

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PICADORA DE PAPAS,
ZANAHORIAS Y PLÁTANO PARA LA ALIMENTACIÓN DE
GANADO VACUNO DE CAPACIDAD DE 20 QUINTALES POR
HORA”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO**

INGRID VERENICE MOLINA FALCÓN
ingridv_mf@hotmail.com

JORGE SANTIAGO CADENA PASPUEZÁN
santiago_p87@hotmail.com

DIRECTOR: ING. MARIO GRANJA
mariogranja@hotmail.com

Quito, Junio 2018

DECLARACIÓN

Nosotros, Ingrid Verenice Molina Falcón y Jorge Santiago Cadena Paspuezán, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado de las referencias bibliográficas citadas en este documento.

Mediante la presente declaración cedemos todos los derechos de propiedad intelectual, correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su normativa y la normativa institucional vigente.

Ingrid Verenice Molina Falcón

Jorge Santiago Cadena Paspuezán

CERTIFICACIÓN

El proyecto de grado titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PICADORA DE PAPAS, ZANAHORIAS Y PLÁTANO PARA LA ALIMENTACIÓN DE GANADO VACUNO DE CAPACIDAD DE 20 QUINTALES POR HORA ”fue realizado en su totalidad por la Srta. Ingrid Verenice Molina Falcón y el Sr. Jorge Santiago Cadena Paspuezán, como requerimiento previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico.

Ing. Mario Granja
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme dado los mayores regalos en mi vida:

Mis padres que me brindan su amor incondicional.

A mi abuelo Polivio por ser un segundo padre.

A mi esposo por su apoyo en cada una de mis decisiones.

Ingrid

Agradezco a Dios por haberme dado la sabiduría para culminar esta etapa importante de mi vida.

A mis padres por la gran decisión de educarme.

Al tío Medardo por su gran apoyo en toda carrera y su ejemplo de responsabilidad.

A mis amigos y compañeros que hicieron de mi carrera una amena forma de vivir.

Jorge Santiago

DEDICATORIA

A mis padres Abrahan y Carmita que son la bendición más grande que Dios pudo haberme dado, por su apoyo, amor incondicional y paciencia.

A mis hermanos, hermanas y sobrinos por ser mis amigos y cómplices en cada momento de mi vida. A mis abuelos especialmente a Papá Polo por haber sido más que un padre para mí y mis hermanos. A Luis mi compañero de la vida por brindarme su amor y enseñarme que la vida es mejor vivirla con una sonrisa.

A mi compañero de tesis Santiago por su perseverancia y constancia en la realización de este proyecto.

Ingrid Verenice

Este trabajo de investigación lo dedico a la población agricultora y ganadera de mi parroquia “La Libertad” que fue la motivación en la elección y desarrollo de este tema de tesis.

A mi familia que depositó la confianza, y contribuyó siempre a mi formación.

Jorge Santiago

Índice general

Índice	XIII
Índice de figuras	XVII
Índice de tablas	XX
Resumen	XXI
1. MARCO TEÓRICO Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO.	1
1.1. CONCEPTOS Y DEFINICIONES	1
1.1.1. ALIMENTACIÓN DE GANADO VACUNO.	1
1.1.1.1. Agua.	2
1.1.1.2. Proteínas.	2
1.1.1.3. Carbohidratos.	3
1.1.1.4. Grasas.	4
1.1.1.5. Minerales.	4
1.1.1.6. Vitaminas.	5
1.1.2. PAPA.	6
1.1.2.1. Origen y generalidades de la papa.	6
1.1.2.2. Planta de Papa.	7

1.1.2.3.	Características Nutricionales de la Papa.	8
1.1.2.4.	Zonas Productoras de Papa en el Ecuador.	10
1.1.3.	BANANO.	11
1.1.3.1.	Planta de Banano.	11
1.1.3.2.	Características Nutricionales del Banano.	12
1.1.4.	ZANAHORIA.	13
1.1.4.1.	Planta de Zanahoria.	14
1.1.4.2.	Características nutricionales de la Zanahoria.	15
1.1.5.	COMPARACIÓN ENTRE LOS PRODUCTOS A PROCESAR.	16
1.2.	APARATO DIGESTIVO DEL GANADO BOVINO.	16
1.2.1.	ESÓFAGO.	18
1.2.2.	ESTÓMAGOS.	18
1.3.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	19
1.4.	OBJETIVOS.	20
1.4.1.	Objetivo General.	20
1.4.2.	Objetivos Específicos.	20
2.	PLANTEAMIENTO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO	22
2.1.	IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD.	22
2.1.1.	Capacidad.	23

2.2.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA MÁQUINA.	24
2.2.1.	ESPECIFICACIONES EN BASE A LOS RE- QUERIMIENTOS DEL USUARIO.	24
2.2.1.1.	Casa de la Calidad.	24
2.2.1.1.1.	Voz del Usuario.	25
2.2.1.1.2.	Voz del Ingeniero.	25
2.2.1.1.3.	Análisis de la competitividad.	26
2.2.1.1.4.	Correlaciones.	26
2.2.1.1.5.	Comparación Técnica.	26
2.2.1.1.6.	Compromisos Técnicos.	26
2.2.1.2.	Análisis de la Casa de la Calidad.	27
2.2.1.3.	Conclusiones de la Casa de la Cali- dad.	29
2.3.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS POR LOS REQUE- RIMIENTOS DEL USUARIO.	30
2.4.	ESTRUCTURA FUNCIONAL.	30
2.4.1.	ANÁLISIS FUNCIONAL.	31
2.4.2.	DESARROLLO DE LOS DIAGRAMAS FUN- CIONALES.	32
2.4.3.	ANÁLISIS DE LOS DIAGRAMAS FUNCIONA- LES.	33
2.4.4.	DEFINICIÓN DE MÓDULOS.	34
2.4.4.1.	DIVISIÓN MODULAR.	34
2.5.	SOLUCIONES PARA CADA MÓDULO.	36
2.5.1.	MÓDULO 1.	36
2.5.2.	MÓDULO 2.	36

2.5.2.1.	Tolva cónica.	37
2.5.2.2.	Tolva Rectangular.	38
2.5.2.3.	Tolva Asimétrica.	38
2.5.2.4.	Evaluación y selección de alternati- vas para el Módulo 1.	39
2.5.3.	MÓDULO 3.	43
2.5.3.1.	Reducir el tamaño de la materia prima.	44
2.5.3.1.1.	Cuchilla simple.	44
2.5.3.1.2.	Cuchilla Doble.	45
2.5.3.1.3.	Cuchilla Compuesta.	45
2.5.3.2.	Alojar a las cuchillas.	46
2.5.3.2.1.	Soldadura.	46
2.5.3.2.2.	Mediante una manzana de sujeción.	46
2.5.3.3.	Asegurar el Tamaño de Corte.	47
2.5.3.3.1.	Tamiz o criba.	47
2.5.3.3.2.	Tren de cuchillas adicional.	48
2.5.3.4.	Alternativas del módulo 3.	49
2.5.3.5.	Evaluación y selección de alternati- vas para el módulo 3.	50
2.6.	ESQUEMA GENERAL DE LA MÁQUINA.	53
3.	DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES	54
3.1.	DETERMINACIÓN DE LA FUERZA DE CORTE.	54
3.2.	DISEÑO DEL SISTEMA DE CORTE.	55
3.2.1.	DIMENSIONAMIENTO DE LA CUCHILLA.	56

3.2.1.1.	Diseño Estático.	57
3.2.1.2.	Diseño Dinámico.	59
3.2.2.	SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE AJUS- TE	62
3.2.2.1.	CÁLCULO DEL TORQUE NECESA- RIO PARA PRODUCIR LA PRECAR- GA.	65
3.2.3.	DIMENSIONAMIENTO DE LA MANZANA DE ACOPLE.	65
3.3.	DISEÑO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL.	66
3.4.	DISEÑO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.	67
3.4.1.	DIMENSIONAMIENTO DE LA TOLVA.	67
3.5.	DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE GENERACIÓN Y TRANSMISIÓN DE POTENCIA.	68
3.5.1.	DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA DEL MO- TOR.	69
3.5.1.1.	Potencia requerida en los ejes por- tacuchillas.	69
3.5.1.1.1.	Cálculo del Torque en los Ejes Portacuchillas.	69
3.5.1.1.2.	Determinación de la Veloci- dad de Corte v_c y de la Po- tencia Efectiva P_e	71
3.5.1.2.	Rendimiento Mecánico de la Máqui- na n_m	72

3.5.1.3.	Selección del Motor.	73
3.5.2.	SELECCIÓN DE POLEAS.	74
3.5.3.	SELECCIÓN DE BANDAS.	74
3.5.3.1.	Tipo de banda.	74
3.5.3.2.	Distancia entre Centros C	75
3.5.3.3.	Longitud de la Banda L_p	75
3.5.3.4.	Número de Bandas N_b	76
3.5.3.5.	Tensión en las Bandas.	77
3.5.4.	DISEÑO DEL EJE DE TRANSMISIÓN.	79
3.5.4.1.	Determinación del Punto Crítico.	81
3.5.4.1.1.	Análisis de Fuerzas en el Plano X-Y.	81
3.5.4.1.2.	Análisis de Fuerzas en el Plano X-Z.	83
3.5.4.2.	Diseño Estático.	85
3.5.4.3.	Diseño Dinámico.	87
3.5.5.	SELECCIÓN DE LENGÜETAS.	91
3.5.6.	SELECCIÓN DE RODAMIENTOS Y CHUMAS- CERAS.	92
4.	CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE	94
4.1.	GENERALIDADES.	94
4.1.1.	ELABORACIÓN DE PLANOS.	94
4.1.2.	CODIFICACIÓN DE MÁQUINAS-HERRAMIENTAS, HERRAMIENTAS, OPERACIONES E INSTRU- MENTOS DE MEDIDA.	94

4.1.3.	CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE PICADO.	97
4.1.3.1.	Construcción de la cuchilla.	97
4.1.3.2.	Construcción de la manzana.	98
4.1.4.	CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA ESTRUC- TURAL.	99
4.1.4.1.	Tapas Verticales.	99
4.1.4.2.	Rolados.	100
4.1.4.3.	Uniones de rolados.	100
4.1.4.4.	Estructura de soporte.	101
4.1.5.	CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ALIMEN- TACIÓN.	103
4.1.6.	CONSTRUCCIÓN DE SISTEMA DE ELEMEN- TOS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA. . . .	104
4.1.6.1.	Construcción del eje.	105
4.1.6.2.	Construcción de la lengüetas.	106
4.1.6.3.	Diagrama de flujo para la construc- ción y montaje de la picadora.	108
4.1.7.	MÁQUINA ARMADA.	109
5.	ANÁLISIS ECONÓMICO	110
5.1.	Costos de Fabricación.	110
5.1.1.	Costos Directos.	110
5.1.1.1.	Costo de Materia Prima.	111
5.1.1.2.	Costo de Mano de Obra Directa. . . .	111
5.1.1.3.	Costo de Materiales.	112
5.1.2.	Costos por Carga Fabril.	114

5.2. Costo de diseño.	114
5.3. Costo Total del Proyecto.	114
6. PROTOCOLO DE PRUEBAS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	116
6.1. PROTOCOLO DE PRUEBAS.	116
6.1.1. Tamaño Específico.	118
6.1.2. Capacidad de la máquina.	118
6.1.3. Peso de alrededor de 80 [kg].	119
6.1.4. Ergonomía.	119
6.1.4.1. Medidas.	120
6.1.4.2. Estabilidad.	120
6.1.4.3. Vibraciones.	121
6.1.5. Fácil Mantenimiento.	121
6.1.6. Costo de comercialización.	122
6.2. ESPECIFICACIONES FINALES DE LA MÁQUINA. . .	122
6.3. CONCLUSIONES	122
6.4. RECOMENDACIONES	124
Bibliografía	126
Anexos	127
A. ANEXO 1	
ENSAYO DE CIZALLADURA Y SISTEMAS MECÁNICOS	128

Índice de figuras

1.1. Planta de Papa.	8
1.2. Planta de Plátano.	12
1.3. Planta de zanahoria.	14
1.4. Tubo Digestivo.	17
2.1. Casa de la calidad desarrollada para la picadora.	28
2.2. Diagrama funcional de la picadora.	33
2.3. Diagrama modular de la picadora.	35
2.4. Tolva Cónica.	37
2.5. Tolva Rectangular.	38
2.6. Tolva Asimétrica.	39
2.7. Cuchilla Simple.	44
2.8. Cuchilla Doble.	45
2.9. Cuchilla Compuesta.	45
2.10. Soldadura.	46
2.11. Manzana de sujección.	47
2.12. Criba.	48
2.13. Tren de cuchillas adicional.	49
2.14. Combinación de soluciones para el módulo 3.	50
2.15. Esquema general de la picadora.	53

3.1. Sistema de Corte.	55
3.2. Cuchilla de Corte.	57
3.3. Fuerza que actúa sobre la cuchilla.	58
3.4. a) Carga en la cuchilla, b) diagrama de fuerza cortante, c)diagrama de Momento Flector	58
3.5. Aplicación de las fuerzas de corte.	62
3.6. Descomposición de fuerzas.	63
3.7. Esquema de manzana de acople.	66
3.8. Sistema Estructural.	67
3.9. Tolva.	68
3.10. Esquema de Corte.	69
3.11. Fuerzas sobre las aspas.	70
3.12. Fuerzas que actúan sobre el eje.	80
3.13. Diagrama de cuerpo libre del eje.	81
3.14. Cargas en el eje en el plano X-Y.	82
3.15. Diagrama de momento flector en el plano X-Y.	83
3.16. Cargas en el plano X-Z.	83
3.17. Diagrama de momento flector en el plano X-Z.	84
3.18. Ubicación del punto crítico en el eje.	85
3.19. Esfuerzo fluctuante completamente invertido.	88
3.20. a) Lengüeta para manzana de acople; b) Lengüeta para polea.	91
3.21. Chumacera.	93
4.1. Cuchilla de corte.	97
4.2. Manzana.	98

4.3. Diagrama de flujo para cuchilla y manzana.	98
4.4. Pared vertical.	99
4.5. Rolado principal.	100
4.6. Rolado secundario.	100
4.7. Unión de rolados.	101
4.8. Estructura de soporte.	101
4.9. Diagrama de flujo para el sistema estructural.	102
4.10. Tolva.	103
4.11. Diagrama de flujo para sistema de alimentación.	104
4.12. Eje principal.	105
4.13. Eje secundario.	106
4.14. a) Lengüeta para eje-manzana; b) lengüeta para eje- polea	106
4.15. Diagrama de flujo para el sistema de transmisión de potencia.	107
4.16. Diagrama de flujo de la máquina picadora.	108
4.17. Máquina armada.	109
6.1. Productos picados: a) zanahoria b) papa c) plátano	118
6.2. Dimensiones de los productos picados: a) Papa b) plátano c) zanahoria.	119
6.3. Peso de la máquina.	120
6.4. Altura de alimentación.	121
A.1. Dimensiones de Probeta Fuente:Propia	129
A.2. Sensibilidad a la muesca.	133
A.3. Factor de la condición de superficie	133

A.4. Factor de concentración de esfuerzos. 134

Índice de tablas

1.1. Composición química de la papa.	9
1.2. Producción de Papa en la zona Norte.	11
1.3. Composición Química del Banano.	13
1.4. Composición Química de la Zanahoria.	15
1.5. Comparación energética entre productos.	16
2.1. Especificaciones técnicas de la máquina.	31
2.2. Evaluación de cada criterio.	40
2.3. Evaluación de las alternativas respecto al costo. . . .	41
2.4. Evaluación de las alternativas respecto a la construc- ción.	41
2.5. Evaluación de las alternativas respecto a la ergonomía.	42
2.6. Evaluación de las alternativas respecto al acople. . . .	42
2.7. Tabla de conclusiones para el módulo 1.	43
2.8. Evaluación de cada criterio para el módulo 3.	51
2.9. Evaluación en base al criterio calidad de corte.	51
2.10. Evaluación en base al criterio fiabilidad.	52
2.11. Evaluación en base al criterio mantenimiento.	52
2.12. Evaluación en base al criterio costo.	52
2.13. Conclusiones.	53

3.1. Comparación entre productos.	55
3.2. Diámetro de las papas.	56
3.3. Diámetros de pernos en diferentes grados.	64
3.4. rpm-Potencia.	72
3.5. Especificaciones de las bandas.	76
3.6. Características en las bandas.	79
4.1. Herramientas Utilizadas.	95
4.2. Máquinas-herramientas utilizadas.	95
4.3. Operaciones para fabricación.	96
4.4. Simbología.	96
4.5. Materia prima.	97
4.6. Materia prima.	99
4.7. Materia prima.	103
4.8. Materia prima.	105
5.1. Costo de Materiales.	111
5.2. Costos de Fabricación.	112
5.3. Costos de Elementos Normalizados.	113
5.4. Costos por carga fabril.	114
5.5. Costo Total del Proyecto.	115
6.1. Protocolo de Pruebas.	117
6.2. Tabla de pruebas de funcionamiento.	119
6.3. Especificaciones finales.	122
A.1. Ensayo para papa Fuente:Propia	130
A.2. Ensayo para plátano Fuente:Propia	130

A.3. Ensayo para zanahoria Fuente:Propia	131
A.4. Comparación Fuente:Propia	131
A.5. Factor de la condición de superficie.	132
A.6. Factor de la confiabilidad.	132
A.7. Resistencia de pernos.	132
A.18.Factores de choque e impacto.	132
A.8. Factor de servicio.	134
A.9. Diámetro de polea recomendado.	135
A.10.Tipo de Banda.	135
A.11.Factor de corrección de la longitud de paso.	136
A.12.Potencia permitida por banda.	136
A.13.Factor de corrección del ángulo de contacto.	137
A.14.Factor de corrección de longitud.	137
A.15.Dimensiones de lengüeta.	138
A.16.Factor de esfuerzos dinámicos.	138
A.17.Factor de velocidad.	139
A.20.Carga dinámica permisible.	139

Resumen

Este documento presenta el desarrollo del proceso de diseño y construcción de una picadora de papas, zanahoria y plátano de 20 quintales por hora de capacidad, destinada para alimentación de ganado lechero en pequeñas y medianas granjas.

El capítulo I comprende un estudio de los productos a picar, sus nutrientes y la influencia de los mismos en la producción de leche, también un breve estudio del aparato digestivo del ganado vacuno. Además de la existencia de equipos relacionados en el mercado nacional.

El capítulo II detalla las características técnicas, así como la selección de alternativas para cada solución encontrada destinada a cumplir una función determinada, es decir comprende la parte del diseño concurrente.

En el capítulo III se encuentra la parte de diseño mecánico, es decir el desarrollo de los elementos principales cálculo y selección de componentes normalizados, además de los planos de fabricación.

En el capítulo IV se describe los procesos de fabricación de los componentes diseñados, codificación de herramientas, máquinas-herramientas, listado de materiales y mediante diagramas de flujo se crea un proceso de producción.

En el capítulo V se realiza un análisis económico, detallando los costos involucrados directa e indirectamente en el desarrollo de la máquina.

En el capítulo VI se realiza un protocolo de pruebas con la finalidad de evaluar las características impuestas en el proceso de diseño además este capítulo contiene las conclusiones y recomendaciones respectivas.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO.

1.1. CONCEPTOS Y DEFINICIONES

1.1.1. ALIMENTACIÓN DE GANADO VACUNO.

Todo organismo o ser viviente tiene un determinado requerimiento nutricional que debe cubrirse con el consumo de alimento y selección de componentes de la dieta, dicho requerimiento depende de factores como el peso, la composición corporal, el nivel de producción, el medio ambiente, entre otros. Estos requerimientos se pueden dividir en dos categorías, por un lado, se trata de cubrir las exigencias de energía, y por el otro, todos los nutrientes esenciales deben ser ingeridos en las cantidades adecuadas.

Los requerimientos energéticos se pueden cubrir a través del consumo de cualquier nutriente que aporte energía, especialmente carbohidratos, grasa y proteínas. Los principales nutrientes de los alimentos son el agua, carbohidratos, grasas, proteínas, sales mine-

rales y vitaminas.

El animal ingiere el alimento y durante el proceso digestivo, absorbe nutrientes específicos, como aminoácidos a partir de la proteína, glucosa a partir del almidón y otros más.

1.1.1.1. Agua.

Es uno de los nutrientes más importantes para la vida del animal en el proceso digestivo, metabólico y de termorregulación, dada su importancia en la masticación, deglución, digestión, absorción y distribución de los nutrientes por los tejidos, así también contribuye en la eliminación de toxinas.

La cantidad requerida de agua varía de acuerdo a las necesidades fisiológicas del cuerpo y de la cantidad eliminada. En términos generales, el requerimiento de agua oscila entre 35 y 45 litros diarios en animales adultos.

1.1.1.2. Proteínas.

Las proteínas son sustancias naturales, compuestas por aproximadamente 20 % aminoácidos y representan más del 50 % de los componentes orgánicos del protoplasma, la parte más importante del organismo.

Con su amplia diversidad estructural, las proteínas tienen numerosas funciones específicas. Como enzimas catalizan y regulan reacciones químicas que tienen lugar en el cuerpo, como sustancias estructurales participan en la formación de la estructura de órganos y tejidos, como proteínas musculares sirven para la generación

de fuerza y movimiento.

Son la base de los tejidos del cuerpo de un animal constituidos por aminoácidos que son necesarios para el desarrollo y mantenimiento de los tejidos y órganos, además son componentes esenciales de secreciones y enzimas.

Sin embargo el alimento no es la única fuente de proteínas, sino en la digestión de alimentos no proteicos por microorganismos propios del rumen en el intestino delgado.

1.1.1.3. Carbohidratos.

Constituyen la principal fuente de energía de los seres vivos. Al oxidarse en el organismo producen el calor necesario, para mantener la temperatura del cuerpo y suministrar los requerimientos de energía para el funcionamiento de los órganos.

Los carbohidratos utilizados como alimentos son los almidones (insolubles en agua), los azúcares (solubles en agua) y la fibra (celulosa, hemicelulosa, etc.). Los carbohidratos se digieren y absorben principalmente en el rumen donde se transforman en ácidos grasos. Los alimentos que contienen mayor cantidad de almidón y azúcares son los cereales mayor a un 95 %, en los tubérculos como la yuca mayor a un 92 %, la papa mayor a un 90 % y en las hojas verdes de los forrajes.

1.1.1.4. Grasas.

Son los nutrientes que suministran energía al organismo del animal, formadores de tejido adiposo que funciona como sustancia de reserva. Sin embargo el contenido de grasa de los alimentos no es vital en la alimentación de los bovinos.

Si bien el valor energético de la grasa es 2.25 veces mayor que el de los carbohidratos, se emplea en forma reducida debido a su precio y a la dificultad que tiene el cuerpo para digerirla ya que los cuerpos grasos se enrancian fácilmente, lo que favorece la destrucción de las vitaminas A, D, E y de algunas del grupo B.

1.1.1.5. Minerales.

Son indispensables para mantener una buena salud y máxima producción. Sus principales funciones son las de facilitar la digestión, el metabolismo, la oxidación del alimento y la eliminación de los productos de desecho. Los principales minerales requeridos en cantidades considerables son: sodio, fósforo, cloro, calcio, hierro, magnesio, potasio y azufre. Siendo el calcio y el fósforo el 70 % del contenido mineral total del cuerpo, son esenciales para el crecimiento, mantenimiento del organismo y para la producción de carne o leche.

Mientras que sustancias como yodo, cobalto, zinc, selenio, flúor, molibdeno y manganeso son de vital importancia pero en pequeñas cantidades. Los minerales deben formar parte del alimento diario de

los animales o deben constituir un suplemento del mismo ya que no se sintetizan en el rumen.

1.1.1.6. Vitaminas.

Son sustancias químicas que actúan como catalizadores del metabolismo. Su presencia es indispensable pero en pequeñas cantidades. La mayoría de las vitaminas requeridas por los bovinos son sintetizadas por los microorganismos del rumen (complejo B, vitamina K, vitamina C). Las vitaminas que deben ser parte del alimento son las liposolubles como la vitamina A, D y E. La vitamina A es necesaria para la función visual, el mantenimiento de las membranas mucosas y la formación y mantenimiento de los huesos, esta vitamina existe en las plantas bajo la forma de provitamina A o carotenos. La vitamina D es necesaria para la reproducción y la lactación de los bovinos, así como para el crecimiento de los terneros, además de contribuir en el metabolismo del calcio y de fósforo. Los animales reciben esta vitamina de dos fuentes, la luz solar y forrajes curados al sol. La vitamina E es muy importante en la reproducción, participa en algunos sistemas enzimáticos, en la respiración y en actividades antioxidantes.

De estos tres elementos el de mayor interés en este caso es la energía, ya que se encuentra en los productos a procesar.

En las papas el componente principal es el almidón. El contenido de almidón en la materia seca es, aproximadamente 700 [g/kg], el contenido de proteína bruta en la materia seca oscila entre 90 y 120

[g/kg]¹.

Por otro lado, la gran producción lechera en los asentamientos rurales ha sido una alternativa para mejorar la economía en estos estratos sociales.

Esto ha conllevado a usar el excedente de la producción de papas, plátano y zanahoria como alimentación alternativa para el ganado de producción lechera, con lo que se logró disminuir las pérdidas en dichos cultivos y aumentar la producción de leche en las zonas rurales, debido a que la papa, la zanahoria y el plátano como alimento, contienen un alto valor energético, que es lo que necesita el ganado para la formación de la leche.

1.1.2. PAPA.

1.1.2.1. Origen y generalidades de la papa.

La papa fue domesticada en las zonas limítrofes entre Perú y Bolivia hace unos 7.000 años. A fines del siglo XVI la papa llegó a España, de allí pasó a Francia e Inglaterra, de este último se propago a otros países europeos y sus respectivas colonias en otros continentes.

La papa (*S. tuberosum*) es una planta herbácea, tuberosa, perenne a través de sus tubérculos, caducifolia (ya que pierde sus hojas y tallos aéreos en la estación fría), de tallo erecto o semi-decumbente, que puede medir hasta 1 m de altura.

¹Mc.Donald, P. Edwards, R. Greenhalgh, F. Morgan, G. (1999). "Nutrición Animal". ACRIBIA. 5ta edición.

En la Sierra Ecuatoriana la papa es el segundo cultivo más importante después del maíz, representa la base de la alimentación de gran parte de la población ecuatoriana.

Su cultivo vincula a 88. 130 productores según el III Censo Nacional Agropecuario, además al menos 250. 000 personas están involucradas directa o indirectamente con el cultivo².

Debido a la gran producción de papa en nuestro país, además de las condiciones climatológicas, la alta competitividad del país vecino, han ocasionado una baja en rentabilidad en cultivo de este producto. Todos estos factores han contribuido para que exista un excedente en la producción, y por ende desperdicio.

1.1.2.2. Planta de Papa.

La patata es planta herbácea anual; las raíces son muy ramificadas, finas y largas, dependiendo el desarrollo según las características del suelo que esté o no mullido.

El tallo, grueso, fuerte, anguloso, siendo al principio erguidos y con el tiempo se van extendiendo hacia el suelo.

Con una altura que varía entre 0,5 y 1 [m], se origina en las yemas del Tubérculo. Son de color verde pardo debido a los pigmentos antociámicos asociados a la Clorofila, como se muestra la figura 1.1.

Las hojas son imparipinnadas, consta de nueve o más foliolos, cu-

²Barrera, V. Grijalva, J. (2004). "Manejo del sistema de producción Papa-Leche en la sierra ecuatoriana". Aby-Yala. pag.57



Figura 1.1: Planta de Papa.

Fuente: <http://www.2000agro.com.mx>

yo tamaño es tanto mayor cuanto más alejados se encuentran del nudo de inserción.

El fruto es una baya redondeada de color verde, que se vuelve amarilla al madurar.

Los tubérculos son tallos subterráneos de los que surgen las raíces adventicias y son de forma y color variados. Son los órganos comestibles de la patata.

Están formados por tejido parenquimático, donde se acumulan las reservas de Almidón.

1.1.2.3. Características Nutricionales de la Papa.

En la tabla 1.1 encontramos una cuantificación de los principales componentes de la papa, para variedades nativas y la variedad de mayor producción nacional como lo es la Súper Chola para luego hacer una comparación.

Los elementos citados son que sirven principalmente para la nutri-

ción del ganado.

Tabla 1.1: Composición química de la papa.

Fuente: INIAP-2010, Papas Nativas.

Nutrientes	Papas Nativas		Súper Chola
	Máximo	Mínimo	
Proteína (g)	10,6	5,6	8,5
Fibra (g)	6,1	1,9	2,5
Almidón (g)	87,5	79,1	84,5
Potasio (mg)	2103	1346,7	1731
Hierro (mg)	16,5	2,6	4,2
Zinc (mg)	5	0,8	0,8
Polifenoles totales(mg)	646	144	271
Carotenos totales	11,3	4,4	5,4
Amilosa (g)	2,3	2	2,34
Energía (kcal)	88	80	87

Una desventaja en la alimentación con papas para el ganado es el tamaño irregular del tubérculo desechado, además de la complejidad en el picado manual, que requiere de una cantidad de tiempo considerable, tiempo que el ganadero lo puede invertir en labores más productivas como el mantenimiento de pastos.

Además durante el tiempo que se demora en cortar manualmente, las papas tienden a oxidarse y por consiguiente pérdida del valor nutritivo y en algunos casos cólicos en el ganado. También los cortes en las papas aumentan la superficie de contacto con la saliva del animal lo que mejora la digestión y aprovechamiento los componentes nutricionales.

1.1.2.4. Zonas Productoras de Papa en el Ecuador³.

En el Ecuador se estima que existen 350 variedades de papas, sin embargo, apenas 14 tienen presencia marginal en las provincias centrales de la Sierra y el resto está en peligro de extinción. En la sierra ecuatoriana se identifican tres zonas productoras de papa: norte, centro y sur.

La zona norte comprende las provincias del Carchi, Imbabura y Pichincha las cuales representan un gran porcentaje dentro de la producción nacional. Estas disponen de una variedad de climas que les permite cultivar, entre ellos la papa, con una superficie promedio de siembra de 19.000 hectáreas y un rendimiento de 9,11 ton/ha. En esta zona se destaca la provincia del Carchi, con 13.190 ha y una producción promedio de 12,58 t/ha. y es la zona que posee las mejores condiciones ecológicas para el cultivo de papa.

El área papera se encuentra en altitudes que varían desde los 2.800 a 3.200 m.s.n.m.; estos suelos son de origen volcánico caracterizados por su alto contenido de materia orgánica y capa arable profunda, además presenta una buena capacidad de retención de agua, con un pH que varía ligeramente de ácido a neutro, contenido de nitrógeno medio, bajo contenido de fósforo y potasio entre medio y alto.

En la Tabla 1.2 se muestra la producción de las tres principales provincias productoras, y su rendimiento por hectárea.

³Barrera, V. Grijalva, J. (2004). "Manejo del sistema de producción Papa-Leche en la sierra ecuatoriana". Aby-Yala. pag.59

Tabla 1.2: Producción de Papa en la zona Norte.

Fuente: Barrera, V. Grijalva, J. (2004). "Manejo del sistema de producción Papa-Leche en la sierra ecuatoriana". Abby-Yala. pag.59

Provincia	Superficie [ha]	Producción [ton]	Rendimiento [ton/ha]
Carchi	13190	165934	12,58
Imbabura	2190	7029	3,21
Pichincha	3620	42009	11,6

1.1.3. BANANO.⁴

El banano o plátano como es conocido comúnmente se originó probablemente en la región indomalaya donde han sido cultivados desde hace miles de años. Desde Indonesia se propagó hacia el sur y el oeste, alcanzando Hawaii y la Polinesia. Los comerciantes europeos llevaron noticias del árbol a Europa alrededor del siglo III a. C., aunque no fue introducido hasta el siglo X. De las plantaciones de África Occidental los colonizadores portugueses lo llevarían a Sudamérica en el siglo XVI.

