funcionamiento a través de un Protocolo de Pruebas, para esto se sitúa a la máquina en situaciones similares a las reales.

Entre los principales aspectos a ser comprobados se tienen:

- Dimensiones Físicas
- Velocidad de Funcionamiento
- Tiempo de Desvainado
- Encendido Manual Controlado
- Funcionamiento de motor con amperajes nominales.
- Ergonómica
- Seguridad para operar.
- Inspección de sujeción de juntas empernadas y soldadas.

2.6.3.1 Pruebas sobre la máquina desvainadora de fréjol.

Para el Protocolo de Pruebas se evaluarán las siguientes características de la máquina desvainadora de fréjol.

2.6.3.1.1 Control de las dimensiones físicas.

Una vez ensamblada la máquina desvainadora de fréjol, se debe comparar las dimensiones establecidas en el diseño, para lo cual se utiliza un flexómetro, una báscula. El control de las dimensiones físicas.

2.6.3.1.2 Control de la velocidad angular

Debido a que la velocidad angular es considerable según el parámetro de diseño, el número de revoluciones por minuto (rpm) del rodillo motriz y del eje de levas se lo realiza en forma visual y con ayuda de un cronómetro.

2.6.3.1.3 Control del tiempo de desvainado.

Una vez que la máquina alcanza la velocidad angular requerida se procede a colocar el fréjol en la cámara de desvainado y se procede a tomar el tiempo que se demora en realizar dicha operación en un quintal de fréjol envainado seco.

Para la evaluación de la máquina desvainadora de fréjol se aplicará el formato de la tabla 2.12.

Tabla 2.12: FORMATO DEL PROTOCOLO DE PRUEBAS DE LA MÁQUINA

FORMATO DEL PROTOCOLO DE PRUEBAS DE LA MÁQUINA				
EMPRESA:				
AVALUADOR:				
FECHA:				
LUGAR				
PRUEBAS	RESULTADO REQUERIDO		RESULTADO OBTENIDO	
Dimensiones Básicas	Peso		Peso	
	Ancho Total		Ancho Total	
	Alto Total		Alto Total	
	Largo Total		Largo Total	
	Ancho de la cámara de desvainado		Ancho de la cámara de desvainado	
	Profundidad de la tamizadora		Profundidad de la tamizadora	
Velocidad Angular del Rodillo Motriz				
Velocidad Angular del Eje de Levas				
Tiempo de Desvainado	Cantidad(Kg.)		Cantidad(Kg.)	
	Tiempo(min)		Tiempo(min)	

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

CAPÍTULO III

DISEÑO DE LA MÁQUINA DESVAINADORA DE FRÉJOL

3.1 TRABAJO DE CAMPO PARA DEFINIR LA RELACIÓN FRÉJOL VAINA SECA A FREJOL EN SEMILLA.

Basándose en el estudio de campo en distintos sectores de la provincia de Imbabura se determinan los siguientes resultados del desvainado tradicional realizado en el sector de Mascarilla, Ambuquí y Recinto San Rafael (ver figura 2.5)



Figura 2.5 Desvainado Tradicional en la Parroquia de Ambuquí

Fuente: Propia

De una cantidad determinada de costales desvainados en cada uno de estos sectores se obtienen las siguientes cifras estadísticas, que permiten indicar el porcentaje de fréjol en grano obtenido en buenas condiciones y el porcentaje de fréjol dañado.(ver Tabla 3.1 y Tabla 3.2)

Tabla 3.1 Muestra de Número de Costales en los Recintos de Producción

Recintos	Costales de Fréjol Cosechados Envainados	Costales de Fréjol Envainado Seco	Costales de Fréjol en Grano en Buenas Condiciones	Costales de Fréjol dañado en el Proceso
Macarilla	12	10	6.5	2.0
Ambuquí	11	10	5	1.5
San Rafael	11.5	10	6	1.8

Fuente: Propia

Tabla 3.2 Peso Aproximado de los Costales en los Recintos de Producción

Recintos	Peso del Costal de Fréjol Cosechado Envainado	Peso del Costal de Fréjol Envainado Seco	Peso del Costal de Fréjol en Grano
Macarilla	32kg	27 kg	49Kg
Ambuquí	28kg	22kg	42Kg
San Rafael	30kg	25 kg	46kg

Fuente: Propia

Esto da como resultado que alrededor del 30% del fréjol procesado de la forma tradicional no se presenta en buenas condiciones y que aproximadamente se obtiene el 50% de costales de fréjol en grano para la comercialización después de la cosecha.

Para realizar el proceso de secado del fréjol se debe tomar en cuenta las humedades relativas que existen en los distintos sectores donde se cultiva el fréjol, siendo las de primordial importancia:

- Humedad relativa de Ambuquí 39%
- Humedad relativa de Mascarilla 43%
- Humedad relativa San Rafael 40%

En estas condiciones se expone el fréjol alrededor de 5 a 6 días durante 8 horas hasta que exista suficiente radiación solar para que este se seque por completo y se pueda empezar con el proceso de desvainado tradicional.⁶

Para determinar la relación de masa de fréjol en vaina a fréjol en semilla, se procede a realizar una serie de pruebas con la materia prima.

Las pruebas se realizan en la parroquia de Ambuquí, Provincia de Imbabura obteniéndose los siguientes resultados en la tabla 3.1.

⁶[http:// www.mag.org/ProducFrejol?856p?opcion=9_3_1](http://www.mag.org/ProducFrejol?856p?opcion=9_3_1)

Tabla 3.3 Relación de Masa del fréjol

Velocidad RPM	Porcentaje en grano	Porcentaje con vaina	Porcentaje de Grano Roto
1200	70	15	15
900	75	15	10
600	85-90	10-4	5-6
400	80-85	12-8	8-7
200	75-80	15-12	10-8

Estos resultados indican que la velocidad óptima para desvainar el fréjol es a una 600 rpm puesto que con esta se obtiene los menores porcentajes en desperdicios de producto procesado.

3.2 ANÁLISIS DEL DISEÑO DE LA MÁQUINA

3.2.1 SISTEMAS CONSTITUTIVOS DE LA MÁQUINA DESVAINADORA.

Para el dimensionamiento de los sistemas que conforman la máquina trilladora se los divide en:

- Sistema de Carga del Producto Envainado Seco.
- Sistema motriz de la cámara de desvainado.
- Sistema de Tamizado de Fréjol.

3.2.2 SISTEMA DE CARGA DEL PRODUCTO ENVAINADO

El sistema de carga del producto envainado se basa en el principio de apoyos convencionales de Resistencia de Materiales, es decir, vigas con apoyos en sus puntos de cuidado, el cual consta de un soporte estructural en el que se concentran las reacciones necesarias para soportar el peso del costal de fréjol envainado seco (ver figura 3.1)

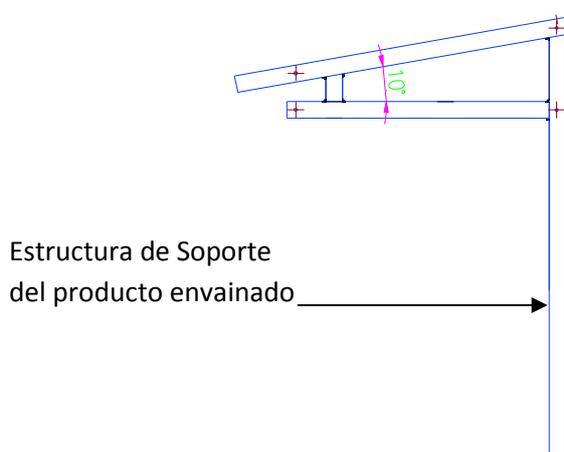


Figura 3.1: Esquema de la estructura soportante del producto envainado

Elaboración: Propia

3.2.2.1 Cálculo de la estructura soportante del producto envainado

Se considera que en estas vigas descansa el costal y en ellas está soportando el peso neto del costal con fréjol envainado seco (de acuerdo al estudio de mercado 50 Kg). Partiendo de la masa del costal se dimensiona las vigas como son sección, longitud, perfil.

La inclinación de dichos elementos de soporte se ha considerado con un ángulo de 10° debido a que en dicha inclinación el costal no resbala y se puede ir

proporcionando la cantidad de fréjol de acuerdo a la capacidad de trituración de los rodillos y a la necesidad de la máquina.

Para empezar con los cálculos de la estructura se asume una carga distribuida a lo largo de las tres vigas de apoyo, las cuales presentan cuatro apoyos para dar robustez al diseño de las estructura.

$$q_1 = \frac{500N}{3 \times 0.6m} = 277.8 \text{ N/m}$$

$$q_1 = 277,78 \text{ N/m}$$

$$q_1 = 166.66 \text{ N}$$

A la cual se le suma el peso del tubo cuadrado en este caso para determinar el peso del tubo se toma como referencia los valores otorgados por el catálogo que presenta DIPAC (ver anexo V)

$$\text{Peso del Tubo Cuadrado (PTC)} = 1.78 \text{ kg/m} \times 0.6 = 1.068 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 10.68$$

Por lo tanto dando una carga total de:

$$\text{Carga Total (CT)} = 287,36 \text{ N/m}$$

Por tratarse de una viga simple con apoyos en sus extremos se realiza la siguiente consideración.

Se eliminan dos de sus apoyos de tal forma que solo existan dos de estos y se calcula cada una de las reacciones que actúan en los extremos soportantes de la viga (ver figura 3.2)

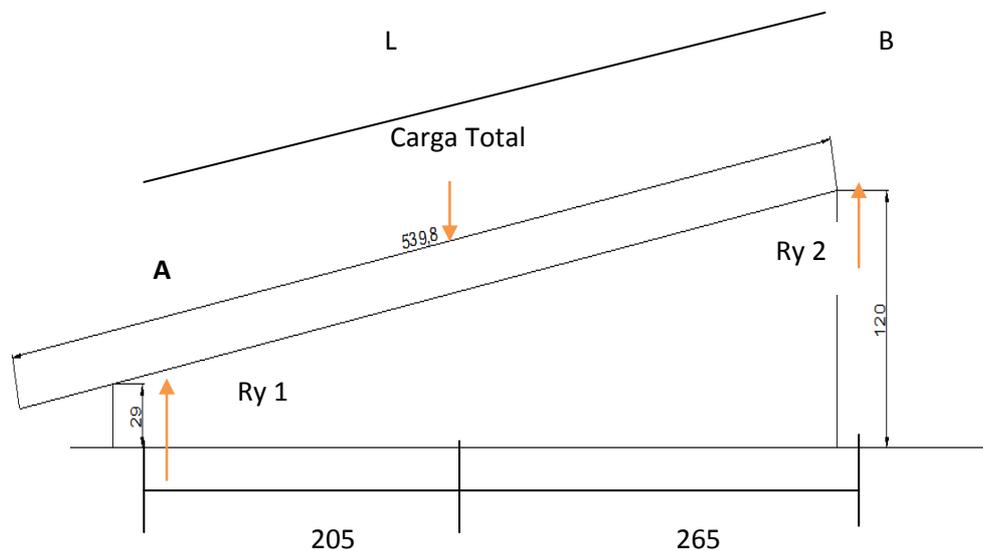


Figura 3.2: Diagrama de cuerpo libre de la estructura soportante

Fuente: Propia

$$\sum F_y = 0$$

$$ql = R_{y1} + R_{y2}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$R_{y2} = 133.38 \text{ N}$$

$$R_{y1} = 39.04 \text{ N}$$

Una vez calculadas las reacciones de los apoyos se procede a calcular las posibles deflexiones en la viga, de la manera tradicional realizando un corte en una parte de la viga (ver figura 3.3)

$$q \times X''$$

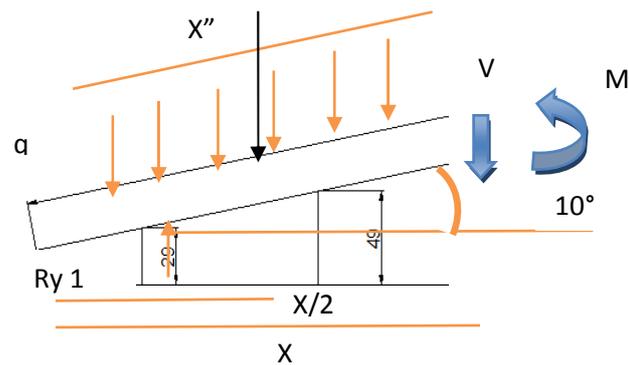


Figura 3.3: Esquema del corte de la viga.

Fuente: Propia

Se calcula el cortante y el momento flector de la viga con en el siguiente tramo:

Donde el valor de x se encuentra (0 – 600 mm.)

$$\sum F_y = 0$$

$$V + q x X' = R_{y1}$$

$$V + q x \frac{X}{\cos 10^\circ} = R_{y1}$$

$$V = 39.04N - 287,36 \frac{N}{m} x \frac{X'}{\cos 10^\circ}$$

$$\sum M = 0$$

$$M + q x \frac{X}{\cos 10^\circ} x \frac{X}{2} = R_{y1} x X$$

$$M = R_{y1} x X - q x \frac{X}{\cos 10^\circ} x \frac{X}{2}$$

$$M = 39.04 x X - 287.36 x \frac{X}{\cos 10^\circ} x \frac{X}{2}$$

Para calcular las deflexiones en la viga se toma la ecuación (3.1) de deflexiones por integración del momento flector.

$$EIv'' = M \quad \text{Ec. (3.1)}^7$$

$$EIv'' = 39.04 x X - 287.36 x \frac{X}{\cos 10} x \frac{X}{2}$$

$$\int EIv'' dx = \left(\int 39.04 x X - 287.36 x \frac{X}{\cos 10} x \frac{X}{2} \right) dx$$

$$EIv' = 39.04 \frac{X^2}{2} - \frac{287,36}{\cos 10 x 2} x \frac{X^3}{3} + C1$$

Por las características que presenta esta viga con apoyos simples se sabe que la pendiente es 0 en el punto medio y para ello se toma en cuenta esta condición de frontera para encontrar la constante C1.

Es decir:

$$\frac{\delta v}{\delta x} = 0 \text{ si } X = \frac{L}{2}$$

$$C1 = -0.4349$$

En seguida se puede realizar la integración de la parte residual de la ecuación para encontrar la deflexión máxima

$$\int EIv' dx = \left(\int 39.04 \frac{X^2}{2} - \frac{287,36}{\cos 10 x 2} x \frac{X^3}{3} - 0.4349 \right) dx$$

$$EIv = 39.04 \frac{X^3}{6} - \frac{287,36}{\cos 10 x 2} x \frac{X^4}{12} - 0.4349X + C2$$

⁷ Resistencia de Materiales, Timoshenko. J, 5^{ta} Edición, Pág. 614

Tomando las condiciones de borde de la viga en los extremos de la misma se tiene que la deflexión en los apoyos es cero,

Es decir:

$$v(0) = 0 \text{ y } v(L) = 0$$

Entonces se tiene que la constante $C_2 = 0$

$$v = \frac{39.04 \frac{X^3}{6} - \frac{287,36}{\cos 10^\circ} \frac{X^4}{12} - 0.4349X}{EI}$$

Donde:

v: deflexión en la viga [mm]

E: Módulo de elasticidad **210 [GPa]**

I: Momento de Inercia **2.17 [cm⁴]**

Para calcular la deflexión máxima se toma en donde se acentúa la carga es decir a la distancia $L/2$

$$v(max) = v\left(\frac{L}{2}\right)$$

$$v_{max} = \frac{0.3571}{4557} = 0.0000783m = 0.0783$$

Para determinar que sección de tubo transversal cuadrado para los apoyos se toma a este como un miembro cargado axialmente.

$$\sigma_x = \frac{F}{A} \quad \text{Ec. (3.3)}^8$$

$$\sigma_x = \sigma_{per}$$

Donde el factor de seguridad(n) de la estructura se escoge $n = 1,75$ por tratarse de una estructura

Entonces:

$$\sigma_{per} = \frac{S_y}{n} \quad \text{Ec. (3.4)}^9$$

Donde:

σ_{per} : Esfuerzo permisible [Pa]

S_y : Esfuerzo a la fluencia 700 [MPa]

N: Factor de seguridad

$$\sigma_{per} = \frac{700 \times 10^6}{1.75} = 400 \times 10^6$$

Esto indica que se necesita un área mucho menor a la que se tiene en el catálogo de dicho perfil, y además que el perfil seleccionado para la estructura es el adecuado.

⁸ Resistencia de Materiales, Timoshenko. J, 5^{ta} Edición, Pág. 40

⁹ Resistencia de Materiales, Timoshenko. J, 5^{ta} Edición, Pág. 40

3.2.3 SISTEMA MOTRIZ DE LA CÁMARA DE DESVAINADO.

El sistema de la cámara de desvainado presenta elementos que transmiten potencia como engranes, poleas, correas, etc. los cuales se encargan en conjunto de realizar el movimiento requerido para poder triturar la vaina del fréjol con las condiciones preestablecidas.

Para comprender de mejor manera el funcionamiento y como esta formado el sistema motriz de desvainado de la máquina, es necesario realizar un estudio detallado de las partes constitutivas, es decir dimensionar los elementos y cuantificar las cargas que actúan sobre estos, de tal manera que se pueda elegir dichos componentes de una manera práctica, evitando los desperdicios, pérdidas en tiempo y recurso.

Por lo cual a continuación se analiza cada elemento que se encuentra expuesto en el presente sistema.

3.2.3.1 Selección del motor eléctrico.

Para determinar las características del motor, se debe considerar la inercia que debe vencer el motoreductor, puesto que se tiene algunos componentes acoplados al eje. Se toma la siguiente ecuación

$$\sum M = I \alpha \quad \text{Ec. (3.5)}$$

Donde:

M= Momento [Nm]

I= Inercia [kg.m²]

α = Aceleración [rad/s^2]

Inercia del Rodillo Motriz

El mayor esfuerzo que realiza el motor es en el momento de arranque, puesto que en ese instante debe transmitir movimiento hacia los dispositivos en especial a todo el sistema motriz.

Debido al volumen que tienen los elementos del sistema motriz entonces:

$$I_c = \frac{m \times d^2}{8} \quad \text{Ec. (3.6)}$$

Donde:

m= masa de los ejes [kg].

d= diámetro del cilindro [m]

$$I_c = \frac{34.44 \times 0.05^2}{8}$$

$$I_c = 0.0107 \text{ kgxm}^2$$

Se hicieron pruebas parciales simulando en maquetas de accionamiento manual, se evaluó la velocidad a la que deberán girar los cilindros de desvainado, y se llegó a la conclusión que van a girar a 600rpm, que es una velocidad adecuada de acuerdo a la capacidad de fréjol en grano que se desea obtener, esta velocidad se alcanza aproximadamente en 1 segundo, por lo que la aceleración angular es de $62.83 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$

Realizando la sumatoria de momentos alrededor del eje en mención y aplicando la ecuación (3.5) se obtiene:

$$M = 21.58[\text{Nm}]$$

Utilizando la ecuación para determinar la potencia que genera este momento.

$$H = M \times W \quad \text{Ec. (3.7)}$$

Donde:

$$M = \text{Momento} [\text{Nm}]$$

$$W = \text{Velocidad Angular } 62.83 \text{rad/s}^2$$

$$H = 1.346[\text{kw}] = 1.8 \text{hp}$$

Debido a las pérdidas que presenta al transmitir la potencia por poleas se selecciona un motor monofásico de 2hp, con una rapidez de salida de 1200 rpm, este motor brinda una mayor seguridad además de que se encuentra disponible en el mercado (ver anexo IV)

3.2.3.2 Dimensionamiento del sistema reductor de velocidad

Para dimensionar el sistema reductor de velocidades se utiliza los siguientes datos:

H: Potencia del Motor: 2 [hp]

n1: Velocidad de entrada 1200 [rpm]

n2: Velocidad de salida 600 [rpm]

En base al diseño se quiere reducir la velocidad del motor de 1200 r.p.m. a 600 r.p.m, del eje de rodillo motriz.

La relación de velocidades requeridas es:

$$i = \frac{n1}{n2} = \frac{1200}{600} = 2$$

Como se desea alcanzar la relación de velocidades expuesta se debe constar con un motoreductor de poleas.

3.2.3.2.1 Cálculo de las poleas y bandas

Para el cálculo se escogió bandas en V o de sección trapezoidal debido a los beneficios que presentan estas, puesto que permiten trabajar con poleas de diámetro pequeño y distancias entre centros cortas. Por lo general están hechas de tela y cuerdas, generalmente de algodón, adheridas al caucho.

Cabe recalcar que el cálculo de las poleas de sección trapezoidal está basado en métodos experimentales para diseñar y analizar la transmisión de potencia con correas en V (ver figura 3.4)

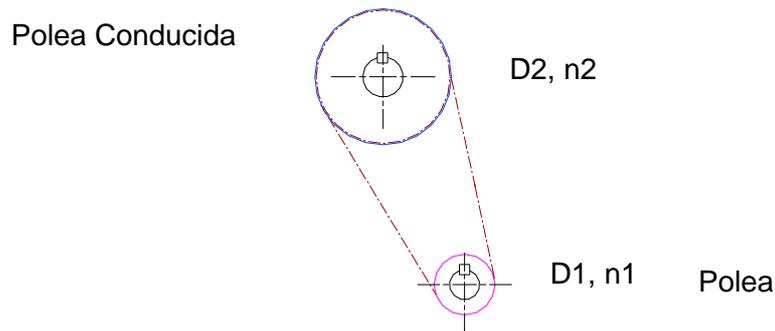


Figura 3.4: Polea entre eje motor y rodillo motriz

Para comenzar con los cálculos se debe tomar ciertos valores referenciales y suposiciones de tal manera que se disponga de la mayor información posible.

