



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”**



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

IV PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA

EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“DISEÑO DE UN MOLINO EXTRUSOR DE 60 QUINTALES
POR MES DE PRODUCCION PARA LA EXTRACCIÓN DE
ACEITE DEL FRUTO DE PALMERAS (CHONTA) EN EL
CASERIO MASHUYACU-RIOJA”**

Presentado Por:

Br. GOICOCHEA RUIZ EYNER

LAMBAYEQUE – PERÚ

2017



UNIVERSIDAD NACIONAL

"PEDRO RUIZ GALLO"



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

IV PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA

EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**"DISEÑO DE UN MOLINO EXTRUSOR DE 60 QUINTALES
POR MES DE PRODUCCION PARA LA EXTRACCIÓN DE
ACEITE DEL FRUTO DE PALMERAS (CHONTA) EN EL
CASERIO MASHUYACU-RIOJA"**

Presentado Por:

Br. GOICOCHEA RUIZ EYNER

Aprobado por el Jurado Examinador

PRESIDENTE: ING. MSC. JUAN ANTONIO TUMIALAN INOSTROZA

SECRETARIO: ING. MSC. JORGE LUIS NUMBERA TEMOCHE

MIEMBRO: ING. MSC. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO

ASESOR: ING. MSC. TEOBALDO EDGAR JULCA OROZCO

Lambayeque – Perú

2017



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA y ELÉCTRICA
IV PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA



EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

TITULO

**“DISEÑO DE UN MOLINO EXTRUSOR DE 60 QUINTALES
POR MES DE PRODUCCION PARA LA EXTRACCIÓN DE
ACEITE DEL FRUTO DE PALMERAS (CHONTA) EN EL
CASERIO MASHUYACU-RIOJA”**

CONTENIDOS

CAPITULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACION.

CAPITULO II: MARCO TEORICO.

CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO.

CAPITULO IV: ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.

CAPITULO V: ANALISIS ECONOMICO Y FINANCIERO

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO VII: BIBLIOGRAFIA

ANEXOS, PLANOS.

AUTOR: Br. GOICOCHEA RUIZ EYNER

PRESIDENTE

SECRETARIO

MIEMBRO

ASESOR

Lambayeque – Perú

2017

DEDICATORIA

Este EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Está dedicado mis padres SABINA RUIZ DELGADO,

CESAR GOICOCHEA BAZAN;

Y a mí Hermano. ELMER GOICOCHEA RUIZ

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a DIOS,
Por permitir que logre ser en la vida un profesional,
A la Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”.
Donde logre con el consejo e instrucción de
mis profesores, terminar este trabajo
de suficiencia profesional con la asesoría
del Ing. Teobaldo Edgar Julca Orozco.

RESUMEN

Para verificar la necesidad que tiene EL CASERIO MASHUYACU que se encuentra ubicada en la región amazónica, ciudad de RIOJA, se realizó una visita en la cual se pudo observar la falta de maquinaria para la extracción de aceite de chonta, en dicha caserío, se realizaron estudios con frutos de la palmera chontaduro y de esta manera se pudo obtener información necesaria sobre el tema.

El presente trabajo brinda un avance tecnológico, tanto para el país, como para la región amazónica y sus habitantes. En los capítulos presentados se realiza una descripción general del chontaduro y de su fruto conocido como chonta, detallando sus características, lugares donde se encuentra la mayor parte de producción, beneficios, composición y aplicaciones.

También se realiza un planteamiento de alternativas con lo referente a los molinos posibles a utilizar, al finalizar se realiza un cuadro comparativo en el cual se observan todas las alternativas planteadas y se escoge la de mayor beneficio y aquella que cumpla con los requerimientos básicos para poder realizar la extracción del aceite de chonta, se muestran los cálculos realizados en todos los elementos de la máquina y también el cálculos de costos que se necesita.

Para la extracción del aceite, se necesita de un molino de las características necesarias para poder realizar la correcta extracción del aceite, con esto se disminuye el tiempo en el cual se realiza la extracción del aceite, aumentar la producción de aceite diaria, logrando un desarrollo significativo en lo referente a tecnología en la región amazónica, mediante la construcción de la maquinaria apropiada.

Palabra clave: Extrusora, molino, aceite de chonta, diseño cálculo.

ABSTRACT

To verify the need for the CASERIO MASHUYACU that is located in the Amazon region, city of RIOJA, a visit was made in which it was possible to observe the lack of machinery for the extraction of chonta oil. In this hamlet, studies were carried out with fruits of the chontaduro palm tree and in this way it was possible to obtain necessary information on the subject.

The present work provides a technological advance, both for the country, for the Amazon region and its inhabitants. In the chapters presented a general description of Chontaduro and its fruit known as Chonta is made, detailing its characteristics, places where the majority of production, benefits, composition and applications are found.

Also an alternative approach is made with regard to the possible mills to be used, at the end of the year a comparative table is made in which all the alternatives are observed and the one of greater benefit is chosen and that which meets the basic requirements to be able to perform the extraction of the oil of chonta, the calculations performed on all the elements of the machine and also the cost calculations are shown.

For the extraction of the oil, it is necessary a mill of the characteristics necessary to be able to carry out the correct extraction of the oil, with this it diminishes the time in which the extraction of the oil is realized, increase the daily oil production, achieving a development Significant in terms of technology in the Amazon region, through the construction of appropriate machinery.

Keyword: Extruder, mill, chonta oil, design calculation.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
ÍNDICE GENERAL.....	V
INDICE DE FIGURAS	VII
INDICE DE TABLA	IX
introducción	1
CAPITULO I	6
1.- PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.	6
1.1. Realidad problemática	6
1.2 Formulación del problema	6
1.3 Delimitación de la investigación.....	7
1.4. Justificación e importancia de la investigación	8
1.5 objetivos de la investigación	8
CAPITULO II	9
2.- MARCO TEORICO.....	9
2.1. Antecedentes de estudio	9
2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema investigado	10
2.3 Definición conceptual de la terminología empleada	13
2.4. Tipos de procesos.....	18
2.5. Preparación y acondicionamiento de las diferentes clases de semillas para la extracción...	20
2.6. LA MEJOR ALTERNATIVA PARA LA SELECCIÓN DEL EQUIPO.	22
CAPÍTULO III	28
3. MARCO METODOLÓGICO.....	28
3.1 .TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION.	28
3.2 PARÁMETROS DE OPERACIÓN	31
3.3 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	34
3.4 ANÁLISIS DEL EXTRUSOR DE TORNILLO SIMPLE	35
3.5. CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL MOLINO.	38

3.6. Ensayo de compresión al fruto Chonta.	56
3.7. Fuerza de ruptura.....	58
3.8. DISEÑO DEL BASTIDOR	77
CAPITULO IV	78
4. PROPUESTA DE LA INVESTIGACION.	78
4.1 Breve descripción de la máquina	78
4.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	84
4.3 RECURSOS DE FABRICACIÓN.	85
CAPITULO V	90
5. ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO.....	90
5.1 ANÁLISIS ECONÓMICO	90
CAPITULO VI	95
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	95
6.1 CONCLUSIONES.....	95
6.2 RECOMENDACIONES	96
CAPITULO VII	97
7. BIBLIOGRAFÍA	97
ANEXOS	99
ANEXO – 01	100
ANEXO- 02.....	101
ANEXO- 03.....	102
ANEXO- 04.....	103
ANEXO- 05.....	104
ANEXO- 06.....	105
ANEXO- 07.....	106
ANEXO – 08	107
ANEXO -09.....	108
ANEXO – 10	109

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1 PLANTA DE CHONTADURO.....	4
FIGURA N° 2. UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	5
FIGURA N° 3. ESQUEMA DEL TORNILLO EXTRUSOR.....	7
FIGURA N°4. EXTRACCION DE ACEITE DE CHONTA.	7
FIGURA N° 5. PLANTA Y FRUTO DE CHONTADURO.	15
FIGURA N° 6. VARIEDADES DE CHONTADURO CON Y SIN SEMILLA.	16
FIGURA N° 7.USO DEL CHONTADURO, EN ENSALADA	16
FIGURA N° 8. PRENSA DE PLACAS.	19
FIGURA N° 9 .PRENSA DE CAJETINES.....	20
FIGURA N° 10. Corte longitudinal de un tornillo estándar.....	29
FIGURA N° 11. EXTRUSOR DE DOBLE TORNILLO.	31
FIGURA N° 12. DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LA PRESIÓN DE EXTRUSION.	33
FIGURA N° 13. GEOMETRIA TIPICA DE UN TORNILLO EXTRUSOR.....	36
FIGURA N° 14 TORNILLO EXTRUSOR.	39
FIGURA N° 15. Factores para la corrección de los flujos de arrastre y de presión (Profundidad del Canal).....	48
FIGURA N° 16. Factores para la corrección de los flujos de arrastre y de presión (Número de Hélices)	49
FIGURA N° 17. Factores para la corrección de los flujos de arrastre y de presión Número de Hélices.	50
FIGURA N° 18. Factores para la corrección de los flujos de arrastre y de presión (Ángulo de la Hélice).....	51
FIGURA N° 19. Factores para la corrección de los flujos de arrastre y de presión (Ángulo de la Hélice).....	52
FIGURA N° 20 FUERZA APLICADA EN EL TORNILLO EXTRUSOR.	59
FIGURA N° 21 LOCALIZACION DE LA FUERZA EN CARGA DISTRIBUIDA.	61
FIGURA N° 22 CARGAS EN EL EJE EXTRUSOR.	62
FIGURA N°23 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE.....	62
FIGURA N° 24 MOMENTO MAXIMO EN EL TORNILLO.	63

FIGURA N° 25. SENSIBILIDAD A LA ENTALLADURA	68
FIGURA N° 26. FUERZAS QUE ACTUAN SOBRE LA CHAVETA.....	69
FIGURA N° 27. CILINDRO SOMETIDO A PRESION INTERNA Y EXTERNA.....	71
FIGURA N° 28. FORMA DE LA TOLVA DE RESECCION.....	76
FIGURA N° 29 PARTES CONFORMANTES DE LA EXTRUSORA.....	79

INDICE DE TABLA

TABLA N° 1. Características del fruto.-	15
Tabla N° 2. Valor nutricional en 100 gr. De parte comestible de chontaduro.	17
Tabla 3. Porcentaje de cada componente de la chonta	18
Tabla 4. Parámetros y selección de alternativa.	26
Tabla 5. Matriz de selección de alternativa de las máquinas expeller	34
Tabla 6. Características de operación de un extrusor de tornillo simple	35
Tabla N°7. Parámetros Geométricos Calculados para el Proceso de Extracción	42
Tabla N 8. Índice de Flujo n y de Consistencia del Flujo k (m).	44
Tabla 9. Esfuerzo Último de la Chonta	57
TABLA N° 10 . PROPIEDADES FISICAS DEL ACERO INOXIDABLE.	64
TABLA N° 11. FACTOR DE CONDICION SUPERFICIAL DE MARIN.	66
TABLA N° 12. FACTOR DE CONFIABILIDAD	67
TABLA N° 13. SULTADOS PARA DISEÑO DEL DADO	73
TABLA N°14. FACTORES DE AREA DE CORTANTE DE TIPOS DE ROSCA.	75
TABLA N° 15. NOMENCLATURA DE LOS ELEMENTOS.	80
TABLA N°16. Cronograma de actividades para la construcción de la extrusora.	85
TABLA N°16 Cronograma de actividades para la construcción de la máquina extrusora. (Continuación)	85
Tabla N° 17. Pago de personal	90
Tabla N°. 18. Costos de materiales y accesorios	90
Tabla N° 18.Costos de materiales y accesorios (Continuación)	91
Tabla N° 18. Costos de materiales y accesorios (Continuación)	92
Tabla N° 19. Costos de mano de obra	93
Tabla N° 20. Gastos varios.	94
Tabla N° 21 Resumen de costos	94

INTRODUCCIÓN

El requerimiento de extraer aceite de chonta en la región amazónica, la falta de máquinas para su debida extracción, y el avance tecnológico que engloba a todo el mundo día a día, son los factores primordiales que inducen a realizar el presente trabajo de investigación.

La chonta es un fruto muy consumido en su mayoría por parte de los habitantes de la región amazónica, para la extracción de su aceite, se necesita de un molino en el cual deben existir todas las características necesarias para poder realizar la correcta extracción del aceite, con esto podemos disminuir el tiempo en el cual se realiza la extracción del aceite, aumentar la producción de aceite diaria, logrando un desarrollo significativo en lo referente a tecnología en la región amazónica, mediante la construcción de la maquinaria apropiada.

Por sus variadas aplicaciones en la industria nos vemos en la necesidad de mencionar algunas de ellas, tal son:

Industria de Extrusado-prensado de soja en la mitad sur de la provincia de Buenos Aires (BOLETÍN TÉCNICO Nº 40 Diciembre 2013,).- “La mayoría de las plantas (más del 60 %) tiene solo 1 extrusora, hay algunas con 2 extrusoras, y solo 1 una planta tiene 4. **Las extrusoras** son relativamente pequeñas, en general tienen una capacidad entre 1 a 2 Tn/hora, lo que da una capacidad teórica de procesamiento de entre 24 y 96 Tn/día (a excepción de la que posee 4 extrusoras que tiene una capacidad teórica de 144 Tn/día). La mayoría de las plantas trabajan las 24 horas del día (3 turnos de 8 horas) durante toda la semana, aunque también existen diferencias en este sentido. Esto da como resultados que la producción real sea muy variable entre ellas, es así que mientras existe una planta que produce solo 12 Tn/día de expeller, hay otra que tiene una producción de casi 100 Tn por jornada. **La mitad de las extrusoras son de origen nacional.**

Las plantas que tienen extrusoras nacionales, en su gran mayoría tienen todo el equipamiento de la misma marca que **la extrusora** (quebradora y limpiadora, prensa, y equipamiento para el tratamiento del expeller y el aceite). Estas, en general tienen una sola prensa.

En cambio, las plantas que tienen extrusoras importadas, tienen más de 1 prensa por extrusora (por lo común 3). Se detectaron 6 marcas distintas de equipos nacionales, en cambio todas las extrusoras importadas eran de la misma marca y origen (Ucrania), lo mismo que las prensas (China)”..... De las plantas incluidas en el estudio, ninguna hace control de calidad del **aceite producido**, a pesar de que manifiestan que en ciertas ocasiones sufren rebajas en el precio por parte de sus compradores aduciendo supuestos problemas de calidad (por ejemplo, exceso de fósforo o de sedimentos, acidez inadecuada, etc.). Con respecto al destino del aceite, la mayor parte es comercializada a pequeñas y medianas plantas elaboradoras de biodiesel, inclusive hay un caso de autoconsumo para su pequeña planta de biocombustible. Otro destino de menor importancia es la venta a refinerías (para consumo humano, u otros destinos para uso industrial y/o agrícola). Estas ventas son directas, o también mediante intermediarios.”

BARRERA (1985), realizó trabajos para la obtención de dos tipos de harina de pijuayo y su posible utilización en panificación. En dicho estudio nos muestra que el contenido de grasa en las harinas cruda (5.9%) y precocida (5.7%), es uno de los factores que más contribuyen a su deterioro durante el almacenamiento; se estima que un tratamiento adecuado con antioxidantes da buenos resultados superando este inconveniente. Una de las características favorables es el alto contenido de carbohidratos, y un aceptable porcentaje de proteína bruta.

LOURDES DIANA CALLE RUIZ (Iquitos–Perú-2013), en su “**PROPUESTA TECNOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE HARINA DE LOS DESECHOS DEL PROCESAMIENTO DE PALMITO DE PIJUAYO (*Bactris gasipaes*)**” Dice: El aprovechamiento de los subproductos de la industrialización del palmito de pijuayo se logra hasta un 75 %, el resto son partes fibrosas no aprovechables, siendo el rendimiento de 47.83% de harina con respecto a la materia prima fresca.

- El tipo de secado ideal para este trabajo es por lecho fluidizado, la cual conserva bien las características organolépticas y nutricionales de los alimentos, ya que se expone al alimento a una temperatura de 55°C a 4 horas, para evitar que el palmito sufra algún daño físico y se altere su composición.

- El material de empaque para el envasado de la harina de los desechos del procesamiento del palmito de pijuayo será Papel de despacho grueso, es muy importante, ya que ayudara a preservar las características organolépticas del producto, además está al alcance económico y mantiene la humedad característica de las harinas comerciales de 10-14%.
- Se utiliza como un complemento de la harina de trigo, brindando al pan un sabor agradable, el pan obtenido es un producto de buena coloración, de corteza suave y de buena absorción de agua, siendo el porcentaje óptimo de sustitución el de 5% como máximo, con respecto a la harina de trigo.
- Se utiliza para la elaboración de complemento alimenticio para niños en su dieta por su alto valor nutritivo, pero procesando en una **extrusora** como harina instantánea. También para la elaboración de alimentos balanceados para animales (peces, aves y porcino), como harina gruesa y con tecnología convencional (secado en lecho fluidizado).
- El rendimiento de los desechos para obtener harina es de 47.83%, con respecto a la materia prima fresca. Se recomienda a partir de esta propuesta tecnológica, presentar proyectos de investigación en el desarrollo de productos a partir de los subproductos del palmito de pijuayo el cual servirá como fuente de alimentación humana y será utilizada como complemento en la industria de la panificación y galletera.

“OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA INSTANTÁNEA A BASE DE HARINA EXTRUIDA DE CHONTADURO (*Bactris gasipaes*)”, del autor Villena Balseca William Xavier,(Puyo, 17 de septiembre de 2015).-“ Según datos reportados por el ECORAE en el 2012, en la provincia de Pastaza existen algunas iniciativas de procesamiento de plantas aromáticas, medicinales, condimentos, frutas amazónicas, palmito, etc., pero a muy baja escala y sin la aplicación de tecnología de producción. En los últimos años se ha visto un incremento en la producción de la palma de chontaduro (*Bactris gasipaes*) como único fin para la obtención de palmito, sin tomar en cuenta la gran cantidad de bondades que el chontaduro ofrece como fuente calórica, vitamínica y de grasa vegetal además de todas las aplicaciones que este fruto puede tener como harinas, aceites, conservas, etc. (Tamayo. 2010).....

Dada la importancia de esta materia prima, la presente investigación propone una nueva alternativa de industrialización del chontaduro (*Bactris gasipaes*), mediante la elaboración de una bebida instantánea a base de harina extruida de chontaduro.

FIGURA N° 1 PLANTA DE CHONTADURO.



FUENTE [http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Pupunha_\(Bactris_gasipaes\)_11.jpg](http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Pupunha_(Bactris_gasipaes)_11.jpg)

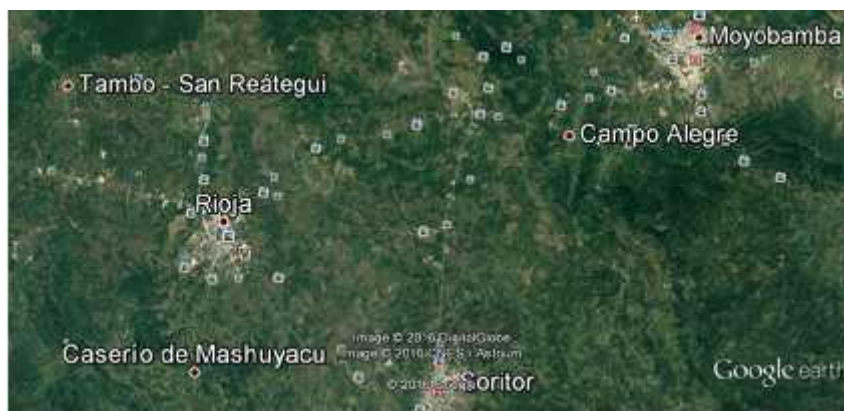
Se desea realizar el cálculo y diseño para la selección y de un molino extrusor, para poder extraer su fino aceite (constituido por aceites no saturados y el alto contenido en fósforo, vitamina A, calcio, hierro), mediante la extracción de su aceite ya que en la Amazonía no se cuenta con la maquinaria necesaria para realizar este tipo de proceso y con la fabricación del molino extrusor, esto cambiaría y se estaría brindando un aporte a la comunidad amazónica y al país.

El chontaduro es una planta de hasta 20 metros de alto, que se encuentra en las regiones tropicales y subtropicales de América, y en nuestro país se encuentra en la región amazónica.

La capacidad real de la máquina es de 25 quintales y más, esto quiere decir que se puede realizar la extracción de 105 gr. de chonta por minuto, con un régimen de trabajo de 10 a 12 horas. En la Amazonía no existe ningún tipo de maquinaria para dicha extracción, por este motivo se concluye que la máquina debe cumplir con todas las expectativas planteadas al momento de comenzar con el estudio y el diseño del proyecto.

El fruto del chontaduro es muy consumido por los habitantes amazónicos y de su cogollo se puede extraer la chonta o palmito, que sirve para el consumo local y para su exportación.

FIGURA N° 2. UBICACIÓN DEL PROYECTO.



FUENTE; GOOGLE EARTH

Un aspecto muy importante que se debe tomar muy en cuenta es que la mayor parte de los habitantes de la Amazonía peruana serán los beneficiarios, ya que ellos son los consumidores directos del aceite producido por la chonta, y ellos a su vez son los que podrán exportar su producto a otras regiones del país y del mundo.

CAPITULO I

1.- PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.

1.1. Realidad problemática.-

Por tratarse de un trabajo inédito, en nuestra amazonia, y no contar con equipos que reúnan, las características de obtención de aceite de chonta, es que tomando modelos de otras extrusoras se bosquejara una similar para este fin.

El requerimiento de extraer aceite de chonta en la región amazónica, la falta de máquinas para su debida extracción, y el avance tecnológico que engloba a todo el mundo día a día, son los factores primordiales que inducen a realizar el presente trabajo de investigación.

1.2 Formulación del problema.-

El fruto del chontaduro es muy consumido por los habitantes amazónicos y de su cogollo se puede extraer la chonta o palmito, que sirve para el consumo local y para su exportación.

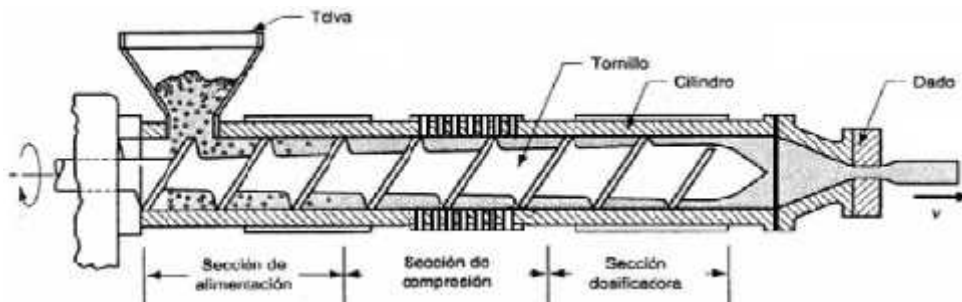
Se desea realizar el diseño y posterior construcción de un molino, para poder extraer su fino aceite (constituido por aceites no saturados y el alto contenido en fósforo, vitamina A, calcio, hierro), mediante la extracción de su aceite ya que en la Amazonía Peruana no se cuenta con la maquinaria necesaria para realizar este tipo de proceso y con la fabricación del molino esto cambiaría y se estaría brindando un aporte a la comunidad amazónica y al país.

Un aspecto muy importante que se debe tomar muy en cuenta es que la mayor parte de los habitantes de la Amazonía Peruana serán los beneficiarios, ya que ellos son los consumidores directos del aceite producido por la chonta, y ellos a su vez son los que podrán exportar su producto a otras regiones del país y del mundo.

En la figura N° 3, se aprecia las tres secciones, la zona de alimentación, la zona de medición o compresión, la zona final o dosificadora, que estará compuesta de parte líquida y sólida, las cuales se separarán por medio de los agujeros en la camisa y a través del dado, respectivamente.

Obteniéndose el aceite que es el objetivo de la propuesta.

FIGURA N° 3. ESQUEMA DEL TORNILLO EXTRUSOR.



FUENTE: ALTERNATIVAS DE EXTRACCION DE ACEITE. GOOGLE

FIGURA N°4. EXTRACCION DE ACEITE DE CHONTA.



FUENTE; GOOGLE.

1.3 Delimitación de la investigación.-

Para verificar la necesidad que tiene el caserío Mashuyacu, que se encuentra ubicada en la región amazónica, ciudad de Rioja, se realizó una visita en la cual se pudo observar la falta de maquinaria para la extracción de aceite de chonta, en dicha fundación, se realizaron estudios con frutos de la palmera chontaduro y de esta manera se pudo obtener información necesaria sobre el tema.

El requerimiento de extraer aceite de chonta en la región amazónica, la falta de máquinas para su debida extracción, y el avance tecnológico que engloba a todo el mundo día a día, son los factores primordiales que inducen a realizar el presente trabajo de investigación.

1.4. Justificación e importancia de la investigación.-

En la actualidad por medios artesanales se tiene un proceso empírico de extracción de aceite de este fruto y el mal aprovechamiento del aceite producido por la chonta provoca pérdidas económicas, que no son detectadas por los pobladores de la Amazonía

Para el cálculo y selección del molino se invertirán 05 meses los cuales serán necesarios para cumplir con varias actividades como el planteamiento de alternativas sobre los posibles molinos que pueden servir para la extracción del aceite, el bosquejo de planos ,el cálculo respectivo de cada uno de los componente de la máquina, verificación de la molienda mediante la utilización de chonta, etc.

1.5 objetivos de la investigación.-

1.5.1. Objetivo general:

Diseñar, calcular y seleccionar los parámetros, de un molino extrusor para la extracción de aceite de chonta o fruto de palmeras.