1.1.3.1. Planta de Banano.

El plátano es un alimento altamente energético rico en fibra pero pobre en proteína y grasa, son carbohidratos rápidamente asimilables por eso las dietas deben ser complementadas con otros productos. El plátano maduro es un alimento muy digestivo, pues favorece la secreción de jugos gástricos. Tiene un elevado valor energético

⁴Grupo terranova. (1995). "Producción agrícola 1 enciclopedia agropecuaria terranova". TERRANOVA. pag 172-176

(1,1-2,7 kcal/100 g), siendo una importante fuente de vitaminas B y C. Numerosas son las sales minerales que contiene, entre ellas las de hierro, fósforo, potasio y calcio. La figura 1.2 muestra una planta de banano en estado de maduración, donde se puede apreciar su tamaño y partes principales.



Figura 1.2: Planta de Plátano.

Fuente: <http://canariasactual.com/>

1.1.3.2. Características Nutricionales del Banano.

Cabe indicar que el banano contiene una gran cantidad de agua por lo que no representa una gran fuente de energía para el ganado en producción lechera, pero por su bajo costo y accesibilidad en el medio, además de la costumbre impuesta entre los ganaderos, se opta por suministrar este producto durante la etapa de ordeño principalmente.

En la Tabla 1.3 se muestra el valor nutricional del plátano fresco por 100 gramos de sustancia comestible, se toman los componentes principales que tienen incidencia en la alimentación del ganado, y en especial en la producción de leche.

Tabla 1.3: Composición Química del Banano.Fuente: <http://www.infoagro.com>

Nutrientes	Por cada 100 [gr]	
Agua [gr]	75,7	
Proteínas [gr]	1,1	
Lípidos	0,2	
Carbohidratos	total [gr]	22,2
Vitaminas	A	0,6
	B	0,43
	Ácido Nicótico	0,6
	Ácido Patoténico	0,2
	C	10
Otros componentes orgánicos	Ácido Máltico (mg)	10
	Ácido Cítrico (mg)	150
Sales Minerales	Ácido oxálico (mg)	6,4
	Sodio (mg)	1
	Potasio (mg)	420
	Calcio (mg)	8
	Magnesio (mg)	0,64
	Hierro (mg)	0,7
	Fosforo (mg)	28
Calorías [kcal]	85	

1.1.4. ZANAHORIA⁵.

Daucus carota , llamada popularmente zanahoria, es una hortaliza que pertenece a la familia de las umbelíferas, también denominadas apiáceas, la zanahoria es una verdura dura, bianual y de clima frío, que crece por la raíz. Su cultivo es muy antiguo cuyo origen data aproximadamente en el siglo VI d.C. en Europa, Asia central y norte de África.

⁵Grupo terranova. (1995). "Producción agrícola 2 enciclopedia agropecuaria terranova". TERRANOVA. pag 302-305

Muchas de las variedades actuales son producto de fitomejoramientos.

Necesita dos años para completar su ciclo vegetativo, pero como se cultivan para aprovechar solamente la raíz, su recolección se realiza a los pocos meses de la siembra. Cabe indicar la existencia de variedades de zanahorias de raíz blanca utilizadas para forraje.

1.1.4.1. Planta de Zanahoria.

La Zanahoria es una raíz vegetal, tradicionalmente naranja con una textura leñosa, presenta un tallo corto en el que se forman las flores, el sistema radicular tiene la función almacenadora, y también presenta numerosas raíces secundarias que sirven como órganos de absorción como muestra la figura 1.3.



Figura 1.3: Planta de zanahoria.

Fuente: <http://canariasactual.com>

Durante el primer año se forma una roseta de pocas hojas y la raíz. Después de un período de descanso, se presenta un tallo corto en el que se forman las flores durante la segunda estación de creci-

miento.

1.1.4.2. Características nutricionales de la Zanahoria.

En la Tabla 1.4 se encuentran los componentes más importantes de la zanahoria, estos son los mayor relevancia dentro de la alimentación dela ganado.

Tabla 1.4: Composición Química de la Zanahoria.

Fuente: <http://www.infoagro.com>

Nutrientes	Por cada 100 [gr]
Proteínas	88,9
Grasas	0,1
Carbohidratos	8,4
Fibra	1,1
Calcio (mg)	42
Fósforo(mg)	8
Hierro (mg)	0,6
Vitamina A (mg)	0,6
Tiamina (mg)	31
Ácido Ascórbico(mg)	0,2
Calorías(kcal)	43

La ventaja de alimentar al ganado lechero con zanahorias es que se obtiene una leche con un sabor más agradable comparado con la papa y el plátano, esto es debido al gran contenido de caroteno que a su vez contiene azúcar natural.

Esto se puede diferenciar a pequeña escala mientras la leche obtenida por la alimentación con zanahorias no se combine con otro tipo de leche.

1.1.5. COMPARACIÓN ENTRE LOS PRODUCTOS A PROCESAR.

Teniendo en cuenta que la producción lechera depende en gran parte de la energía absorbida en forma de alimento, y dicha energía se encuentra como calorías se hace una comparación entre los productos a procesar.

En la tabla 1.5 se hace una recopilación de los tres productos y su contenido energético.

Tabla 1.5: Comparación energética entre productos.

Fuente: Propia.

PRODUCTO	$\frac{kcal}{100gr}$
PAPA	87
PLÁTANO	85
ZANAHORIA	43

Entonces según la tabla anterior el componente con gran valor energético lo demostró se la papa, seguida por el plátano que presenta una pequeña diferencia y finalmente se encuentra la zanahoria.

1.2. APARATO DIGESTIVO DEL GANADO BOVINO.

En el proceso de diseño se hace importante un estudio básico del aparato digestivo, principalmente del esófago ya que de aquí se obtendrá el requerimiento más importante de la picadora como lo es el tamaño de corte óptimo.

La principal función de los bovinos en la cadena alimenticia es la conversión de alimentos no utilizados por el hombre, mediante un proceso llamado digestión en alimentos utilizables como la leche y carne.

La digestión consiste en una combinación de procesos enzimáticos y mecánicos que ocurren en el tubo digestivo.

Las funciones principales del sistema digestivo de los rumiantes son:

- Almacenar alimento durante corto tiempo.
- Preparar los alimentos para su absorción.
- Asimilar las sustancias nutritivas.
- Eliminar la fracción indigestible de la ración.

La figura 1.4 muestra de manera general el tubo digestivo del ganado bovino, ya que para el desarrollo de este proyecto es importante conocer las características del esófago y los cuatro estómagos.

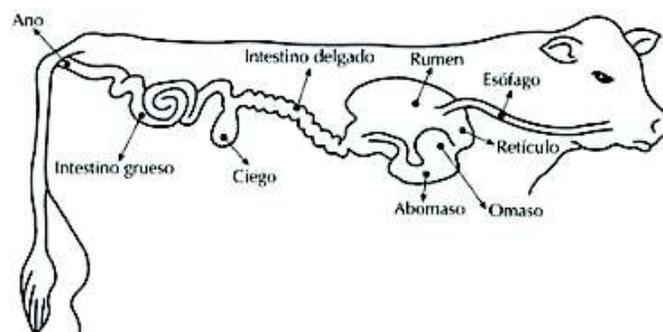


Figura 1.4: Tubo Digestivo.

Fuente: Ramiro A.; GANDERIA EMPRESARIAL; 2002.

1.2.1. ESÓFAGO⁶.

En los bovinos es de 90 a 105 [cm] de longitud desde la unión con la faringe.

El diámetro de este órgano no es constante dada su dilatabilidad en el animal vivo, el diámetro más pequeño en los bovinos es de 3 [cm] y se halla en el tercio del caudal del cuello.

Se incrementa gradualmente a 4 [cm] y 7 [cm] en la parte caudal del tórax.

Entonces con estos antecedentes la picadora debe asegurar un tamaño de corte menor a 3 [cm] en trozos irregulares.

1.2.2. ESTÓMAGOS⁷.

Una de las características principales de los rumiantes es su sistema digestivo compuesto de cuatro compartimentos: el retículo, el rumen, el omaso o libro y el abomaso o estomago. En el retículo y rumen es donde ocurre el proceso de fermentación de los alimentos por bacterias o microorganismos. Los cambios metabólicos se originan por la colonización progresiva del retículo – rumen de una serie de microorganismos tales como protozoarios y bacterias que ayudan en el proceso digestivo.

Estos microorganismos sintetizan una enzima que tiene el poder

⁶Sisson, S. Grossman, J.D. (1999). "Anatomía de los animales domésticos". MASSON S.A. 5ta edición.

⁷Sisson, S. Grossman, J.D. (1999). "Anatomía de los animales domésticos". MASSON S.A. 5ta edición.

de digerir la celulosa que se encuentra en los alimentos, además tienen la habilidad de sintetizar ciertos aminoácidos, vitaminas del complejo B y vitaminas K y C.

En el omaso se reduce el tamaño de las partículas de alimento y los excesos de agua se remueven antes que la digesta pase al abomaso.

Este compartimiento puede contener hasta 16 litros de alimento en digestión.

El cuarto compartimiento es el abomaso o “estómago verdadero” donde los ácidos y enzimas digieren aún más la digesta.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El alto costo de importación de nuevas tecnologías a los países latinoamericanos, el gran excedente en la producción de papa, zanahoria y plátano en la localidad, el aumento en la producción lechera, el cambio climático, han sido factores que influyen en la decisión de diseñar un sistema mecánico que permita la reducción del tamaño de dichos productos para dárselas como alimento al ganado, especialmente al ganado lechero.

Por lo que se necesita diseñar un sistema mecánico que corte los productos en tamaños adecuados para el consumo, y no exista el riesgo de atrancamiento del animal.

Teniendo en cuenta lo anterior se plantea “ DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PICADORA DE PAPA, ZANAHORIA Y PLÁTANO

DE UNA CAPACIDAD DE 20 QUINTALES POR HORA”, en consecuencia se persigue un sistema mecánico con una baja inversión, que sea diseñado con elementos y componentes que puedan ser adquiridos en el medio nacional.

También se desea dar un valor agregado a la producción agropecuaria, desarrollando tecnologías de industrialización.

Este proyecto estará sustentado en teorías y cálculos lo que permitirá el desarrollo de máquinas semejantes y para diferentes productos.

1.4. OBJETIVOS.

1.4.1. Objetivo General.

Diseñar y construir una cortadora de papa, plátano y zanahoria para la alimentación de ganado vacuno, especialmente el ganado lechero.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Estudiar las propiedades de la papa, el plátano y la zanahoria como complementos nutricionales para el ganado vacuno especialmente el lechero.
- Obtener los sistemas mecánicos que permitan el cumplimiento de las especificaciones requeridas.
- Determinar componentes que permitan el corte en el tamaño adecuado de los productos.

- Realizar un estudio económico de la máquina que demuestre su viabilidad en una producción a gran escala.

CAPÍTULO 2

PLANTEAMIENTO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO

2.1. IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD.

El diseño y construcción de una picadora de papas, plátano y zanahoria para la alimentación de ganado vacuno surge por la necesidad de cumplir las siguientes demandas:

- Reemplazar el corte manual por el corte mecanizado.
- La necesidad de procesar grandes cantidades de dichos productos en menor tiempo.
- Aprovechar el producto excedente.
- Aprovechar de mejor manera los nutrientes de los productos, y mejorar la digestión del ganado.

Este tipo de máquina no se fabrica en nuestro país, lo que existe en el mercado son máquinas picadoras de pasto, caña, y molinos de granos; entonces estaríamos contando con el nicho de mercado.

Generalmente la ganadería va de la mano con la agricultura, enton-

ces de la experiencia de los agricultores y ganaderos, en épocas cuando la comercialización de estos productos no es rentable, se opta por no cosecharlo usándolo como fertilizante, o usarlo en la alimentación de ganado.

Cuando se lo utiliza como alimento previamente se lo debe lavar y cortar en un tamaño adecuado para evitar posibles abstrucciones en el esófago del ganado.

2.1.1. Capacidad.

La capacidad de 20 quintales por hora se la determina en función de:

- Oxidación de los productos.- Para una correcta alimentación el producto debe estar picado por un tiempo máximo de una hora.
- Opinión del ganadero acerca del equipo.- Se determina la capacidad de 20 quintales por hora en base al requerimiento diario de pequeños a medianos hatos de ganado que actualmente están utilizando estos productos como suplemento alimenticio esto de acuerdo a un sondeo realizado en un entorno conocido.
- Capacidad de equipos similares.-En el mercado local se encuentran picadoras, molinos con motores de alrededor de 3 hp.

2.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA MÁQUINA.

Son un conjunto de de características que guían el diseño y desarrollo de la máquina. Algunas de ellas están dadas por el cliente y otras tienen un carácter técnico. Sirven además como una serie de pruebas al final de la construcción.

2.2.1. ESPECIFICACIONES EN BASE A LOS REQUERIMIENTOS DEL USUARIO¹.

El diseño concurrente actual se fundamenta en el desarrollo de la función de calidad que conjuga los requerimientos del cliente con parámetros técnicos, y tiene en cuenta los siguientes aspectos:

- Planificación del producto o casa de la calidad.
- Despliegue de componentes.
- Planificación del proceso.
- Planificación de la producción.

Debido al alcance de este proyecto se analizará los dos primeros items del diseño concurrente.

2.2.1.1. Casa de la Calidad.

Traduce las demandas de los clientes en características técnicas del producto, y se toma en cuenta los siguientes aspectos:

¹RIBA.,(2002),“Diseño Concurrente”, Documento PDF,pag.177

2.2.1.1.1. Voz del Usuario.

Describe las demandas (requerimientos y deseos) de los usuarios, que para el desarrollo del proyecto son.

- La máquina debe cumplir la capacidad solicitada.
- La máquina debe cortar los productos en el tamaño adecuado.
- La máquina debe ser de fácil operación.
- La máquina debe ser de fácil mantenimiento.
- La máquina de soportar ambientes de trabajo.
- La máquina debe funcionar con diferentes motores.
- La máquina debe silenciosa.
- La máquina debe tener un bajo costo.
- La máquina debe ser segura.

2.2.1.1.2. Voz del Ingeniero.

Describe los requerimientos técnicos que deberán conjugar para satisfacer las necesidades de los usuarios.

- Potencia.
- Diseño eje-cuchillas.
- Ergonomía.
- Envergadura.

- Confiabilidad.
- Materiales.
- Fuentes de energía.
- Ajustes y tolerancias.
- Materiales y procesos comunes.
- Fabricación y montaje.

2.2.1.1.3. Análisis de la competitividad.

Describe según el usuario el grado de satisfacción que proporcionan los productos de la empresa respecto a los de la competencia.

2.2.1.1.4. Correlaciones.

Establece las correlaciones entre la voz del usuario y la voz del ingeniero.

2.2.1.1.5. Comparación Técnica.

Compara los productos de la empresa con los de la competencia.

2.2.1.1.6. Compromisos Técnicos.

Establece los compromisos potenciales entre las diferentes características técnicas del producto.

Con todos los conceptos anteriores aplicados para la picadora se

realiza una casa de la calidad enfocada a la planificación del producto, debido a que se está en el desarrollo de un prototipo se realiza una casa de calidad fase 1.

En la figura 2.1 se muestra la casa de la calidad desarrollada para la picadora.

2.2.1.2. Análisis de la Casa de la Calidad.

En la columna A, el usuario evaluó las características del producto a fabricarse, y en las dos siguientes se evaluó las características de similares máquinas existentes en el mercado, sin embargo son máquinas que no satisfacen los requerimientos del usuario, especialmente en las dimensiones del corte y del producto.

Se observa que los requerimientos básicos para el buen desempeño de la máquina son: cumplir la capacidad, tamaño de corte correcto, resistencia al ambiente de trabajo y bajo costo.

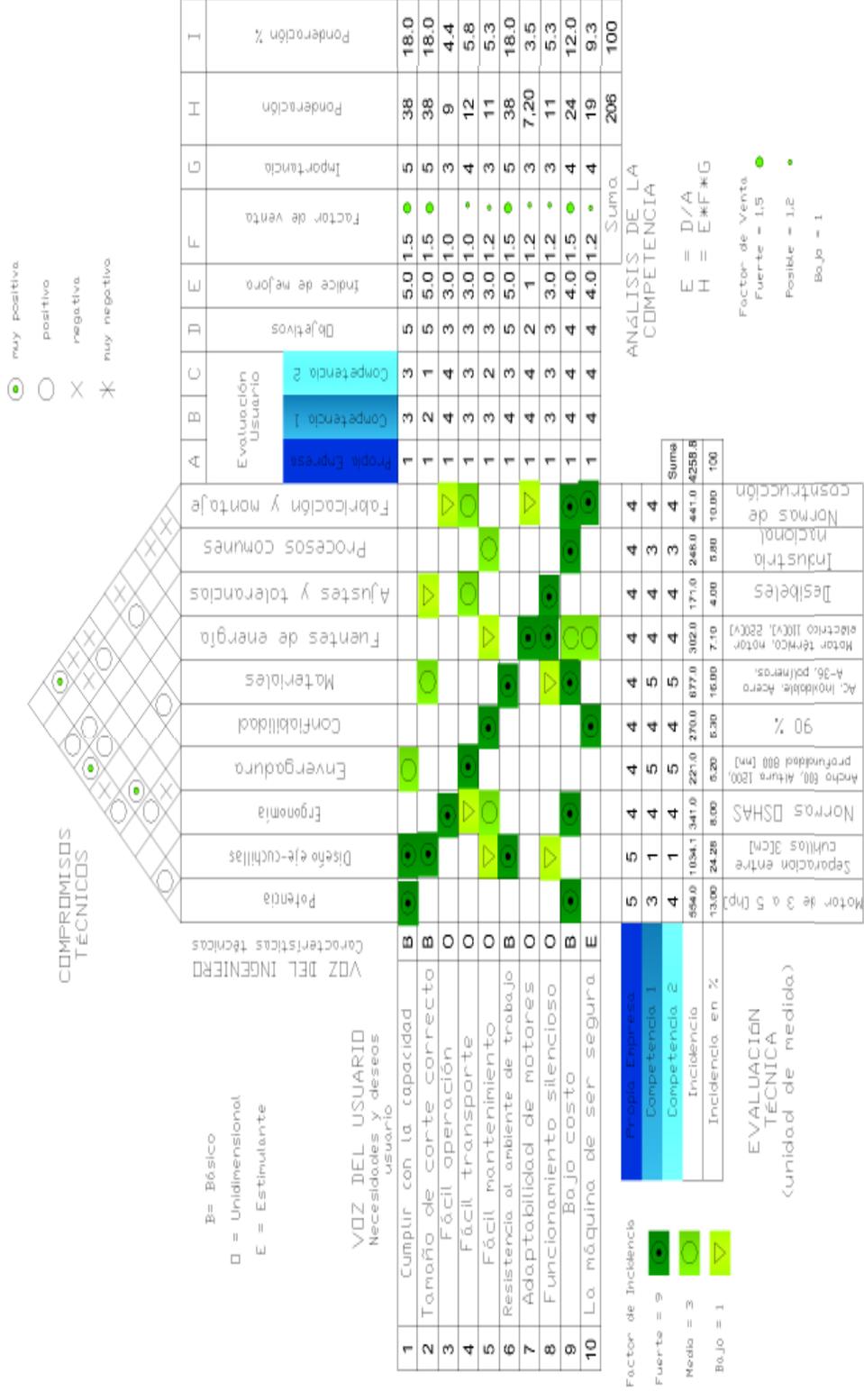


Figura 2.1: Casa de la calidad desarrollada para la picadora.

Fuente: Propia.

Entre las demandas unidimensionales tenemos: fácil operación, fácil transporte, fácil mantenimiento, y funcionamiento silencioso, que son los que aumentan la satisfacción en el usuario.

Finalmente la demanda estimulante es la seguridad en la máquina. Se puede apreciar que los requerimientos básicos también tienen un alto factor de venta, por lo que su mejora incide en la comercialización de la máquina.

2.2.1.3. Conclusiones de la Casa de la Calidad.

La casa de la calidad brindó información acerca de las características técnicas que satisfacen las necesidades del usuario y a continuación se hace una descripción de cada una.

- Cumplir la capacidad de corte.- El cliente busca procesar una cantidad de 20 quintales en una hora, debido a que la mayoría de los propietarios de hatos de ganado proporcionan esta cantidad diariamente, además el almacenamiento prolongado de los productos picados disminuye su digestibilidad, debido a la oxidación.
- Tamaño de corte correcto.- Este aspecto es importante debido a la anatomía del animal, y el cliente lo que busca es asegurar la alimentación, evitando el atoramiento durante el consumo del producto.
- Resistencia al ambiente de trabajo.- Esto se debe a que la máquina funcionara en ambientes húmedos y que promueven la corrosión,

- **Bajo costo.**- Este factor es importante debido a la idiosincrasia del ganadero, que por lo general no invierte en maquinaria de costo elevado.

Los parámetros anteriores suman alrededor de un 66 % de la ponderación total lo que indica que estos factores se deben priorizar, con lo que se lograría una gran satisfacción en el cliente.

En cuanto a los compromisos técnicos ubicados en el techo de la casa de la calidad se observa que las relaciones entre características técnicas son las de diseño eje-cuchillas con confiabilidad, potencia y fuentes de energía, diseño eje-cuchillas con fabricación y montaje, lo que indica que se debe tener presente estas relaciones en el momento propio del diseño y construcción de la máquina.

2.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS POR LOS REQUERIMIENTOS DEL USUARIO.

Es un conjunto de características y prestaciones que guían en el diseño de una máquina. Además son una guía en la etapa de pruebas, que nos permite comparar lo obtenido con lo buscado.

Dichas características se las presenta en la tabla 2.1

2.4. ESTRUCTURA FUNCIONAL.

Para comprender este tema debemos resumir algunos conceptos:

Una función es una una formulación abstracta de una tarea, sin caer en una solución determinada para dicha tarea.

Una subfunción es una tarea más pequeña o más simple.

Tabla 2.1: Especificaciones técnicas de la máquina.

Fuente: Propia.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	Producto: MÁQUINA PICADORA	Fecha inicial:		
		Última revisión:		
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				
Especificaciones				
Concepto	Fecha	Propone	R \ D	Descripción
Función	28/02/2014	C	R	Picar papas, zanahoria y plátano
		C	R	Picar en dimensiones menores a 30[mm]
		C	R	Picar 20 quintales por hora
Dimensiones	28/02/2014	C/D	D	800*800*1200[mm]
		C/D	D	Peso 50 [kg]
Movimientos	28/02/2014	D	R	Circular de corte
Señales y control	28/02/2014	C	D	Pulsador de encendido
Fabricación	28/02/2014	D	R	Procesos básicos de construcción en el medio
Seguridad y ergonomía	28/02/2014	D	R	Protecciones en el áreas de riesgo.
Energía	28/02/2014	C	D	Motor de combustión Motor eléctrico
Vida útil y mantenimiento	28/02/2014	C	R	Fácil mnnto.
		C/D	R	Accesibilidad en repuestos

PROPONE: I=Ingeniería; C=Cliente ; R=Requerimiento; D=Deseo.

Con estos conceptos se puede dar una definición aproximada de estructura funcional.

Entonces una estructura funcional consiste en la representación de un conjunto de subfunciones con entradas y salidas interrelacionadas.

2.4.1. ANÁLISIS FUNCIONAL.

El análisis funcional tiene como objetivo encasillar las funciones y procesos que realiza un componente o mecanismo para buscar so-

luciones a un problema, esto facilita la planificación y la obtención de productos de mayor calidad a un menor costo.

El análisis funcional de un producto y la elaboración de la estructura funcional es el primer paso en el establecimiento de la estructura modular de un producto, a partir de combinar las diversas funciones en módulos de forma que se consigan los dos objetivos principales, que son:

- Agrupar las funciones en módulos.
- Establecer interfases adecuadas entre módulos.

El uso de este método requiere diferenciar las funciones primarias y secundarias de la máquina. Para este proyecto la función primaria es la de picar las papas, zanahorias y el plátano, mientras que las funciones secundarias permiten la ejecución satisfactoria de la función primaria y son obtenidos de un análisis.

2.4.2. DESARROLLO DE LOS DIAGRAMAS FUNCIONALES.

Estos diagramas enlazan las funciones que debe cumplirse. El uso de este método requiere diferenciar las funciones primarias y secundarias de la máquina.

Para este proyecto la función primaria es la de picar las papas, zanahorias y el plátano, mientras que las funciones secundarias permiten la ejecución satisfactoria de la función primaria y son obtenidos de un análisis.

En la figura 2.2 se muestra un diagrama funcional de fase 1.

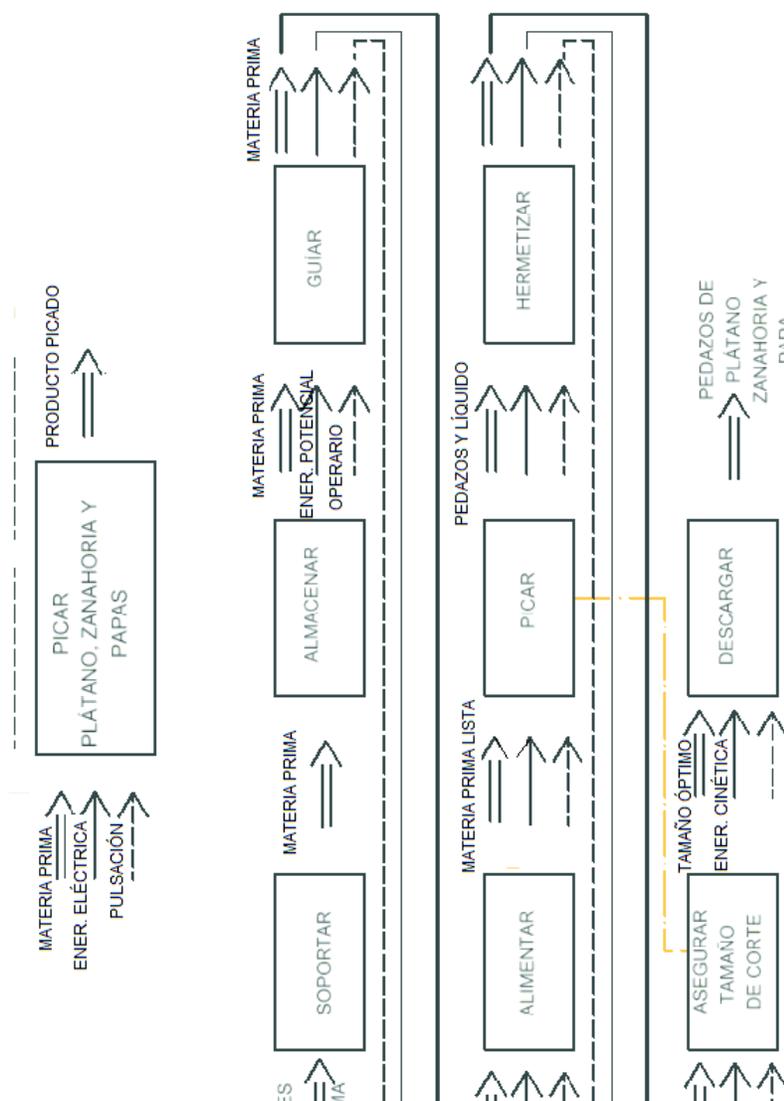


Figura 2.2: Diagrama funcional de la picadora.

Fuente: Propia.

2.4.3. ANÁLISIS DE LOS DIAGRAMAS FUNCIONALES.

Del diagrama funcional del numeral anterior que ha sido desarrollado hasta el nivel 1, se tiene el siguiente análisis:

La función primaria o nivel 0 es la de picar las papas, zanahorias y plátano, siendo las entradas los productos a procesar y la energía manual del operario mientras que la salida es el producto ya picado.

En el nivel 1 se diferencian dos funciones que son: almacenar y cortar la materia prima, con sus respectivas entradas y salidas.

2.4.4. DEFINICIÓN DE MÓDULOS.

La modularidad consiste en dividir el producto en bloques o módulos, que interactúan entre si y están orientados a ordenar las diferentes funciones y facilitar las operaciones, para su construcción, mantenimiento, entre otras, además de permitir una reducción de costos.

El uso de este método permite la mejora de los módulos individuales sin la necesidad de modificar el resto o todo el diseño, además permite la selección de la mejor alternativa. Para esto se toma el diagrama funcional y se lo agrupa en módulos.

En la figura 2.3 se observa un diagrama modular para la máquina.

2.4.4.1. DIVISIÓN MODULAR.

Para este caso y debido a la baja complejidad de la máquina se ha dividido en tres módulos que cumplen dos funciones cada uno:

- Módulo 1: soportar y cubrir
- Módulo 2: almacenar y Alimentar
- Módulo 3: Picar y descargar

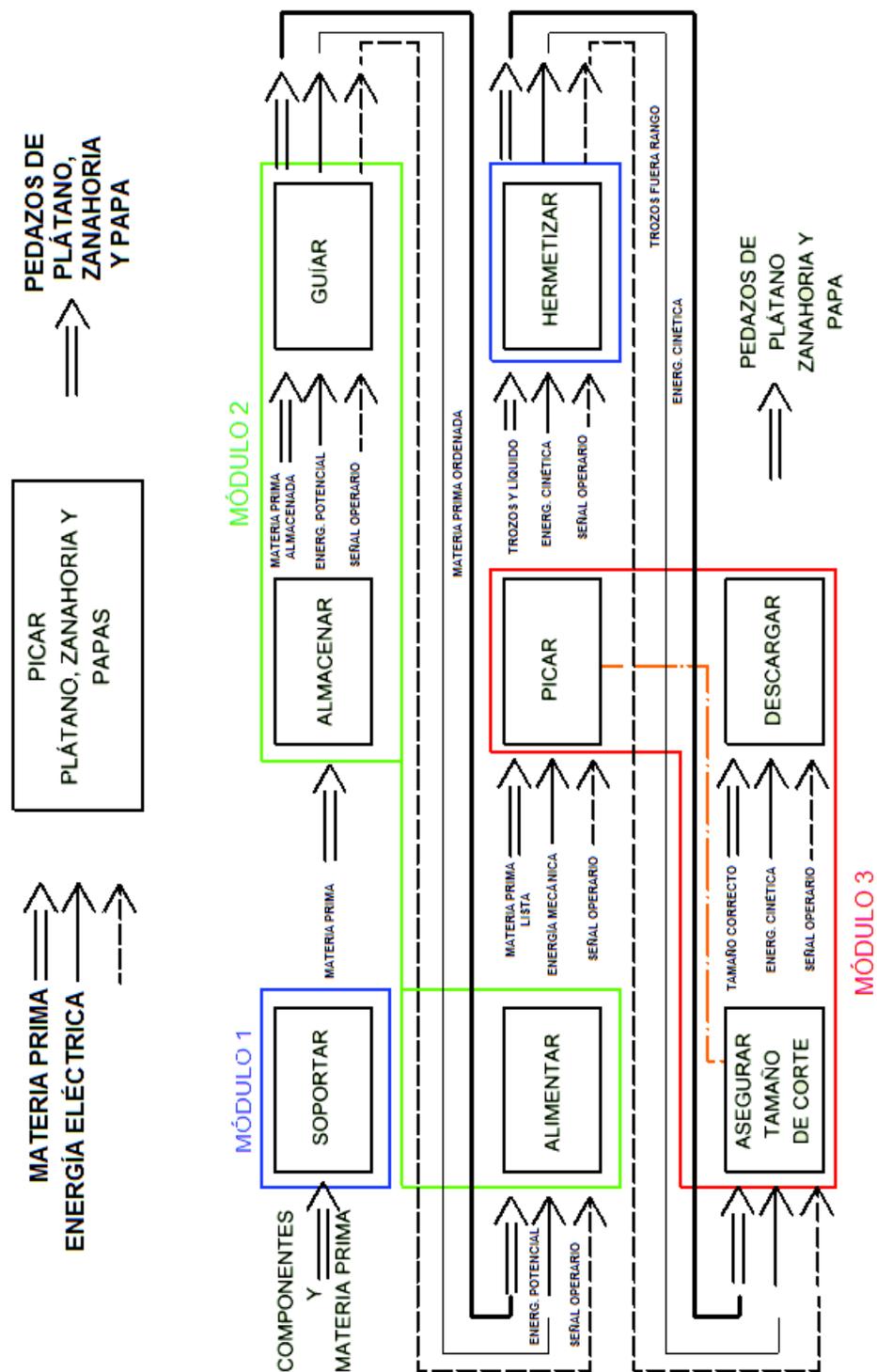


Figura 2.3: Diagrama modular de la picadora.