C: Distancia entre Ejes = 102.58[mm].

I: Relación de Transmisión= 1:2

Se considera poleas de servicio ligero de sección en L y con un diámetro menor de polea 0.8pulg. (20.32 mm)¹⁰

Además se debe tomar en cuenta que existe una restricción en cuanto al diámetro de la `polea impulsada, puesto que por las dimensiones de la máquina no permiten un diámetro excesivo por la distancia entre ejes.

Diámetro de Polea Conducida (D) = 77mm.

$$d = D \frac{n1}{n2} \quad \text{Ec. (3.8)}$$

¹⁰Diseño en ingeniería mecánica, Shigley, J 4^{ta} edición, Pág. 805

Donde:

D= Diámetro de la polea conducida. [mm]

d= Diámetro de la polea motriz. [mm]

$$d = 77\text{mm} \times \frac{1}{2} = 38,5 \text{ mm}$$

Como se tiene diámetros estandarizados se escoge uno de sección tipo 3L, donde el diámetro mínimo de la polea es de 38.1 mm. ¹¹

A continuación se procede con el cálculo del ángulo de contacto menor entre la banda y polea con la ecuación (3.9)

$$\theta_s = 2 \cos^{-1} \left(\frac{D-d}{2C} \right) \quad \text{Ec. (3.9)}^{12}$$

Donde:

θ_s = Ángulo de Menor Contacto [rad]

C= Distancia entre centros [mm]

$$\theta_s = 158^\circ = 2.76 \text{ rad}$$

Se calcula la longitud de paso con la ecuación (3.10)

$$L_p = 2C + 1,57(D + d) + \frac{(D-d)^2}{4C} \quad \text{Ec. (3.10)}^{13}$$

$$L_p = 390.56\text{mm}.$$

¹¹Diseño en ingeniería mecánica, Shigley, J 4^{ta} edición, Pág. 800

¹²Diseño en ingeniería mecánica, Shigley, J 4^{ta} edición, Pág. 801.

¹³Diseño en ingeniería mecánica, Shigley, J 4^{ta} edición, Pág. 808.

Como la máquina desvainadora presenta algunas poleas y bandas en V, en el sistema motriz, y puesto que los cálculos se realizan de manera similar se presenta a continuación en la figura 3.5 la denominación que se ha dado a cada banda y en la tabla 3.4 el resumen de los parámetros funcionales obtenidos.

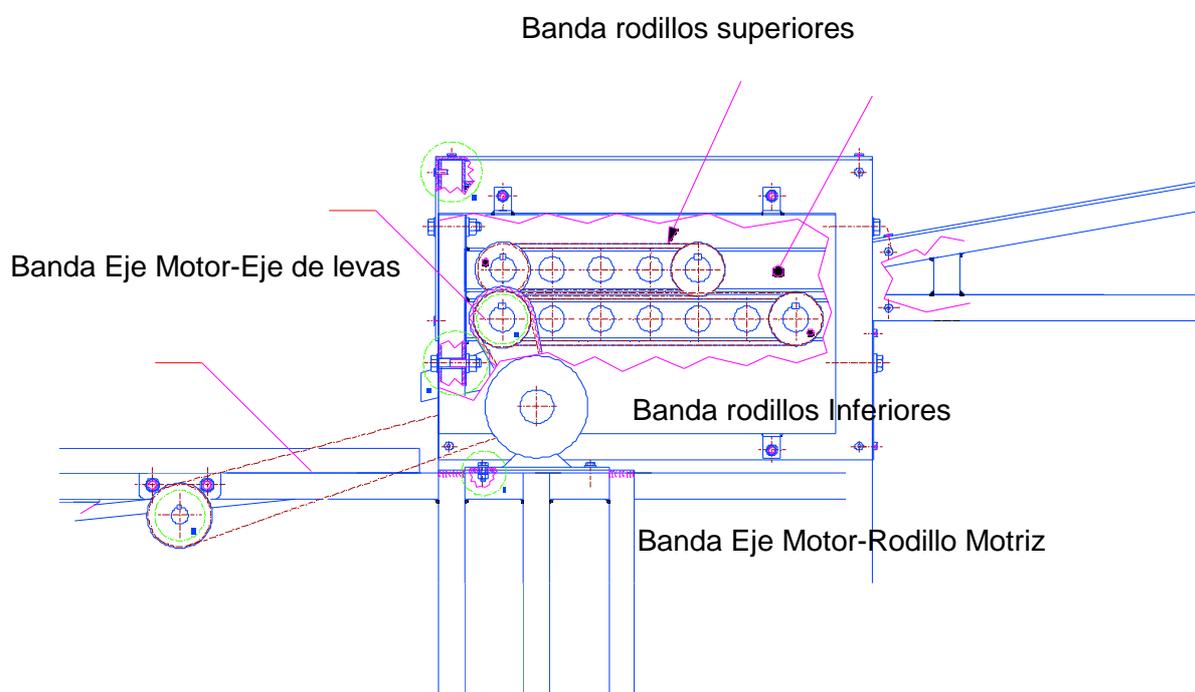


Figura 3.5: Denominación de Poleas del sistema Motriz

Fuente: Propia

Tabla 3.4 Conjunto de Poleas y Bandas en el sistema motriz

Nombre	Diámetro menor(mm)	Diámetro Mayor(mm)	Relación de Transmisión	Longitud de Paso (mm)
Eje Motor-Rodillo Motriz	40	77	1:2	400
Rodillos Superiores	60	60	1:1	580
Rodillos Inferiores	60	60	1:1	800
Eje Motor -Eje de Levas	40	77	1:2	1000

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

3.2.3.3 Cálculo de los engranes

Para poder determinar las dimensiones de los engranes se considera una distancia entre centros de 60 mm, según las dimensiones a las que se adoptó el diseño, puesto que a esa distancia se encuentran ubicados los rodillos motrices que son los que permitirán el movimiento de la banda.

La relación existente entre velocidades y radios es 1:1 puesto que se desea que las bandas se muevan a la misma velocidad, para que el desvainado del fréjol se produzca en ambas superficies de la misma manera.

El ángulo de precisión se asume de 20° para efectos de cálculo. (ver figura 3.6)

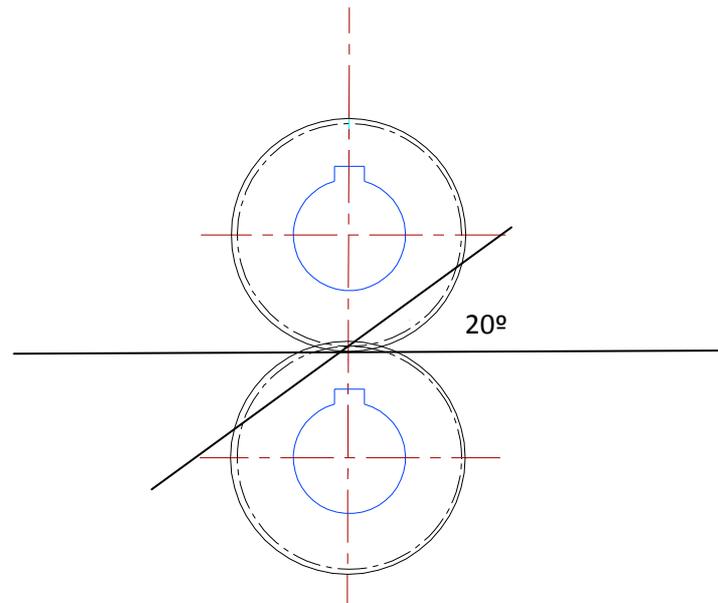


Figura 3.6: Esquema de engranes

Fuente: Propia

Una vez determinado esto se procede a calcular los parámetros de los engranes.

$$R_p: \text{Radio de Paso} = 30[\text{mm}]$$

$$R_b: \text{Radio Base} = R_p * \text{Cos} (20) = 28.19[\text{mm}] \quad \text{Ec. (3.11)}^{14}$$

Donde el número mínimo de dientes aconsejable es de 18 del engrane conductor, por lo que se escoge un numero de dientes de 26.¹⁵

De inmediato se procede a calcular el módulo del engrane con la ecuación 3.12:

¹⁴ Diseño en ingeniería mecánica, Shigley, J 4^{ta} edición, Pág. 622.

¹⁵ Diseño en ingeniería mecánica, Shigley, J 4^{ta} edición, Pág. 604.

$$m = \frac{d}{N_{min}} = \frac{60mm}{26} = 2,307mm \quad \text{Ec. (3.12)}^{16}$$

Donde :

m: módulo [mm]

d: diámetro del engrane [mm]

N: Numero de Dientes

Se debe calcular el paso circular con la ecuación (3.13)

$$p = \pi xm = 0.285pulg \quad \text{Ec. (3.13)}^{17}$$

Donde:

p: paso circular [pulg]

Establecido el paso circular se tiene que determinar el ancho del diente y el paso diametral utilizando las ecuaciones (3.14 y 3.15) respectivamente:

$$t = \frac{p}{2} = \frac{7.25mm}{2} = 3.62mm \quad \text{Ec. (3.14)}^{18}$$

$$P = \frac{\pi}{p} = \frac{\pi}{0.285pulg} = 11,03 \frac{dte}{pul} \quad \text{Ec. (3.15)}^{19}$$

¹⁶Diseño en ingeniería mecánica, Shigley, J 4^{ta} edición, Pág. 604.

¹⁷Diseño en ingeniería mecánica, Shigley, J 4^{ta} edición, Pág. 604.

¹⁸Diseño en ingeniería mecánica, Shigley, J 4^{ta} edición, Pág. 604

¹⁹Diseño en ingeniería mecánica, Shigley, J 4^{ta} edición, Pág. 622.

Donde:

t: ancho del diente [mm]

P: paso diametral $\left[\frac{\text{dte}}{\text{pul}} \right]$

Para concluir con el dimensionamiento de los engranes se calcula el valor de la circunferencia de adendo y de dedendo.¹⁷

$$a = \frac{1}{P} = \frac{1}{11.03} = 0.0906 \text{pul} \times \frac{25.4 \text{mm}}{1} = 2.3028 \text{mm}$$

$$b = \frac{1.25}{P} = \frac{1.25}{11.03} = 0.1133 \text{pul} \times \frac{25.4 \text{mm}}{1} = 2.8785 \text{mm}$$

Establecidas las restricciones dimensionales de los engranes se calcula las fuerzas que actúan sobre los engranes realizando el diagrama de cuerpo libre del elemento (ver figura 3.7).

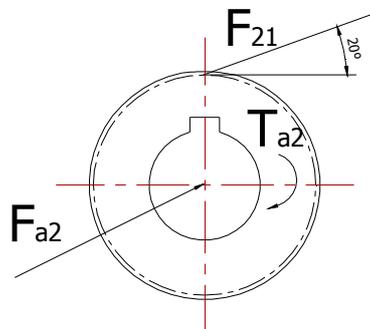


Figura 3.7: Diagrama de cuerpo libre del Engrane.

Fuente: Propia

Las fuerzas identificadas en el diagrama de cuerpo libre F_{a2} y T_{a2} son aquellas transmitidas por el eje contra del piñón o engrane conductor y F_{21} es la fuerza ejercida del engrane 2 sobre el engrane 1.

Para determinar la carga transmitida sobre el engrane se determina mediante la ecuación (3.16)

$$W_t = \frac{60 (10^3) H}{\pi d n} \quad \text{Ec. (3.16)}$$

Donde:

W_t : carga transmitida [Kw]

H: Potencia 1.5 [Kw]

d: diámetro. 60 [mm]

n: velocidad en 600 [rpm]

$$W_t = 791.53 \text{ N}$$

3.2.3.4 Dimensionamiento de los ejes de transmisión a fatiga.

3.2.3.4.1 Cálculo del eje de levas

Para determinar las reacciones se realiza el diagrama de cuerpo libre del eje representado, indicando las cargas externas que actúan sobre el eje indicado (ver figura 3.8).

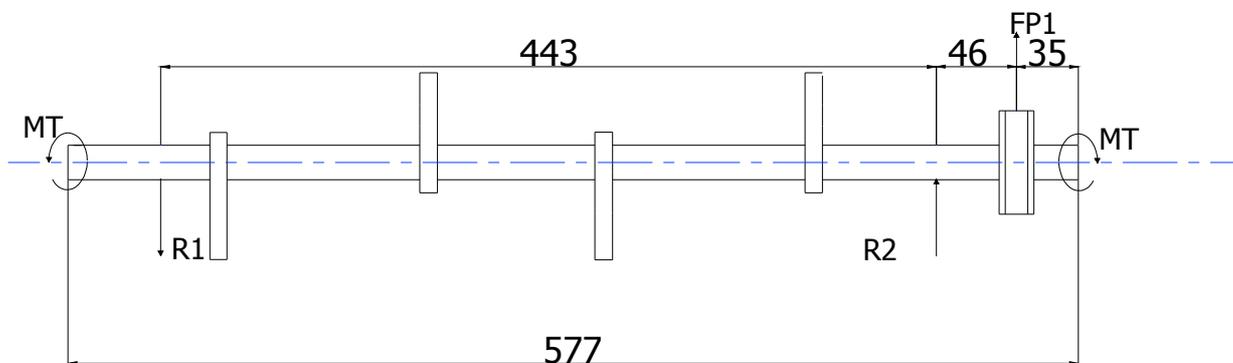


Figura 3.8: Diagrama de cuerpo libre del Eje de levas.

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Donde:

$FP1$: Fuerza Ejercida por la polea 1, [N]

MT : Momento Torsor del eje, [Nm]

$R1$: Reacción del Bocín 1, [N]

$R2$: Reacción del Bocín 2, [N]

Debido a que la transmisión de potencia es por medio de poleas y un lado de la banda se encuentra flojo se lo desprecia, entonces la tensión transmitida $Fp1$ es perpendicular al eje del los rodillos y estos valores se los obtiene con la ecuación.

$$F_{p1} = \frac{MT}{\frac{D_{p1}}{2}}$$

Ec. (3.17)

Donde:

MT: Momento Torsor del eje= 10.34 [Nm]

Dp1: Diámetro de la polea , 0.077 [m]

$$F_{p1} = 268.57 [N]$$

Para encontrar las reacciones en el apoyo del eje se realiza una sumatoria de fuerzas con respecto al Eje y al Eje Z del origen de coordenadas.

$$F_{p1y} = 268.57N \times \cos 16.71^\circ \approx 248.1 [N]$$

$$F_{p1z} = 268.57N \times \sin 16.71^\circ \approx 102.61 [N]$$

$$\sum M_1 = 0$$

$$R_{2y} = 277.56 [N]$$

$$R_{2z} = 110.71 [N]$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{1y} = -534.80[N]$$

$$R_{1z} = -213.32[N]$$

Realizando el análisis del eje por tramos se puede encontrar el Momento Flector máximo para el diseño del eje

$$X (0; 0.442m)$$

$$M + x_l x (-R_{1j} - R_{1k}) = 0$$

$$X (0; 0.046m)$$

$$M = +x_l x (R_{2j} + R_{2k}) - (x_l + 0.442) x (-R_j - R_k)$$

$$X (0; 0.036m)$$

$$M = +x_l x (F_{p1j} + F_{p1k}) + (x_l + 0.046)x (R_{2j} + R_{2k}) - (x_l + 0.448) x (R_j + R_k)$$

Estos valores son utilizados para obtener el diagrama de momento flector del eje, tal como está indicado en la figura 3.9

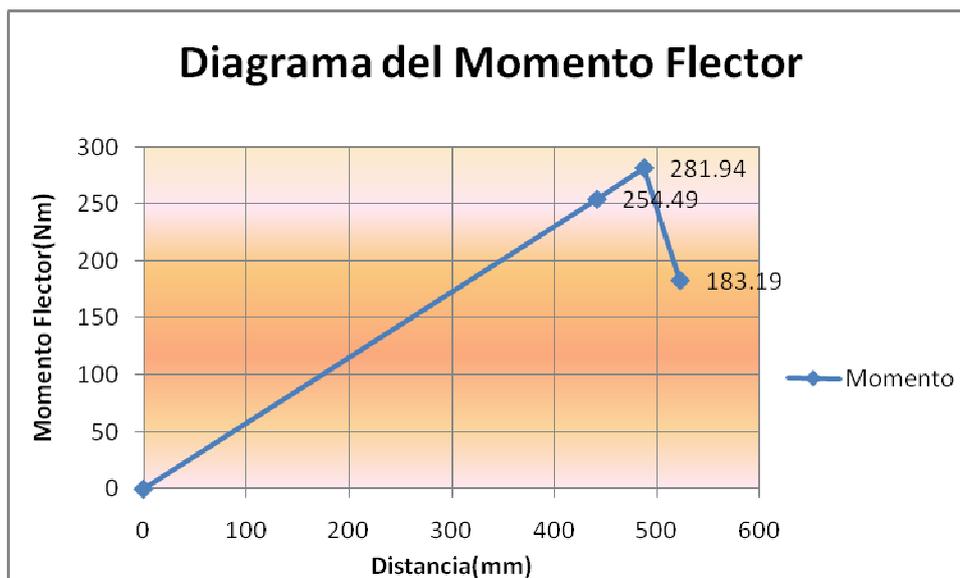


Figura 3.9: Diagrama del Momento Flector en el eje de levas.

Fuente: Propia

Seleccionando un Eje Hipotético para acoplar al motor se utiliza: Un Acero de Transmisión AISI 1018 que tiene las siguientes propiedades.

$$S_y = 32 [Kpsi] = 220.63 [Mpa]$$

$$S_{ut} = 58 [Kpsi] = 400.5 [Mpa]$$

D eje= diámetro asumido del eje= 28 mm

Debido a que el eje gira, los esfuerzos principales no mantienen la misma dirección por lo que su comportamiento es sinusoidal con inversión completa

$$\sigma_x = \sigma_a$$

$$\sigma_m = 0$$

Para el cálculo del esfuerzo por flexión esta dado por:

$$\sigma_x = \frac{Kf \times 32 M_{max}}{\pi x d^3} \quad \text{Ec. (3.18)}$$

Anticipadamente se debe calcular el factor de concentración a la fatiga de un eje sometido a flexión por la ecuación 3.19.

$$Kf = 1 + q(Kt - 1) \quad \text{Ec. (3.19)}^{20}$$

Previamente se debe calcular el factor de concentración de esfuerzo teórico (Kt) mediante y la sensibilidad a la ranuras (q)

$$Kt = 1.6^{21}$$

$$q = 0.8^{22}$$

Donde:

Kf: Factor de Concentración a la Fatiga de un Eje Sometido a Tracción= 1.4

Mmax: Momento Flector Máximo= **281.94[Nm]**

²⁰Diseño en ingeniería mecánica, Shigley, J 4^{ta} edición, Pág. 322.

²¹Diseño en ingeniería mecánica, Shigley, J 4^{ta} edición, Pág. 888.

²²Diseño en ingeniería mecánica, Shigley, J 4^{ta} edición, Pág. 323.

$$\sigma_x = 178.213 [Mpa]$$

Debido que el Momento Torsor se mantiene constante en el tiempo por lo tanto:

$$\tau_{xy} = \tau_m$$

$$\tau_x = 0$$

Para el cálculo del esfuerzo por flexión esta dado por la ecuación 3.20:

$$\tau_{xy} = \frac{16Mt}{\pi x d^3} \quad \text{Ec. (3.20)}$$

$$Mt: \text{Momento Torsor} = 21.58 [Nm]$$

$$\tau_{xy} = 4.583 [Mpa]$$

Para realizar el diseño del eje por resistencia a la fatiga se calcula el límite a la fatiga en base a la ecuación 3.21.

$$S_e = k_a k_b k_c k_s k_d k_f S_e' \quad \text{Ec. (3.21)}^{23}$$

Donde:

S_e : Limite de resistencia a la fatiga del eje.

S_e' : Limite de resistencia a la fatiga de la muestra de viga rotatoria.

k_a : Factor de Superficie

²³Diseño en ingeniería mecánica, Shigley, J 4^{ta} edición, Pág. 307.

k_b : Factor de Tamaño.

k_c : Factor de Confiabilidad.

k_d : Factor de Temperatura.

k_e : Factor de modificación por concentración de Esfuerzos

k_f : Factor de efectos diversos

El límite de la resistencia a la fatiga del eje de levas es

$$S_{e'} = 0.504S_{ut} \quad \text{Ec. (3.22)}^{24}$$

$$S_{e'} = 204.120[\text{Mpa}]$$

Utilizando para calcular el factor de superficie la ecuación:

$$k_a = aS_{ut}^b$$

$$k_a = 4.51 \times 400.5[\text{Mpa}]^{-0.265} = 0.92$$

Se utiliza la ecuación 3.23 para calcular el factor de tamaño.

$$k_b = \left(\frac{d}{7.62} \right)^{-0.1133} \quad \text{Ec. (3.23)}^{25}$$

$$k_b = 0.85$$

De acuerdo a la tabla 7-28 según el manual de diseño de Shigley para una confiabilidad del 99% se tiene un valor.

$$k_c = 0.814$$

²⁴Diseño en ingeniería mecánica, Shigley, J 4^{ta} edición, Pág. 294

²⁵Diseño en ingeniería mecánica, Shigley, J 4^{ta} edición, Pág. 313.