1.5.1.1. Objetivos Específicos:

Conocer ciertos aspectos relacionados con el fruto llamado chonta, su valor nutritivo y aprovechamiento. Que están involucrados en el cálculo de los parámetros de las características del molino extrusor.

Calcular todas las dimensiones que caracterizan al molino extrusor, de acuerdo a la producción de aceite.

Seleccionar los elementos de máquinas necesarios. Para el dimensionamiento del extrusor.

Seleccionar los aceros aptos para la selección de este tipo de maquina por tratarse de producto relacionado con la alimentación.

CAPITULO II

2.- MARCO TEORICO.

2.1. Antecedentes de estudio.-

Por tratarse de un trabajo inédito, en nuestra amazonia, y no contar con equipos que reúnan, las características de obtención de aceite de chonta, es que tomando modelos de otras extrusoras se bosquejara una similar para este fin.

TOMANDO COMO REFERENCIA:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLINO PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE CHONTA (FRUTO DE PALMERAS) ¹”, Trabajo de Tesis realizado para la obtención del título de ingeniero Mecánico. En la universidad Politécnica Salesiana sede Quito. -2011.

Mediante la construcción de este molino se podrá obtener un mayor porcentaje de aprovechamiento del aceite producido y de esta manera se puede obtener una ganancia económica que se puede utilizar para el cuidado de los árboles proveedores de chonta.

Al implementar el molino optimizaremos varios factores como la mano de obra, tiempo, dinero.

“DISEÑO DE TRITURADOR DE NEUMATICOS USADOS; CAPACIDAD 1 TON/HR, PARA LA EMPRESA MUNICIPAL DE ASEO DE CUENCA (EMAC)” (MENDEZ PEÑALOZA CHRINTIAN VICTOR-2010)².- Los métodos de trituración tienen por objeto fragmentar las diversas sustancias contenidas en la masa esencialmente heterogenia que constituye la basura doméstica y mezclar los diferentes elementos, de manera que forme generalmente un producto homogéneo, con un volumen reducido y cuya naturaleza es distinta que la basura en bruto.

La fragmentación constituye la fase inicial, indispensable para la elección de un dispositivo de trituración tenemos que basarnos en varios factores:

1.-WILLIAM GIOVANNY QUITIAQUEZ SARZOSA; CARLOS IGNACIO REINA YANQUE

² Trabajo realizado en la UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA, para obtener el Título de Ingeniero Mecánico

- Tipo de material a triturar.
- Volumen a triturar
- Tiempo de trituración
- Potencia instalada
- Tamaño del elemento triturado.

.....Debemos dejar bien claro que el cálculo no consiste en el empleo de fórmulas. En efecto debemos tener muy presente que lo que se ha resuelto no es un sistema real sino un modelo matemático. Esto significa que los resultados deben ser adecuadamente interpretados, y eventualmente corregidos para acercarse lo más próximo posible a la solución real por que en los cálculos vamos a tener iteración para obtener resultados más próximos.

En este diseño los aspectos principales que se consideran son:

- Cargas aplicadas sobre los elementos rodantes
- Cargas dinámicas aplicadas
- Elementos aplicados a fricción y desgaste.

2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema investigado.-

Industria de extrusado-prensado de soja en la mitad sur de la provincia de Buenos Aires (BOLETÍN TÉCNICO Nº 40 Diciembre 2013,).- “La mayoría de las plantas (más del 60 %) tiene solo 1 extrusora, hay algunas con 2 extrusoras, y solo 1 una planta tiene 4. **Las extrusoras** son relativamente pequeñas, en general tienen una capacidad entre 1 a 2 Tn/hora, lo que da una capacidad teórica de procesado de entre 24 y 96 Tn/día (a excepción de la que posee 4 extrusoras que tiene una capacidad teórica de 144 Tn/día). La mayoría de las plantas trabajan las 24 horas del día (3 turnos de 8 horas) durante toda la semana, aunque también existen diferencias en este sentido. Esto da como resultados que la producción real sea muy variable entre ellas, es así que mientras existe una planta que produce solo 12 Tn/día de expeller.

Hay otra que tiene una producción de casi 100 Tn por jornada. La mitad de las extrusoras son de origen nacional.

Las plantas que tienen extrusoras nacionales, en su gran mayoría tienen todo el equipamiento de la misma marca que la extrusora (quebradora y limpiadora, prensa, y equipamiento para el tratamiento del expeller y el aceite). Estas, en general tienen una sola prensa. En cambio, las plantas que tienen extrusoras importadas, tienen más de 1 prensa por extrusora (por lo común 3). Se detectaron 6 marcas distintas de equipos nacionales, en cambio todas las extrusoras importadas eran de la misma marca y origen (Ucrania), lo mismo que las prensas (China). De las plantas incluidas en el estudio, ninguna hace control de calidad del aceite producido, a pesar de que manifiestan que en ciertas ocasiones sufren rebajas en el precio por parte de sus compradores aduciendo supuestos problemas de calidad (por ejemplo, exceso de fósforo o de sedimentos, acidez inadecuada, etc.). Con respecto al destino del aceite, la mayor parte es comercializada a pequeñas y medianas plantas elaboradoras de biodiesel, inclusive hay un caso de autoconsumo para su pequeña planta de biocombustible. Otro destino de menor importancia es la venta a refinerías (para consumo humano, u otros destinos para uso industrial y/o agrícola). Estas ventas son directas, o también mediante intermediarios.”

BARRERA (1985), realizó trabajos para la obtención de dos tipos de harina de pijuayo y su posible utilización en panificación. En dicho estudio nos muestra que el contenido de grasa en las harinas cruda (5.9%) y precocida (5.7%), es uno de los factores que más contribuyen a su deterioro durante el almacenamiento; se estima que un tratamiento adecuado con antioxidantes da buenos resultados superando este inconveniente. Una de las características favorables es el alto contenido de carbohidratos, y un aceptable porcentaje de proteína bruta.

LOURDES DIANA CALLE RUIZ (Iquitos–Perú-2013), en su **“PROPUESTA TECNOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE HARINA DE LOS DESECHOS DEL PROCESAMIENTO DE PALMITO DE PIJUAYO (*Bactris gasipaes*)”** Dice: El aprovechamiento de los subproductos de la industrialización del palmito de pijuayo se logra hasta un 75 %, el resto son partes fibrosas no aprovechables.

Siendo el rendimiento de 47.83% de harina con respecto a la materia prima fresca.

- El tipo de secado ideal para este trabajo es por lecho fluidizado, la cual conserva bien las características organolépticas y nutricionales de los alimentos, ya que se expone al alimento a una temperatura de 55°C a 4 horas, para evitar que el palmito sufra algún daño físico y se altere su composición.
- El material de empaque para el envasado de la harina de los desechos del procesamiento del palmito de pijuayo será Papel de despacho grueso, es muy importante, ya que ayudara a preservar las características organolépticas del producto, además está al alcance económico y mantiene la humedad característica de las harinas comerciales de 10-14%.
- Se utiliza como un complemento de la harina de trigo, brindando al pan un sabor agradable, el pan obtenido es un producto de buena coloración, de corteza suave y de buena absorción de agua, siendo el porcentaje óptimo de sustitución el de 5% como máximo, con respecto a la harina de trigo.
- Se utiliza para la elaboración de complemento alimenticio para niños en su dieta por su alto valor nutritivo, pero procesando en una **extrusora** como harina instantánea. También para la elaboración de alimentos balanceados para animales (peces, aves y porcino), como harina gruesa y con tecnología convencional (secado en lecho fluidizado).
- El rendimiento de los desechos para obtener harina es de 47.83%, con respecto a la materia prima fresca. Se recomienda a partir de esta propuesta tecnológica, presentar proyectos de investigación en el desarrollo de productos a partir de los subproductos del palmito de pijuayo el cual servirá como fuente de alimentación humana y será utilizada como complemento en la industria de la panificación y galletera.

“OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA INSTANTÁNEA A BASE DE HARINA EXTRUIDA DE CHONTADURO (*Bactris gasipaes*)”, del autor Villena Balseca William Xavier,(Puyo, 17 de septiembre de 2015).-“ Según datos reportados por el ECORAE en el 2012.

En la provincia de Pastaza existen algunas iniciativas de procesamiento de plantas aromáticas, medicinales, condimentos, frutas amazónicas, palmito, etc., pero a muy baja escala y sin la aplicación de tecnología de producción.

En los últimos años se ha visto un incremento en la producción de la palma de chontaduro (*Bactris gasipaes*) como único fin para la obtención de palmito, sin tomar en cuenta la gran cantidad de bondades que el chontaduro ofrece como fuente calórica, vitamínica y de grasa vegetal además de todas las aplicaciones que este fruto puede tener como harinas, aceites, conservas, etc. (Tamayo. 2010)..... Dada la importancia de esta materia prima, la presente investigación propone una nueva alternativa de industrialización del chontaduro (*Bactris gasipaes*), mediante la elaboración de una bebida instantánea a base de harina extruida de chontaduro.

2.3 Definición conceptual de la terminología empleada.-

El presente párrafo contiene ciertos aspectos relacionados con lo referente al fruto en estudio que es la chonta, como son: Ubicación, características, valor nutritivo y aprovechamiento.

2.3.1 Chontaduro.-

A continuación se presentan varias definiciones sobre el chontaduro, la chonta, sus beneficios, cultivo y sus aplicaciones. "El chontaduro, pupunha (pupuña), pijuayo, pixbae, cachipay, pejibaye, tembe (*Bactris gasipaes* Kunth) es una planta de la familia de las arecáceas (la de las palmeras), que puede llegar hasta los 20 metros de alto, nativa de las regiones tropicales y subtropicales de América.³

"Es una palmera que puede alcanzar una altura de hasta 25 m., de alto, cuyo tallo sostenido por varias raíces aéreas y los peciolos de sus hojas están cubiertos de copiosas espinas. Posee flores de color blanco amarillento, los frutos son drupas de coloración diferente, de diversos tamaños desde 1 - 1.5 cm hasta 7 cm)"⁴

Se aprovecha de su fruto (chonta), una drupa de gran valor alimentario, su madera y el cogollo tierno, que se cosecha para extraer palmito

³ http://es.wikipedia.org/wiki/Bactris_gasipaes

⁴<http://mundobiologia.portalmundos.com/chonta-bactris-gasipaes/>

En Colombia, en la costa pacífica, se le llama chonta, mientras en zonas del interior del país se le conoce como "cachipay".

En Venezuela, específicamente en la región al sur del Orinoco (Estados: Bolívar y Amazonas) se le denomina "pijiguao" o "pichiguao" a esta especie de palma, incluso existe una población con el nombre "Los Pijiguaos" originado por la abundancia de esta especie.

“Posee buena adaptación a condiciones tropicales cálidas de alta humedad bajo los 1000 msnm. 1 año después de su trasplante al campo, y de 3 años para producción de fruto, con un rendimiento de 1,4 y 25 toneladas/Ha., respectivamente, su capacidad de producción de los frutos es de 3 meses, luego de haber sido cosechado.”⁵

Un producto obviamente primario y con mercado actual es el palmito y la chonta. Sin embargo, tanto el fruto como la madera son explotados económicamente, siendo el fruto un producto con gran futuro.

En Bolivia se lo conoce con el nombre de “tembe”.

En los Estados Unidos es conocido como “peach palm fruit”.

En Perú es conocido como “pijuayo”.

2.3.2. Características.-

El chontaduro es una palma, de 7 a 25 metros de altura y estípites de 15 a 20 cm de diámetro, cubiertos de espinas. Presenta de 7 a 20 hojas terminales pendientes hacia los lados, con raquis de 1,8 a 3,3 m y pecíolo hasta de 4 dm.

La inflorescencia es un racimo de espigas de 8 dm o más de largo, con un pedúnculo liso de 5 o más dm de longitud; el raquis de 3 dm de largo contiene de 25 a 50 frutos de 2-3 dm de largo. Las flores son unisexuales, femeninas o masculinas, de 5 a 8 mm de longitud y color blanco amarillento. Produce racimos con hasta 140 frutos, drupas pulposas de forma globosa u ovoide, de hasta 6 cm de diámetro, con el epicarpio duro y delgado, de color rojo a amarillo, y el mesocarpio almidonoso, a partir de los 3 a 8 años de sembrada.

⁵ <http://www.pejibaye.ucr.ac.cr/Taxonomia/Taxonomia3.htm>

FIGURA N° 5. PLANTA Y FRUTO DE CHONTADURO.



FUENTE: http://4.bp.blogspot.com/_JNhUXLQNfi0/SwwziReYUVI/AAAAAAAAAAM/XMECLfcYZe8/s1600/chonta1.jpg

TABLA N° 1. Características del fruto.-

Epicarpio	Generalmente Brillante
Color	Anaranjado, amarillo, rojo, naranja
Chontas por racimo	154
Peso promedio por fruto	22 gr.
Diámetro máx. Promedio	60mm.
Longitud	60cm
Densidad a 25°C	0.898 gr/ml

FUENTE: <http://www.pejibaye.ucr.ar.cr/Taxonomia/Taxonomia3.htm>

2.3.3. Cultivo.-

La chonta es una planta que vive en zonas de clima tropical y subtropical. En el Perú, crece en toda la Amazonía hasta los 1500 msnm. Se distribuye desde Nicaragua hasta , Bolivia, Perú, Ecuador y en zonas húmedas no inundables, a menos de 1.300 metros sobre el nivel del mar (msnm). Es frecuente encontrarla en la Amazonia. Crece bien en asociaciones, por ejemplo como sombra de café, cacao, árbol de pan y cítricos.

Fue plantada desde épocas pre colombianas por los indígenas. Hay numerosas variedades incluso sin espinas y una sin semilla.

2.3.3.1 Usos del chontaduro.-

“La chonta es utilizada en medicina como sedante, como anti-anémico, contra la osteoporosis y la hepatitis.

En la alimentación se le utiliza para la fabricación de vino, alcohol y vinagre; del fruto se extrae un aceite comestible que contiene ácidos grasos no saturados”6. El fruto o palmito del chontaduro (chonta) es comestible.

FIGURA N° 6. VARIEDADES DE CHONTADURO CON Y SIN SEMILLA.



El fruto puede comerse fresco o cocinarse en agua con sal 30 a 60 minutos. Puede procesarse para obtener harina y utilizarse en diferentes proporciones en panadería, pastelería, en ensaladas y fabricación de fideos, compotas y jaleas. Más de 40 recetas para su preparación y consumo han sido preparadas y degustadas en diferentes países.

FIGURA N° 7.USO DEL CHONTADURO, EN ENSALADA



Fuente:http://3.bp.blogspot.com/_jKYKHxJxKVY/R5iD-X3rykl/AAAAAAAAABJU/DRZeJ4Clc8/s1600/ensalada%2Bde%2Bchonta.jpg

6<http://mundobiologia.portalmundos.com/chonta-bactris-gasipaes/>

2.3.3.2 valor nutritivo.-

El chontaduro es uno de los alimentos tropicales de mayor valor nutritivo. Su contenido de 2,5 a 4,8 % de proteína de alta calidad, por el número y la cantidad de aminoácidos esenciales que posee; por su fina grasa, constituida por aceites no saturados y el alto contenido de Beta-Caroteno, fósforo, vitamina A, calcio y hierro, lo hacen uno de los alimentos naturales más completos. También contiene vitaminas B y C. El alto contenido de caroteno en la chonta ayuda a prevenir el cáncer, también protege las arterias, el sistema inmunológico y combate las infecciones.

Tabla N° 2. Valor nutricional en 100 gr. De parte comestible de chontaduro.

Componente	Valor
Energía	49 Kcal.
Proteína	3.4 gr.
Grasa	0.4 gr.
Carbohidratos	9.7 gr.
Fibra	0.8 gr.
Calcio	138mg.
Fósforo	109mg.
Hierro	1.7mg.

Fuente:<http://mundobiologia.portalmundos.com/chonta-bactris-gasipaes/>

Además del fruto son comestibles la flor, el endospermo de la semilla y el palmito. El fruto posee un contenido de 5 por ciento de proteínas, es apto para la industrialización en conservas. Puede aprovecharse que la palma tiene varios tallos y se pueden utilizar unos mientras se dejan los otros. El fruto de segunda calidad es utilizado como alimento de engorde para ganado vacuno, porcino, aves e incluso peces.

A continuación se muestra los componentes principales de la chonta:

Tabla 3. Porcentaje de cada componente de la chonta

Componente	Valor
Agua	91.43
Proteína	5.02
Grasa	0.75
Carbohidratos	3
Fibra	0.57
Ceniza	1.04

Fuente: <http://www.gratisweb.com/jibanezo/pijuayo.htm>.

2.4. Tipos de procesos.

La separación de los aceites a partir de productos oleaginosos animales y vegetales, constituyen una rama propia y específica de la tecnología de las grasas. La diversidad de características de tales productos, obligan en su mayoría, a adoptar técnicas especiales en extracción. Las formas de extracción más frecuentes son mediante procesos químicos y físicos.

Todos estos métodos tienen la finalidad de obtener el máximo rendimiento para que el proceso resulte económico, conseguir un producto con el mínimo de impurezas y finalmente obtener una torta que pueda ser comercializada en el mercado. La extracción de aceites vegetales ofrece mayores dificultades que para los de procedencia animal. En los vegetales, y en especial el aceite de semillas, la dificultad estriba sobre todo en que algunos sólidos están íntimamente unidos al aceite, por lo cual es preciso que la materia prima quede finamente dividida. En los casos de mayor dificultad se sigue un tratamiento a base de calor y a alta presión, para separar el aceite de los sólidos.

2.4.1. Procesos físicos.-

Estos tipos de procesos se realiza para la extracción industrial de aceites, tanto comestibles como para otros usos. A continuación se referirá a los distintos procesos que se basan en la extracción de aceite por medio de altas presiones.

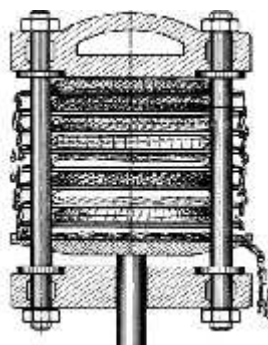
⁷ BAILEY, ALTON, Aceites y grasas industriales, p. 422.

2.4.1.1 Prensado discontinuo abierto:

Las prensas de tipo abierto pueden subdividirse en prensas de placa y prensas cajetín:

La estructura de una prensa abierta o anglo americana se compone de cuatro sólidas columnas verticales, cuyos extremo superior e inferior están fijos a sendos bloques de acero macizo. Dentro de la jaula abierta, formada por las columnas y suspendida por la parte superior de la prensa, hay una serie de placas horizontales de acero. Estas placas llenan, apretadamente, el espacio encerrado por las columnas, estando igualmente espaciadas entre sí a intervalos de 7,5 a 12,5 cm y suspendidas unas de otras por medio de conexiones, que permiten prensar todo el armazón. En la parte inferior del conjunto de placas y unida a un vástago accionado también por debajo, existe una placa de fonda, más pesada. El material que debe prensarse se moldea en tortas rectangulares, que se colocan entre las distintas placas suspendidas. Al levantar el vástago dichas tortas sufren una compresión, que hace que el aceite fluya de las mismas y caiga dentro de una bandeja, colocada sobre el bloque de fondo.

FIGURA N° 8. PRENSA DE PLACAS.



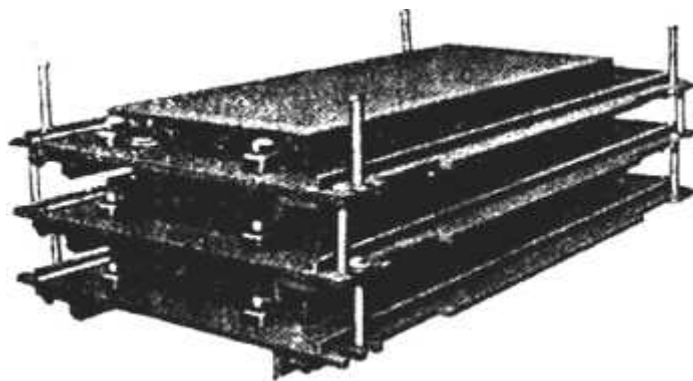
FUENTE: BAILEY, ALTON, Aceites y grasas industriales

Las prensas de cajetines disponen de una serie de cajones en las que se introducen la torta y que evitan el empleo de telas. La prensa completa incluye:

Un bastidor de drenaje corrugado, una esterilla de acero corrugado y perforado que descansa sobre el bastidor de drenaje y se coloca debajo de la torta y que descansa sobre unos ángulos de acero que sobresale de la parte baja de cada placa para formar los lados del cajetín que encierran la torta.

El tamaño ordinario de los cajetines es de unos 5 cm de profundidad por 90 de largo, 35 de ancho en la parte de atrás y 36.5 adelante, ensanchándose ligeramente de atrás a adelante para facilitar la inserción y extracción de la torta. Las prensas se suelen construir para 15 o 16 cajetines. Las prensas de placa para tamaño equivalente poseen 24 placas, razón por la que tienen mayor capacidad que las de cajetines.

FIGURA N° 9 .PRENSA DE CAJETINES.



2.4.1.2. Prensado discontinuo cerrado.-

Las prensas de tipo cerrado pueden subdividirse en prensas de vaso y de jaula.

Tipo de prensas pueden trabajar a presiones superiores a las de tipo abierto y son particularmente apropiadas para el prensado de semillas oleaginosas de alto contenido de aceite y poco material fibroso, que si se prensan en la tipo abierto , tienden a romper las telas .

Las semillas de ricino o de otras que se deseen exprimir sin tratamiento térmico,

2.5. Preparación y acondicionamiento de las diferentes clases de semillas para la extracción.

Las operaciones previas que se realizan para posteriormente continuar con la extracción son:

Recolección: De la palmera de chontaduro se escogen los mejores racimos, los cuales contengan el mayor número de chontas y que a su vez estas se encuentren en muy buen estado.

Transporte: Seleccionadas las chontas se procede a llevarlas al lugar donde se encuentra la máquina de extracción para llevar a cabo con dicho proceso, se debe tomar en cuenta que el chontaduro se encuentra en la selva amazónica y para encontrarlo se debe caminar por lo menos 1 hora.

Limpieza de las semillas: Todas las semillas deben encontrarse completamente limpias para continuar con el proceso de la extracción del aceite, debe estar limpia de todo tipo de impurezas como por ejemplo la tierra

La limpieza de las semillas se la realiza para eliminar cualquier fragmento de metal que la semilla pudiera contener, para eliminar suciedad, piedras y algunas semillas extrañas o que no cumplan con las condiciones necesarias para ingresar al proceso de extracción de su aceite.

Después del proceso de limpieza de las semillas, se procede con el proceso de trituración en un molino de tornillo. También se puede llevar a cabo la laminación directa de las semillas. Se utilizan laminadores de cilindros de superficie lisa.

Se forman láminas o "copos" de bajo espesor. Esta trituración de las semillas o de la torta de prensado es una molienda gruesa para evitar la aparición de demasiadas materias finas en el aceite.

2.5.1. Extracción mecánica.-

En la extracción mecánica, las semillas molidas pasan, por un molino de tornillo donde a elevadas presiones y en un solo paso se procede a la separación del aceite de la torta proteínica.

En el caso de las semillas oleaginosas se recurre a la extracción por presión cuando el contenido en aceite es mayor del 20%.

Para extraer el aceite del material que lo contiene por presión, las paredes de las células que lo contienen tienen que romperse. Esto se puede conseguir triturando la semilla o fruto, haciéndolos copos, pasándolos por rodillos o sometiendo a grandes presiones.

Algunas semillas son sólo descascarilladas parcialmente eliminándose las partículas de mayor tamaño. De esta forma se ayuda a la rotura de las paredes celulares a presiones no mucho más altas que para las semillas descascarilladas.

Las semillas se convierten en una pasta o harina al ser molidas pasándolas, generalmente, a través de rodillos estriados o con tipos especiales de molinos de tornillo. Así se consigue una rotura de la pared celular, lo que expone el aceite localizado en el interior de la célula.

El resultado de la molienda se somete a extracción por presión en un molino de tornillo.

Posteriormente se eliminan las impurezas "gruesas" en un tamiz vibratorio y el abrillantamiento final se obtiene por filtración.

“Puede haber calentamiento previo a la extracción o no, dependiendo del tipo de semilla o fruto a extraer y de la calidad del aceite que queremos obtener. Los aceites obtenidos sin calentamiento, en frío, contienen menor cantidad de impurezas y su calidad es tal que suelen ser comestibles sin posterior refinado o procesado”.⁸

2.6. LA MEJOR ALTERNATIVA PARA LA SELECCIÓN DEL EQUIPO.

2.6.1. Características generales de máquinas utilizadas para reducir el tamaño de frutos.-

Triturador de mandíbulas (Blake)

La alimentación se recibe por la parte superior entre dos mandíbulas que forman una V abierta con un ángulo de 20 a 30°.

Una mandíbula es fija, casi vertical, y la otra es móvil.

Las mandíbulas se abren y cierran de 250 a 400 veces por minuto.

La descarga de producto es por el fondo y de manera intermitente.

⁸http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/alimento/Apuntes/TCAC-T4-Extraccion-aceites- semillas.pdf.

Triturador de mandíbulas giratorias.

Es una trituradora de mandíbulas circulares entre las cuales se oprime y subdivide el material en varias partes

Un cabezal cónico de trituración gira dentro de una carcasa en forma de embudo y abierta en la parte superior donde entra la alimentación.

Los sólidos aprisionados en el espacio en forma de V formado por el cabezal y la carcasa se rompen varias veces hasta salir por el fondo

La velocidad del cabezal es de 125 a 425 giros por minuto.

La descarga del producto es continua.

Molino de rodillos lisos.-

Su acción se basa en dos rodillos metálicos de superficies lisas que giran en sentido opuesto.