Fuente: Propia.

2.5. SOLUCIONES PARA CADA MÓDULO.

2.5.1. MÓDULO 1.

Este módulo cumple con las siguientes funciones:

- Soportar los componentes de la máquina.
- Formar una cámara hermética de picado.

Debido a las funciones básicas a cumplirse en este módulo no se presenta alternativas de solución pero se hace una descripción de los materiales a utilizarse y la forma que tomará uno de ellos.

Para la estructura se utiliza un perfil L 25x25x3 [mm].

Para la carcasa se escoge una plancha de acero A-36 de 3 [mm] de espesor, y habrá predominación de una geometría circular.

2.5.2. MÓDULO 2.

Este módulo cumple con las siguientes funciones:

Almacenar la materia prima, ordenar y alimentar a la picadora de forma continua.

La forma más adecuada de almacenar y distribuir de forma segura es mediante el uso de tolvas.

Las tolvas independientemente de su geometría (cónica o rectangular) presentan las siguientes características:

- El descenso del material se da por gravedad.
- Su geometría deber permitir el vaciado total y dosificación de productos.

- El ingreso de la materia prima es sencilla y abundante.

Para este módulo se plantean las siguientes posibles soluciones en la geometría de la tolva:

2.5.2.1. Tolva cónica.

Este tipo de tolva se caracteriza por la forma de cono truncado, la materia prima ingresa fácilmente dado al diámetro de la tolva en su parte superior, aunque el acople tiene una gran complicación, además de un vaciado lento.

En la figura 2.4 se observa una esquema de este tipo de tolva.

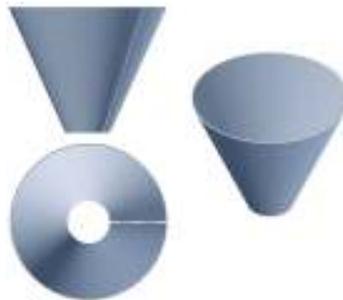


Figura 2.4: Tolva Cónica.

Fuente: Propia.

Ventajas

- La velocidad de salida de la materia prima es menor a la de ingreso.
- La fluencia de la materia prima es mayor.

Desventajas

- La capacidad de almacenamiento no es muy grande.
- Difícil acople al cuerpo de la cortadora.

2.5.2.2. Tolva Rectangular.

En este tipo de tolva la materia prima es contenida en un recipiente de forma de pirámide de base rectangular truncada como muestra la figura 2.5

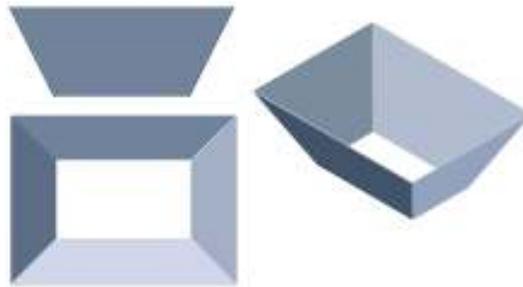


Figura 2.5: Tolva Rectangular.

Fuente: Propia.

Ventajas

- El ingreso del material es sencillo y abundante.
- La velocidad de salida de la materia prima es menor a la de ingreso.
- Fácil acople al cuerpo de la cortadora.
- La capacidad de almacenamiento es grande.

Desventajas

- La fluencia de la materia prima es menor.
- El ingreso de la materia prima es abrupto.

2.5.2.3. Tolva Asimétrica.

Se trata de una tolva esencialmente rectangular, con una de sus paredes circular como muestra la figura 2.6.

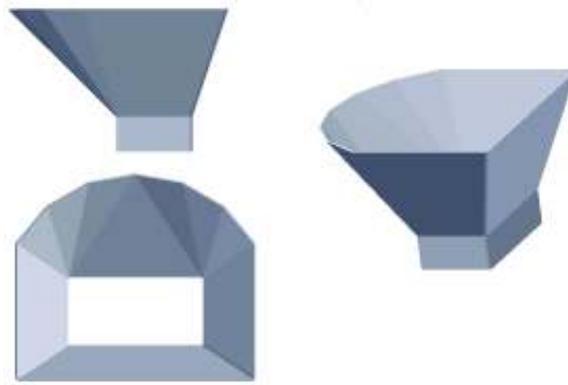


Figura 2.6: Tolva Asimétrica.

Fuente: Propia.

Ventajas

- El ingreso del material es sencillo, abundante y rápido.
- La velocidad de salida de la materia prima es menor a la de ingreso.
- Fácil acople al cuerpo de la cortadora.
- Es ergonómico
- La capacidad de almacenamiento es muy grande.

Desventajas

- El ingreso de la materia prima es abrupto.
- Construcción compleja y más costosa.

2.5.2.4. Evaluación y selección de alternativas para el Módulo 1.

Se seleccionan los criterios de valoración más influyentes.

- Costo.- Esto debido a que en el sector agropecuario, no se tiene la cultura de invertir en maquinaria.
- Proceso de construcción.- Con la finalidad de utilizar procesos tradicionales de construcción.
- Ergonomía.- Para alivianar las jornadas de trabajo.
- Acople.- Esto con respecto a la forma de unir este módulo al toda la máquina.

Se opta por el método de los residuos ponderados, que permite identificar de una manera clara, sencilla y objetiva la prioridad existente entre los criterios de fabricación. En la Tabla 2.2 se evalúa el peso específico de cada criterio.

Tabla 2.2: Evaluación de cada criterio.

Fuente: Propia.

Criterio	Costo	Construcción	Ergonomía	Acople	S+1	PONDERACIÓN
Costo		1	1	1	4	0,4
Construcción	0		1	0,5	2,5	0,25
Ergonomía	0	0		0	1	0,1
Acople	0	0,5	1		2,5	0,25
				suma	10	1

Costo > Construcción = Acople > Ergonomía

De acuerdo con la tabla 2.2 el criterio con mayor influencia en la selección del tipo de tolva es el costo, esto debido a que la función a prestar no es demasiado compleja y debemos disminuir al máximo el costo de los componentes.

A continuación está la construcción, esto debido a que se necesita procesos básicos en la fabricación.

En tercer lugar está el acople, esto se debe a que en el proceso de ensamblaje se necesita precisión y rapidez.

Finalmente está la ergonomía, y esto es debido a que el trabajo no es prolongado.

En la Tabla 2.3 se realiza la valoración del peso específico de cada alternativa en función del costo.

Tabla 2.3: Evaluación de las alternativas respecto al costo.

Fuente: Propia.

Costo	Solución 1	Solución 2	Solución 3	S+1	PONDERACIÓN
Solución 1		0	1	2	0,33
Solución 2	1		1	3	0,5
Solución 3	0	0		1	0,17
			suma	6	1

Solución 2 > Solución 1 > Solución 3

De acuerdo con la tabla anterior la tolva rectangular es la de mayor peso en la valoración frente al criterio costo, esto debido a que los procesos implicados son económicos.

En la Tabla 2.4 se encuentra la valoración del peso específico en función de la construcción.

Tabla 2.4: Evaluación de las alternativas respecto a la construcción.

Fuente: Propia.

Construcción	Solución 1	Solución 2	Solución 3	S+1	PONDERACIÓN
Solución 1		0	1	2	0,33
Solución 2	1		1	3	0,5
Solución 3	0	0		1	0,17
			suma	6	1

Solución 2 > Solución 1 > Solución 3

De acuerdo con la tabla anterior la tolva rectangular es la de mayor peso en la valoración frente al criterio construcción, esto debido a que los los los componentes son sencillos de fabricar.

En la Tabla 2.5 se encuentra la valoración del peso específico en función de ergonomía.

Tabla 2.5: Evaluación de las alternativas respecto a la ergonomía.

Fuente: Propia.

Ergonomía	Solución 1	Solución 2	Solución 3	S+1	PONDERACIÓN
Solución 1		0,5	0	1,5	0,3
Solución 2	0,5		0	1,5	0,3
Solución 3	1	1		2	0,4
			suma	5	1

Solución 3 > Solución 2 = Solución 1

De acuerdo con la tabla anterior la tolva asimétrica es la de mayor peso en la valoración frente al criterio ergonomía, esto debido a la facilidad en la colocación de los productos a procesar.

En la Tabla 2.6 se encuentra la valoración del peso específico en función del acople.

Tabla 2.6: Evaluación de las alternativas respecto al acople.

Fuente: Propia.

Acople	Solución 1	Solución 2	Solución 3	S+1	PONDERACIÓN
Solución 1		0	0	1	0,17
Solución 2	1		0,5	2,5	0,415
Solución 3	1	0,5		2,5	0,415
			suma	6	1

Solución 2 = Solución 3 > Solución 1

De acuerdo con la tabla anterior la tolva rectangular es la de mayor peso en la valoración frente al criterio costo, esto debido a que los procesos implicados son económicos.

En la Tabla 2.7 se encuentran las conclusiones, que sirve para determinar la prioridad de cada alternativa, donde se tiene en cuenta el peso específico de cada criterio de valoración .

Tabla 2.7: Tabla de conclusiones para el módulo 1.

Fuente: Propia.

Conclusiones	Costo	Construcción	Ergonomía	Acople	s	Prioridad
Solución 1	0,5*0,4	0,33*0,25	0,3*0,1	0,17*0,25	0,36	2
Solución 2	0,33*0,4	0,5*0,25	0,3*0,1	0,415*0,25	0,39	1
Solución 3	0,17*0,4	0,17*0,25	0,4*0,1	0,415*0,25	0,25	3

Entonces según la Tabla 2.7 la solución 2 es la que cumple mayoritariamente con los criterios de evaluación.

2.5.3. MÓDULO 3.

El módulo 3 cumple con las siguientes funciones:

- Reducir el tamaño de los productos (picar).
- Alojamiento de las cuchillas.
- Asegurar el tamaño de corte.

2.5.3.1. Reducir el tamaño de la materia prima.

Esta etapa constituye el objetivo del diseño de la máquina, por lo que es primordial su análisis y selección de alternativas.

Para cumplir esta función se hace necesario el uso de cuchillas de corte debido a la textura de los productos a procesar, entonces es vital importancia la selección del tipo de cuchillas a utilizarse, es decir su forma, acople y mantenimiento, para lo cual tenemos tres opciones.

2.5.3.1.1. Cuchilla simple.

Su forma de tipo tradicional, fácil de construir y por ende bajo costo de construcción aunque existiría problemas con el acople y rigidez en momento de picado, en la figura 2.7 se tiene un esquema de este tipo de cuchilla.



Figura 2.7: Cuchilla Simple.

Fuente: Propia.

2.5.3.1.2. Cuchilla Doble.

Este tipo consiste en unir las dos cuchillas simples, en la figura 2.8 se observa este tipo de cuchilla.



Figura 2.8: Cuchilla Doble.

Fuente: Propia.

2.5.3.1.3. Cuchilla Compuesta.

Consiste en unir cuatro cuchillas simples, y además darles un grado de inclinación para proporcionar movimiento a la materia prima, con lo que se lograría un segundo corte más óptimo en caso de ser necesario. La figura 2.9 muestra un esquema de este tipo de cuchilla



Figura 2.9: Cuchilla Compuesta.

Fuente: Propia.

2.5.3.2. Alojamiento a las cuchillas.

Consiste en como las cuchillas estarán fijadas al eje, para lo que tenemos las siguientes opciones:

2.5.3.2.1. Soldadura.

Consiste en soldar directamente las cuchillas de corte al eje motriz como indica la figura 2.10.



Figura 2.10: Soldadura.

Fuente: Propia.

2.5.3.2.2. Mediante una manzana de sujeción.

Las cuchillas están sujetas a la manzana en sentido axial, mediante el mecanismo de sujeción más adecuado, mientras que la manzana está acoplada en sentido radial a eje, asegurando la transmisión del movimiento se muestra la manzana en la figura 2.11.

Ventajas

- Fácil mantenimiento.
- Intercambiabilidad de componentes.

Desventajas

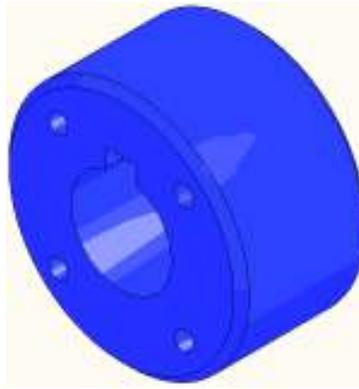


Figura 2.11: Manzana de sujeción.

Fuente: Propia.

- Mayor costo.
- Difícil construcción.

2.5.3.3. Asegurar el Tamaño de Corte.

Consiste obtener un tamaño promedio uniforme es decir los productos a picar no deben salir de la cámara de picado sin ser reducidos al tamaño correcto. Para conseguir esta operación se opta por dos métodos:

2.5.3.3.1. Tamiz o criba.

Consiste en una plancha de acero perforada, con dimensiones de los agujeros acorde con el tamaño requerido del producto a picar.

En la figura 2.12 se observa un esquema de una criba.

Ventajas

- Fácil construcción.
- Intercambiabilidad de componentes.
- Bajo costo

Desventajas

- Acumulación del producto.
- Descarga lenta.

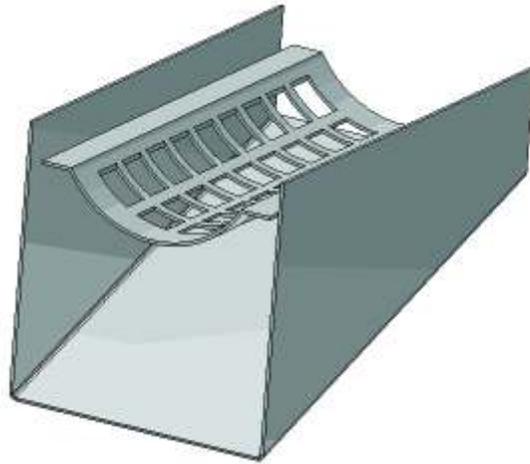


Figura 2.12: Criba.

Fuente: Propia.

2.5.3.3.2. Tren de cuchillas adicional.

Esta opción consiste en poner un tren adicional de cuchillas, para que si algún pedazo no cumpla con las dimensiones el segundo tren de cuchillas lo corte.

En la figura 2.13 se observa la disposición de los trenes de cuchillas.

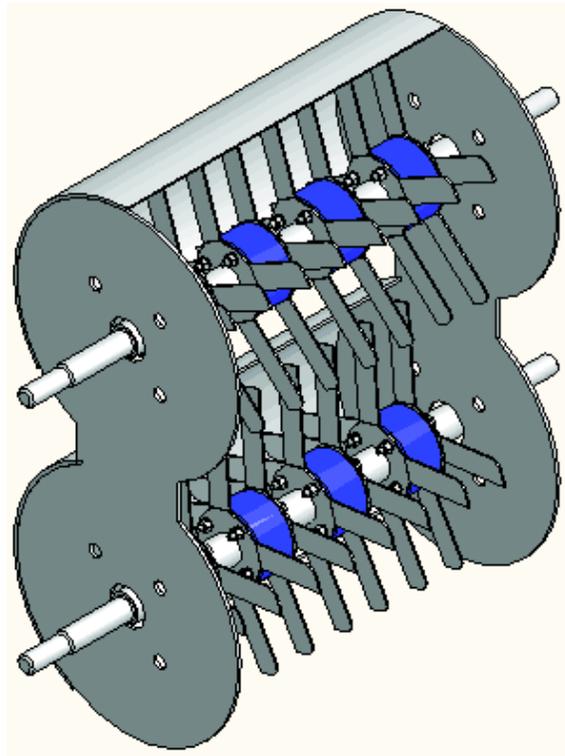


Figura 2.13: Tren de cuchillas adicional.

Fuente: Propia.

Ventajas

- Intercambiabilidad de componentes.
- Gran velocidad de descarga.

Desventajas

- Mayor tiempo de ensamblado y fabricación.
- Aumento en costo de la máquina.

2.5.3.4. Alternativas del módulo 3.

Siguiendo la metodología del diseño concurrente se procede a una combinación de soluciones para el módulo 3.

La figura 2.14 muestra la combinación de las soluciones de cada función, de las cuales se toman como alternativas las más compatibles.

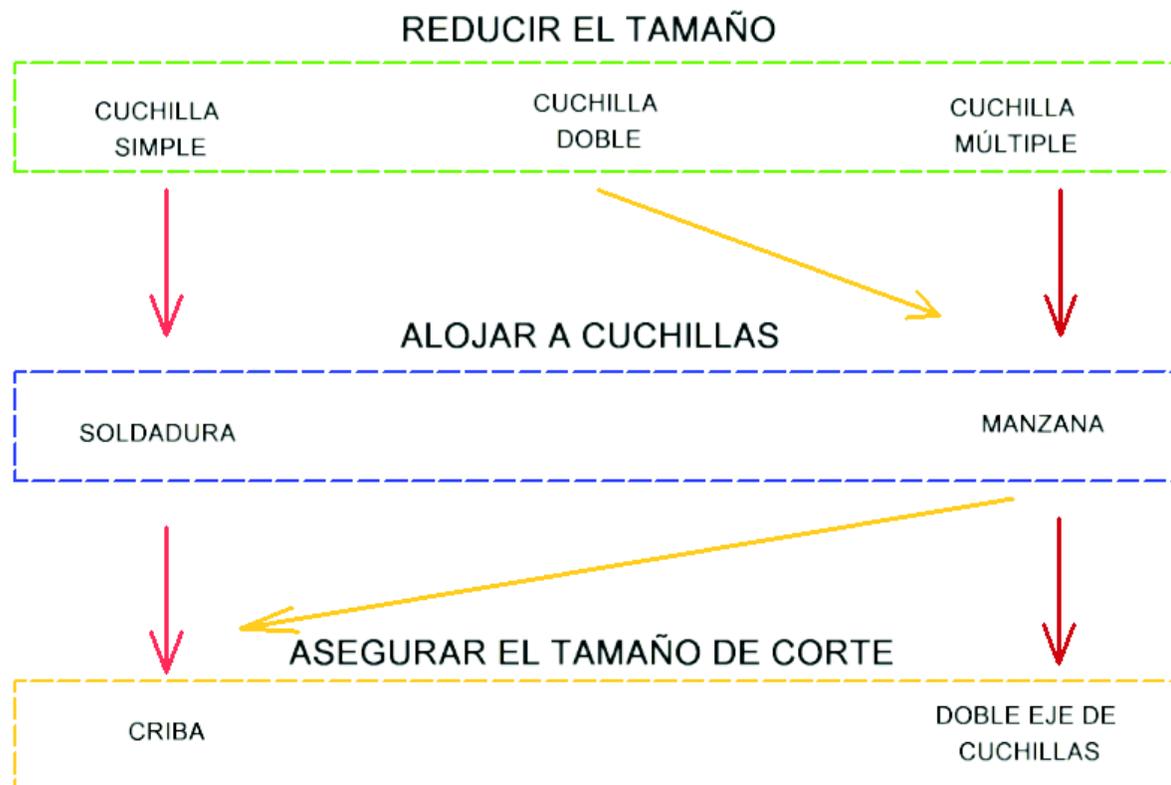


Figura 2.14: Combinación de soluciones para el módulo 3.

Fuente: Propia.

2.5.3.5. Evaluación y selección de alternativas para el módulo 3.

Los criterios que se evalúan para esta selección de la alternativa del módulo 3 son:

- Costo.
- Mantenimiento.
- Calidad de corte.
- Fiabilidad.

A continuación en la tabla 2.8 se realiza la ponderación de cada uno de los criterios.

Tabla 2.8: Evaluación de cada criterio para el módulo 3.

Fuente: Propia.

Criterio	Costo	Mantenimiento	Calidad de corte	Fiabilidad	s+1	Ponderación
Costo		0	0	0	1	0,1
Mantenimiento	1		0	0	2	0,2
Calidad de corte	1	1		0,5	3,5	0,35
Fiabilidad	1	1	0,5		3,5	0,35
				suma	6	1

Calidad de corte = Fiabilidad > Mantenimiento > Costo

Entonces según la tabla 2.8 se tiene que la calidad de corte tiene igual valor que la fiabilidad, seguido del mantenimiento y por último el costo.

A continuación en la tabla 2.9 se realiza la valoración de las soluciones con respecto al parámetro calidad de corte.

Tabla 2.9: Evaluación en base al criterio calidad de corte.

Fuente: Propia.

Calidad de corte	Solución 1	Solución 2	Solución 3	s+1	Ponderación
Solución 1		0,5	0	1,5	0,25
Solución 2	0,5		0	1,5	0,25
Solución 3	1	1		3	0,50
			suma	6	1

Solución 3 > Solución 1 = Solución 2

Entonces según la tabla 2.9 se tiene que la solución 3 es prioridad frente a las dos opciones.

La tabla 2.10 muestra una valoración de las soluciones según el parámetro fiabilidad.

Tabla 2.10: Evaluación en base al criterio fiabilidad.

Fuente: Propia.

Fiabilidad	Solución 1	Solución 2	Solución 3	s+1	Ponderación
Solución 1		0,5	0	1,5	0,25
Solución 2	0,5		0	1,5	0,25
Solución 3	1	1		3	0,5
			suma	6	1

Solución 3 > Solución 1 = Solución 2

Entonces según la tabla 2.10 se tiene que la solución 3 es prioridad frente a las dos opciones.

La tabla 2.11 muestra una valoración de las soluciones según el parámetro mantenimiento.

Tabla 2.11: Evaluación en base al criterio mantenimiento.

Fuente: Propia.

Mantenimiento	Solución 1	Solución 2	Solución 3	s+1	Ponderación
Solución 1		0	0	1	0,17
Solución 2	1		0	2	0,33
Solución 3	1	1		3	0,5
			suma	6	1

Solución 3 > Solución 2 > Solución 1

Entonces según la tabla 2.11 se tiene que la solución 3 es prioridad frente a las dos opciones.

La tabla 2.12 muestra una valoración de las soluciones según el parámetro costo.

Tabla 2.12: Evaluación en base al criterio costo.

Fuente: Propia.

Costo	Solución 1	Solución 2	Solución 3	s+1	Ponderación
Solución 1		1	1	3	0,5
Solución 2	0		1	2	0,33
Solución 3	0	0		1	0,17
			suma	6	1

Solución 1 > Solución 2 > Solución 3

Entonces según la tabla 2.12 se tiene que la solución 1 es prioridad frente a las dos opciones.

A continuación, se muestra la Tabla 2.13 de conclusiones, la cual permite determinar la prioridad de cada alternativa.

Tabla 2.13: Conclusiones.

Fuente: Propia.

Conclusiones	Calidad de corte	Fiabilidad	Mantenimiento	Costo	Σ	Prioridad
Solución 1	0,25*0,35	0,25*0,35	0,17*0,20	0,5*0,10	0,259	3
Solución 2	0,25*0,35	0,25*0,35	0,33*0,20	0,33*0,10	0,274	2
Solución 3	0,5*0,35	0,50*0,35	0,5*0,20	0,17*0,10	0,467	1

Al observar la Tabla 2.13 se concluye que la mejor opción para el módulo 2 es la alternativa 3.

2.6. ESQUEMA GENERAL DE LA MÁQUINA.

Siguiendo las indicaciones del diseño concurrente se realiza un esquema general de la máquina, donde constan los módulos y elementos seleccionados, cabe indicar que en este esquema no están dimensionados ni calculados ningún componente, se tiene un primer boceto del prototipo al que se puede realizar modificaciones si se lo requiere. En la figura 2.15 se puede ver un esquema inicial de la máquina.

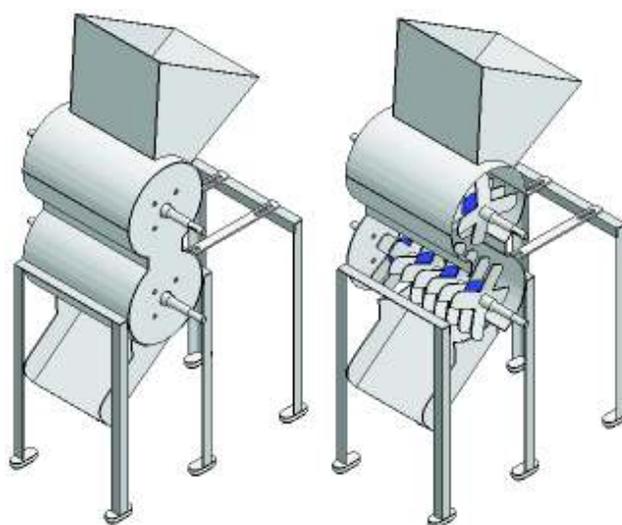


Figura 2.15: Esquema general de la picadora.

Fuente: Propia.

CAPÍTULO 3

DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

3.1. DETERMINACIÓN DE LA FUERZA DE CORTE.

Debido a que se necesita conocer la fuerza de corte de cada uno de los productos a procesar, y no se cuenta con información acerca de ellos se realiza un ensayo experimental de cizalladura por cada producto, acercándose en la medida de lo posible al la realidad de funcionamiento.

La fuerza de corte corresponde a la resistencia por unidad de superficie que presenta un material al momento de ser cortado.

Cave indicar que la fuerza de corte tiene una relación inversamente proporcional con la velocidad de corte aplicada por lo que los valores de fuerza a encontrarse son suficientes para velocidades superiores al aplicado en el ensayo.

El ensayo se lo realiza en el laboratorio de esfuerzos y vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional.(Ver procedimiento Anexo 1).

Del ensayo experimental realizado se obtuvo los siguientes valores.

La tabla 3.1 muestra una comparación entre los tres productos.

Tabla 3.1: Comparación entre productos.

Fuente: Propia.

Producto	$F_c[N]$	$V_c \frac{mm}{min}$	$A_t[mm^2]$
Papa	122,31	10	129,36
Plátano	152,12	10	130,00
Zanahoria	130,38	10	126,16

F_c : fuerza de corte; V_c : velocidad de corte; A_t : Área de corte

De acuerdo con la tabla 3.1 el plátano mostró la mayor fuerza requerida para el cizallamiento, por lo tanto será la que rija el diseño.

3.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE CORTE.

El sistema de corte está conformado por las cuchillas de corte, manzanas de soporte y elementos de sujeción. Las cuchillas se encuentran en pares, están fijadas a una manzana de soporte mediante pernos, y las manzanas reciben la potencia del eje mediante lengüetas. Este sistema es de vital importancia en el diseño de la máquina, especialmente en las condiciones geométricas ya que son estas las que aseguran el tamaño de corte, además de cumplir con la capacidad, asegurar la descarga, evitar atascamientos, facilitar la limpieza y el mantenimiento entre otras características. En la figura 3.1 se observa un esquema del sistema de corte y de los componentes que lo forman.



Figura 3.1: Sistema de Corte.

Fuente: Propia.

3.2.1. DIMENSIONAMIENTO DE LA CUCHILLA.

Para el dimensionamiento de las cuchillas de corte se tendrá en cuenta los siguientes parámetros:

- Tamaño de los productos a cortar.
- Fuerza requerida para el corte.
- Optimizar el corte.
- Facilitar la descarga.

Se escoge un valor de 74 [mm] en la longitud del aspa debido al tamaño en la sección de los productos, especialmente el de la papa, asegurando así que la cuchilla corte una sección de 50 a 60 [mm] de diámetro en una sola pasada y un ancho de aspa de 20 [mm] por condiciones de manipulación en el ensamblaje. En la tabla 3.2 se muestra el diámetro aproximado de una muestra de papas, y se obtiene un promedio de los mismos.

Tabla 3.2: Diámetro de las papas.

Fuente: Propia.

MUESTRA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DIMENSIONES [mm]	d1	80	90	85	65	85	65	65	100	70	75
	d2	60	65	97	85	60	100	80	85	85	60

d1,d2: Dimensiones representativas en las papas.

Se proporciona un ángulo de inclinación con lo que se busca dar un movimiento durante el corte a los productos a procesar, se determina un ángulo de inclinación de 10°, permitiendo fijar las cuchillas en un espacio justo y obteniendo un volumen pequeño de la máquina.

Se realiza un borde circular en la esquina de corte con la finalidad de que la cuchilla realice un corte suave, en el momento de iniciar el contacto con el producto.

El material utilizado es acero inoxidable AISI 304 ya que se trata de un proceso donde se involucra la cadena alimenticia, facilita el mantenimiento, y se lo

encuentra en el mercado nacional en planchas de 1200 x 2400 [mm] y en espesores de 1 a 5 [mm].

En la figura 3.2 se observa la forma y dimensiones indicadas anteriormente, cabe indicar que algunas de las dimensiones buscadas están en función del eje, tales como el agujero, la ranura para la lengüeta, además el diámetro del agujero para los pernos está determinado por el torque a ser transmitido.

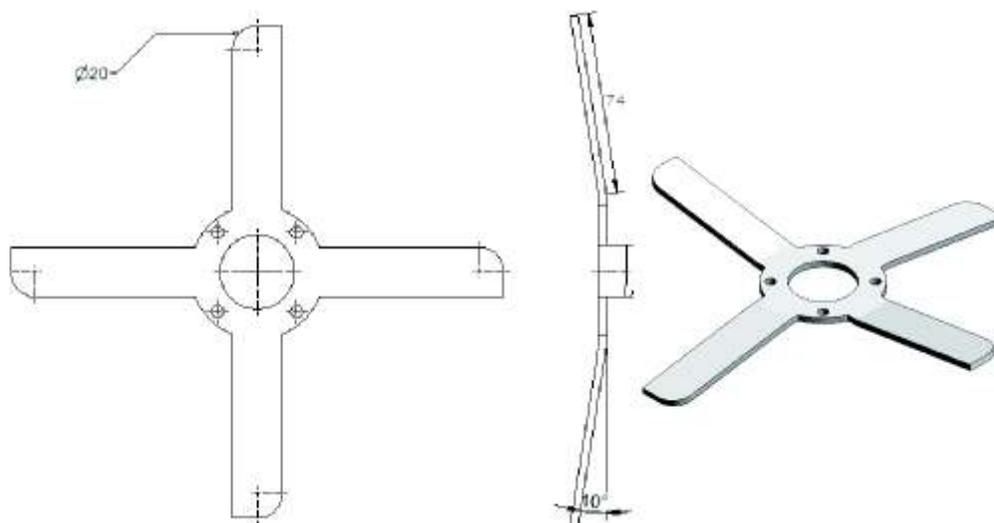


Figura 3.2: Cuchilla de Corte.

Fuente: Propia.

3.2.1.1. Diseño Estático.

Para determinar el espesor de la cuchilla se procede a modelar una de las aspas de la cuchilla como una viga en cantiliver sometida a la mayor fuerza encontrada experimentalmente, necesaria para cortar el producto con mayor resistencia, como mostró ser el plátano.