La temperatura a la que va estar expuesta la máquina es la del ambiente T_m 20°C

$$k_d = 1$$

Para el cálculo del factor que toma en cuenta la concentración de tensión.

$$k_g = \frac{1}{k_f} \quad \text{Ec. (3.24)}^{26}$$

$$k_g = 0.86$$

Se calcula el límite de la resistencia a la fatiga del eje del motor.

$$S_e = 111.74 [\text{Mpa}]$$

Utilizando un Criterio de Falla según Goodman se calcula los esfuerzos principales según el criterio de energía de distorsión máxima.

$$\sigma_a' = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_a^2}$$

$$\sigma_a' = \sigma_x$$

$$\sigma_m' = \sqrt{\sigma_m^2 + 3\tau_m^2}$$

$$\sigma_m' = \sqrt{3\tau_m^2}$$

Como el eje trabaja con una flexión alternante y una torsión continua se utiliza el criterio de falla a fatiga según Goodman.

²⁶Diseño en ingeniería mecánica, Shigley, J 4^{ta} edición, Pág. 322

$$n = \frac{\sigma_a'}{S_e} + \frac{\sigma_m'}{S_{ut}}$$

27

Se calcula el factor de seguridad utilizando los valores calculados.

$$n = 1.59$$

Con este valor se garantiza que el eje funcione correctamente y no existe riesgo de falla, considerando que la trilladora es un prototipo, se utiliza este diámetro que es el apropiado y en base a este se determina las dimensiones de los otros elementos.

3.2.3.4.2 Cálculo del eje motriz.

Como se tiene un conjunto de ejes en el sistema motriz de la cámara de desvainado se va diseñar el más crítico, es decir el que tiene más elementos para transmitir potencia (rodillo motriz). Para determinar las reacciones en los apoyos del eje se realiza el diagrama de cuerpo libre del eje representando las cargas externas que actúan sobre el eje indicado en la figura 3.10.

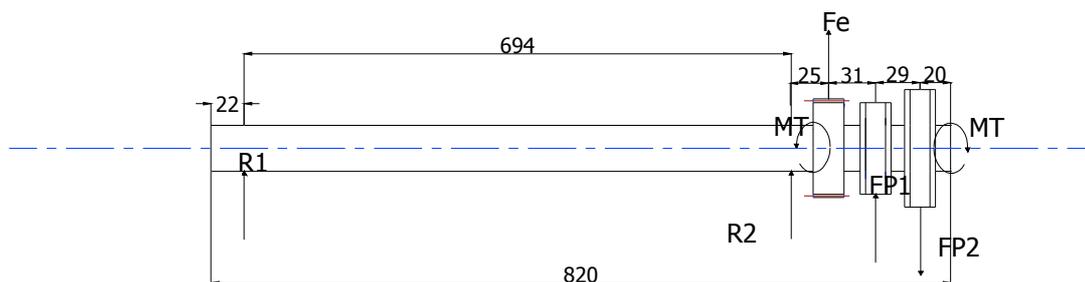


Figura 3.10: Diagrama de Cuerpo libre eje motriz .

Fuente: Propia

²⁷ Diseño en ingeniería mecánica, Shigley, J 4^{ta} edición, Pág. 736

Donde:

FP1: Fuerza Ejercida por la polea 1, [N]

FP2: Fuerza Ejercida por la polea 2, [N]

Fe: Fuerza Ejercida por el engrane, [N]

MT: Momento Torsor del eje, [Nm]

R1 : Reacción del Bocín 1, [N]

R2: Reacción del Bocín 2, [N]

Debido a que la transmisión de potencia es por medio de poleas y un lado de la banda se encuentra flojo se lo desprecia, entonces la tensión transmitida F_{p1} y F_{p2} es perpendicular al eje de los rodillos y estos valores se los obtiene con la ecuación 3.17

$$F_{p1} = \frac{MT}{\frac{D_{p1}}{2}} \quad \text{Ec. (3.17)}$$

$$F_{p2} = \frac{MT}{\frac{D_{p2}}{2}}$$

$$F_{p2} = 517N$$

Donde:

: Momento Torsor del eje MT, 10.34 [Nm]

: Diámetro de la polea D_{p1} , 0.077 [m]

: Diámetro de la polea D_{p2} , 0.060 [m]

Para encontrar las reacciones en el apoyo del eje se realiza una sumatoria de fuerzas con respecto al Eje y y al Eje Z del origen de coordenadas.

$$F_{p1x} = 268.57N [N]$$

$$F_{p2y} = 517N \times \text{Sen } 20^\circ = 418 [N]$$

$$F_{p2z} = 517N \times \text{Cos } 20^\circ = 210 [N]$$

$$F_{ey} = 614.67N$$

$$F_{ez} = 123.656N$$

$$\sum M_1 = 0$$

$$R_{2y} = -346.65 [N]$$

$$R_{2z} = -176 [N]$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{1y} = 146.13 [N]$$

$$\sum F_z = 0$$

$$R_{1z} = 191.13 [N]$$

Realizando el análisis del eje por tramos se puede encontrar el Momento Flector máximo para el diseño del eje.

X (0; 0.694m)

$$M - x_i x (R_{1j} + R_{1k}) = 0$$

X (0; 0.025m)

$$M = -x_i x (-R_{2j} - R_{2k}) + (x_i + 0.694) x (R_{1j} + R_{1k})$$

X (0; 0.031m)

$$M = -(x_i + 0.025)x (-R_{2j} - R_{2k}) + (x_i + 0.719) x (R_{1j} + R_{1k}) + (x_i)x(F_{ey} + F_{ez})$$

X (0; 0.029)

$$M = -(x_i + 0.056)x (-R_{2j} - R_{2k}) + (x_i + 0.750) x (R_{1j} + R_{1k}) + (x_i + 0.031)x(F_{ey} + F_{ez}) + (x_i)x(F_{p1y})$$

X (0; 0.020)

$$M = -(x_i + 0.085)x (-R_{2j} - R_{2k}) + (x_i + 0.779) x (R_{1j} + R_{1k}) + (x_i + 0.060)x(F_{ey} + F_{ez}) + (x_i + 0.29)x(F_{p1y}) - (x_i)x(F_{p2y} - F_{p2z})$$

Estos valores son utilizados para obtener el diagrama de momento flector del eje, tal como esta indicado en la figura 3.11

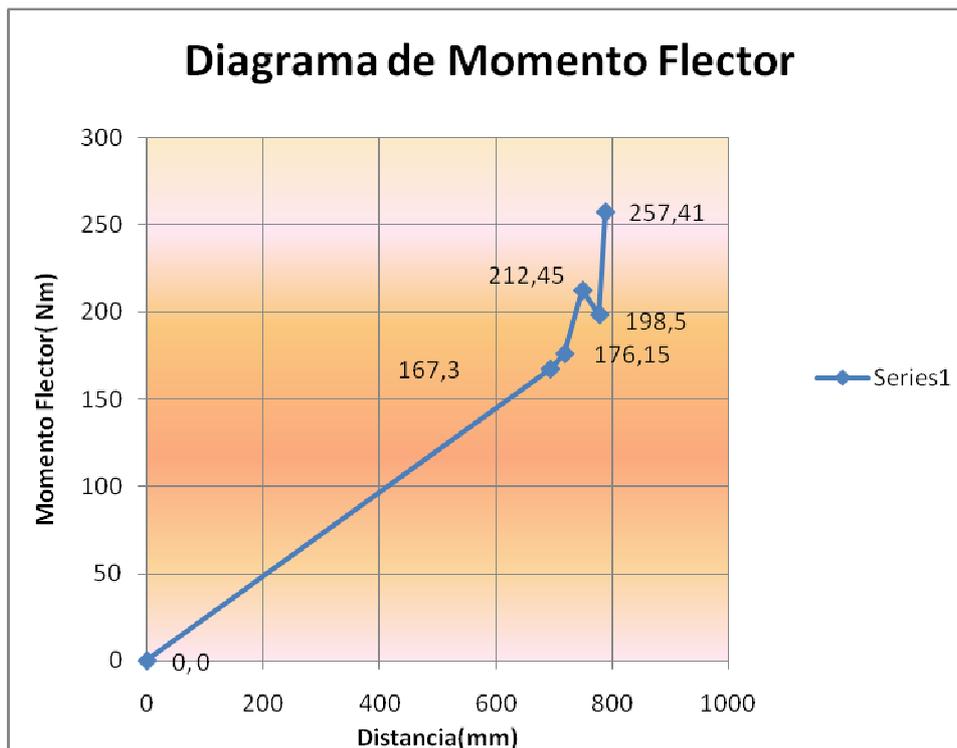


Figura 3.11 Diagrama del Momento Flector en el eje de motriz.

Fuente: Propia

Seleccionando un Eje Hipotético para acoplar al motor se Utiliza:
Un Acero de Transmisión AISI 1018 que tiene las siguientes propiedades:

$$S_y = 32[Kpsi] = 220.63[Mpa]$$

$$S_{ut} = 58[Kpsi] = 400.5[Mpa]$$

deje= diámetro asumido del eje= 35 mm

Debido a que el eje gira, los esfuerzos principales no mantienen la misma dirección por lo que su comportamiento es sinusoidal con inversión completa.

$$\sigma_x = \sigma_a$$

$$\sigma_m = 0$$

Para el cálculo del esfuerzo por flexión esta dado por la ecuación 3.18.

$$\sigma_x = \frac{K_f x 32 M_{max}}{\pi x d^3} \quad \text{Ec. (3.18)}$$

Anticipadamente se debe calcular el factor de concentración a la fatiga de un eje sometido a flexión por la ecuación 3.19.

$$K_f = 1 + q(K_t - 1) \quad \text{Ec. (3.19)}^{20}$$

Previamente se debe calcular el Factor de Concentración de esfuerzo teórico (Kt) mediante y La sensibilidad a la ranuras (q).

$$K_t = 1.6^{21}$$

$$q = 0.8^{22}$$

Donde:

Kf: Factor de Concentración a la Fatiga de un Eje Sometido a Tracción= 1.4

Mmax: Momento Flector Máximo= 281.94[N·m]

$$\sigma_x = 184.508 [Mpa]$$

²⁰Diseño en ingeniería mecánica, Shigley, J 4^{ta} edición, Pág. 322.

²¹Diseño en ingeniería mecánica, Shigley, J 4^{ta} edición, Pág. 888.

²²Diseño en ingeniería mecánica, Shigley, J 4^{ta} edición, Pág. 323.

Debido que el Momento Torsor se mantiene constante en el tiempo por lo tanto:

$$\tau_{xy} = \tau_m$$

$$\tau_a = 0$$

Para el cálculo del esfuerzo por flexión esta dado por la ecuación:

$$\tau_{xy} = \frac{16Mt}{\pi x d^3} \quad \text{Ec. (3.20)}$$

$$Mt: \text{Momento Torsor} = 21.58 [Nm]$$

$$\tau_{xy} = 4.618 [Mpa]$$

Para realizar el diseño del eje por resistencia a la fatiga se calcula el límite a la fatiga en base a la ecuación 3.21

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_f S_e' \quad \text{Ec. (3.21)}^{23}$$

Donde:

S_e : Límite de resistencia a la fatiga del eje.

S_e' : Límite de resistencia a la fatiga de la muestra de viga rotatoria.

k_a : Factor de Superficie.

k_b : Factor de Tamaño.

k_c : Factor de Confiabilidad.

²³Diseño en ingeniería mecánica, Shigley, J 4^{ta} edición, Pág. 307.

k_s : Factor de modificación por concentración de esfuerzos.

k_f : Factor de efectos diversos.

El límite de la resistencia a la fatiga del eje del motor es

$$S_{e'} = 0.504S_{ut} \quad \text{Ec. (3.22)}^{24}$$

$$S_{e'} = 204.120 [\text{Mpa}]$$

Utilizando para calcular el factor de superficie la ecuación

$$k_a = aS_{ut}^b$$

$$k_a = 4.51 \times 400.5 [\text{Mpa}]^{-0.265}$$

$$k_a = 0.92$$

Se utiliza la ecuación para calcular el factor de tamaño

$$k_b = \left(\frac{d}{7.62} \right)^{-0.1133} \quad \text{Ec. (3.23)}^{25}$$

$$k_b = 0.86$$

De acuerdo a la tabla 7-28 según manual de diseño de Shigley para una confiabilidad del 99% se tiene un valor:

$$k_c = 0.814$$

²⁴Diseño en ingeniería mecánica, Shigley, J 4^{ta} edición, Pág. 294

²⁵Diseño en ingeniería mecánica, Shigley, J 4^{ta} edición, Pág. 313.

La temperatura a la que va estar expuesta la máquina es la del ambiente T_m 20°C

$$k_d = 1$$

Para el cálculo del factor que toma en cuenta la concentración de tensión:

$$k_s = \frac{1}{k_f} \quad \text{Ec. (3.24)}^{26}$$

$$k_s = 0.53$$

Se calcula el límite de la resistencia a la fatiga del eje del motor

$$S_s = 69.67 [\text{Mpa}]$$

Utilizando un Criterio de Falla Según Goodman se calcula los esfuerzos principales según el criterio de energía de distorsión máxima.

$$\sigma_a' = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_a^2}$$

$$\sigma_a' = \sigma_x$$

$$\sigma_m' = \sqrt{\sigma_m^2 + 3\tau_m^2}$$

$$\sigma_m' = \sqrt{3\tau_m^2}$$

²⁶Diseño en ingeniería mecánica, Shigley, J 4^{ta} edición, Pág. 322

Como el eje trabaja con una flexión alternante y una torsión continua se utiliza el criterio de falla a fatiga según Goodman.

$$n = \frac{\sigma_a'}{s_e} + \frac{\sigma_m'}{s_{ut}} \quad 27$$

Se calcula el factor de seguridad utilizando los valores calculados.

$$n = 2.65$$

Con esta valor se garantiza que el eje funcione correctamente y no existe riesgo de falla, considerando que la desvainadora es un prototipo se utiliza este diámetro que es el apropiado y en base a este se determina las dimensiones de los demás elementos.

3.2.3.5 Dimensionamiento de la lengüeta cuadrada.

Por lo general las lengüetas son utilizadas para fijar elementos que transmiten un momento de torsión e impedir el movimiento axial relativo de las piezas.

En la práctica usual se considera una lengüeta cuyo tamaño sea un cuarto del diámetro del eje, entonces se ajusta a la longitud del cubo montado y a la resistencia requerida.

La resistencia de la lengüeta se ha considerado que falla ya sea por cortante o por compresión.

De acuerdo a la figura 3.12 la fuerza f en la superficie del eje es:

²⁷Diseño en ingeniería mecánica, Shigley, J 4^{ta} edición, Pág. 736

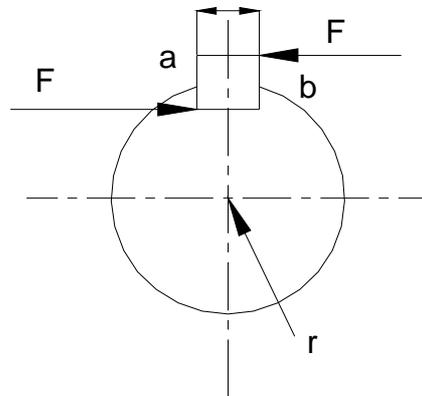


Figura 3.12: Diagrama de cuerpo libre lengüeta cuadrada.

Fuente: Propia

$$T = \frac{63000 \times 2}{1200} \quad \text{Ec. (3.25)}$$

$$T = 105 [\text{lb} \times \text{pulg}] = 922.73 [\text{Nm}]$$

De acuerdo a la figura 3.12 la fuerza f en la superficie del eje es

$$F_c = \frac{T}{r} \quad \text{Ec. (3.26)}$$

Donde:

F_c : Fuerza Cortante [N]

T : Par de Torsión [Nm]

r : Radio del eje, $15 [\text{mm}] = 0.015 [\text{m}]$

Al remplazar los datos en la ecuación 3.26.

$$F_c = 61515.33[N]$$

Se escoge una lengüeta cuadrada de 7mm x 8mm usando como material acero UNS G10200 estirado en frío cuya resistencia a la fatiga es de $S_y=448.8[Mpa]$

Por la energía de distorsión, la resistencia del esfuerzo cortante es:

$$s_{sy} = 0.577 S_y$$

$$s_{sy} = 258.95[Mpa]$$

Para el análisis de falla por corte, la longitud de la lengüeta cuadrada se calcula mediante la ecuación: 3.27

$$\frac{s_{SY}}{n} = \frac{Ft}{txl} \quad \text{Ec. (3.27)}$$

Donde:

F_c : Fuerza Cortante, 1422.67[N]

s_{sy} : Resistencia AL Esfuerzo Cortante 258.95[Mpa]

t : Ancho de la Lengüeta Cuadrada, 8[mm] = 0.008[m]

l : Longitud de la Lengüeta[m]

Al reemplazar los datos en la ecuación 3.27 se encuentra la longitud mínima de la lengüeta cuadrada

$$l = 18\text{mm.}$$

Para el análisis de resistencia de aplastamiento, la longitud de mínima de la lengüeta se calcula mediante la ecuación 3.28

$$\frac{S_{SY}}{n} = \frac{F_c}{t x \frac{l}{2}} \quad \text{Ec. (3.28)}$$

Al remplazar los datos se obtiene:

$$l=25\text{mm}$$

Según el análisis la longitud de la lengüeta es de 18mm pero de acuerdo a la norma S/DIN/6885/1 es recomendado que la longitud de la lengüeta sea 1.5 veces el diámetro por lo que la longitud es de 30mm.

3.2.3.6 Dimensionamiento de pernos.

Para dimensionar los pernos se toma como referencia ilustrativa aquellos que sujetan a los perfiles de soporte de rodillo con los perfiles de la estructura de soporte y las planchas que recubren a la estructura.

Los pernos que se analizan están soportando un esfuerzo cortante producido por el peso de los sistemas de la desvainadora y sistema de soporte, en la figura 3.13 está indicado el diagrama de cuerpo libre de la estructura.

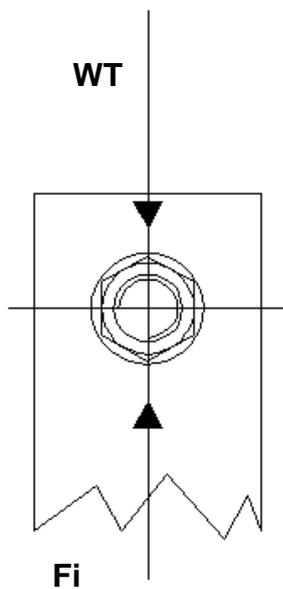


Figura 3.13: Diagrama de cuerpo libre del Perno.

La carga que soportan los pernos es:

$$W_c = W_r + W_f + W_{sp} \quad \text{Ec.(3.29)}$$

Donde:

W_c : Carga total sobre los pernos, [Kg].

W_r : Peso de los rodillos y Estructura de rodillos, 70 [Kg].

W_f : Peso del frejol 50 [Kg].

W_{sp} : Peso de la Estructura Soportante y Sistema de transmisión 30 [Kg].

Entonces W_t es igual a:

$$W_t = 150 \text{ [Kg]}$$

Para este tipo de junta se selecciona un perno M12 x 1,75 con grado métrico 4,6 el mismo que debe soportar la carga asignada. Entonces las propiedades son las siguientes:

S_p : Resistencia a la prueba, 33[Kpsi]

S_{UT} : Resistencia a la Tensión: 60[Kpsi]

S_y : Resistencia a la fluencia 36 [Kpsi]

d_p : Diámetro nominal del perno 12 [mm.]