Las partículas de alimentación aprisionadas por los rodillos se rompen durante la compresión y se descargan por la parte inferior.

Las velocidades de los rodillos fluctúan entre las 50 y 300 r.p.m.

El tamaño del producto depende del espacio entre los rodillos.

Brindan un producto fino.

Molino de rodillos dentados.

Las superficies de los rodillos pueden tener estrías, bordes rompedores o dientes.

Pueden tener dos rodillos, o sólo uno que trabaja frente a una placa curvada fija.

Los trituradores de rodillos dentados son más versátiles.

No sólo operan por compresión sino que también por impacto.

No pueden trabajar con sólidos muy duros.

Molino de martillos.

Es un molino de impacto y se lo utiliza para la molienda de productos gruesos, medianos y finos.

Se usa para ultra fino que pasa el tamiz de 325 mallas.

Las partículas son rotas por grupos de martillos oscilantes conectados a un disco giratorio.

Además de los martillos el eje del molino lleva 2 ventiladores que mueven el aire a través del equipo y los descargan en ductos que colectan el producto.

Molino de discos.

Llamados también molinos de platos, consiste en dos discos generalmente de diámetro entre 102 y 1524 mm., que se frotan uno al otro.

Los molinos de disco generalmente son buenos para moliendas gruesas y en algunos casos para una molienda media, la molienda fina es muy difícil lograrla con molinos de disco.

2.6.2. MOLINOS FINOS.

Molino de bolas.

La mayor parte de la reducción se efectúa por impacto cuando las bolas caen desde la máxima altura de la carcasa.

Hay molinos tubulares en los que la carcasa es cilíndrica. Se pueden colocar particiones transversales y generar compartimentos con bolas de diámetro decreciente en el sentido de avance del material tratado. Esta modalidad disminuye el trabajo inútil ya que las bolas grandes sólo rompen partículas grandes y las pequeñas sólo reducen partículas chicas.

A medida que gira la carcasa las bolas grandes se desplazan hacia el punto de máximo diámetro y las pequeñas hacia el punto de descarga. De esta manera el rompimiento inicial se hace con las bolas más grandes y luego las partículas se vuelven a reducir por el efecto de las bolas más pequeñas que caen de una altura menor.

Molino combinado.

Son aquellos molinos de disco o de martillos que tienen una picadora o dispositivos picadores de cilindro o de cabezal cortador, incorporados al molino.

Los molinos combinados tienen el mismo principio de funcionamiento de cada molino que lo conforma y un elevado costo de fabricación.

Molino de tornillo.

Su aplicación principal es la de extraer el aceite de un producto. Este molino somete al fruto a grandes presiones.

Al fruto se lo somete a extracción por presión en un molino de tornillo. En general el molino de tornillo, sencillo o doble, más moderno.

Ha reemplazado a muchos molinos porque permite un proceso continuo.

Tiene mayor capacidad.

Requiere menor mano de obra y generalmente, extrae mayor cantidad de aceite.

2.6.3. SELECCION FINAL.

Los parámetros de comparación para la selección de la alternativa más adecuada se detallan a continuación:

- Capacidad de molienda
- Costos
- Seguridad

Se debe tomar en cuenta también la disponibilidad de materiales en el mercado local para su construcción, entre otros factores como son:

- Facilidad de construcción.
- Facilidad de operación
- Capacidad de trituración

A cada uno de estos parámetros se les asigna una calificación menor o igual a diez, dependiendo de que si esta cumple o no con el parámetro en estudio.

De 1 a 3: Significa que la máquina no cumple con ninguna de las características deseadas para la extracción de aceite de chonta.

De 4 a 6: La máquina cumple con algunas de las características deseadas para la extracción de aceite de chonta, en lo referente a costos es elevada, no es muy segura, y es un poco difícil conseguir sus materiales.

De 7 a 8: Significa que la máquina cumple con la mayoría de las características deseadas para la extracción de aceite de chonta, en lo referente a costos es de nivel medio, es segura, y fácil conseguir sus materiales.

De 9 a 10: La máquina cumple con la mayoría de las características deseadas para la extracción de aceite de chonta, en lo referente a costos es de nivel medio, es muy segura, y muy fácil conseguir sus materiales.

En la tabla 4, se muestran los resultados de la selección de la alternativa, tomando en cuenta la siguiente manera de calificación.

Tabla 4. Parámetros y selección de alternativa.

	MOLINO de Martillos	MOLINO de Rodillos	MOLINO de Bolas	MOLINO de Tornillo
Parámetro	Calificación (1)	Calificación (2)	Calificación (3)	Calificación (4)
Capacidad de la máquina	6	8	7	9
Costos	8	7	5	8
Espacio Disponible	9	9	9	9
Seguridad	7	8	7	8
Disponibilidad De materiales para su construcción	9	9	8	9
Facilidad de	8	8	7	9
Facilidad	8	8	8	9
Operación	7	7	8	7
Desgaste	7	7	8	7
Total	62	64	59	68

Fuente: propia. Según referencia de MERCIER, LINKO, HAPER; Extrusion cooking, p.17.

Estos resultados conducen a seleccionar la alternativa 4 para el desarrollo del diseño del molino y con un valor agregado que es su aplicación directa en todo lo referente a extracción de aceite de un producto, que en este caso es la fruta Chonta.

Tomando en cuenta parámetros como costos, facilidad de operación y mantenimiento, capacidades de producción y porcentaje de aceite obtenido, se ha llegado a elegir la alternativa de un proceso continuo de prensado por medio de una máquina expeller.

Esta máquina tipo expeller tiene las cualidades que se requiere para el presente proyecto, ya que va dirigido a usos industriales y/o artesanales, es decir, la tecnología de manejo y la estructura que presenta para su mantenimiento, sugieren una gran versatilidad para los diferentes operadores.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 .TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION.

3.1.1 ALTERNATIVAS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE VEGETAL

Una vez determinado el proceso óptimo para el desarrollo del proyecto, se debe primero analizar las características propias de una máquina expeller además de las diferentes máquinas que existen.

3.1.1.1 Características del extrusor.

Desde el punto de vista de ingeniería, una expeller es una bomba y presenta las siguientes características. (MERCIER, LINKO, HAPER; Extrusion cooking, p.17) .

1. El extrusor es un intercambiador de calor, dado que tiene una gran superficie de contacto, la pared interna del extrusor es limpiada en cada paso del tornillo, haciendo a esta máquina un intercambiador de calor por conducción.
2. La presión y temperatura a lo largo del extrusor (dentro de los límites), pueden lograrse mediante el diseño del tornillo y las condiciones de operación.
3. El grado de mezcla y triturado que se impondrá sobre el material son parámetros que pueden ser modificados por la combinación de diseño del tipo de tornillo, salida del extrusor y velocidad de extrusión.

Con los años, los tornillo extrusores se han investigado a fondo, y su trabajo es razonable y bien entendido. La principal diferencia entre un solo tornillo de extrusión y un expeller de doble tornillo se encuentra en el mecanismo de transporte. Un solo tornillo extrusor tiene un tornillo giratorio ajustado dentro de un tambor. Para lograr la máxima producción, el material debe deslizarse tan libremente como sea posible en la superficie del tornillo y ajustarse lo más posible a la pared de la camisa. Esta última restricción puede satisfacerse mediante la introducción adicional de fricción en el cuerpo de la camisa por medio de ranuras que pueden ser, como se explicó anteriormente, barras o agujeros en la sección cilíndrica de la camisa del conjunto, dado que como se verá más adelante.

La eficiencia de bombeo de un solo tornillo extrusor es relativamente baja, una cantidad considerable de energía del motor no se utiliza para el bombeo, en lugar de eso es convertida en calor.

Existen varios tipos de expeller a analizar, cada uno de ellos se diferencian por el tipo de tornillo para realizar la extrusión, se puede mencionar los siguientes tipos de husillos: simple y doble.

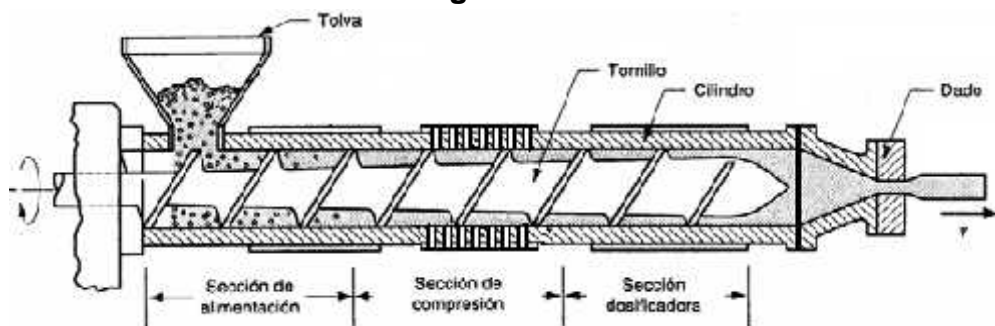
Un expeller consiste en tres regiones distintas: una zona que permite la alimentación del material a procesar; luego una zona por donde pasa el material que ingresó ya fundido y por último una zona donde la acumulación de presión por el proceso debe ser liberada.

3.1.2 EXTRUSOR DE TORNILLO SIMPLE.

El extrusor de tornillo simple consiste en un solo husillo que gira libremente dentro de un cilindro, barril o camisa; estos dos elementos interactúan a manera de una bomba elevando la presión de la mezcla, extrayendo el aceite y drenándolo a través de las ranuras u orificios y liberando la torta por medio de un agujero llamado dado.

Para elevar la presión en un tornillo simple existen variaciones de geometría que influyen directamente en el comportamiento de la mezcla mientras permanece dentro del cilindro, además la forma del tornillo también influye en la potencia requerida para la extrusión y por ende en el calor generado en el proceso, dado que gran parte de la energía se libera en calor.

FIGURA N° 10. Corte longitudinal de un tornillo estándar.



Fuente: MERCIER, LINKO, HAPER; Extrusion cooking, p.17

En la figura 10, se aprecia las tres secciones antes descritas de un expeller estándar, la zona de alimentación, la zona de medición o compresión, la zona final o dosificadora.

Desde la zona de alimentación hasta la zona dosificadora la compresión aumenta progresivamente y en ésta última es donde la mayoría de la energía mecánica es disipada, causando que la temperatura de las semillas se incremente rápidamente transformándola de un estado granular, a un estado de masa plástica, esta masa estará compuesta de parte líquida y sólida, las cuales se separarán por medio de los agujeros en la camisa y a través del dado, respectivamente.

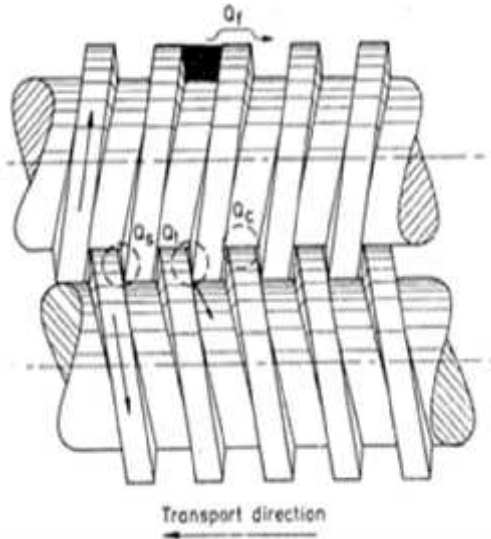
3.1.3 EXTRUSOR DE TORNILLO DOBLE

Un extrusor de tornillo doble consiste en dos husillos que giran ya sea en el mismo sentido o en sentido contrario, dentro de una misma camisa, esto permite una mejor mezcla de material y una mejor eficiencia en lo que respecta a la energía mecánica de entrada, sin embargo el diseño es bastante complejo en función de que teóricamente existen diferentes disposiciones de operación de los mismos, incluso existen modelos teóricos que en la realidad son imposibles de fabricar. En el diseño de estos tornillos la geometría variable no es posible dado que los dos tornillos deben ser solidarios entre sí, es decir, no se podría tener configuraciones cónicas en este tipo de expeller.

En la presente investigación ha resultado escasa la información que respalde el diseño de este tipo de expeller, sin embargo, es importante mencionar que existen los mismos. De ahí que el principio de funcionamiento es similar que los tornillos simples, es decir, existen las tres zonas típicas de un expeller: alimentación, compresión y dosificación.

Uno de los puntos que más se ha tomado en consideración es el hecho que al tener un expeller de este tipo, hay varias restricciones conocidas: a más de necesitar un sistema motriz único se requiere una disposición compleja en el mecanismo motriz de ambos ejes, ya que los dos giran al mismo tiempo; además la posibilidad de tener dos tornillos duplica el costo de la máquina primero porque se necesita construir dos tornillos y segundo porque la camisa contenedora debe tener, una disposición particular a la forma de los tornillos.

FIGURA N° 11. EXTRUSOR DE DOBLE TORNILLO.



3.2 PARÁMETROS DE OPERACIÓN

En el presente numeral, se describirán los parámetros de operación que la semilla de Chontaduro, debe poseer en el extrusor, a fin de conseguir eficiencia mecánica, cantidad de aceite aceptable y temperaturas ideales para obtener aceite de buena calidad.

3.2.1 TEMPERATURA

La temperatura en el proceso de extracción de aceite tiene que estar en el intervalo de un rango aceptable, esto en base a experiencias empíricas que han sido proporcionadas por personas que han trabajado con esta semilla. El control de temperatura es importante, debido a que en un proceso de extracción en la cual ésta supere los 90 C el aceite obtenido tiende a elevar el contenido de fósforo, lo cual en el momento de fabricar biodiesel se produce daños dentro de la cámara de combustión de los motores. En conclusión el proceso debe ser eficiente para que la energía mecánica no se disipe excesivamente en calor.

En la zona de dosificación la temperatura debe ser superior que en la zona de compresión, para que el producto sólido a extruirse tenga facilidad de desfogue.

3.2.2 HUMEDAD

La humedad de la semilla se la determina antes de entrar al proceso de extrusión, esta humedad debe ser controlada, ya que las semillas en sus células poseen, aparte de aceite, cierta cantidad de agua.

Es necesaria la disminución de la humedad, desde el almacenamiento de la semilla, a fin de evitar la germinación y/o descomposición de ésta en los silos de bodegaje, así como también en el proceso mismo de extracción de aceite.

Investigaciones realizadas por parte de los agricultores del caserío Mashuyacu, han determinado que la humedad óptima de almacenamiento y previa a la extracción de aceite, oscila entre el 7% y el 8%; sin embargo, otras investigaciones empíricas han determinado que se puede procesar la semilla hasta con un 12% de humedad.

3.2.3 PRESIÓN DE EXTRACCIÓN

La presión necesaria para poder extraer aceite vegetal a partir de semillas oleaginosas requiere ser elevada, ya que por efecto de ésta, las células oleaginosas comienzan a romperse y logran que el aceite dentro de ellas empiece a fluir.

Cada semilla, como es de esperarse, tiene su propia presión de extracción; en la presente investigación no se ha podido recolectar esta información por medios bibliográficos, pero se ha optado por utilizar la experimentación a fin de determinar la presión necesaria.

Para poder realizar el experimento se utilizó una prensa hidráulica de gran capacidad 100TM, en Factoría ALDYUP, y la materia prima necesaria, arrojando el dato experimental de que la semilla del chontaduro, requiere una presión de extracción en frío de 9,23MPa. Obviamente este dato conseguido experimentalmente, no es determinante más bien referente debido a que en el proceso de extracción entra la variable de temperatura, misma que al incrementarse, disminuye la viscosidad del aceite logrando una mejor extracción. En conclusión la presión mínima a la cual, referencialmente, se debe elevar en el proceso es de 9,23 MPa.

FIGURA N° 12. DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LA PRESIÓN DE EXTRUSION.



FUENTE: PROPIA, por medio experimental, en Factoría ALDYUP.

3.2.4 CAPACIDAD DE PROCESAMIENTO.

La capacidad de procesamiento está determinada por la cantidad de semilla que se pueda recolectar en nuestro medio y también por la demanda que el aceite pueda tener una vez extraído, de ahí que se debe tomar en cuenta las plantaciones que actualmente existen en nuestro país, según estudios de la I.I.A.P. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Programa de Producción de Palmito Pijuayo. Iquitos - Perú. en el país existen aproximadamente 700 hectáreas de esta planta, a manera de cercas vivas en su mayoría, además se han determinado los rendimientos de semilla por hectárea según distintas zonas de precipitación, obteniendo un promedio de 850 kg de semilla por hectárea por cosecha, encontrándose lugares con hasta 1275 kg de semilla por hectárea. Debido al alto porcentaje de germinación, 80%, las semillas deben ser procesadas de una manera inmediata al proceso de despulpado, de lo contrario empezarán a germinar en el lugar de almacenamiento; es por esta razón, que se requiere de una máquina con capacidad de procesamiento capaz de extraer el producto dentro de los 20 a 30 días de cosecha. Tomando como inicio estos datos, en promedio se obtendrían 595.000 kg de semilla por cosecha a nivel nacional, el dimensionamiento de la capacidad de producción de la máquina, se ha tomado, como el 8% de la oferta del total de las semillas a nivel nacional, 47.600 kg de semilla, este valor se debe procesar a 30 días, trabajando un promedio de 8 horas diarias.

En conclusión, una máquina con capacidad de 200 kilogramos por hora, satisfaría, el 8% de la actual oferta de semillas, sin embargo, si los proyectos tanto privados como estatales para la producción de aceite entran en marcha, la máquina podrá trabajar mayor número de horas diarias, logrando procesar más semilla.

3.3 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Una vez estudiadas los dos tipos de expeller existentes, para el actual proyecto, se elegirá la alternativa óptima en base a: diseño, costos, construcción y mantenimiento.

3.3.1 MATRIZ DE SELECCIÓN

La matriz que se presenta a continuación tiene los aspectos más relevantes, para desarrollo del proyecto priorizados según su importancia, sobre una calificación de 100 puntos.

Tabla 5. Matriz de selección de alternativa de las máquinas expeller

Parámetros	Calificación IMPORTANCIA/100	Expeller. tornillo simple	Expeller tornillo doble.
Costos de fabricación	25	25	15
Factibilidad de diseño	20	20	10
Capacidad de producción	15	10	15
Facilidad tecnológica	10	10	7
Facilidad de	10	10	10
Mantenimiento	10	10	6
Eficiencia mecánica	10	7	10
Resultado	100	92	73

Fuente: propia. Utilizando la referencia bibliográfica: MERCIER, LINKO, HAPER; Extrusion cooking, p.27.

Como se puede apreciar el expeller de tornillo simple es la alternativa que más se acomoda a las necesidades de trabajo y posibilidades de recursos disponibles, por lo cual el proyecto se desarrollará entorno de la misma.

3.4 ANÁLISIS DEL EXTRUSOR DE TORNILLO SIMPLE

3.4.1 PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DEL TORNILLO

Los parámetros geométricos son determinantes en el comportamiento del producto dentro de un expeller, por lo cual es necesario un análisis de los mismos, la forma del tornillo definirá a la máquina como extrusor de bajo, medio o alto corte.

El diseño del tornillo en su geometría define las características de operación del tornillo simple.

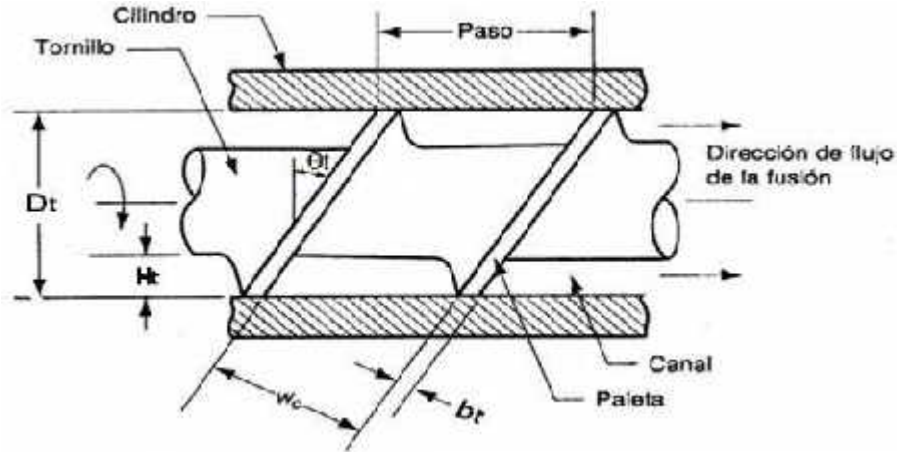
Tabla 6. Características de operación de un extrusor de tornillo simple.

Variable de operación	Extrusor Corte bajo	Extrusor de Corte media	Extrusor de Corte alto
Humedad de la materia prima (%)	25 – 35	20 – 30	12 – 20
Temperatura máxima del	50 -120	125 - 175	150 – 200
Relación Lt/Dt	5 – 8	10 – 20	4 – 12
Relación de compresión	1 : 1.5	2 - 3 : 1	3 – 5 : 1
Velocidad del tornillo (rad/s)	3 – 10	10 – 25	30 – 45
Energía mecánica neta de entrada (kW – hr/kg)	0.03 – 0.06	0.04 – 0.08	0.10 – 0.14

FUENTE: Food Extrusion Science and Technology.

Según la tabla anterior el tipo de extrusor a diseñarse debe ser uno de bajo corte, ya que ciertos parámetros como la temperatura, la velocidad y la potencia de la máquina deben estar en los rangos característicos de este tipo de extrusor para extraer el aceite de chontaduro.

FIGURA N° 13. GEOMETRIA TIPICA DE UN TORNILLO EXTRUSOR.



FUENTE: GROOVER, Fundamentos de manufactura moderna, p.314

La geometría típica de un tornillo extrusor, se describe en la figura 13, El tornillo consiste en paletas o aspas espirales (hilos) con canales entre ellas, que conducen el material. La pared del hilo tiene un ancho **bt**, y está hecha de acero endurecido para resistir el desgaste al girar y al rozar contra el interior del cilindro.

Al girar el tornillo, las paletas empujan el material hacia adelante a través del canal desde la tolva hasta el dado. Aunque no se aprecia en el diagrama, el diámetro de la paleta es más pequeño que el del cilindro **Dt** con un pequeño claro, **Ht**, de aproximadamente 0.50 mm. La función de este claro es limitar la fuga de la fusión hacia atrás, a través del canal conductor.

El canal tiene un ancho **Wc** y una profundidad **Ht**. El radio medio **rm** es la media de la altura del hilo y el diámetro del husillo.

$$Wc = (Dt \cdot \tan(t) - bt) \cdot \cos t. \quad \text{Ec. (3.4.1.1)}$$

$$rm = (Dt - Ht) / 2 \quad \text{Ec. (3.4.1.2)}$$

Según: GROOVER, Fundamentos de manufactura moderna, p.314.

El tornillo tiene un paso p_t y un ángulo de hélice t que se determina mediante la relación:

$$t = \tan^{-1}(p_t / 2 \cdot rm) \quad \text{Ec. (3.4.1.3)}$$

Una vez determinados los parámetros geométricos del tornillo del expeller se debe analizar el comportamiento del flujo cuando este se encuentra en operación. El presente capítulo contiene los cálculos y el diseño de todos los elementos que conforman el molino como son: el ángulo de soporte, el perfil del soporte del reductor, el tornillo extrusor, la camisa, el tubo de la camisa, los rodamientos, la soldadura, para esto se tomará como referencia, algunos conceptos y principios fundamentales para el diseño de los elementos como son la fatiga, la torsión, los esfuerzos, ya que todos estos parámetros son de mucha importancia al momento de realizar el diseño de la máquina.

3.4.2. FASES E INTERACCIONES DEL PROCESO DE DISEÑO.

Un proceso de diseño completo se reduce a 6 parámetros que son:

- Reconocimiento de la necesidad
- Definición del problema
- Síntesis
- Análisis y optimización
- Evaluación
- Presentación

Cada uno de los parámetros indicados permite obtener un diseño correcto, el cual nos lleva al éxito al momento de la construcción de una máquina.

Reconocimiento de la necesidad.

“Con frecuencia, el reconocimiento y la expresión de la necesidad constituyen un acto muy creativo, porque la necesidad quizá solo sea una vaga inconformidad, un sentimiento de inquietud o la detección de que algo no está bien.” A menudo la necesidad, no es del todo evidente, el reconocimiento se acciona por una circunstancia adversa particular o por un conjunto de circunstancias aleatorias, que se originan casi de manera simultánea.

Reconocimiento de la necesidad en el Oriente Peruano.

En la Amazonía Peruana se produce el chontaduro una planta de la familia de las arecáceas (la de las palmeras) que puede alcanzar hasta los 20 metros de alto, su fruto es consumido en gran cantidad por los pobladores amazónicos, ya que es conocido como un alimento natural completo.

El mal aprovechamiento del aceite producido por la chonta provoca pérdidas económicas, que no pueden ser detectadas por los pobladores de la Amazonía.

Mediante la construcción de este molino se podrá obtener un mayor porcentaje de aprovechamiento del aceite producido y de esta manera se puede obtener una ganancia económica que se la puede utilizar para el cuidado de los árboles proveedores de chonta.

Definición del problema.

“La definición del problema es más específica y debe incluir todas las especificaciones del objeto que va a diseñarse. Las especificaciones son la cantidad de entrada y salida del material, las características y dimensiones del espacio que el objeto debe ocupar y todas las limitaciones sobre estas cantidades”

Puede considerarse al objeto que va a diseñarse como algo dentro de una caja negra. En este caso deben especificarse las entradas y las salidas de la caja junto con todas sus características y limitaciones.”El problema principal es la falta de maquinaria para la extracción de aceite de chonta en la Amazonia Peruana.