El valor del espesor encontrado en el diseño estático permite tener una referencia, pero como la cuchilla está sometida a cargas cíclicas luego se procede a encontrar el espesor correcto mediante un diseño dinámico.

Se inicia con un análisis estático de la cuchilla, además se obtiene los respectivos diagramas de fuerza cortante, y momento flector necesarios para efectuar el estudio.

La figura 3.3 muestra como está actuando la fuerza sobre una de las aspas.

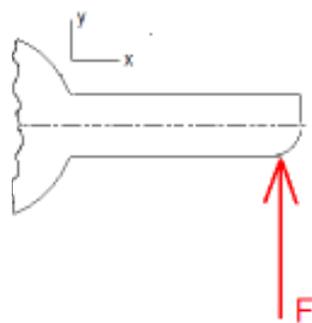


Figura 3.3: Fuerza que actúa sobre la cuchilla.

Fuente: Propia.

En la figura 3.4 se muestra un esquema de la cuchilla, la carga que actúa sobre ella y la disposición de la misma, además los respectivos diagramas de fuerza cortante y momento flector correspondientes a este ejercicio en particular.

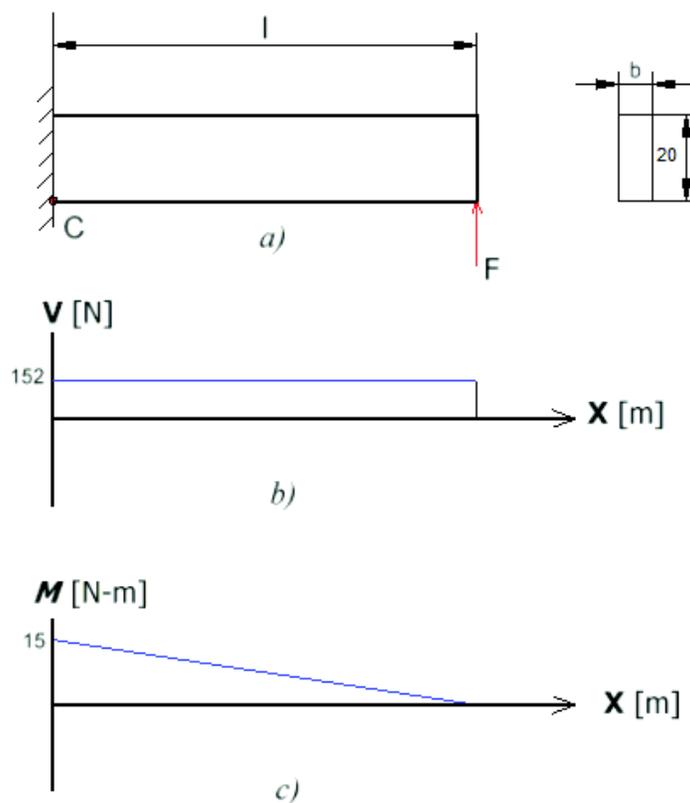


Figura 3.4: a) Carga en la cuchilla, b) diagrama de fuerza cortante, c) diagrama de Momento Flector

Fuente: Propia.

Se encuentra el esfuerzo máximo al que está sometido el elemento una barra rectangular mediante.

$$\sigma = \frac{12Flc}{bh^3} \quad \text{Ec.(3.1)}$$

Donde:

F = Fuerza necesaria; 152[N]

l = Longitud del aspa; 0,074[m]

c = Longitud al centroide del aspa.

Así, se obtiene el esfuerzo en función del espesor, luego mediante la ecuación siguiente se encuentra el espesor bajo la consideración de diseño estático.

$$n = \frac{S_y}{\sigma} \quad \text{Ec.(3.2)}$$

Donde:

n = Factor de Seguridad; 2,5 para materiales promedio que operan en ambientes comunes sujetos a cargas y esfuerzos que se pueden determinar. ¹

σ_y = Esfuerzo de fluencia del material; 602 [MPa].

σ = Esfuerzo máximo.

Entonces el espesor buscado es: $b = 0,66[mm]$

3.2.1.2. Diseño Dinámico.

Para determinar el espesor utilizaremos el criterio de falla ASME.

$$\left(\frac{n\sigma_a}{S_e}\right)^2 + \left(\frac{n\sigma_m}{S_y}\right)^2 = 1 \quad \text{Ec.(3.3)}$$

Donde:

σ_a = Esfuerzo fluctuante debido a flexión.

S_e = Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica.

σ_m = Esfuerzo fluctuante debido a torsión.

S_y = Límite de fluencia del material.

n = factor de seguridad.

¹Juvinall, R. (1993). "Fundamentos de Diseño para Ingeniería Mecánica". México. LIMUSA. 1ra edición. pag.210.

El límite de resistencia a la fatiga se lo encuentra mediante:

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f * S'_e \quad \text{Ec.(3.4)}$$

Donde:

k_a = Factor de modificación de superficie.

k_b = Factor de modificación de tamaño.

k_c = Factor de modificación de carga.

k_d = Factor de modificación de temperatura.

k_e = Factor de confiabilidad.

k_f = Factor de modificación de efectos varios.

S'_e = Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria.

El factor de modificación de superficie se evalúa mediante.

$$k_a = a.S_{ut}^b \quad \text{Ec.(3.5)}$$

Donde :

$a= 57,7$ (Ver Anexo 1,Tabla A.3)

$b= -0,718$ (Ver Anexo 1,Tabla A.3)

$$k_a = 0,57$$

El factor de modificación de tamaño se encuentra mediante:

$$k_b = 0,879d^{0,107} \quad \text{Ec.(3.6)}$$

En la ecuación anterior se debe usar un diámetro equivalente, que para el caso de vigas rectangulares se encuentra mediante la siguiente ecuación:

$$d_e = 0,808\sqrt{hb} \quad \text{Ec.(3.7)}$$

Donde se utiliza como valor inicial, el encontrado bajo la condición de diseño estático.

Los factores de modificación de carga, modificación de temperatura tienen un valor de 1 de acuerdo con las características particulares de este problema.

$$k_c = k_d = 1$$

El factor de confiabilidad se lo evalúa mediante Anexo 1. tabla A.6 .

$$k_e = 1$$

El factor de concentración de esfuerzo por fatiga se lo encuentra mediante:

$$k_f = 1 + q(k_t - 1) \quad \text{Ec.(3.8)}$$

Donde:

q = Sensibilidad a la muesca; 7,5 (Ver Anexo 1, Figura A.2)

k_t = Factor de concentración de esfuerzos; 1,85 (Ver Anexo 1, Figura A.4)

$$k_f = 1,63$$

El límite de resistencia a la fatiga de la probeta de materiales dúctiles con una confiabilidad del 50 % es:

$$S'_e = 0,5S_{ut} \quad \text{Ec.(3.9)}$$

$$S'_e = 310[MPa]$$

La amplitud del esfuerzo se encuentra mediante:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} \quad \text{Ec.(3.10)}$$

$$\sigma_a = \frac{79800}{b}$$

El esfuerzo medio se lo encuentra mediante:

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} \quad \text{Ec.(3.11)}$$

$$\sigma_m = \frac{79800}{b}$$

Y mediante iteración en la ecuación 3.6 encontramos un espesor de:

$$b = 1,1[mm]$$

Para la construcción se utilizará un planchas de espesor de 1,5 [mm] que es el que existe en el mercado.

3.2.2. SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE AJUSTE

Consiste en obtener las dimensiones de los pernos teniendo en cuenta el grado, tipo de rosca, la aplicación, existencia en el mercado, facilidad de montaje y costo.

Para obtener la dimensión de los pernos se considera que dos de las cuatro aspas de la cuchilla están ejerciendo la fuerza de corte, y para fines de diseño se considera la fuerza más alta obtenida en los ensayos de corte.

La figura 3.5 muestra la aplicación de las fuerzas en las aspas y el brazo de palanca, que sirven para el cálculo del torque al que está sometida la cuchilla.

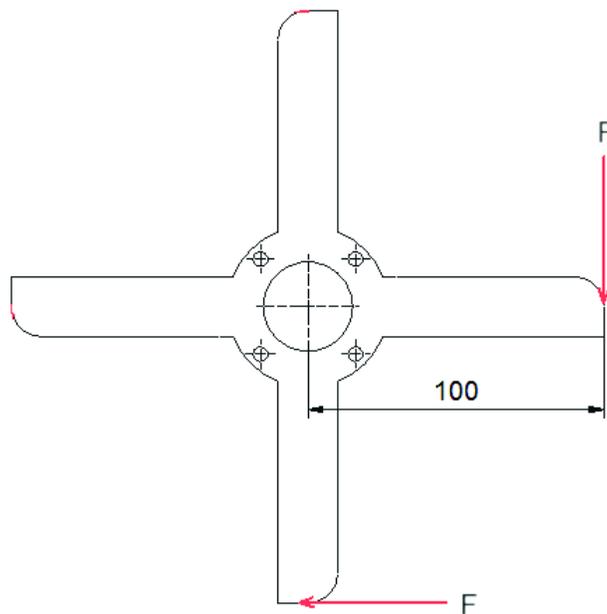


Figura 3.5: Aplicación de las fuerzas de corte.

Fuente: Propia.

En la figura 3.6 se muestra una descomposición del torque resultante y las fuerzas que contrarrestan dicho torque, se busca determinar el diámetro de los tornillos y el torque de apriete, que permiten que las cuchillas no trabajen en cortante. Para la selección de tornillos se utilizara la teoría de Uniones a tensión cargada en forma Estática.

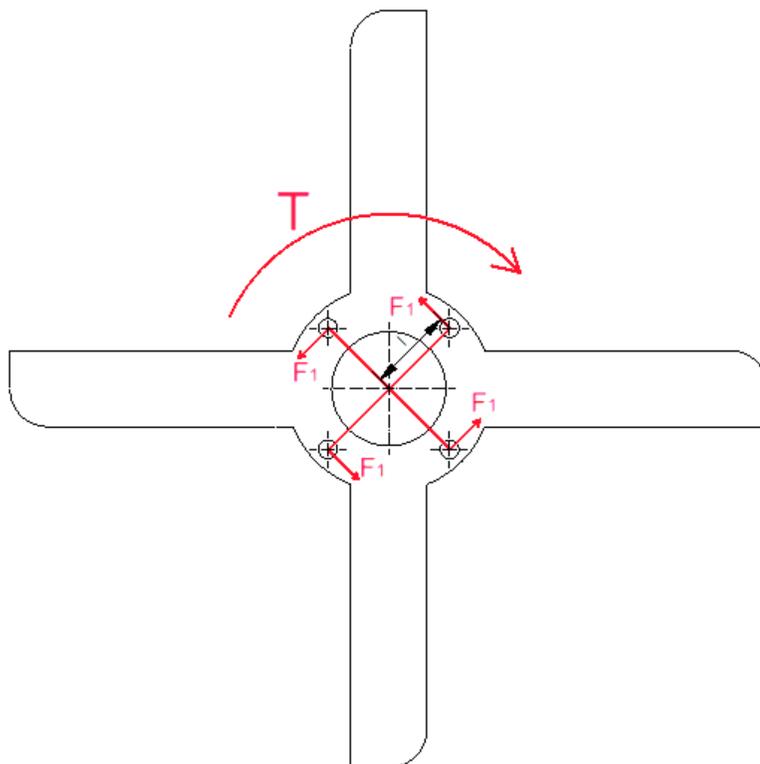


Figura 3.6: Descomposición de fuerzas.

Fuente: Propia.

Para asegurar que los perno trabajen a tracción se debe cumplir con la siguiente relación:

$$F_1 \leq \mu * F_i \quad \text{Ec.(3.12)}$$

Donde:

F_1 = Fuerza ejercida sobre el perno, 507[N]

μ = Coeficiente de rozamiento entre acero y duralón; 0,13.

F_i = Fuerza de apriete ejercida en el perno.

La fuerza de apriete está dada por:

$$F_i = 0,75 * F_p \quad \text{Ec.(3.13)}$$

F_p = es la carga de prueba.

La carga de prueba se la obtiene mediante:

$$F_p = A_t * S_p \quad \text{Ec.(3.14)}$$

Donde:

A_t = Área del esfuerzo sometida a tensión.

S_p = Resistencia de prueba (Ver Anexo 2, Tabla 2.3).

$$S_p = 0,85 * S_y \quad \text{Ec.(3.15)}$$

Donde:

S_y = Esfuerzo de fluencia de material para pernos.

Se toma acero grado 4,8 y grado 5,8 con diferentes diámetros como se muestra en la tabla 3.3 y se escoge el adecuado.

Tabla 3.3: Diámetros de pernos en diferentes grados.

Fuente: Propia.

	Grado 4,8			Grado 5,8		
S_y	340[MPa]			420[MPa]		
ϕ [mm]	4	5	6	4	5	6
A_t [mm] ²	8,78	14,2	20,1	8,78	14,2	20,1
F [N]	285,46	461,68	653,50	352,63	570,31	807,27

De acuerdo con la tabla 3.3, se selecciona pernos de grado 5,8 con un diámetro de 5 [mm] que soporta la fuerza ejercida en el perno y de existencia en el mercado nacional.

3.2.2.1. CÁLCULO DEL TORQUE NECESARIO PARA PRODUCIR LA PRECARGA.

En las juntas empernadas se requiere calcular el torque para producir la precarga en la junta, y este torque se lo calcula con la ecuación :

$$T = K * F_i d \quad \text{Ec.(3.16)}$$

Donde:

K = Coeficiente del par de torsión; 2

F_i = Precarga; 3802,05[N]

d = Diámetro del perno; 5[mm]

Entonces el torque buscado es:

$$T = 4[N - m]$$

3.2.3. DIMENSIONAMIENTO DE LA MANZANA DE ACOUPLE.

Este elemento consiste en un cilindro con perforaciones que sirven para la sujeción de las cuchillas mediante los pernos anteriormente encontrados, al ser elementos acoplados algunas dimensiones están dadas por la cuchillas y los elementos de de sujeción.

Consta de un chavetero que está en función del diámetro del eje y es el que permite la transmisión de potencia desde el eje hacia las cuchillas.

El material utilizado es duralón debido a su alta resistencia, facilidad de maquinado, bajo costo, aplicación en la industria alimenticia y accesibilidad en el mercado. Al ser un material compuesto y no existir teorías de diseño para estos materiales, el diseño se limita al dimensionamiento , y se espera un comportamiento duradero ya que las cargas a las que estará sometido no son altas.

En la figura 3.7 se observa un esquema de la manzana de acople.

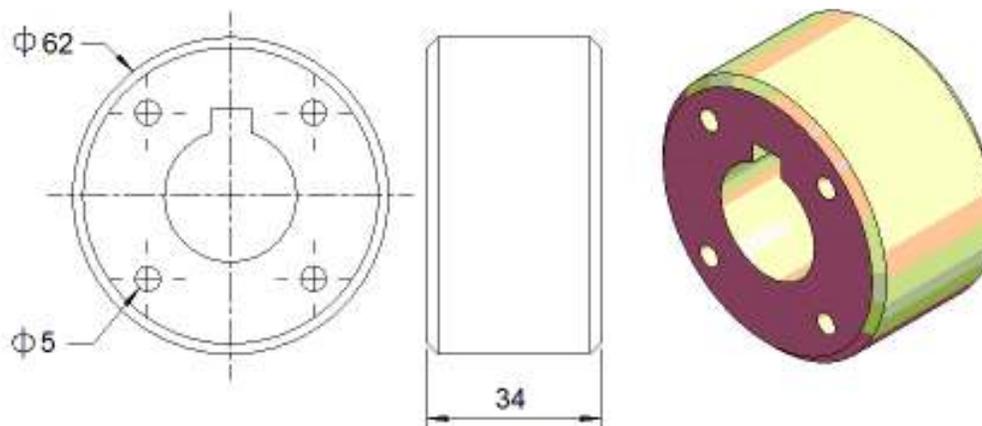


Figura 3.7: Esquema de manzana de acople.

Fuente: Propia.

3.3. DISEÑO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL.

Este sistema está compuesto por una estructura de soporte que aloja a los componentes externos y centra o alinea componentes internos, además se tiene un carcasa, que básicamente es una cámara de picado, y consta además de canal para la descarga.

Las dimensiones de la carcasa están en función de las medidas de las cuchillas encontradas anteriormente, además las medidas mejoran la ergonomía durante el manejo de la picadora.

Así teniendo en cuenta las dimensiones de las cuchillas, capacidad de picado y para lograr un corte correcto se opta por una carcasa circular cuyo diámetro es 220 [mm] que es 20 [mm] mayor a las cuchillas, obteniendo un juego de 10 [mm]. Para la carcasa se utiliza una plancha de acero de 3 [mm] de espesor, esto debido a que se necesita absorber vibraciones además de considerar un ambiente de trabajo brusco.

Para la estructura de soporte se utiliza un perfil L 25x25x3 [mm], esto de acuerdo a que es un perfil que presenta una resistencia suficiente como para soportar los componentes de la picadora, permite un proceso de construcción rápido, y es

de común existencia en el mercado con lo que se logra una disminución en los costos del proyecto.

En la figura 3.8 se muestra un esquema del sistema estructural.

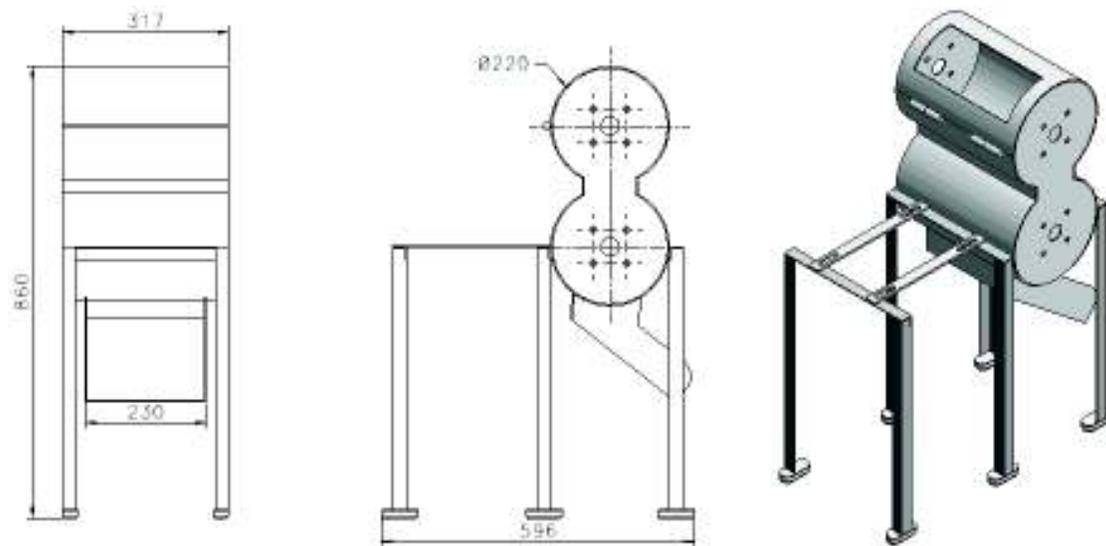


Figura 3.8: Sistema Estructural.

Fuente: Propia.

3.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.

Este sistema consiste en una tolva de forma trapezoidal que se ajusta a la forma de la carcasa de la máquina. Debido a que los productos a picar son de forma irregular dicha tolva servirá solamente para guiar el ingreso hacia las cuchillas de corte, mas no sirve como almacenamiento de los productos. Por esta razón solamente se realizará el dimensionamiento de la tolva.

3.4.1. DIMENSIONAMIENTO DE LA TOLVA.

Se cuenta con cuatro componentes que forman la tolva que son geoméricamente iguales de dos en dos.

Un elemento trapezoidal con un corte circular que se conjuga con la carcasa y una placa rectangular que une los elementos trapezoidales.

Esta tolva está dispuesta de forma inclinada sobre la carcasa para evitar que los pedazos sean expulsados fuera de la cámara de picado debido a la fuerza entregada por las cuchillas.

Se construirá con plancha de acero A-36 y un espesor de 3 [mm] buscando eliminar las vibraciones y mejorando la estabilidad.

La figura 3.9 muestra las dimensiones de los elementos que conforman la tolva.

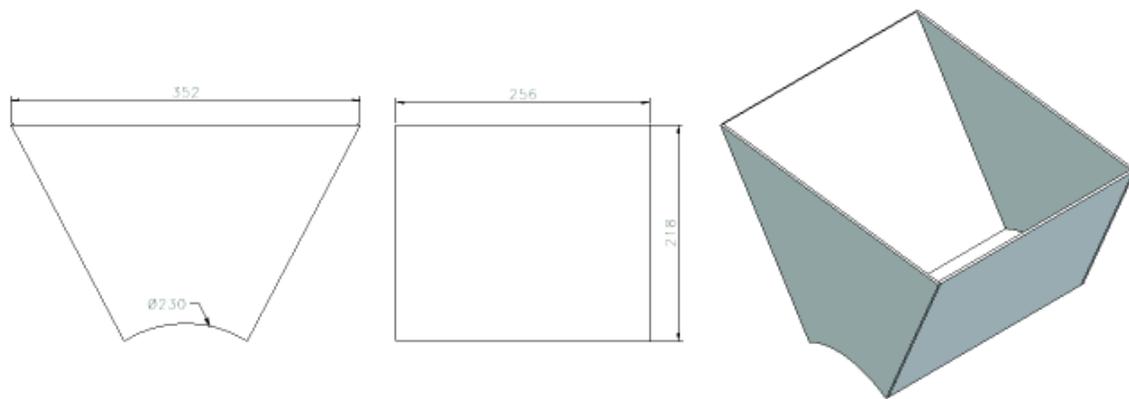


Figura 3.9: Tolva.

Fuente: Propia.

3.5. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE GENERACIÓN Y TRANSMISIÓN DE POTENCIA.

Corresponde a la selección y cálculo de una fuente de energía es decir tipo de motor y su capacidad, así como de todos los componentes que permitirán la transmisión de energía desde la fuente hasta el picado en si.

3.5.1. DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA DEL MOTOR.

Para determinar este parámetro esencial en el diseño se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Potencia requerida en los ejes portacuchillas.
- Eficiencia en el sistema de transmisión de potencia.

3.5.1.1. Potencia requerida en los ejes portacuchillas.

Es la potencia que necesitan los dos ejes portacuchillas para efectuar el corte, depende de la fuerza necesaria para cortar el producto y de la velocidad de corte.

3.5.1.1.1. Cálculo del Torque en los Ejes Portacuchillas.

Consiste en encontrar el valor del torque que tienen que vencer los ejes para poder producir el cizallado en los productos.

Para determinar el torque se usa la mayor fuerza requerida para el corte, y es la correspondiente al plátano encontrada en el ensayo de corte.

La figura 3.10 muestra un esquema del proceso de corte, donde se aprecia que dos de las cuatro aspas de la cuchilla están efectuado el corte, además se estima que el punto de aplicación de la fuerza está aproximadamente en la mitad de la longitud total del aspa.

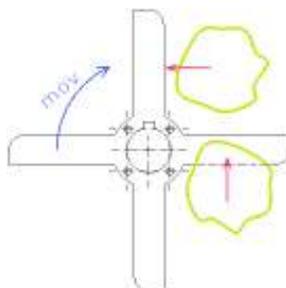


Figura 3.10: Esquema de Corte.

Fuente: Propia.

En la figura 3.11 se representa, la fuerza que actúa sobre cada una de las aspas y la longitud donde se encuentra la línea de acción de la fuerza.

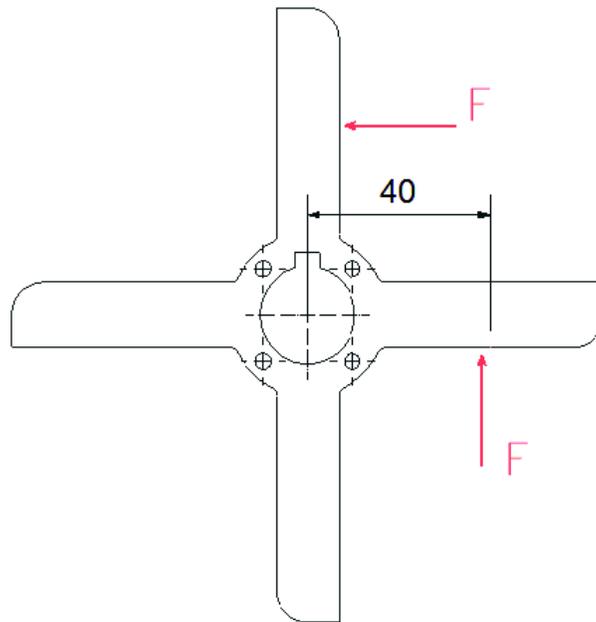


Figura 3.11: Fuerzas sobre las aspas.

Fuente: Propia.

Estos son los datos suficientes para encontrar el torque producido en cada una de las cuchillas, y luego encontrar una potencia aproximada.

Para el cálculo del torque necesario en una de las cuchillas se usa la siguiente ecuación:

$$T_c = 2F * d \quad \text{Ec.(3.17)}$$

Donde:

T_c = Torque por cada cuchilla [$N - m$]

F = Fuerza; 152[N]

d = Distancia de la línea de acción de la fuerza; 0,04[m]

Entonces el torque buscado es igual a:

$$T_c = 12,16[N - m]$$

Para el cálculo del torque requerido por la máquina se toma en cuenta las siguientes consideraciones:

- Cada uno de los ejes consta de ocho cuchillas.
- El eje inferior requerirá la mitad del torque superior, debido a que ingresa el producto previamente picado por el primero.

Con estas consideraciones el torque requerido por la máquina será:

$$T_{req} = 1,5 * T_C * 8 \quad \text{Ec.(3.18)}$$

Donde:

1,5= Representa los dos ejes involucrados en el proceso de corte.

T_c = Torque requerido por cada cuchilla [$N - m$]

8= Representa el número de cuchillas en cada eje.

Entonces el torque requerido por los dos ejes portacuchillas es :

$$T_{req} = 146[Nm]$$

3.5.1.1.2. Determinación de la Velocidad de Corte v_c y de la Potencia Efectiva P_e .

El ensayo de corte garantiza que el producto será cortado aplicando una fuerza de 152 [N] a una velocidad de avance de 10 [$\frac{mm}{min}$], cabe aclarar que la fuerza de corte es inversamente proporcional a la velocidad aplicada, asegurando así una potencia mínima de funcionamiento.

Las cuchillas giratorias debe estar lo más cercanas a las paredes de la máquina, y la velocidad de corte puede ser ajustada e el rango de 40 a 5000 rpm .²

Entonces la velocidad es un parámetro de diseño con el que se puede acoplar la máquina a las necesidades del medio.

Con las consideraciones anteriores se encuentra la potencia efectiva mediante la ecuación siguiente.

²Saravacos G. Kostaropoulos A., Handbook of Food Processing Equipment, Estados Unidos, Kluwer Academic/ Plenum Publishers

$$P_e = \frac{nT_{req}}{9549} [kW] \quad \text{Ec.(3.19)}$$

Donde:

P_e = Potencia efectiva.

n = rpm

T_{req} = Torque requerido, $146[N - m]$

La tabla 3.4 muestra potencias encontradas para distintas velocidades de corte.

Tabla 3.4: rpm-Potencia.

Fuente: Propia.

rpm	Potencia[kW]	Potencia[hp]
100	1,6	2
150	2,3	3
200	3,2	4,3

Haciendo una comparación de los valores según la tabla anterior se escoge la potencia de 2,3 [kW], aproximadamente 3 [hp] que es una potencia correspondiente a 200 rpm y están dentro del rango de pequeñas maquinas agrícolas.

Debido que se trata de una máquina prototipo para efectos de controlar la velocidad de corte en la etapa de pruebas se acoplará un variador de frecuencia al motor eléctrico y obtener la velocidad adecuada de corte que cumpla con la capacidad requerida.

Mas los cálculos realizados anteriormente, dan una referencia en la determinación de la potencia del motor.

3.5.1.2. Rendimiento Mecánico de la Máquina n_m .

Tiene que ver con la eficiencia de la máquina es decir cuanto de la energía proporcionada es convertida en trabajo efectivo, esta eficiencia se relaciona con la transmisión de potencia, y las pérdidas por fricción en rodamientos que aunque es muy poca debe tomarse en cuenta en un diseño adecuado de cualquier tipo

de máquina. El rendimiento mecánico esta dado por :

$$n_m = n_1 * n_2 \quad \text{Ec.(3.20)}$$

Donde:

n_m = Rendimiento mecánico.

n_1 = 0,9 (transmisión por poleas)³

n_2 =0,95 (rodamientos.)

$$n_m = 0,86$$

Entonces la potencia efectiva real del rotor está dada por:

$$P_{er} = \frac{P_e}{n_m} \quad \text{Ec.(3.21)}$$

Donde:

P_{er} = Potencia efectiva real.

P_e = Potencia Efectiva; 2,3[kW]

n_m = rendimiento mecánico; 0,81

Entonces la potencia efectiva real es:

$$P_{er} = 2,83[kW] \simeq 3,8[hp]$$

3.5.1.3. Selección del Motor.

Existen varios parámetros dentro del diseño los cuales no pueden ser controlados tales como lubricación, tipo de materia prima estado de cuchillas, espaciado debido al trabajo entre otros, lo cuales son absorbidos considerando un factor de servicio.

Este factor está en función de la carga de trabajo, teniendo en cuenta que la máquina está destinada a labores agrícolas, su periodo de funcionamiento es de 3 a 5 horas de trabajo, y el factor de servicio para este rango es de 1,2.(Ver Anexo 2, Tabla A.4).

³Shigley J.E,Diseño en Ingeniería Mecánica,México,Ed. Mc Graw Hill,pag.814

Con este factor se encuentra la potencia del motor:

$$P_m = k_s * P_{er} \quad \text{Ec.(3.22)}$$

Donde:

P_m = Potencia del motor.

k_s = Factor de servicio.

P_{er} = Potencia efectiva real; $2,83 [kW] \simeq 3,8 [hp]$

Entonces la potencia del motor buscado es:

$$P_m = 3,3 [kW] \simeq 4,2 [hp]$$

3.5.2. SELECCIÓN DE POLEAS.

Para elegir el diámetro de poleas adecuado se sigue las recomendaciones de NEMA, que para un motor de una potencia de $4 [hp]$ recomienda una polea de diámetro de 3 pulgadas (Ver Anexo 1, Tabla A.9).

Ya que a la máquina se colocará un variador de frecuencia no se necesita hacer el estudio de la relación de transmisión desde el motor hacia los ejes.

Pero debido a que a mayor velocidad disminuye el tamaño en el corte se colocará una relación de transmisión de 1,5 entre el motor y el eje primario.

En cuanto a la conexión del eje principal con el secundario también se utilizará una relación de transmisión de 1,5 con esto se busca que el eje secundario gire a mayor velocidad asegurando un tamaño correcto en el producto.

3.5.3. SELECCIÓN DE BANDAS.

Consiste en elegir el tipo de banda de acuerdo a la potencia a transmitir y la existencia en el mercado nacional además de hacer su equivalencia respectiva.

3.5.3.1. Tipo de banda.

Se selecciona el tipo de banda A que corresponde a una polea de diámetro de 3 pulgadas y tiene un rango de aplicación de potencia de $0,25$ a $10 [hp]$ (Ver Anexo 1, Tabla A.11)

3.5.3.2. Distancia entre Centros C .

Esta longitud hace referencia a la distancia existente entre el motor y el eje primario, para la cual se encuentra un valor máximo, teniendo en cuenta que se la puede ajustar por la fijación del motor a su base.