A_t : Área del diámetro menor del perno 76.3 [mm.²]

Asumiendo que son 4 pernos los que van a soportar la carga, entonces la fuerza para cada perno es:

$$F_t = \frac{W_t}{4}$$

$$F_t = 37.5 \text{ [Kg]}$$

Para la falla por cortante puro en el perno, su esfuerzo esta dado por:

$$\tau_r = \frac{F_t}{A_t} \tag{Ec. (3.30)}$$

$$\tau_r = 0.49 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2} \right] = 0.69 \text{ [Kpsi]}$$

El factor de seguridad es:

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau}$$

Donde S_{sy} es la resistencia de fluencia al cortante $0.5 S_y$.

$$n = \frac{0.5 S_y}{\tau} = 26.1$$

Para la falla por aplastamiento del material, el esfuerzo en el perno es:

$$\sigma_{ap} = \frac{F_i}{t \times dp} \quad \text{Ec. (3.31)}$$

Donde:

σ_{ap} : Esfuerzo de aplastamiento, $\left[\frac{Kg}{mm^2} \right]$

F_i : Carga sobre cada perno, 37.5 [Kg]

t : Espesor de la placa más delgada 3 [mm]

dp : Diámetro nominal del perno 12 [mm]

$$\sigma_{ap} = 1.04 \left[\frac{Kg}{mm^2} \right] = 1.47 [Kpsi]$$

Entonces el factor de seguridad es:

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

$$n = 24$$

Con este resultado se verifica que el perno seleccionado resiste a la aplicación y esta sobre dimensionado, por eso se prefiere elegir un perno M10 x 1.75

3.2.3.7 Dimensionamiento del soporte de rodillos

Para el cálculo del soporte de los rodillos se toma ciertos valores calculados anteriormente como las reacciones de los ejes, que son las fuerzas externas que actúan sobre dicha estructura, en este paso se dará importancia a la resistencia y propiedades del material a utilizar, de tal manera que no suceda una posible falla del elemento.(ver figura3.14)

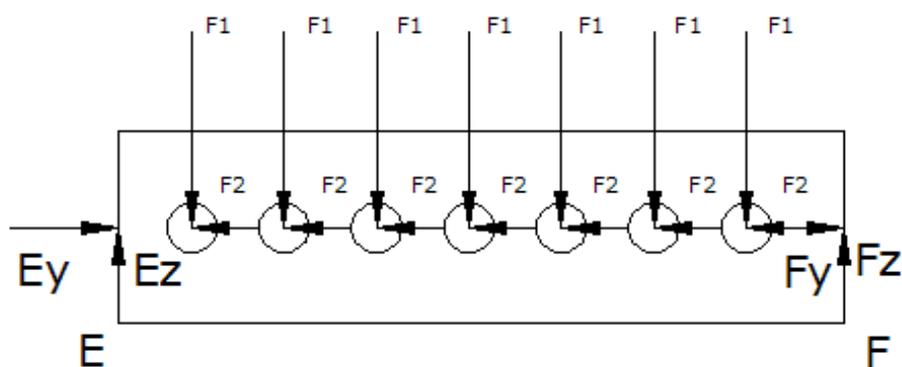


Figura 3.14: Diagrama de cuerpo libre del perfil del soporte de rodillos.

Para calcular las reacciones del soporte de rodillos se utiliza las ecuaciones de sumatoria de momentos y sumatoria de fuerzas.

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum F_y = D_y + C_y - 7 F_2 = 0$$

$$D_y + C_y = 1232.19N$$

$$\sum F_z = 0$$

$$\sum F_z = D_z + C_z - 7 F_1 = 0$$

$$D_z + C_z = 2426.655N$$

$$\sum M_D = 0$$

$$C_z = 1170.24N$$

$$D_z = 1256.41N$$

Una vez calculadas las reacciones de los apoyos se procede a determinar las posibles deflexiones en la viga, de la manera tradicional, realizando un corte en una parte de la viga. (ver figura 3.15)

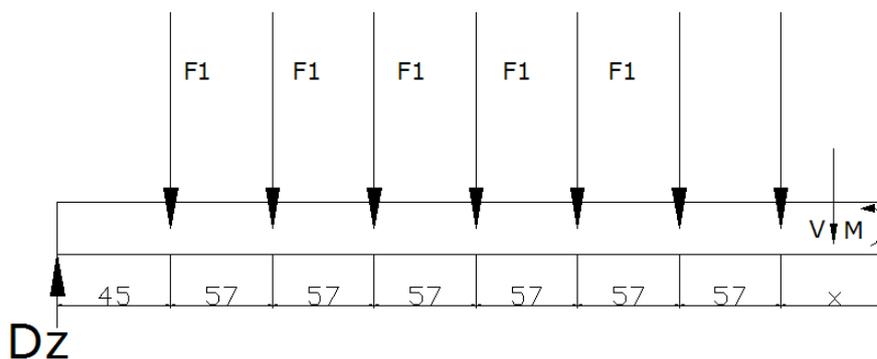


Figura 3.15 Diagrama de seccionamiento de viga..

De donde se obtiene las siguientes ecuaciones.

1. $X(0; 0.045)$

$$\sum M = X \times 1256.40 \text{ N}$$

2. $X(0; 0.057)$

$$\sum M = 1256.40xX - 346.65xX + 56.54$$

3. $X(0; 0.057)$

$$\sum M = 1256.40xX - 693.3xX + 128.90 - 19.75$$

4. $X(0; 0.057)$

$$\sum M = 1256.40xX - 1039.95xX + 200.89 - 59.27$$

5. $X(0; 0.057)$

$$\sum M = 1256.40xX - 1386.6xX + 272.62 - 118.55$$

6. $X(0;0.057)$

$$\sum M = 1256.40xX - 1733.25xX + 344.25 - 197.59$$

7. $X(0;0.057)$

$$\sum M = 1256.40xX - 2079.9xX + 415.87 - 296.38$$

8. $X(0;0.45)$

$$\sum M = 1256.40xX - 2426.65xX + 486.22 - 414.93$$

Con los valores obtenidos se puede realizar el diagrama de momento flector para el soporte de la estructura, y poder determinar el esfuerzo máximo permisible que este permite (ver figura 3.16)



Figura 3.16: Diagrama de Momento Flector.

Tomando en cuenta que tiene perforaciones el perfil elegido, se debe considerar el factor de concertación de esfuerzos teórico para calcular el esfuerzo máximo del elemento y dimensionarlo correctamente.

Con la ecuación 3.32, se calcula el esfuerzo máximo permisible tomando un factor indicado de seguridad grande $n=3$ y el factor de concentración de Esfuerzo Teórico Kt .

$$\sigma_{per} = \frac{S_y}{n} \quad \text{Ec.(3.4)}^8$$

$$\sigma_{per} = \frac{S_y}{n} = \frac{Mc}{I} \quad \text{Ec.(3.32)}$$

$$\sigma_{max} = Ktx \frac{S_y}{n} = Ktx \frac{Mc}{I} \quad \text{Ec.(3.33)}^{28}$$

$$Kt = 2.6^{29}$$

$$\sigma_{max} = \frac{2.6 \times 250 \times 10^6}{3} = \frac{168.37}{W}$$

$$W = \frac{168.37 \times 3}{2.6 \times 250 \times 10^6} = \frac{505.11}{650 \times 10^6} 7.77 \times 10^{-7} m^3$$

$$W = 0.77 cm^3$$

Por el valor obtenido del módulo de sección resistente se elige un perfil laminado UPN de 50x38x5mm.ya que la sección resistente de este es mayor (ver anexo IV)

⁸Diseño en ingeniería mecánica, Shigley, J 4^{ta} edición, Pág. 40

²⁸Diseño en ingeniería mecánica, Shigley, J 4^{ta} edición, Pág. 268

²⁹Diseño en ingeniería mecánica, Shigley, J 4^{ta} edición, Pág. 269

3.3 CONTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE CAMPO

3.3.1 GENERALIDADES.

Para poder llevar a cabo la construcción de la máquina desvainadora de fréjol, se recomienda tomar en cuenta ciertas consideraciones que debe cumplir el lugar de trabajo donde se realizará la construcción.

El taller mecánico-industrial debe contar con todos los equipos que requiera los operarios para la fabricación de cada uno de los elementos que forman parte de la máquina. Se debe tener en cuenta que el taller debe tener un lugar de almacenamiento de la materia prima y los elementos que conforman la desvainadora para un acceso rápido. El recurso humano debe estar en la capacidad de interpretar los planos de taller para llevar a cabo la construcción de la desvainadora de fréjol.

3.3.2 CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA.

El ensayo de una buena aplicación de criterios y consideraciones de diseño, una adecuada selección de alternativas y los materiales a utilizarse se la hace mediante la construcción de la desvainadora de fréjol consiguiendo así un resultado tangible.

El actual proyecto se divide en cuatro sistemas los cuales en los diagramas de flujo se los incluyen dentro de los 2 siguientes:

- Sistema motriz de la cámara de Trillado
- Estructura Soporte de la Trilladora.

3.3.2.1 Máquinas y herramientas.

Para la construcción de los distintos sistemas de la desvainadora de fréjol es necesaria la utilización de distintos tipos de herramientas, maquinas herramientas e instrumentos de medición que se presentan a continuación en la Tabla 3.5 donde se denomina a cada uno de los instrumentos de trabajo utilizados con una identificación para facilitar la simplificación de los flujogramas utilizados en la construcción de los sistemas constituyentes de la máquina.

Tabla 3.5 Tipo y designación de máquinas herramientas y equipos

IDENTIFICACIÓN	HERRAMIENTAS	TIPO
T	Taladro Eléctrico	HERRAMIENTAS
	Sierra de Arco	
	Esmeril.	
	Limas	
	Machuelos	
	Llaves y Copas	
	Prensa.	
MI	Calibrador pie de rey	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
	Escuadra	
	Flexómetro	
	Regla metálica	
MT1	FRESADORA	MAQUINAS HERRAMIENTAS
MT2	TORNO	
MT3	ESMERIL	
MT4	CORTADORA	
MT5	AMOLADORA	
MT6	RECTIFICADORA	
MT7	TALADRO DE BANCO	
E1	EQUIPOS DE SUELDA ELECTRICA	
E2	EQUIPOS DE PINTURA	

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

En la Tabla 3.6 se muestran los tipos de operaciones o procesos tecnológicos para la construcción de la desvainadora de fréjol.

Tabla 3.6 Tipos de operaciones a utilizarse.

NÚMERO	OPERACIÓN
1	Corte de material
2	Esmerilado
3	Soldado
4	Taladrado
5	Torneado
6	Machuelado
7	Fresado
8	Rectificado
9	Pintado

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

En la Tabla 3.7 se muestra la materia prima a utilizarse para la construcción de la desvainadora de fréjol.

Tabla 3.7 Listado de materia prima a utilizarse

MATERIAL	DIMENSIONES(mm)
Tubo estructural cuadrado ASTM A500	19944mm x 30 x 30 x 2
Planchas de Acero Galvanizado ASTM 653	2440 x 1220 x 7
Canal en U ASTM A36	1776mm x 40 x 25 x 2
Perfil Angular ASTM A36	1160mm x 30 x 30 x 3
Ejes Rodillos SAE 1018	Ø 30 mm x 6560 mm
Platina de Acero Inoxidable AISI 304	250 x 40 x 10

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

3.3.2.2 Elementos a construir

En la Tabla 3.8 se indica los elementos que se van a construir en los diferentes sistemas que posee la máquina desvainadora de fréjol.

Tabla 3.8 Listado de elementos a construir

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	Estructura soporte para la trilladora
12	Ejes Rodillos de Trillado
8	Poleas
2	Engranés
2	Bocines
1	Eje de Levas
1	Tamizadora
4	Cubiertas de Laterales
2	Cubiertas Frontales
2	Cubiertas Superiores
1	Carcasa

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

3.3.2.3 Etapas de construcción del prototipo

Para el proceso de fabricación de cualquiera de los elementos que constituyen el prototipo cumple con la siguiente secuencia:

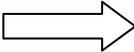
- Adquisición de la materia prima.
- Almacenamiento de la materia prima.
- Trazos sobre la materia prima.

- Ejecución de los procesos tecnológicos de fabricación de acuerdo a lo establecido en las hojas de proceso
- Eliminación de las virutas de los procesos tecnológicos de fabricación
- Verificación de dimensiones, perpendicularidad, paralelismo y estabilidad.
- Pintado de la superficies externas de la máquina en contacto con el ambiente.

3.3.3 DIAGRAMAS DE FLUJO DE CONSTRUCCIÓN.

Los flujogramas de construcción indican la secuencia de fabricación del sistema para lo cual es necesario utilizar la simbología empleada en las hojas de proceso que se ilustra en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9 Simbología utilizada en el diagrama de flujo.

SÍMBOLO	DEFINICIÓN
	OPERACIÓN
	TRANSPORTE
	ESPERA
	INSPECCIÓN
	ALMACENAMIENTO

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

En las figuras 3.17, 3.18 se indican los procesos tecnológicos necesarios para la construcción de cada uno de los sistemas de la máquina. Las dimensiones y notas constructivas se encuentran detalladas en los planos.

El tiempo estimado para la construcción de los sistemas se encuentran dados en horas, sin considerar tiempos empleados para la compra, transporte y almacenamiento de materia prima utilizados en los distintos elementos.

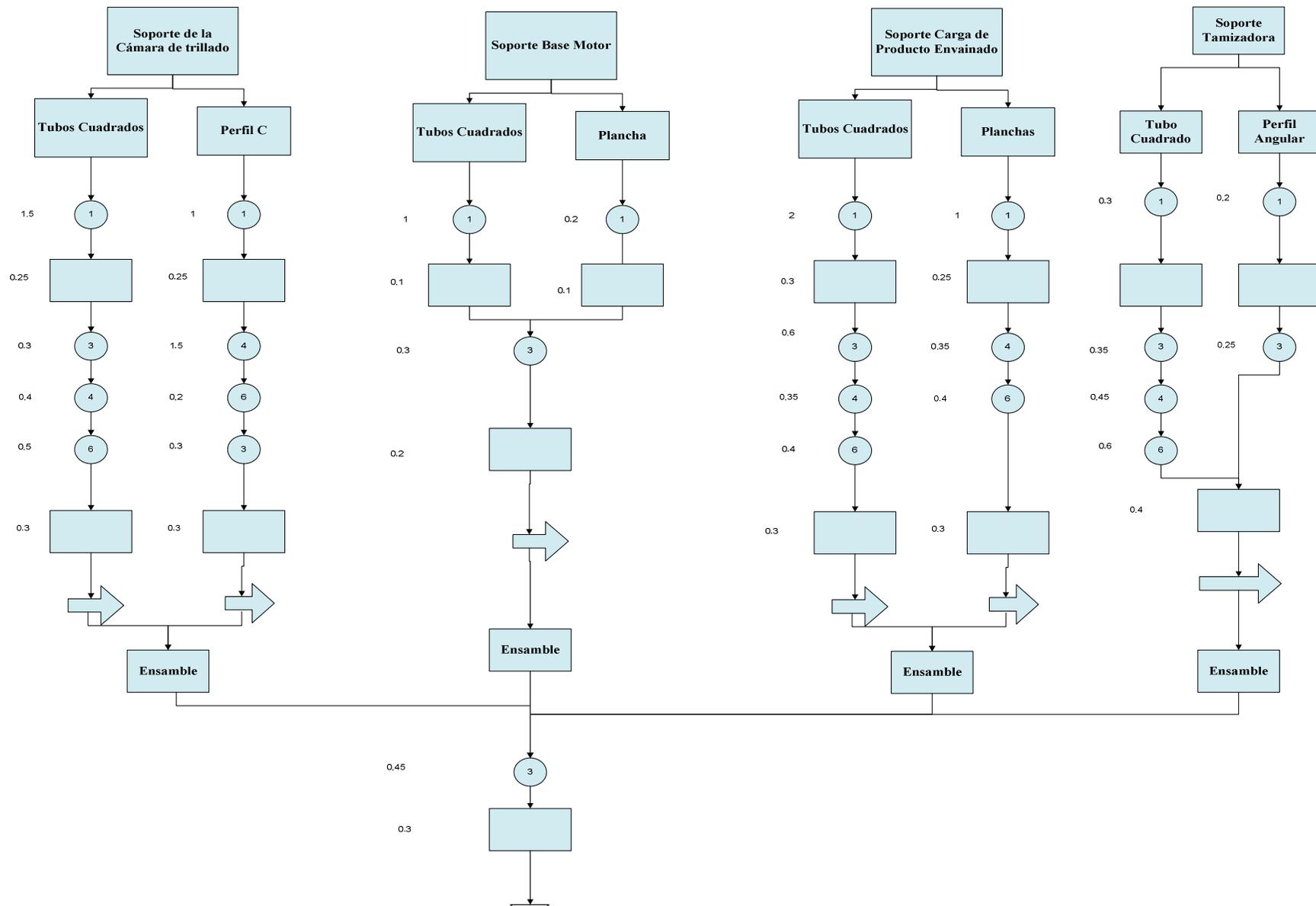


Figura 3.17 Diagrama de flujo del sistema estructural de la máquina desvainadora

Tiempo Estimado de Construcción 18.25 horas

3.3.3.2 Sistema motriz de la desvainadora

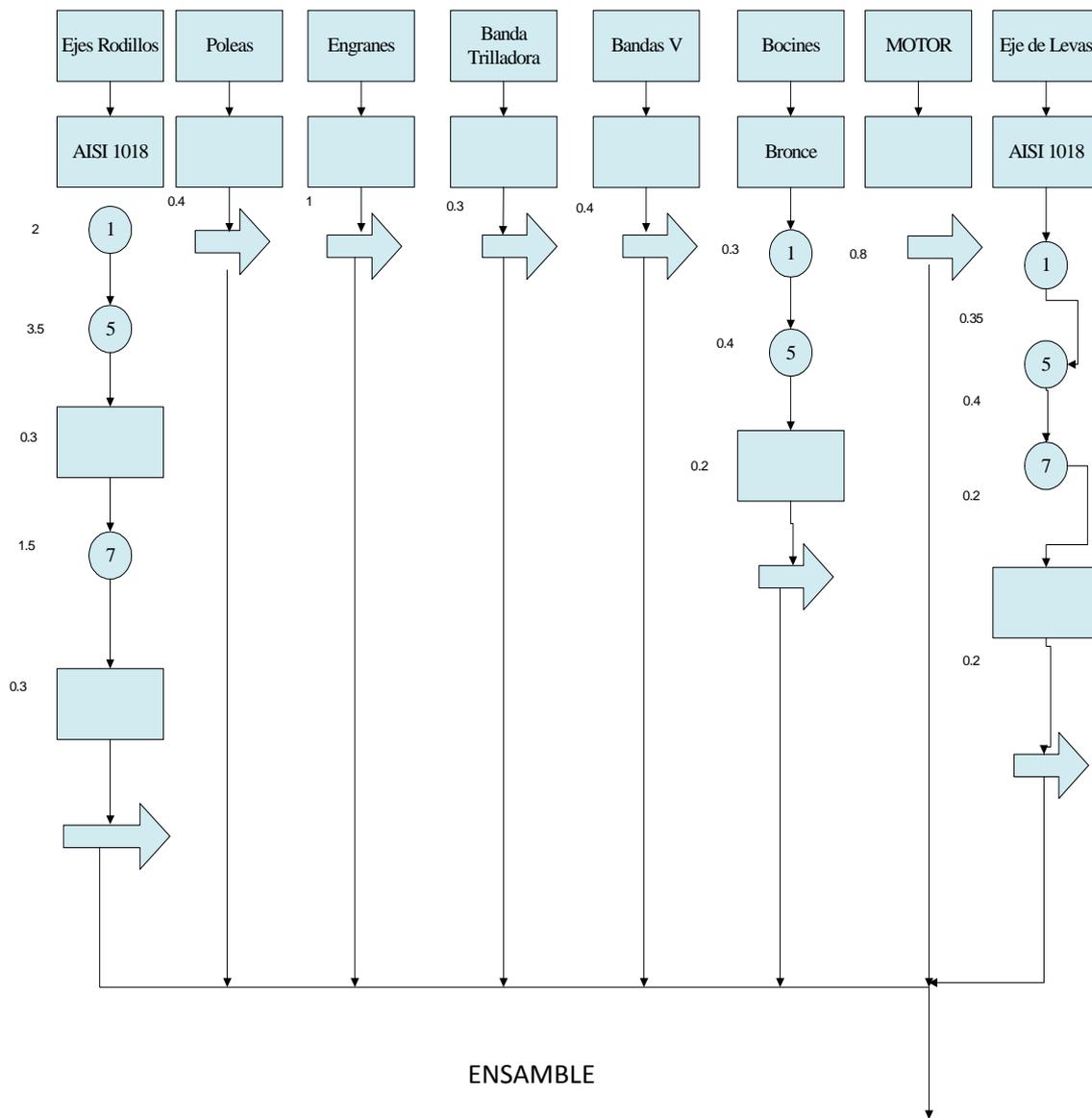


Figura 3.18 Diagrama de flujo del sistema motriz de la máquina desvainadora

Desde la figura 3.19 hasta la figura 3. 22 se muestra la construcción de algunos elementos de la desvainadora



Figura 3.19 Corte de las placas metálicas



Figura 3.20 Corte de los perfiles estructurales



Figura 3.21 Soldadura de los perfiles estructurales



Figura 3.22 Torneado de los Ejes

3.3.4 MONTAJE

Terminado los diagramas de proceso de los diferentes sistemas que constituyen la desvainadora de fréjol, se procede al montaje de los distintos sistemas que la constituyen (ver figura 3.23), para lo cual es necesario utilizar códigos, los mismos que representan actividades específicas que se mencionan en la tabla 3.10.