3.5. CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL MOLINO.

3.5.1. Capacidad estimada de la máquina.

Al momento de calcular la capacidad de la máquina se debe tomar un valor estimado, el cual nos servirá como guía para calcular los elementos del molino, cabe recalcar que actualmente no se puede tener un valor fijo sobre la capacidad de un molino extractor de aceite de chonta ya que no existe un molino dedicado solamente a la extracción del aceite de chonta, en nuestro país.

Capacidad en quintales:

La capacidad es de 60 quintales por mes; ya sea también de 15 quintales por semana; lo que equivale a 2,1 quintales por día.

Capacidad en libras por día:

$60 \text{ qq/mes} \times 1 \text{ mes/30días} \times 100 \text{ lb/ 1 qq} = 200 \text{ lb/día.}$

Capacidad en kg / hr

$200 \text{ lb. / día} \times (1 \text{ kg} / 2.2 \text{ lb.}) \times (1 \text{ día} / 24 \text{ hr}) = 3,78 \text{ kg/hr.}$

Capacidad en gr. /minuto.

$3,78 \text{ kg/hr} \times (1 \text{ hr} / 60 \text{ min}) \times 1000 \text{ gr/ kg} = 63 \text{ gr/ min.}$

3.5.2. Cálculo de los elementos del tornillo extrusor.

Al conocer las características que posee la chonta (Tabla 1) como por ejemplo su diámetro se debe diseñar un tornillo extrusor el cual cumpla con las características necesarias para poder realizar el proceso de extracción partiendo de los datos obtenidos de la chonta se tiene una idea del paso necesario, la altura de los dientes, que se muestran a continuación.

FIGURA N° 14 TORNILLO EXTRUSOR.



Fuente: google.

Siguiendo los parámetros para el cálculo del tornillo extrusor según la bibliografía, 13.cuyo autor es: (SCHEY, John. Procesos de Manufactura. 3ra ed. McGraw Hill. 2002. Pp576-580.)

3.5.2.1. Ancho del canal del tornillo extrusor.

El diámetro de la chonta máximo es de 60 mm, por lo cual se va a fabricar un tornillo extrusor con:

Ancho del canal = 62mm. ; Ancho del diente = 12mm.

La profundidad del tornillo extrusor depende del diámetro de la chonta es por eso que se tiene:

Profundidad Máxima = 25mm. ; Profundidad Mínima = 2mm.

La variación de la profundidad mínima y máxima se produce porque el tornillo extrusor es cónico para realizar una completa extracción del aceite.

3.5.2.2. Profundidad promedio del tornillo extrusor

Con la profundidad máxima y mínima que posee el tornillo extrusor se calcula un valor promedio de la profundidad del tornillo:

$$H_p = (H_{\text{máx.}} + H_{\text{mín.}}) / 2 \quad \text{Ec. (3.5.2.2.4)}$$

De donde:

H_p = Es la profundidad promedio del tornillo extrusor

$H_{\text{máx}}$ = Es la profundidad máxima del tornillo extrusor = 25 mm

$H_{\text{mín}}$ = Es la profundidad mínima del tornillo extrusor. = 2 mm

Reemplazando los valores tenemos:

$$H_p = 13,5 \text{ mm}$$

3.5.2.3. Paso

Para el cálculo del paso en el tornillo extrusor se tomará en cuenta, el ancho del canal y el ancho del diente, lo cual nos da como resultado un paso de:

$$P = 74 \text{ mm.}$$

3.5.2.4. Longitud del tornillo extrusor

La longitud del tornillo extrusor es de 800 mm., tomando en cuenta sus apoyos en las placas tanto de entrada como de salida, y su longitud de trabajo, es decir, la longitud roscada del tornillo es de 500mm.

$$L_{\text{total}} = 800\text{mm} \quad ; \quad L_{\text{trabajo}} = 500 \text{ mm.}$$

3.5.2.5. Ángulo de la hélice del tornillo extrusor

El ángulo de la hélice es el ángulo formado por la tangente del filete con un plano perpendicular al eje del tornillo.

$$\tan \theta = P / \pi \times \varnothing \quad \text{Ec. (3.5.2.5.5)}$$

θ = ángulo de la hélice del tornillo extrusor.

P = paso

\varnothing = diámetro del tornillo extrusor. = 104 mm (asumido).

Remplazando valores se obtiene:

$$\theta = 12.76^\circ$$

El ángulo de la hélice en un tornillo extrusor debe ser de 11 a 22°, por tanto el ángulo de la hélice para el tornillo extrusor diseñado es correcto.

3.5.2.6. Revoluciones de salida

Para la extracción del aceite de chonta se necesita de un número de revoluciones de salida bajas, se toma en cuenta un valor estimado de revoluciones que es de 47 revoluciones por minuto.

Con las revoluciones de salida se procede a calcular la velocidad angular.

$$W = 47 \text{ rev/ min} \times 2 \pi \text{ rad} / 1 \text{ rev} \times 1 \text{ min} / 60 \text{ s}$$

$$W = 4.92 \text{ rad/s.}$$

3.5.2.7. Número de hélices

El tornillo extrusor tiene varias hélices en las cuales los frutos son transportados y a su vez van siendo extraídos su aceite en el tornillo extrusor, el número de hélices se calcula en base a la siguiente fórmula:

$$\#Hélices = longitud / paso$$

$$\#Hélices = 500 / 74$$

$$\#Hélices = 6 \text{ hélices.}$$

A continuación se hace un resumen general de los elementos necesarios para el tornillo extrusor.

3.5.2.8. Parámetros geométricos calculados para el tornillo extrusor

Los parámetros necesarios para el tornillo extrusor se muestran en un resumen en la siguiente tabla N°7:

Tabla N°7. Parámetros Geométricos Calculados para el Proceso de Extracción

Parámetro	Símbolo	Magnitud
Angulo de la hélice		12.76°
Revoluciones por minuto	n	46.91rpm=4,92rad/s
Diámetro del barril o camiseta	D	104.5 mm.
Canal del husillo de extrusión	W	62 mm.
Altura del husillo	H	H máx. = 25 mm. H mín. = 2 mm.
Longitud del husillo	L	500 mm.
Paso	P	74 mm.

FUENTE: PROPIA. Obtenida A PARTIR DE los cálculos realizados.

Con los parámetros geométricos calculados para el tornillo extrusor del molino se procede a calcular la potencia necesaria.

Para encontrar la potencia deben calcular parámetros extras como son la razón de corte, la viscosidad aparente máxima, flujo de arrastre, flujo de presión, posteriormente se deben corregir estos factores, presión, flujo total, flujo volumétrico y finalmente se calcula la potencia necesaria para el molino.

La potencia del motor se la divide en dos cálculos, el primero es por la potencia de consumo del tornillo extrusor, y esta a su vez representa la potencia para vencer los flujos de arrastre y de presión.

La segunda parte del cálculo es la potencia de las pérdidas que tiene el motor, en la cual se toman en cuenta dos parámetros que son por instalaciones eléctricas, y por el motorreductor.

Sumadas las dos potencias calculadas se encuentra la potencia real del motor. Para poder realizar los cálculos de la potencia, se deben calcular varios parámetros necesarios que son los siguientes:

Al momento de realizar los cálculos de los parámetros necesarios para la potencia del motor se debe considerar que el flujo es Newtoniano es decir que su viscosidad se mantiene constante con el tiempo. Con la razón de corte podremos encontrar la viscosidad aparente del fluido.

$$\gamma = \pi \phi x W \div H_p \quad \text{Ec. (3.5.2.8.6)}$$

De donde:

= Es la razón de corte del fluido

ϕ = Es el diámetro del tornillo extrusor

W = Es la velocidad angular de salida

H_p = Profundidad promedio del tornillo

Reemplazando los valores.

$$\gamma = (\quad \times 104 \text{ mm} \times 4,92 \text{ rad/s}) / 13,5 \text{ mm}$$

$$\gamma = 1,8 \text{ s}^{-1}$$

3.5.2.9. Viscosidad aparente (n).

En base a la ecuación de la razón de corte aparente se obtiene la viscosidad aparente que reemplaza a la viscosidad normal del flujo, tomando en cuenta que la viscosidad es una propiedad de un fluido que tiende a oponerse a su flujo, cuando se le aplica una fuerza.

Los parámetros a utilizar son el índice de flujo n y la consistencia del flujo K , ambos valores se encuentra en la Tabla N°8

PARAMETROS K y n PARA LA ELECCIÓN DE ENERGÍA PARA LAS PASTAS DE PRODUCTOS EXTRUSADOS. Con extrusores de doble criba.

Tabla N 8. Índice de Flujo n y de Consistencia del Flujo k (m).

Material	Concentration (%)	Dispersion Procedure	K	n	Reference ^b
Wheat starch	8.5	Preheating to 96° C, variable heating and agitation	490–5,370	0.53–0.82	1
Cereal starches, wheat semolina wheat flour	5.5–10	Viscoamylograph (Brabender) at 96° C	25–650	0.06–0.85	2
Potato flakes	9.1	No preheating	71–2,028	0.67–0.86	3
		Preheating at 80° C	387–9,920	0.52–0.77	
Maize grits	9.1	No preheating	10–390	0.74–1.00	4
		Preheating at 80° C	40–900	0.60–0.96	

FUENTE: DOUBLIER et al (1986). ; LAUNAY y LISCH (1983).

Considerando; Almidones de cereales (Cereal starches).

$$K = 520 \text{ Pa} \quad y \quad n = 0.75 \quad ; \quad \gamma = 118.83 \text{ S}^{-1}$$

$$n = K \gamma n - 1 \quad \text{Ec (3.5.2.9.7)}$$

Reemplazando se tiene:

$$n = 157,56 \text{ Pa} \times \text{s}$$

$$\eta = 1,576 \times 10^{-4} \text{MPa} \cdot \text{s}.$$

Viscosidad aparente máxima

La viscosidad aparente máxima se la calcula utilizando los parámetros máximos del índice de flujo n y la consistencia del flujo K , ambos valores son:

$$K = 650 \text{ Pa.}; n = 0.85$$

Dónde:

$$\eta = 3,17 \times 10^{-4} \text{Mpa} \cdot \text{s}$$

3.5.2.10. Flujo volumétrico (\dot{V})

El flujo volumétrico es la cantidad de material deseado que ingresará a la tolva para su extracción. La capacidad de la máquina es de; (obtenida en el punto: 3,5.1).

$$3,78 \text{ Kg/h}$$

$$\text{Luego: } \dot{V} = 3,78 \text{ Kg/h} \times 1 \text{ lt/1kg} \times 1 \text{ m}^3/1000 \text{ lt.}$$

$$\dot{V} = 3,78 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{h}$$

La densidad de la chonta a 25° C, es de 0.898 gr/ ml. (tabla N°1)

$$\mu = 0.898 \text{ gr/ml} \times 1 \text{ kg/1000gr} \times 1000 \text{ ml/1lt} \times 1000 \text{ lt/1m}^3$$

$$\mu = 898 \text{ kg/m}^3$$

Calculando el flujo másico se tiene:

11/11

$$M = C_e \times \mu$$

$$\text{Ec. (3.5.2.10.8)}$$

Siendo:

•

M = flujo másico deseado

$$C_e = \text{Capacidad estimada de la máquina.} = 3,78 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{h}$$

μ = densidad del aceite de chonta.

Reemplazando se tiene: •

$$M = 3,78 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{h} \times 898 \text{ kg}/\text{m}^3 = 3,394 \text{ kg}/\text{h}$$

Número de chontas que se ingresará por minuto.

$$\# \text{ Chontas} = 3,394 \text{ kg}/\text{h} \times 1000 \text{ gr}/1 \text{ kg} \times 1 \text{ h}/60 \text{ min} \times 1 \text{ Chonta} / 22 \text{ gr.}$$

$$\# \text{ Chontas} = 2,6 \text{ chontas} / \text{min.}$$

Este valor indica que se ingresará 3 chontas por minuto.

3.5.2.11. Flujo de arrastre

El flujo de arrastre en el extrusor se deriva del cálculo del flujo de arrastre entre dos placas paralelas en estado estacionario, tomando en cuenta que el flujo primario es debido a una espiral. Para calcular el flujo de arrastre se tiene:

$$Q_D = 1/2 \times \pi \times D \times N \times H \times W \times \cos \theta \quad \text{Ec. (3.5.2.11.9)}$$

Dónde:

Q_D : flujo de arrastre.

D : diámetro de la camiseta. = 104,5 mm

N : velocidad angular = 46,95 RPM. = 4,92 rad/s

H : altura promedio del tornillo extrusor. = 13,5 mm

W : canal del husillo extrusor, = 62 mm

θ : ángulo de la hélice. = 12,76°

Reemplazando, se tiene que:

$$Q_D = 2,12 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

3.5.2.12. Flujo de presión

El flujo de presión se considera generalmente, al flujo que es permanente e independiente del tiempo.

Es decir, las características hidráulicas (presión, velocidad, etc.) en cualquier sección no cambian con el tiempo.

Para calcular el flujo de arrase se tiene:

$$Q_P = 1/12 \times 1/\eta_{ap} \times W \times H^3 \times \sin \alpha \times P/L \quad \text{Ec (3.5.2.12.10)}$$

Dónde:

Q_P : flujo de presión

η_{ap} : viscosidad aparente máxima.

W: canal del husillo de extrucción.

H^3 . Altura promedio del tornillo extrusor.

P. 9,23 MPa.(P se obtuvo experimentalmente .punto 3.2.3)

L: Longitud de trabajo del husillo extrusor.

$$Q_P = 1.63 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

3.5.2.13. Presión

Todas las presiones representan una medida de la energía potencial (energía que mide la capacidad que tiene dicho sistema para realizar un trabajo) por unidad de volumen en un fluido.

Para calcular el flujo de arrastre se tiene:

$$P = 6 \times \eta_{ap} \times L \times D \times N \cot \alpha / H^2 \quad \text{Ec (3.5.2.13.11)}$$

Reemplazando los valores se obtiene:

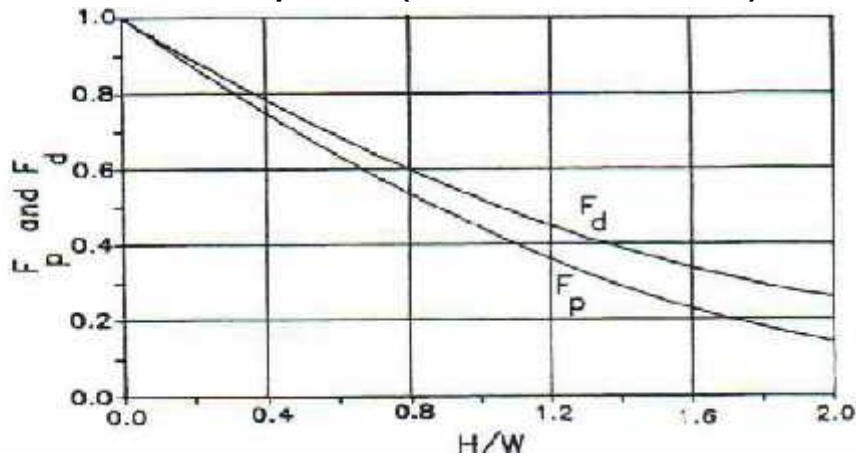
$$P = 6 \times (1.576 \times 10^{-4} \text{ MPa/s}) \times 500 \text{ mm} \times 104,5 \text{ mm} \times 4,92 \text{ rad/s} \times \cot(12.76^\circ) / (13,5)^2 \text{ mm}^2$$

$$P = 18,47 \text{ MPa.}$$

3.5.2.14. Corrección de los flujos de arrastre Q_D y de presión Q_P .

Para realizar las respectivas correcciones de los flujos de arrastre y de presión se utilizan varios factores que se obtienen en base a los datos del tornillo extrusor, los gráficos de las figuras 15 a la 19, se utilizan dependiendo de los valores seleccionados en los gráficos.

FIGURA N° 15. Factores para la corrección de los flujos de arrastre y de presión (Profundidad del Canal)



Fuente: www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r58260.PDF.

Factor en base a la profundidad promedio del tornillo extrusor y al canal del husillo:

$$H/W$$

Dónde:

H: altura promedio del tornillo extrusor.

W: canal del husillo extrusor.

$$H/W = 13,5 \text{ mm} / 62 \text{ mm} = 0,218$$

Según datos especificados en la Tabla 15, determinamos:

$$F_d = 0,85$$

$$F_p = 0.82.$$

Factor en base a la longitud de trabajo y al diámetro de la camisa

$$H/D$$

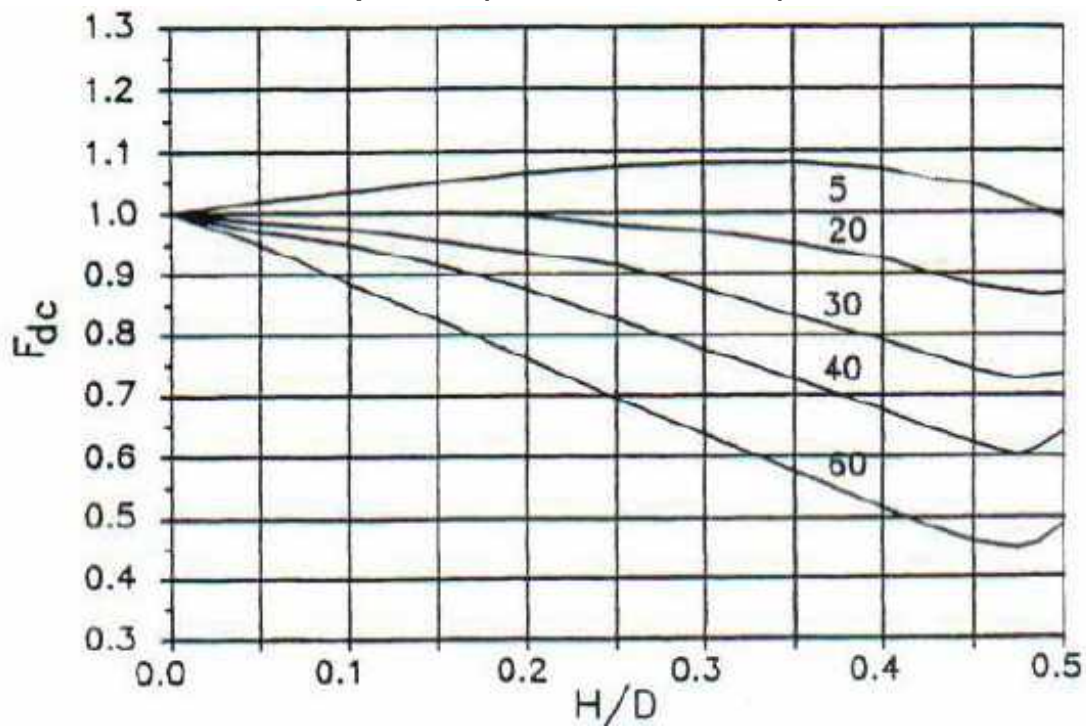
Dónde:

$$H/D = 13,5 \text{ mm} / 104,5 \text{ mm} = 0.128$$

Según datos especificados en la Tabla 16, determinamos:

$$F_{pc} = 1.13 \quad \text{y 5 espiras.}$$

FIGURA N° 16. Factores para la corrección de los flujos de arrastre y de presión (Número de Hélices)



Fuente: www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r58260.PDF

Factor en base a la profundidad promedio del tornillo extrusor y al canal del husillo:

$$H / D$$

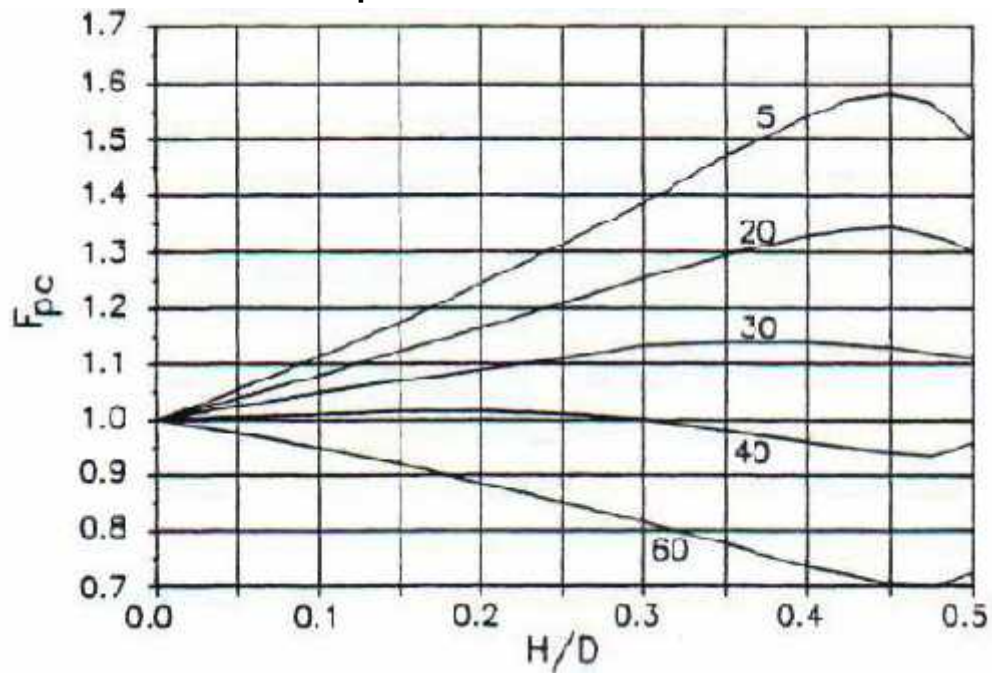
Dónde:

$$H / D = 13,5 \text{ mm} / 104,5 \text{ mm} = 0.128$$

Según datos especificados en la FIGURA 17, determinamos

$F_{dc} = 1.05$ y 5 espiras.

FIGURA N° 17. Factores para la corrección de los flujos de arrastre y de presión Número de Hélices.



Fuente: www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r58260.PDF.

Factor en base a la longitud de trabajo y al diámetro de la camisa

$$L/D$$

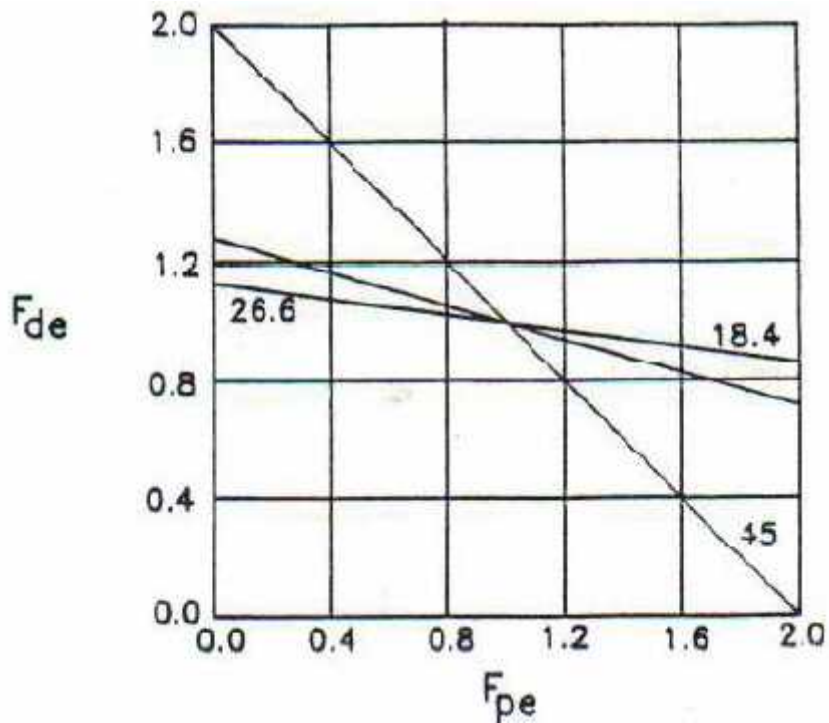
$$L/D = 500 \text{ mm} / 104,5 \text{ mm} = 4.78$$

Según datos especificados en la FIGURA N° 18.

$$F_{de} = 1$$

$$F_{pe} = 1,16$$

FIGURA N° 18. Factores para la corrección de los flujos de arrastre y de presión (Ángulo de la Hélice)



Fuente: www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r58260.PDF

Factor en base a la longitud de trabajo y al diámetro de la camisa

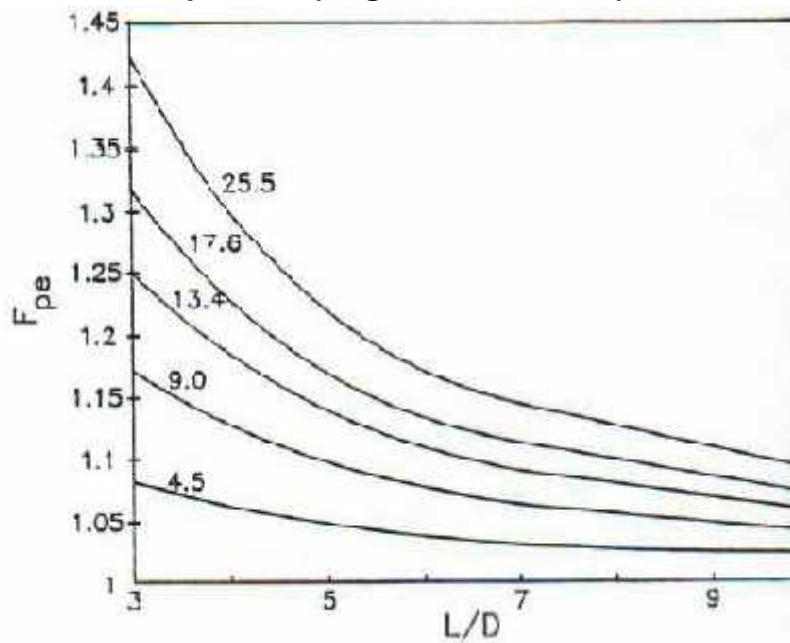
$$L/D$$

$$L/D = 500 \text{ mm} / 104,5 \text{ mm} = 4.78$$

Según datos especificados la FIGURA N° 19.

$$F_{pe} = 1.16 \quad \text{y} \quad \cos = 13.4$$

FIGURA N° 19. Factores para la corrección de los flujos de arrastre y de presión (Ángulo de la Hélice)



Fuente: www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r58260.PDF.