Esta longitud no debe sobrepasar a tres veces la suma de los diámetros de las poleas:

$$C = 3(d_1 + d_2) \quad \text{Ec.(3.23)}$$

Donde:

C = Distancia entre centros.

d_1 = Diámetro de la polea del motor; $76[mm] \simeq 3\text{pulg}$

d_2 = Diámetro la polea del eje; $114,3[mm] \simeq 4,5\text{pulg}$

Entonces la longitud máxima entre el eje del motor y el eje primario es de:

$$C = 571[mm]$$

Debido a la flexibilidad en ubicación del motor mediante una estructura, se escoge una distancia entre centro de $270[mm]$ debido a condiciones geométricas de la carcasa y el motor.

La longitud encontrada puede ser ajustada mediante el soporte del motor, además consta de rieles de fijación que permiten tensar la banda.

La longitud entre centros del eje primario y eje secundario está dada por las condiciones geométricas de las cuchillas de corte, resultando una longitud de $230[mm]$ que es menor a la permitida.

3.5.3.3. Longitud de la Banda L_p .

Se refiere a la longitud de la circunferencia interna de la banda y es un requerimiento para la especificación de la banda. En este caso se realiza el cálculo para la longitud de bandas entre las poleas del eje primario y el motor, y el eje primario y eje secundario mediante la siguiente ecuación:

$$L_p = 2C + \frac{\pi(D + d)}{2} + \frac{(D - d)^2}{4C} \quad \text{Ec.(3.24)}$$

Donde:

L_p = Longitud de paso,

D = Diámetro de la polea mayor; 114,3[mm]

d = Diámetro la polea menor; 76,2[mm]

C = Distancia entre centros; 230[mm]

$$L_p = 759,46[mm] \simeq 29,9\text{pulgadas}$$

Debido a que a la longitud de paso está sumado un valor tabulado, en este caso se debe restar dicho valor que es 1,3 para las bandas tipo A (Ver Anexo 1. Tabla A.1).

A continuación en la tabla 3.5 se hace un resumen de las propiedades de las bandas utilizadas.

Tabla 3.5: Especificaciones de las bandas.

Fuente: Propia.

Características	Motor-Eje Primario	Eje Primario-Eje Secundario
Longitud de banda L_b	32[in]	28[in]
Potencia por banda P_b	2,05 [hp]	2,05 [hp]

3.5.3.4. Número de Bandas N_b .

Ya que cada banda está diseñada para transmitir una cantidad determinada de potencia se necesita encontrar el número de bandas necesarias para esta aplicación en particular.

Partiendo de la ecuación:

$$N_b \geq \frac{P_d}{P_b} \quad \text{Ec.(3.25)}$$

Donde:

N_b = Número de bandas.

P_d = Potencia de diseño.

P_b = Potencia permitida por banda; 2,05 (ver Anexo 1, Tabla A.12)

Para encontrar la potencia de diseño usamos la siguiente ecuación:

$$P_d = P_n * K_s * n_d \quad \text{Ec.(3.26)}$$

Donde:

P_d = Potencia de diseño.

P_n = Potencia nominal; 3,7[kW]

K_s = Factor de servicio; 1,1 (ver Anexo 1, Tabla A.4)

n_d = Factor de diseño; 1

Así la potencia buscada es :

$$P_d = 4,07[kW] \simeq 5[hp]$$

Para encontrar la potencia transmitida por cada banda usamos la siguiente ecuación:

$$P_t = K_1 * K_2 * P_{tab} \quad \text{Ec.(3.27)}$$

Donde:

P_t = Potencia transmitida por cada banda.

K_1 = Factor de corrección del ángulo; 0,77 (ver Anexo 1, Tabla A.13).

K_2 = Factor de corrección de longitud; 0,85 (ver Anexo 1. Tabla A.14).

P_{tab} = Potencia tabulada; 2,81[hp]

Así la potencia real transmitida por cada banda es:

$$P_t = 1,83[kW] \simeq 2,5[hp]$$

Entonces el número de bandas buscado es:

$$N_b = 2$$

3.5.3.5. Tensión en las Bandas.

Se debe encontrar las tensiones en las bandas ya que son cargas que soporta el eje, y por ende necesarias para el diseño del mismo.

En las bandas las tensiones están relacionadas mediante la siguiente ecuación:

$$T_1 = T_2 * e^{f\beta} \quad \text{Ec.(3.28)}$$

Donde:

T_1 = Tensión en el lado tenso.

T_2 = Tensión en el lado flojo.

f = Coeficiente de fricción; 0,13

β = Ángulo de contacto de la banda.

El ángulo β lo encontramos mediante:

$$\beta = \pi + \text{sen}^{-1}\left(\frac{D - d}{2C}\right) \quad \text{Ec.(3.29)}$$

Donde:

β = Ángulo de contacto.

D = Diámetro de la polea mayor.

d = Diámetro de la polea menor.

C = Distancia entre centros.

El torque y las tensiones están relacionados mediante la siguiente ecuación:

$$(T_1 - T_2)R_P = T_m \quad \text{Ec.(3.30)}$$

Donde:

T_1 = Tensión en el lado tenso.

T_2 = Tensión en el lado flojo.

T_m = Torque del motor

R_P = Radio de la polea.

Entonces utilizando la ecuación 3.29 y la ecuación 3.30 encontramos las tensiones en las bandas.

Debido a que se cuenta con dos juegos de poleas se hace un resumen en la tabla 3.6 con los diferentes parámetros para cada juego de poleas.

Tabla 3.6: Características en las bandas.

Fuente: Propia.

	Motor-Eje Primario	Eje Primario-Eje Secundario
f	0,13	0,13
$\beta[rad]$	3,21	2,97
$D[mm]$	114,3	114,3
$d[mm]$	76,2	76,2
$C[mm]$	290	230
$T_m[N - m]$	29,7	29,7
$R_p[mm]$	57,15	57,15
$T_1[N]$	1525	1295
$T_2[N]$	1005	776

3.5.4. DISEÑO DEL EJE DE TRANSMISIÓN.

El eje está colocado en forma horizontal y aloja a las manzanas de acople que están sujetas mediante lengüetas, y que a su vez soportan a las cuchillas de corte.

Las cargas que soporta el eje son debido a la fuerza de corte al que están sometidas las aspas en cada una de las cuchillas, además las tensiones debido a las bandas y las reacciones en los rodamientos que son las cargas principales que permiten el diseño del eje.

Las fuerzas debido al corte están representadas en dos de las cuatro aspas de cada cuchilla, que son las que cortan desde el ingreso del producto en un giro de 180.

Dicha descripción se la representa en la figura 3.12.

Donde:

F = Fuerza debido al corte; 152[N]

P_1, P_2, Q_1, Q_2 = Tensiones en bandas.

R_1, R_2 = Reacciones en los rodamientos.

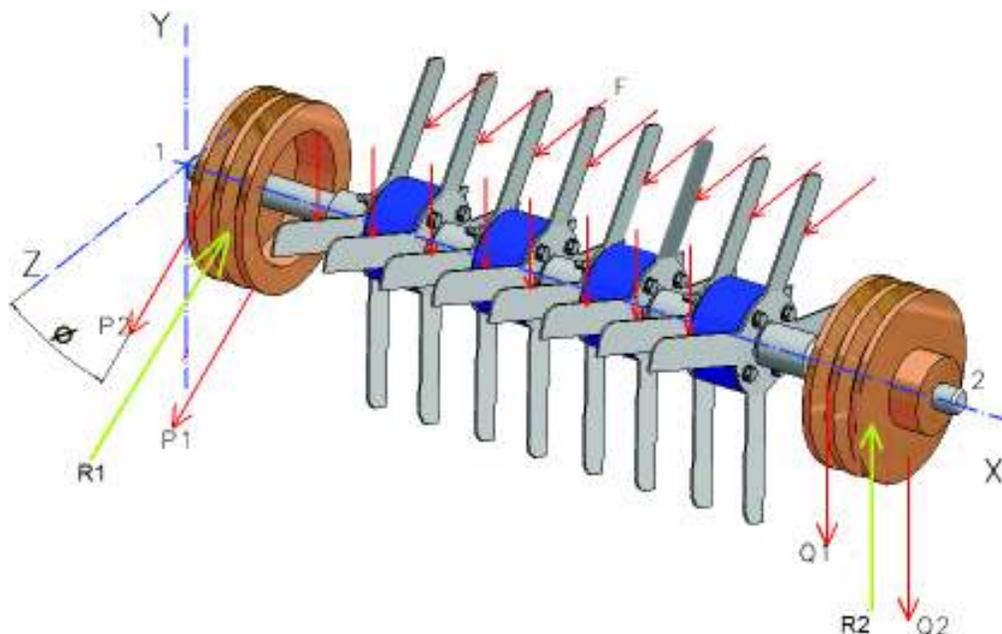


Figura 3.12: Fuerzas que actúan sobre el eje.

Fuente: Propia.

Siguiendo un orden en la etapa del cálculo se debe realizar un diagrama de cuerpo libre donde se represente directamente las cargas a las que está sometido el eje, teniendo en cuenta sus equivalencias al momento de trasladar las fuerzas desde su punto de aplicación original hacia el eje directamente.

Es decir representar el momento que se genera al trasladar una fuerza.

Para este caso se traslada las fuerzas debido al corte y las que se generan debido a las tensiones en las bandas.

Se adjunta un sistema de referencia para facilitar el análisis que se necesita, separando el eje y sus cargas en planos ortogonales.

En la figura 3.13 se muestra un diagrama de cuerpo libre del eje, donde se indica detalladamente cada una de las cargas, punto de aplicación, dirección y momento generado debido al traslado de cargas.

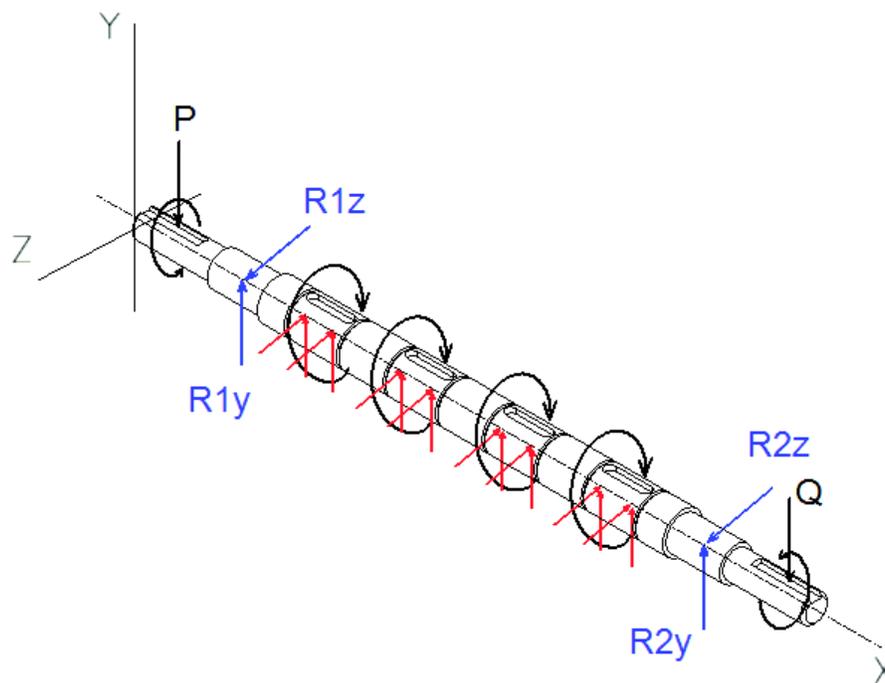


Figura 3.13: Diagrama de cuerpo libre del eje.

Fuente: Propia.

3.5.4.1. Determinación del Punto Crítico.

Consiste en encontrar un punto del eje donde existe concentración del esfuerzo más alto, y encontrar la sección que resista dicho esfuerzo, se lo hace con la finalidad de optimizar material, así disminuimos el costo pero aseguramos un buen desempeño del componente.

Para encontrar el punto crítico del eje se realiza el desarrollo de diagramas de fuerza cortante y momento flector en cada uno de los planos en que están aplicadas las cargas, o la descomposición de las mismas.

3.5.4.1.1. Análisis de Fuerzas en el Plano X-Y.

Para este análisis se coloca todas las fuerzas que actúan en este plano y que permiten obtener los diagramas correspondientes.

En este caso y para un mejor diseño las cargas debido al corte que se encuentran como cargas puntuales, se las cambió por su equivalente como carga distribuida, además se debe tener en cuenta la disposición de las cargas debido a las

bandas y la inclinación de las mismas, tanto entre ejes, como entre eje primario y el motor.

En la figura 3.14 se muestra un diagrama de cuerpo libre del eje en el plano X-Y, de las fuerzas y pares a los que está sometido.

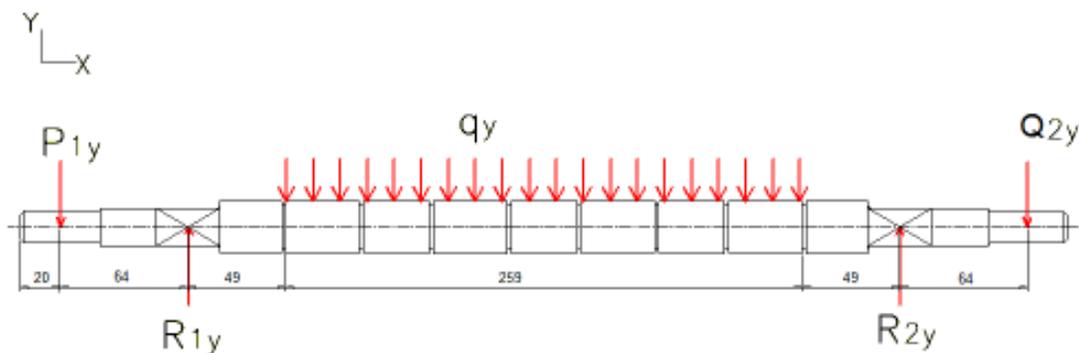


Figura 3.14: Cargas en el eje en el plano X-Y.

Fuente: Propia.

Donde:

P_{1y} = Carga por banda-motor; 1297[N]

Q_{2y} = Carga por banda entre ejes; 777[N]

R_{1y} = Reacción en la dirección Y en el primer rodamiento.

R_{2y} = Reacción en la dirección Y en el segundo rodamiento.

q_y = Carga distribuida; 4695[N\m]

Con estos valores se encuentra el diagrama de momento flector correspondiente a este plano e identificamos los puntos donde existe mayor concentración de esfuerzo.

En la figura 3.15 se muestra el diagrama de momento flector importante en el diseño para el eje principal en el plano X-Y.

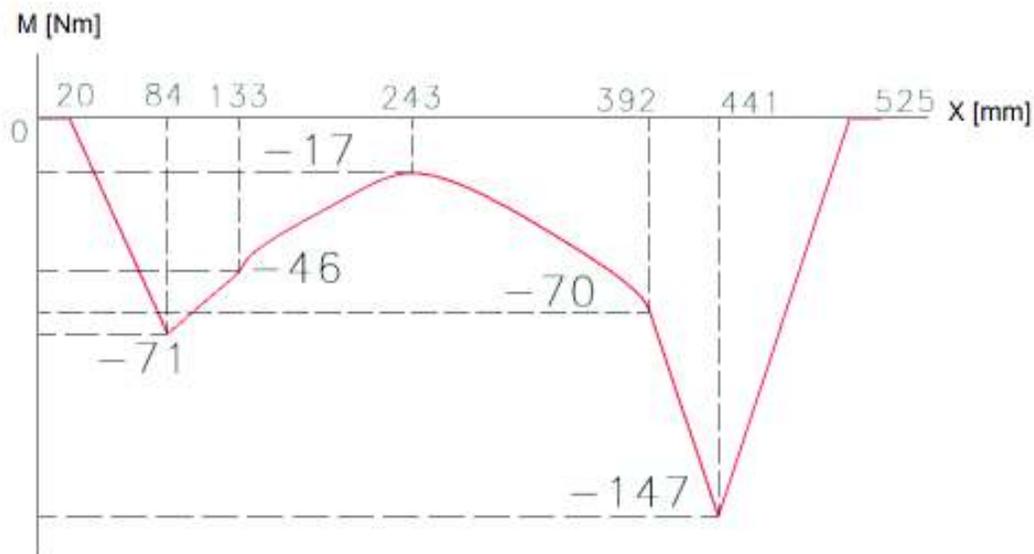


Figura 3.15: Diagrama de momento flector en el plano X-Y.

Fuente: Propia.

3.5.4.1.2. Análisis de Fuerzas en el Plano X-Z.

En la figura 3.16 se muestra un diagrama de cuerpo libre del eje en el plano X-Z, de las fuerzas y pares a los que está sometido.

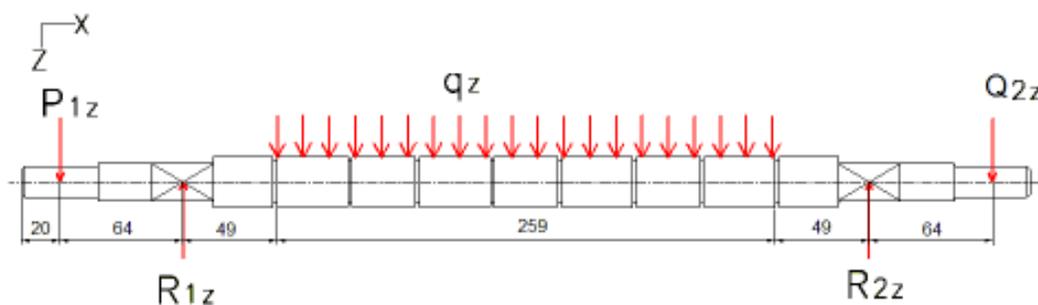


Figura 3.16: Cargas en el plano X-Z.

Fuente: Propia.

Al igual que para el plano X-Y se repite el proceso tomando en cuenta las mismas consideraciones.

Donde:

P_{1z} = Carga por banda-motor; 1297[N]

Q_{2z} = Carga por banda entre ejes; 777[N]

R_{1z} = Reacción en la dirección Z en el primer rodamiento

R_{2z} = Reacción en la dirección Z en el segundo rodamiento

q_z = Carga distribuida; 4695[N\m]

Y con estos datos se procede a realizar el diagrama de momento flector para el plano X-Z.

En la figura 3.17 se muestra el diagrama de momento flector para el eje principal en el plano X-Z.

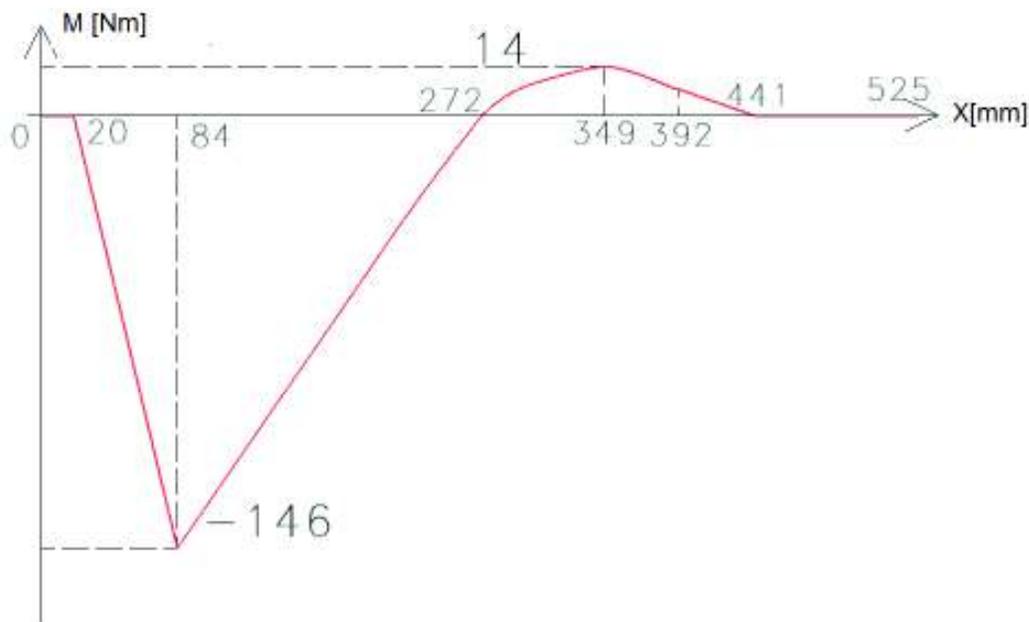


Figura 3.17: Diagrama de momento flector en el plano X-Z.

Fuente: Propia

Para encontrar el momento flector resultante máximo se combina los gráficos de momento flector en los planos X-Y y X-Z.

Entonces haciendo un análisis de los diagramas de momento flector en cada uno de los planos se observa que los momentos flectores máximos se encuentran a una distancia de 84[mm] desde al extremo del eje que está conectado al motor, en un cambio de sección del eje.

Esto se debe a que en ese punto existe la mayor transmisión de potencia desde el

motor al eje, existiendo un mayor torque, por ende mayor rozamiento y finalmente mayor tensión.

En la figura 3.18 se muestra la ubicación del punto crítico el cual sirve para el análisis del diseño del eje.

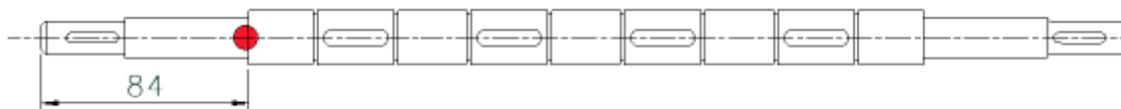


Figura 3.18: Ubicación del punto crítico en el eje.

Fuente: Propia.

3.5.4.2. Diseño Estático.

Se inicia con un diseño estático para tener una referencia en algunas de las dimensiones del eje y luego pasar al diseño Dinámico.

Para la construcción se utiliza un acero AISI 1045 que se encuentra disponible en el mercado nacional, cuyas propiedades de interés en el diseño son:

$$S_y = 310 [MPa]$$

$$S_{ut} = 565 [MPa]$$

Se determina el momento flector máximo y el torsor en el punto crítico mediante:

$$M = \sqrt{(M_{xy})^2 + (M_{xz})^2} \quad \text{Ec.(3.31)}$$

Donde:

M = Momento flector máximo.

M_{xy} = Momento flector máximo en el plano X-Y; $138,3[N - m]$

M_{xz} = Momento flector máximo en el plano X-Z; $39,37[N - m]$

$$M = 162,3[N - m]$$

Luego se encuentra el esfuerzo normal máximo mediante:

$$\sigma_x = \frac{32M}{\pi d^3} \quad \text{Ec.(3.32)}$$

Donde:

σ_x = Esfuerzo normal máximo.

M = Momento flector máximo.

d = Diámetro.

Entonces el esfuerzo normal máximo está como función del diámetro que buscamos.

$$\sigma_x = \frac{153,53}{d^3}$$

El esfuerzo cortante máximo se lo encuentra mediante:

$$\tau_{xy} = \frac{16T}{\pi d^3} \quad \text{Ec.(3.33)}$$

Donde:

τ_{xy} = Esfuerzo cortante.

T = Torsor en el punto crítico.

d = Diámetro.

De igual manera el esfuerzo cortante queda en función del diámetro buscado.

$$\tau_{xy} = \frac{96,5}{d^3}$$

Se encuentra los esfuerzos principales mediante:

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad \text{Ec.(3.34)}$$

Donde:

$\sigma_{1,2}$ = Esfuerzos principales.

σ_x = Esfuerzo normal máximo en la dirección X.

σ_y = Esfuerzo normal máximo en la dirección Y

τ_{xy} = Esfuerzo cortante máximo en el plano X-Y.

Se utiliza la teoría de de falla de la energía máxima de distorsión para encontrar un esfuerzo equivalente:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + (\sigma_1\sigma_2)^2} \quad \text{Ec.(3.35)}$$

Donde:

σ' = Esfuerzo Equivalente.

$\sigma_{1,2}$ = Esfuerzos principales.

Reemplazando los esfuerzos principales por el esfuerzo normal máximo σ_x y el esfuerzo cortante τ_{xy} en la ecuación anterior se obtiene:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad \text{Ec.(3.36)}$$

En el diseño del eje se considera un factor de seguridad de $n = 2,5$ anteriormente citado el cual se lo compara con la resistencia a la fluencia del material mediante:

$$n\sigma' = S_y \quad \text{Ec.(3.37)}$$

Reemplazando en la ecuación de la teoría de falla de la energía de distorsión el σ_x y τ_{xy} obtenidos anteriormente se tiene:

$$d = \frac{32n}{\pi S_y} \left(\sqrt{M^2 + \frac{3}{4}T^2} \right)^{\frac{1}{3}} \text{Ec.(3.38)}$$

Y se encuentra un diámetro de :

$$d = 13,7[mm]$$

3.5.4.3. Diseño Dinámico.

Para empezar el diseño dinámico se caracteriza el esfuerzo fluctuante al que está sometido el eje lo que permite identificar los esfuerzos a los que está sometido el eje.

El tipo de esfuerzo corresponde a un esfuerzo sinusoidal completamente invertido como muestra la Figura 3.19.

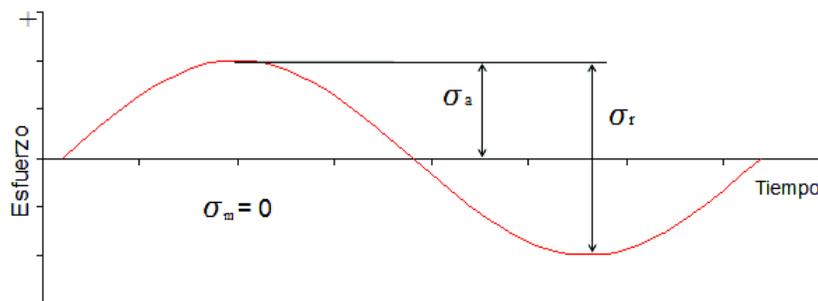


Figura 3.19: Esfuerzo fluctuante completamente invertido.

Fuente: Propia.

Donde:

σ_a = Esfuerzo amplitud.

σ_r = Intervalo de esfuerzo.

σ_m = Esfuerzo medio.

Se toma el criterio de falla ASME para el diseño dinámico tal que:

$$\left(\frac{n\sigma_a}{S_e}\right)^2 + \left(\frac{n\sigma_m}{S_y}\right)^2 = 1 \quad \text{Ec.(3.39)}$$

Donde:

σ_a = Esfuerzo amplitud (fluctuante debido a flexión.)

S_e = Límite de resistencia a la fatiga.

σ_m = Esfuerzo medio. (para condiciones del ejercicio=0)

S_y = Límite de fluencia del material.

n = factor de seguridad 2,5 para materiales promedio que operan en ambientes comunes sujetos a cargas y esfuerzos que se pueden determinar. ⁴

Para encontrar el σ_a usamos la siguiente ecuación

$$\sigma_a = \frac{32K_f M_a c}{\pi d^3} \quad \text{Ec.(3.40)}$$

Donde:

⁴Juvinall, R. (1993). "Fundamentos de Diseño para Ingeniería Mecánica". México. LIMUSA. 1ra edición. pag.210.

K_f = factor de concentración de esfuerzo.

M_a = momento flexionante alternante.

c = distancia al centroide.

d = diámetro del eje.

A continuación encontramos el S_e :

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f * S'_e \quad \text{Ec.(3.41)}$$

Donde:

S_e = Límite de resistencia la fatiga en la ubicación crítica.

k_a = Factor de modificación de superficie.

k_b = Factor de modificación de tamaño.

k_c = Factor de modificación de carga.

k_d = factor de modificación de temperatura.

k_e = factor de confiabilidad.

k_f =Factor de modificación de efectos varios.

S'_e = Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria.

El factor de superficie se evalúa mediante.

$$k_a = a.S_{ut}^b \quad \text{Ec.(3.42)}$$

Donde:

$a= 57,7$ (ver Anexo 1, Tabla A.5)

$b= -0,718$ (ver Anexo 1, Tabla A.5)

$$k_a = 0,61$$

El factor de modificación de tamaño se evalúa mediante la siguiente ecuación:

$$k_b = 1,24d^{-0,107} \quad \text{Ec.(3.43)}$$

Tanto el factor de modificación de carga y el factor de modificación de temperatura tienen un valor de uno.

$$k_c = k_d = 1$$

El factor de confiabilidad está dado de acuerdo al porcentaje de confiabilidad y se encuentra tabulado. (ver Anexo 1, Tabla A.6)

$$k_e = 1$$

El factor de modificación de efectos se rige por la relación existente entre los diámetros involucrados, es decir por el relación en el cambio de secciones, además entre el radio de acuerdo y el diámetro menor.

Para la selección en los valores que permiten encontrar este factor se sigue las recomendaciones en las relaciones antes descritas.

$$\frac{D}{d} = 1,2$$

$$\frac{r}{d} = 0,1$$

$$k_f = 1 + q(K_t - 1) \quad \text{Ec.(3.44)}$$

Donde:

q = Sensibilidad a la muesca; 0,78; $r=1,6[mm]$ (ver Anexo 1, Figura A.2)

K_t = Factor de concentración de esfuerzo; 1,6 (ver Anexo 1, Figura A.4)

Entonces el factor de modificación de efectos varios es:

$$k_f = 1,48$$

El límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria se lo encuentra mediante:

$$S'_e = 0,5S_{ut} \quad \text{Ec.(3.45)}$$

$$S'_e = 282,5[MPa]$$

Entonces de la combinación de la teoría de falla por energía de distorsión, esfuerzos de Von Mises y el criterio de falla ASME se tiene la ecuación que permite encontrar el diámetro buscado.

$$d = \left\{ \frac{16n}{\pi} \left[4 \left(\frac{K_f M_a}{S_e} \right)^2 + 3 \left(\frac{K_{fs} T_m}{S_y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}} \quad \text{Ec.(3.46)}$$

Se asume un factor de seguridad $n = 2,5$ entonces el diámetro buscado del eje es:

$$d = 19[mm]$$

3.5.5. SELECCIÓN DE LENGÜETAS.

Este elemento mecánico permite la transmisión de potencia desde el eje a una manzana o cubo y desde la polea hacia el eje.

Cabe mencionar que las lengüetas transmiten el movimiento por los flancos, a diferencia de las chavetas que lo hacen con las caras, lo que mejora la alineación de las manzanas con el eje y se evita vibraciones.

El material utilizado es un AISI 5115 que se lo encuentra en el mercado en varillas cuadradas de 10 y 5[mm].

Ya que para su diseño existen bastantes incertidumbres se utiliza tablas existentes y para este caso en particular se escoge una chaveta redondeada por facilidad de construcción y por ende su economía.

Las dimensiones están en función del diámetro del eje, las dimensiones para las lengüetas a construirse se muestran en el Anexo 1, Tabla A.15.

En la figura 3.20 se muestra un esquema de las dimensiones de las chavetas a utilizarse.

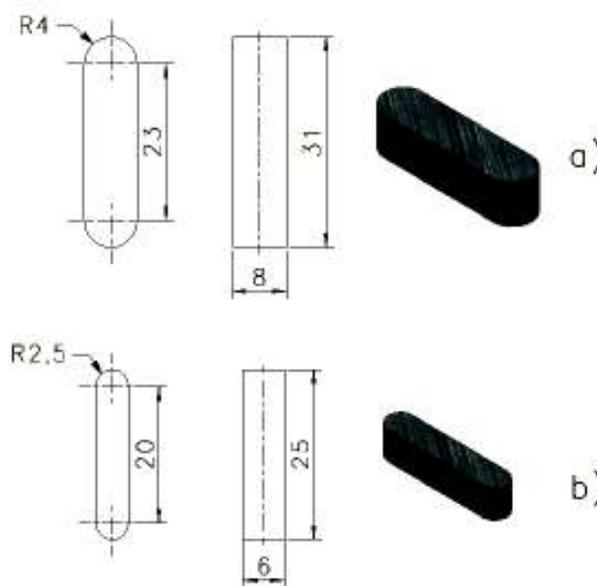


Figura 3.20: a) Lengüeta para manzana de acople; b) Lengüeta para polea.