Tabla 3.10 Actividades del Montaje

CÓDIGO	ACTIVIDADES
A1	Preparación de la Estructura.
A2	Instalación de Canal en U en cámara de trillado.
A3	Instalación de ejes en la cámara de trillado.
A4	Instalación de banda de trillado
A5	Instalación del motor en estructura
A6	Instalación de levas en eje
A7	Instalación de soportes de eje de levas con bocín
A8	Instalación de eje de levas
A9	Instalación de engranes en ejes motrices
A10	Instalación de poleas
A11	Instalación de bandas de transmisión de movimiento
A12	Instalación de tamizadora
A13	Instalación de mecanismo elevador de tamizadora
A14	Instalación de planchas protectoras
A15	Instalación de carcaza

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

3.3.4.1 Diagrama de flujo del montaje

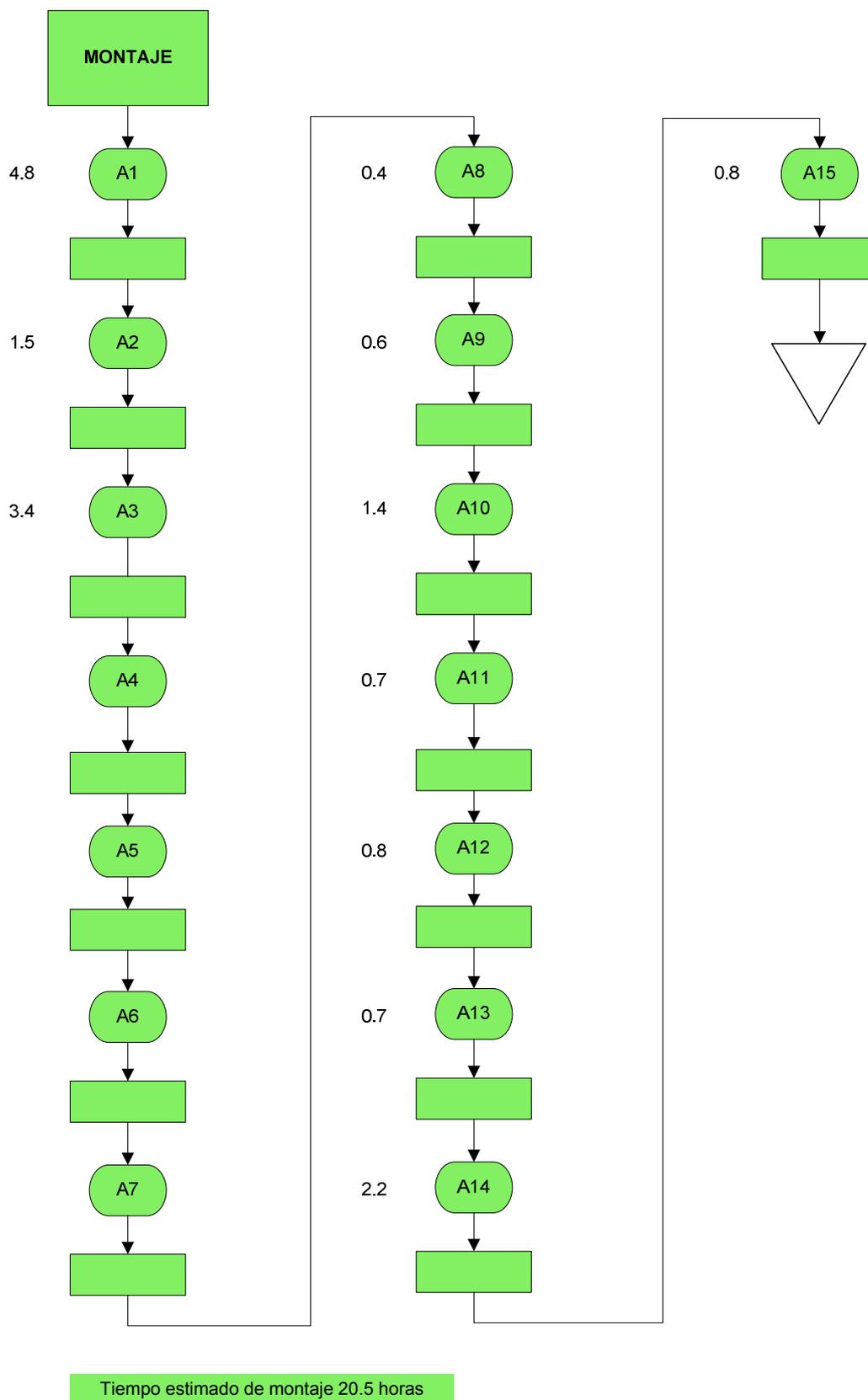


Figura 3.23 Diagrama de Flujo de Montaje

Desde la figura 3.24 hasta la figura 3.27 se muestra el montaje de algunos elementos de la desvainadora de fréjol.



Figura 3.24 Montaje de la estructura de la cámara de desvainado.

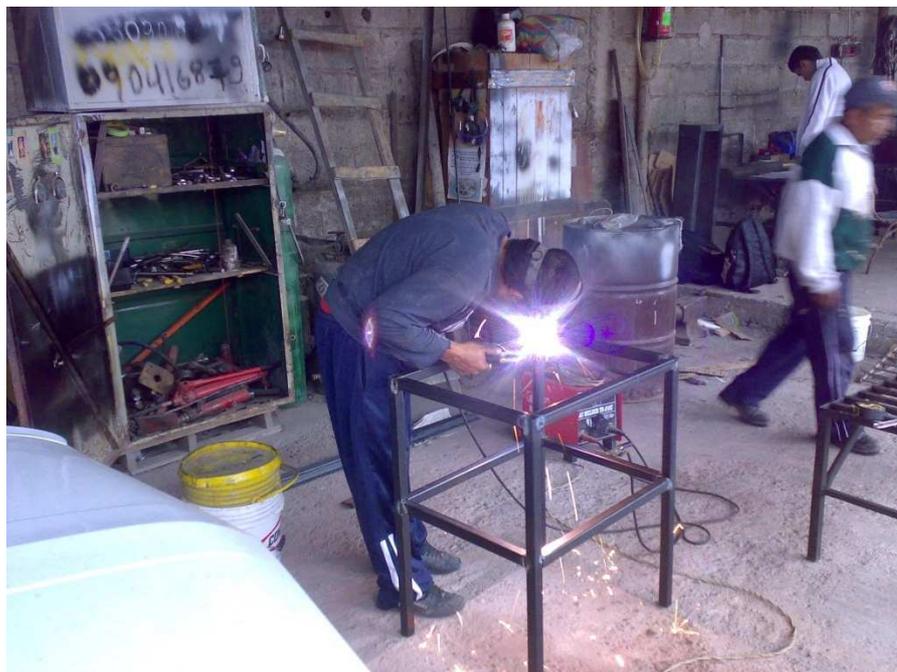


Figura 3.25 Montaje del soporte de la cámara de desvainado.



Figura 3.26 Montaje del sistema de desvainado.



Figura 3.27 Prototipo de la Máquina Desvainadora de fréjol

3.3.5 PRUEBAS DE CAMPO

Para las pruebas de campo se aplica el pertinente formato del Protocolo de Pruebas establecido en el punto 2.6.3

A continuación se presenta los resultado de las pruebas de la máquina desvainadora (ver Tabla 3.11).

Además se indican en las figuras 3.28 y 3.29 la visita al sector donde se realizaron las pruebas de la máquina desvainadora de fréjol.

Tabla 3.11 Resultado de las pruebas realizadas en la desvainadora de fréjol

FORMATO DE PROTOCOLO DE PRUEBAS DE LA MÁQUINA				
EMPRESA	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL			
AVALUADOR	Darío Aguilar Canseco Diego Fernando Haro Ing. Jaime Vargas T.			
FECHA	09 de Octubre, 2010			
LUGAR	PARROQUIA DE AMBUQUÍ			
PRUEBA	RESULTADO REQUERIDO		RESULTADO OBTENIDO	
Dimensiones Básicas	Peso	180 kg	Peso	195 kg
	Ancho Total	1156 mm	Ancho Total	1156
	Alto Total	803 mm	Alto Total	803 mm
	Largo Total	1555 mm	Largo Total	1555 mm
	Ancho de la cámara de trillado	660 mm	Ancho de la cámara de trillado	660 mm
	Área de la tamizadora	332640 mm ²	Área de la tamizadora	332640 mm ²
Velocidad Angular	Eje Motriz	600 rpm	Eje Motriz	580 rpm
	Eje de levas	600 rpm	Eje de levas	580 rpm
Tiempo de desvainado	Cantidad (kg) de Fréjol en grano	100 kg	Cantidad (kg) Fréjol en grano	110 kg
	Tiempo (min)	30 min	Tiempo (min)	32 min

Fuente: Propia

Elaboración: Propia



Figura 3.28 Pruebas de Campo realizadas con el Director del Proyecto, Parroquia de Ambuquí, Provincia de Imbabura.



Figura 3.29 Pruebas de campo realizadas con el Director del Proyecto, Sector de Picuicho, Provincia de Imbabura.

3.3.5.1 Análisis de resultados

Se encuentra que existe una pequeña variación entre los resultados requeridos con los obtenidos; ya que el margen de error es mínimo, no afecta al desempeño de la desvainadora de fréjol.

Uno de los ítems que tienen un margen de error mínimo es la de la velocidad angular del eje de levas y del eje motriz, esto sucede con frecuencia debido a factores tales como: inercia a vencer, el deslizamiento de las bandas en las poleas, vibración de la máquina, fricción entre los engranes etc.

El tiempo en que la máquina desvaina la cantidad requerida de fréjol también posee un margen de error, de igual manera no afecta al desempeño de la máquina, pues se puede apreciar en los resultados que se obtiene la cantidad requerida en un tiempo similar, esto depende de las variaciones de voltaje que suele tener la energía eléctrica y de factores de funcionamiento de la máquina anteriormente mencionados.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE COSTOS

El análisis de costos tiene por objetivo determinar la cantidad de recursos que se emplearán para la realización del proyecto, para lo cual es necesario describir todos aquellos que se consideran costos directos e indirectos ya que del total de estos rubros se obtendrá el costo de la máquina trilladora de fréjol.

4.1 ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS

Los rubros a tomar en cuenta dentro de los costos directos son:

- Materiales directos
- Elementos Normalizados.
- Costo de Maquinado
- Costo de Montaje.

4.1.1 COSTOS DE MATERIALES DIRECTOS.

Es la materia prima que se emplea para construir los elementos constitutivos de la máquina a diseñar.

En la Tabla 4.1 esta detallado los materiales utilizados, cantidad y el costo que tiene cada uno de estos.

Tabla 4.1 Costos de Materiales Directos

MATERIAL	DIMENSIONES (mm)	CANTIDAD (6m)	COSTO UNITARIO (USD/6m)	COSTO TOTAL (USD/6m)
Tubo estructural cuadrado ASTM A500	19944 x30x30x2	4	26.70	106.72
Planchas de Acero Galvanizado ASTM 653	2440 x 1220 x 2	3	210.31	630.93
Canal en U ASTM A36	1776 x 50 x 25 x 2	1	31.80	31.80
Perfil Angular ASTM A36	1160 x 30 x 30 x 3	1	19.50	19.50
Ejes Rodillos SAE 1018	Ø 30 x 6560	2	80.25	160.50
Platina de Acero Inoxidable AISI 304	250 x 40 x 10	1	8.0	8.0
			Subtotal	957.45

Fuente: Aceros Emanuel

Elaboración: Propia

4.1.2 COSTO DE ELEMENTOS TERMINADOS

Son aquellos elementos que se encuentran disponibles en el mercado de libre comercialización en el mercado y sin alteración alguna para su uso

Los Costos de los elementos normalizados se indican en la Tabla 4.2

Tabla 4.2 Costo de los elementos normalizados

ELEMENTO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Perno M10x1.75x75	4	0.12	0.96
Perno M10x1,75x50	7	0.1	0.70
Perno M6x1,75x22	4	0.08	0.32
Tuerca M10x1,75	8	0.06	0.48
Tuerca M6x1.75	7	0.04	0.28
Arandela M10	16	0.04	0.64
Arandela M6	14	0.03	0.42
Motor Monofásico 2HP, 1200 rpm	1	181	181
Polea 1.5 pulgadas.	2	2.25	11.25
Polea 2.5 pulgadas.	5	3.5	17.5
Polea 3.5 pulgadas.	1	4	4
Bocín Bronce Fosfórico	2	4.75	9.5
Lengüeta 8x7x22mm	8	11.50	92
Lengüeta 5x5x22mm	2	8.50	17
Acople de Polea	2	10	20
Engranés $\phi 6$, $m=2$, $z=26$	2	16	32
Anillo Elástico E-23	26	0.38	9.88
Bandas Trilladora	2	35	70
Cable 16	1	1.6	1.6
Pulsador On /Off	1	5.70	5.70
		Subtotal	475.23

Fuente: Castillo Hermanos,

Elaboración: Propia

4.1.3 COSTO DE MAQUINADO

Para determinar el costo de cada máquina y equipo empleado en la construcción, el costo establecido incluye costo de operario para la misma, el tiempo para cada operación es el determinado en el capítulo anterior. En la Tabla 4.3 se detalla cada operación realizada, el tiempo y su costo total.

Tabla 4.3 Costo de Maquinado

OPERACIÓN	TIEMPO TOTAL	COSTO (USD/h)	COSTO TOTAL (USD)
Corte de material	10.3	5.00	51.5
Esmerilado	5.3	5.00	26.5
Soldado	4.55	9.00	40.95
Taladrado	3.05	7.00	21.35
Torneado	4.3	11.40	49.02
Machuelado	1.5	7.00	10.50
Fresado	1.7	7.50	12.75
Rectificado	2	5.50	11.00
		Subtotal	223.57

Fuente: taller de máquinas herramientas

Elaboración: Propia

4.1.4 COSTOS DE MONTAJE

Estos Costos están relacionados con la mano de obra requerida para el armado de y ensamblado de cada una de las partes y la máquina

Para el montaje se considera el trabajo de 2 personas durante 4 días, por 8 horas diarias de trabajo con un costo de 2.50 USD hora/hombre. El costo de la mano de obra se muestra en la tabla 4.4

Tabla 4.4 Costo de Montaje

HORAS DE TRABAJO	OBREROS	COSTO HORA(USD)	COSTO TOTAL(USD)
30.50	2	2.50	152.50
		Subtotal	152.50

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

4.1.5 COSTO DIRECTO TOTAL

En la tabla 4.5 se indica la cantidad total del costo directo

Tabla 4.5 Costo directo total

COMPONENTE DE COSTO	COSTO TOTAL(USD)
Materiales Directos	957.45
Elementos Directos	47.23
Costo de Maquinado	223.57
Costo de Montaje	152.20
Subtotal	1380.45

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

4.2 ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS

Los costos indirectos se deben tomar en cuenta de algunos rubros que son empleados para la fabricación de la máquina, para lo cual se debe tomar en cuenta.

- Costos de Materiales Indirectos
- Costos de Diseño
- Gastos Indirectos

4.2.1 COSTOS DE MATERIALES INDIRECTOS

En la Tabla 4.6 se detallan los materiales ocupados, la cantidad y el costo de cada uno de los materiales utilizados para hacer posible la construcción.

Tabla 4.6 Costo de Materiales Indirectos

MATERIAL	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Electrodo E-6011(kg)	12	3.60	43.20
Lija Para Hierro	5	0.65	3.25
Disco de Corte	2	2.20	4.40
Pintura Anticorrosiva(l)	2	5	10
Thiñer(l)	1	1.75	1.75
Guaype	5	0.30	1.50
Varios		10.00	10.00
		Subtotal	74.10

Fuente: Castillo Hermanos

Elaboración: Propia

4.2.2 COSTO DEL DISEÑO

Este tipo de costo corresponde al que los ingenieros dedican para el diseño de la, uno de los métodos más frecuente para evaluar el costo de diseño es el que se basa en el porcentaje del costo de la máquina una vez construida.

Este porcentaje depende del grado de dificultad tanto del diseño, así como la construcción que tiene la máquina. Generalmente este porcentaje se estima el 20%

4.2.3 GASTOS INDIRECTOS

Se relaciona con los costos de movilización de las personas y de transporte de materiales. El costo estimado es de 100 dólares.

4.2.4 COSTO TOTAL INDIRECTO

En la tabla 4.7 se indica la cantidad total del costo indirecto.

Tabla 4.7 Costo Total indirecto

COSTO DEL COMPONENTE	VALOR (USD)
Materiales Indirectos	74.10
Costo de Diseño	276.06
Gastos Indirectos	100
Subtotal	450.16

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

4.3 COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA

Es resultado de la suma de los subtotales de los costos directos con los costos con los costos indirectos, estos se indican en la tabla 4.8

Tabla 4.8 Costo Final de la máquina

DESCRIPCIÓN	VALOR(USD)
COSTOS DIRECTOS	1380.45
COSTOS INDIRECTOS	450.16
TOTAL	1830.61

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

El costo total obtenido para la máquina trilladora de fréjol como se puede ver en la tabla 4.8 es accesible para los pequeños y medianos productores de fréjol del Norte del Ecuador.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El desarrollo del presente proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, es de gran aporte al desarrollo tecnológico del país específicamente en el sector industrial de tecnificación de un proceso eficaz de desvainado de fréjol.

- En base a los resultados obtenidos en las pruebas de campo se llega a la conclusión de que la máquina cumple con los requisitos expuestos por el sector agricultor, con un pequeño margen de error el cual no afecta a la capacidad de trabajo de la máquina.

- Al realizarse el estudio de campo se puede determinar las condiciones a las que estará sometida la máquina para su normal funcionamiento, la cual permitirá obtener facilidades para ingresar al mercado industrial, optimizando todos los recursos necesarios en la fase de diseño.

- Debido a la simplicidad de diseño, se facilita el proceso de construcción y montaje, obteniéndose la materia prima en su total disponibilidad en el mercado, lo cual permite acceder sin complicaciones al pequeño y mediano agricultor.

- La elaboración de este proyecto ayuda a la motivación emprendedora de los productores comerciantes y exportadores, ya que se pueden satisfacer las necesidades tecnológicas que estos requieren, abriendo camino a un desarrollo agroindustrial.

- La máquina desvainadora de fréjol por las características que presenta, le permite obtener una participación en el mercado nacional con alta competitividad frente a máquinas similares de procedencia extranjera.

- La fase de diseño y construcción permite determinar que tan factible es realizar el procedimiento propuesto, para un montaje sin complicaciones de los diferentes sistemas que constituyen la máquina, redireccionando el diseño de la máquina si se encuentran inconveniente.
- El desarrollo de este proyecto ayudó a sus integrantes reforzar los criterios de diseño y mejorar consideraciones de construcciones y montaje, etc, debido a la falta de experiencia en la parte práctica.
- En la elaboración de un proyecto es conveniente realizar una serie de ensayos y prácticas a los materiales a emplear, puesto que así se asegura que estos cumplan con las características y requerimientos del diseño.

5.2 RECOMENDACIONES

- La máquina debe ser factible de realizarse mantenimiento en todos sus sistemas empleados con el fin de alargar su vida útil.
- Para garantizar un buen funcionamiento de la máquina es importante disponer de los materiales específicos, puesto que de no ser así, puede causar problemas a corto o largo plazo en el funcionamiento de la misma.
- La máquina debe cumplir con todos los requerimiento de salubridad, puesta que está orientada a procesar alimentos aptos para el consumo humano.
- Debido a que la máquina utiliza energía eléctrica para su utilización o funcionamiento, es necesario instalarla en un lugar que tenga disponibilidad de esta fuente de energía.
- Es importante que la máquina cumpla con las especificaciones de acabado superficial y de tolerancias, para llevar a cabo un proceso de montaje eficaz.
- Se recomienda el recubrimiento de la máquina con pintura anticorrosiva debido a que siempre estará en con tacto con el medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

- BOHLER. Manual de Aceros.

- DIPAC. Catálogo de Perfiles Estructurales.

- CARLES RIBA. Diseño Concurrente.

- INEN; Código de Dibujo Técnico Mecánico; Quito, 1981.

- MAG, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Identificación de Mercados y tecnología para productos agrícolas tradicionales de exportación, Quito, 2001.

- POPE, E; Soluciones Prácticas para el Ingeniero Mecánico; Ed. McGraw-Hill, primera edición; México; 2000.

- MARKS; Manual de Ingeniería Mecánica; Tomo I y Tomo II; Ed. McGraw-Hill, México; 1990.

- SHIGLEY, J; Diseño en Ingeniería Mecánica; Ed. McGraw-Hill; cuarta edición; México; 1989.

- SHIGLEY, J; Diseño en Ingeniería Mecánica; Ed. McGraw-Hill; sexta edición; México; 2002.

- TIMOSHENKO-GEER; Resistencia de Materiales; Ed. McGraw-Hill, quinta edición; México; 1981.

- VARGAS, J; Guía de los Fundamentos de Dibujo Industrial; 2004.

ANEXO I: ENCUESTA PARA EL ESTUDIO DE MERCADO

MODELO DE ENCUESTA

INSTRUCCIONES:

Marque con una x la respuesta de su preferencia.

Se sugiere contestar con honestidad las preguntas formuladas.

Nombre:.....

1. ¿Cuenta usted con cultivos de fréjol?

Si

No

2. ¿Cómo denominaría usted su capacidad de producción de fréjol?

Pequeña

Mediana

Grande

3. ¿Cómo clasificaría usted la rentabilidad de la producción de sus cultivos de fréjol?

- Mala
- Buena
- Muy Buena
- Excelente

4. ¿Procesa usted sus propios cultivos de frejol?

Si

No

5. ¿Cómo comercializa usted el frejol?

- Grano
- Envainado Tierno
- Envainado Seco

6. ¿Está dispuesto a invertir en una máquina que mejore la producción de frejol y elimine desperdicios por daño del producto?

Si

No

7. ¿Qué tipo máquina usted adquiriría para mejorar la producción de fréjol?