Las semillas extruidas se comportan como pseudoplásticos (muestran un cambio dependiente del tiempo en su viscosidad; cuanto más se someta el fluido a esfuerzos de cizalla, más disminuye su viscosidad), por lo que es necesario hacer una corrección a las ecuaciones anteriores utilizando los factores ya calculados.

3.5.2.15. Flujo de arrastre corregido.

Para corregir al flujo de arrastre calculado se debe multiplicar por los valores de modificación y se tiene:

$$Q_{dc} = Q_b \times (F_d \times F_{dc} \times F_{de}) \quad \text{Ec. (3.5.2.15.12)}$$

Q_{dc} = flujo de arrastre corregido.

Q_b = flujo de arrastre,

Fd = Factor de corrección del fluido en base a la profundidad del canal

Fdc = Factor de corrección del fluido en base al número de hélices.

Fde = Factor de corrección del fluido en base al ángulo de la hélice.

$$Q_{DC} = 2,12 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \times 0.85 \times 1,05 \times 1 = 1,892 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \times 3600 \text{ s}/1\text{h}$$

$$Q_{DC} = 0.681 \text{ m}^3/\text{h}$$

3.5.2.16. Flujo de presión corregido

Para corregir al flujo de presión calculado se debe multiplicar por los valores de modificación y se tiene:

$$Q_{PC} = Q_P \times F_p \times F_{pc} \times F_{pe} \quad \text{Ec. (3.5.2.16.13)}$$

$$Q_{PC} = 1,63 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \times 0.82 \times 1.13 \times 1,16 = 1,75 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \times 3600 \text{ s}/1\text{h} = 0.63 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{PC} = 0.63 \text{ m}^3/\text{h}$$

3.5.2.17. Flujo total

El flujo total es la sumatoria de los flujos de arrastre y de presión corregidos, de esta manera se tiene.

$$Q_T = Q_{DC} + Q_{PC} \quad \text{Ec. (3.5.2.17.14)}$$

$$Q_T = (1,892 + 1,75) \text{ m}^3/\text{s} = 3.642 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

3.5.2.18. Potencia en base al flujo

La potencia en base al flujo se calcula en base al flujo total calculado y a la variación de la presión de trabajo:

$$P_F = Q_T \times P \quad \text{Ec. (3.5.2.18.15)}$$

Siendo:

P_F : potencia en base al flujo.

Q_T = flujo total

P = presión promedio.

$$P_F = 3,64 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \times 9,235 \text{ MPa.} = 33,61 \text{ m}^3/\text{s} \times \text{MPa}$$

$$P_F = 33,61 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \times \text{MPa} \times 10^6 \text{ Pa}/1 \text{ MPa} \times 1 \text{ N}/\text{m}^2/\text{Pa} \times 1 \text{ J}/\text{N} \cdot \text{m} \times 1 \text{ W}/\text{J}/\text{s}$$

$$P_F = 3361 \text{ W} \times 1 \text{ Kw}/10^3 \text{ W}$$

$$P_F = 3.36 \text{ Kw.}$$

3.5.3. Pérdidas por instalaciones eléctricas

Al hablar de pérdidas por instalaciones eléctricas, se refiere a la potencia que se pierde en un motor, y que no es otra cosa que la diferencia entre la potencia que recibe la línea de origen y la que entrega al final. Para el cálculo de las pérdidas por instalaciones eléctricas se tiene la siguiente fórmula:

$$Z_i = 0.015 P_F \quad \text{Ec. (3.5.3.16)}$$

Z_i : son las pérdidas por instalaciones eléctricas.

P_F : Es la potencia en base al flujo.

$$Z_i = 0.015 \times 3.36 \text{ Kw}$$

$$Z_i = 0.0504 \text{ Kw}$$

3.5.3.1. Pérdidas en motores y generadores

Las pérdidas en motores y generadores se producen por un incorrecto pre encendido, que se puede producir al momento de querer hacer funcionar a la máquina. Para el cálculo de las pérdidas en motores y generadores se tiene la siguiente fórmula:

$$Z_2 = 0.03P_F$$

$$Z_2 = 0.1Kw.$$

3.5.3.2. Potencia real

La potencia real en un motor se la calcula en base a la sumatoria de la potencia en base al flujo, a las pérdidas por instalaciones eléctricas y por las pérdidas en motores y generadores. Calculando se tiene que:

$$P_R = P_F + Z_i + Z_2 \quad \text{Ec. (3.5.3.2.17)}$$

$$P_R = 3.36 + 0.0504 + 0.1 = 3.51 \text{ Kw.}$$

3.5.3.3. Potencia real en Hp

Para encontrar la potencia real en Hp solamente se necesita de un factor de conversión que se muestra a continuación

$$P_R = 3.51 \text{ Kw.} \times 1 \text{ Hp} / 0.746 \text{ Kw}$$

$$P_R = 4,7 \text{ Hp.}$$

La potencia necesaria para la extrusora es de 4.7 Hp y por lo que se selecciona un motorreductor de **5Hp** de potencia con una relación de transmisión de $i = 30.7$.

3.5.4. Torque

El torque es la fuerza que producen los cuerpos en rotación, el motor produce fuerza en el tornillo extrusor que se encuentra girando. Para medirlo, se utilizan dos procesos diferentes, los cuales se muestran a continuación:

$$P_R = 2x \quad x N x T/ 60$$

$$E_c (3.5.4.18)$$

Reemplazando.

$$5 \text{ Hp} \times 0.746 \text{ Kw} / 1 \text{ Hp} \times 1000 \text{ w} / 1 \text{ kw} = 2 x \quad x 46.91 \text{ rpm} x T/ 60$$

$$T = 759 \text{ N.m}$$

3.6. Ensayo de compresión al fruto Chonta.

Se realizó un ensayo de compresión al fruto (chonta), del cual se necesita realizar la extracción de aceite, en un equipo específico, para realizar ensayos de compresión, con la finalidad de encontrar datos que nos permitan continuar con los cálculos necesarios para el diseño del tornillo extrusor.

Se realiza preparando probetas normalizadas que se someten a compresión en una máquina universal, que es semejante a una prensa con la que es posible someter cualquier tipo de material a ensayos de compresión para medir sus propiedades.

En el párrafo 3.2.3 se pudo verificar este ensayo tal se mostró en la fig.12.

La máquina para ensayos de compresión nos facilita el siguiente dato:

3.6.1. Esfuerzo último de la chonta

El esfuerzo último encontrado es el momento en el cual la carga alcanza su máximo valor y el esfuerzo correspondiente, posteriormente a esto viene el siguiente paso que es la ruptura del material.

Del ensayo realizado en la máquina de compresión (prensa hidráulica de 100 TM.) que se encuentra en el taller de rectificaciones "ALDYUP", de propiedad del sr. César Augusto Aldana Yuptun, ubicado en el caserío Mashuyacu, se pudo deducir lo siguiente:

De los datos obtenidos en base al ensayo de compresión se puede deducir que el mínimo esfuerzo último de la chonta es de 75 Psi., y que el máximo esfuerzo último de la chonta es de 100 Psi. (Para un fruto).

Encontrado el esfuerzo último máximo que es de 100 Psi, se procede a calcular al área del fruto que su diámetro máximo es de 60mm (Tabla 1), dado que la chonta posee una forma esférica su área es la siguiente:

$$A_F = \pi \cdot d^2 \quad \text{Ec. (3.6.1.19)}$$

Por lo que; $A_F = 11304 \text{ mm}^2$

Teniendo en cuenta el esfuerzo ultimo máximo de tabla 9, y el área del fruto.

Tabla 9. Esfuerzo Último de la Chonta

Número de Ensayo	Esfuerzo Último en la Chonta δ_u (Psi)
1	80
2	75
3	78
4	83
5	95
6	97
7	100
8	100
9	98
10	100

Fuente propia y obtenida con prensa hidráulica de taller rectificaciones “ALDYUP.”

Se tiene el máximo esfuerzo.

$$\text{max.} = \delta_u \times \# \text{ de frutos.}$$

Para determinar el # de frutos, se debe tener en cuenta que la longitud del tornillo se ha considerado de 500 mm, para el trabajo de extrusión.

Y máximo 700 mm, el largo de todo el tornillo, el diámetro promedio de cada fruto es de 60 mm, por lo que consideramos en promedio la ubicación y capacidad de máximo 10 frutos de chonta a lo largo del tornillo.

Luego:

$$\text{max} = 100 \text{ Psi} \times 10 \text{ chontas} = 1000 \text{ Psi.}$$

Con los datos calculados se procede a encontrar la fuerza necesaria para comenzar con la ruptura de las chontas, en el molino.

3.7. Fuerza de ruptura

Para realizar el cálculo de la fuerza con la cual se van a romper en su totalidad las frutas en el tornillo se calculó con 10 frutos, ya que en el husillo que posee 6 hélices pueden ingresar hasta 10 chontas.

$$Fr = \text{max} \times (A_F \times \# \text{ frutos}).$$

$$Fr = 1000 \text{ Psi} \times 11304 \text{ mm}^2 \times 10 = 11304 \times 10^4 \text{ Psi mm}^2$$

Convirtiendo a Newton, se tiene:

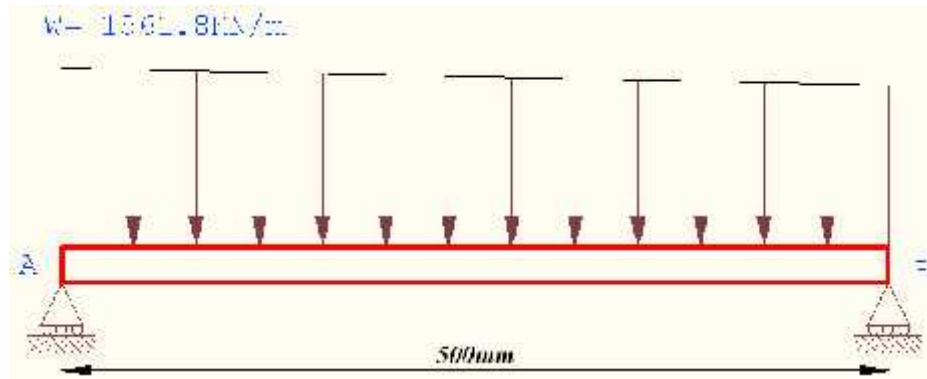
$$Fr = 780887,79 \text{ N.}$$

$$\text{Lo que es: } Fr = 780,9 \text{ KN.}$$

De esta manera la fuerza necesaria para lograr la ruptura de las chontas, tanto para sus cortezas, como para sus pepas es de 780.9 KN. Que a lo largo de la longitud del tornillo que es 500 mm. Será una carga distribuida de 1561,8 KN/m

3.7.1. Carga distribuida total en el tornillo extrusor.

FIGURA N° 20 FUERZA APLICADA EN EL TORNILLO EXTRUSOR.



FUENTE: ELABORACION PROPIA. A PARTIR DE “RESISTENCIA DE MATERIALES” DE SINGER.

3.7.2. Área del tornillo extrusor

Con el esfuerzo último del acero inoxidable (material para la fabricación del tornillo), y con la fuerza total que debe tener el tornillo para la ruptura de las chontas, se procede a calcular el área de dicho tornillo:

ac: esfuerzo último del acero inoxidable = 400 MPa = $0,4 \times 10^9$ Pa

$$= 0,4 \times 10^9 \text{ N/m}^2 = 0,4 \times 10^6 \text{ KN/m}^2$$

Ftt: fuerza total en el tornillo.= 780,9 KN

At: área del tornillo, mm²

$$At = Ftt / ac \quad \text{Ec. (3.7.2.21)}$$

$$At = 780,9 \text{ KN} / 0,4 \times 10^6 \text{ KN/m}^2 = 1951,7 \text{ mm}^2$$

$$At = 1951,7 \text{ mm}^2$$

De esta área se determina el diámetro del eje, necesario para el tornillo.

Calculada el área del tornillo y tomando la fórmula del área para un eje circular se tiene que: $At = d^2 / 4 = 1951,7 \text{ mm}^2$

Dónde: $d = 49,86 \text{ mm}$

Aplicando un valor de seguridad de 2, dado para este tipo de elementos:

Se tiene. $d = 49,86 \times 2 = 99,72 \text{ mm}$

El diámetro necesario para el tornillo de potencia es de 99.72mm. Por tanto se utilizará para la construcción un diámetro de 4".diámetro comercial.

3.7.3. Cálculo de las cargas actuantes en el tornillo extrusor.

Para realizar el cálculo de las cargas actuantes en el tornillo extrusor se debe tomar en cuenta el peso del mismo, obtenido del diámetro antes calculado y la longitud del eje.

3.7.3.1. Peso del tornillo extrusor

Para el cálculo del peso del tornillo extrusor se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros:

Material: acero inoxidable calidad 304

Diámetro (d) : 4" (101,6 mm) = 1,016 dm.

Longitud (L): 800 mm. = 8 dm.

Peso específico del acero: ($\rho = 7,85 \text{ kg/dm}^3$)

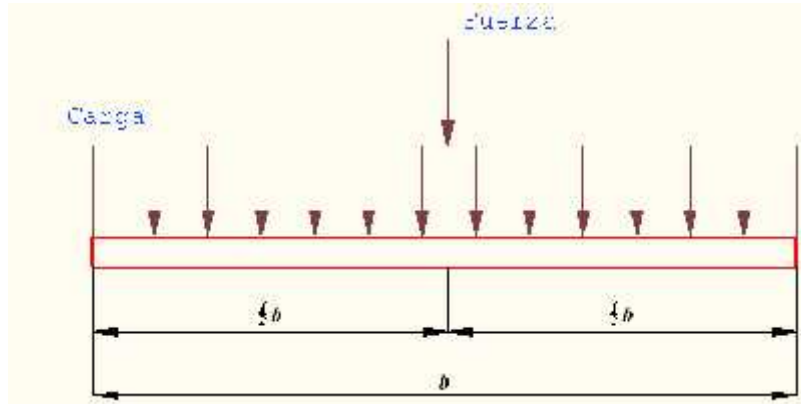
Siendo P, el peso del tornillo extrusor.

$$P = \frac{d^2}{4} * L * \rho = \frac{(1,016)^2}{4} * 8 * 7,85 \text{ kg} = 50,88 \text{ kg} * 9,81/1000 = 0.5 \text{ KN}.$$

$$P = 0,5 \text{ KN}$$

En la siguiente figura se facilita la visualización de donde se encuentra situada la fuerza producida por el peso del tornillo extrusor y la carga distribuida producto del material a triturar en forma rectangular.

FIGURA N° 21 LOCALIZACION DE LA FUERZA EN CARGA DISTRIBUIDA.



FUENTE: ELABORACION PROPIA .TOMANDA DE RESISTENCIA DE RESISTENCIA DE MATERIALES .SINGER

En la figura 21, se explica las fuerzas aplicadas en el tornillo extrusor, en él existen 2 cargas distribuidas casi idénticas, pero se las coloca así porque en el momento que el fruto está saliendo del tornillo extrusor también es aplastado para su extracción, pero como ya paso por casi toda la longitud del cuerpo del tornillo extrusor se coloca una carga distribuida menor. Que se considera un promedio de la entrada a la salida, siendo de: 1550 KN/m

De esta manera se facilita el cálculo de las fuerzas y las reacciones en el tornillo extrusor.

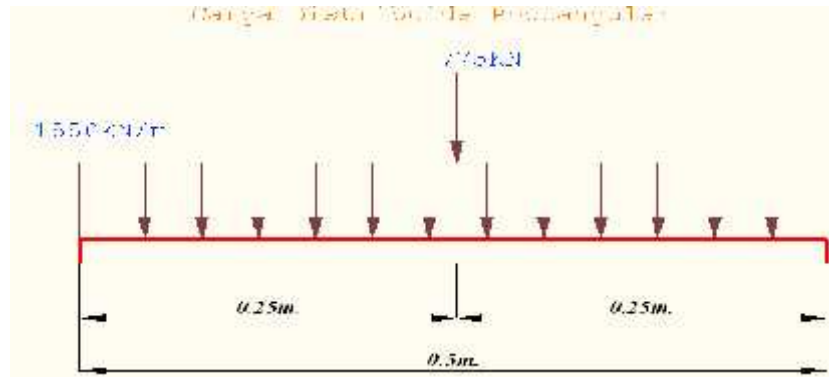
Cálculo de la distancia donde se encuentra ubicada la fuerza:

$$d1= d2 = \frac{1}{2} b = \frac{1}{2} (0,5) = 0,25 \text{ m}$$

Con las respectivas distancias calculadas se procede a la determinación de la fuerza aplicada:

$$F = w \times L = 1550 \text{ KN/m} \times 0,5 \text{ m} = 775 \text{ KN}$$

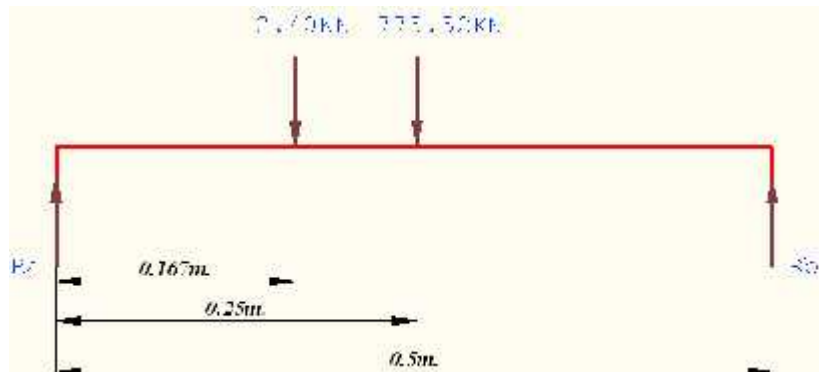
FIGURA N° 22 CARGAS EN EL EJE EXTRUSOR.



FUENTE: elaboración propia según datos de cálculos, y modelo de resistencia de materiales – SINGER.

Con las fuerzas calculadas de las cargas distribuidas y con el peso del tornillo extrusor se procede a realizar el diagrama del cuerpo libre:

FIGURA N°23 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE



FUENTE: PROPIA, CON REFENCIA DE “RESISTENCIA DE MATERIALES” DE SINGER.

En el diagrama del cuerpo libre se observa que existe una fuerza de 775.52 kN , esta fuerza es la suma de la fuerza calculada en la carga distribuida rectangular más el peso del tornillo extrusor.

Con todos los datos necesarios se procede a calcular las fuerzas en los apoyos. Mediante la sumatoria de fuerzas verticales y la sumatoria de momentos:

Se tiene:

$$R_a = 390 \text{ kN} ; R_b = 388,9 \text{ kN}$$

3.7.2. Momento máximo en el tornillo.-

Existen fórmulas directas para el cálculo del momento máximo en elementos mecánicos, estas fórmulas se muestran en el manual de la AISC.

Se aplican las fórmulas para calcular el momento máximo, escogiendo la viga que tiene una carga distribuida rectangular y una carga puntual en el centro.

Se tiene:

$$M_{\text{MÁX}} = W \times L^2 / 8 = 1555 \text{ KN/m} \times 0.5^2 \text{ m}^2 / 8 = 48,6 \text{ KNm}$$

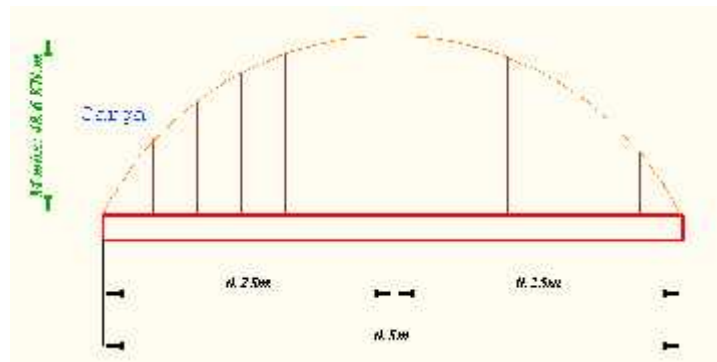
Momento máximo con una carga puntual en el centro debido al peso del tornillo.

$$M_{\text{MAX}} = P \times L / 4 = 0,5 \text{ KN} \times 0.5 \text{ m} / 4 = 0.065 \text{ KNm}$$

Sumando los momentos máximos debido a las cargas tenemos:

$$M_{\text{MÁX}} = 48.6 + 0.065 = 48,66 \text{ KN.m}$$

FIGURA N° 24 MOMENTO MAXIMO EN EL TORNILLO.



FUENTE: elaboración propia según datos de cálculos, y modelo de resistencia de materiales – SINGER.

Una característica primordial del acero inoxidable 304 es que posee propiedades a magnéticas y que no modifica el sabor de los alimentos.

En la tabla 10, mostrada se indica las propiedades generales del acero inoxidable.

TABLA N° 10 . PROPIEDADES FISICAS DEL ACERO INOXIDABLE.

PROPIEDADES	ACERO INOXIDABLE
Número	304
Esfuerzo Último σ_u	400 - 1000 MPa
Módulo de Elasticidad E	190 GPa.
Módulo de Rigidez G	73.1 GPa.
Relación de Poisson μ	0.305
Peso Específico	76.0 KN/m ³
Resistencia Mínima a la Tensión SUT	568 MPa
Esfuerzo de Fluencia σ_y	400 MPa
Resistencia a la Deformación m	0.45
Resistencia a la Fractura σ_f	1.67

Fuente:TIMOSHENKO, Stephen, "Mecánica de Materiales", Segunda edición, Grupo Editorial Iberoamérica, Año 1986, México D.F., Pág.:140

3.7.3. Diseño por fatiga del tornillo extrusor

“A menudo, se encuentra que los elementos de máquinas han fallado, bajo la acción de esfuerzos repetidos, o fluctuantes; no obstante, el análisis más cuidadoso revela que los esfuerzos máximos reales estuvieron por debajo de la resistencia última del material y con mucha frecuencia incluso por debajo de la resistencia a la fluencia.

La característica más notable de estas fallas consiste en que los esfuerzos se repitieron un gran número de veces. Por lo tanto a la falla de la llama **FALLA POR FATIGA.**⁹

“Para calcular el límite de resistencia a la fatiga de un elemento se utiliza la fórmula de **Marín**, que identifico factores que cuantifican los efectos de la condición superficial, el tamaño, la carga, la temperatura, y varios otros puntos.”¹⁰

$$S_e = S_e'' \times K_a \times K_b \times K_c \times K_d \times K_e \times K_f \quad \text{Ec. (3.7.3.22)}$$

Dónde:

S_e : Límite de resistencia a la fatiga

S_e'' : Límite de resistencia a la fatiga de prototipo.

K_a : factor de modificación por condición superficial.

K_b : factor de modificación por tamaño.

K_c : factor de modificación de carga.

K_d : factor de modificación por temperatura

K_e : factor de confiabilidad.

K_f : factor de modificación de efectos varios.

La ecuación nos sirve para calcular la resistencia a la fatiga en viga rotatoria en base a la resistencia a la tensión mínima S_{ut} .

$$S_e'' = 0.5 \times S_{ut} = 0.5 \times 568 \text{ MPa} = 284 \text{ MPa}$$

⁹BUDINAS, Richard – NISBETT Keith, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, Octava edición, Editorial Mc Graw – Hill, Año 2008, México, D.F. Pág.: 258

¹⁰MARÍN, Joseph, Comportamiento Mecánico de Materiales en Ingeniería, Prentice Hall, Englewood Cliffs, Año 1962, Pág:224

El factor de modificación depende de la calidad del acabado de la superficie del material (esmerilada, maquinada, forjada) y de la resistencia a la tensión

TABLA N° 11. FACTOR DE CONDICION SUPERFICIAL DE MARIN.

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{UV} kpsi	S_{UV} MPa	
Esmerinado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272	-0.995

FUENTE: HORI ASANO; ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE MAQUINAS

$$K_a = a \times S_{ut}^b \quad \text{Ec. (3.7.3.23)}$$

Dónde:

$$a = 4.51 \quad ; \quad b = -0.265$$

$$\text{Resultando} \quad K_a = 4.51 \times (568)^{-0.2} = \mathbf{0.84}$$

El factor de modificación del tamaño con un diámetro de 4 pulgadas

$$K_b = 0.91 (d)^{-0.1} = \mathbf{0.91 (4")^{-0.1} = 0.732}$$

Cuando se realizan los ensayos de fatiga con carga de flexión rotatoria axial y de torsión, los límites de resistencia a la fatiga difieren con el S_{ut} , dependiendo de la carga se utiliza el factor de modificación.

$$K_c = 0.59$$

Cuando las temperaturas de operación son menores que la temperatura ambiente, la fractura frágil es una posibilidad muy fuerte es por este motivo que se calcula el factor de modificación de temperatura.

$$K_d = 1$$

Para realizar un diseño se debe elegir un factor de confiabilidad para evitar desviaciones de la resistencia a la fatiga.

Con una confiabilidad del 99.9%

TABLA N° 12. FACTOR DE CONFIABILIDAD

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_a	Factor de confiabilidad k_a
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

Fuente: Shigley

Donde,

Z_a = varianza de transformación = 3.091

Luego $K_e = 0.753$

Se deben tomar en cuenta los efectos varios ya que los valores reales no siempre se encuentran disponibles, y al calcular el factor de modificación de efectos varios se tiene una base.