Fuente: Propia.

3.5.6. SELECCIÓN DE RODAMIENTOS Y CHUMACERAS.

Para evaluar los rodamientos se utiliza el criterio de carga dinámica según la norma (DIN/ISO 281), que se fundamenta en la fatiga del material, donde la capacidad de carga dinámica C_c se usa en los cálculos para los rodamientos sometidos a esfuerzos dinámicos. La carga dinámica puede ser calculada mediante la siguiente ecuación:

$$f_L = \left(\frac{C_c}{P} f_n \right) \quad \text{Ec.(3.47)}$$

Donde.

f_L = Factor de esfuerzos dinámicos. (Ver Anexo 1, Tabla A.16)

C_c = Capacidad de carga dinámica.

P = Carga dinámica equivalente.

f_n = Factor de velocidad. (Ver Anexo 1, Tabla A.17)

$$C_c = 1,28[kn]$$

Dicha carga la comparamos con la capacidad de carga dinámica del rodamiento (ver Anexo 1, Tabla A.20) y escogemos el rodamiento acorde a los resultados.

El rodamiento 205 seleccionado está provisto de una chumacera de hierro fundido de soporte de pared como indica en la figura 3.21.



Figura 3.21: Chumacera.

Fuente: <https://www.google.com.ec/>

CAPÍTULO 4

CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

4.1. GENERALIDADES.

En este capítulo se describe los procesos utilizados en la construcción de los componentes de los diferentes sistemas, además se hace una descripción del proceso de montaje. Así como para el proceso de construcción y montaje se realiza los respectivos diagramas de flujo.

La construcción de algunos de los elementos se la realizará en los talleres de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional, y debido a la carencia de algunos equipos tales como un equipo de corte por chorro de agua, y roladoras de mayores dimensiones se opta por hacer uso de talleres mecánicos privados.

4.1.1. ELABORACIÓN DE PLANOS.

Los planos utilizados para la fabricación de los componentes y montaje de la máquina se presentan en el Anexo A.3.

4.1.2. CODIFICACIÓN DE MÁQUINAS-HERRAMIENTAS, HERRAMIENTAS, OPERACIONES E INSTRUMENTOS DE MEDIDA.

La codificación es importante para programar una secuencia en la construcción lo que permite optimizar el tiempo y mejorar la calidad de cada uno de los compo-

nentes. Lo que se persigue es establecer un proceso de fabricación que permita la producción a gran escala. A continuación en la tabla 4.1 se muestra las herramientas utilizadas y su codificación.

Tabla 4.1: Herramientas Utilizadas.

Fuente: Propia.

Código	Descripción
H1	Cuchilla de acero rápido
H2	Brocas
H3	Prensa Manual
H4	Playo de Presión
H5	Fresas
H6	Entenalla
H7	Rayador
H8	Sierra de arco
H9	Cizalla
H10	Limas
H11	Cepillo de alambre
H12	Piqueta

En la tabla 4.2 se muestra la codificación las máquinas-herramientas utilizadas.

Tabla 4.2: Máquinas-herramientas utilizadas.

Fuente: Propia.

Código	Descripción
MH1	Torno
MH2	Esmeril de Banco
MH3	Cortadora por chorro de agua
MH4	Fresadora
MH5	Taladradora
MH6	Rectificadora
MH6	Roladora
MH6	Dobladora
MH6	Soldadora
MH6	Horno de pintado

Para la construcción de la máquina se realizan operaciones detalladas y codificadas en la tabla 4.3.

Tabla 4.3: Operaciones para fabricación.

Fuente: Propia.

Código	Descripción
O1	Corte Manual
O2	Corte por agua
O3	Esmerilado
O4	Soldadura
O5	Taladrado
O6	Doblado
O7	Rolar
O8	Limado Mecánico
O9	Tornear
O10	Fresar
O11	Mortajar
O12	Rectificado
O13	Pintado

Además se utiliza una simbología para el diagrama de flujo de la construcción como se puede observar en la tabla 4.4.

Tabla 4.4: Simbología.

Fuente: Propia.

Símbolo	Definición
	Operación
	Inspección
	Proceso Terminado
	Ensamblaje Final

4.1.3. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE PICADO.

Los elementos a construirse en este sistema son cuchillas y manzanas para los cuales se describe el proceso de fabricación.

Para la construcción de este sistema se hace un listado de los materiales descritos en la tabla 4.5.

Tabla 4.5: Materia prima.

Fuente: Propia.

Material	Descripción	Cantidad
Acero Inoxidable	AISI-304, espesor 3[mm]	6400 [cm ²]
Duralón	ϕ 60[mm]	800[mm]

4.1.3.1. Construcción de la cuchilla.

Para la construcción de la cuchilla se optó por el proceso de corte por agua que garantiza una gran precisión especialmente en los agujeros, evitando así complicaciones en el ensamblaje, además de un costo relativamente bajo.

En la figura 4.1 se muestra un esquema de la cuchilla a construirse.

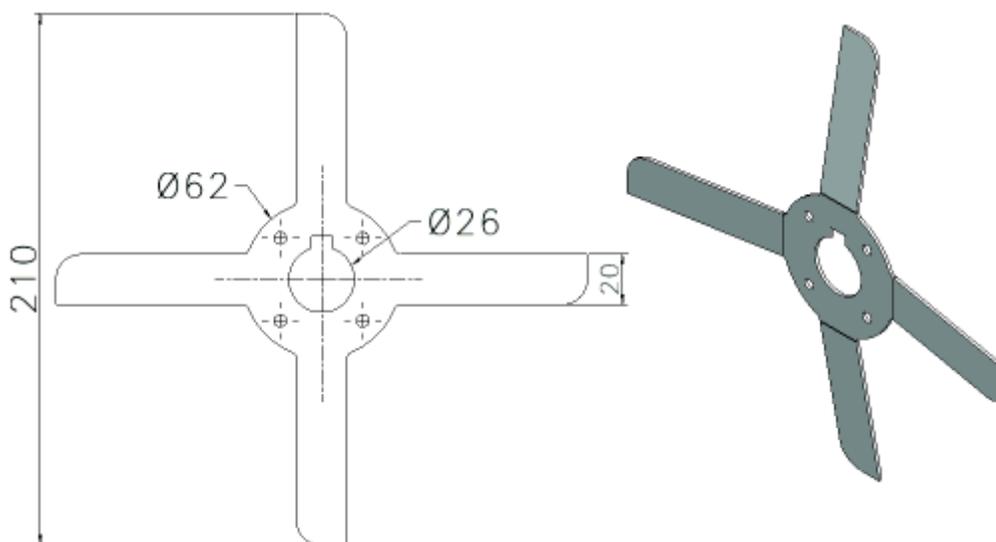


Figura 4.1: Cuchilla de corte.

Fuente: Propia.

4.1.3.2. Construcción de la manzana.

La construcción de la manzana se realizó mediante el torneado y fresado (mortajado) en un torno común, se adjunta la hoja de procesos en el Anexo A.3.

En la figura 4.2 se muestra el un esquema de la manzana.

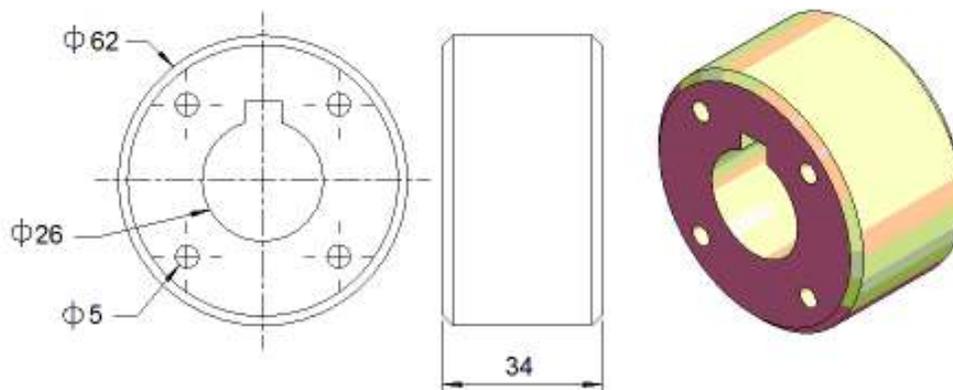


Figura 4.2: Manzana.

Fuente: Propia.

A continuación se realiza un diagrama de flujo para la construcción y montaje del sistema de picado como se observa en la figura 4.3.

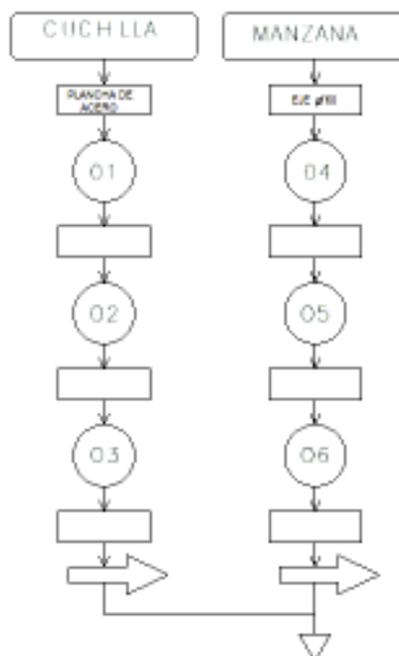


Figura 4.3: Diagrama de flujo para cuchilla y manzana.

Fuente: Propia.

4.1.4. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL.

Los elementos a construirse son las tapas verticales, los rolados, uniones de rolados y la estructura de soporte, para los cuales se detalla el proceso de construcción.

Para la construcción de este sistema se hace un listado de los materiales descritos en la tabla 4.6.

Tabla 4.6: Materia prima.

Fuente: Propia.

Material	Descripción	Cantidad
Acero	A-36, espesor 3[mm]	4364 [cm ²]
Acero	A-36, Perfil L 25x25x3[mm]	6[m]

4.1.4.1. Tapas Verticales.

La precisión en la construcción de este elemento es de vital importancia en la máquina, especialmente en la alineación correcta de los agujeros para montaje de chumaceras donde estará alojado el eje, esto se lo obtiene mediante el corte por chorro de agua.

En la figura 4.4 se muestra un esquema de las tapas verticales.

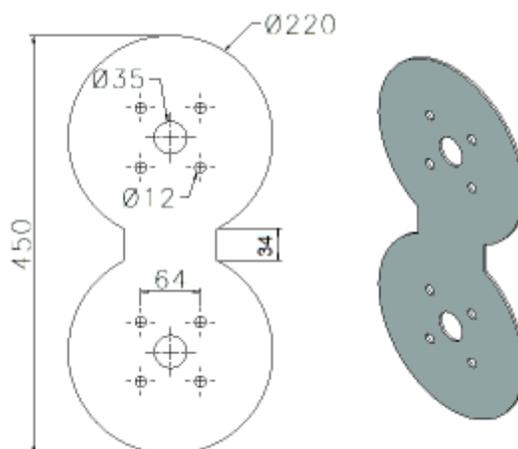


Figura 4.4: Pared vertical.

Fuente: Propia.

4.1.4.2. Rolados.

Se los obtiene mediante una roladora y aquí es importante obtener los diámetros exactos para garantizar un montaje sin problemas, además de evitar vibraciones.

Son necesarios rolados de dos tipos por condiciones geométricas.

En la figura 4.5 se muestra un esquema del rolado principal.

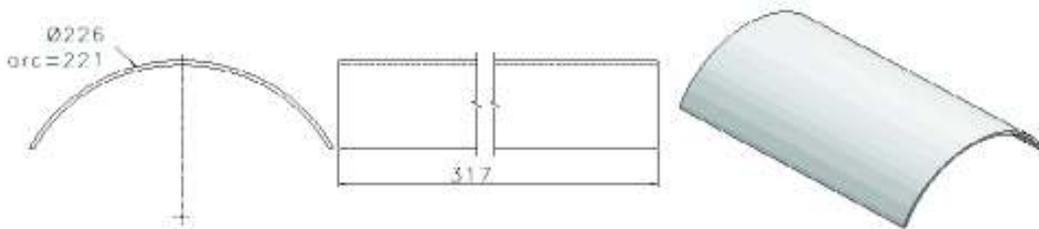


Figura 4.5: Rolado principal.

Fuente: Propia.

En la figura 4.6 se muestra un esquema del rolado secundario.

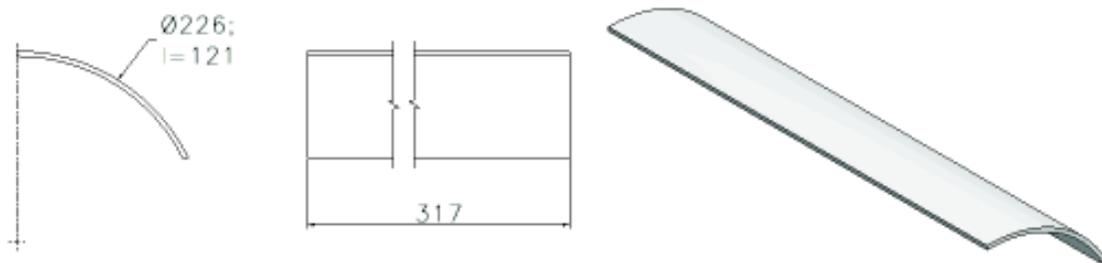


Figura 4.6: Rolado secundario.

Fuente: Propia.

4.1.4.3. Uniones de rolados.

Son elementos simples que sirven como unión de los rolados y formación de la carcasa dando una hermeticidad a la cámara de picado, debido a su simplicidad se los obtiene mediante una cizalla.

En la figura 4.7 se muestra un esquema de las uniones.

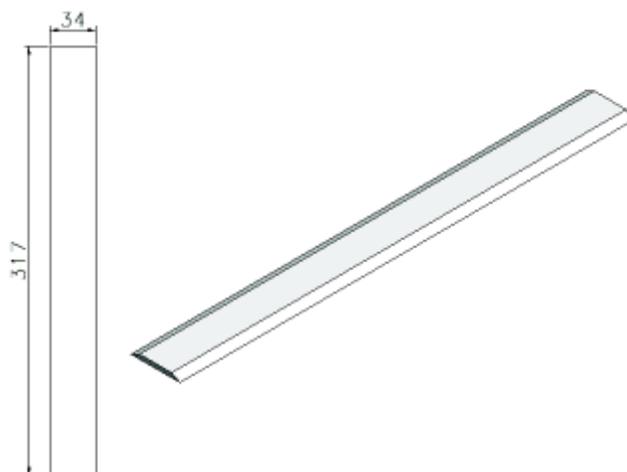


Figura 4.7: Unión de rolados.

Fuente: Propia.

4.1.4.4. Estructura de soporte.

Es la parte estructural que sirve de soporte a toda la máquina y sus componentes, se la realiza mediante la unión por soldadura.

En la figura 4.8 se muestra un esquema de la estructura.

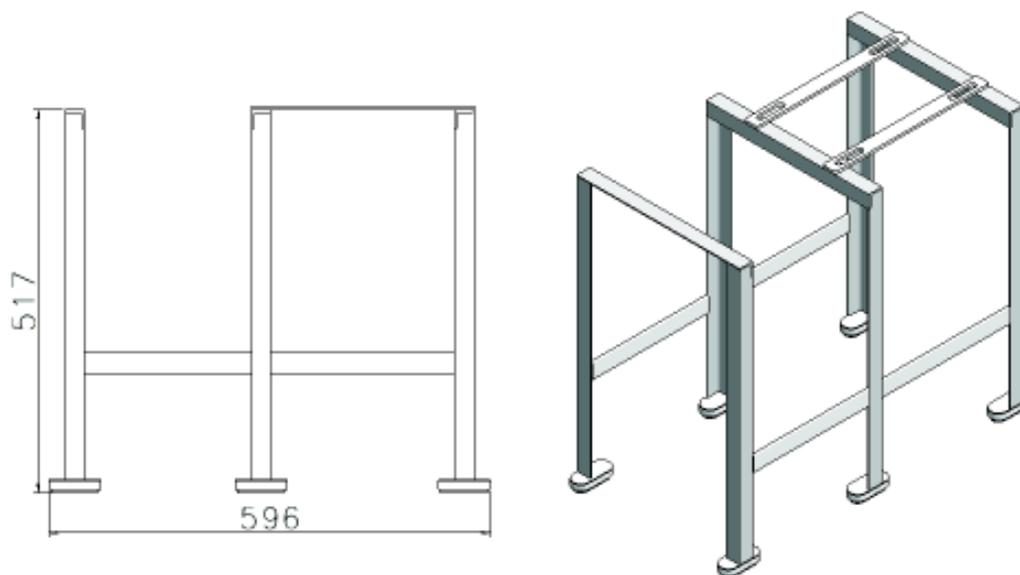


Figura 4.8: Estructura de soporte.

Fuente: Propia.

A continuación en la figura 4.9 se muestra un diagrama de flujo para la construcción y ensamblaje del sistema estructural.

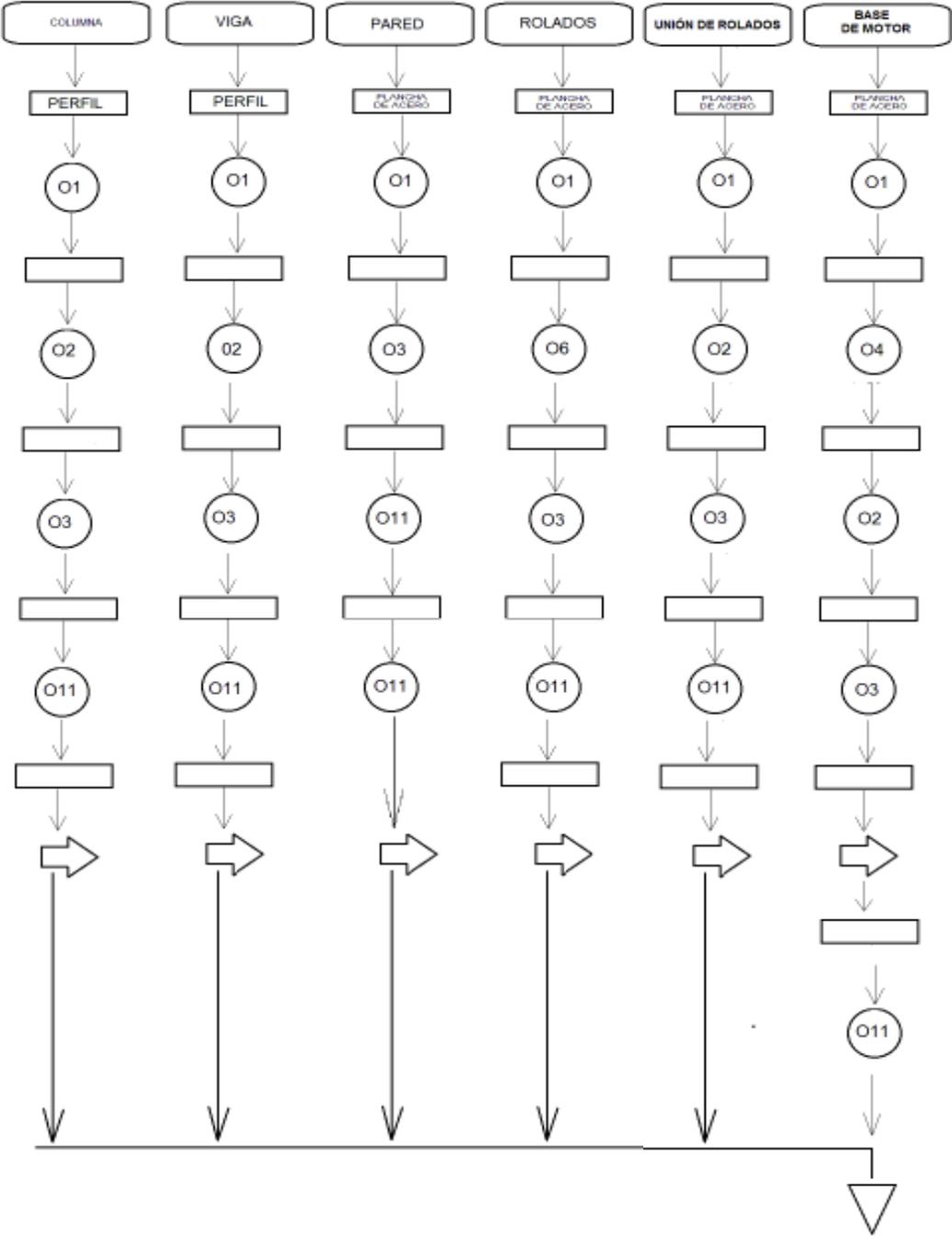


Figura 4.9: Diagrama de flujo para el sistema estructural.

Fuente: Propia.

4.1.5. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.

Este sistema está conformado por un único elemento como lo es la tolva, y para sus componentes se opta por el proceso de corte por agua y soldadura SMAW, esto debido a la superficie circular conjugada con la carcasa.

Se detalla el material utilizado en el tabla 4.7.

Tabla 4.7: Materia prima.

Fuente: Propia.

Material	Descripción	Cantidad
Acero	A-36, espesor 3[mm]	2917 [cm ²]

En la figura 4.10 se muestra un esquema de la tolva a construirse.

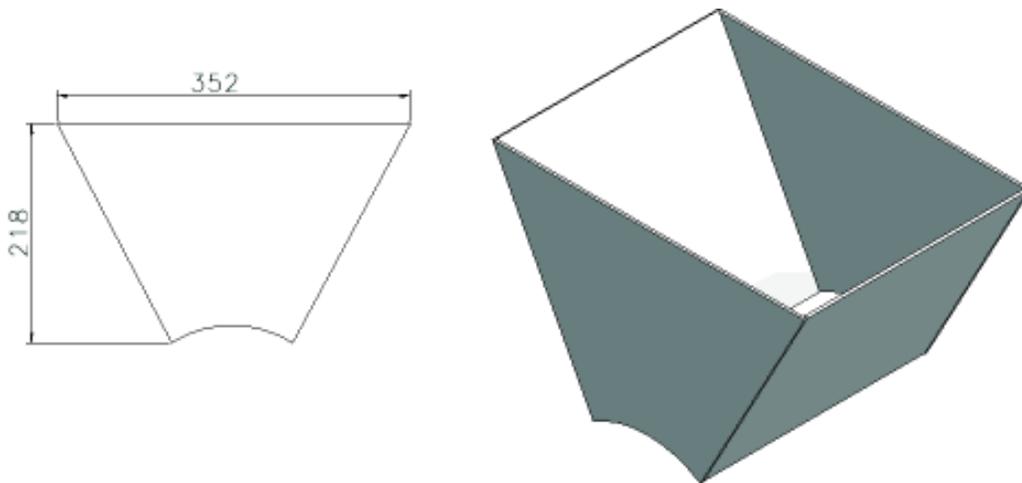


Figura 4.10: Tolva.

Fuente: Propia.

A continuación en la figura 4.11 se muestra el diagrama de flujo para el sistema de alimentación.

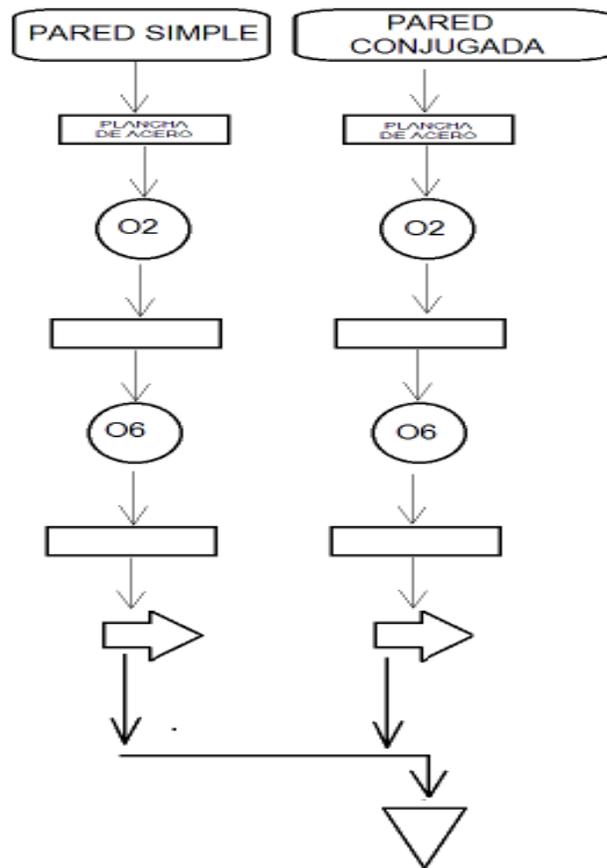


Figura 4.11: Diagrama de flujo para sistema de alimentación.

Fuente: Propia.

4.1.6. CONSTRUCCIÓN DE SISTEMA DE ELEMENTOS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA.

En este sistema los elementos a construirse son los ejes y las lengüetas, que están involucrados directamente en la transmisión de potencia además de ser elementos propios de esta máquina.

Se detalla en la tabla 4.8 la lista de materiales.

Tabla 4.8: Materia prima.

Fuente: Propia.

Material	Descripción	Cantidad
Eje de Acero	AISI-1045	1200 [mm]
Barra de Acero	AISI-5115, L10x10[mm]	500[mm]

4.1.6.1. Construcción del eje.

Se utilizó el proceso de torneado y fresado que son procesos básicos en la fabricación de un eje, en el anexo 4 se adjunta una hoja de procesos.

Se necesitan dos ejes para el funcionamiento, un eje principal y un secundario así llamados por su naturaleza de funcionamiento.

Para homogeneizar la construcción y optimizar el maquinado se construyen ejes similares, teniendo en cuenta que el eje secundario está sometido a cargas menores, así la única diferencia entre ambos es la longitud, esto debido a que el eje secundario esta sometido solamente a recibir potencia del eje primario, por consiguiente consta de una polea solamente.

En la figura 4.12 se muestra un esquema del principal.

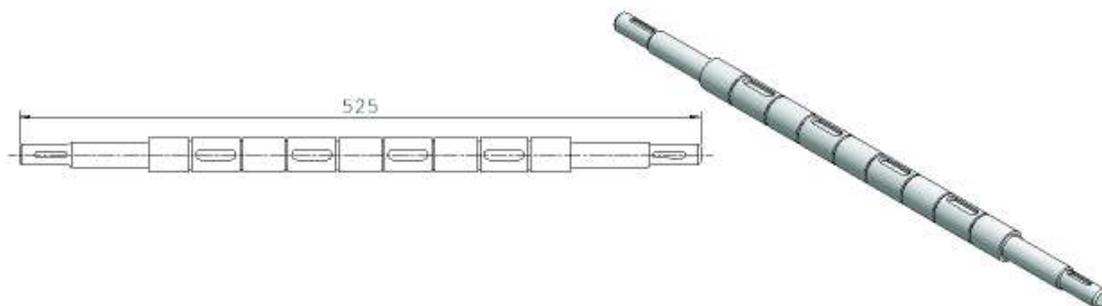


Figura 4.12: Eje principal.

Fuente: Propia.

En la figura 4.13 se muestra un esquema del eje secundario, cuya diferencia radica en la longitud.

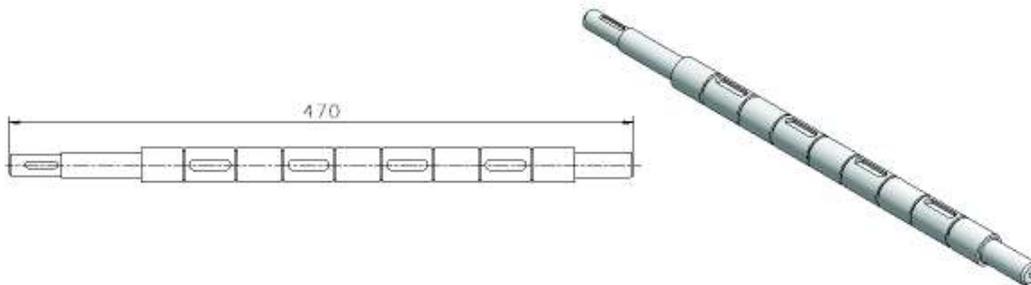


Figura 4.13: Eje secundario.

Fuente: Propia.

4.1.6.2. Construcción de la lengüetas.

Para estos elementos se utilizaron operaciones de limado, esmerilado y rectificado.

En el anexo A.3 se adjunta la hoja de procesos correspondiente.

En la figura 4.14 se muestra un esquema de las lengüetas a construirse.

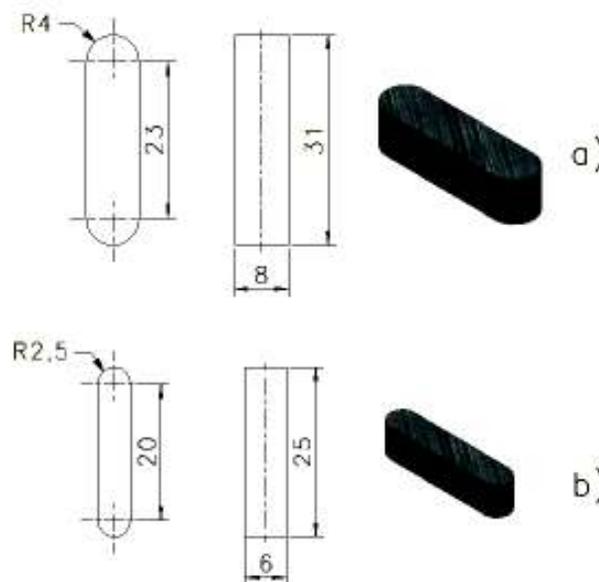


Figura 4.14: a) Lengüeta para eje-manzana; b) lengüeta para eje-polea

Fuente: Propia.

En la figura 4.15 se observa un diagrama de flujo para la construcción de los elementos del sistema de transmisión de potencia.

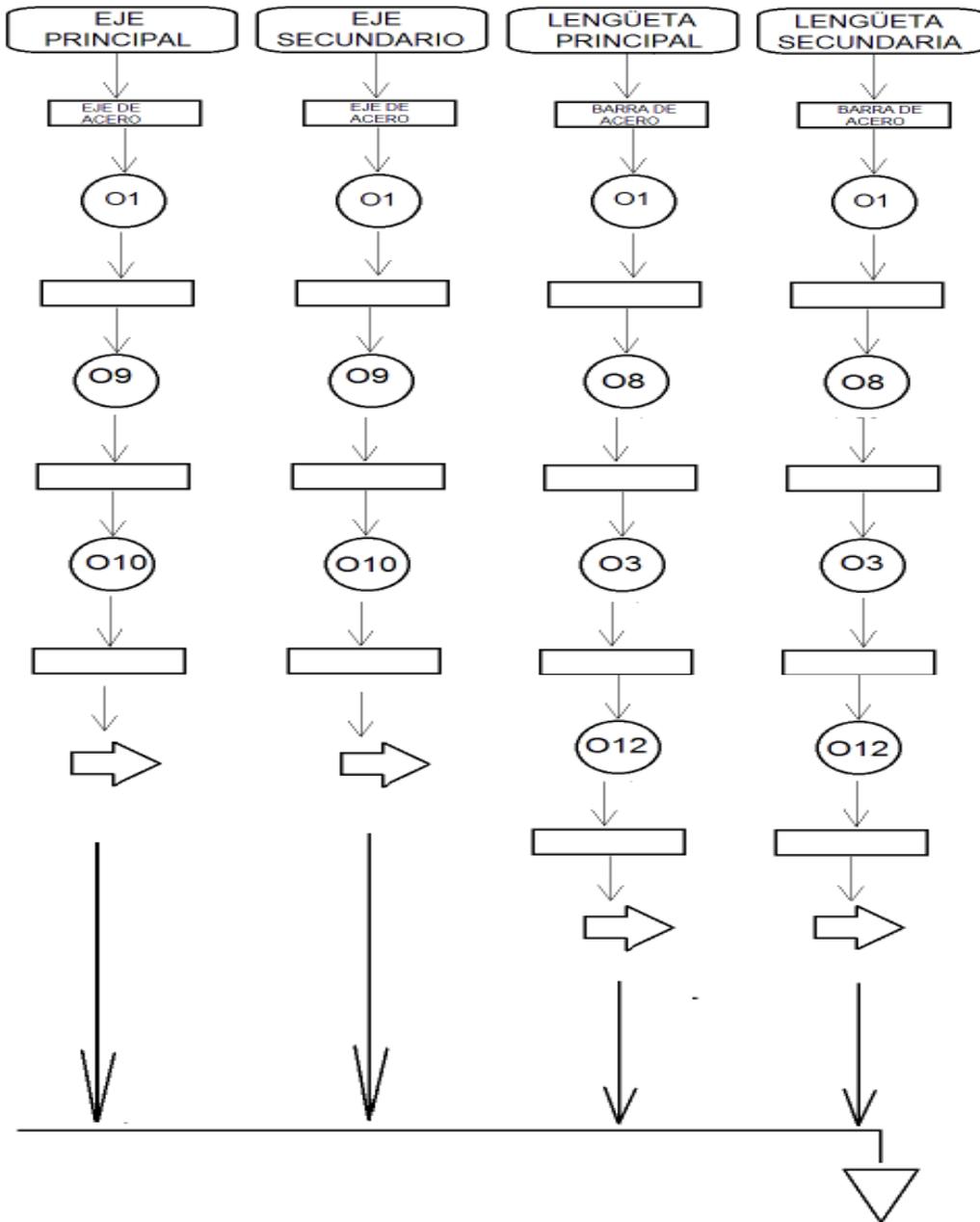


Figura 4.15: Diagrama de flujo para el sistema de transmisión de potencia.