- Desvainadora de Frejol
- Secadora de Fréjol
- Secadora y Trilladora de Fréjol

Otros _____

8. ¿Qué característica considera primordial en la máquina?

- Precio
- Capacidad
- Rapidez
- Fácil de Maniobrar

9. ¿Cuál es la capacidad mínima requerida de la máquina?

- 50 kg/hora
- 100kg/hora
- 200kg/hora

Otra capacidad _____

RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS

Los resultados de 25 encuestas se indican desde la figura A.1 hasta la figura A.9

Pregunta 1

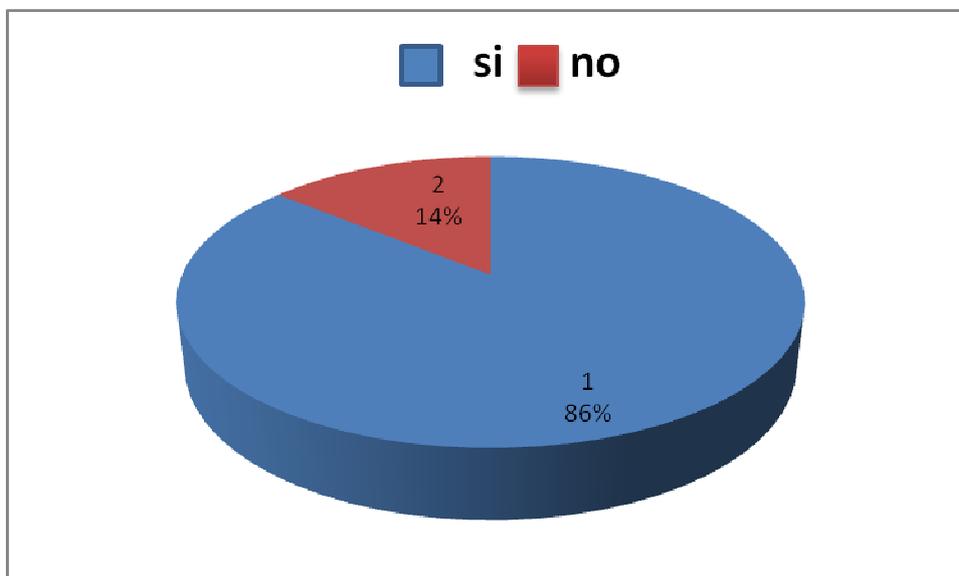


Figura A1: ¿Cuenta usted con cultivos de Frejol?

Fuente: Propia

Según la encuesta realizada el 86% de los pobladores del Valle del Chota cuentan con cultivos de frejol y un 14% de los encuestados se dedican a otras actividades o no cuentan con este tipo de cultivo, este indica que este sector de la provincia de Imbabura tiene gran participación en el cultivo del frejol.

Pregunta 2

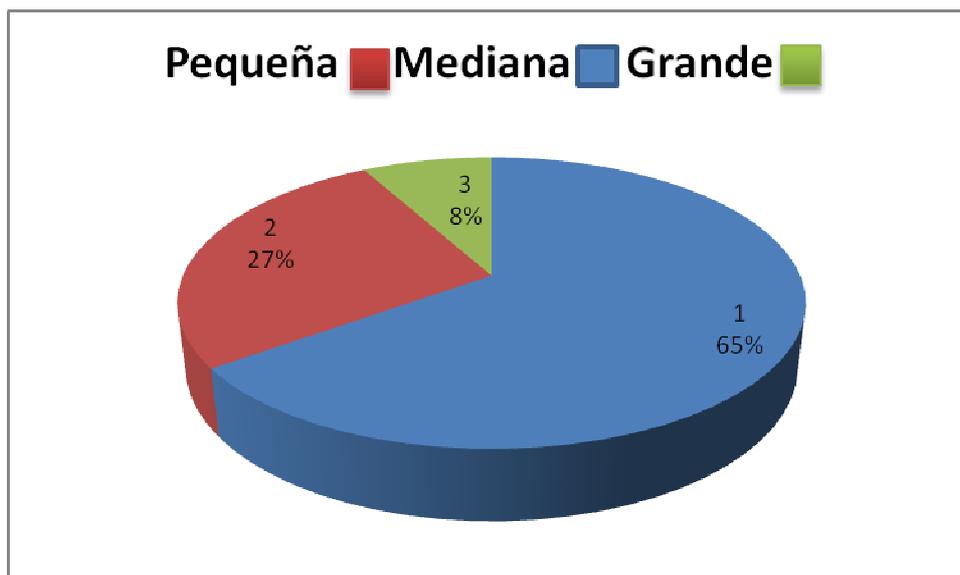


Figura A.2 ¿Cómo denominaría usted su capacidad de producción de fréjol?

Fuente: Propia

De la muestra obtenida de 30 personas indican un 65% contestaron que su capacidad de producción es mediana, debida a que la mayoría de productores no cuentan con los suficientes recursos para manejar una gran producción, lo que da como resultado una mediana rentabilidad en sus cosechas, el 27% respondieron que su producción es baja, y el 8% que su producción es grande, estos resultados muestran que el mediano y el pequeño productor son los que aceptarán la mayor producción de fréjol.

Pregunta 3

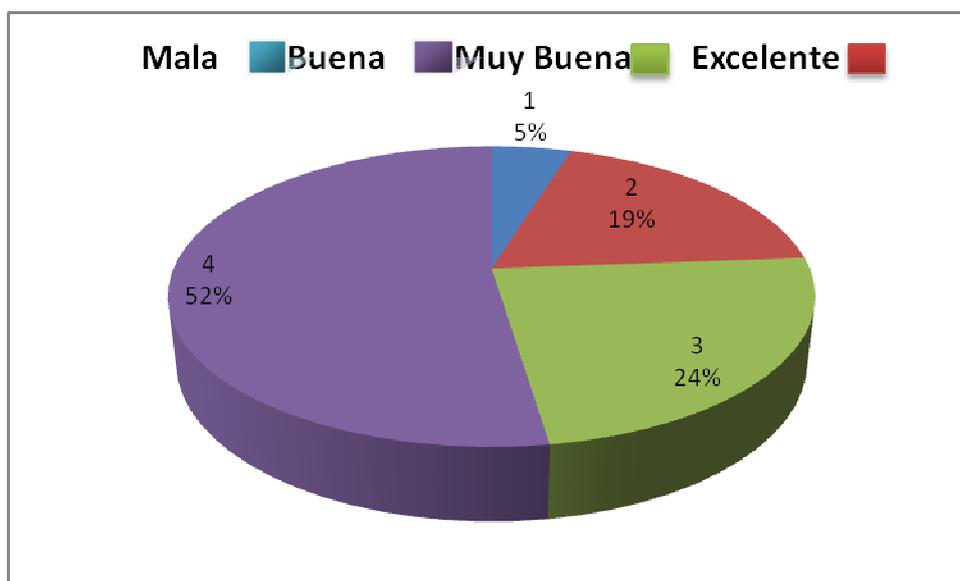


Figura A3 ¿Cómo clasificaría usted la rentabilidad de la producción de sus cultivos de fréjol?

Fuente: Propia

Esta pregunta da como resultado, que gran porcentaje considera que no están satisfaciendo sus objetivos de rentabilidad, esto se debe a la falta de información tecnológica y equipos que ayuden a mejorar sus cosechas.

Pregunta 4

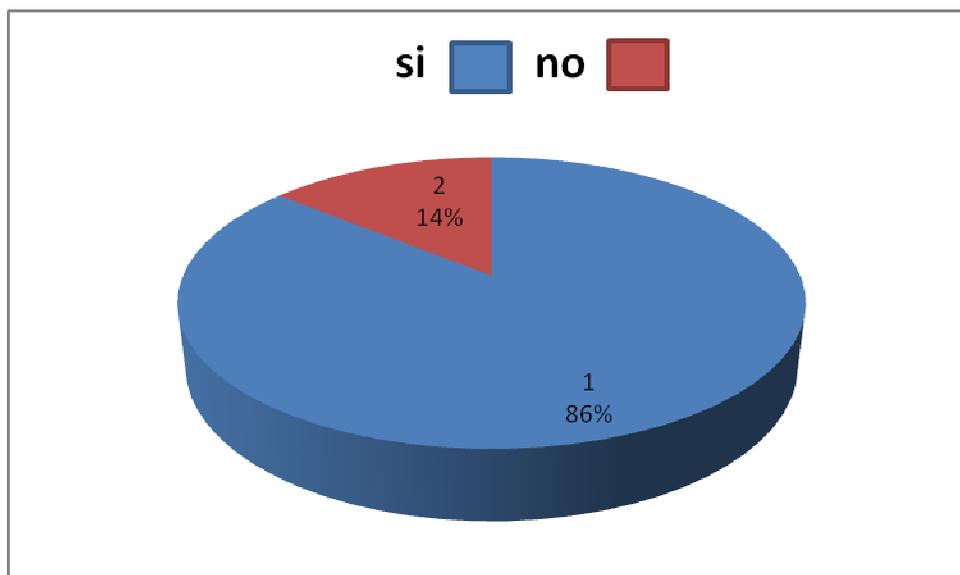


Figura A4 ¿Procesa usted sus propios cultivos de frejol?

Fuente: Propia

El resultado muestra que la mayoría de los productores procesan sus cultivos con un método no indicada y las pérdidas al procesar el producto son grandes. Con lo cual indican que no presentan algún tipo de procesamiento con maquinaria que disminuya dichas pérdidas y que mejore su rentabilidad, sin tener que vender su producto a intermediarios o comerciantes.

Pregunta 5

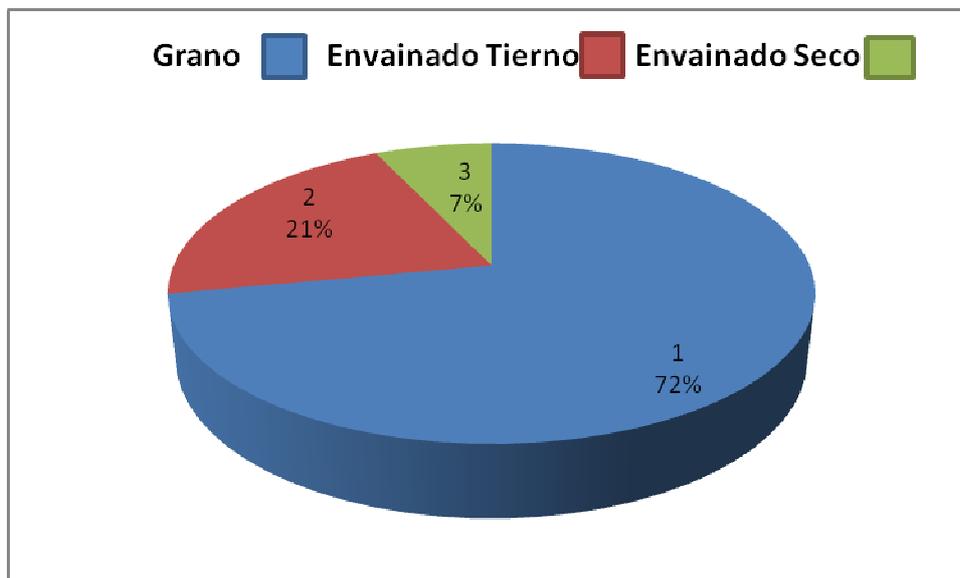


Figura A5 ¿Cómo comercializa usted el frejol?

Fuente: Propia

En base a la grafica que presenta los resultados de la pregunta, que el 72% comercializa el producto en grano, es decir un alto índice, por ende se requiere un mejor procesamiento del frejol para obtener mayor rentabilidad en la producción a un bajo costo para obtener mayor beneficio. Un 21% y 7% comercializa el producto en su estado normal, lo que indica que se necesita una maquinaria que procese al frejol.

Pregunta 6

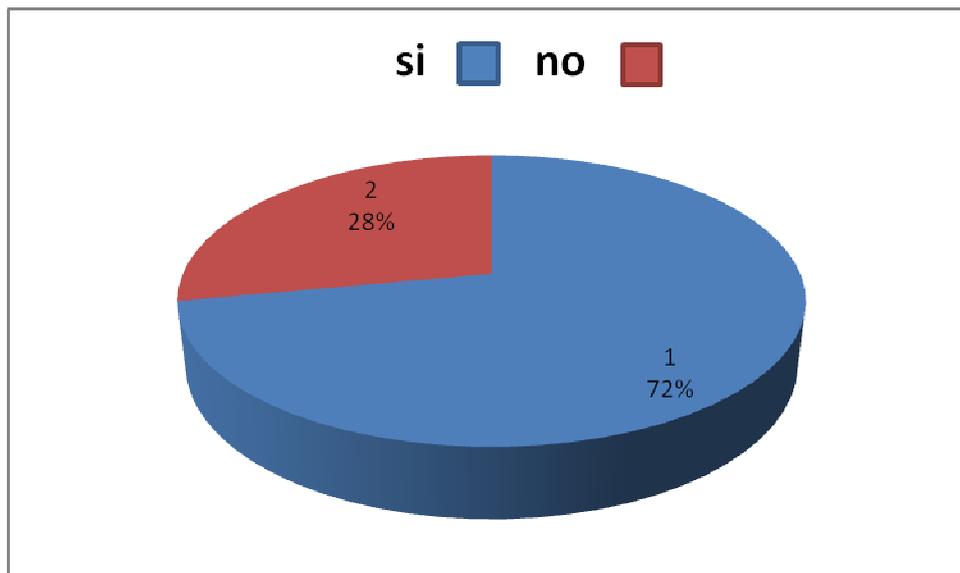


Figura A6: ¿Está dispuesto a invertir en una máquina que mejore la producción de frejol y elimine desperdicios por daño del producto?

Fuente: Propia

Un gran porcentaje indican que están dispuestos, a invertir en una máquina que facilite y ayude a obtener una mejora en el procesamiento del frejol.

Pregunta 7

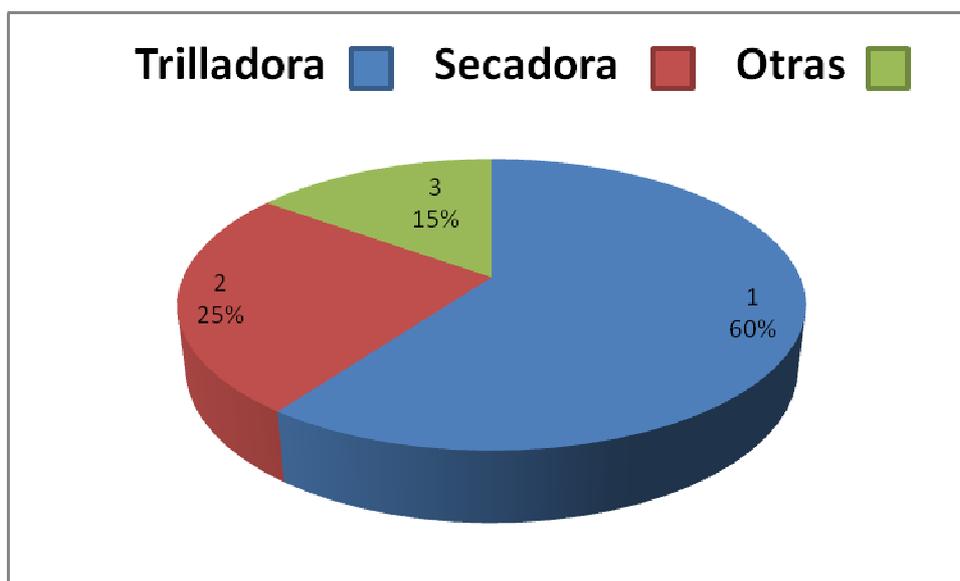


Figura A7 ¿Qué tipo máquina usted adquiriría para mejorar la producción de fréjol?

El gráfico ilustrativo indica que el 60% de los encuestados muestra preferencia por la máquina desvainadora.

Pregunta 8

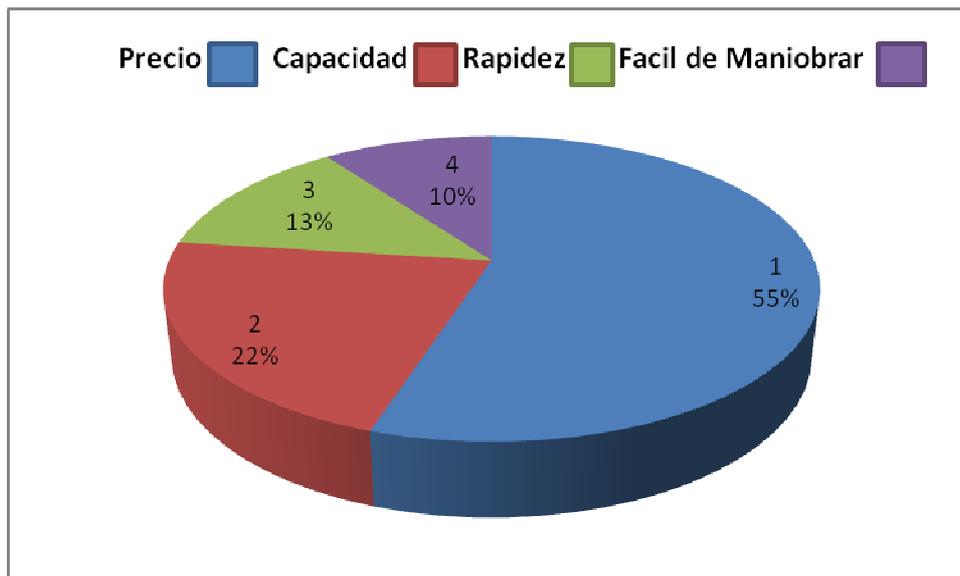


Figura A8 ¿Qué característica considera primordial en la máquina?

Fuente: Propia

Ya que la mayoría de los productores son medianos, como pequeños productores, el aspecto de mayor importancia es el precio, seguido de la capacidad de producción, rapidez, y fácil de maniobrar.

Pregunta 9

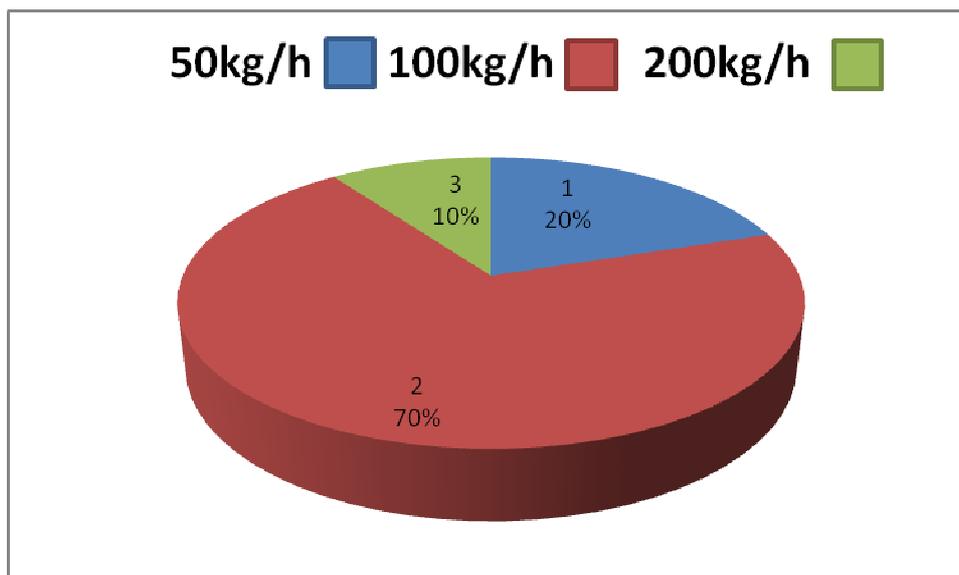


Figura A9 ¿Cuál es la capacidad mínima requerida de la máquina?

Fuente: Propia

Los encuestados respondieron, que la capacidad más adecuada de la máquina es de 100 kg por hora esto se debe, a que la parte más representativa de la producción son los pequeños y medianos productores.

ANEXO II SERIE DE IMPORTACIONES DE MÁQUINAS

SERIE HISTÓRICA DE IMPORTACIONES DE MÁQUINAS TRILLADORAS DE FRÉJOL

Esta tabla indica importaciones de equipos, podadoras de césped, secadoras de fréjol envainado trilladoras de fréjol, esterilizadoras de fruto y otras máquinas, en todo caso, de acuerdo a los permisos de importación conseguidas por el Banco Central del Ecuador en el periodo de 2005-2009 se tiene que la partida arancelaria anotada entrega una cifra de compra externa en promedio anual de aproximado 46 unidades, 16.4 toneladas correspondientes a un valor, FOB promedio de 378843 millones de dólares.

AÑO	UNIDADES	Kg	FOB	CIF
2005	37	97600	325152	368493
2006	15	49964	203205	221734
2007	19	36321	208691	227693
2008	122	165288	685777	759225
2009	38	94218	471388	506326

Fuente: BANCO CENTRAL DEL ECUADOR:

**ANEXO III VALORES DE LAS VARIABLES QUE CARACTERIZAN LOS
GRUPOS OBTENIDOS ALREDEDOR DEL RUBRO DEL FRÉJOL EN EL
ECUADOR**

Valores de las variables que caracterizan los grupos obtenidos alrededor del rubro fréjol en el Valle del Chota, Imbabura y Carchi, Ecuador, 2001.