Con los valores de la figura 25.

$S_{ut} = 568 \text{ MPa} = 82,4 \text{ Kpsi}$.

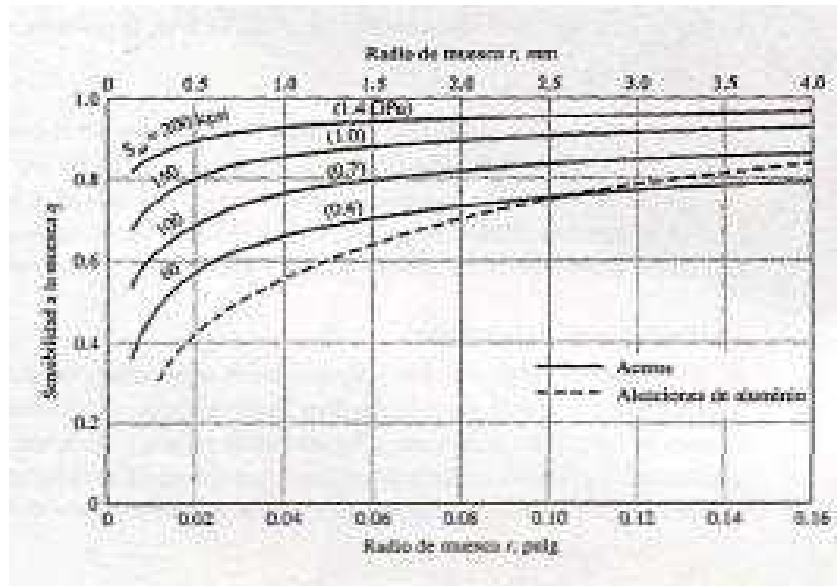
r = Radio de la muesca = 0.5 mm

Se tiene $K_f = 0.65$

Calculándose con el fin de evitar fallas en los elementos mecánicos utilizados, ya que algunos esfuerzos se repiten muchas veces en la mismo elemento. El Límite de resistencia a la fatiga como:

$$S_e = 284 \times 0,84 \times 0,732 \times 0,59 \times 1 \times 0,753 \times 0,65 = 49,22 \text{ MPa}$$

FIGURA N° 25. SENSIBILIDAD A LA ENTALLADURA



FUENTE: HORI ASANO; ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE MAQUINAS

Calculando el factor de seguridad:

$$= y / S_e \quad \text{Ec. (3.7.3.24)}$$

$$= 400 / 49,22 = 8,12$$

Por lo que se tiene un factor de seguridad mayor que 8. Por lo tanto está bien seleccionado el diámetro de 4".para el tornillo extrusor,

3.7.4. Diseño de la chaveta

Para montar la flecha al reductor, es necesario el acople mediante una chaveta, debido a que el sistema motriz es de tipo pendular, el chavetero en el agujero de este ya viene dimensionado de fábrica, por lo cual las medidas de alto y ancho deberán ser las mismas, en esta caso la única variable a calcular es el largo de este elemento.

El par a transmitirse es alto debido a la potencia del motor, por lo tanto, el material de la chaveta debe ser más blando que el de la flecha de tornillo, para que en caso de sobrecarga, este elemento funcione a manera de fusible mecánico y de esta manera no se afecte al sistema.

Con el torque en la zona de la chaveta calculado mediante la expresión.

$$F_t = T_{ch} / r_t \quad \text{Ec. (3.7.4.25)}$$

Se calcula la fuerza cortante en la tangente de la flecha del tornillo, siendo:

F_t : fuerza en la superficie del tornillo. = 3.4 KN.

T_{ch} : es el torque en la zona de la chaveta, = 759 N.m

r_t : es el radio del tornillo en la zona de acople con el reductor.

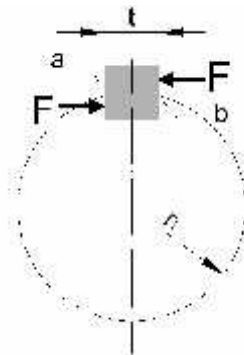
Mediante la teoría de la energía de distorsión, la resistencia al cortante corresponde para acero AISI 1010.

con resistencia de fluencia al corte de $S_{ych} = 180 \text{ MPa}$.

$S_{sych} = 0.577 S_{ych} = 0,577 \times 180 \text{ MPa} = 103,86 \text{ MPa}$.

Las fuerzas que actúan sobre la chaveta debido al par a transmitir.

FIGURA N° 26. FUERZAS QUE ACTUAN SOBRE LA CHAVETA.



Fuente: elaboración propia, con referencia a FAIRES.

La falla por cortante a lo largo del área ab , crea un esfuerzo cortante, con lo cual se puede calcular el largo de la chaveta en función de un factor de seguridad propuesto.

$$L_{ch} = F_t \times F_{Sch} / t_{ch} \times S_{sych}$$

Siendo:

L_{ch} : Longitud de la chaveta al corte,

t_{ch} : Ancho de la chaveta = 14 mm.

F_{Sch} : factor de Seguridad de la chaveta = 4

$$L_{ch} = 3,4 \text{ KN} \times 4 / 14 \text{ mm} \times 103,86 \text{ MPa} = 9,3 \text{ mm}$$

Por lo que se considera $L_{ch} = 10 \text{ mm}$

Para resistir el aplastamiento se usa el área de la mitad de la cara de la chaveta, así:

$$L_{cha} = 2 F_t \cdot F_{Sch} / t_{ch} \cdot S_{ych}$$

$$L_{cha} = 2 \times 3,4 \cdot \text{KN} \times 4 / 14 \text{ mm} \times 180 \text{ MPa} = 10,8 \text{ mm}$$

Considerando una Longitud que satisfice los requerimientos del diseño. Tanto al corte como al aplastamiento.

Una longitud de 50 mm.

3.7.5. DISEÑO DE LAS CAMISAS

El método del diseño de la camisa se desarrollará asumiendo que la presión de trabajo de extrusión va a ser la presión interna de un cilindro de pared gruesa ya que la relación espesor de la pared respecto al radio es mayor a $1/20$ ¹¹.

Para ello se asumirá que la presión interna será la presión máxima de trabajo en cada uno de los elementos, debido a que los cilindros son intercambiables por objeto de prueba.

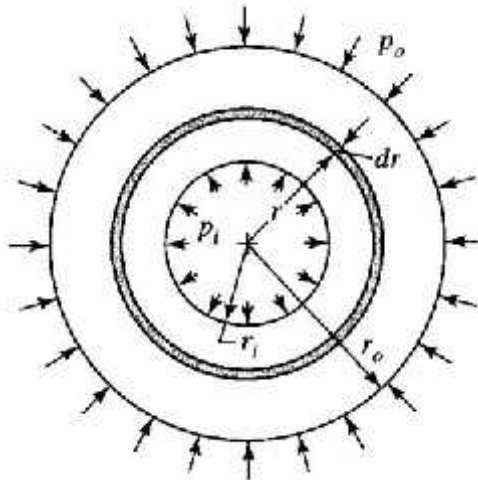
¹¹SHIGLEY, MISCHKE, Diseño en ingeniería mecánica, p. 134

En los recipientes cilíndricos de conducción de fluidos a altas presiones, se desarrollan esfuerzos radiales y tangenciales, con magnitudes que dependen del radio del elemento.

Al determinar el esfuerzo radial r y el esfuerzo tangencial t , se supone que la elongación longitudinal es constante alrededor de la circunferencia del cilindro.

Con referencia a la figura 27, el radio interior del cilindro se designa por r_i , el radio exterior por r_o , la presión interna por p_i y la presión externa por p_o . Entonces se prueban que los esfuerzos tangencial y radial existen, y que sus magnitudes son:

FIGURA N° 27. CILINDRO SOMETIDO A PRESION INTERNA Y EXTERNA.



FUENTE; SHIGLEY, MISCHKE, Diseño en ingeniería mecánica, p. 134.

$$t = p_i \cdot r_i^2 - p_o \cdot r_o^2 + r_i^2 \cdot r_o^2 (p_o - p_i) / r_i^2 / r_o^2 - r_i^2 \quad \text{Ec. (3.7.5.26)}$$

$$r = p_i \cdot r_i^2 - p_o \cdot r_o^2 + r_i^2 \cdot r_o^2 (p_o - p_i) / r_i^2 / r_o^2 - r_i^2$$

En el presente caso la presión externa es igual a la presión atmosférica, por lo cual se da el caso especial de que $p_o=0$, dando como resultado:

$$t = p_i \cdot r_i^2 (1 + r_o^2 / r_i^2) / r_o^2 - r_i^2 \quad \text{Ec. (3.7.5.27)}$$

$$r = p_i \cdot r_i^2 (1 - r_o^2 / r_i^2) / r_o^2 - r_i^2$$

Con los valores de:

Pi = presión interna en la camisa = 23 MPa.

ri = radio interior de la camisa = 33,5 mm

e = espesor de la camisa = 16 mm = 5/8"

ro = radio exterior = ri + e = 49,5 mm

Luego:

$$t = 23 \text{ MPa} \times 33,5^2 \text{ mm}^2 (1 + 49,5^2 / 33,5^2) / 49,5^2 - 33,5^2 \text{ mm}^2 = 61,9 \text{ MPa.}$$

$$r = 23 \text{ MPa} \times 33,5^2 \text{ mm}^2 (1 - 49,5^2 / 33,5^2) / 49,5^2 - 33,5^2 \text{ mm}^2 = -23 \text{ MPa.}$$

Como es usual, los valores positivos indican tensión y los negativos compresión.

Se debe considerar que existen esfuerzos longitudinales si cuando el propio recipiente a presión toma las reacciones en los extremos debidas a la presión interna. Este esfuerzo resulta ser:

$$l = \pi \times r_i^2 / r_o^2 - r_i^2 \quad \text{Ec. (3.7.5.28)}$$

Reemplazando valores, se obtiene:

$$l = 23 \text{ MPa} \times 33,5^2 \text{ mm}^2 / (49,5^2 - 33,5^2) \text{ mm}^2 = 19,4 \text{ MPa.}$$

Debido a que el flujo en el interior del barril es constante, el análisis a fatiga no es requerido, por lo tanto, solo se calculará el factor de seguridad, en base a la teoría de máxima energía de distorsión, calculando el esfuerzo equivalente máximo.

$$\sigma' = (t^2 + r^2 + l^2 - t \cdot r - l \cdot r - l \cdot t)^{1/2} =$$

$$\sigma' = (61,9^2 + (-23)^2 + 19,4^2 - 61,9 \times (-23) - (19,4 \times (-23)) - 19,4 \times 61,9)^{1/2} = 60 \text{ MPa.}$$

Material de la camisa acero SKF 280, con, resistencia a la fluencia Syc= 440MPa.

Para calcular el factor de seguridad se utiliza la siguiente expresión.

$$FSc = Syc / \sigma' = 440 / 60 = 7,3 \quad \text{Ec. (3.7.5.29)}$$

Por lo que se puede decir que hay seguridad.

3.7.6. DISEÑO DEL DADO

El dado al ser un cilindro que tiene presión interna semejante a la de las camisas tiene un diseño similar a estas.

Igualmente se considera un cilindro de pared gruesa debido a que la relación entre su radio interno y el espesor de la pared es mayor a 1/20. Por lo tanto, para el diseño de la resistencia del dado se utilizará los mismos pasos de cálculo correspondientes al análisis de las camisas.

Obteniéndose los resultados siguientes:

TABLA N° 13. SULTADOS PARA DISEÑO DEL DADO.

DADO		Material: Acero AISI 1045	
Resistencia a la fluencia		313 MPa	

Símbolo	Variable	Valor	Unidad
DISEÑO DEL DADO			
ed	Espesor del dado	6.00	mm
r _{intd}	Radio interno del dado	10.00	mm
P _{int}	Presión interna en el dado	23.00	MPa
td	Esfuerzo tangencial	52.49	MPa
rd	Esfuerzo radial	23.00	MPa
lr	Esfuerzo longitudinal	14.74	MPa
'	Esfuerzo equivalente en sección crítica	68.10	MPa
FS _d	Factor de seguridad en sección crítica	4.60	

Fuente: Elaboración propia OBTENIDA de los resultados

3.7.7. DISEÑO DE JUNTAS ROSCADAS DE LAS CAMISAS Y EL DADO

La máquina extrusora a diseñarse tiene una configuración de juntas roscadas con el fin de intercambiar sus camisas para objetos de prueba de operación y además poder realizar el mantenimiento del tornillo.

Debido a la presión existente en el interior del extrusor, las juntas roscadas están sometidas a dos tipos de esfuerzo: esfuerzo de corte y esfuerzo de aplastamiento.

3.7.7.1. Esfuerzo cortante en los sujetadores roscados

Un modo de falla posible por cortante implica que las roscas, ya sea del macho o de la hembra, se barran. Debido a que el macho y la hembra son del mismo material, el conjunto se llega a barrer a lo largo del diámetro de paso, debiendo suponer algún grado de compartición de carga entre roscas, a fin de calcular un esfuerzo.

Un procedimiento para materiales dúctiles es considerar que al existir falla completa, se requiere que se barran todas las roscas, es decir, suelen considerarse compartiendo la carga por igual; esto permite que fluyan cada una de las roscas conforme el conjunto empieza a fallar. El área cortante de barrido **Asm** para una rosca de tornillo, es el área del cilindro de su diámetro menor Dr.

$$A_{sm} = \pi \cdot D_r \cdot w_i \cdot P_r \quad E_c \quad (3.7.7.1.30)$$

wi : es el factor que define el porcentaje del paso ocupado por metal en el diámetro menor, dado por tabla 14.

pr : es el paso del sujetador roscado.= 3 mm

Dr : diámetro de raíz del sujetador = 84,32 mm

TABLA N°14. FACTORES DE AREA DE CORTANTE DE TIPOS DE ROSCA.

TIPO DE ROSCA	w_i (menor)	w_o (mayor)
UNS/ISO	0.80	0.88
Square	0.50	0.50
AGME	0.77	0.63
Buttress	0.90	0.83

Fuente: (NORTON, Diseño de máquinas, p. 907)

En el caso de la rosca hembra, que se barre en su diámetro mayor D , el área del cortante A_{sh} , de una rosca de tornillo es:

$$A_{sh} = \pi D w_o P \quad E_c \quad (3.7.7.1.31)$$

w_o = es el factor que define el porcentaje del paso ocupado por metal en el diámetro mayor, dado en la tabla 14.

D : diámetro mayor del sujetador. = 88 mm.

Dónde:

$$A_{sm} = \pi 84,32 \text{ mm} \times 0,8 \times 3 \text{ mm} = 635,4 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh} = \pi 88 \text{ mm} \times 0,88 \times 3 \text{ mm} = 729,5 \text{ mm}^2$$

La fuerza de corte de la rosca F_r , estará dada por la presión de trabajo del extrusor aplicada en la zona del dado, es decir:

$$F_r = \pi /4 (D_t^2 - D_d^2) p_i = 3,14 /4 (100^2 - 88^2) \text{ mm}^2 \times 23 \text{ MPa.} = 40,7 \text{ KN}$$

El esfuerzo cortante para el barrido de roscas s se determina a partir de:

$$s = F_r / A_{sh} = 40,7 \times 10^3 \text{ N} / 729,5 \text{ mm}^2 = 55,8 \text{ MPa.}$$

Con el esfuerzo cortante se calcula el factor de seguridad a cortante para los sujetadores roscados, cabe recalcar que para la resistencia de las juntas se debe considerar el material en el cual estas han sido maquinadas.

$$FS_{src} = S_{sysr} / s = 0,577 \times 313 \text{ MPa} / 55,8 \text{ MPa} = 3,22$$

Se tiene un buen factor de seguridad.

3.7.8. DISEÑO DE LA TOLVA

La tolva es el componente del extrusor de diseño más simple, es el lugar donde se almacena el material a procesar. El material debe ser el suficiente para que se tenga una alimentación constante al sistema y este se mantenga trabajando de manera ininterrumpida.



FUENTE: ELABORACION PROPIA.CON REFERENCIA DISEÑO DE SILOS.

Para un buen funcionamiento de la tolva se toma como regla general que la garganta de alimentación debe tener un diámetro igual al diámetro nominal del husillo. La altura total de la tolva dependerá del material que se quiera almacenar y a que intervalo se quiere estar llenando nuevamente.

3.8. DISEÑO DEL BASTIDOR

Para el diseño del bastidor, se usará un software de análisis estructural, SAP 2000, el cual se encargará de simular en base a un diseño preliminar, el estado de carga del bastidor de la máquina, esto a fin de elegir los elementos estructurales respectivos, la estructura que soporta a la máquina no es un parámetro determinante en el funcionamiento de la misma.

El análisis estructural del bastidor se muestra en el ANEXO 09.

CAPITULO IV

4. PROPUESTA DE LA INVESTIGACION.

4.1 Breve descripción de la máquina

La máquina de extracción de aceite chonta, básicamente es una bomba que consiste en un tornillo que eleva presión interna contra las camisas que lo envuelven. Las semillas aparte de tener gran presión, necesitan de elevación de temperatura para poder ser extrusado y así drenar el aceite contenido dentro de sus moléculas.

En el presente esquema se presentan las partes que conforman la máquina extrusora.

FIGURA N° 29 PARTES CONFORMANTES DE LA EXTRUSORA.

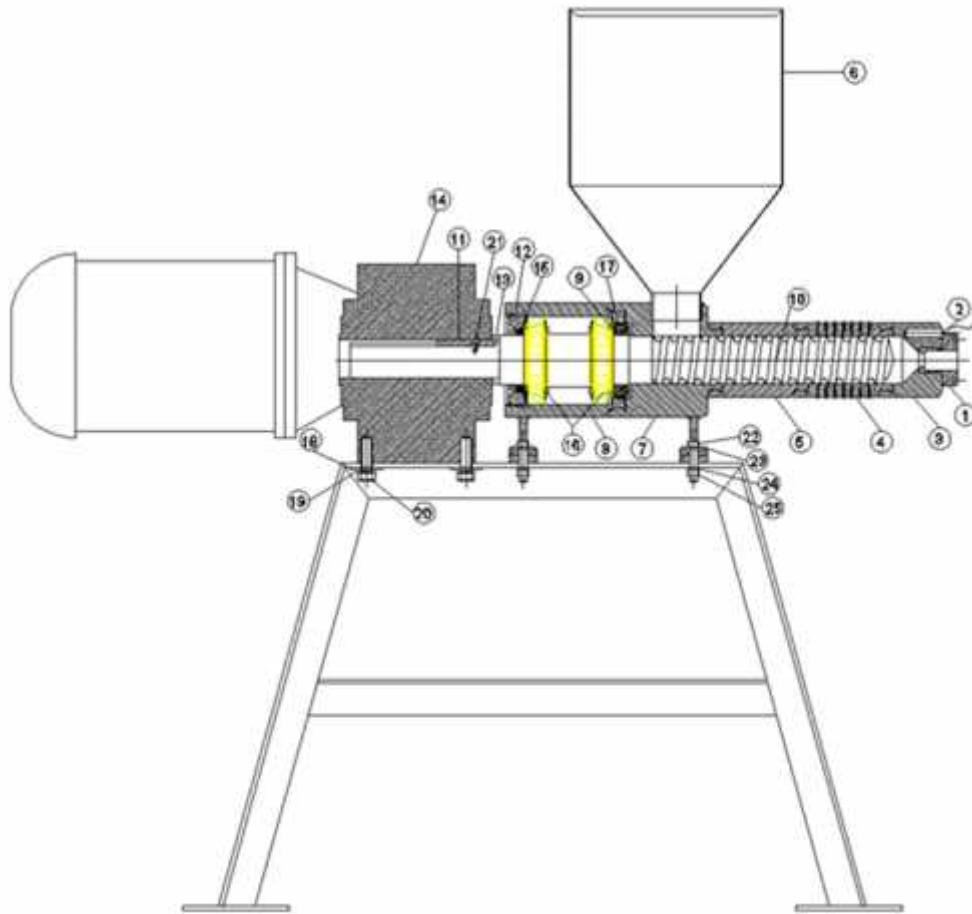


TABLA N° 15. NOMENCLATURA DE LOS ELEMENTOS.

27	3	Prisionero m6 cabeza perdida	PR-EX-06
26	2	Prisionero m10 cabeza perdida	PR-EX-10
25	4	Tuerca hexagonal M12	TH-EX-01
24	4	Arandela de presión 12R	AP-EX-12
23	4	Arandela plana 12R	AA-EX-12
22	4	Perno m12-UNC-G 8.8	M12-EX-02
21	1	Perno m6-UNF cabeza hueca	M6-EX-01
20	4	Perno m16-UNC-G 8.8	M16-EX-01
19	4	Arandela de presión 16R	AP-EX-16
18	4	Arandela plana 16R	AA-EX-16
17	2	Retenedor tipo "O" ring	RO-EX-01
16	2	Rodamientos cónicos	RC-EX-01
15	1	Retenedor	RE-EX-01
14	1	Motorreductor 15 HP	MR-EX-01
13	1	Anillo de chaveta	ACH-EX-01
12	1	Tapa de ajuste rodamientos	TR-EX-01
11	1	Chaveta	CH-EX-01
10	1	Tornillo extrusor	TE-EX-01
9	1	Arandela retenedores	AR-EX-01
8	1	Alojamiento de rodamientos	CR-EX-02
7	1	Camisa zona de alimentación	CA-EX-01
6	1	Tolva de alimentación	TA-EX-01
5	1	Camisa sin agujeros	CS-EX-01
4	1	Camisa con agujeros	CC-EX-01
3	1	Portadado	PD-EX-01
2	3	Resistencia eléctrica 400 w	RE-EX-01
1	1	Dado	DA-EX-01
ORDEN	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO

Fuente : Elaboración propia.

Como se puede apreciar, todos los elementos de la máquina son desmontables, lo cual facilita el montaje, la operación y la detección de posibles problemas que se puedan encontrar en plena operación.

A) Riesgos

La máquina extrusora presenta los siguientes riesgos que pueden afectar al operador de la misma:

Riesgo eléctrico

Debido a que el motor es eléctrico, puede haber riesgo de descarga en caso de tener una mala conexión ya sea en el montaje de la máquina o en la instalación que alimenta de energía a la misma. Por lo tanto se debe ser cauteloso en revisar que todas las instalaciones estén bien conectadas.

Riesgo de quemaduras

Debido a que en la zona del dado la temperatura se eleva a aproximadamente 200 C, es necesario procurar que el operador sea capacitado y guarde cuidado en el funcionamiento de la máquina.

Riesgo de impacto

Debido a que la máquina es desmontable, existe la posibilidad de caída de los elementos, por lo cual se deberá ser muy cuidadoso en estas actividades.

Riesgos tóxicos

Debido a que se comprime en el interior del tornillo está sometido a calor, la máquina desprende gases por la parte del dado, los cuales pueden ser nocivos al operador. Por los antecedentes antes descritos se recomienda que el operador utilice los siguientes implementos de seguridad:

Mascarilla

Overol

Guantes

Botas de seguridad.

B) Instalación

La máquina extrusora debe ser instalada en un lugar con los siguientes requerimientos:

Piso

El piso en el cual se va a situar la máquina debe ser nivelado a fin de que en la operación no se pueda dar el caso de cabeceo por parte del tornillo dentro de las camisas que lo contienen.

Cada una de las patas debe disponer de 4 pernos M12 para el anclaje al piso, antes de ajustar los pernos se debe verificar nivel tomando como referencia la parte superior del reductor de velocidad. En caso de no poder nivelar bien el bastidor, se sugiere usar calzas en cada pata hasta llegar a una ubicación aceptable.

Energía eléctrica

El lugar donde operará la máquina extrusora deberá estar energizado con corriente trifásica con 220V, la instalación en general deberá tener un interruptor exclusivo para el uso del artefacto, esto a pesar de que en el tablero eléctrico se hallan las protecciones eléctricas debidas.

Ventilación

El lugar donde estará operando la extrusora deberá tener ventilación adecuada debido a la emanación de gases que en gran concentración pueden ser nocivos para el operador. En caso de que el lugar donde se ubique carezca de espacio, se sugiere instalar un sistema de extracción de aire.

C) Procedimiento de operación

El operador para hacer funcionar de una manera correcta la máquina extrusora tiene que seguir el siguiente procedimiento antes de poner en marcha la producción:

I. Revisar que todas las partes estén bien sujetas, es decir, tanto los pernos de sujeción de la máquina al bastidor como las camisas de extrusión deben ajustarse con la herramienta debida.

La máquina al bastidor se acopla mediante 4 pernos M12, los cuales deben ser apretados con una llave de boca o de corona milimétrica #19.

Las camisas de extrusión y el porta dado se ajustan con la llave de cadena que se proporcionará en la máquina.

El dado se ajusta mediante una llave tipo compás, esta llave tiene dos patas, con una muesca en el extremo de cada una, que pivotan en un pin a manera de compás, en caso de no poseer esta llave, el dado tiene un maleteado para hacer el ajuste manualmente. Todos los elementos de la máquina extrusora deben tener rosca derecha, por lo tanto el ajuste se hace en sentido horario.

II. Revisar las conexiones eléctricas de los siguientes elementos: tablero eléctrico, resistencias, motor y línea de energía de suministro.

III. Revisar que no se encuentre ningún objeto en la cavidad de alimentación del expeller, pues en caso de que se introduzca algún material como piedras, clavos, tornillos o similares, causará que el tornillo se trabe y la máquina quedará deshabilitada permanentemente.

D) Mantenimiento

El mantenimiento del sistema es relativamente fácil debido a que no existen elementos complejos en su estructura, para ello se deben realizar las siguientes actividades:

I. Limpiar cada vez que se utilice la máquina evita que en los elementos empiecen a ser afectados por la corrosión.

II. Revisar periódicamente las instalaciones eléctricas, verificando que los cables no se encuentren flojos ya que esto evitará el recalentamiento de los mismos.