Fuente: Propia.

4.1.6.3. Diagrama de flujo para la construcción y montaje de la picadora.

Se realiza un diagrama de flujo de las operaciones y ensamblaje de la picadora. En la figura 4.16 se muestra un diagrama de flujo de para el ensamble de la picadora.

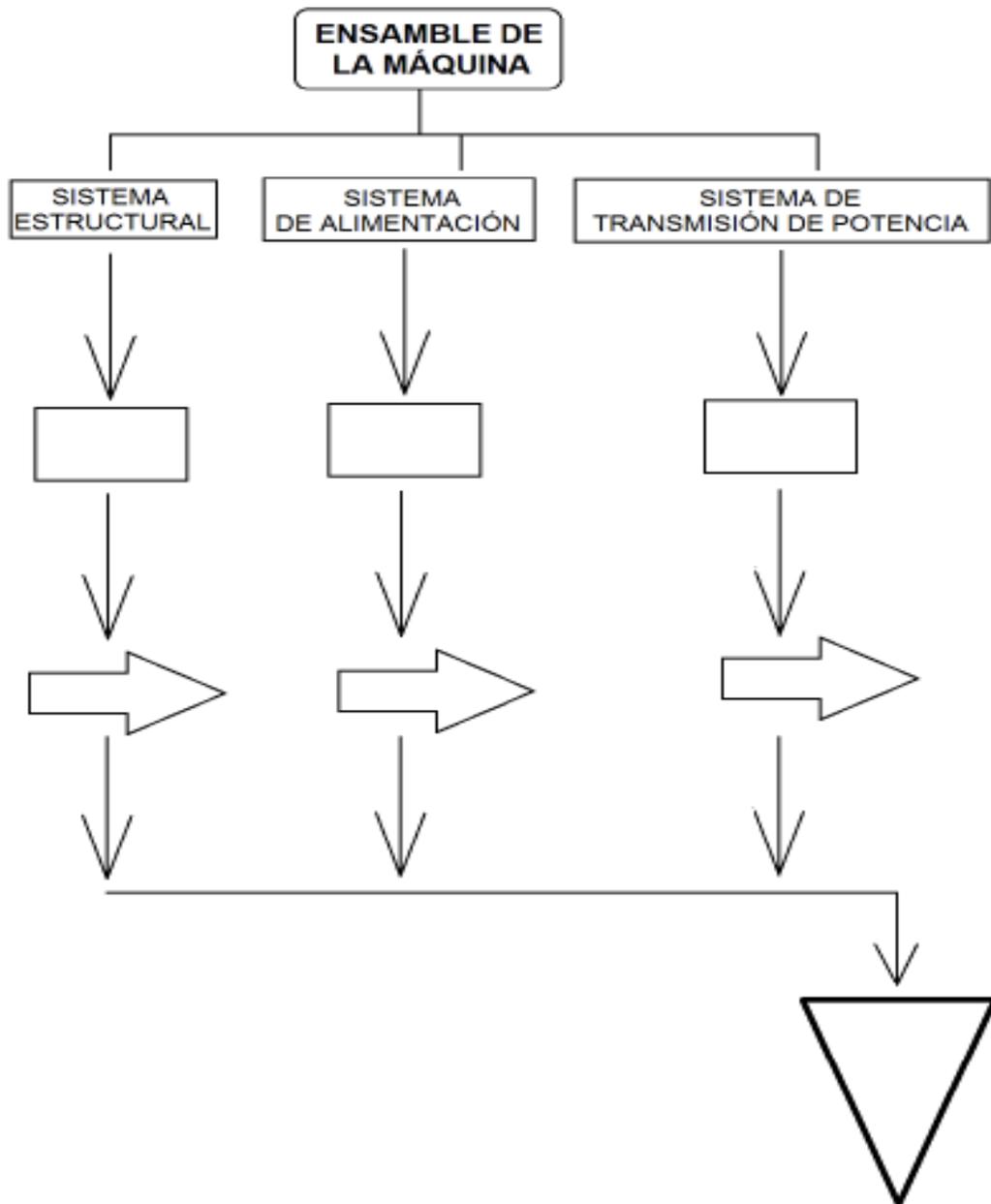


Figura 4.16: Diagrama de flujo de la máquina picadora.

Fuente: Propia.

4.1.7. MÁQUINA ARMADA.

Luego de obtenerse cada uno de los componentes se procede al armado de la misma.

En la figura 4.17 se muestra un esquema de máquina armada.



Figura 4.17: Máquina armada.

Fuente: Propia.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS ECONÓMICO

Se hará un análisis de los costos involucrados en el desarrollo de esta máquina, y se los ha dividido de la siguiente manera.

- Costos de fabricación.
- Costos de diseño.

Los materiales se los adquirió localmente en lugares que distribuyen de manera minoritaria la materia prima, esto debido a las pequeñas cantidades a requeridas, lo que conlleva a un aumento en el costo de fabricación, los elementos normalizados se los adquirió en locales de distribución mayorista esto debido a la utilización del sistema internacional en el diseño.

5.1. Costos de Fabricación.

Son todos los costos que intervienen en el proceso de construcción.

A estos costos se los puede dividir en dos grupos: Costos directos y costos por carga fabril.

5.1.1. Costos Directos.

Son lo que influyen directamente en la construcción de la máquina.

Dentro de los costos directos se encuentran: materia prima, mano de obra directa, materiales directos.

5.1.1.1. Costo de Materia Prima.

Consiste en un análisis de la materia prima utilizada para la formación de los componentes.

Los costos por materia prima se los detalla en la tabla 5.1.

Tabla 5.1: Costo de Materiales.

Fuente: Propia.

N°	Descripción	Cantidad	Costo	Subtotal[<i>usd</i>]
1	Perfil Estructural ASTM A-36 L 25x25x3	6[m]	1 [$\frac{usd}{m}$]	6
2	Plancha De Acero ASTM A-36, espesor 3[mm]	1,5[m ²]	20,83 [$\frac{usd}{m^2}$]	31,25
3	Plancha Acero Inoxidable AISI 304, espesor 1,5[mm]	0,64[m ²]	55,55 [$\frac{usd}{m^2}$]	35,55
4	Eje de Acero AISI 1045, ϕ 30[mm]	1,2[m]	20,86 [$\frac{usd}{m}$]	25,04
5	Acero para Chaveta AISI 5115, 10x10[mm]	0,5[m]	4,38 [$\frac{usd}{m}$]	2,19
6	Eje de Duralón ϕ 60 [mm]	0,4[m]	84,47 [$\frac{usd}{m}$]	33,79
TOTAL				133,82

5.1.1.2. Costo de Mano de Obra Directa.

Consiste en especificar el costo de cada uno de los procesos utilizados para la construcción de un componente.

Tomando en cuenta los costos de los procesos de fabricación en el mercado ecuatoriano al 2015 donde se maneja el concepto de Dólares/horas-hombre-máquina [$\frac{USD}{h-h-m}$] que indica el costo en horas de un trabajo donde están involucrados la máquina y su obrero en un proceso específico.

En la tabla 5.2 se detallan los componentes a construirse , los costos por cada proceso y un costo total tomando en cuenta los costos del mercado ecuatoriano al 2015.

Tabla 5.2: Costos de Fabricación.

Fuente: Propia.

N°	Piezas	Proceso	Costo $[\frac{usd}{h-h-m}]$	Tiempo [h]	Subtotal[usd]
1	Estructura	Corte	3	0,5	1,5
		Soldadura	15	1	15
		Pintado	10	1	10
2	Carcasa	Corte	3	0,5	1,5
		Corte por Chorro de agua	25	0,5	12,5
		Rolado	10	0,5	5
		Soldadura	15	1	15
		Pintado	10	1	10
3	Ejes	Torneado	30	1	30
		Fresado	40	1	40
4	Cuchillas	Corte por Chorro de Agua	25	0,5	12,5
		Fresado	40	1	40
		Doblado	5	1	5
5	Manzanas de Acople	Torneado	30	1	30
		Mortajado	40	0,5	20
		Taladrado	10	0,5	5
6	Chavetas	Limado	8	1	8
		Esmerilado	12	1	12
		Rectificado	45	0,5	22,5
6	Protectores	Corte por chorro de agua	15	0,5	7,50
7		Soldadura por puntos	10	0,5	5
TOTAL					308,00

5.1.1.3. Costo de Materiales.

Son los elementos que se solo se deben seleccionar, es decir existen en el mercado nacional, corresponde a elementos normalizados.

En la tabla 5.3 se muestra el costo de estos elementos.

Tabla 5.3: Costos de Elementos Normalizados.

Fuente: Propia.

N°	Elemento	Referencia	Cantidad	Costo	Subtotal[<i>usd</i>]
1	Pernos	M5x40	32	0,11	3,52
		M12x30	16	0,19	3,4
		M12x45	4	0,22	0,88
2	Tuercas	M5x	32	0,05	1,60
		M12x	20	0,14	2,80
3	Arandelas Planas	M5x	32	0,01	0,32
		M12x	4	0,03	0,12
4	Arandelas de Seguridad	M5x	16	0,02	3,20
		M12x	20	0,05	1,00
5	Anillos Elásticos	M26	16	0,25	4
6	Bandas	A-28	2	3,93	7,96
		A-31	2	4,31	8,62
7	Poleas	2A-3"	2	12,89	25,78
		2A-4,5"x	2	19,49	38,98
8	Motor	Trifásico 4hp	1	310	310
9	Arrancador	4hp 220V	1	90,24	90,24
10	Cable	3x12 AWG	4	2,41	9,64
11	Enchufe	Trifásico	1	8,75	8,75
12	Terminales		9	0,10	0,9
13	Bases de Caucho		6	0,40	2,60
TOTAL					521,31

5.1.2. Costos por Carga Fabril.

O también llamados costos indirectos, son los que no influyen directamente en la fabricación de la máquina pero necesarios en el desarrollo del proyecto, entre los que están materiales indirectos, mano de obra indirecta, software, transporte, otros gastos. En la tabla 5.4 se detalla cada uno de ellos.

Tabla 5.4: Costos por carga fabril.

Fuente: Propia.

N°	Descripción	Subtotal [<i>usd</i>]
1	Materiales indirectos	20
2	Mano de obra indirecta	30
3	Software	50
3	Transporte	50
3	Otros Gastos	20
TOTAL		170

5.2. Costo de diseño.

De acuerdo con las características de este proyecto y el tiempo invertido en análisis de información, cálculos realizados, elaboración de planos, se destina 1800 [*usd*].

5.3. Costo Total del Proyecto.

Este costo está dado por la suma de todos los costos antes descritos además de un porcentaje de utilidad y otro de imprevistos.

Se muestra detalladamente este análisis en la tabla 5.5.

Tabla 5.5: Costo Total del Proyecto.

Fuente: Propia.

Denominación	Costo[<i>usd</i>]
Costo por Materia prima	133,82
Costo de mano de obra directa	308
Costo de materiales	521,31
Costo por diseño	1800
Costo por carga fabril	160
SUBTOTAL	2923.13
Utilidad 15 %	438,46
Imprevistos 6 %	175,38
TOTAL	3536,97

Para encontrar el costo de producción se descarta el costo de diseño ya que está amortizado en el 15% de utilidades, así el costo por unidad producida es:

CAPÍTULO 6

PROTOCOLO DE PRUEBAS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. PROTOCOLO DE PRUEBAS.

Consiste en realizar una comparación de los requerimientos propuestos con los resultados obtenidos, para esto se utiliza la tabla 6.1 donde se recopila los requerimientos de la máquina en base a las necesidades del usuario.

Los principales requerimientos son:

- Tamaño correcto, pedazos menores a 30 [mm] de lado.
- Capacidad de 20 quintales por hora.
- Peso de alrededor de 80 [kg].
- Ergonomía.
- Fácil mantenimiento.
- Costo de comercialización.

Las pruebas se las realiza en los talleres de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional. Los productos agrícolas se los adquiere en mercados de abastos locales. Se encendió la máquina y trabajó en vacío alrededor de 5 minutos, se procedió a la alimentación de cada uno de los productos y

Tabla 6.1: Protocolo de Pruebas.

Fuente: Propia.

Capacidad de la picadora de 20 quintales por hora	Producto	Cantidad [kg]	Tiempo[s]	Capacidad de Corte [$\frac{kg}{s}$]
	Papa	9,00	13,7	0,66
	Plátano	14,500	62,00	0,23
	Zanahoria	15,00	54,00	0,28
	Promedio			0,39
	Observaciones	Se obtien una capacidad de carga de 28,1 qq/h.		
Tamaño de corte	Esperado		Obtenido	
	30 [mm]	Papa	25[mm]	
		Zanahoria	29[mm]	
		Plátano	27[mm]	
Observaciones	Las medidas corresponden			
Peso	Esperado		Obtenido	
	80 [kg]		78 [kg]	
	Observaciones	El peso obtenido es manejable por un operador		
Costo de Comercialización	Satisfactorio		Aceptable	No Satisfactorio
			x	
	Observaciones	El costo se encuentra dentro del rango		
Ergonomía	Nivel de aceptación			
	Satisfactorio		Aceptble	No Satisfactorio
	x			
Medidas			x	
Estabilidad			x	
vibraciones			x	
Fácil mantenimiento	x			

se toma el tiempo necesario. De cada producto se selecciona los pedazos más representativos y se verifica sus dimensiones. Durante el proceso de trabajo se evalúa cada uno de las especificaciones técnicas y los requerimientos del usuario y se procede a su registro.

6.1.1. Tamaño Específico.

Este es el parámetro de mayor importancia, ya que fue el propósito de diseño y construcción, entonces luego de iniciar con el proceso de picado se obtuvo los productos procesados. En la figura 6.1 se puede ver el estado en que salen los productos picados.



Figura 6.1: Productos picados: a) zanahoria b) papa c) plátano

Fuente: Propia.

Luego de realizar el corte se evalúa los pedazos de mayor tamaño asegurando así las dimensiones buscadas.

En la figura 6.2 los pedazos con sus medidas respectivas.

6.1.2. Capacidad de la máquina.

Para esta prueba se utilizó una cierta cantidad de cada producto, se tomó el tiempo de corte y se extrapoló, esto debido a la gran cantidad de productos necesarios para comparar de manera exacta.

La cantidad establecida y los tiempos se muestran en la tabla 6.

Entonces según la tabla anterior y realizando las conversiones correspondientes se tiene una capacidad de $28,1 \left[\frac{qq}{h} \right]$, con lo que se cumplió la capacidad requerida

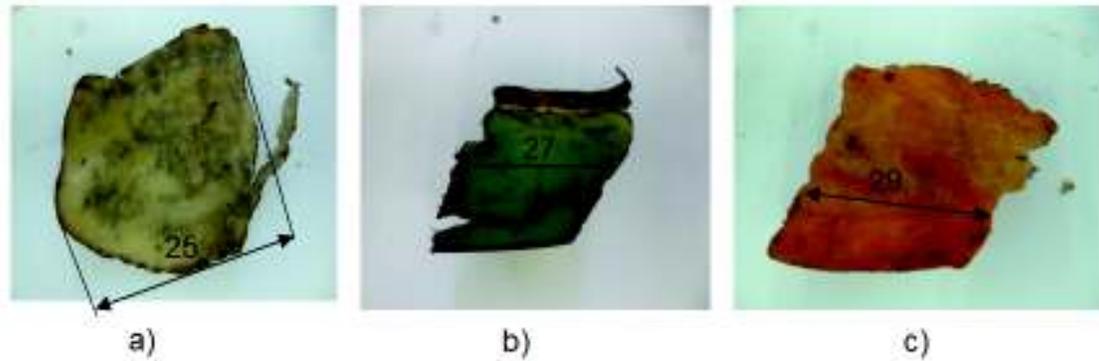


Figura 6.2: Dimensiones de los productos picados: a) Papa b) plátano c) zanahoria.

Fuente: Propia.

Tabla 6.2: Tabla de pruebas de funcionamiento.

Fuente: Propia.

PRODUCTO	CANTIDAD [kg]	TIEMPO [sg]	CAPACIDAD DE CORTE $\left[\frac{kg}{seg}\right]$
PAPA	9	13,7	0,66
PLÁTANO	14,5	62	0,23
ZANAHORIA	15,5	54	0,28
PROMEDIO			0,39

de $20\left[\frac{kg}{h}\right]$.

6.1.3. Peso de alrededor de 80 [kg].

Para encontrar el peso total de la máquina se utilizó una báscula y se encontró que tiene un peso de 78 [kg]. En la figura 6.3 se observa la máquina sobre la báscula, con lo que está cumplido el parámetro de diseño solicitado.

6.1.4. Ergonomía.

Este parámetro se lo evalúa en cierta manera de forma subjetiva, tomando en cuenta los siguientes parámetros:



Figura 6.3: Peso de la máquina.

Fuente: Propia.

6.1.4.1. Medidas.

Esto debido a condiciones propias del ser humano, tales como altura máxima de levantamiento de pesos. que para este caso se encuentra a una altura de 1440 [mm] sobre el suelo.

En la figura 6.4 se muestra un esquema de la altura de levantamiento.

6.1.4.2. Estabilidad.

Durante el funcionamiento se observó una estabilidad apropiada en la máquina, especialmente en el momento de vaciado de los productos que es donde existe

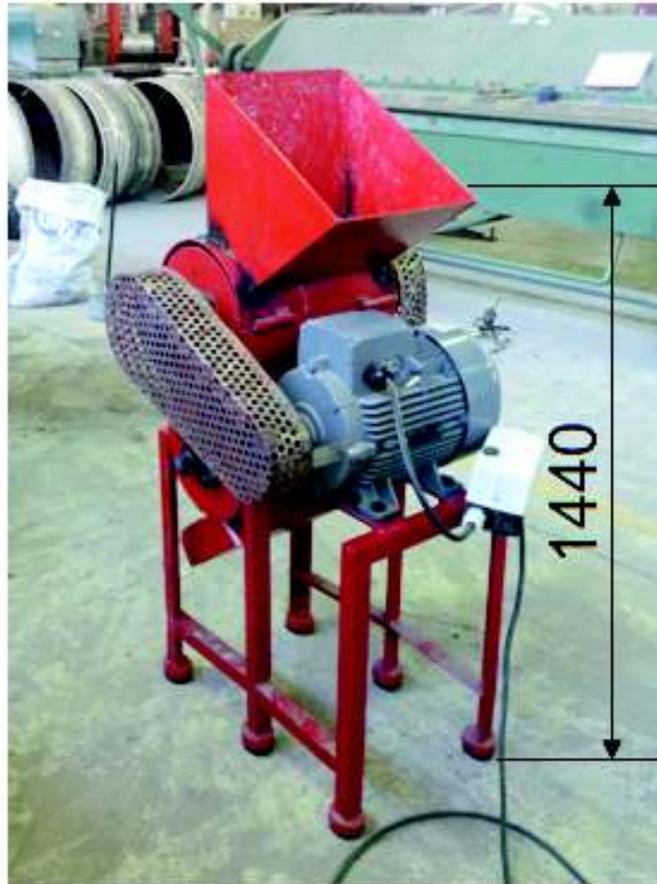


Figura 6.4: Altura de alimentación.

Fuente: Propia.

tendencia al viraje.

6.1.4.3. Vibraciones.

De igual forma durante el funcionamiento se observó una baja vibración, por consiguiente bajo ruido y alta durabilidad.

6.1.5. Fácil Mantenimiento.

Empezando por su limpieza se lo debe realizar solamente con agua y detergente, además de la accesibilidad de graseros para los rodamientos y tensores para el desgaste de bandas entre motor-eje principal.

6.1.6. Costo de comercialización.

El costo encontrado es de alrededor de 1700[*usd*] que está por encima del costo promedio de pequeña maquinaria agrícola, esto debido a que se trata de un prototipo, y los costos en los trabajos realizados disminuyen durante una producción en serie.

6.2. ESPECIFICACIONES FINALES DE LA MÁQUINA.

Con todo el proceso de diseño, cálculos, construcción y pruebas se obtuvo una máquina con las características mostradas en la tabla 6.1.

Tabla 6.3: Especificaciones finales.

Fuente: Propia.

PICADORA DE PAPAS, PLÁTANO Y ZANAHORIA		
Capacidad	20 quintales por hora	
Motor	4 [<i>hp</i>]	
Dimensiones	1200 x 800 x 600[<i>mm</i>]	
Peso del equipo	80[<i>kg</i>]	
Bandas	EJE-EJE	MOTOR-EJE
	A-28	A-31

6.3. CONCLUSIONES

Del estudio de las propiedades nutricionales de cada uno de los productos a procesar mostradas en las tablas 1.2, 1.3, 1.4 y de la comparación del valor energético mostrada en la tabla 1.5, la papa aporta con un mayor contenido energético $87 \frac{kcal}{100gr}$, seguido del plátano $85 \frac{kcal}{100gr}$ y finalmente la zanahoria $43 \frac{kcal}{100gr}$, siendo el contenido energético de los alimentos mencionados uno de los factores principales en la producción de leche.

Algunos de los subproductos agrícolas pueden ser aprovechados si se les provee de un pequeño valor agregado, evitando así desperdicio y por ende pérdida en un sector un tanto desatendido como lo es el sector agropecuario.

En gran medida se cumplió con los requerimientos del usuario , o cercanos a ellos, esto debido a factores como el mercado y procesos de fabricación.

La capacidad requerida de la máquina de $20 \frac{kg}{h}$ fue cubierta y superada ya que durante el protocolo de pruebas se obtuvo una capacidad aproximada de 28 quintales por hora, pudiendo variar dependiendo de la velocidad de alimentación.

Mediante cuchillas de 4 aspas, manzanas de acople y un segundo tren de cuchillas se consiguió el tamaño de corte requerido, además el segundo tren de cuchillas permite un flujo de vaciado constante.

Del estudio económico realizado se obtuvo un precio aproximado de comercialización de 1291 usd, que está dentro del rango de pequeña maquinaria agrícola.

La industria nacional existente y los procesos involucrados permiten cubrir necesidades básicas para el desarrollo de pequeña maquinaria, cubriendo así necesidades sociales desarrolladas actualmente.

El buen manejo de normas aumenta la eficiencia en los procesos de fabricación, esto debido a que en gran parte de industria nacional se construye usando métodos empíricos dejando un lado los procesos técnicos.

La máquina presenta vibraciones bajas debido a la gran precisión en los agujeros donde se montan las chumaceras, es decir se obtuvo un centrado correcto del eje, lo que a su vez conlleva a un funcionamiento silencioso y mayor durabilidad del equipo.

La picadora construida es susceptible de mejoras tanto en materiales como en

capacidad, lo que permite una adaptabilidad a los diferentes tamaños de hatos ganaderos, ya que está concebida y construida con procesos básicos de mecanizado.

El uso del diseño concurrente en el proceso de elaboración de una máquina permitió cubrir con las especificaciones del usuario, por lo que, el objetivo principal está cumplido.

La modularidad es un parámetro importante en el diseño, ya que permite evaluar, comparar y en su caso realizar los cambios sin afectar la esencia del proyecto, es decir, permite una optimización en cada una de las etapas del desarrollo de un equipo.

El diseño es un proceso iterativo, ya que las ideas concebidas en principio pueden ir cambiando o mejorando durante el transcurso del proyecto.

Los paquetes para dibujo tales como Autocad e Inventor permiten un acercamiento bastante real, facilitando modificaciones o variaciones rápidas en uno o otro elemento, sistema o en la máquina en sí.

Existe una gran brecha entre el diseño, la construcción y el montaje, en algunos casos se debe dejar de lado el concepto de diseño, y tener presente un aspecto práctico de construcción.

6.4. RECOMENDACIONES

Aunque la máquina está diseñada para ambientes de corrosión se debe realizar el mantenimiento mínimo que consiste en lavar luego de una jornada de trabajo.

Para futuras construcciones se recomienda fabricar las cuchillas de corte en dos partes por facilidad de montaje, y si el caso lo amerita para su respectivo reemplazo.

Seleccionar sellos o empaques que mejoren la hermeticidad y absorban imperfecciones ocasionadas por los procesos de construcción especialmente en extremos de superficies que se juntan para cerrar la cámara de picado

Se recomienda aumentar el área de carga y vaciado para evitar posibles obstrucciones.

Se recomienda la creación de un vínculo entre empresas de manufactura y mecanizado con la facultad, pudiendo así contribuir simultáneamente al un desarrollo tecnológico mutuo.

Crear una área en la Facultad de Ingeniería Mecánica que se preocupe por las necesidades en el campo agrícola ya que existe un gran mercado de oportunidades en en esta área.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Barrera,V. Grijalva,J. (2004). “Manejo del sistema de producción papa-leche en la sierra ecuatoriana”. Ecuador. Aby-Yala. 1ra edición.
2. Budynas,R. Nisbett,J. (2008). “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley”. México. PRENTICE HALL. 8va edición.
3. Cajas,D. (2011). “Diseño de un triturador pulverizador de estopa de coco para la producción de sustrato granulado”. Ecuador. Proyecto de titulación EPN.
4. Gere,J. (2006). “Mecánica de materiales”.México. CENAGE. 6ta edición.
5. Jutz,H. Scharhuz,E. (1964). “Tablas para la industria metalúrgica”.España. REVERTÉ. 10ma edición.
6. Meriam,J. (1980). “Estática”. España. REVERTÉ. 2da edición.
7. Mott,R. (2009). “Diseño de elementos de máquinas”. México. PEARSON education. 5ta edición.
8. Riba,C. (2004). “Diseño concurrente”. Documento pdf.
9. Spotts,M. (1998). “Elementos de máquinas”. México. PRENTICE HALL. 7ma edición.
10. Torres,W. (1989). “Diseño y construcción de una cortadora rotativa de cuchillas horizontales”. Ecuador. Proyecto de titulación EPN.

Anexos

APÉNDICE A

ANEXO 1

ENSAYO DE CIZALLADURA Y SISTEMAS MECÁNICOS

TEMA:

ENSAYO DE CIZALLADURA DE PAPAS, PLÁTANO y ZANAHORIA .

OBJETIVO:

Determinar la fuerza de corte para muestra de papas, zanahoria y plátano.

MATERIALES:

Fragmentos prismáticos de los productos mencionados de dimensiones

EQUIPOS:

-Máquina de ensayos universal.

-Marca: TINIUS OLSEN.

- Modelo:H25 KS.

-Cuchilla de acero inoxidable AISI 304, espesor 3 [mm]

-Ángulo de afilado 45.

-Base tipo U.

-Altura: 70 [mm]

-Abertura entre paredes 5 [mm]

-Calibrador

PROCEDIMIENTO.

- Calibrar la máquina para efectuar el ensayo de cizalladura con una velocidad de desplazamiento de $10\left[\frac{mm}{min}\right]$.
- Posicionar las probetas.
- Encender el equipo.
- Tabular los datos de fuerza de corte empleados en cada cizallamiento.
- Repetir el proceso para 15 probetas por cada uno de los productos.

DESCRIPCIÓN.

Debido a la falta de información de los productos a procesar se proceder a realizar un ensayo que brindará datos acerca del fuerza necesaria para el cizallado.

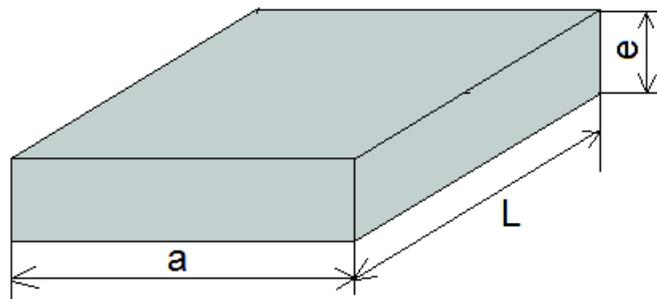


Figura A.1: Dimensiones de Probeta

Fuente:Propia

En la tabla A.1 se muestra los datos obtenidos en el ensayo correspondiente a la papa.

Tabla A.1: Ensayo para papa

Fuente:Propia

N	a [mm]	L [mm]	e [mm]	A _c [mm ²]	V _c [$\frac{mm}{min}$]	F _c [N]
1	21,75	50	5,5	125,06	10	120,80
2	21,70	50	5,75	126,9	10	122,00
3	21,85	50	5,95	130	10	124,18
4	22,10	50	6,1	134,81	10	125,20
5	22,00	50	5,85	128,7	10	122,36
6	21,50	50	5,90	126,85	10	121,16
7	21,55	50	5,85	126,06	10	120,96
8	22,15	50	5,95	131,79	10	121,86
9	22,00	50	5,70	125,4	10	120,70
10	21,95	50	6,15	134,99	10	125,00
11	21,75	50	5,95	129,41	10	120,10
12	21,85	50	6,15	134,37	10	123,78
13	21,65	50	5,95	128,81	10	122,10
14	22,00	50	6,10	134,2	10	124,36
15	22,10	50	5,75	127,07	10	120,20
Promedio	21,86	50	5,93	129,63	10	122,31

En la tabla A.2 se muestra los datos obtenidos en el ensayo correspondiente al plátano.

Tabla A.2: Ensayo para plátano

Fuente:Propia

N	a [mm]	L [mm]	e [mm]	A _c [mm ²]	V _c [$\frac{mm}{min}$]	F _c [N]
1	21,85	50	5,95	130,00	10	155,26
2	21,75	50	6,10	132,67	10	155,00
3	22,15	50	5,75	127,36	10	153,18
4	21,85	50	6,15	134,37	10	158,00
5	21,95	50	5,85	128,40	10	152,26
6	21,70	50	5,95	129,11	10	152,00
7	21,95	50	6,00	131,70	10	150
8	22,10	50	5,70	125,97	10	145,48
9	21,85	50	6,15	134,37	10	155
10	21,75	50	5,95	129,40	10	152,28
11	22,10	50	5,85	129,28	10	153,00
12	21,85	50	6,00	131,10	10	150,00
13	21,95	50	5,75	126,21	10	149,16
14	21,90	50	6,00	131,40	10	152,10
15	22,00	50	5,85	128,70	10	152,16
Promedio	21,91	50	5,93	130,00	10	152,12

En la tabla A.3 se muestra los datos obtenidos en el ensayo correspondiente a la zanahoria.