Variables Evaluadas	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
Cantidad de semilla sembrada en kg/ha	86,5	90,4	106,2
Numero de controles fitosanitarios	2.9	2.3	3.4
Superficie total de la finca en ha	3.5	4.9	30.3
Superficie sembrada con fréjol en ha	2.3	2.4	5.0
Nitrógeno en kg/ha	13	17	25
Fósforo en kg/ha	26	30	29
Potasio en kg/ha	4	8	2
Edad de productores en años	37	54	38
Escolaridad de productores en años	8	5	7
Mano de obra contratada (No.)	103	94	229
Mano de obra familiar (No.)	61	71	134
Mano de obra total (No.)	164	164	363
Rendimiento de fréjol en kg/ha	1177	1211	1575
Producción total de fréjol en kg	2541	2909	7646
Costo total de la fertilización (\$)	19	24	23
Costo total de producción de fréjol (\$)	741	754	1934
Beneficio Bruto de fréjol (\$)	1398	1544	4309
Beneficio Neto de fréjol (\$)	657	793	2376

**ANEXO IV CARACTERÍSTICAS DEL SUELO DONDE SE PRODUCE EL
FRÉJOL**

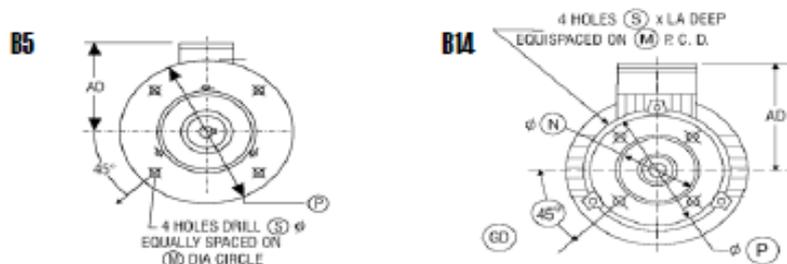
PROVINCIA: IMBABURA

CANTON: PIMAMPIRO e IBARRA

MUESTRAS: 6

pH	Ligeramente alcalinos a alcalinos. Valores entre 7.5 - 8.2
NH ₄	Contenidos medios a altos. Con valores entre 35.00 - 161.00 ppm
P	Contenidos altos. Valores entre 37.00 - 257.0 ppm
S	Contenidos medios y altos. Valores entre 12.00 - 70.00 ppm
K	Contenidos altos. Valores entre 0.47 - 1.20 meq/100ml
Ca	Contenidos altos. Valores entre 7.40 - 17.60 meq/100 ml
Mg	Contenidos altos. Valores entre 2.10 - 4.10 meq/100 ml
Zn	Contenidos bajos y algunos medios. Valores entre 1.10 - 3.30 ppm
Cu	Contenidos altos. Valores entre 6.70 - 11.90 ppm
Fe	Contenidos bajos. Valores entre 9.00 - 18.00 ppm
Mn	Contenidos variables de bajos a altos. Valores entre 3.70 - 15.10 ppm
B	Contenidos medios. Valores entre 1.40 - 1.70 ppm
Na	Contenidos bajos. Valores entre 0.06 - 0.75 meq/100ml
CE	Pimampiro con suelos muy salinos e Ibarra con suelos no salinos.
MO	Contenidos bajos. Valores entre 0.3 - 1.5 %

ANEXO V MOTOR



Motores Eléctricos Monofásicos

TIPO	MONOFASICOS
VOLTAJE	115 / 230
CERTIFICACIONES	CSA-NRTL - CanGDa & USA, CE - Europa VDE - Alemania y Europa, ISO 9001 por BVQI - UK

Código	HP	kW	Polos	RPM	Serie	Protección	Precio US\$
MOTO-101	0.33	0.25	2	3450	DP SF 1.35	IP23	\$86.24
MOTO-102	0.33	0.25	4	1726	DP SF 1.35	IP23	\$93.47
MOTO-103	0.50	0.37	2	3450	DP SF 1.25	IP23	\$90.34
MOTO-104	0.50	0.37	4	1725	TEFC SF 1.15	IP44	\$112.70
MOTO-105	0.75	0.56	4	1725	TEFC SF 1.15	IP44	\$130.43
MOTO-106	1.00	0.75	2	3450	DP SF 1.25	IP23	\$125.48
MOTO-107	1.00	0.75	4	1725	DP SF 1.15	IP23	\$128.20
MOTO-108	1.00	0.75	4	1725	TEFC SF 1.15	IP44	\$145.57
MOTO-109	1.50	1.12	2	3450	DP SF 1.15	IP33	\$133.24
MOTO-110	1.50	1.12	4	1725	TEFC SF 1.15	IP44	\$166.46

Motores Monofásicos

Código	Descripción	Precio US\$
Bases y Soportes		
MORE-110	BASE FLEXIBLE+BRIDAS MOTOR B56	-
MORE-101	SOPORTE/MOTOR B.RESILENTE PARA B56	\$7.47
MORE-102	SOPORTE/MOTOR B.RESILENTE PARA M. MONOFASICOS	\$7.32
Bridas		
MORE-112	JUEGO DE BRIDA NEMA C MOTOR DP	-
Cajas de Terminales		
MORE-111	CAJA DE TERMINALES MOTOR B56 1HP	\$4.83
MORE-114	PROTECCION TERMICA C/REPOS.AUTOM	\$17.79
MORE-115	PROTECCION TERMICA C/REPS. MANUA	\$27.87
Sellos		
MORE-103	SELLO DE ACEITE MOTORES B56 2POL	\$7.47
MORE-104	SELLO DE ACEITE MOTORES B56 4POL	\$7.47
Switches		
MORE-108	SWITCH CENTRIFUGO MOTOR B56 2POL	\$7.47
MORE-109	SWITCH CENTRIFUGO MOTOR B56 4POL	\$8.90
Tapas		
MORE-121	TAPA DE VENTILGDOR MOTOR B56	-
MORE-106	TAPA DEL EXTREMO MOTRIZ MOTOR B5	\$17.98
MORE-107	TAPA DEL EXTREMO NO MOTRIZ M. B5	\$17.98
Ventiladores		
MORE-105	VENTILGDOR PARA MOTORES TEFC B56	\$8.96

ANEXO VI: MATERIALES USADOS



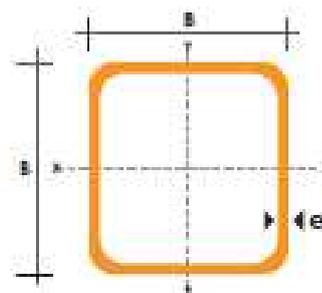
TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales

Norma	ASTM A-500
Recubrimiento	Negro o galvanizado
Largo normal	6 mts.
Otros largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 20mm a 100mm
Espesor	Desde 2,0mm a 5,0mm



DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A	ESPESOR	PESO	AREA	I	W	I
mm	mm	Kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,65	1,94
50	3,0	4,48	5,61	21,20	8,48	1,91
60	2,0	3,66	3,74	21,26	7,09	2,39
60	3,0	5,42	5,61	35,06	11,69	2,34
75	2,0	4,52	5,74	50,47	13,46	2,97
75	3,0	6,71	8,41	71,54	19,09	2,92
75	4,0	8,59	10,95	89,98	24,00	2,87
100	2,0	6,17	7,74	122,89	24,60	3,99
100	3,0	9,17	11,41	176,95	35,38	3,94
100	4,0	12,13	14,95	225,09	45,22	3,89
100	5,0	14,40	18,36	270,57	54,11	3,84





DIPAC[®]
PRODUCTOS DE ACERO



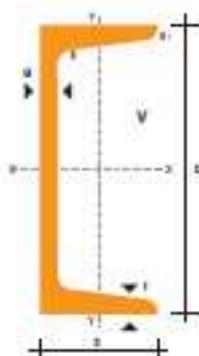
PERFILES LAMINADOS UPN

Especificaciones Generales

Calidad	ASTM A 36
Otras calidades	Previa Consulta
Largo normal	A 00 mts. Y 12,00 mts.
Otros largos	Previa Consulta
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa Consulta



DENOMINACION	DIMENSIONES						TIPOS					
	h	s	g	t	R	R1	SECCION	PESOS	Ix	Iy	Wx	Wy
	mm	mm	mm	mm	mm	cm4	cm2	kg/mt	cm4	cm4	cm3	cm3
UPN 50	50	38	5.00	7.00	7.00	3.50	7.12	5.59	26.40	9.12	10.60	3.75
UPN 65	65	42	5.50	7.50	7.50	4.00	9.03	7.09	57.50	14.10	17.70	5.07
UPN 80	80	45	6.00	8.00	8.00	4.00	1.10	8.64	106.00	19.40	25.50	6.36
UPN 100	100	50	6.00	8.50	8.50	4.50	13.50	10.60	206.00	29.30	41.20	8.49
UPN 120	120	55	7.00	9.00	9.00	4.50	17.00	13.40	364.00	43.20	60.70	11.10
UPN 140	140	60	7.00	10.00	10.00	5.00	20.40	16.00	605.00	62.70	86.40	14.80
UPN 160	160	65	7.50	10.50	10.50	5.50	24.00	19.80	905.00	85.30	116.00	18.30
UPN 180	180	70	8.00	11.00	11.00	5.50	28.00	22.00	1350.00	114.00	150.00	22.40
UPN 200	200	75	8.50	11.50	11.50	6.00	32.20	25.30	1910.00	148.00	191.00	27.00
UPN 220	220	80	9.00	12.50	12.50	6.50	37.40	29.40	2690.00	197.00	245.00	33.60
UPN 240	240	85	9.50	13.00	13.00	6.50	42.30	33.20	3600.00	248.00	300.00	39.60
UPN 260	260	90	10.00	14.00	14.00	7.00	48.30	37.90	4820.00	317.00	371.00	47.70
UPN 300	300	100	10.00	16.00	16.00	8.00	58.80	46.20	8030.00	495.00	535.00	67.80





Continuación del cuadro anterior

DIMENSIONES			PESOS		SECCION	EJE X-X		EJE Y-Y		EJE U-U	EJE V-V
A	B	e	6 metros	1 metro		I	W	I	X=Y	I	I
mm	mm	mm	Kg	Kg	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm	cm
100	100	5	45.18	7.53	9.59	95.50	13.10	3.16	2.73	4.01	1.95
100	100	6	54.72	9.12	11.40	112.50	15.58	3.14	2.78	4.00	1.92
100	100	8	71.76	11.96	14.95	144.63	20.29	3.11	2.87	3.97	1.89
100	100	10	88.14	14.69	18.36	173.85	24.73	3.08	2.97	3.94	1.83
100	100	12	105.12	17.52	21.63	201.12	28.98	3.05	3.06	3.92	1.82
100	100	14	120.42	20.07	24.78	225.60	32.98	3.02	3.16	3.89	1.75
125	125	5	56.94	9.49	12.10	190.00	20.80	3.96	3.35	5.03	2.46
125	125	6	69.12	11.52	14.40	224.55	24.67	3.95	3.40	5.02	2.44
125	125	8	90.96	15.16	18.95	290.90	32.29	3.92	3.49	4.99	2.47
125	125	10	112.14	18.69	23.36	353.10	39.63	3.89	3.59	4.96	2.35
125	125	12	134.28	22.36	27.63	411.29	46.63	3.86	3.68	4.94	2.32
125	125	14	154.44	25.74	31.78	465.43	53.38	3.83	3.78	4.91	2.27
150	150	6	83.52	13.92	17.40	393.59	35.88	4.75	4.03	6.04	2.94
150	150	8	110.16	18.36	22.95	512.45	47.10	4.72	4.12	6.01	2.92
150	150	10	136.14	22.69	28.36	625.31	57.95	4.69	4.21	5.98	2.87
150	150	12	163.14	27.24	33.60	732.00	68.50	4.67	4.31	5.96	2.84
150	150	14	183.60	30.60	37.78	833.33	78.62	4.64	4.40	5.93	2.79
175	175	6	99.18	16.53	20.41	631.44	49.14	5.56	4.65	7.06	3.45
175	175	8	131.22	21.87	26.90	825.00	64.70	5.53	4.74	7.03	3.43
175	175	10	160.20	26.70	33.40	1010.00	79.80	5.50	4.84	7.01	3.39
175	175	12	192.54	32.09	39.60	1190.00	94.50	5.47	4.93	6.98	3.35
175	175	14	222.24	37.04	45.80	1360.00	109.00	5.44	5.03	6.95	3.35
200	200	6	112.32	18.72	23.40	949.53	64.50	6.37	5.28	8.08	3.95
200	200	8	148.56	24.76	30.95	1243.96	85.02	6.34	5.37	8.05	3.32
200	200	10	184.14	30.69	38.36	1527.52	105.05	6.31	5.46	8.02	3.39
200	200	12	221.14	36.94	45.60	1800.00	125.00	6.28	5.55	8.00	3.36
200	200	14	256.26	42.71	52.80	2060.00	144.00	6.25	5.65	7.97	3.42
250	250	6	141.12	23.52	29.40	1874.06	101.46	7.98	6.53	10.12	4.97
250	250	8	186.96	31.16	38.95	2464.09	134.06	7.95	6.62	10.09	4.34
250	250	10	232.14	38.69	48.36	3037.01	166.04	7.92	6.71	10.06	4.37
250	250	12	280.08	46.68	57.63	3593.42	197.44	7.90	6.80	10.04	4.38
250	250	14	324.54	54.09	66.78	4132.57	228.32	7.87	6.90	10.01	4.32

También en galvanizado e inoxidable - Medidas Especiales Bajo Pedido.



PLANCHAS GALVANIZADAS

Especificaciones Generales

Acero base	Calidad Comercial o según tabla de Laminado al Frío
Norma	ASTM A 653 (Norma de recubrimiento)
Espesores	0,30 a 2,90
Roles	X 1219 y Roles
Planchas	4 X 8 y medidas especiales
Rol	Regular Mínima Zero



RECUBRIMIENTO	(TOTAL AMBAS CARAS)		
	TIPO	oz / pie ²	gr / m ²
	G-40	40	120
	G-60	60	180
	G-90	90	270

PRODUCTO / APLICACIÓN	COMERCIAL CONSTRUCCION Y EDIFICIOS	INDUSTRIAL	LINEA BLANCA	AUTOMOTRIZ
Lámina Galvanizada	Techos y paredes, perflería y tubería en general, polines, soportes de cielo falso, ductos de aire, silos para almacenar granos, accesorios para construcción, cortinas metálicas, señalizaciones de carretera, estructuras, techos y soportes de establecimientos.	Aire acondicionado, ventiladores de techo y ventana, tapas, extractores de humo, casas móviles, ductos, bisagras, recipientes, cajas eléctricas, pizarrones electrónicos, motores, láminas, etc.	Respaldo de refrigeradores, estufas y lavadoras, soportes, bases, uniones, esquineros y accesorios de fijación y otras partes no expuestas.	Moflers, uniones, soportes, pisos, carter, guantera, portaestéreos, cinchos y otras partes no expuestas, etc.

ELECTRODO CELULÓSICO

C - 13

Norma:	AWS	E 6011
---------------	-----	--------

Color de Revestimiento: Blanco	Identificación: Punta Azul
--------------------------------	----------------------------

Análisis del Metal Depositado:

C	0.08-0.12%	Mn	0.4-0.6%	Si	0.25%
---	------------	----	----------	----	-------

*Valores típicos

Características:

Electrodo del tipo celulósico, para soldaduras de penetración. El arco es muy estable, potente y el material depositado de solidificación rápida, fácil aplicación con corriente continua y alterna. Los depósitos son de alta calidad en cualquier posición.

Aprobación:**AMERICAN BUREAU OF SHIPPING****Propiedades****Mecánicas:**

Resistencia a la Tracción	Elongación	Resistencia al Impacto
48-51 kg / mm ²	24-26%	CHARPY - V
68.000		Joules
a		55 - 75
72.000 lbs./pulg ²		(-29°C)

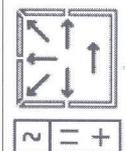
*Valores típicos

Posiciones de Soldar:

Plana, horizontal, sobrecabeza, vertical ascendente, vertical descendente

Corriente y polaridad:

Para corriente alterna o continua		
Electrodo al polo positivo		
ø mm	ø Pulg.	Amperaje
2.50	3/32	70- 90
3.20	1/8	90-120
4.00	5/32	120-150
5.00	3/16	150-180

**Aplicaciones:**

- Soldadura para aceros no templables (aceros dulces).
- Carpintería metálica.
- Estructuras y bastidores para máquinas.
- Chapas gruesas y delgadas

LARGO: 350 mm.**PESO POR CAJA:** 20 kg./44 lbs.



BÖHLER E 920 TRANSMISIÓN

Tipo de aleación: C 0.18 Si 0.25 Mn 0.70 %

Color de Identificación: Naranja
Estado de suministro: Trefilado h 11

Equivalencia	AISI: 1018
	DIN: —
	No. Mat. —

PROPIEDADES:

Acero para cementación no aleado para piezas pequeñas exigidas principalmente al desgaste, donde la tenacidad del núcleo no sea importante. Buena soldabilidad.

EMPLEO:

Para la construcción de levas uniones, bujes, pines, pivotes, partes prensadas o troqueladas, pernos grado 2, ejes de transmisión con baja exigencia la torque.

TRATAMIENTO TÉRMICO:

Forjado:	1050 – 850 °C
Recocido:	650 – 700 °C
enfriamiento lento en el horno	
Normalizado:	890 – 920 °C
Cementación:	880 – 950 °C
Temple:	770 – 800 °C
enfriamiento en: agua.	
Dureza obtenible:	
En el núcleo	20 – 25 HRC
En la capa cementada	55 – 58 HRC
Revenido:	150 – 200 °C

PROPIEDADES MECÁNICAS EN ESTADO RECOCIDO

Dureza Brinell HB	Límite de fluencia N/mm ²	Resistencia a la tracción N/mm ²	Elongación (L _{5d}) %		Resistencia al Cizallamiento DVM Joule			Resistencia a la tracción en estado templado N/mm ²
			Long.	Transv.	Long.	Tang.	Transv.	
143 máx.	235	410 - 520	20	19	48	31	24	480 - 620

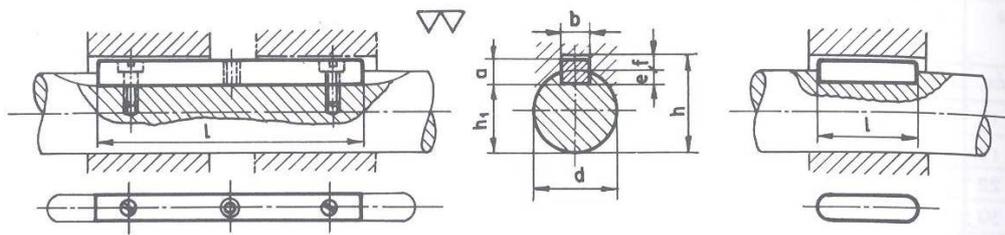
SOLDADURA DE UNIÓN O REPARACIÓN

Electrodo recomendado: UTP 7018
Sin precalentamiento y enfriamiento lento después de soldar.