III. En el montaje de las camisas es necesario poner una cantidad de lubricante para evitar el contacto directo metal con metal.

IV. Evitar la manipulación excesiva de los cables de las resistencias debido a que estas tienden a cristalizarse por el hecho de la variación de temperatura continua.

4.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El cronograma a realizarse para la construcción de la máquina extrusora tiene las siguientes actividades:

- 1- Tornillo simple
- 2.- Alojamiento de rodamientos
- 3.- Tapa de ajuste de rodamientos
- 4.- Camisa zona de alimentación
- 5.- Camisa de extrusión sin agujeros
- 6.- Camisa de extrusión con agujeros
- 7.- Portadado
- 8.- Dado
- 9.- Anillo de chaveta
- 10.- Arandela retenedora
- 11.-Tolva.

TABLA N°16. Cronograma de actividades para la construcción de la extrusora.

Actividad	Horas																																																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40									
1																																																	
2																																																	
3																																																	
4																																																	
5																																																	
6																																																	
7																																																	
8																																																	
9																																																	
10																																																	
11																																																	

TABLA N°16 Cronograma de actividades para la construcción de la máquina extrusora. (Continuación)

Acti vid	Horas																																														
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80							
1																																															
2																																															
3																																															
4																																															
5																																															
6																																															
7																																															
8																																															
9																																															
10																																															
11																																															

4.3 RECURSOS DE FABRICACIÓN.

En base a los planos de diseño y a los procesos que deben realizarse a los distintos elementos de la extrusora, el presente punto corresponde a todos los recursos necesarios para poder costear la máquina.

4.3.1 MATERIALES

Los elementos de la extrusora serán contruidos con los materiales indicados, debido a que previamente fueron analizados algunos parámetros adicionales a la resistencia tales como la dureza, maquinabilidad y stock.

Ejes

Flecha del tornillo

Debido al diseño y régimen de trabajo de la extrusora, el tornillo debe tener alta resistencia y dureza para poder resistir los elevados esfuerzos torsionales y el desgaste por fricción, por lo tanto el eje es la barra de acero inoxidable calidad 304. Con las siguientes propiedades mecánicas para diámetros comprendidos entre 16 y 100 mm, el cual es el presente caso de diseño, Y se obtuvo un diámetro comercial de 4".

Resistencia a la fluencia: 400 MPa

Resistencia a la ruptura 700 MPa.

Camisa zona de alimentación, alojamiento y tapa de ajuste de rodamientos, portadado y dado

Debido a la forma de diseño de los diferentes componentes a maquinar, estos elementos son de un acero AISI 1045, con los diámetros necesarios. Las propiedades mecánicas de esta barra de acero se presentan a continuación:

Resistencia a la tracción 638 MPa

Resistencia a la fluencia 313 MPa.

Elongación 10% min.

Reducción de área 40% min.

Dureza 220 a 235 HB.

Camisas de extrusión

Para facilitar el maquinado y de esta manera disminuir los costos las camisas son de barra perforada SKF 280 con las siguientes propiedades mecánicas

Resistencia a la tracción: 540 – 608 MPa

Resistencia a la fluencia: 393 - 461 MPa

Elongación, As: 17 % min.

Dureza: 215 HB

Rodamientos

Debido a la gran presión que se ejerce dentro del extrusor, parte de la fuerza se transmite en sentido axial del tornillo hasta llegar a los apoyos (rodamientos) por efecto de acción – reacción.

Con este preámbulo se escogieron rodamientos cónicos a fin de que estos absorban además de la carga radial por el peso del conjunto, la fuerza axial efecto de la presión interna. Los rodamientos cónicos tienen la siguiente especificación:

Capacidades de carga:

Dinámica (C): 157 KN

Estática (Co): 208 KN

Carga límite de fatiga (Pu): 24.5 KN

Velocidad límite: 5300 rpm

Estas características son determinadas para el rodamiento cónico modelo

32214 J2/Q de SKF.

Pernos.

Anclaje de máquina al bastidor

Para el anclaje de la máquina extrusora al bastidor se utilizan pernos M12 UNC, SAE grado 8.8, con una longitud $L = 50$ mm.

Anclaje de motoreductor al bastidor

En el anclaje del motoreductor al bastidor se utilizan pernos M16 UNC, SAE grado 8.8, con una longitud $L = 50$ mm

Anclaje de tablero eléctrico al bastidor

En el anclaje al bastidor de la estructura metálica que soporta al tablero eléctrico, se utilizan pernos M10 UNF, SAE grado 8.8, con una longitud $L=34$ mm.

Prisionero ajuste de chaveta

El prisionero que ajusta la chaveta ubica en el eje del tornillo que se conecta al reductor tiene las siguientes especificaciones: M6 UNF, con cabeza hueca hexagonal y una longitud $L = 13$ mm.

Prisioneros tapa de ajuste de rodamientos

Para graduar el ajuste de los rodamientos y para evitar que la tapa que cumple esta función se desplace en sentido longitudinal se utilizan dos prisioneros con las siguientes especificaciones: M10 UNF, con cabeza hueca hexagonal y una longitud $L = 19$ mm.

Prisioneros para desmontaje de camisas y dado

Para facilitar el desmontaje de las camisas y dado se han acoplado a cada uno de estos un prisionero con las siguientes especificaciones: M6 UNF, con cabeza hueca hexagonal y una longitud $L = 25$ mm.

Soldadura

Para las soldaduras realizadas en el extrusor, el bastidor, estructura para el tablero eléctrico se utilizará electrodos E 6011 el cual tiene 60000 lb/pulg² de resistencia y es utilizado para toda posición con revestimiento rutílico.

Lámina tolva

Para la construcción de la tolva se utilizará una plancha estándar de 9 x 18 pulgadas, de acero negro con un espesor del 0.9 mm.

4.3.2. MANO DE OBRA

Para la posible construcción de la máquina tipo extrusora se necesitará personal técnico capaz de operar maquinas herramientas como: torno paralelo, fresa universal, soldadora eléctrica, dobladora de tubos, cizalladora, además de personal técnico con conocimiento eléctrico.

4.3.3 MAQUINAS HERRAMIENTAS Y EQUIPOS NECESARIOS

MAQUINAS HERRAMIENTAS:

Torno paralelo, con volteo mínimo del 200 mm y distancia entre puntos mínimo de 1 m.

Fresa universal

Soldadora eléctrica de corriente continua.

Dobladora de plancha plana de 1 m de longitud, y espesor de plegado de 6 mm.

Taladro de columna, con porta broca de 5/8"

EQUIPOS:

Taladro de mano

Esmeril

Cierra de arco, Machuelos, Herramienta menores.

CAPITULO V

5. ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

5.1 ANÁLISIS ECONÓMICO

5.1.1 COSTOS DIRECTOS

5.1.1.1 Personal

Tabla N° 17. Pago de personal

Función	Meses	Costo mensual	Valor total
Director	6	390.00	2 340.00
Codirector	6	300.00	1 800.00
Estudiante FIME	6	188.33	1 130.00
Estudiante FIME	6	188.33	1 130.00
Total 1			6 400.00

5.1.1.2 Máquina EXTRUSORA

5.1.1.2.1 Materiales y accesorios

Tabla N°. 18. Costos de materiales y accesorios

No.	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1	Motoreductor 15 HP	1	2.400.00	2.400.00
2	Arrancador suave 15 HP	1	1.250.00	1.250.00
3	Eje acero V945, Ø75 x 770 mm	1	89.05	89.05
4	Eje acero 1045, Ø162 x 355 mm	1	214.71	214.71
5	Eje acero 1045, Ø140 x 32 mm	1	17.75	17.75

Tabla N° 18.Costos de materiales y accesorios (Continuación)

No.	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
6	Barra perforada SKF 280 Ø105 x Ø65 x 290 mm	1	127.67	127.67
7	Eje acero 1045, Ø105 x 92 mm	1	26.29	26.29
8	Eje acero 1045, Ø75 x 58 mm	1	6.87	6.87
9	Eje acero 1045, Ø68 x 10 mm	1	1.43	1.43
10	Fundición gris, Ø68 x 30 mm	1	6.25	6.25
11	Lámina tol negro e=0.90 mm	Global		15.00
12	Rodamientos SKF 32214 J2/Q	2	45.35	90.37
13	“O” rings, Ø105 x Ø105 mm	2	3.75	7.50
14	Retenedor de caucho, Ø90 x Ø70 x 10 mm	1	11.80	11.80
15	Ángulo 2”, longitud 6 m	2	22.70	45.40
16	Tablero eléctrico, 40x30x20 cm	1	27.50	27.50
17	Braker 3 líneas 30 A	1	32.70	32.70
18	Luces piloto	2	1.85	3.70
19	Pulsadores	2	2.30	4.60
20	Cable sucre	Global		8.90
21	Cable AWG 16	Global		2.80
22	Resistencias tipo cartucho, 220V, potencia 400w, Ø1/2” x 50mm	3	20.02	60.06

Tabla N° 18. Costos de materiales y accesorios (Continuación)

No.	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
23	Cable AWG 12	Global		3.20
24	Interruptor	1	4.30	4.30
25	Pernos m16, UNC, G8.8, L=50 mm	4	1.60	6.40
26	Pernos m12, UNC, G8.8, L=50 mm	4	0.80	3.20
27	Pernos m10, UNF, G8.8, L=34 mm	4	0.30	1.20
28	Prisionero m10, UNF, L=19 mm	2	0.27	0.54
29	Prisionero m6, UNF, L=13 mm	1	0.18	0.18
30	Prisionero m6, UNF, L=25 mm	3	0.24	0.72
31	Material menudo (Tuercas, arandelas planas, arandelas de presión)	Global		5.50
Subtotal				4.475.59
IGV 18%				805.60
Total 2				5.281.19

5.1.1.2.2 Trabajos / Mano de obra

Tabla N° 19. Costos de mano de obra

No.	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1	Trabajo tornillo extrusor en torno	1	700.00	700.00
2	Trabajo camisas de extrusión en torno	2	250.00	500.00
3	6.1.1.2.3 Perforaciones en camisa de extrusión	1	80.00	80.00
4	Construcción alojamiento de rodamientos	1	400.00	400.00
5	Construcción zona de alimentación	1	350.00	350.00
6	Tapa de ajuste de rodamientos	1	800.00	80.00
7	Construcción portadado	1	150.00	150.0
8	Construcción dado	1	100.00	100.00
9	Construcción patas de máquina	2	60.00	120.00
10	Construcción bastidor	1	150.00	150.00
11	Construcción tolva de alimentación	1	60.00	60.00
12	Trabajo eléctrico	1	30.00	30.00
Subtotal				2 720.00
IGV 18%				489,60
Total 3				3 209.60

TOTAL COSTOS DIRECTOS (USD)= TOTAL1+TOTAL2+TOTAL3 = \$14 890.79

5.1.2. COSTOS INDIRECTOS

5.1.2.1 Misceláneos

Tabla N° 20. Gastos varios.

Descripción	Valor total
Copias bibliográficas	60.00
Útiles de oficina	150.00
Movilización, fletes	200.00
Subtotal	410.00
IGV 18%	73,80
Total 4	483.80

TOTAL COSTOS INDIRECTOS (USD) \$ 4 8 3 . 8 0

5.1.3 RESUMEN DE COSTOS

Tabla N° 21 Resumen de costos

DESCRIPCION	Valor total
Costos directos	14 890.79
Costos indirectos	483.80
Imprevistos	200.00
TOTAL GLOBAL	\$ 15 574.59

El costo de diseño y construcción de la máquina **EXTRUSORA** será de **\$15 574,59**

CAPITULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

1. El diseño y selección de la máquina se logró obtener mediante todo el material consultado, logrando así confrontar teoría y práctica a fin de cumplir el objetivo principal el cual sería extraer aceite vegetal a partir del fruto de chonta.
2. El proceso de extracción de aceite mediante el uso de la máquina extrusora es el más adecuado, debido a que se extrae un porcentaje aceptable de líquido, además que el funcionamiento continuo de este artefacto facilita su operación, en comparación a otras formas de extraer aceites vegetales.
3. En el proceso de extracción de aceite por medio de la extrusora se debe llegar a procesar hasta 30 kg de semilla por hora, la producción planteada de 200 kg/h no fue posible debido a que en los cálculos se asumió factores propios de otras semillas oleaginosas como es el caso de la soya, los cuales no fueron los indicados para el caso particular de la chonta, ya que un mínimo en el cambio de estos factores varían en gran magnitud la viscosidad de la semilla a extraer y esto produce que tanto el caudal, la presión de extrusión y la potencia necesaria en el sistema, varíen de manera abrupta, afectando así el diseño total de la máquina.
4. La velocidad del tornillo influye de manera directa en la capacidad de producción, a mayor velocidad existe mayor producción y viceversa; sin embargo al tener un tornillo con velocidad mayor también se requiere incrementar la temperatura de extrusión alrededor del 10% si el incremento es del doble de la velocidad.
5. La potencia en el proceso de extrusión llega a ser de 6.56 HP, para el cálculo de potencia, se utilizó datos de semillas similares al igual que en el caso de la capacidad de producción, teniendo como resultado un motor de 5 HP, sin embargo estos datos no fueron lo suficientemente adecuados ya que la variabilidad de los datos asumidos influye de manera abrupta en el cálculo de los parámetros.

6. En el desarrollo del presente proyecto se ha puesto en práctica, la enseñanza teórica y práctica, que se ha obtenido durante la formación universitaria, teniendo como principales aplicaciones los conocimientos de diseño de elementos de máquinas, mecánica de fluido, procesos de manufactura, dibujo técnico industrial y mecánica de materiales, entre las más importantes.

6.2 RECOMENDACIONES

1. El uso de máquinas de este tipo puede ayudar al desarrollo de muchas zonas rurales de nuestro país, ya que es una alternativa viable de generación energética, por lo cual es necesario que se siga investigando y aportando ideas al desarrollo de este tipo de tecnologías tanto por instituciones gubernamentales cuanto por la empresa privada.
2. Debido a que el aceite se extrae con una pequeña cantidad de partículas sólidas, se precisa filtrarlo a través de tamices o bombas filtrantes a fin de elevar su calidad.
3. Con los parámetros de velocidad y temperatura dados en el presente proyecto, se pueden extrapolar a fin de poder llegar a mayores capacidades.
4. La inclusión de un variador de frecuencia para poder modificar la velocidad, además de un controlador de temperatura para fijar el calentamiento en la extrusión, son necesarios a fin de poder llegar a un punto de equilibrio entre la capacidad procesada y la temperatura de trabajo, de esta se obtendrá un aceite de calidad.
5. Con el fin de obtener parámetros certeros sobre el comportamiento de la chonta en procesos de extrusión, se debe realizar estudios particulares a esta semilla a fin de poder diseñar máquinas con mayor volumen de producción.
6. Se recomienda fortalecer la enseñanza universitaria, en temas relacionados a la práctica en taller, para tener un criterio técnico profundo en procesos de planificación y construcción de máquinas.

CAPITULO VII

7. BIBLIOGRAFÍA

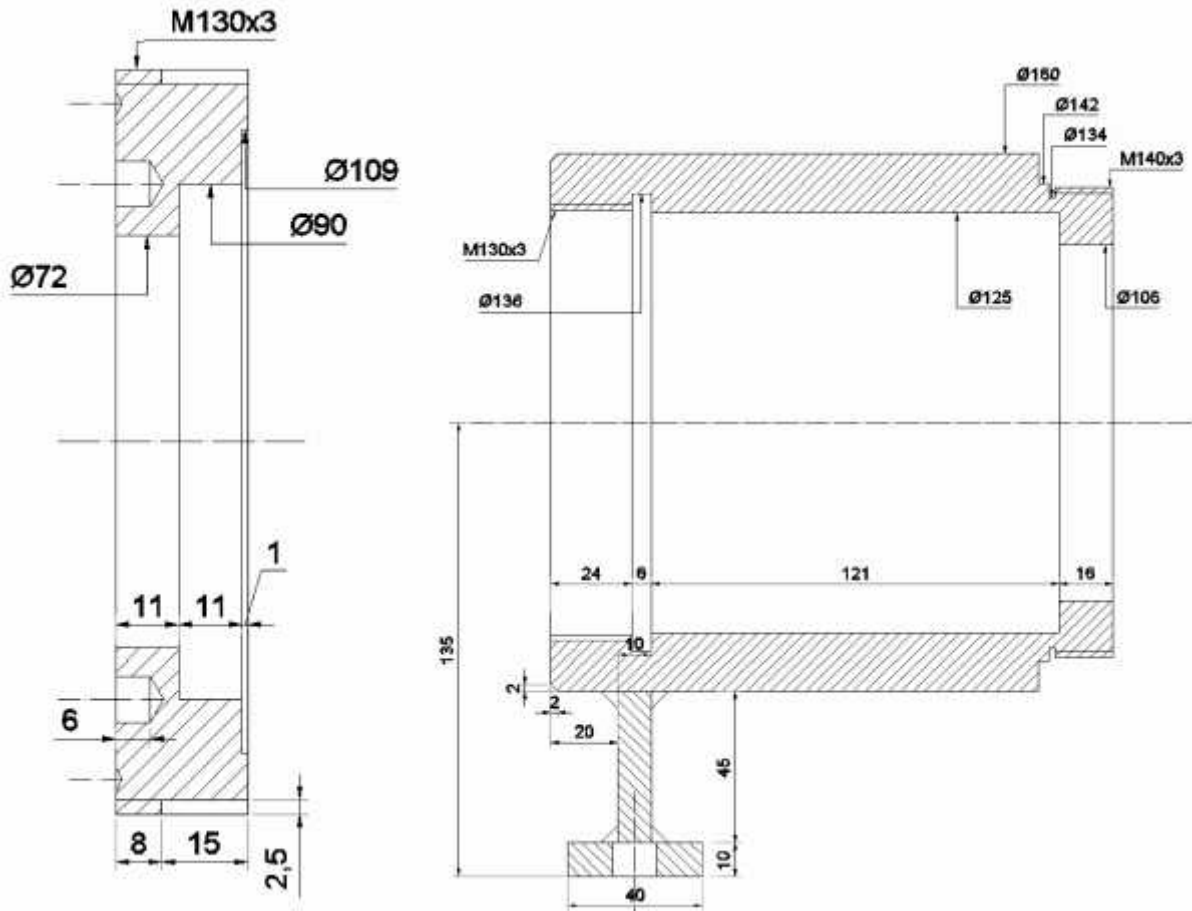
- 1.-BARRERA M.E. Obtención de dos tipos de harina de pijuayo y su posible utilización como sucedánea en panificación. Trabajo de Fin de Carrera, Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana (UNAP), Iquitos, Perú (1985).
- 2.- BAYLE. ALTON. Aceite y grasas industriales. Reverté, s.f. pp 422 – 450
- 3.- CASTRO, Paula. Opciones para la producción y uso del biodiesel en el Perú. Primera ed. Soluciones Prácticas ITDG. 2007. pp 93 – 97
- 4.- GROOVER, Mikell. Fundamentos de manufactura moderna. Primera ed. Prentice Hall. 1196. pp 311 – 320
- 5.- HALL. HOLOWENKO. LAUGHLIN. Diseño de máquinas. McGraw Hill,1971. p.147.
- 6.- I.I.A.P. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Programa de Producción de Palmito Pijuayo. Iquitos - Perú..-
- 7.- KOKINI. TANG HO. KARWE. Food extrusion science and technology.s.e, 1992. pp 140 – 145.
8. - MERCIER, D. LINKO, P. HARPER, JM. Extrusion cooking. s.e, s.f. pp 17 a 38.
- 9.- MINISTERIO DE AGRICULTURA. Programa de Agro exportación de Palmito de Pijuayo (*Bactris gasipaes*). Iquitos- Perú (1997).
- 10.- MORA-URPI,J. Consideraciones sobre la biología, agronomía y economía del pijuayo (*Bactris gasipaes*).Universidad de Costa Rica. Costa Rica (1995).
- 11.- NORTON, Robert. Diseño de máquinas. Primera ed. Prentice Hall. 1999. pp 347 – 350.
- 12.- QUINTANA C. Proyecto de pre-factibilidad de producción y exportación de conservas de palmito. Ed. Universidad de Costa Rica, Costa Rica (1993).

13. - SCHEY, John. Procesos de manufactura. 3ra ed. McGraw Hill. 2002. pp576 – 580.
14. - SHIGLEY, Joseph. MISCHKE, Charles. Diseño en ingeniería mecánica.6ta ed. McGraw Hill. 2002. pp 133 – 135.