Tabla A.3: Ensayo para zanahoria

Fuente:Propia

N	a [mm]	L [mm]	e [mm]	A_c [mm ²]	V_c [\frac{mm}{min}]	F_c [N]
1	21,95	50	5,85	128,40	10	135,24
2	21,75	50	5,75	125,06	10	127,80
3	21,50	50	5,80	128,40	10	132,96
4	21,75	50	5,90	125,05	10	138,80
5	21,85	50	5,75	124,70	10	135,90
6	21,50	50	5,85	128,32	10	138,12
7	21,85	50	5,80	125,63	10	127,28
8	21,95	50	5,95	125,77	10	102,56
9	21,70	50	5,70	126,73	10	129,90
10	21,85	50	5,85	127,82	10	130,90
11	21,80	50	5,90	128,62	10	122,18
12	21,95	50	5,95	130,60	10	132,90
13	21,95	50	6,15	134,99	10	139,20
14	21,80	50	5,75	125,35	10	125,80
15	21,90	50	5,80	127,02	10	136,16
Promedio	21,80	50	5,78	126,16	10	130,38

La tabla A.4 muestra una comparación entre los tres productos.

Tabla A.4: Comparación

Fuente:Propia

Producto	F_c [N]
Papa	122,31
Plátano	152,12
Zanahoria	130,38

Tabla A.5: Factor de la condición de superficie.

Fuente: Budynas, R. Nisbett, J. (2008). "Diseño en ingeniería mecánica de Shigley". México. PRENTICE HALL. 8va edición. pag.288

Surface Finish	Factor a		Exponent b
	S_{ut} , kpsi	S_{ut} , MPa	
Ground	1.34	1.58	-0.085
Machined or cold-drawn	2.70	4.51	-0.265
Hot-rolled	14.4	57.7	-0.718
As-forged	39.9	272.	-0.995

Tabla A.6: Factor de la confiabilidad.

Fuente: Budynas, R. Nisbett, J. (2008). "Diseño en ingeniería mecánica de Shigley". México. PRENTICE HALL. 8va edición. pag.285

Reliability, %	Transformation Variate z_o	Reliability Factor k_o
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

Tabla A.7: Resistencia de pernos.

Fuente: Budynas, R. Nisbett, J. (2008). "Diseño en ingeniería mecánica de Shigley". México. PRENTICE HALL. 8va edición. pag.435

Property Class	Size Range, Inclusive	Minimum Proof Strength, [†] MPa	Minimum Tensile Strength, [†] MPa	Minimum Yield Strength, [†] MPa	Material	Head Marking
4.6	M5-M36	225	400	240	Low or medium carbon	
4.8	M1.6-M16	310	420	340	Low or medium carbon	
5.8	M5-M24	380	520	420	Low or medium carbon	

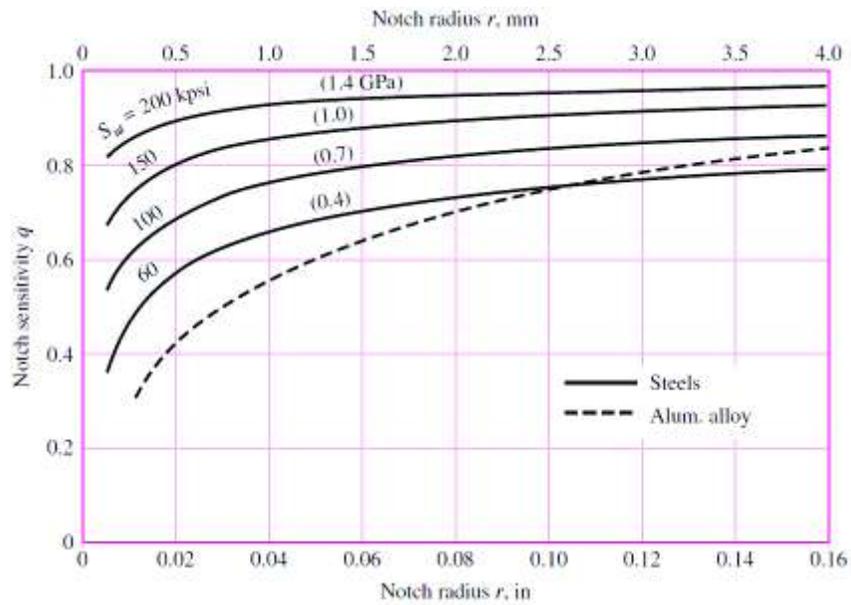


Figura A.2: Sensibilidad a la muesca.

Fuente: Budynas,R. Nisbett,J. (2008). "Diseño en ingeniería mecánica de Shigley". México. PRENTICE HALL. 8va edición. pag.288

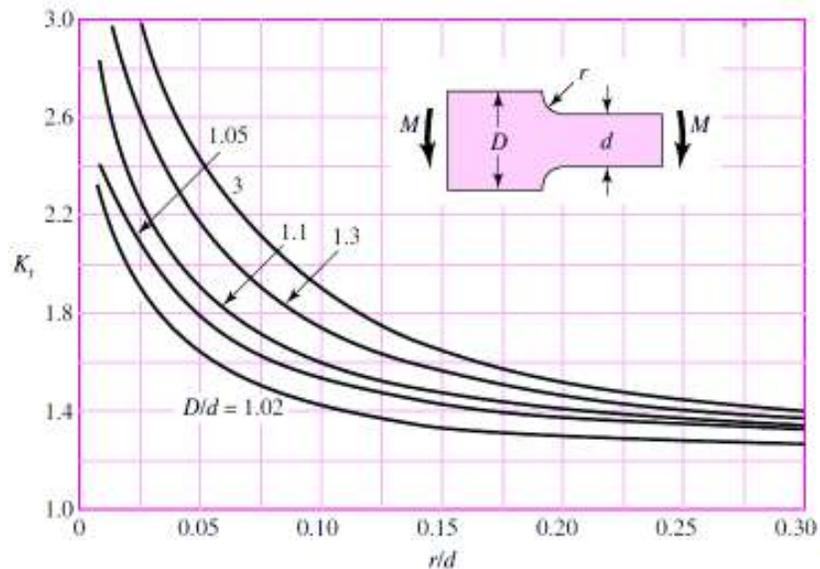


Figura A.3: Factor de la condición de superficie

Fuente: Budynas,R. Nisbett,J. (2008). "Diseño en ingeniería mecánica de Shigley". México. PRENTICE HALL. 8va edición. pag.288

Tabla A.8: Factor de servicio.

Fuente:Spotts,M. (1998). “Elementos de máquinas”. México. PRENTICE HALL.
7ma edición.

TABLA A-8 FACTORES SERVICIOS DE SERVICIO

Tipo de servicio (clase)	Materiales de CA, por norma			Materiales de CA, por norma		
	3-3	4-10	10-21	3-3	4-10	10-21
Agujeros para líquidos: bombas y motores Pulsos alternos y compresores Vibraciones de hasta 30 Hz Transmisiones de servicio ligero	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Transmisiones de hasta para acero, aluminio, etc. Motores de hasta pulsos alternos de hasta 10 Hz (servicio ligero) Caja de transmisión Máquina para generación de potencia eléctrica Pulsos alternos, presión, torque Máquina de impulsión Motores eléctricos de arranque rápido Motores de velocidad y vibración	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Máquina para servicio de arranque de emergencia Servicio ligero Compresores de gases Compresores (presión, torque, torque) Transmisiones de servicio Motores de arranque de papel Motores de arranque Motores de arranque de servicio Motores de arranque	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5	1.6
Transmisiones (torque, de arranque, de arranque) Motores (de arranque, de arranque) Motores Cilindros, pistones y anillos de la	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6

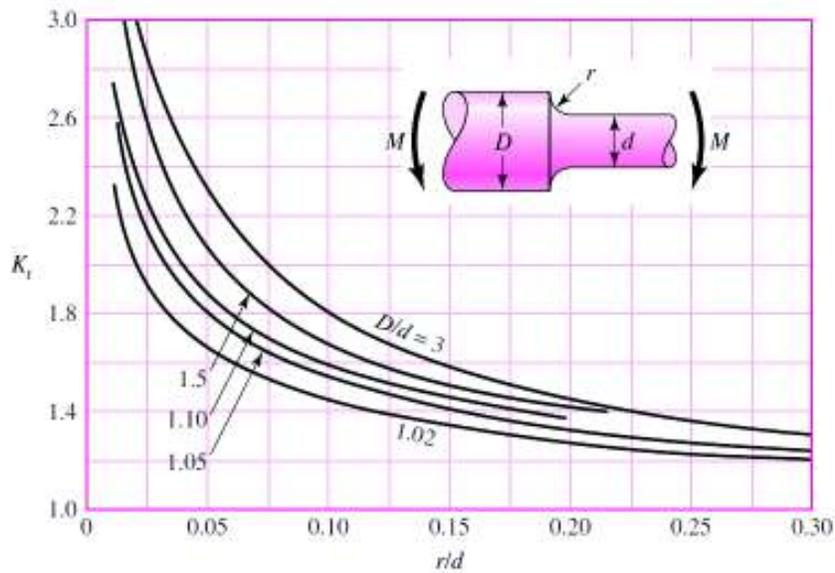


Figura A.4: Factor de concentración de esfuerzos.

Fuente: Budynas, R. Nisbett, J. (2008). “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley”. México. PRENTICE HALL. 8va edición. pag.288

Tabla A.9: Diámetro de polea recomendado.

Fuente: Catálogo de bandas Martin.

POTENCIA DEL MOTOR HP	RPM DEL MOTOR					
	575	695	870	1160	1750	3450
.50	2.50	2.50	2.50	—	—	—
.75	3.00	2.50	2.50	2.50	—	—
1.00	3.00	3.00	2.50	2.50	2.25	—
1.50	3.00	3.00	3.00	2.50	2.50	2.25
2.00	3.75	3.00	3.00	2.50	2.50	2.50
3.00	4.50	3.75	3.00	3.00	2.50	2.50
5.00	4.50	4.50	3.75	3.00	3.00	2.50
7.50	4.25	4.50	4.50	3.75	3.00	3.00
10.00	6.00	5.25	4.50	4.50	3.75	3.00
15.00	6.75	6.00	5.25	4.50	4.50	3.75
20.00	8.25	6.75	6.00	5.25	4.50	4.50
25.00	9.00	8.25	6.75	6.00	4.50	4.50*
* 30.00	10.00	9.00	6.75	6.75	5.25	—
40.00	10.00	10.00	8.25	6.75	6.00	—
50.00	11.00	10.00	9.00	8.25	6.75	—
60.00	12.00	11.00	10.00	9.00	7.50	—
75.00	14.00	13.00	10.00	10.00	9.00	—
100.00	18.00	15.00	13.00	13.00	10.00	—
125.00	20.00	18.00	15.00	13.00	11.00	—
150.00	22.00	20.00	18.00	13.00	—	—
200.00	22.00	22.00	22.00	—	—	—
250.00	22.00	22.00	—	—	—	—
300.00	27.00	27.00	—	—	—	—

NOTA: Los datos indicados sobre la línea han sido sugeridos en la norma MG 1-3.15 y MG 1-3.16A de NEMA (National Electric Manufacturers Association). Los datos indicados debajo de la línea es información recopilada por la ECM (Electric Motors Manufacturers). En ambos casos los valores son conservadores ya que algunos motores y rodamientos pueden permitir el uso de poleas de menor diámetro. Consulte al fabricante del motor.

Tabla A.10: Tipo de Banda.

Fuente: Budynas, R. Nisbett, J. (2008). "Diseño en ingeniería mecánica de Shigley". México. PRENTICE HALL. 8va edición. pag.889

Belt Section	Width a , in	Thickness b , in	Minimum Sheave Diameter, in	hp Range, One or More Bolts
A	$\frac{1}{2}$	$\frac{11}{32}$	3.0	$\frac{1}{4}$ –10
B	$\frac{21}{32}$	$\frac{7}{16}$	5.4	1–25
C	$\frac{7}{8}$	$\frac{17}{32}$	9.0	15–100
D	$1\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	13.0	50–250
E	$1\frac{1}{2}$	1	21.6	100 and up

Tabla A.11: Factor de corrección de la longitud de paso.

Fuente: Budynas, R. Nisbett, J. (2008). "Diseño en ingeniería mecánica de Shigley". México. PRENTICE HALL. 8va edición. pag. 879.

Length Conversion Dimensions (Add the listed quantity to the inside circumference to obtain the pitch length in inches).

Belt section	A	B	C	D	E
Quantity to be added	1.3	1.8	2.9	3.3	4.5

Tabla A.12: Potencia permitida por banda.

Fuente: Catálogo de bandas Dayco.

CLASSICAL SECTION PRE-ENGINEERED
AP, AX RATIO 1.40-1.61

Speed Ratio	Sieve Pitch Diameter (Inches)		MOTOR 3500 R.P.M.			MOTOR 1750 R.P.M.			MOTOR 1100 R.P.M.								
	Motor Diameter (Inches)	Drive Diameter (Inches)	Horsepower			Horsepower			Horsepower								
			Drives Speed	Sieve Dia. (Inches)	Gig. Belt	Drives Speed	Sieve Dia. (Inches)	Gig. Belt	Drives Speed	Sieve Dia. (Inches)	Gig. Belt	25	31	33	35	38	42
1.80	3.0	4.2	2500	3.14	3.70	1250	2.04	2.58	620	1.91	1.88	8.0	10.5	11.5	12.5	14.0	16.0
1.80	4.0	5.4	2500	3.14	6.31	1250	3.26	4.15	820	2.40	3.11	8.1	8.6	9.6	10.6	12.1	14.1
1.80	5.0	7.0	2500	3.82	8.32	1250	4.96	5.62	820	3.25	4.70	—	—	7.7	8.7	10.2	12.2
1.41	3.4	4.8	2462	3.86	4.02	1231	2.55	3.22	825	1.87	2.44	7.2	8.7	10.7	11.7	13.2	15.2
1.41	4.4	6.2	2462	3.86	7.24	1231	3.78	4.71	825	2.15	3.54	—	—	7.8	8.8	9.8	11.3
1.41	5.4	7.6	2462	7.38	8.30	1231	4.91	6.29	825	3.59	4.00	—	—	—	7.8	9.4	11.4
1.40	5.8	8.2	2462	7.80	10.00	1241	5.28	6.75	825	3.91	5.01	—	—	—	—	8.0	10.6
1.40	6.4	9.0	2462	8.54	11.08	1241	6.00	7.56	825	4.59	5.81	—	—	—	—	—	8.5
1.42	3.8	5.4	2485	4.77	5.83	1232	3.84	3.85	817	2.25	2.68	8.4	8.8	9.8	10.9	12.4	14.4
1.42	4.2	6.0	2449	5.02	6.78	1234	3.32	4.46	811	2.58	3.23	—	—	8.1	9.3	10.1	11.8
1.43	4.6	6.6	2448	6.20	7.89	1234	4.00	5.05	811	2.92	3.78	—	—	7.3	8.3	9.3	10.8
1.44	3.2	4.6	2431	3.58	4.31	1215	2.30	2.91	806	1.70	2.21	7.5	10.0	11.0	12.0	13.5	15.5
1.44	3.6	5.2	2431	4.88	5.34	1215	2.80	3.54	806	2.36	2.87	6.7	9.2	10.2	11.2	12.7	14.7
1.45	4.0	5.6	2414	5.18	6.33	1207	3.29	4.16	800	2.41	3.15	—	—	8.4	9.4	10.4	11.9
1.45	4.4	6.4	2414	5.87	7.25	1207	3.77	4.76	800	2.75	3.85	—	—	7.6	8.6	9.6	11.1
1.46	6.2	9.0	2414	8.28	10.70	1207	5.79	7.30	800	4.24	5.42	—	—	—	—	—	9.8
1.46	4.8	7.0	2397	6.53	8.12	1199	4.34	5.25	795	3.09	3.88	—	—	7.8	8.8	10.3	12.3
1.46	5.2	7.8	2360	7.13	8.94	1199	4.70	5.92	795	3.43	4.40	—	—	—	8.0	9.5	11.5
1.46	5.6	8.2	2357	7.67	8.69	1199	5.15	6.48	795	3.78	4.81	—	—	—	—	8.7	10.7
1.47	3.8	4.8	2381	3.17	3.79	1180	2.08	2.58	789	1.92	1.99	7.8	10.3	11.3	12.3	13.9	15.8
1.47	3.4	5.0	2261	4.80	4.64	1190	2.28	3.23	789	1.86	2.84	7.8	9.5	10.5	11.5	13.0	15.0
1.47	3.8	5.6	2281	4.79	5.89	1190	3.05	3.85	789	2.24	2.89	6.7	8.7	9.7	10.7	12.2	14.2
1.48	4.2	6.2	2285	5.53	6.61	1182	3.54	4.40	784	2.58	3.26	—	—	7.9	8.9	9.9	11.4
1.50	3.2	4.8	2233	3.80	4.23	1167	2.21	2.87	773	1.71	2.22	7.3	9.8	10.8	11.8	13.3	15.3
1.50	3.6	5.4	2233	4.41	5.38	1167	2.81	3.51	773	2.06	2.87	6.5	9.8	10.0	11.0	12.6	14.6

Tabla A.13: Factor de corrección del ángulo de contacto.

Fuente: Budynas, R. Nisbett, J. (2008). "Diseño en ingeniería mecánica de Shigley". México. PRENTICE HALL. 8va edición. pag. 882

$\frac{D-d}{C}$	θ , deg	K_1	
		VV	V Flat
0.00	180	1.00	0.75
0.10	174.3	0.99	0.76
0.20	166.5	0.97	0.78
0.30	162.7	0.96	0.79
0.40	156.9	0.94	0.80
0.50	151.0	0.93	0.81
0.60	145.1	0.91	0.83
0.70	139.0	0.89	0.84
0.80	132.8	0.87	0.85
0.90	126.5	0.85	0.85
1.00	120.0	0.82	0.82
1.10	113.3	0.80	0.80
1.20	106.3	0.77	0.77
1.30	98.9	0.73	0.73
1.40	91.1	0.70	0.70
1.50	82.8	0.65	0.65

Tabla A.14: Factor de corrección de longitud.

Fuente: Budynas, R. Nisbett, J. (2008). "Diseño en ingeniería mecánica de Shigley". México. PRENTICE HALL. 8va edición. pag. 882

Length Factor	Nominal Belt Length, in				
	A Belts	B Belts	C Belts	D Belts	E Belts
0.85	Up to 35	Up to 46	Up to 75	Up to 128	
0.90	38-46	48-60	81-96	144-162	Up to 195
0.95	48-55	62-75	105-120	173-210	210-240
1.00	60-75	78-97	128-158	240	270-300
1.05	78-90	105-120	162-195	270-330	330-390
1.10	96-112	128-144	210-240	360-420	420-480
1.15	120 and up	158-180	270-300	480	540-600
1.20		195 and up	330 and up	540 and up	660

*Multiply the rated horsepower per belt by this factor to obtain the corrected horsepower.

Tabla A.15: Dimensiones de lengüeta.

Fuente: Prontuario.

Chavetas y lengüetas									
Chavetas y chavetas engastadas Unión de tensión con cono			DIN 6886 (Febr.56)	Lengüetas redondas Unión de arrastre sin cono		DIN 6888 (Agos.56)			
<i>l</i> extremos redondeados (chaveta engastada) <i>h</i> extremos rectos (chaveta de arrastre) Inclinación 1:100 Inclinación 1:100 <i>h</i> es el extremo grueso de la chaveta					Designación de una chaveta: forma A; ancho $b = 20$ mm; altura $h = 12$ mm; long. $l = 125$ mm; material St 60 Chav. A 20x12x125 DIN 6886				
Designación de una lengüeta de $b = 4$, $h = 5$: Lengüeta redonda 4x5 DIN 6888									
Para árboles de D	Chaveta alt. x anch. $b \times h$	<i>l</i> referido al punto más alto del árbol l_t	Profund. del chavetero para el cubo l_s	Para árboles de D	Lengüeta			Profund. chavetero árbol l	Profund. chaveteo cubo l_t
					Ancho b	Altura h	Longitud l	D_2	
10 12	4 x 4 5 x 5	2,4 + 0,1 2,9 + 0,1	D + 1,3 + 0,1 D + 1,8 + 0,1	5 8	2 3	2,6 3,7	6,76 9,66	7 10	1,8 2,9
17 22	6 x 6 8 x 7	3,5 + 0,2 4,1 + 0,2	D + 2,1 + 0,1 D + 2,4 + 0,1	8 10	3 4	3,7 5	9,66 12,65	10 13	2,5 3,8
30 38	10 x 8 12 x 8	4,7 + 0,2 4,9 + 0,2	D + 2,6 + 0,1 D + 2,8 + 0,1	10 12	4 5	5 6,5	12,65 15,72	13 16	3,5 5,0
44 50	14 x 9 16 x 10	5,5 + 0,2 6,2 + 0,2	D + 2,9 + 0,1 D + 3,2 + 0,2	12 17	5 6	6,5 7,5	15,72 18,57	16 19	5,0 6,0
58 65	18 x 11 20 x 12	6,8 + 0,2 7,4 + 0,2	D + 3,5 + 0,2 D + 3,9 + 0,2						

Tabla A.16: Factor de esfuerzos dinámicos.

Fuente: Catálogo de rodamientos KDF

▼ Valores f_d para rodamientos de bolas

l_a	f_d	l_a	f_d	l_a	f_d	l_a	f_d	l_a	f_d
h		h		h		h		h	
100	0,360	420	0,944	1700	1,3	6500	2,30	28000	3,63
110	0,604	440	0,958	1800	1,53	7000	2,41	30000	3,91
120	0,621	460	0,973	1900	1,56	7500	2,47	32000	4
130	0,638	480	0,986	2000	1,59	8000	2,52	34000	4,08
140	0,654	500	1	2200	1,64	8500	2,57	36000	4,16
150	0,669	550	1,03	2400	1,69	9000	2,62	38000	4,24
160	0,684	600	1,06	2600	1,73	9500	2,67	40000	4,31
170	0,698	650	1,09	2800	1,78	10000	2,71	42000	4,38
180	0,711	700	1,12	3000	1,82	11000	2,8	44000	4,45
190	0,724	750	1,14	3200	1,86	12000	2,86	46000	4,51
200	0,737	800	1,17	3400	1,89	13000	2,96	48000	4,58
220	0,761	850	1,19	3600	1,93	14000	3,04	50000	4,64
240	0,783	900	1,22	3800	1,97	15000	3,11	52000	4,79
260	0,804	950	1,24	4000	2	16000	3,17	54000	4,93
280	0,824	1000	1,26	4200	2,03	17000	3,24	56000	5,07
300	0,843	1100	1,3	4400	2,06	18000	3,3	58000	5,19
320	0,862	1200	1,34	4600	2,1	19000	3,36	75000	5,31
340	0,879	1300	1,38	4800	2,13	20000	3,42	80000	5,43
360	0,896	1400	1,41	5000	2,15	22000	3,48	85000	5,54
380	0,913	1500	1,44	5500	2,22	24000	3,63	90000	5,65
400	0,928	1600	1,47	6000	2,29	26000	3,73	100000	5,85

$f_d = \sqrt{\frac{l_a}{200}}$

Tabla A.17: Factor de velocidad.

Fuente: Catálogo de rodamientos KDF

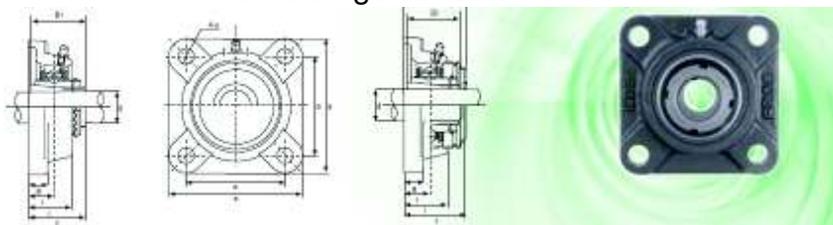
▼ Valores f_n para rodamientos de bolas

$$f_n = \sqrt{\frac{33 \frac{1}{2}}{n}} \cdot \frac{1}{f_n}$$

n	f_n								
min ⁻¹									
10	1,49	55	0,846	340	0,461	1800	0,265	9500	0,152
11	1,45	60	0,822	360	0,452	1900	0,26	10000	0,149
12	1,41	65	0,8	380	0,444	2000	0,255	11000	0,145
13	1,37	70	0,781	400	0,437	2200	0,247	12000	0,141
14	1,34	75	0,763	420	0,43	2400	0,24	13000	0,137
15	1,3	80	0,747	440	0,423	2600	0,234	14000	0,134
16	1,28	85	0,732	460	0,417	2800	0,228	15000	0,131
17	1,25	90	0,718	480	0,411	3000	0,223	16000	0,128
18	1,23	95	0,705	500	0,405	3200	0,218	17000	0,125
19	1,21	100	0,693	550	0,393	3400	0,214	18000	0,123
20	1,19	110	0,672	600	0,382	3600	0,21	19000	0,121
22	1,15	120	0,652	650	0,372	3800	0,206	20000	0,119
24	1,12	130	0,635	700	0,362	4000	0,203	22000	0,115
26	1,09	140	0,62	750	0,354	4200	0,199	24000	0,112
28	1,06	150	0,606	800	0,347	4400	0,196	26000	0,109
30	1,04	160	0,593	850	0,34	4600	0,194	28000	0,106
32	1,01	170	0,581	900	0,333	4800	0,191	30000	0,104
34	0,993	180	0,57	950	0,327	5000	0,188	32000	0,101
36	0,975	190	0,56	1000	0,322	5500	0,182	34000	0,0993
38	0,957	200	0,55	1100	0,312	6000	0,177	36000	0,0975
40	0,941	220	0,533	1200	0,303	6500	0,172	38000	0,0957
42	0,926	240	0,518	1300	0,295	7000	0,168	40000	0,0941
44	0,912	260	0,504	1400	0,288	7500	0,164	42000	0,0926
46	0,898	280	0,492	1500	0,281	8000	0,161	44000	0,0912
48	0,886	300	0,481	1600	0,275	8500	0,158	46000	0,0898
50	0,874	320	0,471	1700	0,27	9000	0,155	50000	0,0874

Tabla A.20: Carga dinámica permisible.

Fuente: Catálogo de rodamientos KDF



Tipo Type	Dimensioni mm/mm Dimensions mm/inch										Bull. file. Bolt Size mm/inch	Coeff. di carico (N) Load (lbf) (F)		Cuscinetto Bearing	Support Housing	Peso Weight (N/lb)
	d	a	e	i	g	l	s	z	t	B ₁		Dynamic	Static			
IK206-K206 IK206-K206	20	85	70	14	14	27	12	35,5	40	36	M10	13 900	7 500	IK206-K206 IK206-K206	F206	0,86
IK206-K206 IK206-K206	25	106	85	18	14	31	12	39	44,5	38	M10	18 900	10 900	IK206-K206 IK206-K206	F206	1,16
IK207-K207 IK207-K207	30	117	92	19	16	34	14	42,5	46,5	43	M12	24 900	14 900	IK207-K207 IK207-K207	F207	1,55

HOJA DE PROCESOS

POSICIÓN		NOMBRE:		TIEMPO DE DE MAQUINADO: 200 minutos					
CANTIDAD	DENOMINACIÓN	MATERIAL	DIMENSIONES INICIALES	OBSERVACIÓN					
1	1	Eje Principal	Acero AISI 5140	550x28					
									
FASE	SUBFASE	N	OPERACIONES	ESQUEMA DE CONSTRUCCIÓN	RPM	ÚTILES		TIEMPO ESTIMADO	
						TRABAJO	CONTROL		
TORNO	10	11	Puesta a punto					20	
		12	Refrentar 1 y 1'		300	CRE		5	
		13	Agujero de centros 1 y 1'		90	BC		10	
	20	21	Puesta a punto						20
		22	Cilindrar 2 ϕ 29x		700				15
		23	Cilindrar 3 ϕ 16x40		700	CRE	Cal		15
		24	Radio de acuerdo ϕ 2		90				15
25	Cilindrar 4 ϕ 19x60		700	CRE	Cal		15		
26	Radio de acuerdo ϕ 2		90				15		
27	8 ranuras 2x2		300		Cal		20		
FRESADORA	30	31	Puesta a punto					25	
		32	Alojamiento para lengüeta ϕ 8		300	FB	Cal	10	
		33	Alojamiento para lengüeta ϕ 5		300	FB	Cal	15	
CÓDIGO DE ÚTILES				LABORATORIO DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS					
CRE:Cuchilla de refrentar		BDC:Broca de Centros		FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA					
Cal:Calibrador		FB:Fresa de Vástago		ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL					

HOJA DE PROCESOS									
NOMBRE: Eje Secundario			MATERIAL: Acero AISI 5140		TIEMPO DE DE MAQUINADO: 200 minutos				
POSICIÓN	CANTIDAD	DENOMINACIÓN			DIMENSIONES INICIALES	OBSERVACIÓN			
1	1	Eje Principal			550x28				
FASE	SUBFASE	N	OPERACIONES	ESQUEMA DE CONSTRUCCIÓN	RPM	ÚTILES		TIEMPO ESTIMADO	
						TRABAJO	CONTROL		
TORNO	10	11	Puesta a punto					20	
		12	Refrentar 1 y 1'		300	CRE		5	
		13	Agujero de centros 1 y 1'		90	BC		10	
	20	21	Puesta a punto						20
		22	Cilindrar 2 φ 29x		700				15
		23	Cilindrar 3 φ 16x40		700	CRE	Cal		15
		24	Radio de acuerdo φ 2		90				15
		25	Cilindrar 4 φ 19x60		700	CRE	Cal		15
26	Radio de acuerdo φ 2		90				15		
27	8 ranuras 2x2		300			Cal		20	
FRESADORA	30	31	Puesta a punto					25	
		32	Alojamiento para lengüeta φ 8		300	FB	Cal	10	
		33	Alojamiento para lengüeta φ 5		300	FB	Cal	15	
CÓDIGO DE ÚTILES CRE:Cuchilla de refrentar Cal:Calibrador				LABORATORIO DE MAQUINAS HERRAMIENTAS FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL					
				BDC:Broca de Centros FB:Fresa de Vástago					

HOJA DE PROCESOS

NOMBRE:		Manzana de Acople		TIEMPO DE DE MAQUINADO: 110 minutos				
POSICIÓN	CANTIDAD	DENOMINACIÓN	MATERIAL	DIMENSIONES INICIALES	OBSERVACIÓN			
1	1	Manzana de acople	Duralón	60x100				
FASE	SUBFASE	N	OPERACIONES	ESQUEMA DE CONSTRUCCIÓN	RPM	UTILES		TIEMPO ESTIMADO
						TRABAJO	CONTROL	
TORNO	10	11	Puesta a punto		300	CRE	Cal	15
		12	Refrentar 1 y 1'			CRE	Cal	5
		13	Cilindrar 2 ϕ 29x37					10
FRESADORA	20	21	Puesta a punto		300	CI	Cal	15
		22	Cilindrar internamente 3 ϕ 29x37					15
		31	Puesta a punto					25
		32	Taladrar 4 ϕ 5					10
	30	33	Alojamiento para lengüeta 5 8x37		38 gpm	FB	Cal	15
CODIGO DE UTILES CRE:Cuchilla de refrentar Cal:Calibrador			LABORATORIO DE MAQUINAS HERRAMIENTAS FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ESCUELA POLITECNICA NACIONAL					
			CI:Cuchilla para interiores FB:Fresa de Vástago					

APENDICE C

ANEXO 3 PLANOS