Tornillos		TORNILLOS AVELLANADOS (PRISIONERO) (Negros o corrientes)						TABLA 10.2 . 13
Para M 6 a M 16, $\alpha = 90^\circ$; para M 20 y M 24, $\alpha = 60^\circ$								(Concuerda en parte con DIN 604)
ROSCA METRICA								
	d	M 6	M 8	M 10	M 12	M 16	M 20	M 24
l	mínimo	20	20	20	25	30	50	60
	máximo	100	150	> 150				
a	mínimo	18	22	26	30	38	46	54
	máximo	24	28	32	36	44	52	60 →
b	≈	10,9	14,2	18,7	20,9	26,2	33	39,6
e		4	5	5,5	7	9	11,5	13
f		5	6,5	8	10	13	16	19
h		2,5	3	3,2	3,6	4,2	5,4	6,6
i (mín.)		2,8	3,5	4,2	5,7	7,5	5,7	6,7
r		5	6	8	10	15	18	20
D		12	16	19	24	32	32	38

Tornillos y arandelas			ARANDELAS PLANAS						TABLA 15 . 13	
Arandela			Para tornillo		Arandela			Para tornillo		
d ₁	d ₂	e	Métrico	Whitworth	d ₁	d ₂	e	Métrico	Whitworth	
2,2	5,5	0,5	2		43	78	7	42	1 5/8"	
2,8	7	0,5	2,6		46	85	7	45	1 3/4"	
3,2	7	0,5	3		50	92	8	48		
4,3	9	0,8	4		54	98	8	52	2"	
5,3	11	1	5		58	105	9	56		
6,4	12	1,5	6		60	110	9	58	2 1/4"	
8,4	17	2	8		66	115	9	64	2 1/2"	
10,5	21	2,5	10		74	125	10	72	2 3/4"	
13	24	3	12		78	135	10	76	3"	
13,8	24	3		1/2"	82	140	12	80		
17	30	3	16	5/8"	93	160	12	90	3 1/2"	
21	36	4	20	3/4"	104	175	14	100	4"	
23	40	4	22	7/8"	114	185	14	110		
25	44	4	24		119	200	14	115	4 1/2"	
27	50	5	26	1"	124	210	16	120		
31	56	5	30	1 1/8"	129	220	16	125	5"	
33	60	5	32	1 1/4"	134	220	16	130		
36	68	6	35	1 3/8"	144	240	18	140	5 1/2"	
37	68	6	36		155	250	18	150	6"	
40	72	6	39	1 1/2"	(Concuerta con la norma DIN 127)					

Pasadores y chavetas **Chavetas paralelas (lengüetas)** TABLA 21 . 13



Chaveta paralela de deslizamiento

Concuerda con la norma DIN 269

Chaveta paralela de ajuste

Diámetro del eje d		Chaveta		Chavetero				Diámetro del eje d		Chaveta		Chavetero			
Mín.	Máx.	a	b	Eje		Cubo		Mín.	Máx.	a	b	Eje		Cubo	
				e	h ₁	f	h					e	h ₁	f	h
8	10	3	3	1,8	e - p = e h ₁ = h	1,3	f + p = h h = h	92	110	16	28	8	e - p = h ₁ h = h	8,3	f + p = h h = h
10	12	4	4	2,5		1,7		110	130	18	32	9		9,3	
12	17	5	5	3		2,2		130	150	20	36	10		10,3	
17	22	6	6	3,5		2,7		150	170	22	40	11		11,3	
22	30	7	8	4		3,2		170	200	25	45	13		12,3	
30	38	8	10	4,5		3,7		200	230	28	50	14		14,3	
38	44	8	12	4,5		3,7		230	260	30	55	15		15,3	
44	50	9	14	5		4,2		260	290	32	60	16		16,4	
50	58	10	16	5		5,2		290	330	36	70	18		18,4	
58	68	11	18	6		5,3		330	380	40	80	20		20,4	
68	78	12	20	6	6,3	380	440	45	90	23	22,4				
78	92	14	24	7	7,3	440	500	50	100	25	25,4				

Ajuste ISO para agujero único							DIN 7154 (Agosto 66)			
Números azules = Diferencias nominales en el lado pasa			Diferencias nominales en μm ($1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$)							
Números rojos = Diferencias nominales en el lado no pasa			Campo de medidas nominales							
	Serie según DIN 7157 ¹⁾ (enero 66)	ISO Símbolo	> 1...3 mm		> 3...6 mm		> 6...10 mm		> 10...18 mm	
			Diferencia super.	Diferencia infer.	Diferencia super.	Diferencia infer.	Diferencia super.	Diferencia infer.	Diferencia super.	Diferencia infer.
Medidas inter. (agujeros)		H 6	+ 6	0	+ 8	0	+ 9	0	+ 11	0
Medidas exteriores (ejes)		n 5	+ 8	+ 4	+ 13	+ 8	+ 16	+ 10	+ 20	+ 12
	2	k 6	+ 6	0	+ 9	+ 1	+ 10	+ 1	+ 12	+ 1
	2	j 6	+ 4	- 2	+ 6	- 2	+ 7	- 2	+ 8	- 3
Medidas inter. (agujeros)		h 5	0	- 4	0	- 5	0	- 6	0	- 8
	2	s 6	+ 20	+ 14	+ 27	+ 19	+ 32	+ 23	+ 39	+ 28
	1	r 6	+ 16	+ 10	+ 23	+ 15	+ 28	+ 19	+ 34	+ 23
Medidas exteriores (ejes)	1	n 6	+ 10	+ 4	+ 16	+ 8	+ 19	+ 10	+ 23	+ 12
	2	m 6	+ 8	+ 2	+ 12	+ 4	+ 15	+ 6	+ 18	+ 7
	2	k 6	+ 6	0	+ 9	+ 1	+ 10	+ 1	+ 12	+ 1
	2	j 6	+ 4	- 2	+ 6	- 2	+ 7	- 2	+ 8	- 3
	1	h 6	0	- 6	0	- 8	0	- 9	0	- 11
	2	g 6	- 2	- 8	- 4	- 12	- 5	- 14	- 6	- 17
	1	f 7	- 6	- 16	- 10	- 22	- 13	- 28	- 16	- 34
Medidas inter. (agujeros)	1	H 8	+ 14	0	+ 18	0	+ 22	0	+ 27	0
Medidas exteriores (ejes)	1	x 8, u 8²⁾	+ 34	+ 20	+ 46	+ 28	+ 56	+ 34	...14: ...18:	+ 67 + 40 + 72 + 45
	1	h 9	0	- 25	0	- 30	0	- 36	0	- 43
	1	f 7	- 6	- 16	- 10	- 22	- 13	- 28	- 16	- 34
	2	e 8	- 14	- 28	- 20	- 38	- 25	- 47	- 32	- 59
	2	d 9	- 20	- 45	- 30	- 60	- 40	- 76	- 50	- 93
Medidas inter. (agujeros)	2	H 11	+ 60	0	+ 75	0	+ 90	0	+ 110	0
Medidas exteriores (ejes)	1	h 9	0	- 25	0	- 30	0	- 36	0	- 43
	2	h 11	0	- 60	0	- 75	0	- 90	0	- 110
	2	d 9	- 20	- 45	- 30	- 60	- 40	- 76	- 50	- 93
	2	c 11	- 60	- 120	- 70	- 145	- 80	- 170	- 95	- 205
	2	a 11	- 270	- 330	- 270	- 345	- 280	- 370	- 290	- 400

¹⁾ Esta relación de ajustes tiene por objeto reducir a un mínimo el número de herramientas, aparatos de sujeción e instrumentos de medida.

Estos ajustes son los que deben usarse con preferencia. La serie 1 es la serie fundamental. La serie 2 es un complemento de la serie 1. El campo de tolerancia H 11 puede cumplirse sin mecanizado ulterior con las brocas espirales corrientes. Los ajustes de aprieto y de paso se han tomado en lo esencial del sistema agujero único, y los de juego del sistema eje único. Para los ejes se prevén, sin embargo, también los campos de tolerancia g6, f7, e8, d9, c11 y a11, que dan ajustes de juego con los agujeros H.

Estos campos de tolerancia son empleados en aquellos talleres que prefieren el sistema agujero único o en aquellos en que no se hacen patentes las ventajas del sistema eje único por tenerse que desmontar con frecuencia.

²⁾ Hasta medida nominal 24 mm: x 8 por encima de 24 mm: u 8

AJUSTES ISO para agujero único *h5* DIN 7154
(Agost. 66)

Diferencias nominales en μm ($1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$)

Campo de medidas nominales

> 18 ... 30 mm		> 30 ... 50 mm		> 50 ... 80 mm		> 80 ... 120 mm		> 120 ... 180 mm		> 180 ... 250 mm	
Diferencia super. infer.		Diferencia super. infer.		Diferencia super. infer.		Diferencia super. infer.		Diferencia super. infer.		Diferencia super. infer.	
+13	0	+16	0	+19	0	+22	0	+25	0	+29	0
+24	+15	+28	+17	+33	+20	+38	+23	+45	+27	+51	+31
+15	+2	+18	+2	+21	+2	+25	+3	+28	+3	+33	+4
+9	-4	+11	-5	+12	-7	+13	-9	+14	-11	+16	-13
0	-9	0	-11	0	-13	0	-15	0	-18	0	-20
+21	0	+25	0	+30	0	+35	0	+40	0	+46	0
+48	+35	+59	+43	...65: +72 +53 ...80: +78 +59	...100: +93 +71 ...120: +101 +79	...140: +117 +92 ...160: +125 +100 ...180: +133 +108	...200: +151 +122 ...225: +159 +130 ...250: +169 +140				
+41	+28	+50	+34	...65: +60 +41 ...80: +62 +43	...100: +73 +51 ...120: +76 +54	...140: +88 +63 ...160: +90 +65 ...180: +93 +68	...200: +106 +77 ...225: +109 +80 ...250: +113 +84				
+28	+15	+33	+17	+39	+20	+45	+23	+52	+27	+60	+31
+21	+8	+25	+9	+30	+11	+35	+13	+40	+15	+46	+17
+15	+2	+18	+2	+21	+2	+25	+3	+28	+3	+33	+4
+9	-4	+11	-5	+12	-7	+13	-9	+14	-11	+16	-13
0	-13	0	-16	0	-19	0	-22	0	-25	0	-29
-7	-20	-9	-25	-10	-29	-12	-34	-14	-39	-15	-44
-20	-41	-25	-50	-30	-60	-36	-71	-43	-83	-50	-96
+33	0	+39	0	+46	0	+54	0	+63	0	+72	0
...24: +87 +54 ...30: +81 +48	...40: +99 +60 ...50: +109 +70	...65: +133 +87 ...80: +148 +102	...100: +178 +124 ...120: +198 +144	...140: +233 +170 ...160: +253 +190 ...180: +273 +210	...200: +308 +236 ...225: +330 +258 ...250: +356 +284						
0	-52	0	-62	0	-74	0	-87	0	-100	0	-115
-20	-41	-25	-50	-30	-60	-36	-71	-43	-83	-50	-96
-40	-73	-50	-89	-60	-106	-72	-126	-85	-148	-100	-172
-65	-117	-80	-142	-100	-174	-120	-207	-145	-245	-170	-285
+130	0	+160	0	+190	0	+220	0	+250	0	+290	0
0	-52	0	-62	0	-74	0	-87	0	-100	0	-115
0	-130	0	-160	0	-190	0	-220	0	-250	0	-290
65	-117	-80	-142	-100	-174	-120	-207	-145	-245	-170	-285
110	-240	...40: -120 -280 ...50: -130 -290	...65: -140 -330 ...80: -150 -340	...100: -170 -390 ...120: -180 -400	...140: -200 -450 ...160: -210 -460 ...180: -220 -470	...200: -240 -530 ...225: -260 -550 ...250: -280 -570					
-300	-430	...40: -310 -470 ...50: -320 -480	...65: -340 -530 ...80: -360 -550	...100: -380 -600 ...120: -410 -630	...140: -460 -710 ...160: -520 -770	...200: -660 -950 ...225: -740 -1030 ...250: -820 -1110					

SELECCION DE AJUSTES (agujero único)

De la serie: $\frac{1}{2}$ 1 1 $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ 1 $\frac{1}{2}$ 1

H7

s6 r6 n6 k6 j6 h6 g6 f7

H8

js9 hs9 fs9 es9 ds9

H11

hs9 hs11 ds9 cs11 as11

Posición y magnitud de tolerancias de ajuste representadas p. medida nominal 60 mm

Toler. ajuste = Fluctuación del juego o del aprieto entre las piezas que se acoplan

Longitudes de rosca, extremos atornillados, profundidades agujeros roscados

Rosca	Longitud de rosca <i>b</i>		Extremo atornillado <i>l</i> para				Profundidad. aguj. roscado <i>t</i> para			
	Salientes de tornillo		Acero Bronce	Fundic. gris	Metal blando	Alu- minio	Acero Bronce	Fundic. gris	Metal blando	Alu- minio
	DIN 78 (ago. 53)		DIN 938 (Marz. 53)	DIN 939 (Nov. 53)	DIN 940 (Dic. 55)	DIN 835 (Marz. 53)	DIN 938 (Marz. 53)	DIN 939 (Nov. 53)	DIN 940 (Febr. 54)	DIN 835 (Marz. 53)
<i>d</i>	<i>b</i>	<i>v</i> ₁	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>t</i>	<i>t</i>	<i>t</i>	<i>t</i>
M 3	9	3,2	3	4	8	6	6	7		9
M 4	10	4,2	4	5	10	8	7,5	8		12
M 5	12	5,2	5	6,5	13	10	9	10	16	15
M 6	15	6,5	6	7,5	15	12	10,5	12	19	18
M 8	18	8,5	8	10	20	16	13	15	25	24
M 10	20	10	10	12	25	20	15	19	32	28
M 12	22	12	12	15	32	24	18	25	40	32
M 14	25	14	14	18	35	28	20	28	42	38
M 16	28	16	16	20	40	32	22	30	50	40
M 18	30	19	18	22	45	36	27	32	55	45
M 20	32	20	20	25	50	40	28	35	60	50
M 22	35	21	22	28	55	44	30	38	65	54
M 24	38	22,5	24	30	60	48	32	42	70	58
M 27	40	24,5	25	35	65	55	33	45	75	65
M 30	45	27	30	38	75	60	38	50	88	70
M 33	50	30	32	42	80	65	40	55	92	75
M 36	55	34	35	45	90	70	45	60	105	82
M 39	60	36	38	50	95	78	50	65	110	92
M 42	65	39	42	52	105	85	52	70	120	100

Tornillos hexagonales — Espárragos DIN 962

Designaciones — Formas y ejecuciones con datos adicionales para pedidos (Mar. 53)

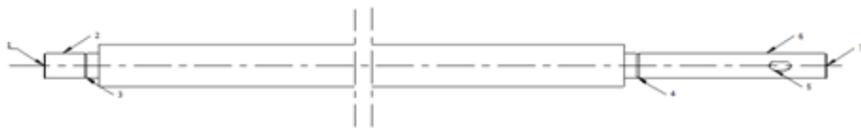
Para torn. hexag. según DIN 931, 933, 960 y 961 y p. espárragos DIN 833 a 836, 938 y 939

Forma	Figura	Ejemplos de designación
B ∅ vástago = ∅ flancos		Tornillo hexagonal M 12 × 50 DIN 931 m 4,6
K extremo cónico		Tornillo hexagonal M 12 × 60K DIN 931 — 4,6
L extremo abombado		Tornillo hexagonal M 12 × 60 L DIN 931 — 4,6
S agujero para pasador		Espárrago M 12 × 60 S DIN 835 — 4,6
SK aguj. de seguridad en la cabeza		Tornillo hexagonal M 12 × 60 SK DIN 931 — 4,6
Sz con ranura		Tornillo hexagonal M 12 × 60 Sz DIN 931 — 4,6
To sin saliente de plato		Tornillo hexagonal M 12 × 60 To DIN 931 — 4,6

Designación de un tornillo hexagonal con rosca *d* = M 12 de lon. *l* = 50 mm, ∅ vástago = ∅ rosca, con extr. cón. o abombado } a elección del fabricante característ. de resistencia 4,6 (según DIN 267)

Tornillo hexagonal
M 12 × 60 DIN 931-4,6

ANEXO VII: HOJAS DE PROCESO

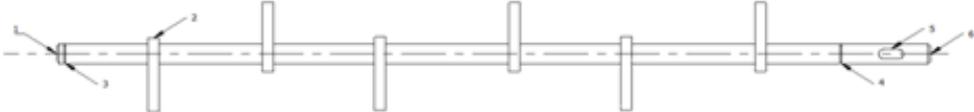
HOJA DE PROCESOS			EJE MOTRIZ 2		
Nombre de la unidad: TRILLADORA DE REJOL			TIEMPO DE DURACIÓN: 125 min		
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones en Bruto	Observaciones
	1	Eje Motriz 1	Acero AISI 1018	Ø50 X 820	Ninguna
					
Superficie	Operación	Velocidades (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1, 7	Trazado				5
1, 7	Medir y Cortar				15
1, 7	Puesta Punto, Refrentar, Hacer Centros				10
2, 6	Cilindrar	220		10 mm	65
3, 4	Cilindrar	220		2 mm	10
1, 8	Chaflanar	220			15
5	Trazado				
5	Fresado Para Lengüeta	480		3 mm	15

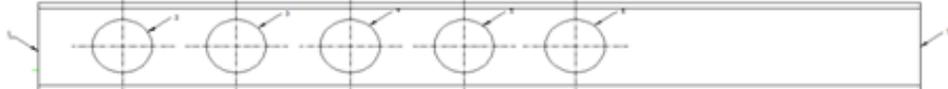
HOJA DE PROCESOS			EJE MOTRIZ 2		
Nombre de la unidad: TRILLADORA DE REJOL			TIEMPO DE DURACIÓN: 123 min		
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones en Bruto	Observaciones
	1	Eje Motriz 1	Acero AISI 1018	Ø50 X 820	Ninguna
Superficie	Operación	Velocidades (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1, 7	Trazado				5
1, 7	Medir y Cortar				15
1, 7	Puesta Punto, Refrentar, Hacer Centros				10
2, 6	Cilindrar	220		10 mm	65
3, 4	Cilindrar	220		2 mm	10
1, 8	Chaflanar	220			15
5	Trazado				
5	Fresado Para Lengüeta	480		3 mm	15

HOJA DE PROCESOS			EJE RODILLO 3		
Nombre de la unidad: TOSTADORA DE MAÍZ			TIEMPO DE DURACIÓN: 120 min		
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones en Bruto	Observaciones
	1	Eje Motriz 3	Acero SAE 1018	Ø50 X 785	Ninguna
Superficie	Operación	Velocidades (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1, 8	Trazado				5
1, 8	Medir y Cortar				15
1, 8	Puesta Punto, Refrentar, Hacer Centros				10
2, 7	Cilindrar	220		10 mm	45
3, 4	Cilindrar	220		2 mm	10
1, 8	Chaflanar	220			15
5, 6	Trazado				
5, 6	Fresado Para Lengüeta	480		3 mm	20

HOJA DE PROCESOS			EJE MOTRIZ 4		
Nombre de la unidad: TRILLADORA DE FREJOL			TIEMPO DE DURACIÓN: 110 min		
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones en Bruto	Observaciones
	1	Eje Motriz 4	Acero AISI 1018	Ø50 x 758	Ninguna
Superficie	Operación	Velocidades (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1, 7	Trazado				5
1, 7	Medir y Cortar				15
1, 7	Puesta Punto, Refrentar, Hacer Centros				10
2, 6	Cilindrar	220		10 mm	40
3, 4	Cilindrar	220		2 mm	10
1, 8	Chaflanar	220			15
5	Trazado				
5	Fresado Para Lengüeta	480		3 mm	15

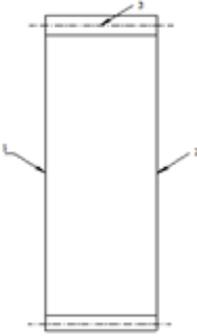
HOJA DE PROCESOS			EJE DE APLASTAMIENTO		
Nombre de la unidad: TRILLADORA DE FREJOL			TIEMPO DE DURACIÓN: 720 min		
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones en Bruto	Observaciones
	8	Eje de Aplastamiento	Acero SAE 1018	Ø50 X 714	Ninguna
Superficie	Operación	Velocidades (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1, 6	Trazado				5
1, 6	Medir y Cortar				15
1, 6	Puesta Punto, Refrentar, Hacer Centros				10
2, 5	Cilindrar	220		10 mm	35
3, 4	Cilindrar	220		2 mm	10
1, 8	Chaflanar	220			15

HOJA DE PROCESOS				EJE LEVAS	
Nombre de la unidad: TRILLADORA DE FREJOL				TIEMPO DE DURACIÓN: 1.00 min	
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones en Bruto	Observaciones
	1	Eje de Levas	Acero AISI 1018	Ø50 X 764	Ninguna
					
Superficie	Operación	Velocidades (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1, 6	Trazado				5
1, 6	Medir y Cortar				15
3, 4	Cilindrar	220		2 mm	15
1, 6	Chaflanar	220			15
5, 6	Trazado				
5	Fresado Para Lengüeta	480		3 mm	20
2	Posicionar Levas				30

HOJA DE PROCESOS			SOPORTE DE RODILLOS 1		
Nombre de la unidad: TRILLADORA DE REJOL			TIEMPO DE DURACIÓN: 170 min		
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones en Bruto	Observaciones
	2	Soporte Rodillos 1	ASTM 36	50 X 25 X 3 X 544	Ninguna
					
Superficie	Operación	Velocidades (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1, 7	Trazado				10
1, 7	Medir y Cortar				25
2, 3, 4	Trazado				5
5, 6	Trazado				5
2,3,4,5,6	Taladrado	400	3		40

HOJA DE PROCESOS				SOPORTE DE RODILLOS 2	
Nombre de la unidad: TRILLADORA DE REJOL				TIEMPO DE DURACIÓN: 210 min	
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones en Bruto	Observaciones
	2	Soporte Rodillo 2	ASTM 36	50 X 25 x 3 x 546 mm	Ninguna
Superficie	Operación	Velocidades (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1, 9	Trazado				10
1, 9	Medir y Cortar				25
2, 3, 4	Trazado				5
5, 6, 7, 8	Trazado				5
2,3,4,5,6,7,8	Taladrado	400	3		60

HOJA DE PROCESOS				PLETINA SOPORTE	
Nombre de la unidad: TRILLADORA DE REJOL				TIEMPO DE DURACIÓN: 100 min	
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones en Bruto	Observaciones
	2	Pletina Soporte	Acero SAE 1018	213 x 30 x 3 mm	Ninguna
					
Superficie	Operación	Velocidades (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1, 2	Trazado				10
1, 2	Medir y Cortar				15
3, 4	Trazado				5
3, 4	Taladrado	200	2		20

HOJA DE PROCESOS				ENGRANES	
Nombre de la unidad: TRILLADORA DE REJOL				TIEMPO DE DURACIÓN: 180 min	
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones en Bruto	Observaciones
	2	Engrane	Acero ST 34	Ø60 X 300	Ninguna
					
Superficie	Operación	Velocidades (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1, 2	Trazado				10
1, 2	Medir y Cortar				20
3	Fresado				90
3	Cementado				60

ANEXO VII: PLANOS DE TALLER Y MONTAJE