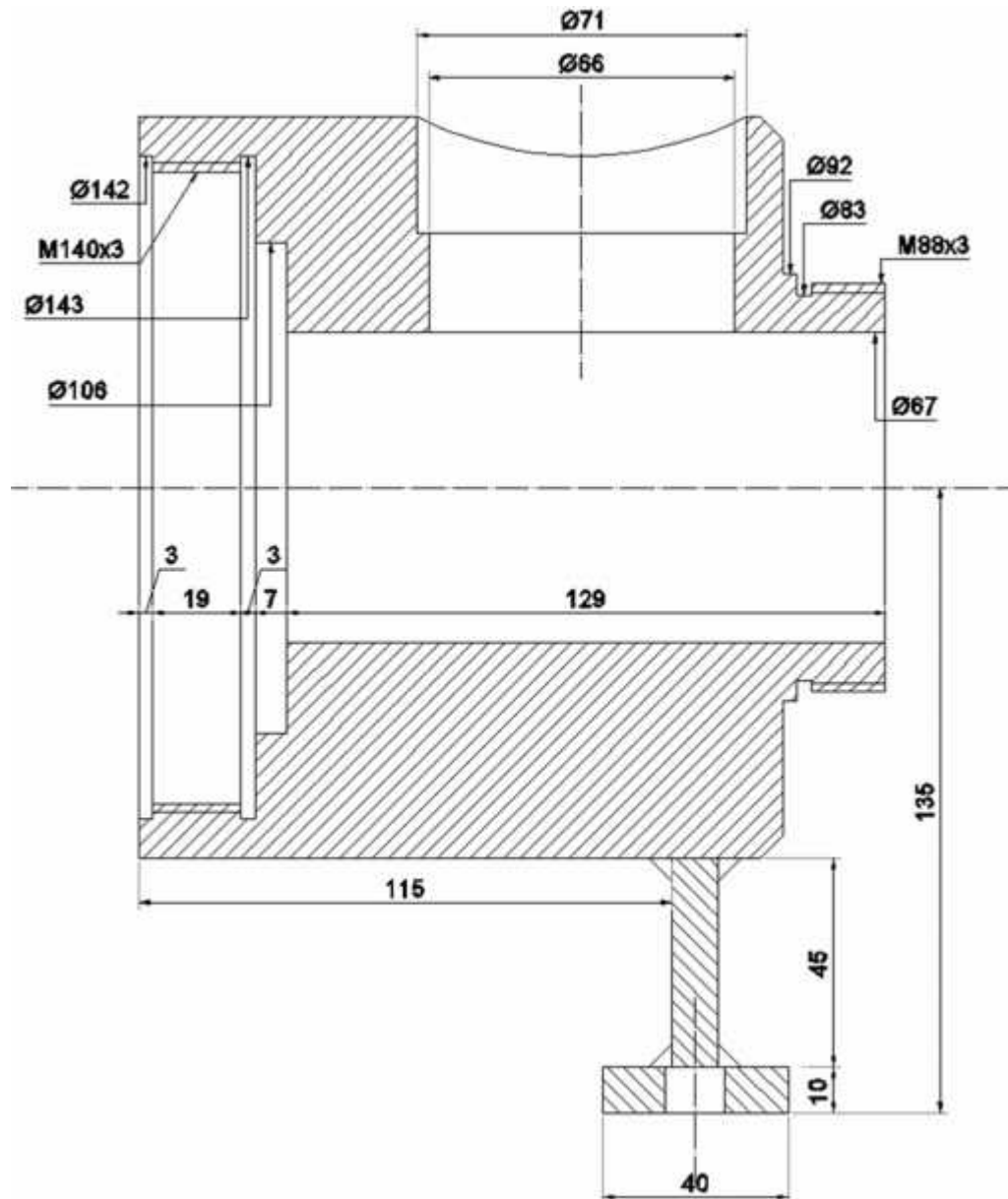
ANEXOS

ANEXO – 01

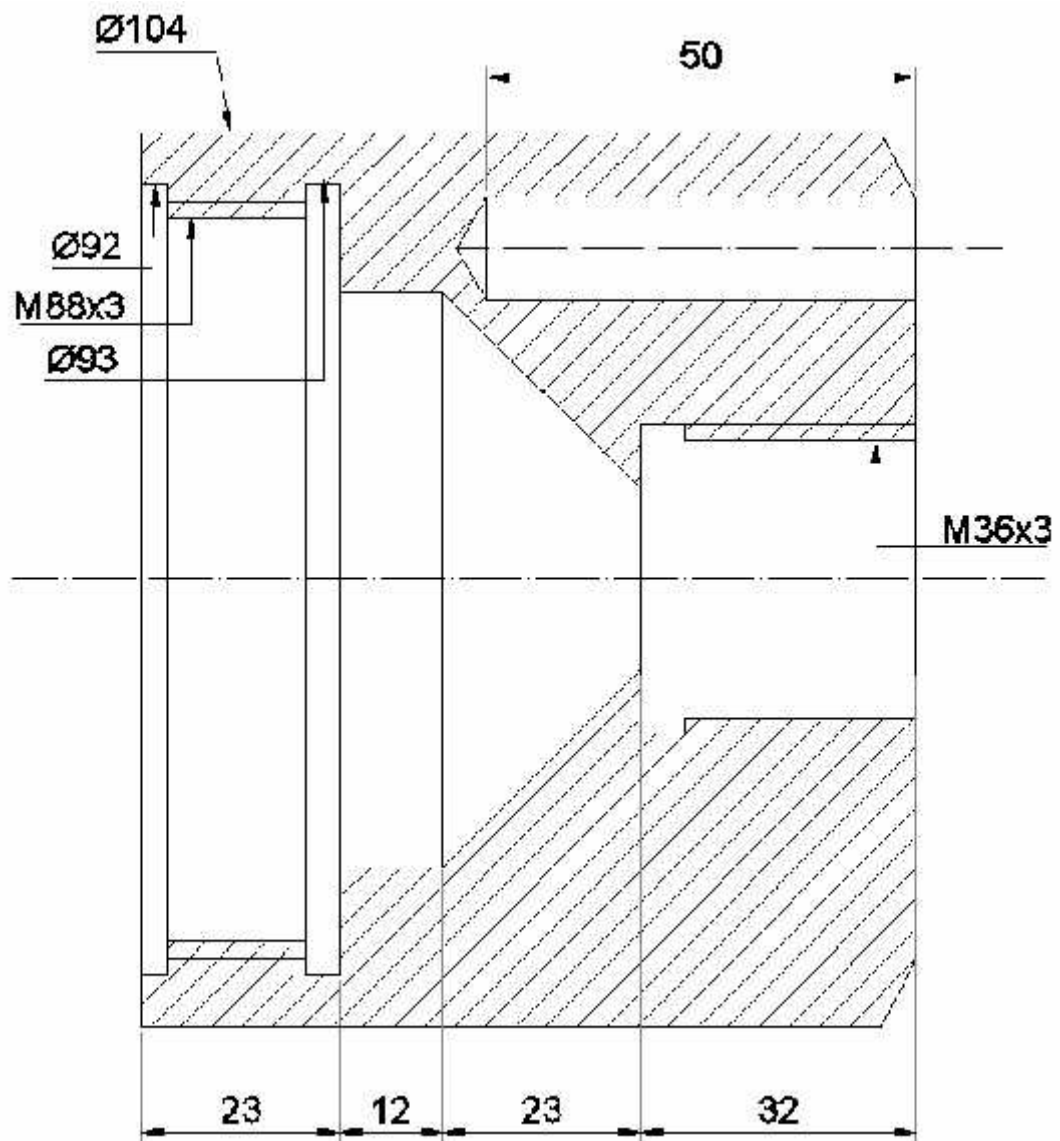
TAPA DE AJUSTE DE RODAMIENTOS. ALOJAMIENTO DE RODAMIENTOS



ANEXO- 03
CAMISA ZONA DE ALIMENTACION

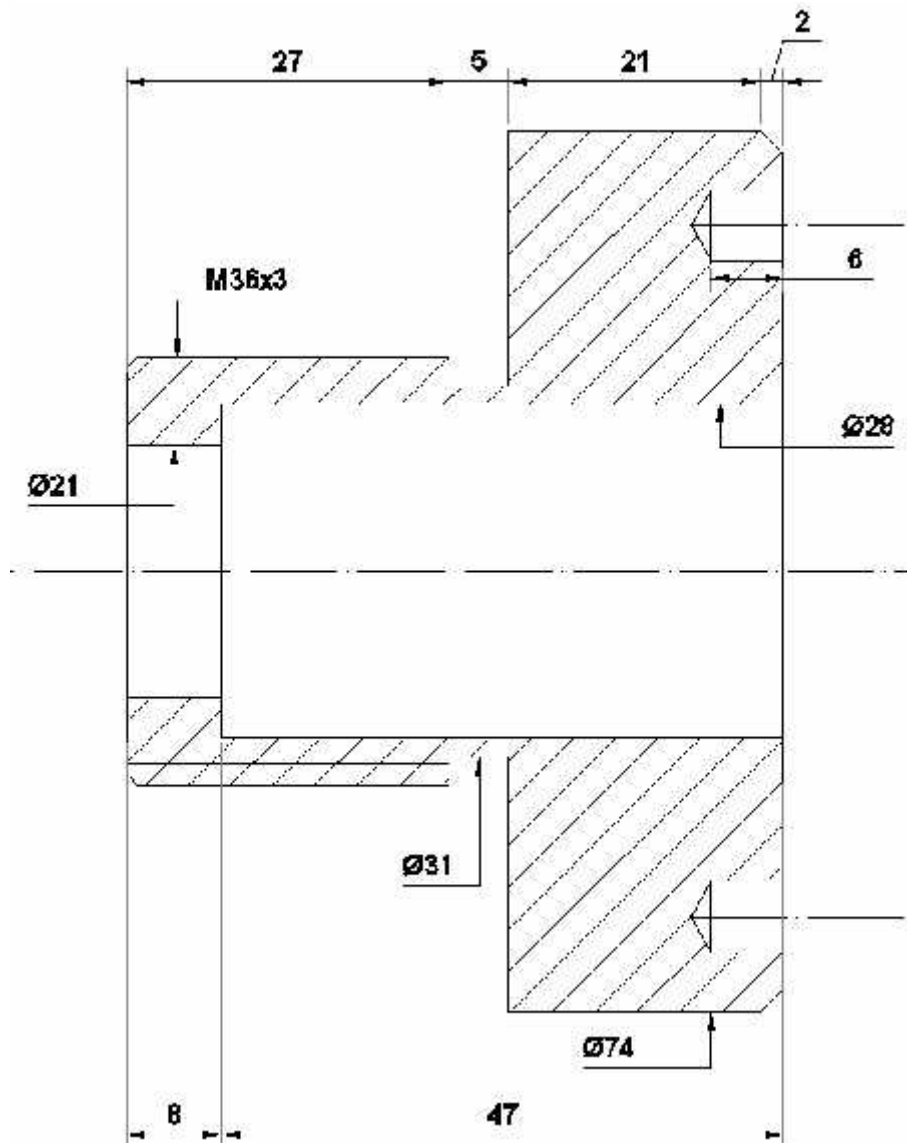


ANEXO- 04
CAMISA DE EXTRUCCION SIN AGUJEROS

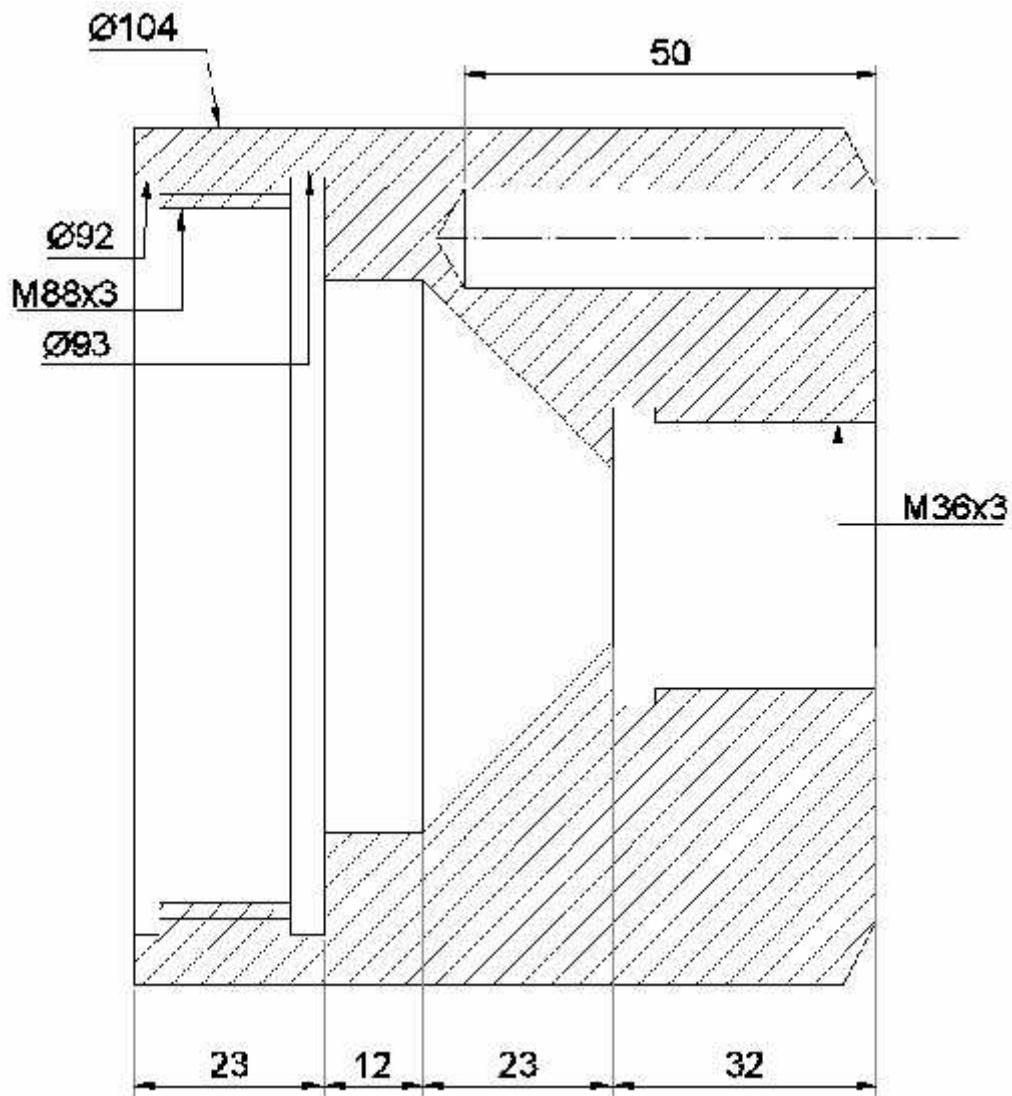


ANEXO- 05

DADO

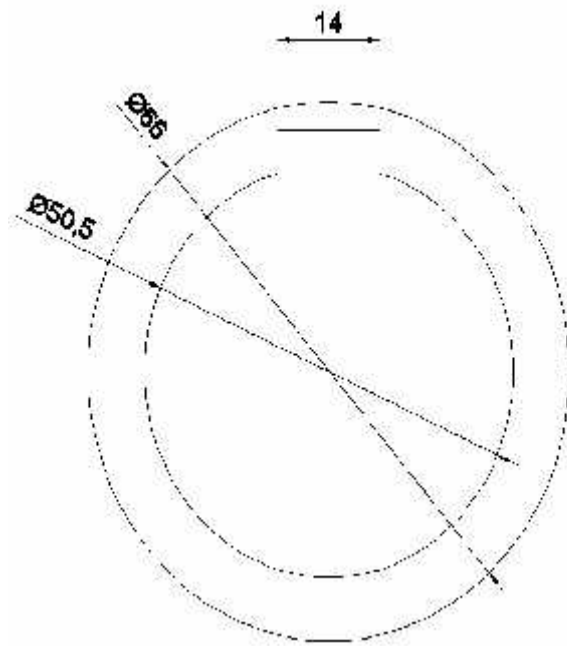


ANEXO- 06
PORTADADO

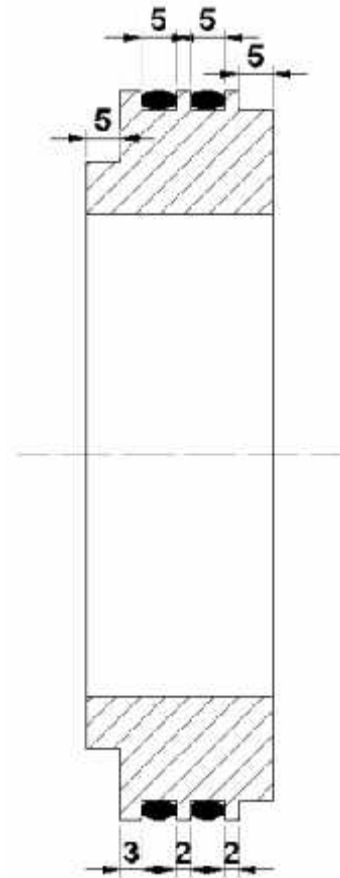


ANEXO- 07

ANILLO DE CHAVETA

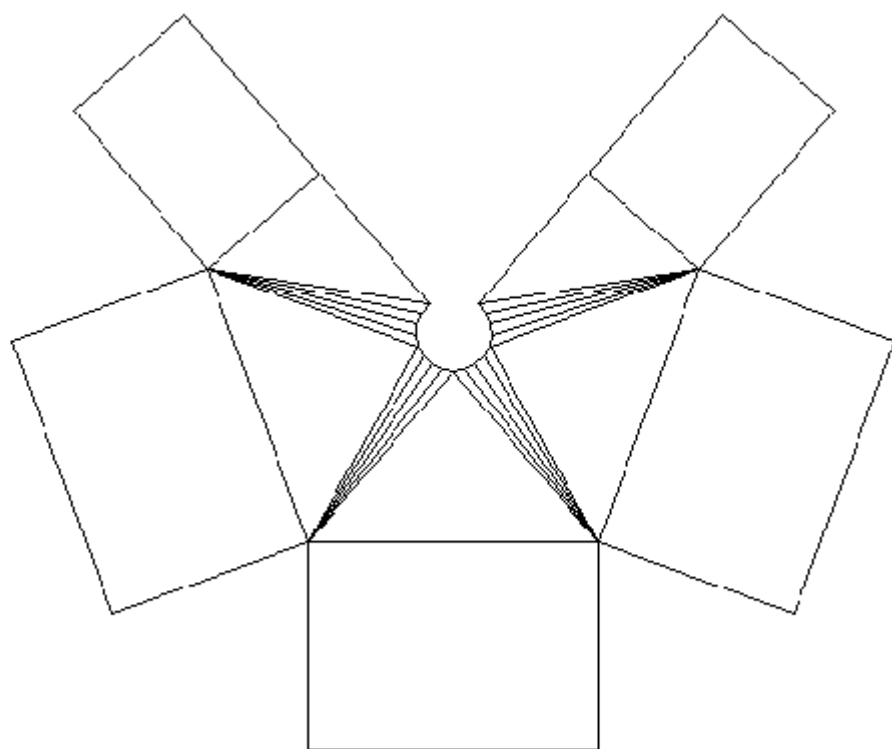
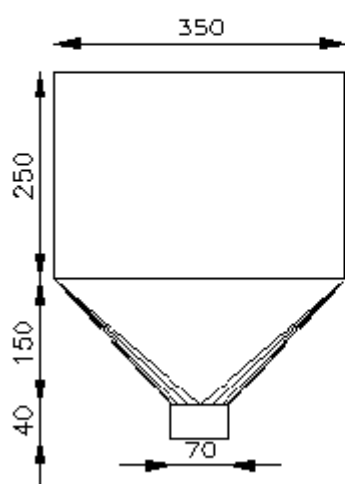


ARANDELA DE RETENEDOR



ANEXO – 08

TOLVA



ANEXO -09
CONSTANCIA DE ENSAYO DE ROTURA EN PRENSA



FACTORIA "ALDYUP"



De: **CÉSAR AUGUSTO ALDANA YUPTON**

**ESPECIALIDAD EN MAQUINADOS DE METALES, SOLDADURA, ESTRUCTURAS METÁLICAS
MUEBLES DE METAL, MADERA Y MELAMINA, SERVICIOS EN GENERAL.**

RUC.10164019841 Av. FCO. PIZARRO 135 MASHUYACU - RIOJA. CEL.976586661

CONSTANCIA

Por la presente el suscrito gerente general de "FACTORIA ALDYUP". Deja constancia.
Que se ha realizado, los ensayos de rotura de los productos vegetales (chonta),
en la prensa hidráulica marca Zetro de 100 TM, de capacidad de propiedad de la factoría.
Durante el cual se ensayaron 30 piezas, se obtuvo solamente 10 de las muestras siendo los
más significativos los siguientes resultados.

Número de Ensayo	Esfuerzo Último en la Chonta σ_u (Psi)
1	80
2	75
3	78
4	83
5	95
6	97
7	100
8	100
9	98
10	100

Características de la prensa hidráulica: CAPACIDAD 100 Tm.

Marca: Zetro : SERIE: 234562-2001-100TM. : Color: verde oscuro.

Por lo que se expide el presente para dar fe, dado en Rioja a los días 15 de Julio del 2017.

Atentamente.

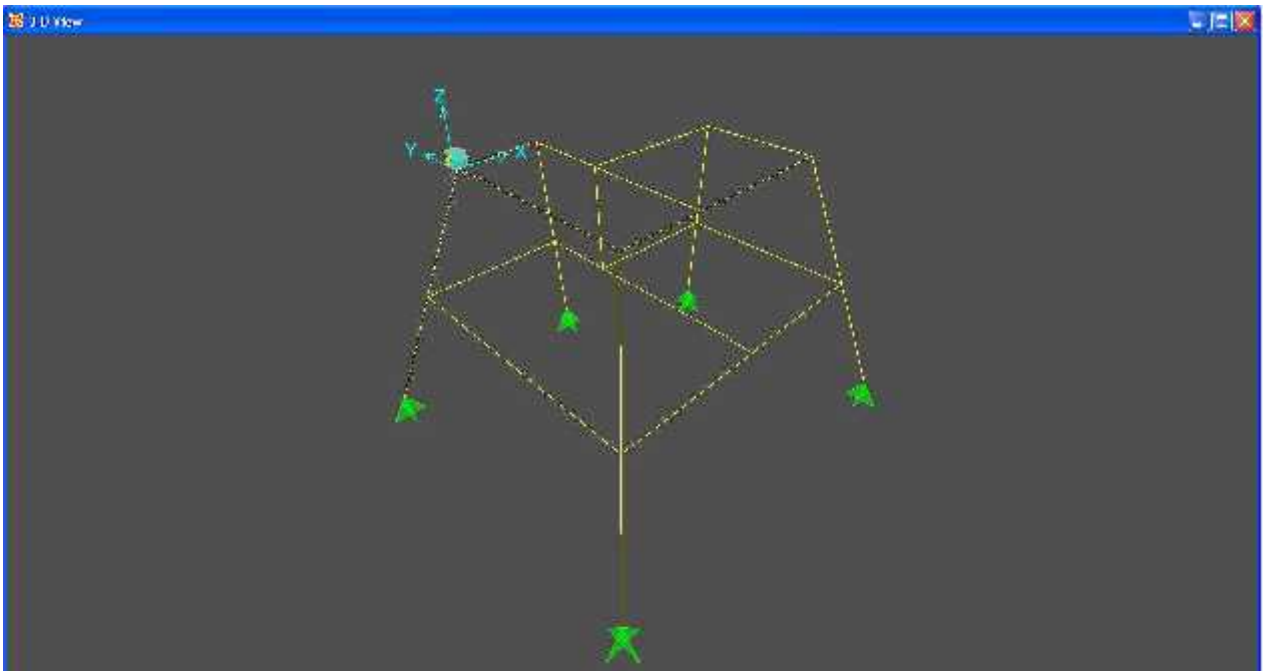

CÉSAR A. ALDANA YUPTON
GERENTE.

ANEXO – 10

DISEÑO DEL BASTIDOR (SAP 2000)

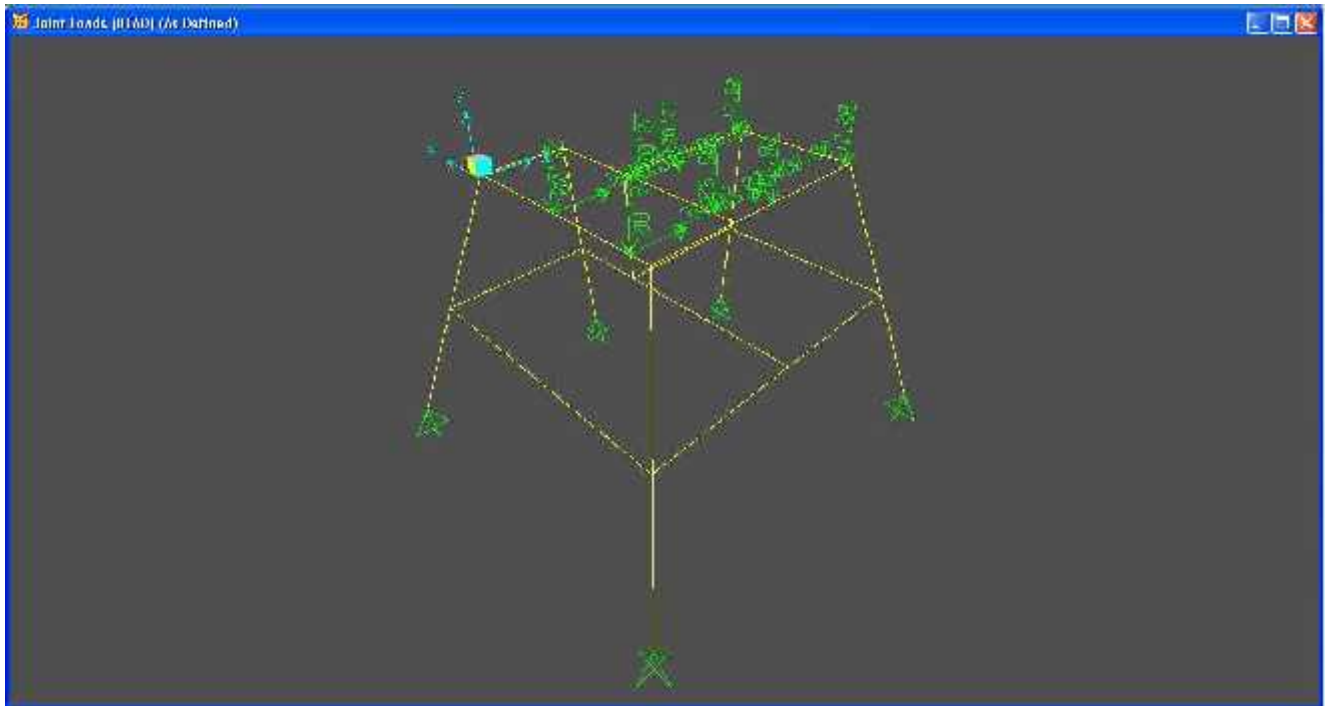
Para el análisis en SAP 2000 se dibujó en estructura alámbrica al bastidor, tomando en cuenta las dimensiones generales del sistema.

- Vista en 3D del bastidor:



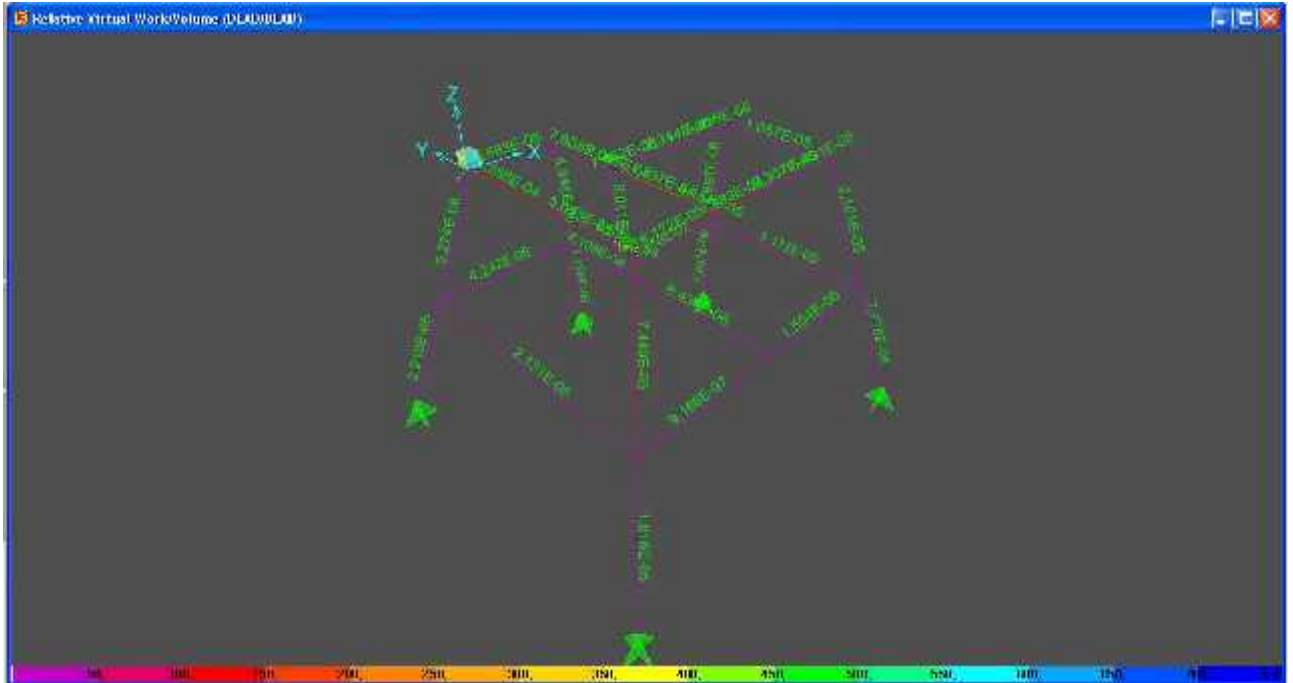
El estado de cargas en el bastidor debido a los pesos tanto del motor cuanto de la máquina, se presenta en la siguiente figura:

- Estado de carga del bastidor.



Con las cargas se procedió a dimensionar los perfiles con los cuales trabajará el bastidor, el perfil es un ángulo de 2" con espesor de 6 mm. En la siguiente figura se muestra la demanda – capacidad de los elementos del bastidor.

- **Gráfica demanda – capacidad del bastidor.**



El estado de cargas en el bastidor con el perfil estructural elegido tiene el comportamiento mostrado en la simulación de deformación.

- Deformación de perfiles en el bastidor:

