

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
ÁREA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE “INGENIERO MECÁNICO”

TEMA:
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLINO PARA LA EXTRACCIÓN DE
ACEITE DE CHONTA (FRUTO DE PALMERAS)

AUTORES:
WILLIAM GIOVANNY QUITIAQUEZ SARZOSA
CARLOS IGNACIO REINA YANQUE

DIRECTOR:
ING. FABIO OBANDO

QUITO – MAYO 2011

Certifico que el presente trabajo, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico ha sido realizado en su totalidad por los señores: William Giovanni Quitiaquez Sarzosa y Carlos Ignacio Reina Yanque.

Los conceptos desarrollados, análisis, cálculos realizados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Atentamente:

ING. Fabio Obando
DIRECTOR DE TESIS

DECLARACIÓN

Nosotros, William Giovanni Quitiaquez Sarzosa y Carlos Ignacio Reina Yanque, declaramos bajo juramento que el trabajo realizado es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en el presente documento.

A través de la presente declaración, cedemos el derecho de propiedad intelectual correspondiente de este trabajo a la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad vigente.

William Giovanni Quitiaquez Sarzosa

Carlos Ignacio Reina Yanque

DEDICATORIA

El presente trabajo es la culminación de una parte exitosa de mi vida, de la cual he sacado mucho provecho, todo esto se lo debo a Dios quien me regaló la vida, a mi madre Susana que con su sacrificio diario me ayudó en todos los momentos difíciles que he tenido en la vida, a mi tío Patricio quién me ayudó en toda mi vida estudiantil, a mi tía Patricia que desde el cielo me guía y me cuida siempre, a mis tíos, abuelitos, quienes con tanto esfuerzo buscaron que salga adelante en cualquier situación, mil gracias a todos, este trabajo junto con mi esfuerzo es por ustedes.

William

El presente trabajo va dedicado principalmente a mis padres quienes con su esfuerzo, cuidados y consejos me supieron encaminar por el camino del bien, ayudándome en todo lo que necesitaba diariamente, en segundo lugar a mis hermanos quienes en momentos difíciles de mi vida me supieron escuchar y en su momento darme algún consejo y a mis amigos y compañeros que compartieron mi vida estudiantil a todos ustedes va dedicado este gran esfuerzo al culminar una etapa de mi vida.

Carlos

AGRADECIMIENTO

Nuestros más sinceros agradecimientos para todos los docentes de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana, quienes con su esfuerzo y conocimientos contribuyeron en una gran parte de nuestra formación profesional e intelectual.

Por confiar en nosotros muchas gracias a la Universidad Politécnica Salesiana, quienes con su apoyo económico nos permitieron culminar exitosamente este proyecto, y de la misma manera retribuimos el gesto recibido, entregando la máquina construida a la fundación Chankuap ubicada en el Oriente Ecuatoriano, esperamos que sea de mucha ayuda para toda la población y que de esta manera puedan generar más ingresos para las personas que lo necesitan.

A la persona que nos guió correctamente en este largo camino de números y metales, el Ing. Patricio Quitiaquez gracias a sus conocimientos y experiencias el trabajo ha finalizado de una manera satisfactoria.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

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

El fruto del chontaduro es un fruto 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 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 Ecuatoriana 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 lo debe tomar muy en cuenta es que la mayor parte de los habitantes de la Amazonía Ecuatoriana 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.

OBJETIVOS

GENERAL:

- Diseñar y construir un molino para la extracción de aceite de chonta.

ESPECÍFICOS:

- Conocer ciertos aspectos relacionados con el fruto llamado chonta, su valor nutritivo y aprovechamiento
- Realizar el diseño de la máquina tomando en cuenta el volumen de producción a conseguir, garantizando el funcionamiento correcto del molino
- Seleccionar los materiales para la construcción del molino de acuerdo a las normas vigentes para el procesamiento de alimentos
- Determinar la producción máxima de aceite de chonta que se puede generar con el implemento del molino, realizando todas las pruebas necesarias

JUSTIFICACIÓN

En la Amazonía Ecuatoriana 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.

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.

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.

Al implementar el molino optimizaremos varios factores como la mano de obra, tiempo, dinero. Con la construcción de esta máquina además de implementar tecnología a la región Amazónica, como valor agregado se obtendrá el título de Ingeniero Mecánico sabiendo que pudimos ayudar aunque sea en un pequeño porcentaje al país en su desarrollo.

ALCANCE

Para la elaboración del molino se necesitarán de doce 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 diseño de planos, la construcción de la máquina, el cálculo respectivo de cada uno de los componentes de la máquina, verificación de la molienda mediante la utilización de chonta, etc.

Para esto se necesitará de un presupuesto de 5.722,04 dólares americanos, se tendrá un recurso económico extra de 4.500 dólares americanos, los cuales son un aporte de la Universidad y se utilizarán para la compra de materiales, el talento humano que se dispondrá es de dos estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana, que actualmente egresaron en la Carrera de Ingeniería Mecánica, que será sin costo alguno.

Tiene un manual de operación y mantenimiento de la máquina, la elaboración de planos tanto de conjunto como de despiece mecánico, además se brinda una breve explicación del beneficio que obtendrá la fundación Chankuap en el Oriente Ecuatoriano al tener al molino en sus instalaciones.

El destino que tiene la máquina es el Oriente ya que no existe maquinaria que brinde las facilidades de extracción que posee la máquina realizada, además de esto se brinda un diseño innovador que permite el fácil entendimiento, manipulación y mantenimiento del molino.

HIPÓTESIS GENERAL

En el mercado ecuatoriano existen diversos prototipos de máquinas para la extracción de aceite. ¿Será factible diseñar y construir un molino exclusivo para la extracción de aceite de chonta (fruto de palmeras)?. Con el fin de facilitar y ayudar al trabajo de la fundación Chankuap situada en la ciudad de Macas y de esta manera brindar mayores ingresos los cuales pueden ser utilizados en obras para la población de Macas que más lo necesite.

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA

CERTIFICACIÓN.....	II
DECLARACIÓN.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	VI
OBJETIVO GENERAL.....	VII
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	VII
JUSTIFICACIÓN.....	VIII
ALCANCE.....	IX
HIPÓTESIS GENERAL.....	X

MARCO TEÓRICO PRÁCTICO

INTRODUCCIÓN.....	1
-------------------	---

CAPÍTULO I

1.1. Generalidades.....	3
1.2. Chontaduro.....	3
1.2.1. Formas.....	5
1.2.2. Ubicación.....	6
1.2.3. Características.....	7
1.2.4. Cultivo.....	8
1.2.5. Usos.....	9

1.2.6. Valor nutritivo.....	10
1.2.6.1. Valor nutricional en 100gr de parte comestible de chonta...	10
1.2.6.2. Porcentaje de cada componente de la chonta.....	11
1.2.7. Otros aprovechamientos.....	12
1.3. Procesos de obtención de los aceites de semillas oleaginosas.....	13
1.3.1. Preparación y acondicionamiento de las diferentes clases de semillas para la extracción.....	13
1.3.2. Extracción mecánica.....	14
1.3.2.1. Secado de semillas.....	15
1.3.2.2. Descascarillado.....	15
1.3.2.3. Separación de las cáscaras.....	15
1.3.3. Separación de sustancias.....	16
1.4. Posibles alternativas de molinos para la extracción del aceite de chonta.....	18
1.4.1. Molienda.....	18
1.4.2. Clasificación de máquinas de reducción de tamaño.....	19
1.4.2.1. Trituradores bastos.....	19
1.4.2.2. Molinos intermedios.....	19
1.4.2.3. Molinos finos.....	19
1.4.3. Molino industrial.....	20
1.4.3.1. Molinos de martillos rotatorios.....	21

1.4.3.2. Molinos de rodillos.....	26
1.4.3.3. Molino de bolas.....	30
1.4.3.4. Molino de tornillo.....	33
1.4.3.5. Molino de discos.....	39
1.4.3.6. Molino combinado.....	42
1.5. Selección de la mejor alternativa.....	43
1.5.1. Características generales de máquinas utilizadas, para reducir el tamaño de frutos.....	43
1.5.1.1. Trituradores o quebrantadores bastos.....	43
1.5.1.2. Molinos intermedios.....	44
1.5.1.3. Molinos finos.....	46
1.5.2. Selección final.....	47
1.6. Estudio de materiales a emplear.....	50
1.6.1. Acero al carbono.....	50
1.6.1.1. Composición.....	50
1.6.1.2. Clases de aceros al carbono.....	50
1.6.1.3. Tratamientos térmicos de los aceros al carbono.....	53
1.6.2. Acero inoxidable.....	54
1.6.2.1. Aplicaciones.....	55
1.6.2.2. Tipos de acero inoxidable.....	55

1.6.2.3. Clasificación del acero inoxidable.....	56
1.6.2.4. Propiedades mecánicas y físicas del acero inoxidable.....	58

CAPÍTULO II

2.1. Generalidades.....	59
2.2. Fases e interacciones del proceso de diseño.....	59
2.3. Cálculo de los elementos que conforman el molino.....	61
2.3.1. Capacidad estimada de la máquina.....	61
2.3.2. Cálculo de los elementos del tornillo extrusor.....	62
2.3.2.1. Ancho del canal del tornillo extrusor.....	62
2.3.2.2. Profundidad del tornillo extrusor.....	63
2.3.2.3. Profundidad promedio del tornillo extrusor.....	63
2.3.2.4. Paso.....	64
2.3.2.5. Longitud del tornillo extrusor.....	64
2.3.2.6. Ángulo de la hélice del tornillo extrusor.....	64
2.3.2.7. Revoluciones de salida.....	65
2.3.2.8. Número de hélices.....	66
2.3.2.9. Parámetros geométricos calculados para el tornillo extrusor...	66
2.3.3. Potencia del motor.....	67
2.3.3.1. Razón de corte.....	68

2.3.3.2. Viscosidad aparente.....	69
2.3.3.3. Viscosidad aparente máxima.....	69
2.3.3.4. Peso promedio de chontas.....	70
2.3.3.5. Flujo volumétrico.....	71
2.3.3.6. Flujo de arrastre.....	73
2.3.3.7. Flujo de presión.....	74
2.3.3.8. Presión.....	76
2.3.3.9. Corrección de los flujos de arrastre Q_D y de presión Q_P	78
2.3.3.10. Flujo de arrastre corregido.....	82
2.3.3.11. Flujo de presión corregido.....	83
2.3.3.12. Flujo total.....	84
2.3.3.13. Potencia en base al flujo.....	84
2.3.3.14. Pérdidas por instalaciones eléctricas.....	86
2.3.3.15. Pérdidas en motores y generadores.....	86
2.3.3.16. Potencia real.....	87
2.3.3.17. Potencia real en Hp.....	88
2.3.3.18. Torque.....	88
2.3.4. Ensayos realizados al fruto.....	90
2.3.4.1. Ensayo de compresión.....	90
2.3.4.2. Ensayo de compresión al fruto chonta.....	93

2.3.5. Cálculo del diámetro del tornillo extrusor.....	95
2.3.5.1. Esfuerzo máximo y mínimo.....	95
2.3.5.2. Área del fruto.....	95
2.3.5.3. Esfuerzo último.....	96
2.3.5.4. Fuerza de ruptura.....	97
2.3.5.5. Carga distribuida total en el tornillo extrusor.....	98
2.3.5.6. Esfuerzo último del acero inoxidable.....	99
2.3.5.7. Área del tornillo extrusor.....	99
2.3.5.8. Diámetro del tornillo extrusor.....	101
2.3.6. Cálculo de las reacciones en el tornillo extrusor.....	102
2.3.6.1. Peso del tornillo extrusor.....	102
2.3.6.2. Diagramas de cargas en el tornillo extrusor.....	104
2.3.6.3. Fuerzas en las cargas triangular y rectangular.....	107
2.3.6.4. Diagrama del cuerpo libre del tornillo extrusor.....	110
2.3.7. Diseño del tornillo extrusor por efecto de torsión.....	112
2.3.7.1. Inercia.....	115
2.3.7.2. Esfuerzo cortante máximo.....	115
2.3.7.3. Ángulo de torsión.....	116
2.3.7.4. Momento máximo en el tornillo.....	117
2.3.8. Diseño estático del tornillo extrusor.....	119

2.3.9. Diseño por fatiga del tornillo extrusor.....	124
2.3.10. Diseño del ángulo (Base y Apoyo)	129
2.3.11. Diseño del soporte principal de entrada.....	134
2.3.12. Diseño del soporte principal de salida.....	137
2.3.13. Cálculo del espesor del tubo camisa.....	140
2.3.14. Selección del perfil.....	144
2.3.14.1. Valores del factor K de acuerdo al tipo de apoyo.....	146
2.3.15. Cálculo de la camisa.....	154
2.3.16. Selección de pernos.....	159
2.3.17. Estructura.....	173
2.3.18. Selección de chavetas.....	182
2.3.19. Diseño de soldadura.....	183
2.3.20. Selección de rodamientos.....	188
2.3.21. Selección de plancha para la tolva de entrada.....	195
2.3.22. Selección de retenedores.....	196
2.4. Síntesis.....	197

CAPÍTULO III

3.1. Generalidades.....	198
3.2. Costos directos.....	198
3.2.1. Materia prima e insumos utilizados.....	199

3.2.1.1. Costos de los materiales e insumos utilizados.....	199
3.2.2. Costos de maquinado.....	202
3.2.3. Costo total directo.....	208
3.3. Costos indirectos.....	209
3.3.1. Costo de los materiales e insumos utilizados.....	209
3.3.2. Costo imprevistos.....	210
3.3.3. Costo total indirecto.....	211
3.4. Costo total de la máquina.....	212
Conclusiones.....	213
Recomendaciones.....	215
Bibliografía.....	216

Anexos

Anexo 1: Planos

Anexo 2: Protocolo de pruebas

Anexo 3: Manual de operación y mantenimiento

Anexo 4: Tablas

Anexo 5: Proformas y facturas

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1.1. Chontaduro.....	3
1.2. Formas de chonta.....	5
1.3. Chonta en la Provincia de Sucumbíos (Shushufindi).....	6
1.4. Variedades de chonta (con semilla y sin semilla).....	8
1.5. Usos de la chonta (ensalada).....	9
1.6. Usos de la madera de chontaduro (muebles).....	12
1.7. Molienda de semillas.....	18
1.8. Molino industrial.....	20
1.9. Molino de martillos.....	21
1.10. Molino de martillos (principio de funcionamiento).....	22
1.11. Molino de martillos (proceso de trituración).....	23
1.12. Rodillos.....	26
1.13. Molino de rodillo único y placa.....	26
1.14. Molino de dos rodillos dentados.....	27
1.15. Molino de bolas.....	30
1.16. Molino de tornillo.....	33
1.17. Husillo de rosca trapecial (derecha - izquierda).....	36
1.18. Husillo de rosca trapecial ACME.....	37

1.19. Aplicaciones de un tornillo sin fin.....	38
1.20. Molino de discos.....	39
1.21. Posición de los discos.....	40
1.22. Molino combinado.....	42
2.1. Tornillo extrusor.....	62
2.2. Motoreductor.....	67
2.3. Máquina para ensayos de compresión.....	90
2.4. Diagrama esfuerzo – deformación del acero.....	91
2.5. Diagrama esfuerzo – alargamiento del acero.....	91
2.6. Carga distribuida en base a la fuerza de ruptura de la chonta.....	98
2.7. Cargas aplicadas en el tornillo extrusor.....	104
2.8. Localización de la fuerza en una carga distribuida triangular.....	105
2.9. Momento máximo en la carga distribuida triangular.....	105
2.10. Localización de la fuerza en una carga distribuida rectangular.....	106
2.11. Momento máximo en la carga distribuida rectangular.....	106
2.12. Carga distribuida triangular con valores.....	107
2.13. Carga distribuida rectangular con valores.....	108
2.14. Diagrama del cuerpo libre.....	110
2.15. Barra circular sometida a torsión pura.....	112

2.16. Barra circular hueca.....	113
2.17. Ángulo.....	129
2.18. Soporte principal de entrada.....	134
2.19. Soporte principal de salida.....	137
2.20. Espesor de la camisa.....	140
2.21. Perfil.....	144
2.22. Tipos de apoyo.....	144
2.23. Apoyo Articulado – Articulado.....	146
2.24. Apoyo Empotrado – Empotrado	146
2.25. Apoyo Empotrado – Articulado.....	147
2.26. Apoyo Empotrado – Libre.....	148
2.27. Perfil “C”	149
2.28. Características de un perfil “C”	150
2.29. Camisa.....	154
2.30. Camisa Posterior.....	158
2.31. Perno de acero inoxidable.....	159
2.32. Ejemplo de uniones.....	159
2.33. Elementos de un perno.....	165
2.34. Estructura.....	173
2.35. Perfil estructural cuadrado.....	173

2.36. Características de un tubo estructural cuadrado.....	174
2.37. Apoyo de la estructura.....	178
2.38. Diagrama del cuerpo libre en un apoyo.....	178
2.39. Chavetas.....	182
2.40. Soldadura eléctrica con electrodo metálico revestido.....	184
2.41. Soldadura TIG.....	187
2.42. Soldadura a tracción.....	187
2.43. Rodamiento y sus partes.....	188
2.44. Rodamiento de rodillos cónicos.....	189
2.45. Ángulo de contacto.....	190
2.46. Variación del ángulo de contacto.....	190
2.47. Características del rodamiento de rodillos cónicos seleccionado $\varnothing 2''$	191
2.48. Rodamiento de rodillos cónicos seleccionado (1).....	192
2.49. Rodamiento de rodillos cónicos seleccionado (2).....	193
2.50. Rodamiento de rodillos cónicos seleccionado (3).....	193
2.51. Características del rodamiento rígido de bolas seleccionado $\varnothing 2''$	194
2.52. Tolva de entrada del material.....	195
2.53. Retenedores mecánicos.....	196

Anexo 3

A.3.1. Molino extractor de aceite de chonta

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	PÁGINA
1. Características de la chonta.....	7
2. Valor nutricional en 100gr. de chonta.....	10
3. Porcentaje de cada componente de la chonta.....	11
4. Parámetros y selección de alternativa.....	49
5. Propiedades mecánicas y físicas del acero inoxidable.....	58
6. Parámetros geométricos calculados para el proceso de extracción.....	66
7. Esfuerzo último de la chonta.....	94
8. Costo de los materiales e insumos utilizados.....	199
9. Costo de maquinado.....	202
10. Costo total directo.....	208
11. Costo de los materiales e insumos indirectos utilizados.....	209
12. Costos imprevistos.....	210
13. Costo total indirecto.....	211
14. Costo total de la máquina.....	212
 <i>Anexo 2</i>	
15. Verificación general de la máquina	
16. Verificación de materiales	

17. Verificación visual de juntas empernadas y soldadura
18. Funcionamiento en vacío de la máquina
19. Funcionamiento con carga de la máquina y producción

Anexo 4

20. Constantes físicas de materiales
21. Parámetros en el factor de la condición superficial de Martín
22. Efecto de la temperatura de operación en la resistencia a la tensión del acero
23. Factores de confiabilidad
24. Sensibilidad a la muesca
25. Unidades de esfuerzo flexionante
26. Unidades de deflexión por flexión
27. Propiedades mecánicas medias de algunos aceros tratados térmicamente
28. Resultados de ensayos a la tensión de algunos metales
29. Dimensiones de pernos de cabeza cuadrada y hexagonal
30. Dimensiones de tuercas hexagonales
31. Dimensiones básicas de arandelas simples
32. Dimensiones de arandelas métricas simples
33. Rosca métrica

34. Tornillos hexagonales
35. Arandelas planas
36. Chavetas
37. Tubo cuadrado estructural
38. Propiedades de un perfil "C"
39. Propiedades de un perfil "C" (Continuación)
40. Diagramas de vigas y fórmulas
41. Diagramas de vigas y fórmulas (1)
42. Fuerza admisible
43. Propiedades mecánicas de los materiales
44. Propiedades de secciones canal (Perfiles C)
45. Factores para la corrección de los flujos de arrastre y de presión (Profundidad del canal)
46. Factores para la corrección de los flujos de arrastre y de presión (Número de hélices)
47. Factores para la corrección de los flujos de arrastre y de presión (Número de hélices 1)
48. Factores para la corrección de los flujos de arrastre y de presión (Ángulo de la hélice)
49. Factores para la corrección de los flujos de arrastre y de presión (Ángulo de la hélice 1)
50. Índice de flujo n y de consistencia del flujo k (m)
51. Factores de seguridad N

52. Área de esfuerzo de tensión

53. Planchas de acero inoxidable

GLOSARIO

Plantas oleaginosas: Son vegetales de cuya semilla o fruto se puede extraer aceite, en algunos casos comestible y en otros casos de uso industrial.

Roca friable: Es la roca sedimentaria poco consolidada, significa que puede ser desmenuzada con los dedos.

Cogollo: El cogollo se puede definir como la flor o fruto que genera una planta. Los cogollos son la parte de la planta que se consume. Brote de un árbol y otras plantas.

Drupa: Es un fruto de mesocarpio carnoso, fibroso que rodea un endocarpio leñoso (llamado carozo o más comúnmente "hueso") con una semilla en su interior.

Mesocarpio: Es la parte de la fruta que se consume.

Endocarpio: Es la parte del fruto que rodea la semilla.

Estípites: Se refiere al tronco de la palmera.

Raquis: En botánica, se denomina así a las estructuras lineales que forman el eje de una inflorescencia en forma de espiga o de una hoja compuesta, sobre todo en las palmeras.

Inflorescencia: Es la disposición de las flores sobre las ramas

Pedúnculo: Es la ramita, o rabillo que sostiene una inflorescencia o un fruto tras su fecundación.

Pinnadas: Es aquella hoja dividida en segmentos.

Epicarpio: Es la parte del pericarpio que suele proteger al resto del fruto del exterior (cáscara).

Endospermo: Es el tejido nutricional formado en el saco embrionario de las plantas con semilla.

Índice de refracción: Es una medida que determina la reducción de la velocidad de la luz al propagarse por un medio homogéneo. De forma más precisa, el índice de refracción es el cambio de la fase por unidad de longitud.

Clarificación: Proceso de separación de pequeñas cantidades de sólido suspendidas en un líquido por filtración o por decantación.

Quebrantar: Equivale a subdividir el tamaño hasta la dimensión de una avellana.

Triturar: Subdividir el tamaño hasta la dimensión de una granalla (Escoria).

Moler: Corresponde a una trituración fina.

Caroteno: Es una sustancia de origen vegetal que el organismo convierte en vitamina A.

Punto de Ebullición: El punto de ebullición es aquella temperatura en la cual la materia cambia de estado líquido a gaseoso, es decir se ebulle. El punto de ebullición depende de la masa molecular de la sustancia y del tipo de las fuerzas intermoleculares de esta sustancia

Volatilidad: Volatilidad en el contexto de la química, la física y la termodinámica es una medida de la tendencia de una sustancia a pasar a vapor. Se ha definido también como una medida de la facilidad con que una sustancia se evapora.

Densidad: Es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen, por ejemplo un objeto pequeño y pesado, como una piedra de granito o un trozo de plomo, es más denso que un objeto grande y liviano hecho de corcho o de espuma

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 podremos 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.

Una maquinaria verificable para este fin es el molino, ya que el objetivo principal que se presenta y se quiere llevar a cabo en este trabajo de investigación es la del diseño y construcción del mismo.

Para verificar la necesidad que tiene la Fundación Chankuap que se encuentra ubicada en la región amazónica, ciudad de Macas, 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 diseño de la maquinaria apropiada para la extracción del aceite de chonta, parte de la selección correcta de una de las alternativas que se tienen planteadas, empleando criterios de ingeniería para su correcto diseño y construcción.

Los planos de conjunto y despieces realizados, nos permiten el fácil entendimiento de su construcción y de su montaje, que a su vez es un poco complejo.

El presente trabajo brinda un avance tecnológico, tanto para el país, como para la región amazónica y sus habitantes, a su vez crea en nuestra conciencia un pensamiento de que al momento de ayudar a la gente no existen barreras.

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 que posiblemente se los vaya a utilizar, al finalizar esto se realiza un cuadro comparativo en el cual se observan todas las alternativas planteadas y se escoge la alternativa 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.

CAPÍTULO I

1.1. GENERALIDADES

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

Se indica todos los molinos existentes con sus características, ventajas y desventajas al momento de realizar una extracción de aceite, al terminar el estudio de los molinos, se seleccionará el molino con todas las características necesarias para la extracción del aceite de chonta, posteriormente se analizarán los materiales que se utilizarán para la construcción de todos los elementos de la máquina a realizar

1.2. CHONTADURO

A continuación se presentan varias definiciones sobre el chontaduro, la chonta, sus beneficios, cultivo y sus aplicaciones.



Figura 1.1. Chontaduro

“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.”¹

¹ http://es.wikipedia.org/wiki/Bactris_gasipaes

"Es una palmera que puede alcanzar una altura de hasta 25m. 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)"²

Se aprovecha su fruto (chonta), una drupa de gran valor alimentario, su madera y el cogollo tierno, que se cosecha para extraer palmito. 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 "pijiguo" o "pichiguo" 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. Un aspecto notable del pejibaye, si se compara con otras palmeras, es su precocidad en la producción de palmito, 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.”³

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.

² <http://mundobiologia.portalmundos.com/chonta-bactris-gasipaes/>

³ <http://www.pejibaye.ucr.ac.cr/Taxonomia/Taxonomia3.htm>

1.2.1. Formas

En la Amazonía Ecuatoriana existe una gran variedad de chontas, estas tienen diversos tamaños, que van entre los 2cm, hasta los 6cm de diámetro, también existen diversas formas de chontas como son:

- Cónica
- Ovoide
- Elipsoide.

En la siguiente figura se observa la gran variedad de chontas que un racimo contiene.



Fuente:

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

Figura 1.2. Formas de Chonta

1.2.2. Ubicación

En el Ecuador es abundante en la selva de la Provincia de Morona Santiago y en la Provincia de Sucumbíos, donde es conocido con el nombre de cujuli (lengua quechua) y también con el nombre de chonta, su fruto es muy consumido por los habitantes amazónicos y de su cogollo se extrae la chonta o palmito para consumo local y de exportación.

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”.



Fuente:

http://www.shushufindi.gov.ec/imagenes_upload/img_galeria/nor_chonta_01%5B26192908%5D.jpg

Figura 1.3. Chonta en la Provincia de Sucumbíos (Shushufindi)

1.2.3. 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, pinnadas.

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 raquillas 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.

Características de sus frutos:

Epicarpio	Generalmente Brillante
Color	Anaranjado, amarillo, rojo, naranja
Chontas por racimo	154
Peso promedio por cada fruto (gr)	22
Diámetro máximo promedio	60mm.
Longitud	60cm
Chontas por racimo	140
Densidad a 25°C	0.898 gr/ml

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

Tabla 1. Características de la Chonta

1.2.4. Cultivo

La chonta es una planta que vive en zonas de clima tropical y subtropical. En el Ecuador crece en toda la Amazonía hasta los 1500 msnm.

Se distribuye desde Nicaragua hasta Brasil y Bolivia 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.

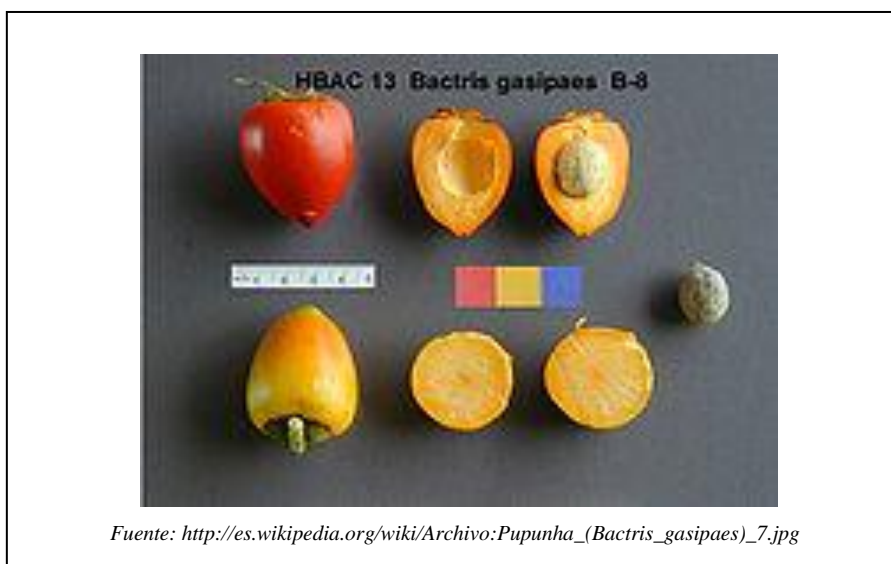


Figura 1.4. Variedades de Chonta (Con semilla y sin semilla)

1.2.5. Usos

“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”⁴. El fruto o palmito del chontaduro (chonta) es comestible.

La madera por su fibra fuerte y durable se le usa para confeccionar artesanías y armas para la caza y pesca.

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.



Fuente: http://3.bp.blogspot.com/_jKYKHxKvY/R5iD-X3rykI/AAAAAAAAABJU/DRZeJ4Clc_8/s1600/ensalada%2Bde%2Bchonta.jpg

Figura 1.5. Usos de la Chonta (Ensalada)

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

1.2.6. 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.

1.2.6.1. Valor nutricional en 100 gr. de parte comestible de chonta.

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

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

Tabla 2. Valor Nutricional en 100gr. de Chonta

Culturalmente se le considera un potente afrodisíaco, aunque no existen estudios científicos que lo comprueben.

1.2.6.2. Porcentaje de cada componente de la chonta

A continuación se muestra los componentes principales de la chonta:

<i>Componente</i>	<i>Valor</i>
<i>Agua</i>	<i>91.43</i>
<i>Proteína</i>	<i>5.02</i>
<i>Grasa</i>	<i>0.75</i>
<i>Carbohidratos</i>	<i>3</i>
<i>Fibra</i>	<i>0.57</i>
<i>Ceniza</i>	<i>1.04</i>

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

Tabla 3. Porcentaje de cada componente de la chonta

1.2.7. Otros aprovechamientos

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.

La madera del tallo se usa en construcciones y para fabricar utensilios. El colorante verdoso de las hojas se usa en cestería.

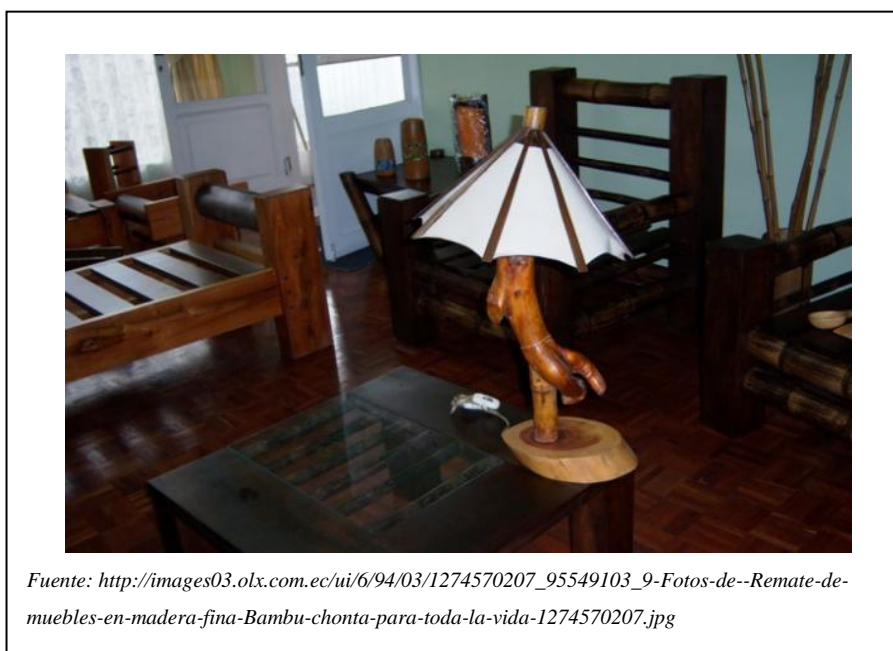


Figura 1.6. Usos de la Madera de Chontaduro (Muebles)

1.3. PROCESOS DE OBTENCIÓN DE LOS ACEITES DE SEMILLAS OLEAGINOSAS

Los métodos generales de extracción de aceite de aquel material que lo contiene son los siguientes:

- Extracción mecánica (presión).
- Extracción sólido-líquido.
- Calentamiento.

Tras el proceso de extracción se obtiene, por un lado, aceite crudo o mezclado con disolvente en el caso la extracción sólido-líquido (que se elimina en etapas posteriores), y por otro una torta residual, que generalmente se destina para consumo animal.

El aceite crudo en algunos casos es destinado a consumo directo o necesita un refinado previo.

1.3.1. 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.

1.3.2. 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 ("flaking"), pasándolos por rodillos o sometidos a grandes presiones.

El proceso general se podría subdividir en las siguientes operaciones:

Operaciones previas: recolección, transporte y limpieza de las semillas o frutos a través de separadores magnéticos para eliminar cualquier fragmento de metal que pudieran contener.

1.3.2.1. Secado de semillas: Generalmente en cilindros giratorios perforados atravesados por aire caliente.

1.3.2.2. Descascarillado: Se lo realiza cuando sea necesario

1.3.2.3. Separación de las cáscaras: Se recomienda para producir aceite de alta calidad y aumenta la tasa de extracción a menores 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.”⁵

⁵ http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/alimento/Apuntes/TCAC-T4-Extraccion-aceites-semillas.pdf

Al presionar la torta mientras es calentada se extraen más aceite, pero también mayor cantidad de impurezas no tóxicas.

1.3.3. Separación de sustancias

Separación sólido-líquido

El proceso general se podría subdividir en las siguientes operaciones: recolección, transporte y limpieza rigurosa para eliminar metales, suciedad, piedras y semillas extrañas.

Filtración

El procedimiento de filtración consiste en retener partículas sólidas por medio de una barrera, la cual puede consistir de mallas, fibras, material poroso o un relleno sólido.

Decantación

El procedimiento de decantación consiste en separar componentes que contienen diferentes fases (por ejemplo, 2 líquidos que no se mezclan, sólido y líquido, etc.) siempre y cuando exista una diferencia significativa entre las densidades de las fases. La Separación se efectúa vertiendo la fase superior (menos densa) o la inferior (más densa).

Separación líquido-líquido

Los métodos de separación se basan en diferencias entre las propiedades físicas de los componentes de una mezcla, tales como: Punto de ebullición, densidad, etc. Los Métodos más conocidos son:

Evaporación

El procedimiento de evaporación consiste en separar los componentes más volátiles exponiendo una gran superficie de la mezcla. El aplicar calor y una corriente de aire seco acelera el proceso.

Destilación

Este método consiste en separar los componentes de las mezclas basándose en las diferencias en los puntos de ebullición de dichos componentes. Cabe mencionar que un compuesto de punto de ebullición bajo se considera "volátil" en relación con los otros componentes de puntos de ebullición mayor. Los compuestos con una presión de vapor baja tendrán puntos de ebullición altos y los que tengan una presión de vapor alta tendrán puntos de ebullición bajos.

Los tipos de Destilación más comunes son: La Destilación Simple, Destilación Fraccionada y la Destilación por Arrastre con Vapor. En la Destilación Simple, El proceso se lleva a cabo por medio de una sola etapa, es decir, que se evapora el líquido de punto de ebullición más bajo (mayor presión de vapor) y se condensa por medio de un refrigerante

En la destilación fraccionada el proceso se realiza en multi-etapas por medio de una columna de destilación en la cual, se llevan a cabo continuamente numerosas evaporaciones y condensaciones. Al ir avanzando a lo largo de la columna, la composición del vapor es más concentrada en el componente más volátil y la concentración del líquido que condensa es más rica en el componente menos volátil.

Cabe mencionar que este tipo de destilación es mucho más eficiente que una destilación simple y que mientras más etapas involucre, mejor separación se obtiene de los componentes

En la destilación por arrastre con vapor se hace pasar una corriente de vapor a través de la mezcla de reacción y los componentes que son solubles en el vapor son separados. Entre las sustancias que se pueden separar por esta técnica se pueden citar los aceites esenciales

1.4. POSIBLES ALTERNATIVAS DE MOLINOS PARA LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE CHONTA

1.4.1. Molienda

“La molienda es un proceso que persigue extraer jugos, aceites de diversos productos de la tierra como la caña de azúcar, la chonta, el palmito, etc.”⁶

El término molienda es de uso común, se refiere a la pulverización y a la dispersión del material sólido.

Pueden ser granos de cereal, uva, aceitunas, etc. en productos de alimentación. Aunque también pueden ser piedras o cualquier otro material sólido.

La molienda es la última etapa del proceso de combinación, en esta etapa las partículas se reducen de tamaño por una combinación de impacto y abrasión ya sea en seco o como una suspensión en agua pulpa.

La molienda se realiza en molinos que giran alrededor de su eje horizontal y que contienen una carga de cuerpos sueltos de molienda conocidos como "medios de molienda".



Figura 1.7. Molienda de Semillas

⁶ <http://es.wikipedia.org/wiki/Molienda>

1.4.2. Clasificación de máquinas de reducción de tamaño

1.4.2.1. Trituradores bastos

Máquinas cuya alimentación son trozos grandes (> 5 [cm] de diámetro)

- De mandíbulas (Blake, Dodge)
- De mandíbulas giratorias

1.4.2.2. Molinos intermedios

Máquinas que no se alimentan de masas muy grandes y que dan un producto capaz de pasar el tamiz de 40 mallas

- De rodillos
- De martillos
- De discos
- Combinados

1.4.2.3. Molinos finos

Máquinas que dan producto que pasa por el tamiz de 200 mallas.

- De rodillos
- De bolas
- De tornillo

1.4.3. Molino industrial

“Un molino industrial es una unidad de operación destinada a romper un material sólido en pedazos más pequeños”⁷. En algunas ocasiones los materiales a romper pueden contener aceite y la función del molino es la de realizar la respectiva extracción del aceite del material que puede ser una semilla oleaginosa.

Hay muchos tipos diferentes de fábricas industriales y muchos tipos de materiales tratados en ellos. Históricamente, los molinos fueron alimentados a mano, animales de trabajo, la eólica o agua.

Hoy en día también son alimentados por electricidad.



Fuente:

<http://www.esumfueraelcomun.com/images/molino%20de%20granos%20pedra%20tagua%20hueso%20etc.jpg>

Figura 1.8. Molino Industrial

⁷ <http://www.trituradora.com.mx/Trituradora/molino.html>

1.4.3.1. Molinos de martillos rotatorios

Principio de funcionamiento

Consiste en piezas (martillos) que pueden ser fijos u oscilantes, montados en un eje de rotación y disponen de una criba o malla a través de la cual pasa el producto.

Se basa en el mecanismo de compresión del material entre dos cuerpos, entre más rápida sea la fuerza de aplicación, más rápido ocurre la fractura por el aumento de la energía cinética concentrando la fuerza de fragmentación en un solo punto produciendo partículas que se fracturan rápidamente hasta el límite.



Figura 1.9. Molino de Martillos

También consiste de un rotor horizontal o vertical unido a martillos fijos o pivotantes encajados en una carcasa. En la parte inferior están dotados de un tamiz que puede ser fijo o intercambiable.

Puede operar a más de 1000 rpm haciendo que casi todos los materiales se comporten como frágiles. Se utiliza para el secado de materia, granulación de ungüentos, pastas húmedas y suspensiones.

Los martillos obtusos se utilizan para materiales cristalinos y frágiles, mientras que los afilados se usan para materiales fibrosos.

Tamaño de las partículas

Este molino puede reducir la partícula hasta 100 micras. El tamaño de partícula depende de la velocidad del rotor, tamaño del tamiz, y la velocidad de introducción del material. El uso de tamices gruesos produce partículas de menor tamaño porque estas atraviesan tangencialmente el orificio debido a la alta velocidad del motor.

El tamiz de agujeros circulares es más fuerte pero se usa poco porque tiende a obstruirse. Sin embargo este se usa para materiales fibrosos. El tamiz cuadrado a 45° se utiliza para materiales cristalinos frágiles y el de agujeros a 90° se usa para las suspensiones ya que estos tienden a atascarse fácilmente. En algunos molinos el tamiz cubre toda la carcasa y la alimentación se hace paralela al eje.

Estos modelos están diseñados para moler suspensiones que tienen entre 40 a 80% de sólidos y que oponen resistencia al flujo. En general, estos molinos producen partículas con una distribución de frecuencias cerrada, pero si la carga es alta, el tiempo de retención del material se prolonga, produciéndose más finos de forma esférica.

Para la producción de partículas finas o ultra finas se utiliza una alta velocidad junto con aire clasificado para la remoción del material hasta un tamaño aceptable.

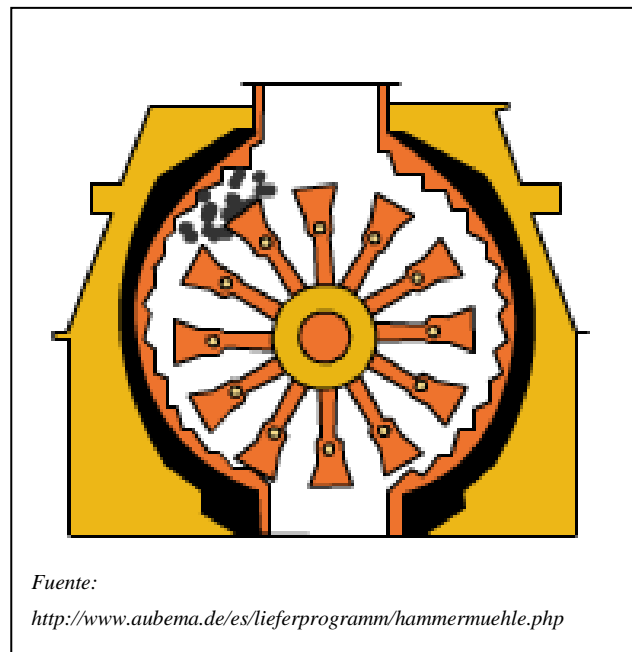


Figura 1.10. Molino de Martillos (Principio de Funcionamiento)

Fabricación

Los molinos de martillos son máquinas de fabricación muy robusta. El sistema de triturado se realiza mediante martillos oscilantes y una malla enmarcada en el bastidor que sólo permite pasar la fracción de viruta fina, mientras que la gruesa la mantiene en el interior del sistema de triturado para su tratamiento.

Aplicaciones

Estos molinos son utilizados principalmente en la industria química.

El molino de martillos, para usos industriales, tiene múltiples aplicaciones: en la molienda de toda clase de granos y forrajes secos; para la preparación de alimentos para animales; para la molienda de trigo en los molinos harineros y para la trituración y la molienda de los más variados productos químicos y minerales.

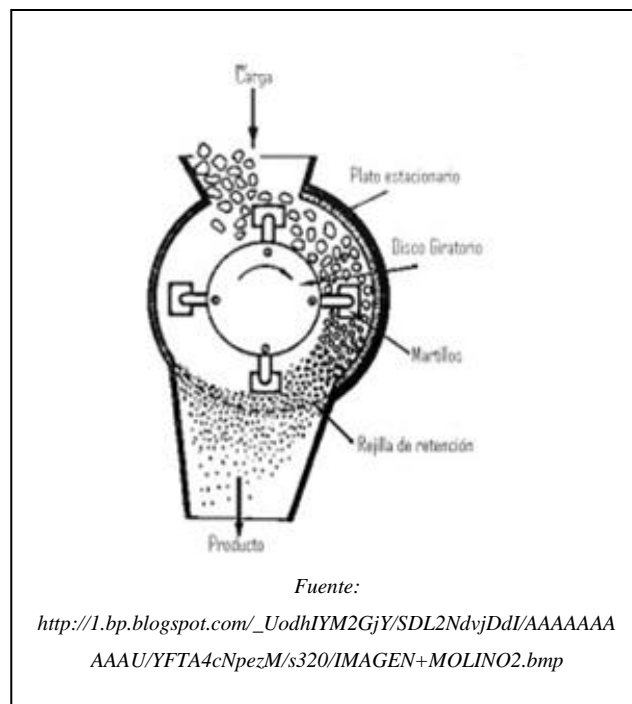


Figura 1.11. Molino de Martillos (Proceso de Trituración)

Los molinos de martillo y de impacto se utilizan sobre todo en la industria minera y canteras para la trituración primaria y secundaria de diferentes minerales y piedras semiduras, tienen una capacidad de hasta 1.500 t/h.

Materiales a tratar

- Roca dura
- Minerales
- Piedra caliza
- De yeso bruto, etc.

Limpieza

Estos molinos son fáciles de limpiar y operar, además permiten cambiar sus tamices, y operan en un sistema cerrado reduciendo el riesgo de explosión y contaminación cruzada.

Después de entrar en los rotores, el material a triturar es machacado por los cabezales móviles, que lo proyectan contra los deflectores.

Características generales

- Construcción robusta de acero, con rodamientos a bolas.
- Funcionamiento exento de vibraciones.
- Salida del aire inclinable a cualquier ángulo.
- Molienda de plástico, café, granos, maíz y trigo.
- El molino de martillo se adapta bien para una molienda media y fina.
- La alta velocidad con que trabajan los martillos es excelente para una conexión directa con un motor eléctrico.

- Solo se utilizan para la trituración de minerales blandos y frágiles.
- En este tipo de molino se producen grandes cargas de impacto que ocasionan un desgaste excesivo en su estructura
- El molino de martillos proporciona una mayor fragmentación excesiva, por lo que se emplean para la trituración fina.
- Tienen un rendimiento mediano y pequeño consumo de energía

1.4.3.2. Molinos de rodillos

Principio de funcionamiento

Constan de dos rodillos que generalmente están acanalados y que están paralelos al eje del rodillo.



Fuente:

<http://www.aubema.de/es/lieferprogramm/walzenbrecher.php>

Figura 1.12. Rodillos

Tipos de molinos de rodillos

Molino de rodillo único y placa

Al girar el rodillo atrapa con sus picos la roca y la va desmenuzando, obligándola a pasar por la separación entre rodillo y placa. Los dientes están sometidos a grandes esfuerzos y por ello solo es apta para rocas muy friables y no muy duras o materiales blandos.

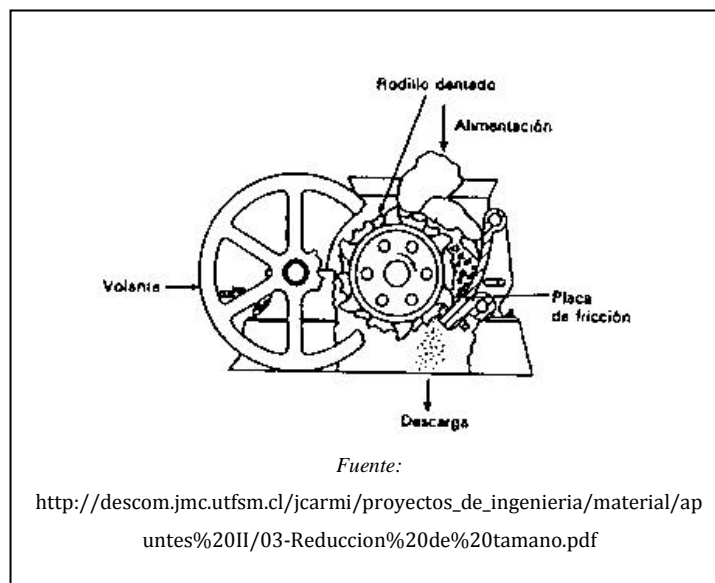


Figura 1.13. Molino de Rodillo Único y Placa

Molino de dos rodillos dentados

Es similar pero con otro rodillo en vez de placa, estando los dientes o picos situados de tal forma que se alteran y pueden actuar además de cómo picas, como tamiz haciendo pasar rápidamente todos los tamaños inferiores ya producidos.

Trituran por picado (tracción) al actuar los picos y por compresión en el momento de obligar a pasar a los trozos entre los rodillos. La selección se hace teniendo en cuenta el tamaño de grano máximo a triturar, estimándose el tamaño del rodillo.



Figura 1.14. Molino de Dos Rodillos Dentados

Sentido y velocidad

Los rodillos se mueven en sentido inverso, el primero a una velocidad y el otro a dos o tres veces la velocidad del anterior.

Potencia del motor

Las necesidades de potencia del motor van a depender de:

- La clase y la calidad del grano.
- El grano de molienda.
- A la condición de los rodillos.

- Al contenido de humedad del grano.
- A la velocidad de operación.
- A la potencia disponible.
- A la velocidad de alimentación.

Aplicaciones

El molino de rodillos se utiliza intensamente en la industria de harinas, en la cual dos rodillos se mueven en sentido opuesto y a diferentes velocidades, para la operación final de la fabricación de harina se usan rodillos suaves de los cuales uno opera a una velocidad 25 por ciento mayor que la del otro.

Su capacidad es de hasta 1.200 t/h, el índice de refracción 1:6 aproximadamente, y sus materiales a tratar son:

- Carbón
- Coque
- Yeso
- Sal
- Escoria

Características principales

- La relación de reducción es fácil de regular, determinando así la granulometría de salida del producto
- La fuerza de trituración se puede mantener constante mediante el empleo de resortes
- Se puede triturar con gran rendimiento materiales duros.

- No proporcionan una fragmentación excesiva y, por eso, se utilizan cuando la limitación de trituración excesiva tiene particular importancia.
- Una de las más grandes ventajas de estos molinos es el bajo costo de construcción de la máquina, ya que tiene pocos elementos mecánicos.
- En el molino de rodillos lisos se produce un gran desgaste que puede ser disminuido con un buen diseño.
- No se puede obtener altos índices de reducción, ya que a mayor índice de reducción se obtienen incrementos en el consumo de energía.

1.4.3.3. Molino de bolas

Principio de funcionamiento

Este molino funciona girando sobre sus apoyos a una velocidad determinada para cada tamaño de molino.

En calidad de agente de molienda se usa bolas de acero de diferentes diámetros, de distinta dureza y composición siderúrgica. Cuando el molino gira, las bolas junto con el mineral es elevado por las ondulaciones de una chaqueta y suben hasta una altura determinada, de donde caen girando sobre sí y golpeándose entre ellas y contra las chaquetas o revestimiento interiores. Luego vuelven a subir y caer y así sucesivamente.

En cada vuelta del molino hay una serie de golpes producidos por las bolas, estos golpes son los que van moliendo el mineral.

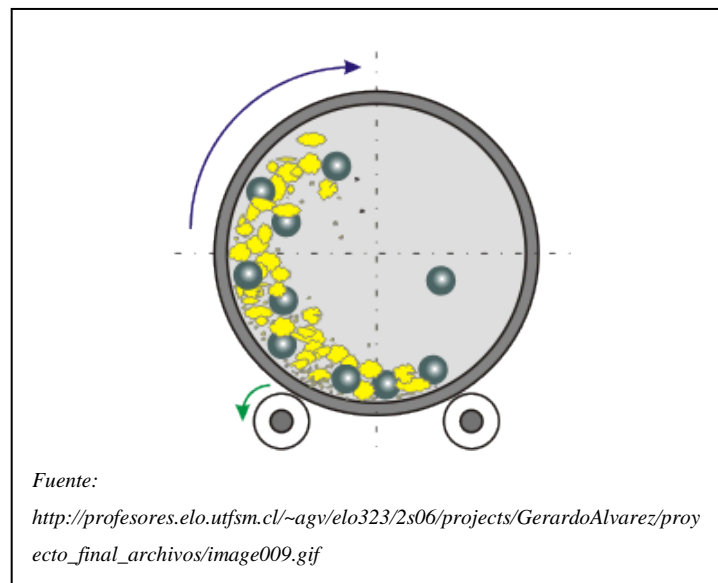


Figura 1.15. Molino de Bolas

Agente de molienda

La cantidad de bolas que se coloca dentro de un molino depende en gran cantidad de la energía disponible para mover el molino está en un rango de 40% a 50% generalmente nunca se llega a 50% del volumen.

La carga de bolas debe ser correcta y bien proporcionada, con bolas lo suficientemente grandes para triturar las partículas de mineral más grande y duras, pero no las muy finas.

Accionamiento

Estos molinos de bolas pueden ser accionados por una transmisión de correas trapezoidales y engranajes de mando o una reducción.

Aplicación

El Molino de bolas es un equipo clave para la re pulverización. Es ampliamente usado para cemento, productos de silicato, nuevos tipos de materiales de construcción, materiales a prueba de fuego, fertilizantes químicos, metales negros y no ferrosos, vidrio, cerámicas, entre otros.

El molino de bolas puede moler minerales u otros materiales que pueden ser molidos tanto por proceso húmedo como por proceso seco.

Capacidad de producción

La capacidad de producción de los molinos de bolas se determina por el peso de carga y la duración del ciclo de operación y trabajo que es la suma de tiempo de carga, de molienda y de descarga.

Potencia

La potencia necesaria para el accionamiento del molino es proporcional a su carga y es de aproximadamente de 1.5kw-hr/Tm de mineral y de la carga de las bolas de acero

Características generales

- La cantidad de mineral que se puede cargar en un molino de bolas oscila de 0.4 a 0.5 toneladas por metro cúbico de capacidad.

- El molino de bolas normalmente emplea bolas grandes con un mineral alimentado grueso para rendir un producto relativamente grosero.
- Sobre el casco cilíndrico se monta una rueda dentada de acero fundido con dientes fresados, para el accionamiento del molino.
- En caso de instalarse el molino sobre rodillos, se calzan sobre el casco cilíndrico, coronas de acero para su movimiento.
- Este molino funciona continuamente y trabaja confiablemente.
- Es de fácil operación y sus aplicaciones son versátiles.
- Tiene un alto costo su revestimiento y las bolas, lo que produce un costo alto de la máquina.
- Se produce un desgaste excesivo en los recubrimientos, como también en las bolas.

1.4.3.4. Molino de tornillo

Principio de funcionamiento

La principal característica de un molino de tornillo es la de extraer el aceite de un fruto, este molino somete al fruto o al elemento del cual se desea realizar la extracción a grandes presiones.

Al fruto de lo somete a extracción por presión en dicho molino. En general el molino de tornillo, sencillo 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.

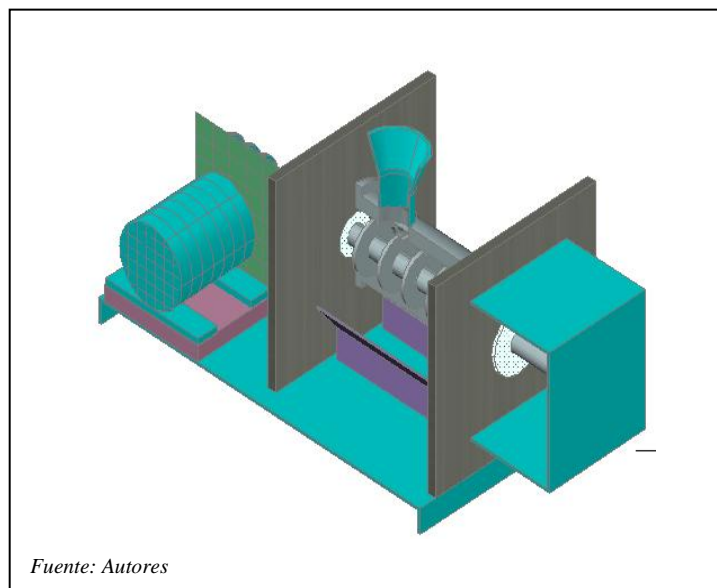


Figura 1.16. Molino de Tornillo

Al pasar la chonta por el tornillo se busca extraer la fracción líquida de la masa del fruto y que está compuesta por aceite de la pulpa del fruto, por agua y por una cierta cantidad de sólidos que quedan en suspensión en el agua.

Salida del aceite

Para facilitar la salida del aceite durante el proceso de extracción, se agrega agua caliente, cuya cantidad debe controlarse estrictamente para asegurar una buena extracción por una

parte y además, para obtener una adecuada dilución del aceite crudo, de modo que se facilite su clarificación posterior.

Tornillo sin fin

El tornillo sin fin es un elemento mecánico el cual tiene varios usos como por ejemplo al momento de realizar una transmisión de movimiento y actúa como un reductor de velocidad junto con una rueda dentada.

En el molino que se realiza y que podrá facilitar la extracción del aceite de chonta, este tornillo sin fin es el elemento principal del mecanismo, ya que junto con la camisa que lo rodea forman un mecanismo que realiza la extracción del aceite.

Con el tornillo sin fin y una rueda dentada podemos transmitir fuerza y movimiento entre ejes perpendiculares.

La velocidad de giro del eje conducido depende del número de entradas del tornillo y del número de dientes de la rueda.

Características del tornillo sin fin

Entre las características se encuentran:

- Relaciones de transmisión altas (Relación entre la velocidad de salida y la velocidad de entrada en un mecanismo).
- Coste elevado.
- Transmite el movimiento a través de ángulos rectos.
- Sólo permite el movimiento del tornillo a la rueda dentada, bloqueándolo a la inversa; lo cual es de gran utilidad como medida de seguridad en ciertos mecanismos (Ejemplo: ascensor)

Características específicas del tornillo

El tornillo se caracteriza por:

Número de entradas: Es el número de filetes de una rosca, o sea, el número de hélices roscadas sobre el núcleo del tornillo. Generalmente es 1, 2 o 3.

Paso de rosca: Es la distancia entre dos filetes consecutivos de una misma hélice. Habitualmente se mide en milímetros (mm). El paso de rosca es igual a la longitud que avanza el husillo en cada vuelta.

Longitud: La longitud L que avanza la tuerca al girar el tornillo es:

$$L = p \cdot N \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde N es el número de vueltas que gira el husillo.

El avance o velocidad de avance se expresa, especialmente en máquinas herramientas, en milímetros por minuto (mm/min) y se calcula multiplicando el paso de rosca p (en mm/rev) por la velocidad de giro n (en rev/min o rpm).

$$A = p \cdot n \quad \text{Ec. (2)}$$

La longitud L es independiente del número de entradas (z), porque el paso de rosca (Ph) ya indica los mm que avanza la tuerca por cada revolución del tornillo.

Tipos de rosca en un tornillo

Existen diferentes tipos de rosca en función de la forma del perfil del filete, del número de filetes que tenga, del paso de la propia rosca, y del sentido de giro de avance del tornillo.

Generalmente el perfil de una rosca suele ser de forma triangular, si bien también existen roscas de perfil cuadrado, trapecial, y en diente de sierra o redondo.

Sentido de giro

En cuanto al sentido de giro de la rosca, normalmente el avance se produce girando la rosca a la derecha, mientras que el retorno se produce girando la rosca a la izquierda.

También existen tornillos y tuercas que funcionan en sentido inverso.

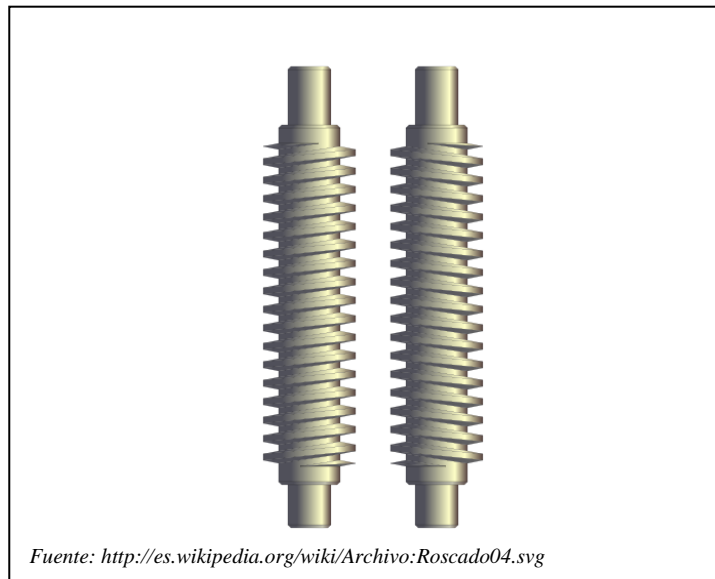


Figura 1.17. Husillo de Rosca Trapecial (Derecha - Izquierda)

Tipos de rosca en un husillo

El tipo de rosca de los husillos es diferente a la de los tornillos normales, porque además de tener un paso muy grande su perfil puede ser:

Rosca redonda rectificada: Es utilizada en las máquinas herramientas CNC para el desplazamiento de los carros y mesas de trabajo.

Rosca cuadrada: Utilizada para regular el apriete de elementos pequeños, tales como gatos, para cambiar ruedas de automóvil, tornillos de banco, mordazas, etc. La sección del filete es cuadrada.

Rosca trapecial ACME: Es el tipo de rosca más utilizada en los tornillos.

En esta rosca la sección del filete es un trapecio, y se utiliza en los órganos de máquinas que tengan que soportar grandes esfuerzos, como molinos, máquinas-herramientas, etc.



Figura 1.18. Husillo de Rosca Trapecial ACME

Aplicación

El tornillo sinfín, acompañado de un piñón (mecanismo sinfín-piñón), se emplea para transmitir un movimiento giratorio entre ejes perpendiculares que se cruzan, obteniendo una gran reducción de velocidad.

Se lo encuentra en:

- Limpiaparabrisas,
- Clavijas de guitarra,
- Reductores de velocidad para motores
- Manivelas para andamios colgantes.

En la siguiente figura se observa una de las aplicaciones del tornillo sin fin: Clavijas de guitarra.

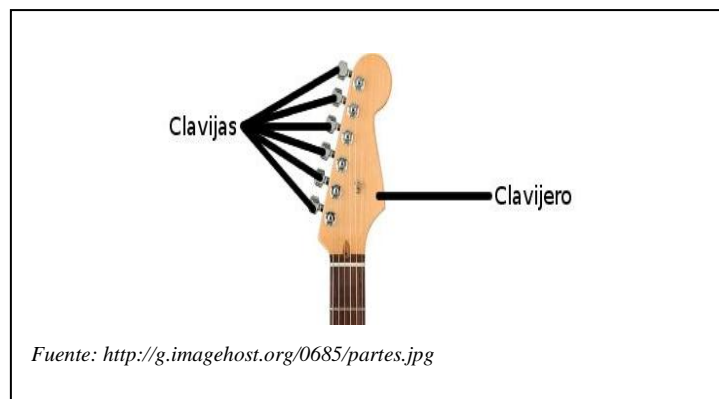


Figura 1.19. Aplicaciones de un Tornillo Sin Fin

1.4.3.5. Molino de discos

Principio de funcionamiento

Son conocidos también con el nombre de molinos de platos, en los molinos de disco, el material es alimentado por la tolva a la cámara de molienda hermética cayendo entre los dos discos de molienda dispuestos de manera vertical.

Uno de los discos es giratorio y se mueve contra el otro fijo triturando el material. La trituración deseada se produce por efectos de presión y fricción. La disposición progresiva de los dientes hace que el material sea primero partido y luego empujado por la fuerza centrífuga hacia el área perimetral de los discos, donde se realiza la trituración fina.

El material triturado cae por la abertura en un recipiente colector. La distancia entre los discos puede ajustarse de manera continua. Una escala permite ajustarla durante la operación entre 0,1 y 5 mm. El control puede realizarse a través de una ventanilla adicional.



Fuente: http://a83.ac-images.myspacecdn.com/images01/30/1_5b817cc454e546d41dee887a23bc6ffa.jpg

Figura 1.20. Molino de Discos

Posición de los discos

Los discos pueden estar en posición vertical u horizontal, el más común son los discos verticales.

Un disco generalmente se mueve y el otro está fijo.

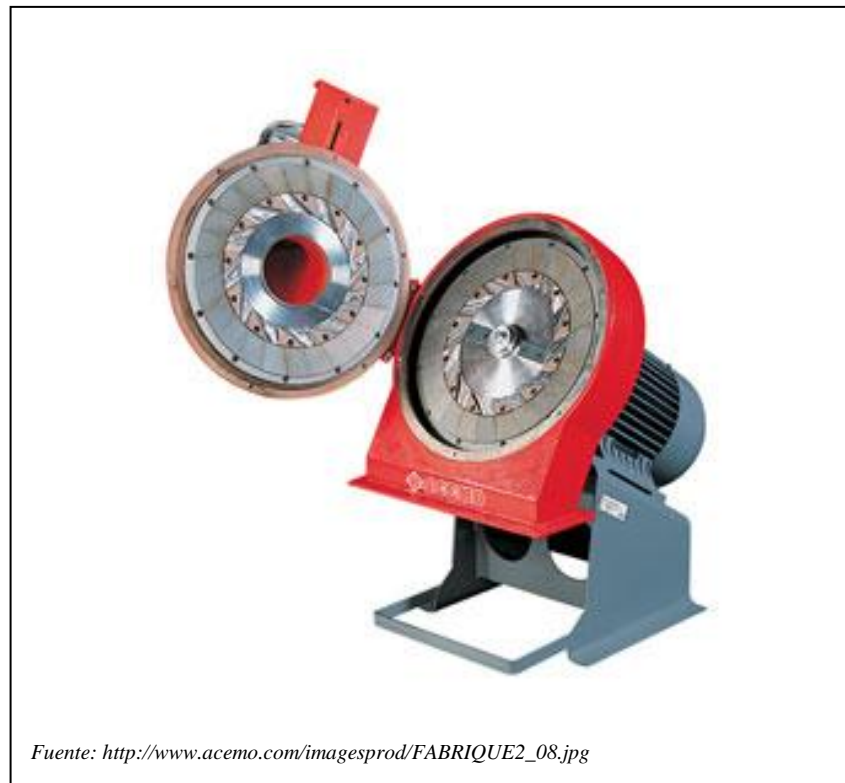


Figura 1.21. Posición de los Discos

Aplicación

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.

Principalmente se los ocupa para realizar una molienda preliminar y fina.

Sin embargo, muchos factores influyen para lograr éxito en una molienda fina, como los platos que se usen, la velocidad o capacidad del motor, condición y presión de los platos, la velocidad de alimentación, el tipo de grano y el contenido de humedad del mismo.

Características generales

Entre las características principales de los molinos de disco tenemos las siguientes:

- Alto grado de trituración.
- Ajuste preciso de la abertura de salida que garantiza resultados reproducibles.
- Fácil acceso a la cámara de molienda que facilita la limpieza.
- Discos de larga vida útil
- Amplia selección de materiales que permite la preparación de muestras para cualquier tipo de análisis
- Conexión para aspiradora.

1.4.3.6. 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.

Principio de funcionamiento

Los molinos combinados tienen el mismo principio de funcionamiento de cada molino que lo conforma, por ejemplo un molino combinado es el molino de rodillos, junto con el molino de tornillo, cada uno tiene su principio de funcionamiento, pero la característica principal de este tipo de molino es que se los utiliza para realizar la extracción en dos procesos diferentes.



Figura 1.22. Molino Combinado

1.5. SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA

1.5.1. Características generales de máquinas utilizadas para reducir el tamaño de frutos

1.5.1.1. Trituradores o quebrantadores bastos

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.

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

1.5.1.2. Molinos intermedios

Molino de rodillos

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 finos que pasan 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.

1.5.1.3. 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
- 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.

1.5.2. Selección 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.

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

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.

PARÁMETROS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVA

	<i>M. de Martillos</i>	<i>M. de Rodillos</i>	<i>M. de Bolas</i>	<i>M. de Tornillo</i>
Parámetro	<i>Calificación (1)</i>	<i>Calificación (2)</i>	<i>Calificación (3)</i>	<i>Calificación (4)</i>
<i>Capacidad de la máquina</i>	6	8	7	9
<i>Costos</i>	8	7	5	8
<i>Espacio Disponible</i>	9	9	9	9
<i>Seguridad</i>	7	8	7	8
<i>Disponibilidad de materiales para su construcción</i>	9	9	8	9
<i>Facilidad de construcción</i>	8	8	7	9
<i>Facilidad de operación</i>	8	8	8	9
<i>Desgaste</i>	7	7	8	7
Total	62	64	59	68

Tabla 4. Parámetros y selección de alternativa

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.

1.6. ESTUDIO DE MATERIALES A EMPLEAR

1.6.1. Acero al carbono

El acero de construcción, constituye una proporción importante de los aceros producidos en las plantas siderúrgicas. Con esa denominación se incluye a aquellos aceros en los que su propiedad fundamental es la resistencia a distintas sollicitaciones (fuerzas tanto estáticas como dinámicas).

De esta forma se los separa respecto a los aceros inoxidable, a los aceros para herramientas, a los aceros para usos eléctricos o a los aceros para electrodomésticos o partes no estructurales de vehículos de transporte.

Cabe aclarar que en este concepto de acero de construcción se pueden englobar tanto los aceros para construcción civil como para construcción mecánica. Históricamente un 90% de la producción total producida mundialmente corresponde a aceros al carbono y el 10% restante son aceros aleados.

1.6.1.1. Composición

La composición química de los aceros al carbono es compleja, además del hierro y el carbono que generalmente no supera el 1%, hay en la aleación otros elementos necesarios para su producción, tales como silicio y manganeso, y hay otros que se consideran impurezas por la dificultad de excluirlos totalmente: Azufre, fósforo, oxígeno, hidrógeno.

El aumento del contenido de carbono en el acero eleva su resistencia a la tracción, incrementa el índice de fragilidad en frío y hace que disminuya la tenacidad y la ductilidad.

1.6.1.2. Clases de aceros al carbono

- Aceros al carbono que se usan en bruto de laminación para construcciones metálicas y para piezas de maquinaria en general.

- Aceros al carbono de baja aleación y alto límite elástico para grandes construcciones metálicas, puentes, torres, etc.
- Aceros al carbono de fácil mecanización en tornos automáticos.

En estos aceros son fundamentales ciertas propiedades de orden mecánico, como la resistencia a la tracción, tenacidad, resistencia a la fatiga y alargamiento.

Estas propiedades dependen principalmente del porcentaje de carbono que contienen y demás aleantes.

En general los aceros al carbono ordinarios contienen:

$C < 1\%$, $Mn < 0,9\%$, $Si < 0,5\%$, $P < 0,1\%$, $S < 0,1\%$

A continuación se clasifica a los aceros de acuerdo a su composición en:

Acero extra dulce

El porcentaje de carbono en este acero es de 0,15%, tiene una resistencia mecánica de 38-48 kg/mm² y una dureza de 110-135 HB y prácticamente no adquiere temple. Es un acero fácilmente soldable y deformable.

Aplicaciones:

- Elementos de maquinaria de gran tenacidad, deformación en frío, embutición, plegado, herrajes, etc.

Acero dulce

El porcentaje de carbono es de 0,25%, tiene una resistencia mecánica de 48-55 kg/mm² y una dureza de 135-160 HB. Se puede soldar con una técnica adecuada.

Aplicaciones:

- Piezas de resistencia media de buena tenacidad, deformación en frío, embutición, plegado, herrajes, etc.

Acero semidulce

El porcentaje de carbono es de 0,35%. Tiene una resistencia mecánica de 55-62 kg/mm² y una dureza de 150-170 HB. Se temple bien, alcanzando una resistencia de 80 kg/mm² y una dureza de 215-245 HB.

Aplicaciones:

- Ejes, elementos de maquinaria, piezas resistentes y tenaces, pernos, tornillos, herrajes.

Acero semiduro

El porcentaje de carbono es de 0,45%. Tiene una resistencia mecánica de 62-70 kg/mm² y una dureza de 280 HB. Se temple bien, alcanzando una resistencia de 90 kg/mm², aunque hay que tener en cuenta las deformaciones.

Aplicaciones

- Ejes y elementos de máquinas, piezas bastante resistentes, cilindros de motores de explosión, transmisiones, etc.

Acero duro

El porcentaje de carbono es de 0,55%. Tiene una resistencia mecánica de 70-75 kg/mm², y una dureza de 200-220 HB. Temple bien en agua y en aceite, alcanzando una resistencia de 100 kg/mm² y una dureza de 275-300 HB.

Aplicaciones

- Ejes, transmisiones, tensores y piezas regularmente cargadas y de espesores no muy elevados.

1.6.1.3. Tratamientos térmicos de los aceros al carbono

Recocido: El objetivo de este tratamiento es ablandar el acero, homogenizar su estructura y composición química y aumentar su ductilidad. Se aplican varios tipos de recocido.

Temple y revenido: Al dar a los aceros al carbono un temple y revenido se consiguen muy buenas características cuando el perfil es delgado. En un acero al carbono bien templado o revenido, el valor del límite elástico suele llegar a ser un 75% de la carga de rotura.

El empleo de los aceros al carbono templados y revenidos para la fabricación de piezas con esas resistencias tiene varias ventajas. Una muy importante es que el límite de elasticidad es más elevado que en los aceros normalizados o recocidos, y otra que la combinación de características (resistencia y alargamiento) también se mejora.

1.6.2. Acero inoxidable

La mayoría de los elementos que van a conformar el molino seleccionado, que es el de tornillo, van a ser realizadas de acero inoxidable 304, es por eso que a continuación se va a explicar mejor las características de este metal.

En metalurgia, el acero inoxidable se define como una aleación de hierro con un mínimo de 10% de cromo contenido en masa. El acero inoxidable es resistente a la corrosión, dado que el cromo, u otros metales que contiene, posee gran afinidad por el oxígeno y reacciona con él formando una capa pasivadora, evitando así la corrosión del hierro. Sin embargo, esta capa puede ser afectada por algunos ácidos, dando lugar a que el hierro sea atacado y oxidado por mecanismos intergranulares o picaduras generalizadas.

Algunos tipos de acero inoxidable contienen además otros elementos aleantes; los principales son el níquel y el molibdeno.

Como todos los tipos de aceros, el acero inoxidable es un material simple. Lo que tienen en común todos los aceros es que el principal componente (elemento que forma la aleación) es el hierro, al que se añade una pequeña cantidad de carbono.

Una pequeña cantidad de cromo (habitualmente un mínimo de 12%) añadido al acero común, le daba un aspecto brillante y lo hacía altamente resistente a la suciedad y a la oxidación. Esta resistencia a la oxidación, denominada resistencia a la corrosión, es lo que hace al acero inoxidable diferente de otros tipos de acero.

El acero inoxidable es un material sólido y no un revestimiento especial aplicado al acero común para darle características "inoxidables".

Su resistencia a la corrosión es lo que da al acero inoxidable su nombre.

1.6.2.1. Aplicaciones

Las posibles aplicaciones del acero inoxidable son casi ilimitadas, hecho que puede comprobarse con tan solo unos ejemplos:

- *En el hogar:* Cubertería y menaje, fregaderos, sartenes y baterías de cocina, hornos y barbacoas, equipamiento de jardín y mobiliario.
- *En la ciudad:* Paradas de autobús, cabinas telefónicas y resto de mobiliario urbano, fachadas de edificios, ascensores y escaleras, vagones de metro e infraestructuras de las estaciones.
- *En la industria:* Equipamiento para la fabricación de productos alimentarios y farmacéuticos, plantas para el tratamiento de aguas potables y residuales, plantas químicas y electroquímicas, componentes para la automoción y aeronáutica, depósitos de combustible y productos químicos.

1.6.2.2. Tipos de acero inoxidable

Los aceros inoxidables que contienen solamente cromo se llaman ferríticos, ya que tienen una estructura metalográfica formada básicamente por ferrita.

Son magnéticos y se distinguen porque son atraídos por un imán. Con porcentajes de carbono inferiores al 0,1% de C, estos aceros no son endurecibles por tratamiento térmico.

En cambio, aceros entre 0,1% y 1% en Carbono sí son templables y se llaman aceros inoxidables "martensíticos", por tener martensita en su estructura metalográfica. Éstos también son magnéticos.

Los aceros inoxidables que contienen más de un 7% de níquel se llaman austeníticos, ya que tienen una estructura formada básicamente por austenita a temperatura ambiente. No son magnéticos.

Los aceros inoxidable austeníticos se pueden endurecer por deformación, pasando su estructura metalográfica a contener martensita.

Se convierten en parcialmente magnéticos, lo que en algunos casos dificulta el trabajo en los artefactos eléctricos.

También existen los aceros dúplex ($20\% < Cr < 30\%$), ($5\% < Ni < 8\%$), ($C < 0.03\%$), no endurecibles por tratamiento térmico, muy resistentes a la corrosión por picaduras y con buen comportamiento bajo tensión. Estructura de ferrita y austenita.

A todos los aceros inoxidable se les puede añadir un pequeño porcentaje de molibdeno, para mejorar su resistencia a la corrosión por cloruros.

1.6.2.3. Clasificación del acero inoxidable

Siguientes aleaciones de acero inoxidable que se comercializan:

- ***Acero inoxidable extra suave:*** Contiene un 13% de Cromo y un 0,15% de Carbono. Se utiliza en la fabricación de: elementos de máquinas, álabes de turbinas, válvulas, etc. Tiene una resistencia mecánica de 80 kg/mm² y una dureza de 175-205 HB.
- ***Acero inoxidable 16Cr-2Ni:*** Tiene de 0,20% de Carbono, 16% de Cromo y 2% de Níquel; resistencia mecánica de 95 kg/mm² y una dureza de 275-300 HB. Se suelda con dificultad, y se utiliza para la construcción de álabes de turbinas, ejes de bombas, utensilios de cocina, cuchillería, etc.
- ***Acero inoxidable al cromo níquel 18-8:*** Tiene un 0,18% de Carbono, un 18% de Cromo y un 8% de Níquel Tiene una resistencia mecánica de 60 kg/mm² y una dureza de 175-200Hb, Es un acero inoxidable muy utilizado porque resiste bien el calor hasta 400 °C.

- **Acero inoxidable al Cr- Mn:** Tiene un 0,14% de Carbono, un 11% de Cromo y un 18% de Manganeso. Alcanza una resistencia mecánica de 65 kg/mm² y una dureza de 175-200HB. Es soldable y resiste bien altas temperaturas. Es a magnético. Se utiliza en colectores de escape.

Su resistencia a la corrosión, sus propiedades higiénicas y sus propiedades estéticas hacen del acero inoxidable un material muy atractivo para satisfacer diversos tipos de demandas, como lo es la industria médica.

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

1.6.2.4. Propiedades mecánicas y físicas del acero inoxidable

En la tabla mostrada se indica las propiedades generales del acero inoxidable:

PROPIEDADES	ACERO INOXIDABLE
<i>Número</i>	304
<i>Esfuerzo Último σ_u</i>	400 - 1000 MPa
<i>Módulo de Elasticidad E</i>	190 GPa.
<i>Módulo de Rigidez G</i>	73.1 GPa.
<i>Relación de Poisson V</i>	0.305
<i>Peso Específico w</i>	76.0 KN/m ³
<i>Resistencia Mínima a la Tensión S_{UT}</i>	568 MPa
<i>Esfuerzo de Fluencia σ_y</i>	700 MPa
<i>Resistencia a la Deformación m</i>	0.45
<i>Resistencia a la Fractura ϵ_f</i>	1.67
Fuente: TIMOSHENKO, Stephen, "Mecánica de Materiales", Segunda edición, Grupo Editorial Iberoamérica, Año 1986, México D.F., Pág.: 140	

Tabla 5. Propiedades Mecánicas y Físicas del Acero Inoxidable

CAPÍTULO II

2.1. GENERALIDADES

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 al capítulo 1, ya que se explicó todo lo referente a las propiedades de los materiales que van hacer utilizados. En el transcurso del capítulo se mostrará 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.

2.2. 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.”⁸

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 Ecuatoriano

En la Amazonía Ecuatoriana 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.

⁸ BUDINAS, Richard – NISBETT Keith, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, Octava edición, Editorial Mc Graw – Hill, Año 2008, México, D.F.

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.”⁹

El problema principal es la falta de maquinaria para la extracción de aceite de chonta en la Amazonia Ecuatoriana.

2.3. CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL MOLINO

2.3.1. 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

La capacidad es de 15 quintales por semana

La capacidad es de 2 quintales por día

Capacidad en libras por día:

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

Capacidad en kilos por hora:

$$200 \frac{lb}{día} \times \frac{1kg}{2.2lb} \times \frac{1día}{24horas} = 3.79 \frac{kg}{h}$$

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

Capacidad en gramos por minuto:

$$3.79 \frac{kg}{h} \times \frac{1h}{60 \text{ min}} \times \frac{1000 \text{ gr}}{1kg} = 63.13 \frac{gr}{\text{min}}$$

2.3.2. 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.

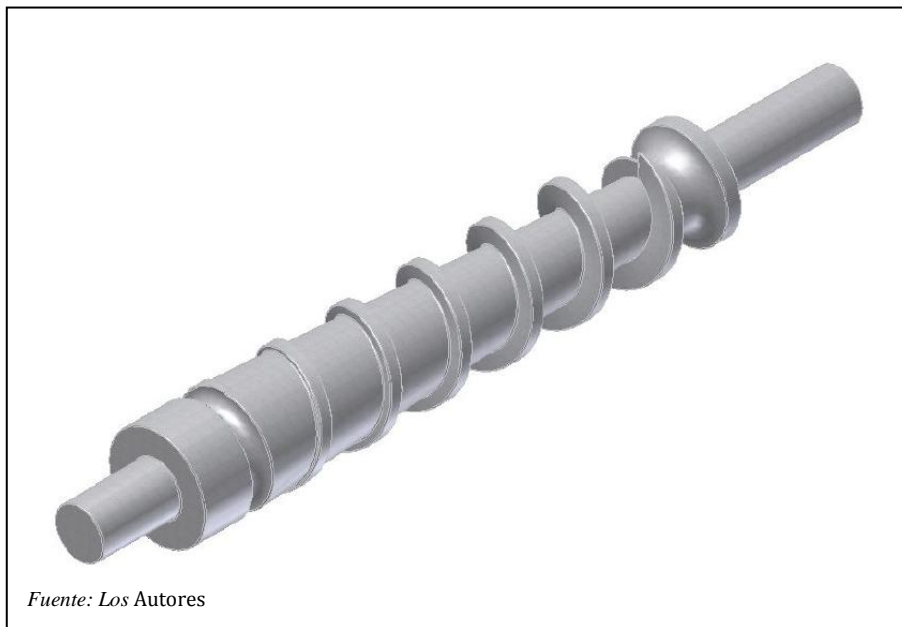


Figura 2.1. Tornillo Extrusor

2.3.2.1. 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.

2.3.2.2. Profundidad del tornillo extrusor

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

$$\text{Profundidad Máxima} = 25\text{mm.}$$

$$\text{Profundidad Mínima} = 2\text{mm.}$$

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

2.3.2.3. 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:

$$H_p = \frac{H_{máx} + H_{mín}}{2} \quad \text{Ec. (3)}$$

De donde:

H_p = Es la profundidad promedio del tornillo extrusor

$H_{máx}$ = Es la profundidad máxima del tornillo extrusor

$H_{mín}$ = Es la profundidad mínima del tornillo extrusor

Reemplazando los valores tenemos:

$$H_p = \frac{H_{máx} + H_{mín}}{2}$$

$$H_p = \frac{25\text{mm} + 2\text{mm}}{2}$$

$$H_p = \frac{27\text{mm}}{2}$$

$$H_p = 13.5\text{mm.}$$

2.3.2.4. 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:

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

2.3.2.5. 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.

$$L_{\text{TOTAL}} = 800 \text{ mm.}$$

$$L_{\text{TRABAJO}} = 500 \text{ mm.}$$

2.3.2.6. 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.

$$\tan \theta = \frac{P}{\pi \times \phi} \quad \text{Ec. (4)}$$

De donde:

θ = Es el ángulo de la hélice del tornillo extrusor

π = Valor constante

ϕ = Es el diámetro del tornillo extrusor

Reemplazando los valores tenemos:

$$\tan \theta = \frac{P}{\pi \times \phi}$$

$$\tan \theta = \frac{74mm}{\pi \times 104mm}$$

$$\tan \theta = 0.226$$

$$\theta = 12.76^\circ.$$

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.

2.3.2.7. 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.

$$W = 47 \frac{rev}{min} \times \frac{2\pi rad}{1rev} \times \frac{1 min}{60seg}$$

Ec. (5)

$$W = 4.92 \frac{rad}{seg}.$$

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

2.3.2.8. 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:

$$\# \text{ Hélices} = \frac{\text{Longitud}}{\text{Paso}} \quad \text{Ec. (6)}$$

$$\# \text{ Hélices} = \frac{500\text{mm}}{74\text{mm}}$$

$$\# \text{ Hélices} = 6.75$$

$$\# \text{ Hélices} = 6$$

2.3.2.9. Parámetros geométricos calculados para el tornillo extrusor

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

<i>Parámetro</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Magnitud</i>
Angulo de la hélice	Θ	12.76°
Revoluciones por minuto	n	46.91rpm
Diámetro del barril	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: Los Autores		

Tabla 6. Parámetros Geométricos Calculados para el Proceso de Extracción

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

2.3.3. Potencia del motor

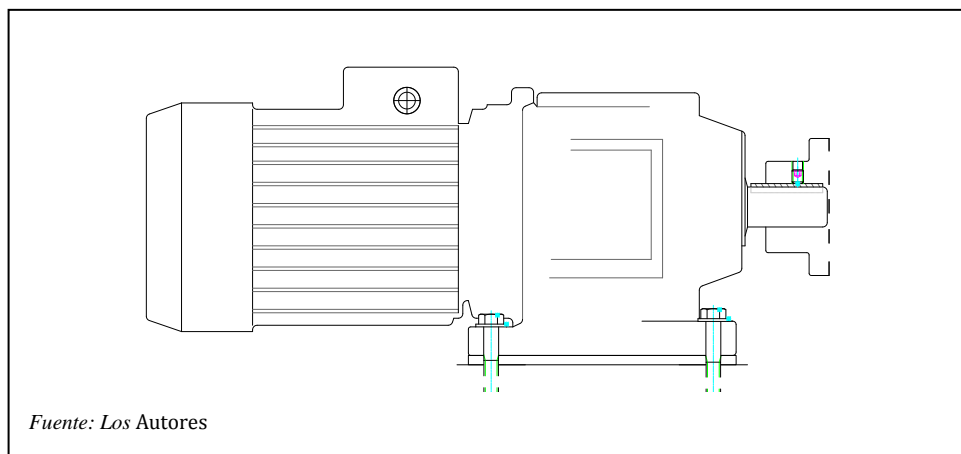


Figura 2.2. Motoreductor

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 moto reductor.

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:

2.3.3.1. Razón de corte

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.

$$\gamma = \frac{\pi \times \phi \times W}{H_p} \quad \text{Ec. (7)}$$

De donde:

γ = 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 tenemos:

$$\gamma = \frac{\pi \times \phi \times N}{H_p}$$
$$\gamma = \frac{\pi \times (104\text{mm}) \times \left(4.92 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}\right)}{13.5\text{mm.}}$$
$$\gamma = 118.83 \frac{1}{\text{seg}}$$

2.3.3.2. Viscosidad aparente

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* m , ambos valores se los encuentra en el (Anexo 4 (Tabla 50)).

$$m = 520$$

$$n = 0.75$$

$$n_{ap} = m \times \gamma^{n-1} \quad \text{Ec. (8)}$$

$$n_{ap} = 520 \times \left(118.83 \frac{1}{\text{seg}} \right)^{0.75-1}$$

$$n_{ap} = 520 \times \left(0.303 \frac{1}{\text{seg}} \right)$$

$$n_{ap} = 157.56 Pa \times s$$

$$n_{ap} = 157.56 \frac{Pa \times s}{1} \times \frac{1 Mpa}{1 \times 10^6 Pa}$$

$$n_{ap} = 1.576 \times 10^{-4} MPa \times s$$

2.3.3.3. Viscosidad aparente máxima

La viscosidad aparente máxima se la calcula utilizando los parámetros máximos del índice de flujo n y la consistencia del flujo m , ambos valores se los encuentra en el Anexo 4 (50).

$$m = 650$$

$$n = 0.85$$

$$n_{ap} = m \times \gamma^{n-1} \quad \text{Ec. (9)}$$

$$n_{ap} = 650 \times \left(118.83 \frac{1}{\text{seg}} \right)^{0.85-1}$$

$$n_{ap} = 650 \times \left(0.488 \frac{1}{\text{seg}} \right)$$

$$n_{ap} = 317.45 Pa \times s$$

$$n_{ap} = 317.45 \frac{Pa \times s}{1} \times \frac{1 Mpa}{1 \times 10^6 Pa}$$

$$n_{ap} = 3.17 \times 10^{-4} MPa \times s$$

2.3.3.4. Peso promedio de chontas

El peso promedio de una chonta es de 22 gramos (Tabla 1), el cálculo del peso de 5 chontas por minuto (estimado) por tanto:

$$Peso = \text{Peso_Promedio} \times \#de_chontas_por_minuto_estimado \quad \text{Ec. (10)}$$

$$Peso = 22 \text{ gr.} \times 5$$

$$Peso = 110 \text{ gr.}$$

$$Peso = 110 \frac{\text{gr.}}{1} \times \frac{1 \text{ kg.}}{1000 \text{ gr.}}$$

$$Peso = 0.11 \text{ kg.}$$

2.3.3.5. Flujo volumétrico

El flujo volumétrico es la cantidad de material deseado que ingresará a la tolva para su extracción. La capacidad de la máquina es de:

$$\dot{V} = 3.79 \frac{kg}{h}$$

$$\dot{V} = 3.79 \frac{kg}{h} \times \frac{1lt}{1kg} \times \frac{1m^3}{1000lt}$$

$$\dot{V} = 3.8 \times 10^{-3} \frac{m^3}{h}$$

La densidad del aceite de chonta a 25° C es de 0.898gr/ml (Anexo 4 (Tabla 1))

$$\delta = 0.898 \frac{gr}{ml} \times \frac{1000ml}{1lt} \times \frac{1kg}{1000gr} \times \frac{1000lt}{1m^3}$$

$$\delta = 898 \frac{kg}{m^3}$$

Calculando el flujo másico se obtiene:

$$\dot{m} = C_E \times \delta \quad \text{Ec. (11)}$$

De donde:

m = Es el flujo másico deseado

C_E = Es la capacidad estimada de la máquina

δ = Es la densidad del aceite de chonta

Reemplazando los valores se obtiene que:

$$\dot{m} = C_E \times \delta$$

$$\dot{m} = 3.8 \times 10^{-3} \frac{m^3}{h} \times 898 \frac{kg}{m^3}$$

$$\dot{m} = 3.4 \frac{kg}{h}$$

Este valor indica que se ingresará 3 chontas (peso promedio 22gr.) por minuto.

2.3.3.6. 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:¹⁰

$$Q_D = \frac{1}{2} \times \pi \times D \times N \times \Delta H \times W \times \cos\theta \quad \text{Ec. (12)}$$

De donde:

π = Es un factor constante

Q_D = Es el flujo de arrastre

D = Es el diámetro de la camisa

N = Es la velocidad angular

W = Es el canal del husillo de extrusión

ΔH = Es la altura promedio del tornillo extrusor

θ = Es el ángulo de la hélice

¹⁰ http://es.wikipedia.org/wiki/Extrusi%C3%B3n_de_pol%C3%ADmero

Reemplazando los valores se obtiene:

$$Q_D = \frac{1}{2} \times \pi \times (104.5)mm \times (4.91) \frac{rad}{s} \times (13.5)mm \times (62)mm \times \cos(12.76^\circ)$$

$$Q_D = 211990 \frac{mm^3}{s}$$

$$Q_D = 211990 \frac{mm^3}{s} \times \frac{1m^3}{(1000)^3 mm^3}$$

$$Q_D = 2.12 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$$

2.3.3.7. 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:¹¹

$$Q_P = \frac{1}{12 \times \eta_m} \times W \times H^3 \times \text{sen } \theta \times \frac{\Delta P}{L} \quad \text{Ec. (13)}$$

De donde:

π = Es un factor constante

Q_p = Es el flujo de presión

η_{ap} = Es la viscosidad aparente

W = Es el canal del husillo de extrusión

¹¹ <http://artemisa.unicauca.edu.co/~hdulica/fpresion.pdf>

H = Es la altura promedio del tornillo extrusor

θ = Es el ángulo de la hélice

L = Longitud de trabajo del tornillo

Reemplazando los valores se determina que:

$$Q_p = \frac{1}{12 \times \eta_m} \times W \times H^3 \times \text{sen} \theta \times \frac{\Delta P}{L}$$

$$Q_p = \frac{1}{12 \times (3.17 \times 10^{-4}) \text{Mpa} \times s} \times (62) \text{mm} \times (13.5)^3 \text{mm}^3 \times \text{sen}(12.76^\circ) \times \frac{9.23 \text{Mpa}}{(500) \text{mm}}$$

$$Q_p = 163499.4 \frac{\text{mm}^3}{s}$$

$$Q_p = 163499.4 \frac{\text{mm}^3}{s} \times \frac{1 \text{m}^3}{(1000)^3 \text{mm}^3}$$

$$Q_p = 1.63 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{s}$$

2.3.3.8. 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 arrase se tiene:¹²

$$P = \frac{6 \times \pi \times \eta \times L \times D \times N \times \cot \theta}{H^2} \quad \text{Ec. (14)}$$

De donde:

π = Es un factor constante

P = Es el flujo de presión

N = Es la velocidad angular

η_{ap} = Es la viscosidad aparente

H = Es la altura promedio del tornillo extrusor

θ = Es el ángulo de la hélice

L = Longitud de trabajo del tornillo

D = Es el diámetro de la camisa

¹² <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r58260.PDF>

Reemplazando los valores se obtiene:

$$P = \frac{6 \times \pi \times \eta \times L \times D \times N \times \cot \theta}{H^2}$$

$$P = \frac{6 \times \pi \times (1.576 \times 10^{-4}) \text{MPa} \cdot \text{s} \times (500) \text{mm} \times (104.5) \text{mm} \times (4.91) \frac{\text{rad}}{\text{seg}} \times \cot(12.76^\circ)}{(13.5)^2 \text{mm}^2}$$

$$P = 18.47 \text{MPa}$$

2.3.3.9. 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 del (Anexo 4 (Tablas 45 a la 49)), se utilizan dependiendo de los valores seleccionados en los cálculos.

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

$$\frac{\Delta H}{W} \quad \text{Ec. (15)}$$

De donde:

ΔH = Es la altura promedio del tornillo extrusor

W = Es el canal del husillo de extrusión

Al reemplazar los valores se tiene que:

$$\frac{\Delta H}{W} = \frac{13.5mm}{62mm}$$

$$\frac{\Delta H}{W} = 0.218$$

Según datos especificados en el (Anexo 4 (Tabla 45)) determinamos:

$$F_d = 0.85$$

$$F_p = 0.82$$

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

$$\frac{\Delta H}{D} \qquad \text{Ec. (16)}$$

De donde:

ΔH = Es la altura promedio del tornillo extrusor

D = Es el diámetro de la camisa

Reemplazando los valores se obtiene:

$$\frac{\Delta H}{D} = \frac{13.5mm}{104.5mm}$$

$$\frac{\Delta H}{D} = 0.129$$

Según datos especificados en el (Anexo 4 (Tabla 47)):

$$Fdc = 1.05$$

Con 5 espiras

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

$$\frac{\Delta H}{D} \qquad \text{Ec. (17)}$$

De donde:

ΔH = Es la altura promedio del tornillo extrusor

D = Es el diámetro de la camisa

Reemplazando los valores:

$$\frac{\Delta H}{D} = \frac{13.5mm}{104.5mm}$$

$$\frac{\Delta H}{D} = 0.129$$

Según datos especificados en el (Anexo 4 (Tabla 46)):

$$F_{pc} = 1.13$$

Con 5 espiras

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

$$\frac{L}{D} \qquad \qquad \qquad Ec. (18)$$

De donde:

L = Es la longitud de trabajo del tornillo extrusor

D = Es el diámetro de la camisa

Reemplazando los valores se obtiene:

$$\frac{L}{D} = \frac{500mm}{104.5mm}$$

$$\frac{L}{D} = 4.78$$

Según datos especificados en el (Anexo 4 (Tabla 49)):

$$F_{pe} = 1.16$$

Con $\theta = 13.4^\circ$

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

$$\frac{L}{D} \qquad \text{Ec. (19)}$$

De donde:

L = Es la longitud de trabajo del tornillo extrusor

D = Es el diámetro de la camisa

Reemplazando los valores:

$$\frac{L}{D} = \frac{500mm}{104.5mm}$$

$$\frac{L}{D} = 4.78$$

Según datos especificados en el (Anexo 4 (Tabla 48)):

$$Fde = 1$$

$$\text{Con } Fpe = 1.16$$

Las semillas extruídas 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.

2.3.3.10. Flujo de arrastre corregido

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

$$Q_{DC} = Q_D \times (Fd \times Fdc \times Fde) \quad \text{Ec. (20)}$$

De donde:

Q_D = Es el flujo de arrastre

Q_{DC} = Es flujo de arrastre corregido

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

Donde el flujo corregido es:

$$Q_{DC} = (2.12 \times 10^{-4}) \frac{m^3}{s} \times ((0.85) \times (1.05) \times (1))$$

$$Q_{DC} = (2.12 \times 10^{-4}) \frac{m^3}{s} \times (0.893)$$

$$Q_{DC} = 1.892 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s} \times \frac{3600s}{1h}$$

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

2.3.3.11. Flujo de presión corregido

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

$$Q_{PC} = Q_P \times (F_p \times F_{pc} \times F_{pe}) \quad \text{Ec. (21)}$$

De donde:

Q_P = Es el flujo de presión

Q_{PC} = Es flujo de presión corregido

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

F_{pc} = Factor de corrección del fluido en base al número de hélices

F_{pe} = Factor de corrección del fluido en base al ángulo de la hélice

Al emplear el factor de corrección se determina que:

$$Q_{PC} = Q_P \times (F_p \times F_{pc} \times F_{pe})$$

$$Q_{PC} = (1.63 \times 10^{-4}) \frac{m^3}{s} \times ((0.82) \times (1.13) \times (1.16))$$

$$Q_{PC} = (1.63 \times 10^{-4}) \frac{m^3}{s} \times (1.075)$$

$$Q_{PC} = 1.75 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s} \times \frac{3600s}{1h}$$

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

2.3.3.12. Flujo total

El flujo total es la sumatoria de los flujos de arrastre y de presión corregidos, de esta manera tenemos:

$$Q_T = Q_{DC} + Q_{PC} \quad \text{Ec. (22)}$$

De donde:

Q_{PC} = Es flujo de presión corregido

Q_{DC} = Es flujo de arrastre corregido

Q_T = Es flujo total

De los valores se obtiene que:

$$Q_T = (1.892 \times 10^{-4} + 1.75 \times 10^{-4}) \frac{m^3}{s}$$

$$Q_T = (3.64 \times 10^{-4}) \frac{m^3}{s}$$

2.3.3.13. 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:

$$P_F = Q_T \times \Delta P \quad \text{Ec. (23)}$$

De donde:

Q_T = Es flujo total

ΔP = Es la presión promedio

P_F = Es la potencia en base al flujo

Del análisis de los valores se obtiene:

$$P_F = Q_T \times \Delta P$$

$$P_F = (3.64 \times 10^{-4}) \frac{m^3}{s} \times (9.235 \text{ Mpa})$$

$$P_F = 3.36 \times 10^{-3} \frac{\text{MPa} \times m^3}{s}$$

$$P_F = 3.36 \times 10^{-3} \frac{\text{MPa} \times m^3}{s} \times \frac{(1 \times 10^6) \text{ Pa}}{1 \text{ MPa}} \times \frac{1 \frac{\text{N}}{m^2}}{1 \text{ Pa}} \times \frac{1 \text{ J}}{\text{N} \cdot m} \times \frac{1 \text{ W}}{1 \frac{\text{J}}{s}}$$

$$P_F = 3360 \text{ W} \times \frac{1 \text{ KW}}{1 \times 10^3 \text{ W}}$$

$$P_F = 3.36 \text{ KW}$$

2.3.3.14. 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

$$Z_1 = 0.015(P_F) \quad \text{Ec. (24)}$$

De donde:

Z_1 = Representa las pérdidas por instalaciones eléctricas

P_F = Es la potencia en base al flujo

Reemplazando los valores se determina que:

$$Z_1 = 0.015(3.36KW)$$

$$Z_1 = 0.0504KW$$

2.3.3.15. 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

$$Z_2 = 0.03(P_t) \quad \text{Ec. (25)}$$

De donde:

Z_2 = Representa las pérdidas en motores y generadores

P_F = Es la potencia en base al flujo

El valor así calculado es:

$$Z_2 = 0.03(P_t)$$

$$Z_2 = 0.03(3.36KW)$$

$$Z_2 = 0.1008KW$$

2.3.3.16. 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:

$$P_R = P_F + Z_1 + Z_2 \quad \text{Ec. (26)}$$

De donde:

Z_2 = Representa las pérdidas en motores y generadores

P_F = Es la potencia en base al flujo

Z_1 = Representa las pérdidas por instalaciones eléctricas

Reemplazando los valores:

$$P_R = P_F + Z_1 + Z_2$$

$$P_R = 3.36KW + 0.0504KW + 0.1008KW$$

$$P_R = 3.51KW.$$

2.3.3.17. Potencia real en Hp

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

$$P_R = 3.51KW. \times \frac{1Hp}{0.746KW} \quad Ec. (27)$$

$$P_R = 4.7Hp$$

La potencia necesaria para el molino es de 4.7 Hp y por lo que en la construcción se seleccionó un motoreductor de 5Hp de potencia con una relación de transmisión de $i = 30.7$.

2.3.3.18. 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:

$$P_R = \frac{2 \times \pi \times N \times T}{60} \quad Ec. (28)$$

De donde:

π = Es un valor constante

P_R = Es la potencia del motor

N = Es el número de revoluciones de salida

T = Es el torque

Reemplazando los valores:

$$P_R = \frac{2 \times \pi \times N \times T}{60}$$

$$5Hp \times \frac{0.746Kw}{1Hp} \times \frac{1000W}{1Kw} = \frac{2 \times \pi \times (46.91rpm) \times T}{60}$$

$$\frac{3730W \times 60}{2 \times \pi \times 46.91} = T$$

$$T = \frac{223800}{29474}$$

$$T = 759N \cdot m$$

El torque que se produce en base a la potencia del motoreductor es de 759N.m.

Otra forma de calcular el torque es:

$$P_R = T \times W \quad \text{Ec. (29)}$$

Donde:

Potencia = W

Torque = N · m

$$\text{Velocidad}_\text{Angular} = \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$3730W = T \times (4.91) \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$T = 759N \cdot m$$

2.3.4. Ensayos realizados al fruto

2.3.4.1. Ensayo de compresión

En ingeniería, el ensayo de compresión es un ensayo técnico para determinar la resistencia de un material o su deformación ante un esfuerzo de compresión.

En la mayoría de los casos se realiza con hormigones y metales (sobre todo aceros), aunque puede realizarse sobre cualquier material.

- Se suele usar en materiales frágiles.
- La resistencia a compresión de todos los materiales siempre es mayor que a tracción.

A continuación se muestra en la figura la máquina que se utiliza para realizar ensayos de compresión



Fuente: Los Autores

Figura 2.3. Máquina para Ensayos de Compresión

Los ensayos de tracción y compresión comprueban las propiedades mecánicas del material.

Con las propiedades mecánicas del material y en base a su longitud inicial, se puede calcular su deformación unitaria, la variación de su longitud o alargamiento. Todo esto da origen a dos de los diagramas más importantes en lo referente al acero y es el diagrama esfuerzo – deformación del acero y el diagrama esfuerzo - alargamiento:

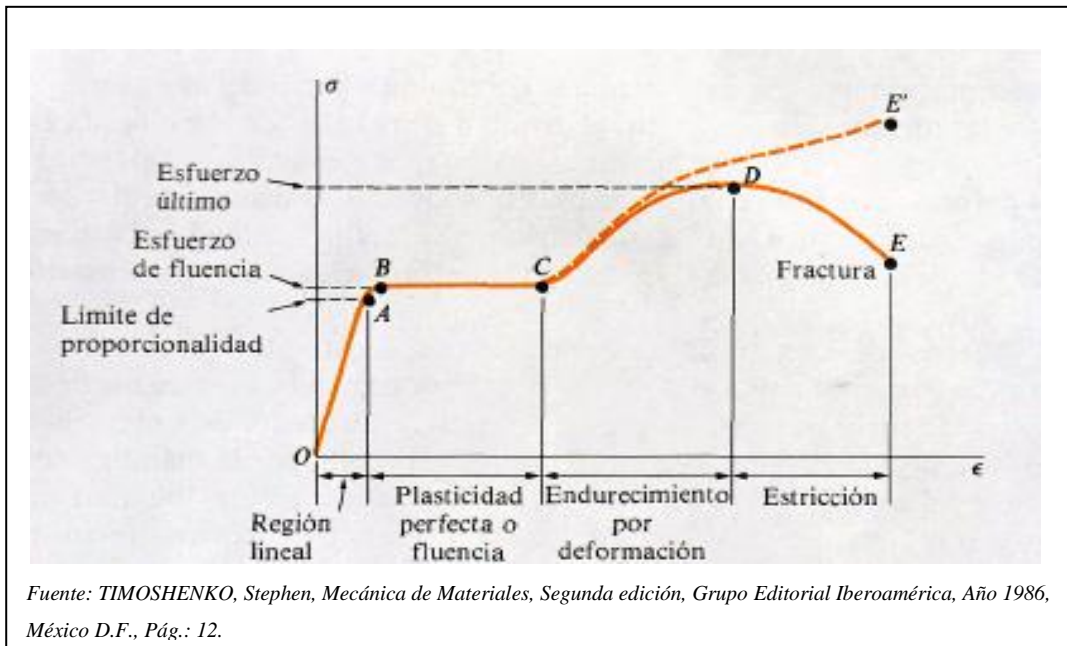


Figura 2.4. Diagrama Esfuerzo – Deformación del Acero

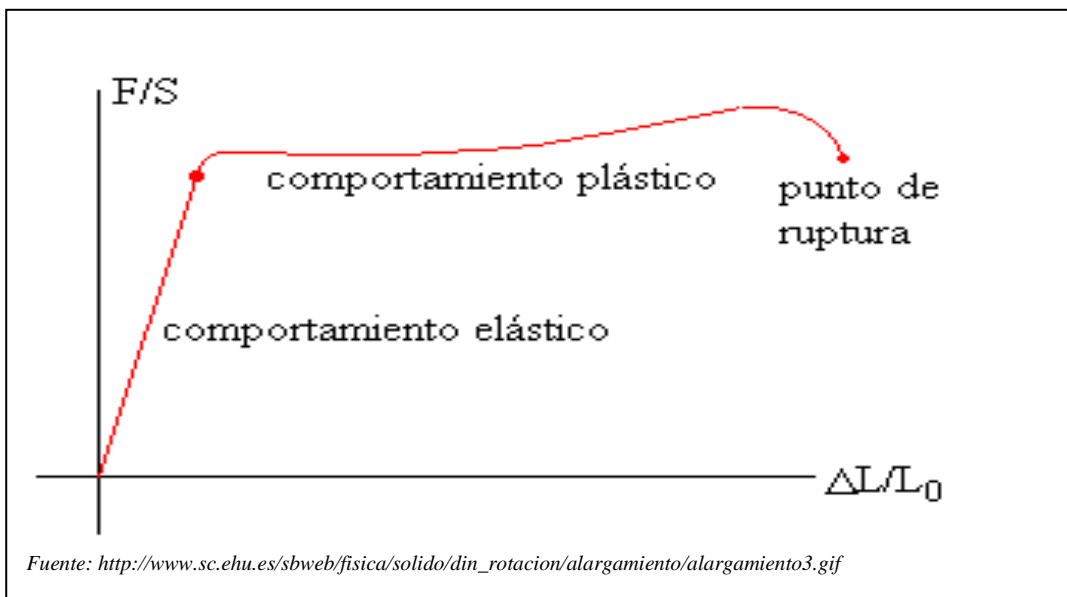


Figura 2.5. Diagrama Esfuerzo – Alargamiento del Acero

En el diagrama esfuerzo – alargamiento el esfuerzo depende de la naturaleza de la carga.

En la zona del comportamiento elástico o en zona elástica al aplicarse un esfuerzo y retirarlo el material primero se deforma y luego vuelve a su posición original. En esta zona el esfuerzo es directamente proporcional a la deformación ($\sigma \propto \epsilon$).

Al módulo de Young (E), se lo conoce como el módulo de elasticidad, representa la capacidad de deformación de los cuerpos, también se lo conoce como la pendiente en la zona elástica (comportamiento elástico), y es una propiedad invariante de los aceros.

En base al diagrama esfuerzo – alargamiento se pueden definir varias propiedades mecánicas como son:

Resiliencia: Es la energía que absorbe el material en la zona elástica

Tenacidad: Es la energía que absorbe el material hasta que se rompe, es el área bajo la curva en el diagrama esfuerzo – deformación.

En los aceros la tenacidad depende de la resistencia del material.

Fatiga: Se produce cuando existen cargas cíclicas que dan origen a fallas y estas a su vez provocan la ruptura.

Con la explicación detallada de los esfuerzos en los diagramas se procede a realizar el ensayo de compresión en la chonta.

2.3.4.2. Ensayo de compresión al fruto Chonta

Se realizó un ensayo de compresión al fruto del cual se necesita realizar la extracción (chonta), 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 tracción y compresión para medir sus propiedades.

En nuestro caso no existen probetas y se emplea la chonta directamente.

La presión se logra mediante placas o mandíbulas accionadas por tornillos o por un sistema hidráulico.

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

- 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 la ruptura del material.

Del ensayo realizado en la máquina de ensayos de compresión que se encuentra en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana, Campus Kennedy se pudo deducir lo siguiente:

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

Tabla 7. Esfuerzo Último de la Chonta

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).

2.3.5. Cálculo del diámetro del tornillo extrusor

2.3.5.1. Esfuerzo máximo y mínimo

Esfuerzo mínimo

$$\gamma_u(\text{Psi}) = 75 \text{ Psi.}$$

Esfuerzo máximo

$$\gamma_u(\text{Psi}) = 100 \text{ Psi.}$$

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

2.3.5.2. Área del fruto

Para calcular el área del fruto se utiliza la fórmula de una forma esférica, y de esta manera tenemos:

$$A_F = 4 \times \pi \times r^2 \quad \text{Ec. (30)}$$

De donde:

π = Es un valor constante

A_F = Es el área del fruto

r = Es el radio del fruto

Reemplazando valores:

$$A_F = 4 \times \pi \times r^2$$

$$A_F = 4 \times \pi \times (3cm)^2$$

$$A_F = 113.1cm^2$$

$$A_F = 113.1cm^2 \times \frac{(10)^2 mm^2}{(1)^2 cm^2}$$

$$A_F = 11310mm^2$$

Al momento se tienen como datos el esfuerzo último máximo y el área aproximada de un fruto que son:

2.3.5.3. Esfuerzo último

$$\gamma_U = 100 Psi.$$

$$A_F = 113.1cm^2$$

Al multiplicar los valores unitarios encontrados por el número de frutos que van a estar en el tornillo se obtiene:

$$\gamma_{UT} = \gamma_U \times \# Frutos \quad \text{Ec. (31)}$$

$$\gamma_{UT} = 100Psi. \times 10$$

$$\gamma_{UT} = 1000Psi.$$

$$A_{FT} = A_F \times \# \text{ Frutos} \quad \text{Ec. (32)}$$

$$A_{FT} = 113.1 \text{ cm}^2 \times 10$$

$$A_{FT} = 1131 \text{ cm}^2$$

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

2.3.5.4. 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 12 chontas; pero dos iniciales no ingresan al proceso.

$$\gamma_T = \frac{F_T}{A_{FT}} \quad \text{Ec. (33)}$$

$$F_T = \gamma_T \times A_{FT}$$

$$F_T = 1000 \frac{\text{lb}f}{\text{plg}^2} \times 1131 \text{ cm}^2 \times \frac{(1)^2 \text{ plg}^2}{(2.54)^2 \text{ cm}^2}$$

$$F_T = 175305.4 \text{ lb}f \times \frac{1 \text{ Kg}f}{2.2 \text{ lb}f}$$

$$F_T = 79684.3 \text{ Kg}f.$$

$$F_T = 79684.3 \text{ Kg}f. \times \frac{9.8 \text{ N}}{1 \text{ kg}f}$$

$$F_T = 780906.1 \text{ N} \times \frac{1 \text{ KN}}{1000 \text{ N}}$$

$$F_T = 780.9 \text{ KN}.$$

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.

El esfuerzo último para el acero inoxidable se encuentra entre 400 y 1000 MPa, (Anexo 4 (Tabla 43)), para el caso de los cálculos posteriores se utilizará el valor de 400MPa.

2.3.5.5. Carga distribuida total en el tornillo extrusor

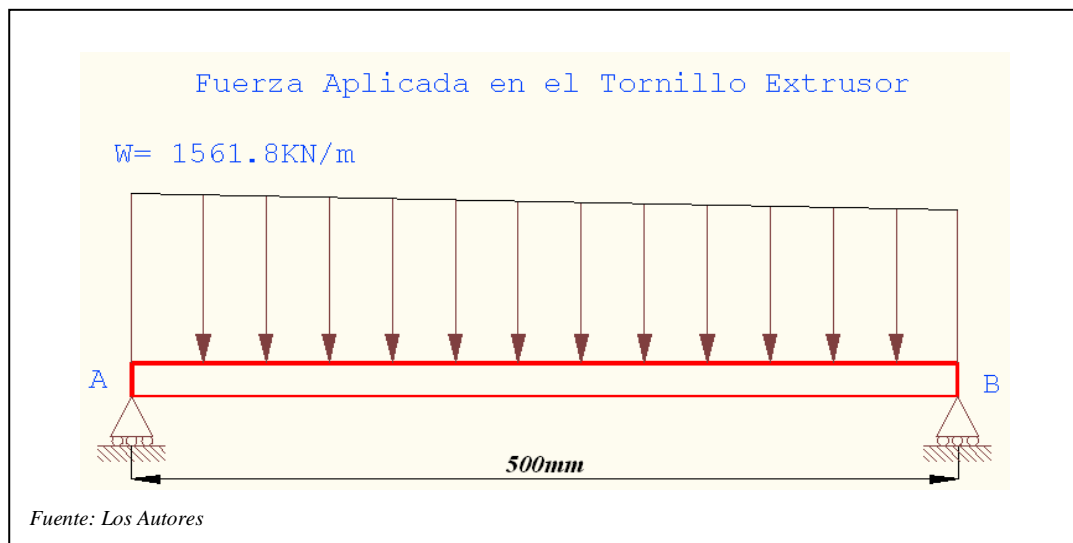


Figura 2.6. Carga Distribuida en base a la fuerza de ruptura de la chonta

Calculando la fuerza necesaria para lograr la ruptura de las chontas el cual es:

$$W = \frac{F_T}{L_T} \quad \text{Ec. (34)}$$

$$1561.8 \frac{\text{KN}}{\text{m}} = \frac{F_T}{(500 \times 10^{-3}) \text{m}}$$

$$F_T = 1561.8 \frac{\text{KN}}{\text{m}} \times (500 \times 10^{-3}) \text{m}$$

$$F_T = 780.9 \text{KN}$$

2.3.5.6. Esfuerzo último del acero inoxidable

$$\gamma_{UAI} = 400MPa$$

$$\gamma_{UAI} = 400MPa \times 1 \times \frac{10^3 KPa}{1MPa} \times \frac{1KN}{1KPa \times m^2}$$

$$\gamma_{UAI} = 4 \times 10^5 \frac{KN}{m^2}$$

Por tanto el esfuerzo último del acero inoxidable es de:

$$\gamma_U = 4 \times 10^5 \frac{KN}{m^2}$$

2.3.5.7. 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:

$$\gamma_{UAI} = \frac{F_{Tt}}{A_T} \quad Ec. (35)$$

De donde:

F_{Tt} = Fuerza total en el tornillo

A_T = Es el área del tornillo

γ_{UAI} = Es el esfuerzo último del acero inoxidable

Reemplazando los datos se obtiene:

$$\gamma_{UAI} = \frac{F_{Tt}}{A_T}$$

$$A_T = \frac{F_{Tt}}{\gamma_{UAI}}$$

$$A_T = \frac{780.9 \frac{KN}{m^2}}{4 \times 10^5 \frac{KN}{m^2}}$$

$$A_T = 1.952 \times 10^{-3} m^2$$

$$A_T = 1.952 \times 10^{-3} m^2 \times \frac{(1000)^2 mm^2}{(1)m^2}$$

$$A_T = 1952 mm^2.$$

Del área encontrada se determina el radio, y de esta manera se obtiene el diámetro necesario para el tornillo.

2.3.5.8. Diámetro del tornillo extrusor

Calculada el área del tornillo y tomando la fórmula del área para un eje circular se tiene que:

$$A_T = \pi \times r^2 \quad \text{Ec. (36)}$$

De donde:

π = Es un valor constante

r = Es el radio del tornillo

A_T = Es el área del tornillo

Reemplazando valore, y calculando el diámetro:

$$A_T = \pi \times r^2$$

$$r = \sqrt{\frac{A_T}{\pi}}$$

$$r = \sqrt{\frac{1952mm^2}{\pi}}$$

$$r = \sqrt{621.34mm^2}$$

$$r = 24.93mm$$

$$\phi = 2 \times r \quad \text{Ec. (37)}$$

$$\phi = 2 \times (24.93)mm$$

$$\phi = 49.85mm.$$

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

$$\phi_R = \phi \times fs \quad \text{Ec. (38)}$$

$$\phi_R = 49.85 \times 2$$

$$\phi_R = 99.72 \text{mm.}$$

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

2.3.6. Cálculo de las reacciones en el tornillo extrusor

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

2.3.6.1. Peso del tornillo extrusor

Para el cálculo del peso del tornillo extrusor se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros¹³:

Material = Acero Inoxidable 304

Diámetro = 104mm.

Longitud = 800mm.

$$Peso = \frac{\phi^2 \times \pi \times L}{4000000} \times \Gamma_{material}. \quad \text{Ec. (39)}$$

¹³ <http://foros.construaprende.com/como-puedo-calculer-el-peso-de-ua-est-metalica-perfil-canal-vt2551.html>

De donde:

\emptyset = Diámetro del eje

π = Valor constante

L = Longitud del eje

Γ = Densidad del material

4000000 = Factor de conversión

Reemplazando valores se tiene que:

$$Peso = \frac{\emptyset^2 \times \pi \times L}{4000000} \times \Gamma_{material}$$

$$Peso = \frac{(104)^2 mm^2 \times \pi \times (800)mm}{4000000} \times (7.85)$$

$$Peso = \frac{(10816)mm^2 \times \pi \times (800)mm}{4000000} \times (7.85)$$

$$Peso = 53.35Kg.$$

$$Peso = 53.35Kg. \times \frac{9.8N}{1Kg} \times \frac{1KN}{1000N}$$

$$Peso = 0.52KN$$

2.3.6.2. Diagramas de cargas en el tornillo extrusor

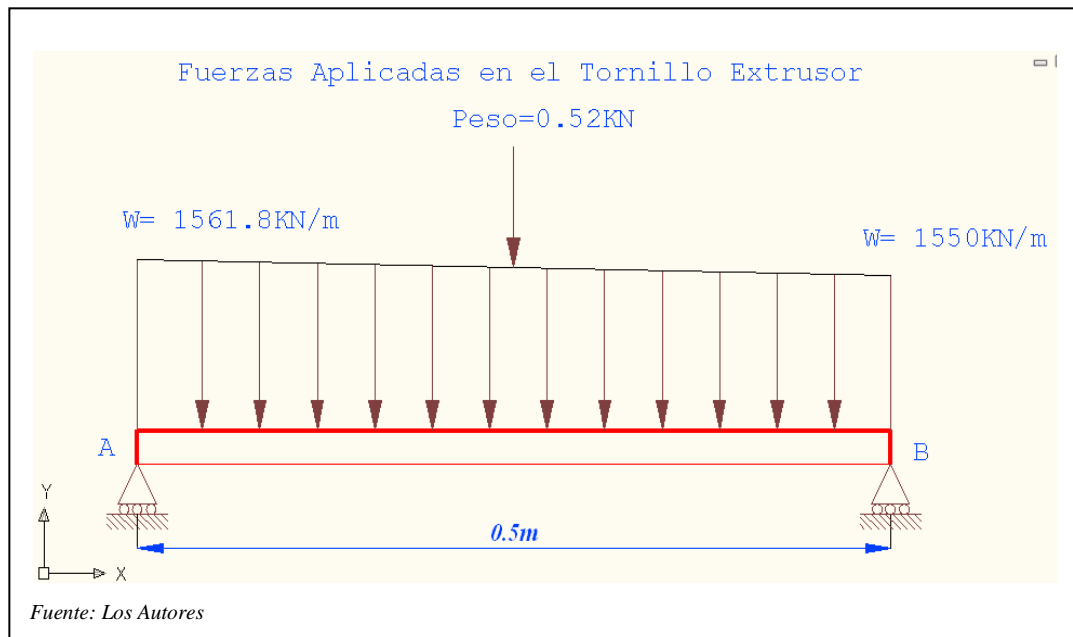


Figura 2.7. Cargas Aplicadas en el Tornillo Extrusor

En la figura 2.7, 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 todo el cuerpo del tornillo extrusor se coloca una carga distribuida menor.

De esta manera la carga distribuida tiene forma de trapecio, pero a la cual para su análisis se la puede dividir en dos partes, la primera como una carga distribuida triangular, y la segunda como una carga distribuida rectángulas.

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

En la siguiente figura se facilita la visualización de donde se encuentra situada la fuerza en la carga distribuida de forma triangular.

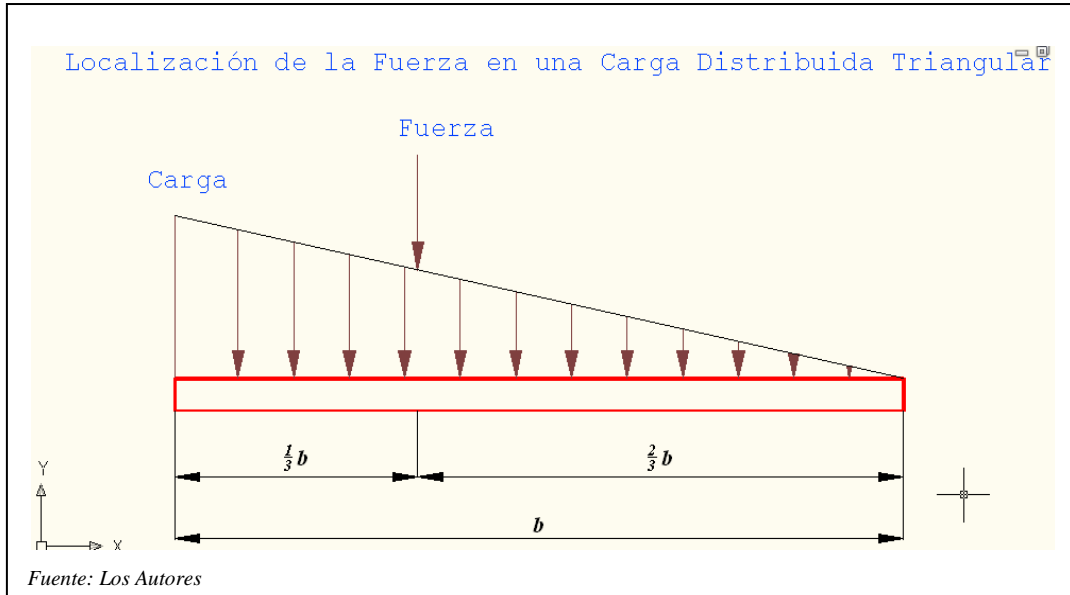


Figura 2.8. Localización de la Fuerza en una Carga Distribuida Triangular

A continuación se muestra donde se encuentra situado el momento máximo en la carga distribuida triangular.

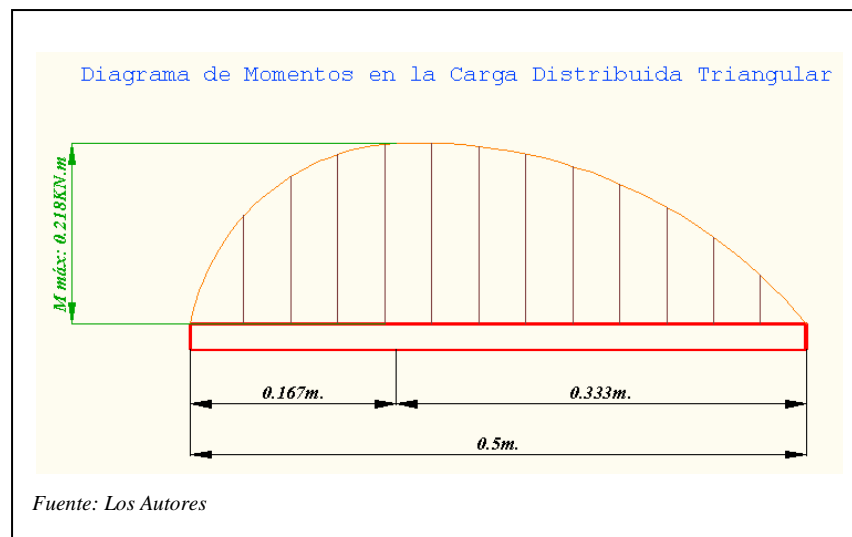


Figura 2.9. Momento Máximo en la Carga Distribuida Triangular

En la siguiente figura se facilita la visualización de donde se encuentra situada la fuerza en la carga distribuida rectangular.

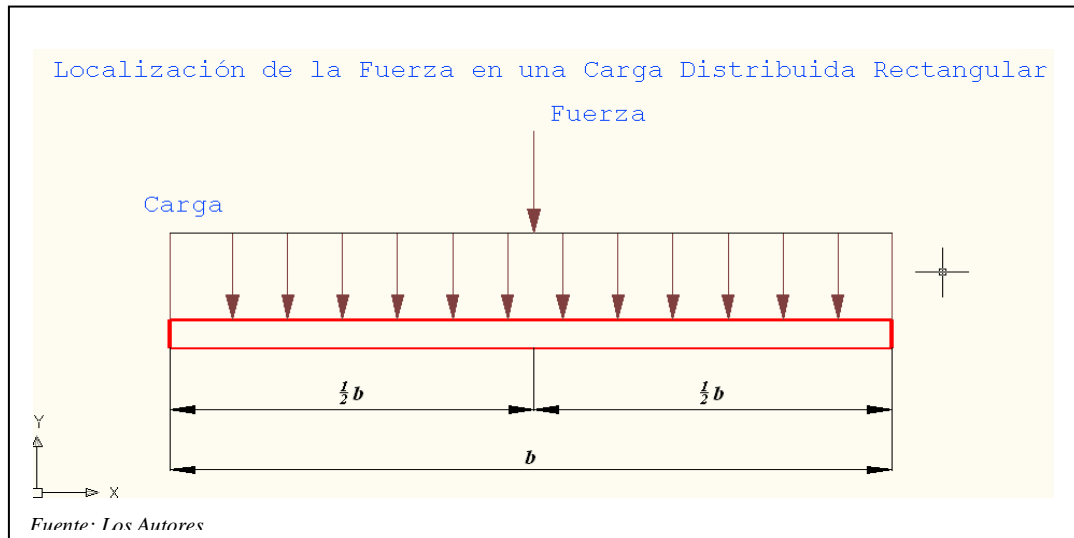


Figura 2.10. Localización de la Fuerza en una Carga Distribuida Rectangular

A continuación se observa donde se encuentra situado el momento máximo en la carga distribuida rectangular.

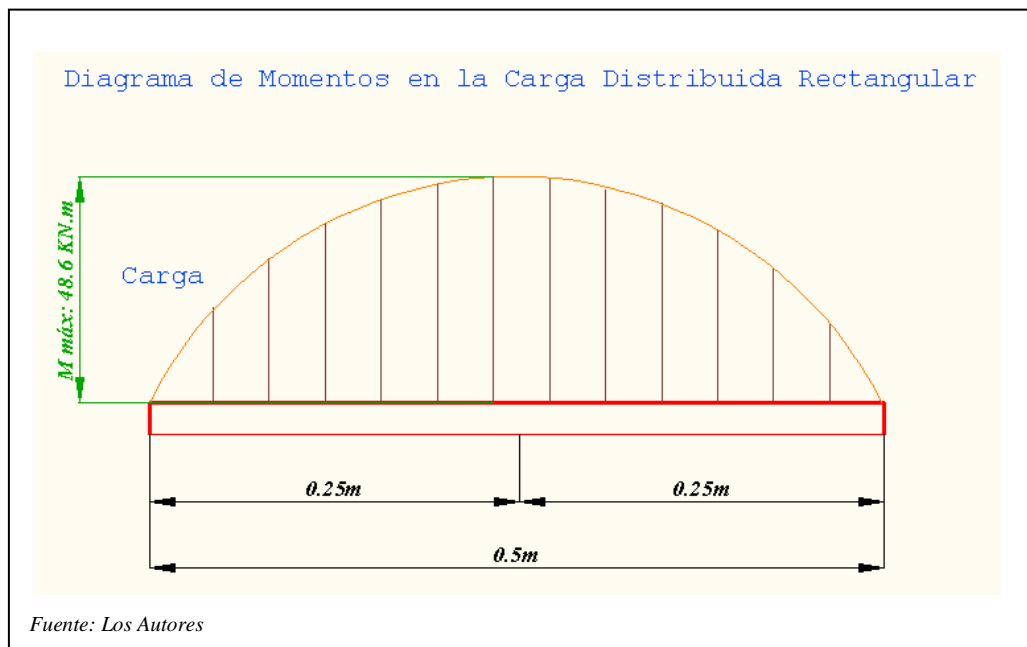


Figura 2.11. Momento Máximo en la Carga Distribuida Rectangular

2.3.6.3. Fuerzas en las cargas triangular y rectangular

El diagrama para calcular la fuerza en la carga triangular se muestra en la siguiente figura:

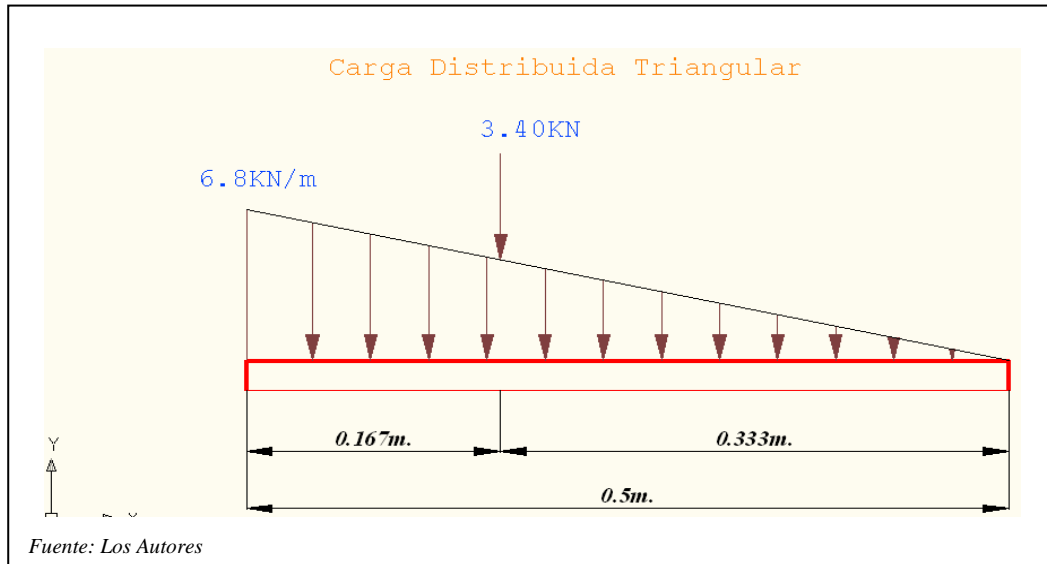


Figura 2.12. Carga Distribuida Triangular con Valores

Cálculo de la distancia donde se encuentra ubicada la fuerza:

$$d_1 = \frac{1}{3} \times b \qquad d_2 = \frac{2}{3} \times b \qquad \text{Ec. (40)}$$

$$d_1 = \frac{1}{3} \times (0.5)m \qquad d_2 = \frac{2}{3} \times (0.5)m$$

$$d_1 = 0.167m. \qquad d_2 = 0.333m.$$

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

$$F_1 = \frac{W \times L}{2} \qquad \text{Ec. (41)}$$

De donde:

F = Es la fuerza producida por la carga distribuida rectangular

L = Es la longitud de trabajo del tornillo

W = Es la carga distribuida rectangular

Reemplazando valores en la ecuación (41):

$$F_1 = \frac{W \times L}{2}$$

$$F_1 = \frac{(6.8) \frac{KN}{m} \times (0.5)m}{2}$$

$$F_1 = 3.40KN.$$

El diagrama para calcular la fuerza en la carga rectangular se muestra en la siguiente figura:

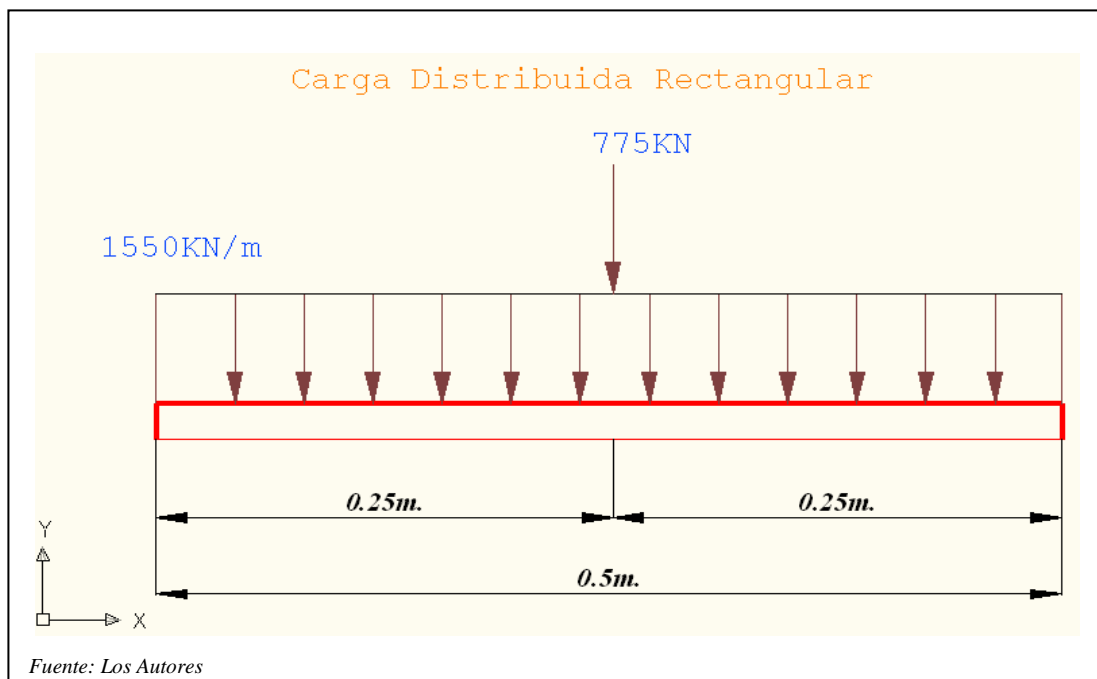


Figura 2.13. Carga Distribuida Rectangular con Valores

Cálculo de la distancia donde se encuentra ubicada la fuerza:

$$d_1 = d_2 = \frac{1}{2} \times b \quad \text{Ec. (42)}$$

$$d_1 = d_2 = \frac{1}{2} \times (0.5)m$$

$$d_1 = d_2 = 0.25m.$$

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

$$F_1 = W \times L \quad \text{Ec. (43)}$$

De donde:

F = Es la fuerza producida por la carga distribuida rectangular

L = Es la longitud de trabajo del husillo

W = Es la carga distribuida rectangular

Reemplazando valores en la ecuación (43) tenemos:

$$F_2 = W \times L$$

$$F_2 = (1550) \frac{KN}{m} \times (0.5)m$$

$$F_2 = 775KN.$$

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

2.3.6.4. Diagrama del cuerpo libre del tornillo extrusor

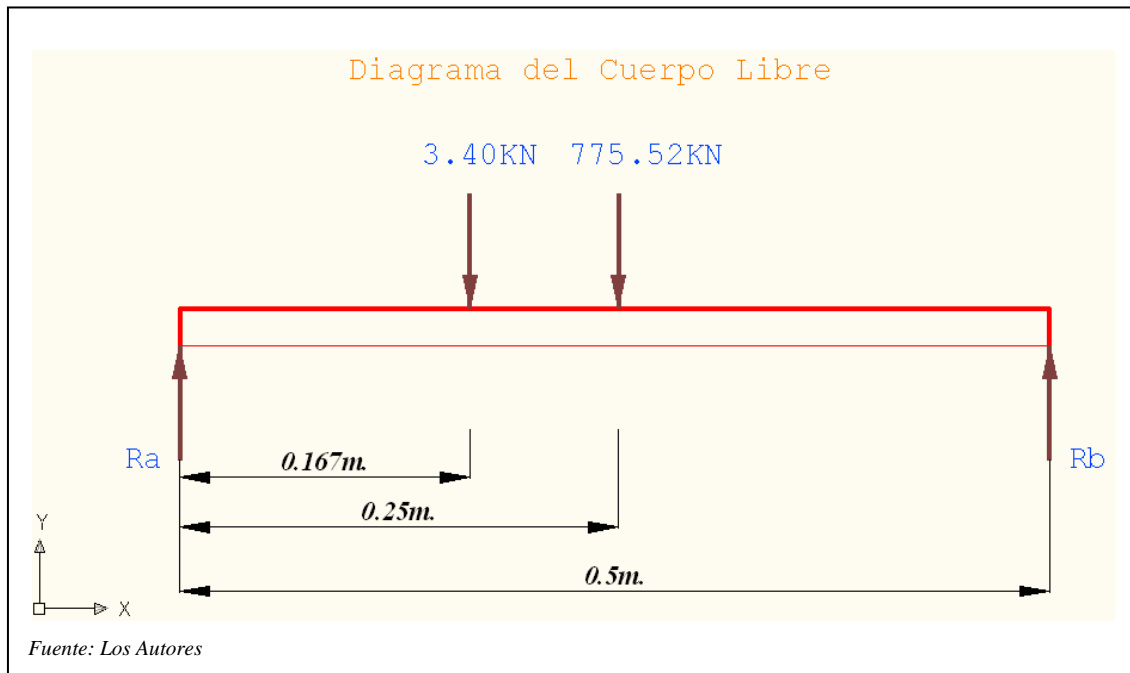


Figura 2.14. Diagrama del Cuerpo Libre

En el diagrama del cuerpo libre se observa que existe una fuerza de 775.52kN, 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:

$$\uparrow (+)\Sigma F_y = 0$$

$$R_A + R_B - 775.52\text{KN} - 3.40\text{KN} = 0 \quad \text{Ec. (44)}$$

$$R_A + R_B = 775.52\text{KN} + 3.40\text{KN}$$

$$R_A + R_B = 778.92\text{KN}$$

$$R_A = 778.92\text{KN} - R_B$$

Mediante la sumatoria de momentos:

$$\downarrow (+)\Sigma M_A = 0$$

$$R_B(0.5m) - 775.52KN(0.25)m - 3.4KN(0.167)m = 0 \quad \text{Ec. (45)}$$

$$R_B(0.5m) - 193.88KN \cdot m - 0.568KN \cdot m = 0$$

$$R_B(0.5m) - 194.45KN \cdot m = 0$$

$$R_B(0.5m) = 194.45KN \cdot m$$

$$R_B = \frac{194.45KN \cdot m}{0.5m}$$

$$R_B = 388.9KN$$

El valor de R_B se reemplaza en la ecuación de la sumatoria de fuerzas horizontales, y se encuentra la reacción en A.

$$R_A = 778.92KN - R_B \quad \text{Ec. (46)}$$

$$R_A = 778.92KN - 388.9KN$$

$$R_A = 390KN.$$

2.3.7. Diseño del tornillo extrusor por efecto de torsión

“La torsión se refiere al torcimiento de un miembro estructural cuando se carga con momentos que producen rotación alrededor de su eje longitudinal.”¹⁴

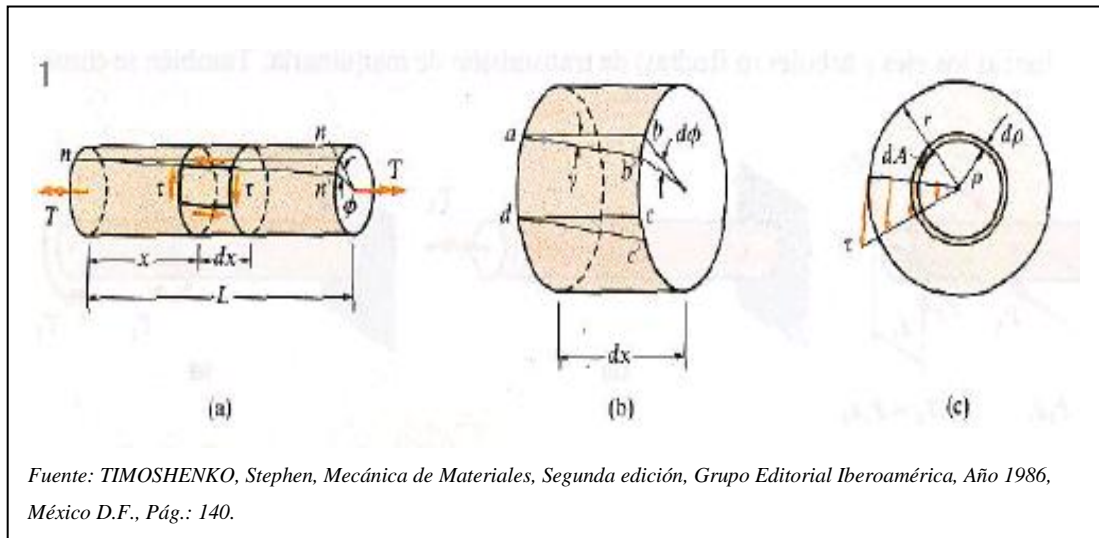


Figura 2.15. Barra Circular Sometida a Torsión Pura

Durante la torsión ocurrirá una rotación alrededor del eje longitudinal, de un extremo de la barra respecto al otro. Si se fija el extremo izquierdo de la barra, entonces el extremo derecho girará un pequeño ángulo α con respecto al extremo izquierdo, como se puede observar en la figura 2.13. (b). El ángulo α se lo conoce como ángulo de torsión.

El esfuerzo cortante máximo en una barra circular sometida a torsión puede determinarse en la ecuación:

$$T_{m\acute{a}x} = \frac{T \times r}{I_p} \quad \text{Ec. (47)}$$

Donde:

$T_{m\acute{a}x}$ = Esfuerzo cortante máximo

T = Momento de torsión

r = Radio del eje

I_p = Inercia polar

¹⁴ TIMOSHENKO, Stephen, *Mecánica de Materiales*, Segunda edición, Grupo Editorial Iberoamérica, Año 1986, México D.F., Pág.: 139.

A la ecuación (47) se la conoce como fórmula de la torsión, establece que el esfuerzo cortante máximo es proporcional al momento de torsión aplicado T, y al radio r, e inversamente proporcional al momento polar de inercia de la sección transversal.

La inercia polar varía de acuerdo si el eje es macizo o es una barra circular hueca:

Inercia polar para un eje macizo:

$$I_p = \frac{\pi \times \phi^4}{32} \quad \text{Ec. (48)}$$

Donde:

π = Es un valor constante

ϕ = Es el diámetro del eje

I_p = Inercia polar

Inercia polar para una barra circular hueca:

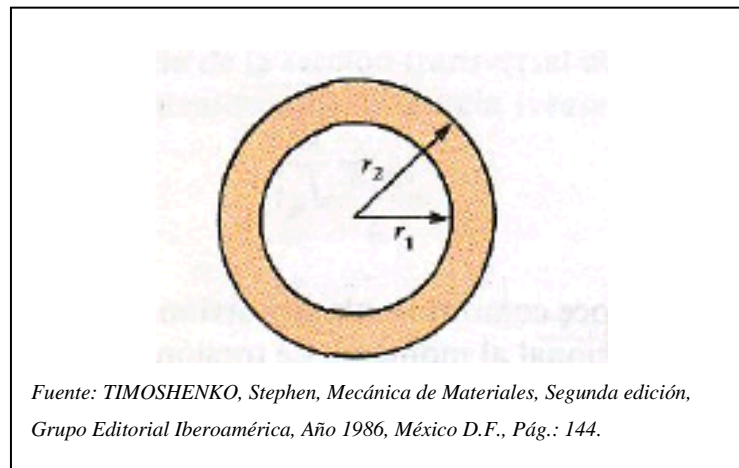


Figura 2.16. Barra Circular Hueca

En la ecuación (49) se indica la forma de calcular la inercia polar de una barra hueca.

$$I_p = \frac{\pi}{32} (d_2^4 - d_1^4) \quad \text{Ec. (49)}$$

Donde:

π = Es un valor constante

\emptyset_2 = Es el diámetro externo de la barra

I_p = Inercia polar

\emptyset_1 = Es el diámetro interno de la barra

Con la ecuación (49), se determina la inercia polar en una barra circular hueca, en base a sus diámetros.

Reemplazando la ecuación (48) de la inercia polar para un eje macizo en la fórmula de la torsión se tiene:

$$T_{m\acute{a}x} = \frac{16 \times T}{\pi \times d^3} \quad Ec. (50)$$

Donde:

$T_{m\acute{a}x}$ = Esfuerzo cortante máximo

T = Momento de torsión

d = Diámetro del eje

π = Valor constante

Que es otra fórmula para calcular el esfuerzo cortante máximo en una barra sólida.

Con las ecuaciones obtenidas se procede a realizar el cálculo del esfuerzo cortante máximo en el tornillo extrusor.

2.3.7.1. Inercia

Calculado el diámetro del tornillo extrusor se procede a realizar el cálculo de su inercia polar con la fórmula que se muestra a continuación, considerando que es un eje circular macizo:

$$I_p = \frac{\pi \times \phi^4}{32} \quad \text{Ec. (51)}$$

$$I_p = \frac{\pi \times (104)^4 \text{ mm}^4}{32}$$

$$I_p = \frac{\pi \times (116985856) \text{ mm}^4}{32}$$

$$I_p = 11485059.6 \text{ mm}^4 \times \frac{1 \text{ m}^4}{(1000)^4 \text{ mm}^4}$$

$$I_p = 1.14 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

2.3.7.2. Esfuerzo cortante máximo

Reemplazando valores en la ecuación (47):

$$T_{m\acute{a}x} = \frac{T \times r}{I_p}$$

$$T_{m\acute{a}x} = \frac{(759) \text{ N} \cdot \text{m} \times (52 \times 10^{-3}) \text{ m}}{(1.14 \times 10^{-5}) \text{ m}^4}$$

$$T_{m\acute{a}x} = 3462105.3 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times \frac{1 \text{ KN}}{1000 \text{ N}}$$

$$T_{m\acute{a}x} = 3462 \text{ KPa} \times \frac{1 \text{ MPa}}{1000 \text{ KPa}}$$

$$T_{m\acute{a}x} = 3.46 \text{ MPa}$$

2.3.7.3. Ángulo de torsión

Calculado el esfuerzo cortante máximo procedemos a calcular el ángulo de torsión en base a la siguiente fórmula:

$$\alpha = \frac{T \times L}{G \times I_p} \quad \text{Ec. (52)}$$

Donde:

G = Módulo de rigidez del material

T = Momento de torsión

I_p = Inercia polar

L = Longitud total del eje extrusor

α = Ángulo de torsión

Reemplazando valores se obtiene:

$$\alpha = \frac{T \times L}{G \times I_p}$$
$$\alpha = \frac{759N \cdot m \times (800 \times 10^{-3})m}{73.1 \frac{GN}{m^2} \times (1.14 \times 10^{-5})m^4 \times \frac{1 \times 10^9 N}{1GN}}$$
$$\alpha = \frac{607.2}{833340}$$
$$\alpha = 7.28 \times 10^{-4} rad$$

2.3.7.4. 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 viga que tenga una carga distribuida triangular:

Momento máximo con una carga distribuida rectangular (Anexo 4 (Tabla 40)):

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{W \times L^2}{8} \quad \text{Ec. (53)}$$

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{(1555) \frac{KN}{m} \times (0.5)^2 m^2}{8}$$

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{(1555) \frac{KN}{m} \times (0.25)m^2}{8}$$

$$M_{m\acute{a}x} = 48.6KN \cdot m$$

Momento máximo con una carga distribuida triangular (Anexo 4 (Tabla 40)):

$$M_{m\acute{a}x} = 0.1283 \times W \times L \quad \text{Ec. (54)}$$

$$M_{m\acute{a}x} = 0.1283 \times (6.8) \frac{KN}{m} \times (0.5)^2 m^2$$

$$M_{m\acute{a}x} = 0.2181KN \cdot m$$

Momento máximo con una carga puntual en el centro (Anexo 4(Tabla 41)):

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{P \times L}{4} \quad \text{Ec. (55)}$$

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{0.52KN \times (0.5)m}{4}$$

$$M_{m\acute{a}x} = 0.065KN \cdot m$$

Sumando los tres momentos máximos debido a las cargas tenemos:

$$M_{m\acute{a}x_T} = M_{m\acute{a}x1} + M_{m\acute{a}x2} + M_{m\acute{a}x3} \quad \text{Ec. (56)}$$

$$M_{m\acute{a}x_T} = (48.59KN \cdot m) + (0.2181KN \cdot m) + (0.065KN \cdot m)$$

$$M_{m\acute{a}x_T} = 48.87KN \cdot m$$

2.3.8. Diseño estático del tornillo extrusor

Se calculó el momento máximo que tiene el husillo que es de 48.87KN.m, y también se conoce que por la potencia del motor, se produce un torque de 0.759KN.m, partiendo de estos datos y utilizando la teoría del esfuerzo cortante máximo podemos diseñar el tornillo de una segunda manera:

$$n = \frac{\sigma_y}{\sigma_{eq}} \quad Ec. (57)$$

De donde:

σ_y = Esfuerzo admisible, esfuerzo de fluencia

σ_{eq} = Esfuerzo equivalente o esfuerzo de trabajo

n = Factor de Seguridad

El esfuerzo equivalente o esfuerzo de trabajo se puede calcular en la siguiente fórmula:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 4T_{xy}^2} \quad Ec. (58)$$

De donde:

σ_x = Esfuerzo por flexión

σ_{eq} = Esfuerzo equivalente o esfuerzo de trabajo

T = Momento Torsor

El esfuerzo por flexión se calcula en base a la siguiente fórmula:

$$\sigma_x = \frac{32 \times M_{m\acute{a}x}}{\pi \times \phi^3} \quad Ec. (59)$$

De donde:

σ_x = Esfuerzo por flexión

$M_{m\acute{a}x}$ = Momento Máximo

ϕ = Diámetro del tornillo.

El esfuerzo por torsi3n se calcula en base a la siguiente f3rmula:

$$T_{x,y} = \frac{16 \times T}{\pi \times \phi^3} \quad Ec. (60)$$

De donde:

$T_{x,y}$ = Esfuerzo por torsi3n

T = Momento Torsor

ϕ = Diámetro del tornillo

Reemplazando con valores las ecuaciones se tiene:

Esfuerzo por flexión

$$\sigma_x = \frac{32 \times M_{\text{máx}}}{\pi \times \phi^3} \quad \text{Ec. (61)}$$

$$\sigma_x = \frac{32 \times (48.87) \text{KN} \cdot \text{m}}{\pi \times \phi^3}$$

$$\sigma_x = \frac{497.8 \text{KN} \cdot \text{m}}{\phi^3}$$

Esfuerzo por torsión

$$T_{x,y} = \frac{16 \times T}{\pi \times \phi^3} \quad \text{Ec. (62)}$$

$$T_{x,y} = \frac{16 \times (0.759) \text{KN} \cdot \text{m}}{\pi \times \phi^3}$$

$$T_{x,y} = \frac{3.86 \text{KN} \cdot \text{m}}{\phi^3}$$

Esfuerzo equivalente

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 4T_{xy}^2} \quad \text{Ec. (63)}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(\frac{497.8}{\phi^3}\right)^2 \text{KN}^2 \cdot \text{m}^2 + 4\left(\frac{3.86}{\phi^3}\right)^2 \text{KN}^2 \cdot \text{m}^2}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\frac{247804.9}{\phi^6} \text{KN}^2 \cdot \text{m}^2 + \frac{59.6}{\phi^6} \text{KN}^2 \cdot \text{m}^2}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\frac{247864.5}{\phi^6} \text{KN}^2 \cdot \text{m}^2}$$

$$\sigma_{eq} = 497.86 \text{KN} \cdot \text{m}$$

Utilizando un factor de seguridad de 2 (Anexo 4(Tabla 51)), por el tipo de elemento:

$$n = \frac{\sigma_y}{\sigma_{eq}} \quad \text{Ec. (64)}$$

$$2 = \frac{700MPa \times \frac{1000KPa}{1MPa} \times \frac{1 \frac{KN}{m^2}}{1KPa}}{\left(\sqrt{\frac{247864.5}{\phi^6} KN^2 m^2} \right)}$$

$$\left(\sqrt{\frac{247864.5}{\phi^6} KN^2 m^2} \right) = \frac{7 \times 10^5 \frac{KN}{m^2}}{2}$$

$$\left(\sqrt{\frac{247864.5}{\phi^6} KN^2 m^2} \right) = 3.5 \times 10^5 \frac{KN}{m^2}$$

$$\left(\sqrt{\frac{247864.5}{\phi^6} KN^2 m^2} \right)^2 = \left(3.5 \times 10^5 \frac{KN}{m^2} \right)^2$$

$$\left(\sqrt{\frac{247864.5}{\phi^6} KN^2 m^2} \right)^2 = \left(3.5 \times 10^5 \frac{KN}{m^2} \right)^2$$

$$\frac{247864.5}{\phi^6} KN^2 m^2 = 1.225 \times 10^{11} \frac{KN^2}{m^4}$$

$$\phi^6 = \frac{247864.5 \frac{KN^2 m^2}{1}}{1.225 \times 10^{11} \frac{KN^2}{m^4}}$$

$$\phi^6 = 2.023 \times 10^{-6} m^6$$

$$\phi = 0.11m \times \frac{1000mm}{1m}$$

$$\phi = 110mm$$

El diámetro necesario para el tornillo de potencia, utilizando el esfuerzo por flexión y torsión es de 110mm. Por tanto se utilizará para la construcción un diámetro de 4”.

2.3.9. Diseño por fatiga del tornillo extrusor

El material utilizado para la construcción del tornillo extrusor, es acero inoxidable el cual tiene características específicas, una de ellas es su no oxidación, en la tabla 5 se indica todas las características que posee el acero inoxidable.

“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.**”¹⁵

“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.”¹⁶

$$S_e = (S_e'') \times (k_a) \times (k_b) \times (k_c) \times (k_d) \times (k_e) \times (k_f) \quad \text{Ec. (65)}$$

De donde:

S_e = Límite de resistencia a la fatiga

S_e'' = Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

k_a = Factor de modificación de la condición superficial

k_b = Factor de modificación del tamaño

k_c = Factor de modificación de la carga

¹⁵ BUDINAS, Richard – NISBETT Keith, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, Octava edición, Editorial Mc Graw – Hill, Año 2008, México, D.F. Pág.: 258

¹⁶ MARÍN, Joseph, Comportamiento Mecánico de Materiales en Ingeniería, Prentice Hall, Englewood Cliffs, Año 1962, Pág:224

k_d = Factor de modificación de la temperatura

k_e = Factor de confiabilidad

k_f = Factor de modificación de efectos varios

Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria (S_e)

La ecuación (66) nos sirve para calcular la resistencia a la fatiga en viga rotatoria en base a la resistencia a la tensión mínima S_{UT} .

$$S_e = 0.5 \times S_{UT} \quad \text{Ec. (66)}$$

$$S_e = 0.5 \times (568) \text{MPa}$$

$$S_e = 284 \text{MPa}$$

Factor de modificación de la condición superficial (k_a) (Anexo 4 (Tabla 21))

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

$$k_a = a \times (S_{UT})^b \quad \text{Ec. (67)}$$

$$k_a = 4.51 \times (568 \text{MPa})^{-0.265}$$

$$k_a = 0.84$$

Factor de modificación del tamaño (k_b) (Anexo 4 (Tabla 24))

Se calcula el factor de modificación del tamaño con un diámetro de 4 pulgadas

$$k_b = 0.91 \times (\phi)^{-0.157} \quad \text{Ec. (68)}$$

$$k_b = 0.91 \times (4 \text{ plg})^{-0.157}$$

$$k_b = 0.732$$

Factor de modificación de la carga (k_c)

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

$$k_c = 0.59$$

Factor de modificación de la temperatura (k_d) (Anexo4 (Tabla 22))

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.

$$k_d = 1$$

Factor de confiabilidad (k_e) (Anexo 4 (Tabla 23))

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%

$$z_a = 3.091$$

De donde:

z_a = Variación de transformación

$$k_e = 1 - (0.08 \times z_a) \quad \text{Ec. (69)}$$

$$k_e = 1 - (0.08 \times 3.091)$$

$$k_e = 1 - (0.247)$$

$$k_e = 0.753$$

Factor de modificación de efectos varios (k_f) (Anexo 4 (Tabla 24)).

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

$$S_{UT} = 82.4 \text{Ksi}$$

$$q = 0.5 p \lg .$$

En tablas se obtiene que:

$$k_f = 0.65$$

Límite de resistencia a la fatiga (S_e)

Se calcula con el fin de evitar fallas en los elementos mecánicos utilizados, ya que algunos esfuerzos se repiten muchas veces en la mismo elemento.

$$S_e = (S_e'') \times (ka) \times (kb) \times (kc) \times (kd) \times (ke) \times (kf) \quad \text{Ec. (70)}$$

$$S_e = (284MPa) \times (0.84) \times (0.732) \times (0.59) \times (1) \times (0.735) \times (0.65)$$

$$S_e = 49.2MPa$$

Factor de seguridad (n)

$$n = \frac{\sigma_y}{S_e} \quad \text{Ec. (71)}$$

$$n = \frac{276MPa}{49.2MPa}$$

$$n = 5.6$$

Como el factor de seguridad está en el rango de 1 a 10 se deduce que el diseño realizado para el husillo diámetro 104mm., está correcto.

2.3.10. Diseño del ángulo (Base y Apoyo)

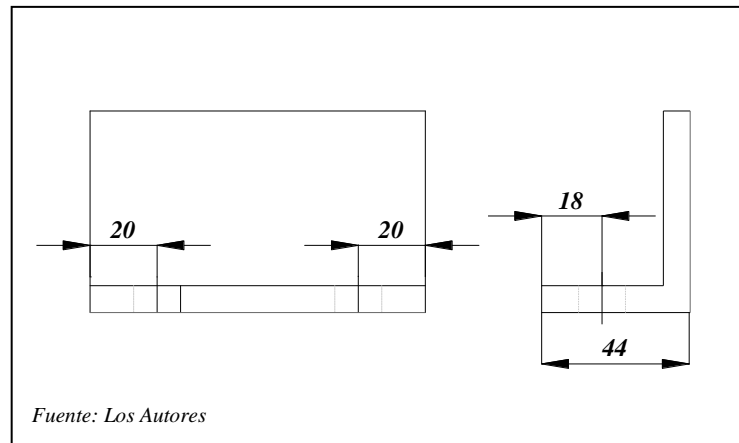


Figura 2.17. Ángulo

Base

Para el cálculo del espesor de la placa base de apoyo se tiene como datos los siguientes valores:

Material = Acero

Longitud = 100mm

Ancho = 44mm

$$\gamma_y = 1000 \frac{MN}{m^2}$$

Esfuerzo permisible del acero

$$\gamma_U = 860 \frac{MN}{m^2}$$

Esfuerzo último del acero

Se calcula el área, utilizando la fuerza que se aplica en el tornillo extrusor:

$$\gamma_U = \frac{F}{A} \quad \text{Ec. (72)}$$

$$1000 \frac{MN}{m^2} = \frac{780.9 \frac{KN}{1}}{A}$$

$$A = \frac{780.9 \frac{KN}{1}}{1000 \frac{MN}{m^2} \times \frac{1 \times 10^3 KN}{1MN}}$$

$$A = 7.809 \times 10^{-4} m^2$$

$$A = 7.809 \times 10^{-4} m^2 \times \frac{(1000)^2 mm^2}{1m^2}$$

$$A = 780.9 mm^2.$$

Con el área encontrada, se calcula el espesor que debe tener la placa:

$$A = b \times e \quad \text{Ec. (73)}$$

$$A = (13 + 46 + 13) mm \times e$$

$$A = 72 mm \times e$$

$$e = \frac{7.809 \times 10^{-4} m^2}{72 \times 10^{-3} m}$$

$$e = 0.010 m$$

$$e = 0.010 m \times \frac{1000 mm}{1 m}$$

$$e = 10 mm.$$

Por disposición en el mercado el espesor utilizado en la placa será de 8mm

Con el espesor de la placa calculado se calcula el peso de la placa¹⁷:

$$Peso = \frac{L \times a \times e}{1000000} \times \Gamma_{material}. \quad Ec. (74)$$

De donde:

a = Ancho de la placa

e = Espesor de la placa

L = Longitud de la placa

Γ = Densidad del material

1000000 = Factor de conversión

Reemplazando valores se obtiene:

$$Peso = \frac{L \times a \times e}{1000000} \times \Gamma_{material}.$$

$$Peso = \frac{(100)mm \times (44)mm \times (8)mm}{1000000} \times (7.85)$$

$$Peso = \frac{35200mm^3}{1000000} \times (7.85)$$

$$Peso = 0.276Kg.$$

$$Peso = 0.276Kg. \times \frac{9.8N}{1Kg} \times \frac{1KN}{1000N}$$

$$Peso = 2.7 \times 10^{-3} KN$$

Apoyo

¹⁷ <http://foros.construaprende.com/como-puedo-calculer-el-peso-de-ua-est-metalica-perfil-canal-vt2551.html>

Para el cálculo del espesor de la placa de apoyo del perfil se tiene como datos los siguientes valores:

Material = Acero

Longitud = 100mm

Ancho = 60mm

$$\gamma_Y = 1000 \frac{MN}{m^2}$$

$$\gamma_U = 860 \frac{MN}{m^2}$$

Se calcula el área, utilizando la fuerza que se aplica en el tornillo extrusor.

$$\gamma_U = \frac{F}{A} \quad \text{Ec. (75)}$$

$$1000 \frac{MN}{m^2} = \frac{780.9 \frac{KN}{1}}{A}$$

$$A = \frac{780.9 \frac{KN}{1}}{1000 \frac{MN}{m^2} \times \frac{1 \times 10^3}{1MN}}$$

$$A = 7.809 \times 10^{-4} m^2$$

$$A = 7.809 \times 10^{-4} m^2 \times \frac{(1000)^2 mm^2}{1m^2}$$

$$A = 780.9 mm^2.$$

Con el área encontrada, se obtiene el espesor que debe tener la placa:

$$A = b \times e \quad \text{Ec. (76)}$$

$$A = 100\text{mm} \times e$$

$$e = \frac{7.809 \times 10^{-4} \text{ m}^2}{100 \times 10^{-3} \text{ m}}$$

$$e = 7.81 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$e = 7.81 \times 10^{-3} \text{ m} \times \frac{1000\text{mm}}{1\text{m}}$$

$$e = 7.81\text{mm}.$$

El espesor utilizado en la placa será de 8mm.

Con el espesor calculado se obtiene el peso de la placa:

$$Peso = \frac{L \times a \times e}{1000000} \times \Gamma_{\text{material}} \quad \text{Ec. (77)}$$

$$Peso = \frac{(100)\text{mm} \times (60)\text{mm} \times (8)\text{mm}}{1000000} \times (7.85)$$

$$Peso = \frac{48000\text{mm}^3}{1000000} \times (7.85)$$

$$Peso = 0.377\text{Kg}.$$

$$Peso = 0.377\text{Kg} \times \frac{9.8\text{N}}{1\text{Kg}} \times \frac{1\text{KN}}{1000\text{N}}$$

$$Peso = 3.69 \times 10^{-3} \text{ KN}$$

2.3.11. Diseño del soporte principal de entrada

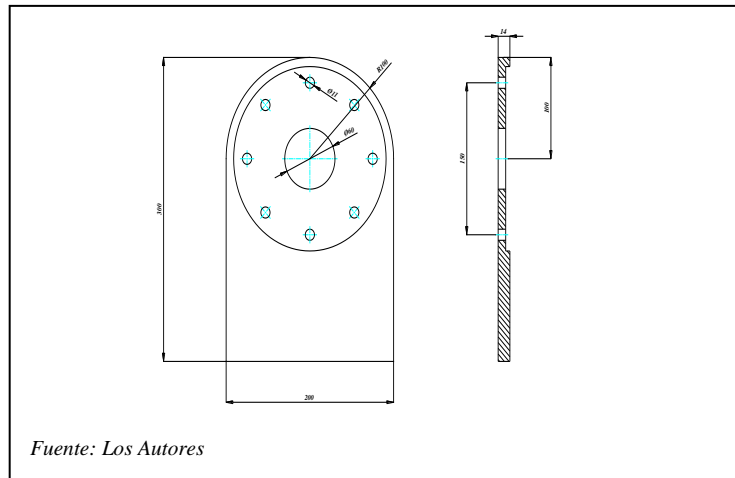


Figura 2.18. Soporte principal de entrada

Para el diseño y cálculo del espesor de la placa de apoyo se tiene como datos los siguientes valores:

Material = Acero

Longitud = 300mm

Ancho = 200mm

$$\gamma_Y = 1000 \frac{MN}{m^2}$$

$$\gamma_U = 860 \frac{MN}{m^2}$$

Se determina el área, utilizando la fuerza que se aplica en el tornillo extrusor.

$$\gamma_U = \frac{F}{A} \quad \text{Ec. (78)}$$

$$1000 \frac{MN}{m^2} = \frac{780.9 \frac{KN}{1}}{A}$$

$$A = \frac{780.9 \frac{KN}{1}}{1000 \frac{MN}{m^2} \times \frac{1 \times 10^3 KN}{1MN}}$$

$$A = 7.809 \times 10^{-4} m^2$$

$$A = 7.809 \times 10^{-4} m^2 \times \frac{(1000)^2 mm^2}{1m^2}$$

$$A = 780.9 mm^2.$$

Con el área encontrada, se obtiene el espesor que debe tener la placa:

$$A = b \times e \quad \text{Ec. (79)}$$

$$A = (200 - 55) mm \times e$$

$$A = 145 mm \times e$$

$$e = \frac{7.809 \times 10^{-4} m^2}{145 \times 10^{-3} m}$$

$$e = 5.39 \times 10^{-3} m$$

$$e = 5.39 \times 10^{-3} m \times \frac{1000 mm}{1m}$$

$$e = 5.39 mm.$$

Se emplea el factor seguridad de 3, (Anexo 4 (Tabla 51)), ya que esta placa es de apoyo directo para el eje, con estos valores el espesor es:

$$e_R = e \times fs. \quad \text{Ec. (80)}$$

$$e_R = 5.39mm \times 3$$

$$e_R = 16.17mm.$$

Por disposición en el mercado el espesor utilizado en la placa será de 14mm.

Con el espesor obtenido se calcula el peso de la placa:

$$Peso = \frac{L \times a \times e}{1000000} \times \Gamma_{material}. \quad \text{Ec. (81)}$$

$$Peso = \frac{(300)mm \times (200)mm \times (14)mm}{1000000} \times (7.85)$$

$$Peso = \frac{840000mm^3}{1000000} \times (7.85)$$

$$Peso = 6.59Kg.$$

$$Peso = 6.59Kg. \times \frac{9.8N}{1Kg} \times \frac{1KN}{1000N}$$

$$Peso = 0.065KN$$

2.3.12. Diseño del soporte principal de salida

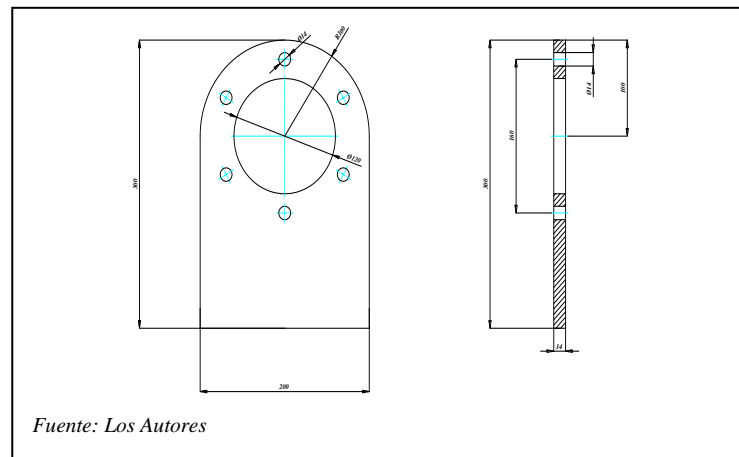


Figura 2.19. Soporte principal de salida

Para el diseño y cálculo del espesor de la placa de apoyo se tiene como datos los siguientes valores:

Material = Acero

Longitud = 300mm

Ancho = 200mm

$$\gamma_y = 1000 \frac{MN}{m^2}$$

$$\gamma_U = 860 \frac{MN}{m^2}$$

Se calcula el área, utilizando la fuerza que se aplica en el tornillo extrusor.

$$\gamma_U = \frac{F}{A} \quad \text{Ec. (82)}$$

$$1000 \frac{MN}{m^2} = \frac{780.9 \frac{KN}{1}}{A}$$

$$A = \frac{780.9 \frac{KN}{1}}{1000 \frac{MN}{m^2} \times \frac{1 \times 10^3 KN}{1MN}}$$

$$A = 7.809 \times 10^{-4} m^2$$

$$A = 7.809 \times 10^{-4} m^2 \times \frac{(1000)^2 mm^2}{1m^2}$$

$$A = 780.9 mm^2.$$

Con el área encontrada, se calcula el espesor que debe tener la placa:

$$A = b \times e \quad \text{Ec. (83)}$$

$$A = (200 - 38.1) mm \times e$$

$$A = 161.9 mm \times e$$

$$e = \frac{7.809 \times 10^{-4} m^2}{161.9 \times 10^{-3} m}$$

$$e = 4.82 \times 10^{-3} m$$

$$e = 4.82 \times 10^{-3} m \times \frac{1000 mm}{1m}$$

$$e = 4.82 mm.$$

Se utiliza un factor seguridad de 3 (Anexo 4 (Tabla 51)), ya que esta placa es de apoyo directo para el eje, con estos valores el espesor es:

$$e_R = e \times fs. \quad \text{Ec. (84)}$$

$$e_R = 4.82mm \times 3$$

$$e_R = 14.46mm.$$

Por disposición en el mercado el espesor utilizado en la placa será de 14mm.

Con el espesor obtenido se calcula el peso de la placa:

$$Peso = \frac{L \times a \times e}{1000000} \times \Gamma_{material}. \quad \text{Ec. (85)}$$

$$Peso = \frac{(300)mm \times (200)mm \times (14)mm}{1000000} \times (7.85)$$

$$Peso = \frac{840000mm^3}{1000000} \times (7.85)$$

$$Peso = 6.59Kg.$$

$$Peso = 6.59Kg. \times \frac{9.8N}{1Kg} \times \frac{1KN}{1000N}$$

$$Peso = 0.065KN$$

Con los datos de las placas calculados se deduce que no existirá ningún tipo de fallas al momento de realizar el trabajo y dichas placas cumplirán con sus función que es la de brindar un soporte al eje extrusor.

2.3.13. Cálculo del espesor del tubo camisa

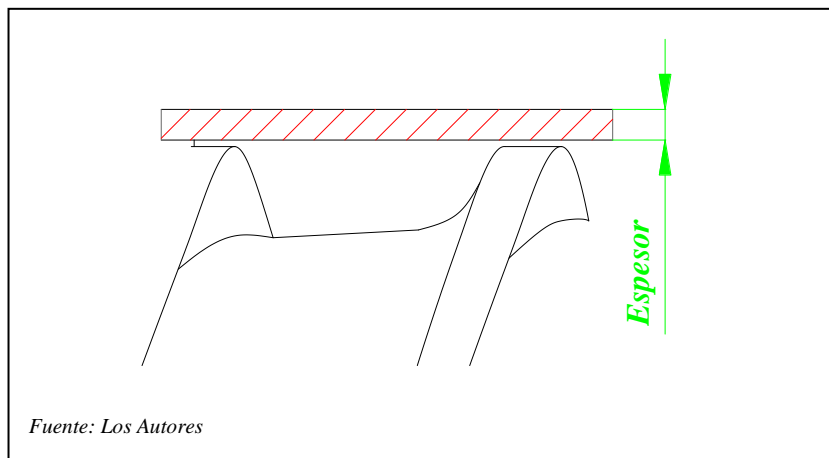


Figura 2.20. Espesor de la camisa

Los tubos de pared delgada se emplean comúnmente en miembros sujetos a torsión, especialmente en maquinaria, en el caso del molino al tubo se lo utiliza como una camisa, para que junto con el tornillo extrusor, cumplan la función de aplastar a la chonta y posteriormente extraer el aceite.

El flujo cortante se lo debe calcular para encontrar el espesor del tubo, utilizando la siguiente fórmula:

$$f = \tau \times t \quad \text{Ec. (86)}$$

De donde:

f = Flujo cortante

t = Espesor de pared del tubo

τ = Esfuerzo cortante máximo

Dado que en la ecuación (86) no se tienen los datos necesario, se procede a utilizar una fórmula diferente que se muestra a continuación:

$$T = 2 \times f \times A_m \quad \text{Ec. (87)}$$

De donde:

T = Par de torsión

f = Flujo cortante

A_m = Área interior del tubo

En la ecuación (87) se conoce el par de torsión, y el área interior del tubo, que en nuestro caso representa el área que ocupa el tornillo extrusor, de esta manera tenemos de la ecuación (47) el esfuerzo cortante máximo que es 3.46 MPa, y de la ecuación (29) tenemos el torque que es 759 N m.

Se calcula el área del tornillo extrusor:

$$A = \pi \times r^2 \quad \text{Ec. (88)}$$

De donde:

A = Área del tornillo extrusor

π = Valor constante

r = Radio del tornillo extrusor

Reemplazando valores se obtiene:

$$A = \pi \times (52)^2 \text{ mm}^2$$

$$A = 8495 \text{ mm}^2$$

Reemplazo lo valores del área del tornillo extrusor en la ecuación (87):

$$T = 2 \times f \times A_m$$

$$f = \frac{T}{2 \times A_m}$$

$$f = \frac{759 \text{ N} \times \text{m}}{2 \times (8495) \text{ mm}^2}$$

$$f = \frac{759 \frac{\text{kg} \times \text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}}{16990 \text{ mm}^2 \times \frac{1 \text{ m}^2}{(1000)^2}}$$

$$f = 14647 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Al reemplazar el flujo cortante y el momento cortante máximo en la ecuación (86):

$$f = \tau \times t$$

$$t = \frac{f}{\tau}$$

$$t = \frac{14647 \frac{kg}{s^2}}{3462105.3 \frac{kg}{s^2 \times m}}$$

$$t = 0.004m \times \frac{1000mm}{1m}$$

$$t = 4mm$$

Utilizando un factor de seguridad de 1.5 (Anexo 4 (tabla 51)) recomendado para este tipo de elementos se tiene:

$$t = 4mm \times (1.5)$$

$$t = 6mm$$

Por tanto el espesor de pared del tubo es de 6mm.

2.3.14. Selección del perfil

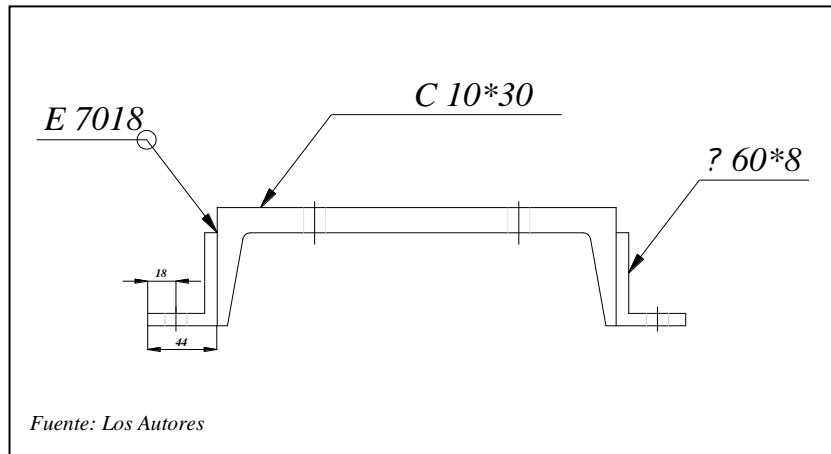


Figura 2.21. Perfil

El tipo de perfil de las vigas de acero, y las cualidades que estas tengan, son determinantes a la elección para su aplicación y uso en la ingeniería. Entre sus propiedades están su forma o perfil, su peso, particularidades y composición química del material con que fueron hechas, y su longitud.

Entre las secciones más conocidas y más comerciales, se encuentran los perfiles U, I, C, etc. El perfil seleccionado es un acero realizado en caliente mediante láminas, cuya sección tiene la forma de U ó C. Para calcular la carga crítica que va a tener el perfil se necesita conocer el factor K de diseño que se muestra en la siguiente figura.

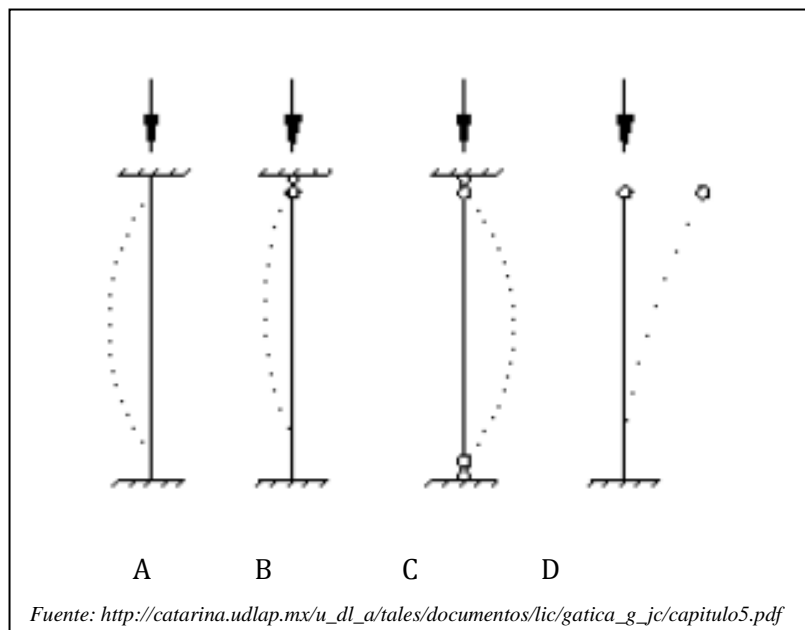


Figura 2.22. Tipos de Apoyo

Existen diferentes tipos de apoyo en columnas, al tener esta variedad se puede elegir el factor K utilizado al momento de calcular la longitud efectiva, dicho valor varía de acuerdo al tipo de apoyo, como se muestra a continuación:

Apoyo Empotrado

Sus características son:

- Rotación restringida
- Traslación restringida
- Uniones soldadas
- Rígido

Apoyo Articulado

Sus características son:

- Rotación no impedida
- Traslación restringida.

2.3.14.1. Valores del factor k de acuerdo al tipo de apoyo

Apoyo Articulado - Articulado

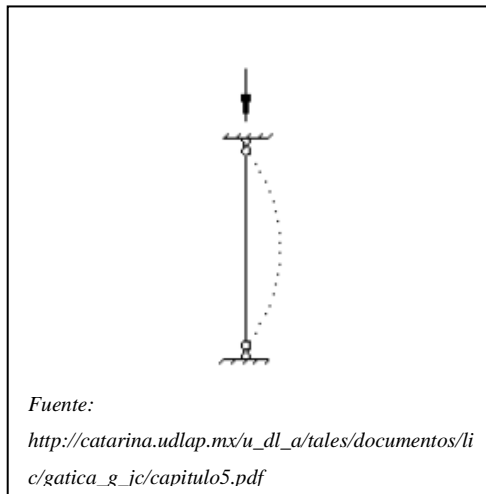


Figura 2.23. Apoyo Articulado – Articulado

La representación gráfica del apoyo articulado – articulado se pueden observar en la figura (2.23), y sus factores K son:

- K Teórico (K_T) = 1
- K Práctico (K_P) = 1

Apoyo Empotrado - Empotrado

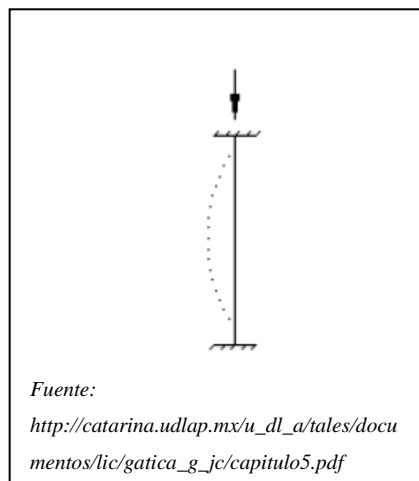


Figura 2.24. Apoyo Empotrado - Empotrado

La representación gráfica del apoyo empotrado - empotrado se pueden observar en la figura (2.24), y sus factores K son:

- K Teórico (K_T) = 0.5
- K Práctico (K_P) = 0.65

Apoyo Empotrado – Articulado

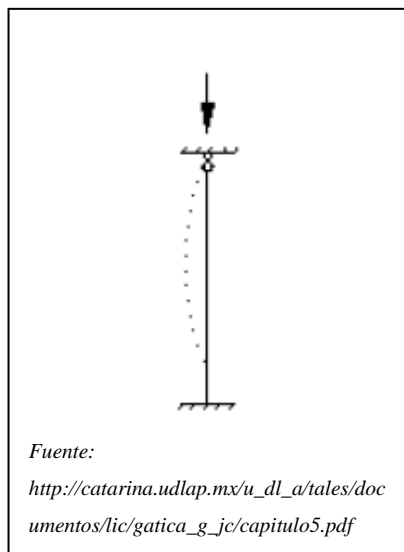


Figura 2.25. Apoyo Empotrado - Articulado

La representación gráfica del apoyo empotrado – articulado se pueden observar en la figura (2.25) y sus factores K son:

- K Teórico (K_T) = 0.7
- K Práctico (K_P) = 0.8

Apoyo Empotrado – Libre

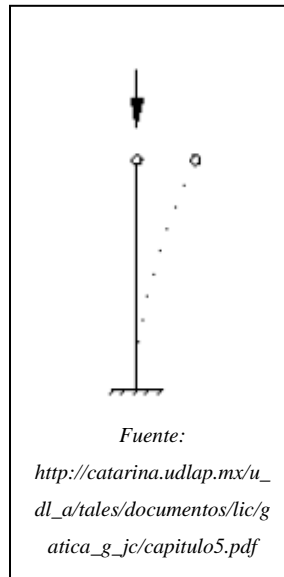


Figura 2.26. Apoyo Empotrado – Libre

La representación gráfica del apoyo empotrado - libre se pueden observar en la figura (2.26), y sus factores K son:

- K Teórico (K_T) = 2
- K Práctico (K_P) = 2.1

Con los apoyos indicados, se debe seleccionar el que se encuentre presente en el diseño y dicho factor se procederá a calcular la longitud efectiva.

El perfil seleccionado es el perfil C10x30, por las características necesarias, debe ser un perfil bajo, y además soporta una carga crítica superior a la necesaria.

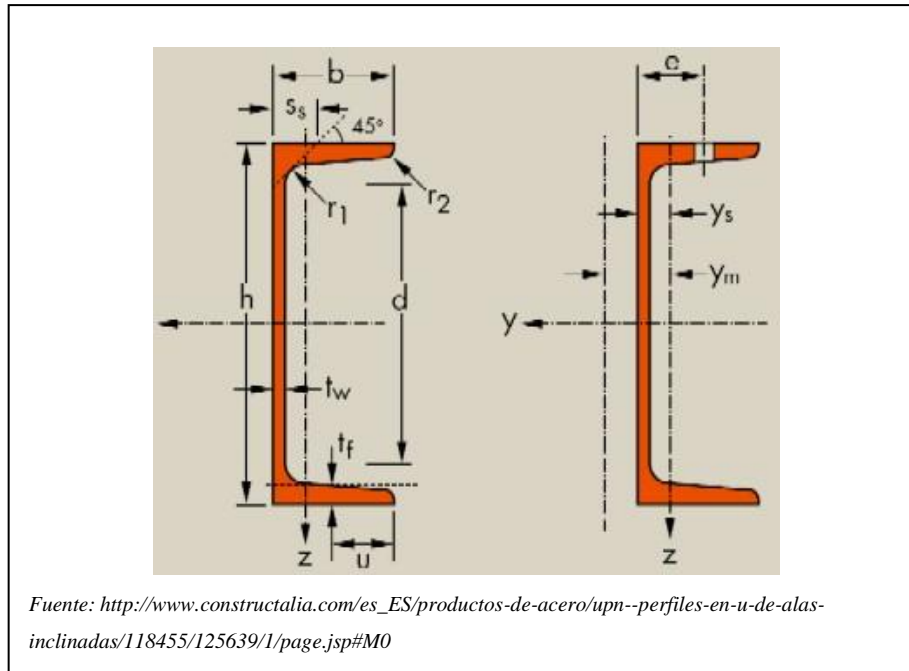


Figura 2.27. Perfil “C”

El perfil seleccionado C10x30 posee las siguientes características¹⁸:

$$A = 8.82 \text{ plg}^2$$

$$d = 10 \text{ plg}$$

$$t_w = 0.673 \text{ plg}$$

$$b_f = 3 \text{ plg}$$

$$t_f = 0.436 \text{ plg}^2$$

$$\text{Peso} = 30 \text{ lb/pie}$$

$$I_x = 103 \text{ plg}^4$$

$$I_y = 3.94 \text{ plg}^4$$

¹⁸ Manual AISC, American Standard Channels (C), Pág: 1-40 1-41

$$r_y = 0.667 \text{ plg}$$

L (Ancho del Perfil) = 10 plg.

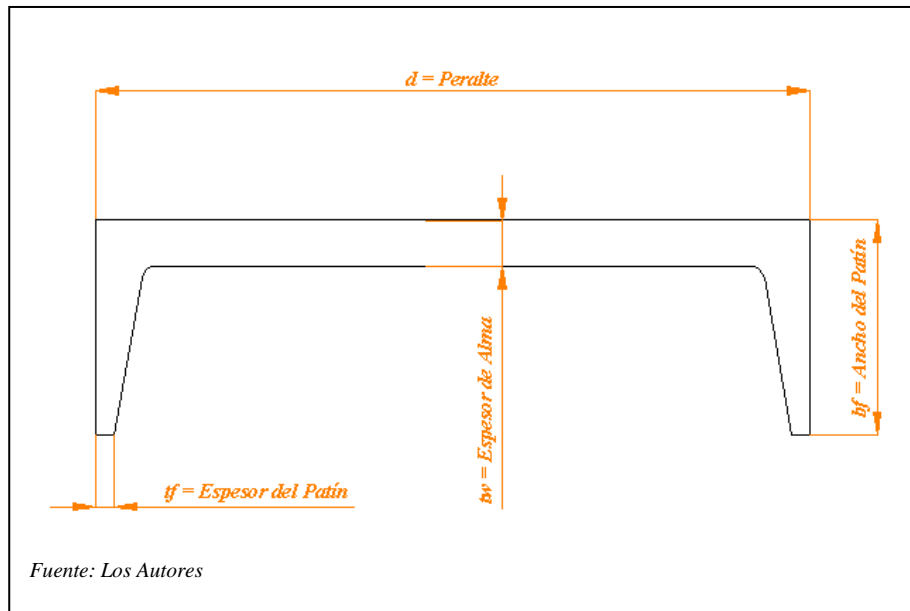


Figura 2.28. Características de un Perfil "C"

Con los datos del perfil se procede a calcular, la longitud efectiva, el factor de longitud efectiva, la relación de esbeltez, el radio mínimo y la carga crítica:

Longitud Efectiva: Es la longitud entre dos puntos de inflexión (momento flector nulo), varía según el tipo de apoyo

$$K \times L \qquad \qquad \qquad \text{Ec. (89)}$$

$$K \times L = 0.65 \times 10 \text{ plg}$$

$$K \times L = 6.5 \text{ plg.}$$

El factor K para encontrar la longitud efectiva es de 0.5, ya que el perfil se va a encontrar empotrado a sus dos lados.

Radio Mínimo de Giro: Se lo calcula en base a la inercia y al área del perfil

$$r_{\min} = \sqrt{\frac{I_y}{A}} \quad \text{Ec. (90)}$$

$$r_{\min} = \sqrt{\frac{3.94 p \lg^4}{8.82 p \lg^2}}$$

$$r_{\min} = \sqrt{0.447 p \lg^2}$$

$$r_{\min} = 0.667 p \lg.$$

Relación de Esbeltez: Es el resultado del cociente de la longitud efectiva y el radio mínimo de giro del perfil

$$\frac{K \times L}{r} = \frac{0.65(10) p \lg}{0.667 p \lg} \quad \text{Ec. (91)}$$

$$\frac{K \times L}{r} = \frac{(6.5) p \lg}{0.667 p \lg}$$

$$\frac{K \times L}{r} = 9.75$$

Al ingresar el valor de la esbeltez y mediante interpolación obtenemos F_a (Fuerza crítica)

Perfil de Acero Estructural A-36

$\frac{K \times L}{r}$	F_a (ksi.)
9	21.21
9.75	?
10	21.16

Interpolando se obtiene: $F_a = 21.17\text{Ksi}$.

De la tabla del Manual de la AISC se han escogido los valores para encontrar la fuerza crítica en base a la relación de esbeltez

Carga Crítica: Es el esfuerzo que soporta un perfil, columna antes de romperse.

$$P_{Cr} = F_a \times A_g \quad \text{Ec. (92)}$$

$$P_{Cr} = 21.17\text{Ksi} \times (8.82)\text{plg}^2$$

$$P_{Cr} = 21.17 \frac{\text{Klb}}{\text{plg}^2} \times (8.82)\text{plg}^2$$

$$P_{Cr} = 186.72\text{Klb} \times \frac{1000\text{lb}}{1\text{Klb}} \times \frac{1\text{kgf}}{2.2\text{lb}} \times \frac{9.8\text{N}}{1\text{kgf}}$$

$$P_{Cr} = 831.75\text{KN}$$

El perfil fallará si sobrepasa los 831.75 KN.

Peso del Perfil: Su peso es de 30 libras por cada pie, por lo tanto tenemos que:

$$P = 30 \frac{lb}{ft}$$

$$P = 30 \frac{lb}{ft} \times \frac{1ft}{12plg}$$

$$P = 2.5 \frac{lb}{plg}$$

Utilizo $4plg$:

$$P = 2.5 \frac{lb}{plg} \times 4plg \quad \text{Ec. (93)}$$

$$P = 10lb \times \frac{1kg}{2.2lb} \times 9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$P = 44.54N$$

2.3.15. Cálculo de la camisa

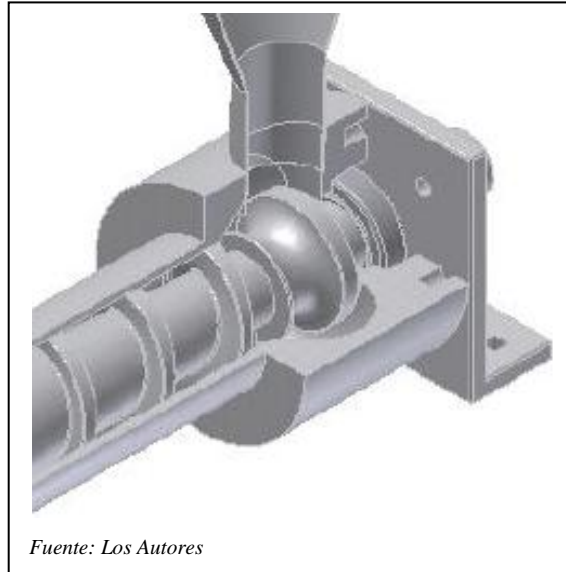


Figura 2.29. Camisa

Para el cálculo del espesor de la placa de apoyo se tiene como datos los siguientes valores:

Material = Acero Inoxidable 304

Longitud = 150mm

Diámetro Mayor = 192mm

Diámetro Menor = 104.5mm

$$\gamma_Y = 700 \frac{MN}{m^2}$$

$$\gamma_U = 1000 \frac{MN}{m^2}$$

Se realiza el cálculo de un valor intermedio entre ambos diámetros:

$$\phi_{\text{int}} = \frac{\phi_1 + \phi_2}{2} \quad \text{Ec. (94)}$$

$$\phi_{\text{int}} = \frac{180\text{mm} + 104.5\text{mm}}{2}$$

$$\phi_{\text{int}} = \frac{284.5\text{mm.}}{2}$$

$$\phi_{\text{int}} = 142.25\text{mm.}$$

Por lo tanto el radio intermedio es:

$$r_{\text{int}} = \frac{\phi_{\text{int}}}{2} \quad \text{Ec. (95)}$$

$$r_{\text{int}} = \frac{\phi_{\text{int}}}{2}$$

$$r_{\text{int}} = \frac{142.25\text{mm}}{2}$$

$$r_{\text{int}} = 71.13\text{mm.}$$

Se calcula el área, utilizando la fuerza que se aplica en el tornillo extrusor

$$\gamma_y = \frac{F}{A} \quad \text{Ec. (96)}$$

$$700 \frac{MN}{m^2} = \frac{780.9 \frac{KN}{1}}{A}$$

$$A = \frac{780.9 \frac{KN}{1}}{700 \frac{MN}{m^2} \times \frac{1 \times 10^3 KN}{1MN}}$$

$$A = 1.12 \times 10^{-3} m^2$$

$$A = 1.12 \times 10^{-3} m^2 \times \frac{(1000)^2 mm^2}{1m^2}$$

$$A = 1120 mm^2.$$

Con el área encontrada, se calcula el espesor que debe tener la placa:

$$A = b \times e \quad \text{Ec. (97)}$$

$$A = (180 - 142.26) mm \times e$$

$$A = 37.74 mm \times e$$

$$e = \frac{1.12 \times 10^{-3} m^2}{0.0377 m}$$

$$e = 0.0297 m$$

$$e = 0.0297 m \times \frac{1000 mm}{1 m}$$

$$e = 29.7 mm.$$

Se utiliza un factor seguridad de 1.5 (Anexo 4 (Tabla 51)), recomendado para este tipo de elemento:

$$e_R = e \times fs. \quad \text{Ec. (98)}$$

$$e_R = 29.7mm \times 1.5$$

$$e_R = 50mm.$$

El espesor total debe ser de 50.49mm.

El espesor a cada lado no debe sobrepasar de 25mm.

Se realiza el cálculo del peso:

$$Peso = \frac{\phi^2 \times \pi \times L}{4000000} \times \Gamma_{material}. \quad \text{Ec. (99)}$$

$$Peso = \frac{(192)^2 mm^2 \times \pi \times (150)mm}{4000000} \times (7.85)$$

$$Peso = \frac{(36864)mm^2 \times \pi \times (150)mm}{4000000} \times (7.85)$$

$$Peso = 34.1Kg.$$

$$Peso = 34.1Kg. \times 9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$Peso = 334.18KN$$

$$Peso = 0.334KN$$

Se realiza el cálculo de la camisa posterior:

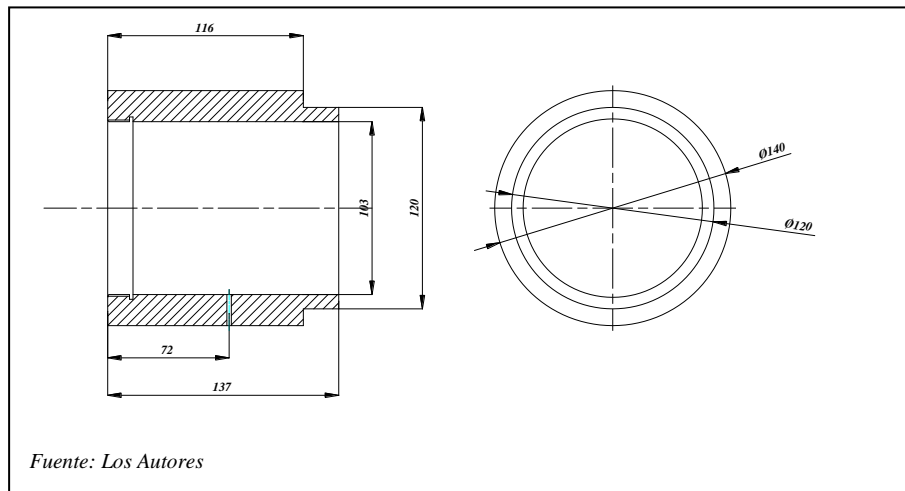


Figura 2.30. Camisa Posterior

$$Peso = \frac{\phi^2 \times \pi \times L}{4000000} \times \Gamma_{material} \cdot \quad Ec. (100)$$

$$Peso = \frac{(130)^2 mm^2 \times \pi \times (72)mm}{4000000} \times (7.85)$$

$$Peso = \frac{(16900)mm^2 \times \pi \times (72)mm}{4000000} \times (7.85)$$

$$Peso = 7.5Kg.$$

$$Peso = 7.5Kg. \times 9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$Peso = 73.5KN$$

$$Peso = 0.0735KN$$

2.3.16. Selección de pernos

“El perno es una pieza metálica larga de sección constante cilíndrica, normalmente hecha de acero o hierro. Está relacionada con el tornillo pero tiene un extremo de cabeza redonda, una parte lisa, y otro extremo roscado para la chaveta, tuerca, o remache, y se usa para sujetar piezas en una estructura, por lo general de gran volumen.”¹⁹

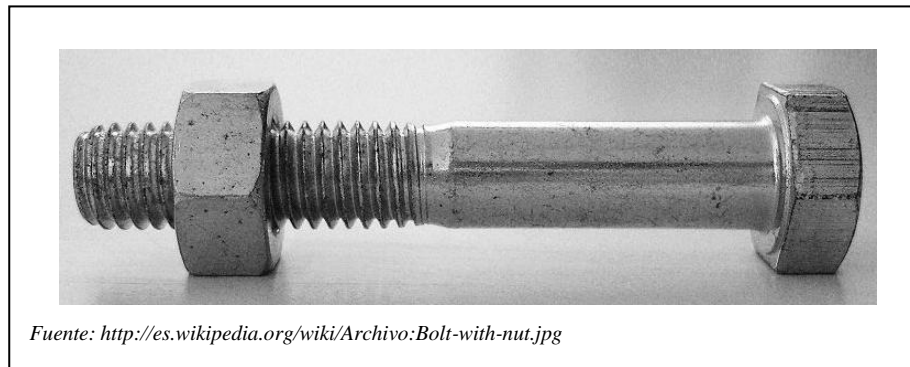


Figura 2.31. Perno de Acero Inoxidable

Para la sujeción de varias partes de la máquina se va a utilizar diferentes pernos, dependiendo de la localización de los pernos pueden estar sometidos a torsión o corte.

Para el presente caso se diseñará los pernos que servirán para unir la tapa brida izquierda con la camisa posterior.

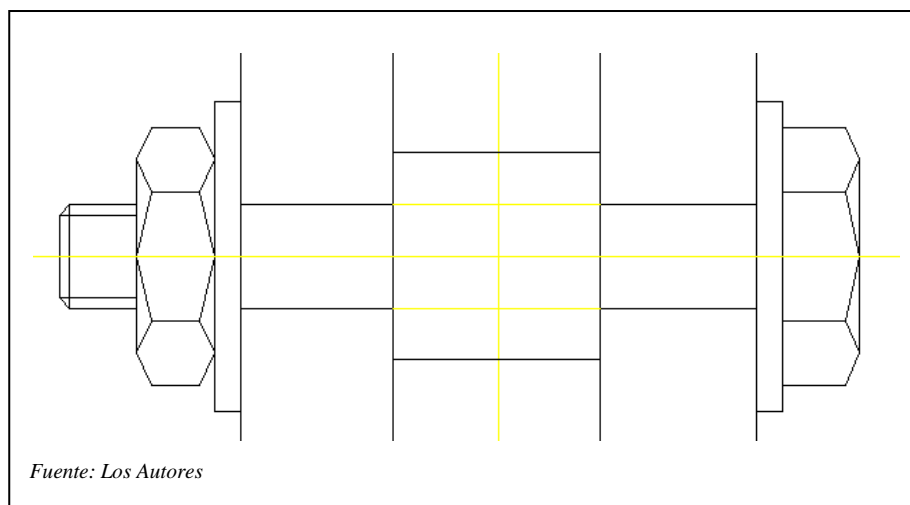


Figura 2.32. Ejemplo de Uniones

¹⁹ <http://es.wikipedia.org/wiki/Perno>

Los pernos de acero inoxidable tienen características especiales que se deben tomar en cuenta al momento de realizar el diseño y su posterior selección.

Entre las características principales tenemos:

- Clase de propiedad: 4.6
- Resistencia de prueba (S_p): 225 Mpa.
- Resistencia a la tensión (S_{ut}): 400Mpa.
- Resistencia a la fluencia (S_{yT}): 240 Mpa.
- Material: Acero de bajo o medio carbono.
- Grado: 8.8

El grado que tienen los pernos se toma según su numeración de la siguiente forma:

8.8

8 800 N/mm² mínimo de resistencia a la tracción

.8 El 80% de la tracción = límite de escurrimiento de 640 N/ mm²

10.9

10 1000 N/mm² mínimo de resistencia a la tracción

.9 El 90% de la tracción = límite de escurrimiento de 936 N/ mm²

12.9

12 1220 N/mm² mínimo de resistencia a la tracción

.9 El 90% de la tracción = límite de escurrimiento de 1098 N/ mm²

Siendo el límite de escurrimiento la relación entre el límite de elasticidad mínimo y la resistencia a la tracción mínima.

Las diferencias son:

Cuanto menor sea el grado de resistencia del tornillo, mayor será su ductilidad, sin embargo, menor será su capacidad de generar fuerza.

Cuanto mayor sea el grado de resistencia del tornillo, menor será su ductilidad, sin embargo, menor será su capacidad de generar fuerza.

Para el diseño de los tornillos también se debe tener en cuenta dos características principales en los aceros que son:

Ductilidad: Es la capacidad de deformación del material hasta su ruptura, teniendo en cuenta que cuanto más dúctil sea el tornillo, mayor será su capacidad de alargamiento sin romperse.

Fatiga: Es la tendencia de un material a romperse cuando es sometido a esfuerzos repetitivos. Esto significa que, teniendo el fijador soportando el esfuerzo de tracción con lo cual fue inicialmente apretado, él puede venir a romperse; dependiendo de las tensiones y de la frecuencia de las cargas dinámicas involucradas.

La resistencia de prueba y la fuerza existente a causa del peso de los elementos que conforman la estructura se deben calcular para realizar el diseño. La fuerza aplicada es la sumatoria de la fuerza producida por el torque más la fuerza producida por el peso de los elementos, esto se detalla a continuación:

$$T = F \times d \quad \text{Ec. (101)}$$

$$F = \frac{T}{d}$$

$$F = \frac{759N \cdot m}{(800 \times 10^{-3})m}$$

$$F = 948.8N$$

El peso de los elementos es: 118N

La fuerza total aplicada es:

Fuerza producida por el peso de los elementos *más* la fuerza producida por el torque:

La fuerza es 1066.8N.

Ya que los pernos utilizados son de grado 8.8 se tiene 800N/mm² mínimo de resistencia a la tracción.

En la brida se distribuyen 8 pernos los cuales cumplen con la función de sujetar la tapa de la brida con la parte 2 de la camisa. Para determinar la carga de prueba se utiliza la siguiente fórmula:

$$Fp = \frac{Ct}{\# \text{ pernos}} \quad \text{Ec. (102)}$$

De donde:

Fp = Es la carga de prueba

Ct = La carga total

Reemplazando los valores se tiene que:

$$Fp = \frac{Ct}{\# \text{ pernos}}$$

$$Fp = \frac{1066.8N}{8}$$

$$Fp = 133.35N.$$

Los pernos a utilizar son de acero inoxidable por tanto tienen el valor de resistencia de prueba de 225Mpa. Con este valor y con la carga de prueba se procede a calcular el área de tracción de los pernos:

$$A_T = \frac{F_p}{S_p} \quad \text{Ec. (103)}$$

$$A_T = \frac{133.35N}{225MPa \times \frac{1 \times 10^6 Pa}{1MPa} \times \frac{\frac{N}{m^2}}{1Pa}}$$

$$A_T = 5.92 \times 10^{-7} m^2$$

“La rigidez de la parte de un perno o de un tornillo dentro de la zona de sujeción en general consistirá en dos partes, la parte del cuerpo sin rosca y la parte roscada. Así la constante del perno equivale a la rigidez de dos resortes en serie”²⁰:

Longitud roscada

$$L_T = 2\phi + 6mm \quad \text{Ec. (104)}$$

$$L_T = 2(10) + 6mm$$

$$L_T = 20mm + 6mm$$

$$L_T = 26mm.$$

²⁰ BUDINAS, Richard – NISBETT Keith, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, Octava edición, Editorial Mc Graw – Hill, Año 2008, México, D.F. Pág.: 412

Longitud del sujetador

$$L = h + 1.5\phi \quad \text{Ec. (105)}$$

$$L = 15\text{mm} + (1.5)10\text{mm}$$

$$L = 15\text{mm} + 15\text{mm}$$

$$L = 30\text{mm}.$$

Longitud de la parte útil sin rosca

$$L_d = L - L_T \quad \text{Ec. (106)}$$

$$L_d = 30\text{mm} - 26\text{mm}$$

$$L_d = 4\text{mm}.$$

Agarre Efectivo

$$L'' = h + \frac{t_2}{2} \quad \text{Ec. (107)}$$

$$L'' = \left(20 + \frac{5}{2}\right)\text{mm}$$

$$L'' = 22.5\text{mm}.$$

Longitud de la parte útil roscada

$$L_l = L'' - L_d \quad \text{Ec. (108)}$$

$$L_l = 22.5\text{mm} - 4\text{mm}$$

$$L_l = 18.5\text{mm.}$$

Área de la parte sin rosca

$$A_D = \frac{\pi \times \phi^2}{4} \quad \text{Ec. (109)}$$

$$A_D = \frac{\pi \times (10)^2 \text{mm}^2}{4}$$

$$A_D = 78.54\text{mm}^2$$

Área de la parte roscada (Anexo 4 (Tabla 52))

$$A_{T1} = 58.\text{mm}^2$$

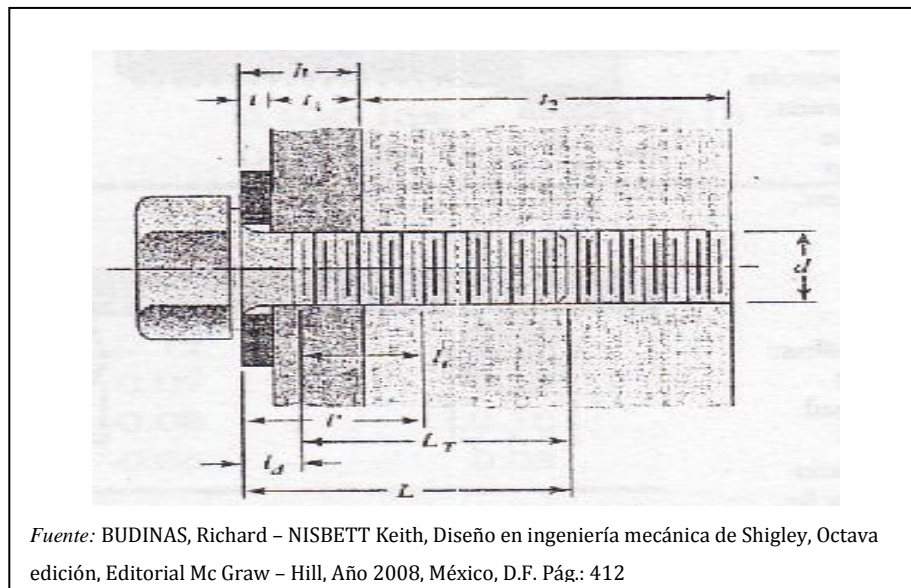


Figura 2.33. Elementos de un perno

Rigidez efectiva

$$K_b = \frac{A_d \times A_T \times E}{(A_d \times L_T) + (A_T \times L_d)} \quad \text{Ec. (110)}$$

De donde:

K_b = Rigidez Efectiva

A_d = Área de la parte sin rosca

A_T = Área de la parte roscada

E = Módulo de elasticidad

L_T = Longitud roscada

L_d = Longitud de la parte útil sin rosca

Reemplazando valores en la ecuación (110):

$$K_b = \frac{A_d \times A_T \times E}{(A_d \times L_T) + (A_T \times L_d)}$$

$$K_b = \frac{78.54\text{mm}^2 \times 58\text{mm}^2 \times 190\text{GPa} \times \frac{1 \times 10^9 \text{Pa}}{1\text{GPa}} \times \frac{\frac{N}{\text{m}^2}}{1\text{Pa}} \times \frac{1\text{m}^2}{(1000)^2 \text{mm}^2}}{(78.54\text{mm}^2 \times 26\text{mm}) + (58\text{mm}^2 \times 4\text{mm})}$$

$$K_b = \frac{865510800\text{N} \cdot \text{mm}^2}{2274.04\text{mm}^3}$$

$$K_b = 380605 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \times \frac{1000\text{m}}{1\text{m}}$$

$$K_b = 380605000 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Módulo de rigidez

$$K_m = \frac{0.5774 \times \pi \times E \times \phi}{2 \ln \left(5 \times \frac{0.5774 L_T + 0.5 \times \phi}{0.5774 L_T + 2.5 \times \phi} \right)} \quad \text{Ec. (111)}$$

De donde:

K_m = Módulo de rigidez

E = Módulo de elasticidad

L_T = Longitud roscada

ϕ = Diámetro del perno

Reemplazando valores en la ecuación (111):

$$K_m = \frac{0.5774 \times \pi \times E \times \phi}{2 \ln \left(5 \times \frac{0.5774 L_T + 0.5 \times \phi}{0.5774 L_T + 2.5 \times \phi} \right)}$$

$$K_m = \frac{0.5774 \times \pi \times 190 \text{GPa} \times \frac{1 \times 10^9 \text{Pa}}{1 \text{GPa}} \times \frac{m_2}{1 \text{Pa}} \times 10 \text{mm} \times \frac{1 \text{m}}{1000 \text{mm}}}{2 \ln \left(5 \times \frac{0.5774(26 \text{mm}) + 0.5 \times (10 \text{mm})}{0.5774(26 \text{mm}) + 2.5 \times (10 \text{mm})} \right)}$$

$$K_m = \frac{34465156370 \frac{N}{m}}{2 \ln \left(5 \times \frac{(15.01 + 5) \text{mm}}{(15.01 + 25) \text{mm}} \right)}$$

$$K_m = \frac{34465156370 \frac{N}{m}}{0.796}$$

$$K_m = 4329793514 \frac{N}{m}$$

Constante de rigidez de la unión

$$C = \frac{K_b}{K_b + K_m} \quad \text{Ec. (112)}$$

De donde:

K_m = Módulo de rigidez

K_b = Rigidez Efectiva

C = Constante de rigidez de la unión

Reemplazando valores en la ecuación (113) se tiene:

$$C = \frac{K_b}{K_b + K_m}$$

$$C = \frac{(380605000) \frac{N}{m}}{(380605000) \frac{N}{m} + (4329793514) \frac{N}{m}}$$

$$C = \frac{(380605000) \frac{N}{m}}{(4367854014) \frac{N}{m}}$$

$$C = 8.7 \times 10^{-3}$$

Tensión Inicial

$$F_i = 0.75 \times F_p \quad \text{Ec. (113)}$$

De donde:

F_p = Es la carga de prueba

F_i = Es la tensión inicial

Reemplazando valores en la ecuación (113) se tiene:

$$F_i = 0.75 \times F_p$$

$$F_i = 0.75 \times (133.35)N$$

$$F_i = 100.01N$$

Fracción del Esfuerzo por Apriete: Fracción del esfuerzo de prueba que el perno siente cuando se aprieta.

$$\xi_1 = \frac{F_i}{S_p \times A_T} \quad \text{Ec. (114)}$$

De donde:

A_T = Área de la parte roscada

F_i = Es la tensión inicial

S_p = Resistencia de prueba

Reemplazando valores en la ecuación (114) se tiene:

$$\xi_1 = \frac{F_i}{S_p \times A_T}$$

$$\xi_1 = \frac{100.01N}{225 \frac{MN}{m^2} \times (5.92 \times 10^{-7})m^2}$$

$$\xi_1 = \frac{100.01N}{1.332 \times 10^{-4} MN \times \frac{1 \times 10^6 N}{1MN}}$$

$$\xi_1 = 0.751$$

Fracción de Esfuerzo por Carga Extrema: Fracción del esfuerzo de prueba que el perno siente por la carga extrema.

$$\xi_2 = \xi_1 + \frac{C \times C_T}{S_p \times A_T} \quad \text{Ec. (115)}$$

De donde:

ξ_1 = Fracción del esfuerzo por apriete

ξ_2 = Fracción del esfuerzo por carga extrema

S_p = Resistencia de prueba

C = Constante de rigidez de la unión

A_T = Área de la parte roscada

Reemplazando valores en la ecuación (115):

$$\xi_2 = \xi_1 + \frac{C \times C_T}{S_p \times A_T}$$

$$\xi_2 = 0.751 + \frac{(8.7 \times 10^{-3}) \times (1066.8)N}{225 \frac{MN}{m^2} \times (5.92 \times 10^{-7})m^2}$$

$$\xi_2 = 0.751 + \frac{9.3N}{1.332 \times 10^{-4} MN \times \frac{1 \times 10^6 N}{1MN}}$$

$$\xi_2 = 0.751 + \frac{9.3N}{133.2N}$$

$$\xi_2 = 0.823$$

Factor de Seguridad

$$n = \frac{1 - \xi_1}{\xi_2 - \xi_1} \quad \text{Ec. (116)}$$

De donde:

ξ_1 = Fracción del esfuerzo por apriete

ξ_2 = Fracción del esfuerzo por carga extrema

n = Factor de seguridad

Reemplazando valores en la ecuación (116):

$$n = \frac{1 - \xi_1}{\xi_2 - \xi_1}$$

$$n = \frac{(1 - 0.751)}{(0.823 - 0.751)}$$

$$n = 3.4$$

El factor de seguridad resultante es mayor a 1 por tanto es un factor de seguridad satisfactorio, es decir que cumple con las características necesarias para el montaje de los elementos de la máquina.

2.3.17. Estructura

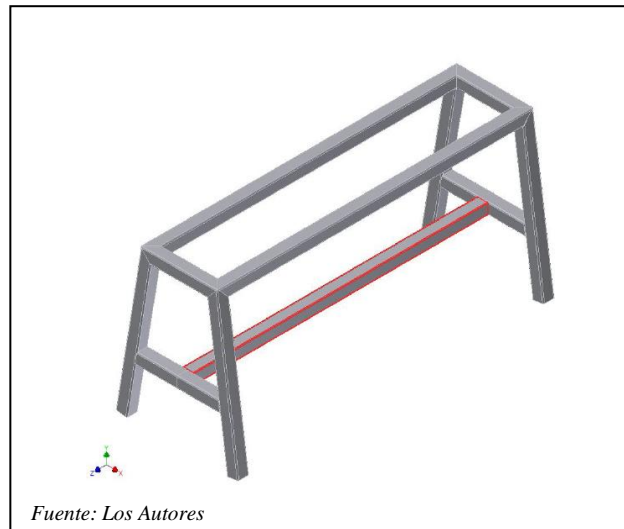
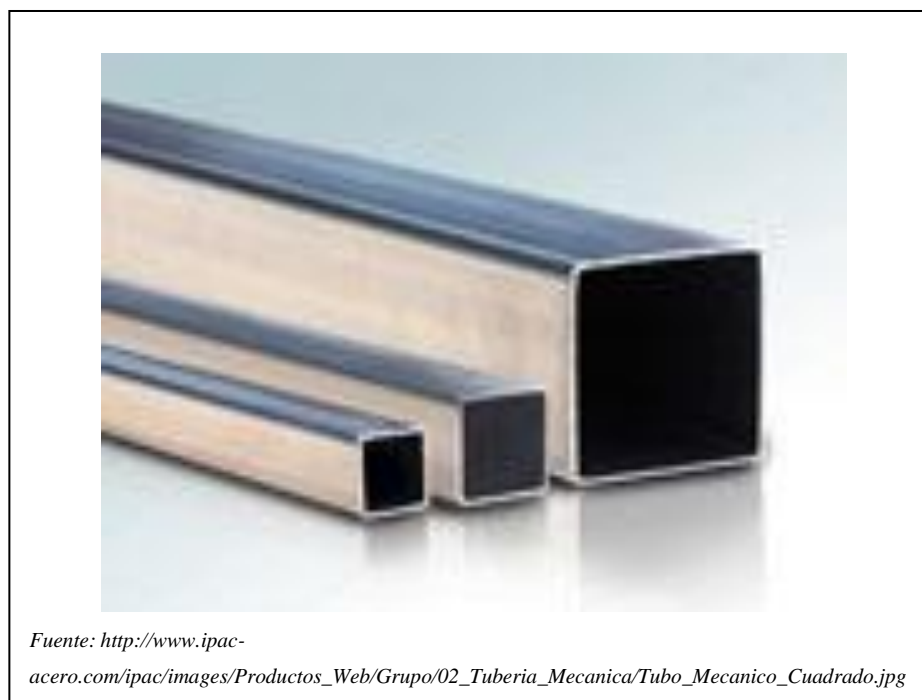


Figura 2.34. Estructura

Para la construcción de la estructura, la cual va a ser la base de todo el molino se seleccionó tubos estructurales cuadrados, los cuales deben cumplir con los requerimientos necesarios para el diseño.

Sus aplicaciones son para construir muebles metálicos, estanterías, pasamanos, etc.



Fuente: http://www.ipac-acero.com/ipac/images/Productos_Web/Grupo/02_Tuberia_Mecanica/Tubo_Mecanico_Cuadrado.jpg

Figura 2.35. Perfil Estructural Cuadrado

$$A = 1.27 \text{ plg}^2$$

$$\text{Peso} = 4.32 \text{ lb/pie}$$

$$I = 0.668 \text{ plg}^4$$

$$L \text{ (Ancho del Perfil)} = 35.5 \text{ plg}$$

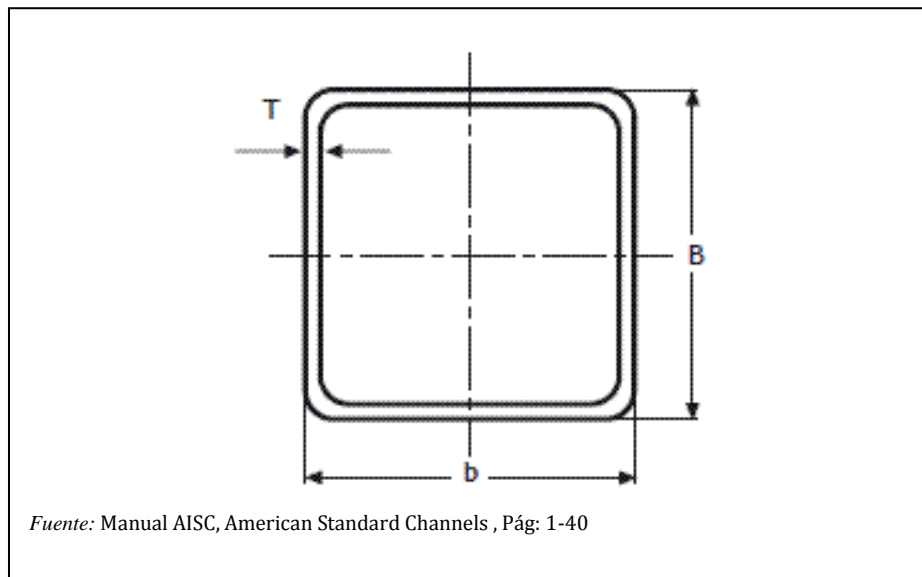


Figura 2.36. Características de un Tubo Estructural Cuadrado

Con los datos del perfil se procede a calcular la estructura por esbeltez, la longitud efectiva, el factor de longitud efectiva, la relación de esbeltez, el radio mínimo y la carga crítica:

Longitud Efectiva: Es la longitud entre dos puntos de inflexión (momento flector nulo), varía según el tipo de apoyo

$$K \times L \qquad \qquad \qquad \text{Ec. (117)}$$

$$K \times L = 2.1 \times 56 p \text{ lg}$$

$$K \times L = 117.6 p \text{ lg} .$$

El factor K para encontrar la longitud efectiva, es de 2.1, ya que el perfil se va a encontrar empotrado y libre

Radio Mínimo de Giro: Se lo calcula en base a la inercia y al área del perfil

$$r_{\min} = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad \text{Ec. (118)}$$

$$r_{\min} = \sqrt{\frac{0.668 p \lg^4}{1.27 p \lg^2}}$$

$$r_{\min} = \sqrt{0.526 p \lg^2}$$

$$r_{\min} = 0.725 p \lg.$$

Relación de Esbeltez: Es el resultado del cociente de la longitud efectiva y el radio mínimo de giro del perfil

$$\frac{K \times L}{r} = \frac{2.1(56) p \lg}{0.725 p \lg} \quad \text{Ec. (119)}$$

$$\frac{K \times L}{r} = \frac{(117.6) p \lg}{0.725 p \lg}$$

$$\frac{K \times L}{r} = 162.2$$

Se ingresa el valor de la esbeltez y mediante interpolación se obtiene F_a (Fuerza crítica)

Perfil de Acero Estructural A-36

$\frac{K \times L}{r}$	F_a (ksi.)
161	5.76
162.2	?
163	5.62

Interpolando se obtiene: $F_a = 5.7$ Ksi.

De la tabla del Manual de la AISC se han escogido los valores correctos para encontrar la fuerza crítica en base a la relación de esbeltez

Carga Crítica: Es el esfuerzo que soporta un perfil, columna antes de romperse.

$$P_{Cr} = F_a \times A_g \quad \text{Ec. (120)}$$

$$P_{Cr} = 5.7 \text{ Ksi} \times (1.27) p \text{ lg}^2$$

$$P_{Cr} = 5.7 \frac{\text{Klb}}{p \text{ lg}^2} \times (1.27) p \text{ lg}^2$$

$$P_{Cr} = 7.24 \text{ Klb} \times \frac{1000 \text{ lbf}}{1 \text{ Klb}} \times \frac{1 \text{ Kgf}}{2.2 \text{ lbf}} \times \frac{9.8 \text{ N}}{1 \text{ Kgf}}$$

$$P_{Cr} = 32.26 \text{ KN}$$

$$P_{CrT} = 8.06 \text{ KN}$$

Peso del Perfil: Su peso es de 30 libras por cada pie, por lo tanto tenemos que:

$$P = 4.32 \frac{lb}{ft}$$

$$P = 4.32 \frac{lb}{ft} \times \frac{1ft}{12plg}$$

$$P = 0.36 \frac{lb}{plg}$$

Se utiliza 35.5 pulgadas:

$$P = 0.36 \frac{lb}{plg} \times 35.5plg \quad \text{Ec. (121)}$$

$$P = 12.78lb \times \frac{1kg}{2.2lb}$$

$$P = 5.8kg$$

$$P_T = 51.55Kg(Total)$$

Diseño de la estructura, mediante esfuerzos combinados

La estructura tiene un ángulo de inclinación de 82° , al tener este ángulo actúan fuerzas en el plano horizontal y vertical, por lo que es necesario diseñar la estructura mediante esfuerzos combinados. En la siguiente figura se muestra las dimensiones de una parte de la estructura para comenzar con su cálculo:

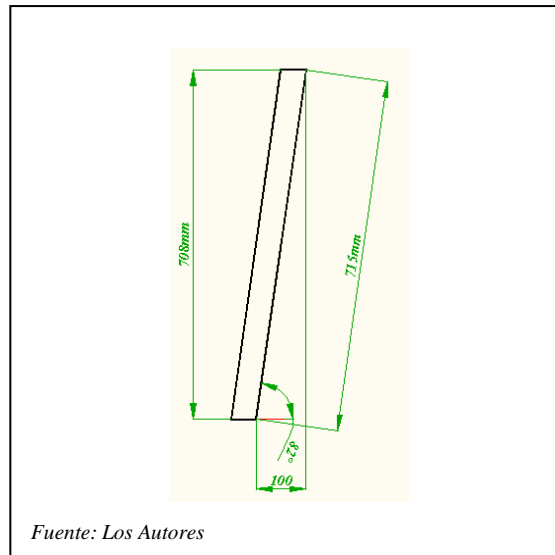


Figura 2.37. Apoyo de la estructura

Realizando el diagrama del cuerpo libre en un apoyo de la estructura:

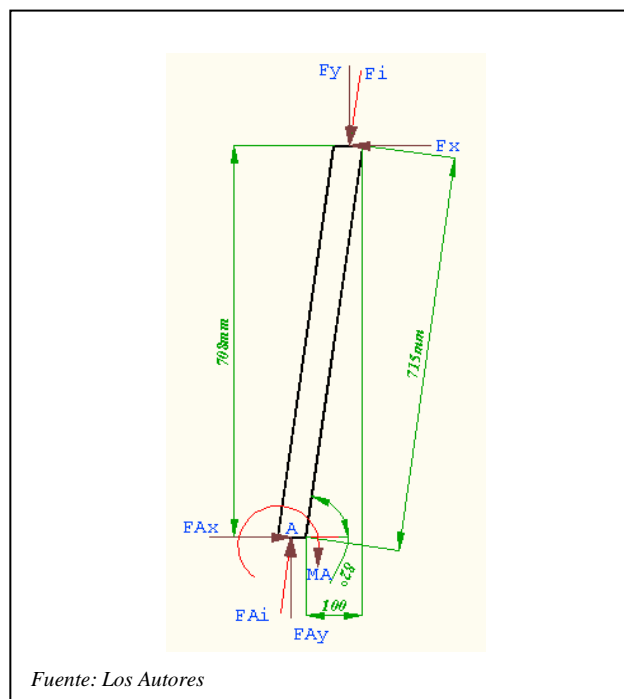


Figura 2.38. Diagrama del cuerpo libre en un apoyo

En el diagrama del cuerpo libre se tiene el valor de la fuerza F_y (Fuerza en el plano vertical) que es de 266.7 N, este dato es una parte del peso total que va a soportar la estructura, también se tiene el ángulo de inclinación de la estructura (82°), se procede a calcular F_i (Fuerza Inclinada), F_x (Fuerza en el plano horizontal):

Fuerza Inclinada

$$\text{sen}82^\circ = \frac{F_y}{F_i} \quad \text{Ec. (122)}$$

$$F_i = \frac{266.7 \text{ N}}{\text{sen}82^\circ}$$

$$F_i = 269.32 \text{ N}$$

Fuerza Horizontal

$$\text{tan}82^\circ = \frac{F_y}{F_x} \quad \text{Ec. (123)}$$

$$F_x = \frac{266.7 \text{ N}}{\text{tan}82^\circ}$$

$$F_x = 37.48 \text{ N}$$

Del (Anexo 4 (Tabla 37)), se encuentra la inercia y el área del perfil:

$$\text{Área} = 8.19 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\text{Inercia} = 2.78 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

Mediante la sumatoria de momentos:

$$\downarrow (+)\Sigma M_A = 0$$

$$-M_A + F_x(0.708)m - F_y(0.1)m = 0 \quad \text{Ec. (124)}$$

$$-M_A + (37.48N)(0.708)m - (266.7N)(0.1)m = 0$$

$$M_A = -(37.48N)(0.708)m + (266.7N)(0.1)m$$

$$M_A = -26.54N.m + 27.67N.m$$

$$M_A = 0.13N.m$$

Se toma como referencia los dos apoyos del tubo en el piso y se aplican los esfuerzos combinados:

$$\sigma_{A,B} = \frac{F_i}{A} \pm \left(\frac{M \times C}{I} \right) \quad \text{Ec. (125)}$$

De donde:

$\sigma_{A,B}$ = Son los esfuerzos a calcular

F_i = La fuerza aplicada en el plano inclinado

M = Momento máximo

I = Inercia

C = Centro de gravedad

Reemplazando valores en el primer esfuerzo se tiene:

$$\sigma_A = \frac{F_i}{A} + \left(\frac{M \times C}{I} \right)$$

$$\sigma_A = \frac{269.32N}{8.19 \times 10^{-4} m^2} + \left(\frac{0.13N.m \times 0.0254m}{2.78 \times 10^{-7} m^4} \right)$$

$$\sigma_A = 328840 \frac{N}{m^2} + \left(11877.7 \frac{N}{m^2} \right)$$

$$\sigma_A = 340718 \frac{N}{m^2}$$

Reemplazando valores en el segundo esfuerzo se tiene:

$$\sigma_A = \frac{F_i}{A} + \left(\frac{M \times C}{I} \right)$$

$$\sigma_A = \frac{269.32N}{8.19 \times 10^{-4} m^2} - \left(\frac{0.13N.m \times 0.0254m}{2.78 \times 10^{-7} m^4} \right)$$

$$\sigma_A = 328840 \frac{N}{m^2} - \left(11877.7 \frac{N}{m^2} \right)$$

$$\sigma_A = 316962 \frac{N}{m^2}$$

Los dos esfuerzos tienen signo positivo, como en la figura 2.38 las fuerzas están en sentidos opuestos quiere decir que el elemento está sometido a compresión.

2.3.18. Selección de chavetas

Para la transmisión del movimiento entre el motor y el tornillo extrusor debe existir un matrimonio el cual transmitirá el movimiento y la potencia del motor mediante el uso de una chaveta, para la cual se debe tener en cuenta el diámetro del eje en cada sección a utilizar cualquier tipo de chaveta, para las dimensiones se utilizará el (Anexo 4 (Tabla 36)).

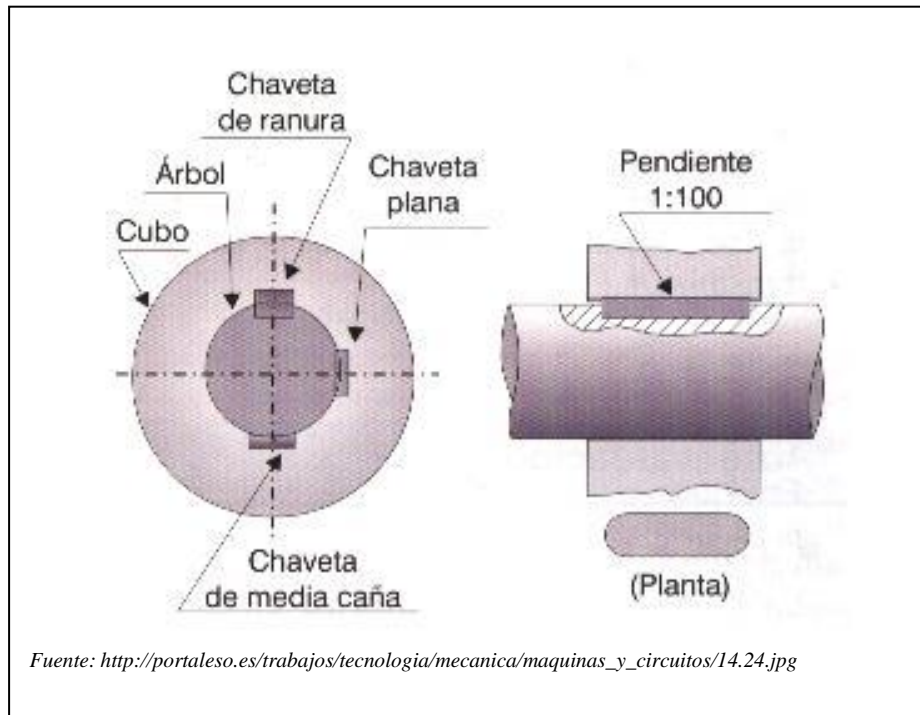


Figura 2.39. Chavetas

2.3.19. Diseño de soldadura

Se llama soldadura a la unión de dos piezas metálicas de igual o parecida composición, de forma que la unión quede rígida y estanca. Esto se consigue bien por el efecto de fusión que proporciona la aportación de calor, bien por la aportación de otro metal de enlace o por la combinación de ambos efectos.

Las estructuras se forman mediante un conjunto de perfiles y piezas unidos entre sí con enlaces capaces de soportar los esfuerzos que se transmiten entre las piezas. El objeto principal de la unión es el de asegurar la mejor continuidad de las piezas, continuidad que será más perfecta cuanto más uniforme sea la transmisión del esfuerzo.

La transmisión de esfuerzos en las uniones se hace en muchas ocasiones de modo indirecto, ya que para pasar el esfuerzo de una pieza a otra se la obliga previamente a desviarse de su trayectoria normal. En el caso de soldadura a tope, la transmisión es directa.

La soldadura por arco se basa en que si a dos conductores en contacto se les somete a una diferencia de potencial, establecemos entre ambos una corriente, posteriormente se separa, provocando una chispa, cuyo efecto es ionizar el gas o el aire que la rodea, permitiendo así el paso de la corriente, a pesar de no estar los conductores en contacto.

Con esto se crea entre ellos un arco eléctrico por transformación de la energía eléctrica en energía luminosa y calorífica. El calor provocado por el arco no sólo es intenso, sino que además está muy localizado, lo que resulta ideal para la operación de soldar. Las temperaturas alcanzadas son del orden de 3500°C.

Soldadura con electrodo metálico revestido.

Es el procedimiento de unión normalmente utilizado en la construcción metálica, pudiendo afirmarse sin titubeos que el gran desarrollo de la construcción metálica actual se debe en gran parte a este sistema.

La unión se consigue al provocar un arco eléctrico entre las piezas a unir y un electrodo que sirve de material de aportación. El operario establece un contacto inicial entre el electrodo y la pieza a soldar (llamada trabajo), con lo que se inicia un flujo de corriente.

A continuación se retira ligeramente el electrodo y se establece un arco, que funde el electrodo y los bordes de la pieza a unir, formándose el cordón de soldadura.

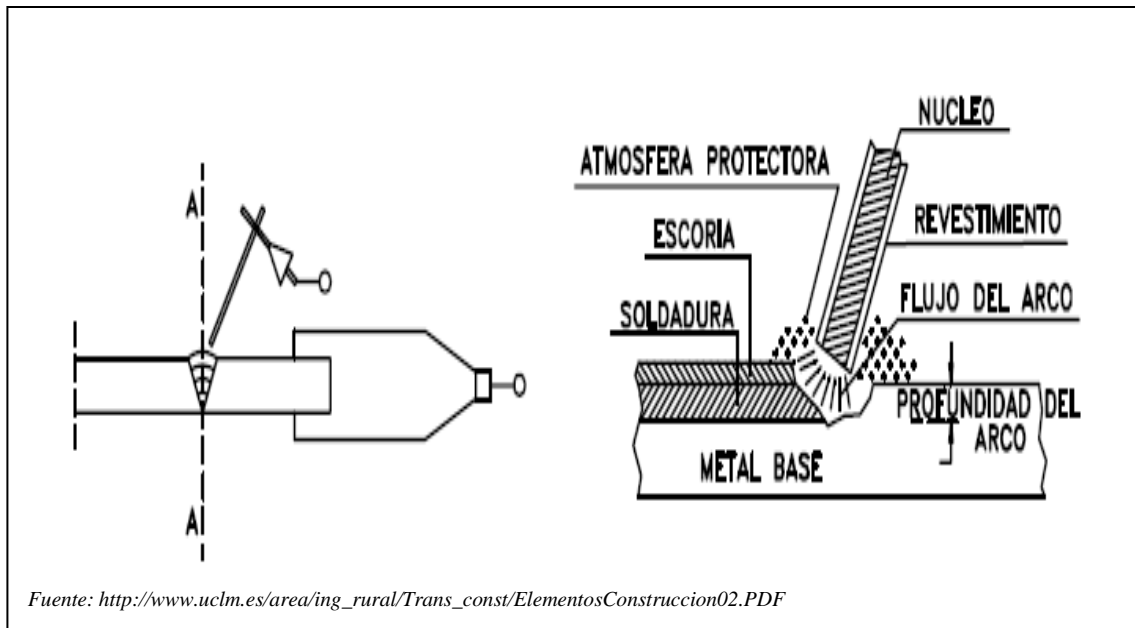


Figura 2.40. Soldadura Eléctrica con electrodo metálico revestido

El recubrimiento de los electrodos está constituido generalmente por óxidos minerales, carbonatos, silicatos o diversos compuestos orgánicos.

Además del efecto protector del material fundido, el revestimiento proporciona las siguientes ventajas:

- Al ser menos fusible que el metal del electrodo, forma una especie de vaina alrededor del arco, que facilita su dirección y evita la formación de arcos secundarios.
- Permite realizar las llamadas soldaduras de gran penetración gracias a que se puede utilizar más intensidad de corriente con ciertos tipos de electrodos, llamados electrodos de gran penetración, aumentando la zona fundida y evitando con esto el que tengamos que preparar los bordes de algunas piezas.

- Gracias a la protección de la escoria fundida, el enfriamiento de la soldadura se hace con mayor lentitud, evitando tensiones internas.

Para la unión del 90% de los elementos que conforman la máquina se utilizarán electrodos E – 6011 y E – 6013, cuyas características son:

Electrodos 6011

Su arco potente y de gran penetración lo hace adecuado para producir soldaduras de buena calidad en cualquier posición y puede usarse para todas las aplicaciones recomendadas para electrodos de la clase E-6011. El arco se enciende fácilmente y es muy estable, obteniendo soldaduras limpias, de alta resistencia y elevada ductibilidad.

Los electrodos 6011 se emplean para soldar placas, perfiles y piezas de acero dulce, cuando se requieran soldaduras en puentes y estructuras, como electrodo de uso general en construcción naval, para soldar tuberías y recipientes sometidos a presión, tanques, calderas, maquinarias e innumerables piezas tanto en placas gruesas como delgadas

Electrodos 6013

Se lo utiliza para mantenimiento y reparaciones en general, fabricación de equipos y maquinarias en aceros bajo carbono, tiene muy fácil aplicación sobre laminas delgadas, por ejemplo: muebles metálicos y carrocerías de vehículos, por su ligera penetración debido a la rápida solidificación del metal depositado y la escoria, se tiene un buen control sobre estos, pudiéndose así soldar en posiciones más difíciles, su característica principal es la facilidad de realizar cordones.

Nomenclatura de los electrodos

Según la norma que lo haga, los electrodos se clasifican de diferentes maneras y los dígitos utilizados para su clasificación por cada una de las normas UNE, DIN, AWS, etc., tienen un significado diferente.

Según la norma americana AWS, y su significado es el siguiente:

E = Electrodo revestido

60xx = significa una resistencia a la tracción de 60,000 libras por pulgada cuadrada. (42,2 kg./mm²).

E-70xx significa una resistencia a la tracción de 70,000 libras por pulgada cuadrada. (49,2kg./mm²).

E-100xx significa una resistencia a la tracción de 100,000 libras por pulgada cuadrada. (70,3kg./mm²).

La penúltima cifra indica la posición para soldar.

Exx1x significa para todas las posiciones.

Exx2x significa posición horizontal o plana.

Exx3x significa posición plana solamente.

La última cifra representa el revestimiento, comprendidas entre 0 y 8

Cuando se trate de electrodos de Acero Inoxidable tal como E-308-16:

A – Las tres primeras cifras indican la clase de acero inoxidable.

B - Las dos últimas cifras indican la posición y la polaridad.

Soldadura TIG

Para la soldadura en la tolva y de los recipientes construidos en acero inoxidable se utilizará soldadura TIG, ya que es la soldadura más utilizada en la construcción de máquinas alimenticias con aceros inoxidables.

En la soldadura TIG se efectúa un proceso de unión del metal por medio del calentamiento que produce el arco eléctrico. Una terminal es generalmente un electrodo de Tungsteno y la otra es la pieza a soldar que se va a trabajar. El arco eléctrico es protegido de la contaminación de la atmósfera mediante la pantalla de un gas inerte.

La gran ventaja de este método de soldadura es, básicamente, la obtención de cordones más resistentes, más dúctiles y menos sensibles a la corrosión que en el resto de procedimientos, ya que el gas protector impide el contacto entre el oxígeno de la atmósfera y el baño de fusión

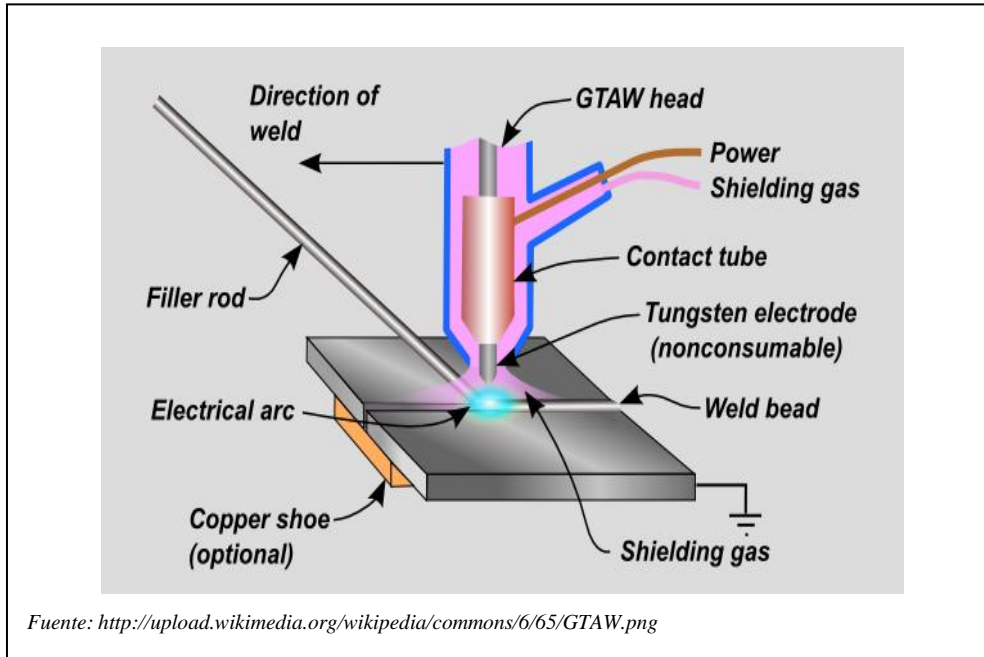


Figura 2.41. Soldadura TIG

Área efectiva de la garganta en soldadura

En una soldadura el esfuerzo se lo considera igual a una carga P, dividida entre el área de la garganta efectiva de la soldadura. Este método se utiliza para determinar la resistencia del filete de soldadura y tiene como característica que no se toma en cuenta la dirección de la carga.

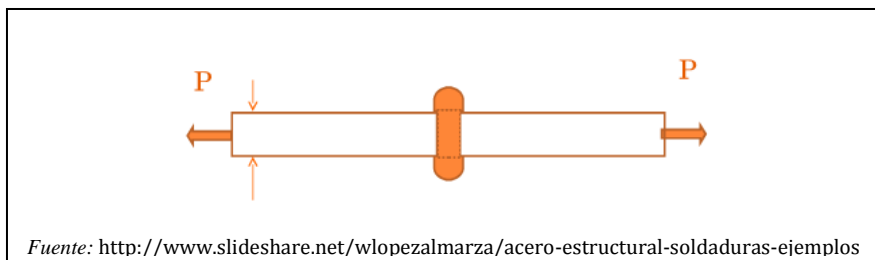


Figura 2.42. Soldadura a tracción

El área efectiva de la garganta se calcula de la siguiente manera:

$$t = 0.707 \times h$$

Ec. (126)

De donde:

$t = \text{Área efectiva de la garganta}$

$0.707 = \text{Valor constante}$

$h = \text{Alto de la garganta}$

Reemplazando valores se tiene:

$$t = 0.707 \times 0.196 \text{plg}$$

$$t = 0.139 \text{plg.}$$

2.3.20. Selección de rodamientos

Se llama rodamiento, ó conocido también como cojinete a un elemento mecánico que cumple la función de reducir la fricción entre un eje y las piezas conectadas a este, que le sirve de apoyo y facilita su desplazamiento.

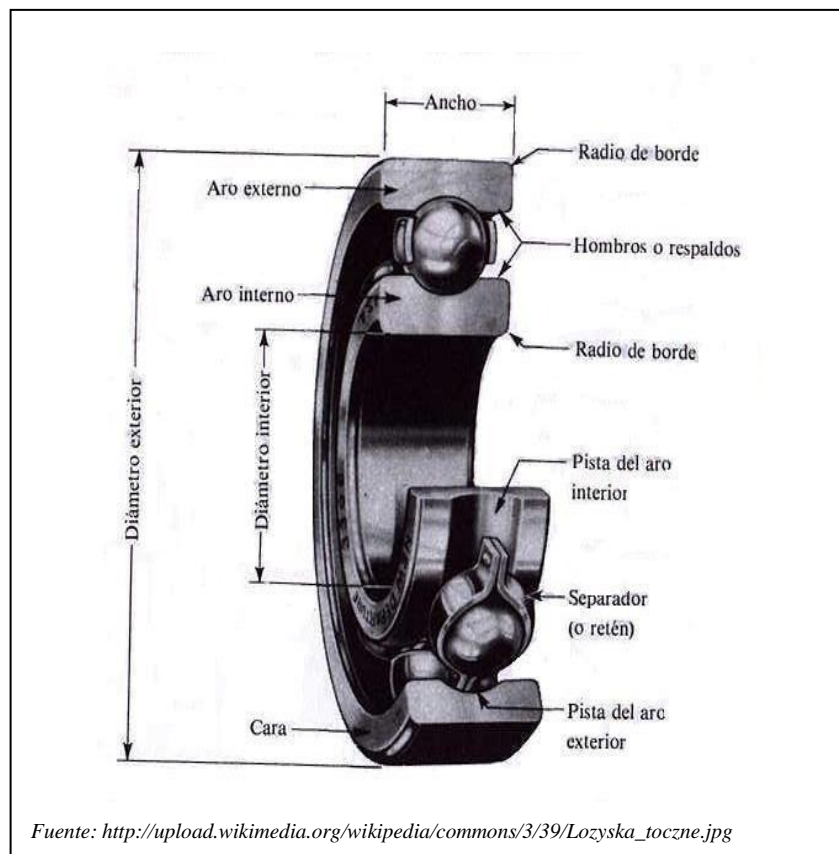


Figura 2.43. Rodamiento y sus Partes

Rodamientos de Rodillos Cónicos

Los rodamientos de rodillos cónicos, tienen los rodillos dispuestos entre los caminos de rodadura cónicos de los aros interior y exterior.

Las superficies cónicas de ambos caminos, al prolongarlas, convergen sobre un mismo punto en el eje del rodamiento.

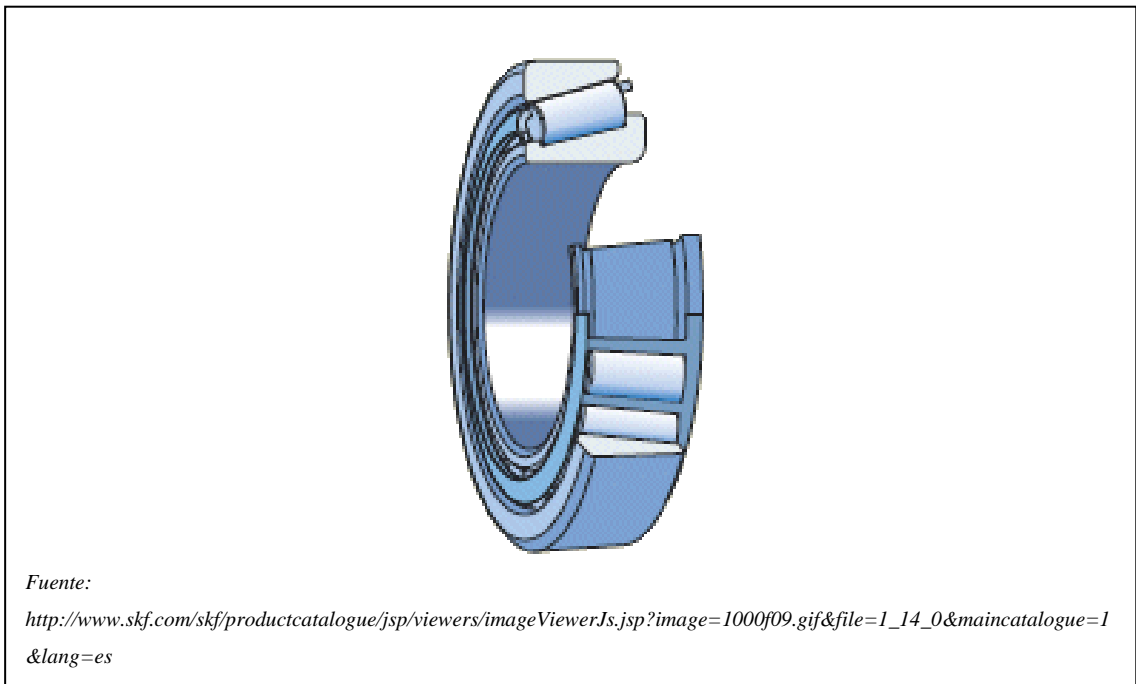


Figura 2.44. Rodamiento de Rodillos Cónicos

Esto implica que las condiciones de rodadura son óptimas. El diseño de estos rodamientos los hace especialmente adecuados para soportar cargas combinadas (radiales y axiales). Su capacidad de carga axial está en gran medida determinada por el ángulo de contacto α que corresponde al ángulo del camino de rodadura del aro exterior.

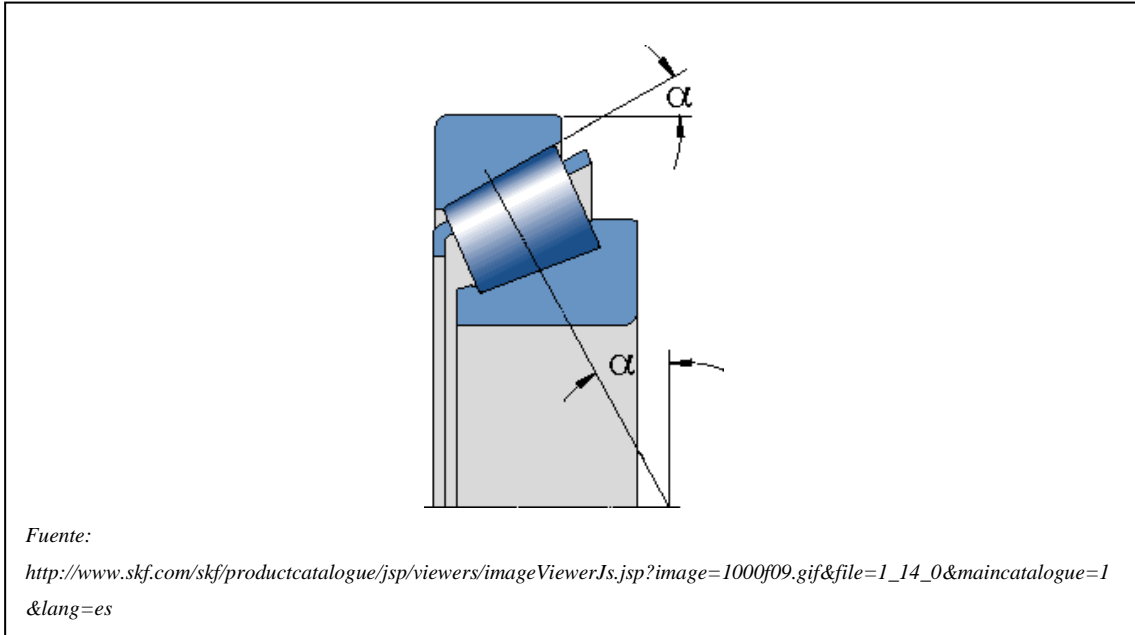


Figura 2.45. Ángulo de Contacto

Cuanto mayor es este ángulo, mayor es la capacidad de carga axial del rodamiento. Los rodamientos de rodillos cónicos normalmente son de diseño desarmable es decir, el aro interior y la corona de rodillos forman una unidad que puede montarse aparte del aro exterior.

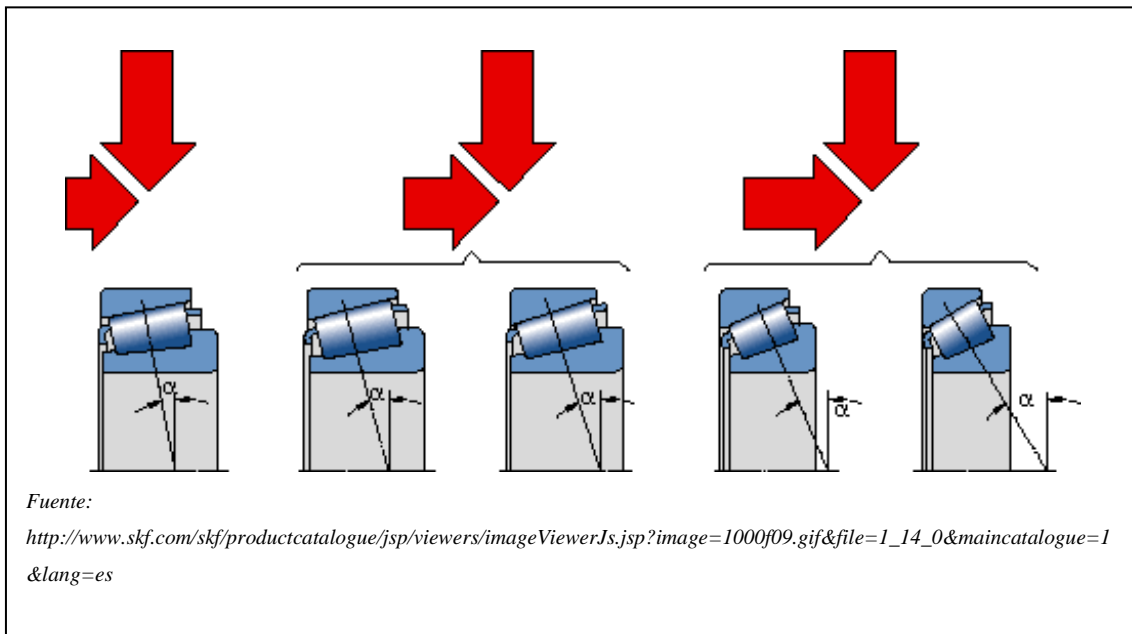


Figura 2.46. Variación del Ángulo de Contacto

Rodamientos de Rodillos Cónicos

Los rodamientos de una hilera de rodillos cónicos, solo pueden soportar cargas axiales actuando en un sentido. Bajo cargas radiales, se produce una fuerza axial en el rodamiento, que debe ser contrarrestada.

El peso de las placas, motor, husillo es de 350kg que es igual a 3355N, las características del rodamiento de rodillos cónicos a ser seleccionado son:

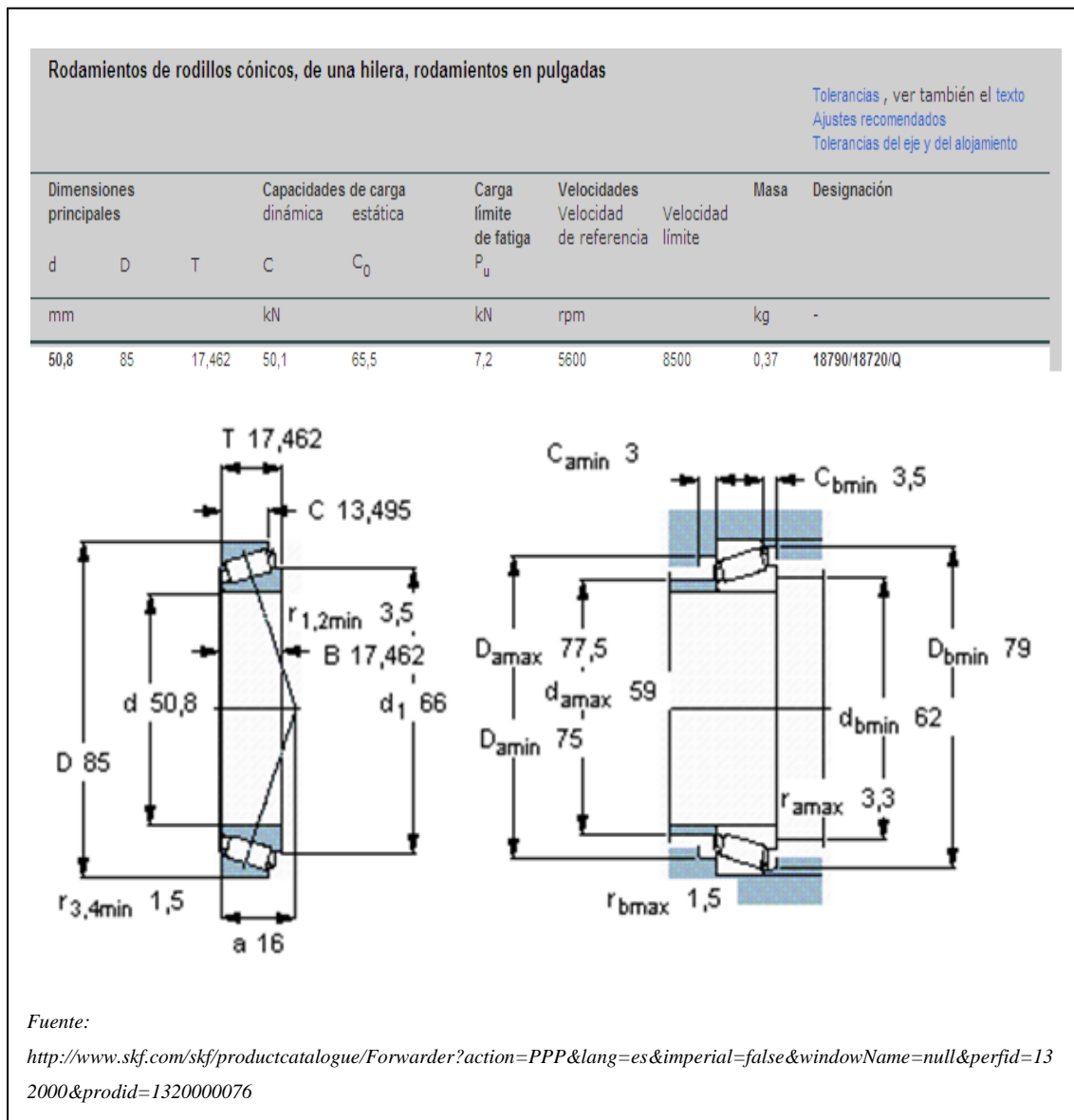


Figura 2.47. Características del Rodamiento de Rodillos Cónicos Seleccionado Ø2”

La capacidad de carga dinámica es superior a la carga que se necesita, por tanto el rodamiento de una hilera de rodillos cónicos de diámetro 2 pulgadas, está correctamente seleccionado.

Con las características del rodamiento seleccionado se pueden colocar en el programa que la empresa SKF dispone, y con ello se logra una vista en 3 dimensiones del rodamiento, las cuales se muestran a continuación

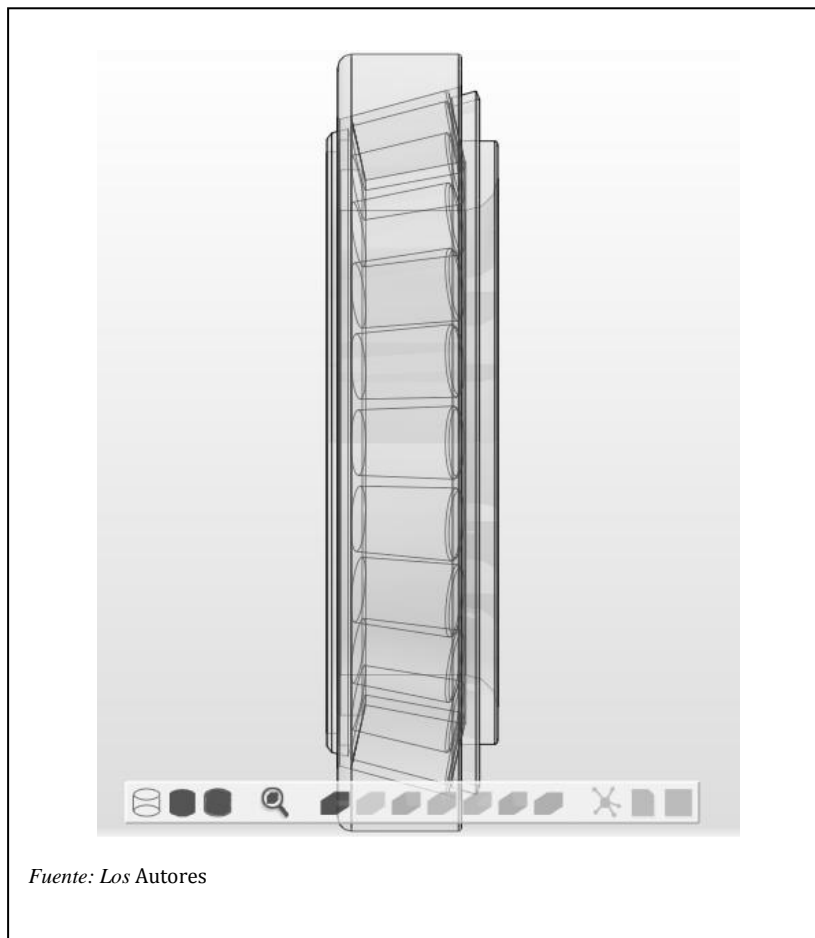


Figura 2.48. Rodamiento de Rodillos Cónicos Seleccionado (1)

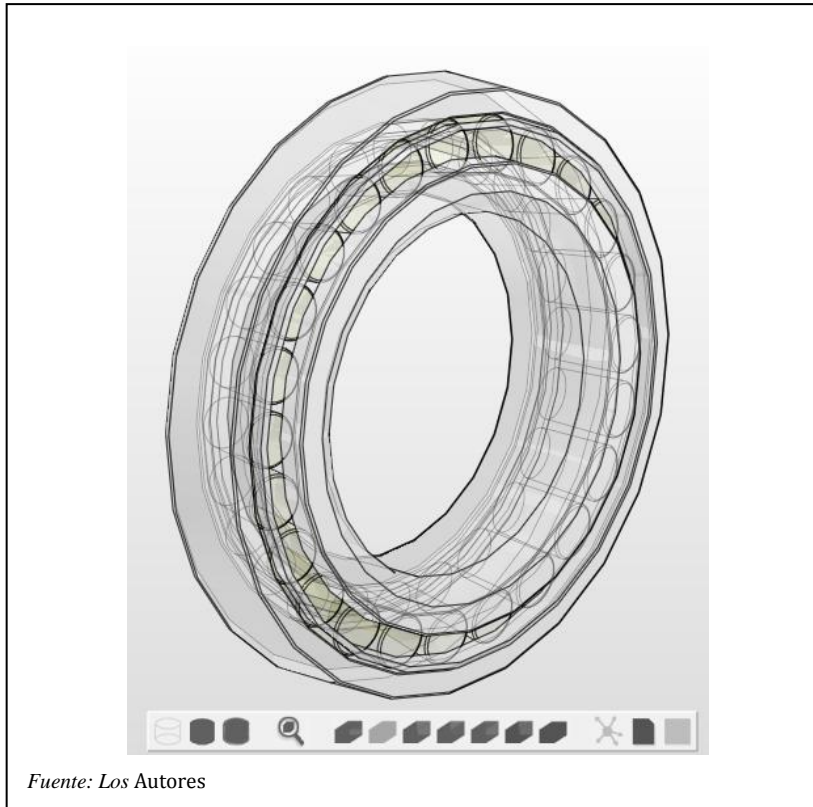


Figura 2.49. Rodamiento de Rodillos Cónicos Seleccionado (2)

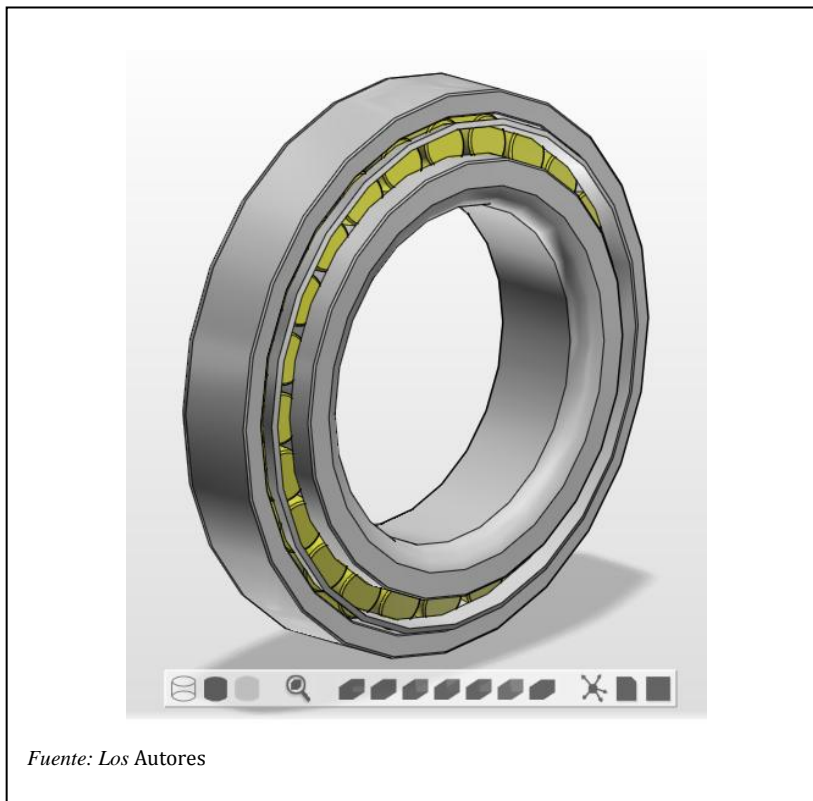


Figura 2.50. Rodamiento de Rodillos Cónicos Seleccionado (3)

Rodamiento Rígido de Bolas

Los rodamientos rígidos de bolas particularmente versátiles. Su diseño es sencillo, no desarmables, son apropiados para velocidades altas e incluso muy altas y resistentes durante su funcionamiento, exigiendo muy poco mantenimiento. Las ranuras profundas de los caminos de rodadura y el alto grado de oscilación entre éstas y las bolas, permiten que los rodamientos rígidos de bolas soporten cargas axiales en ambos sentidos, además de cargas radiales, incluso a altas velocidades.

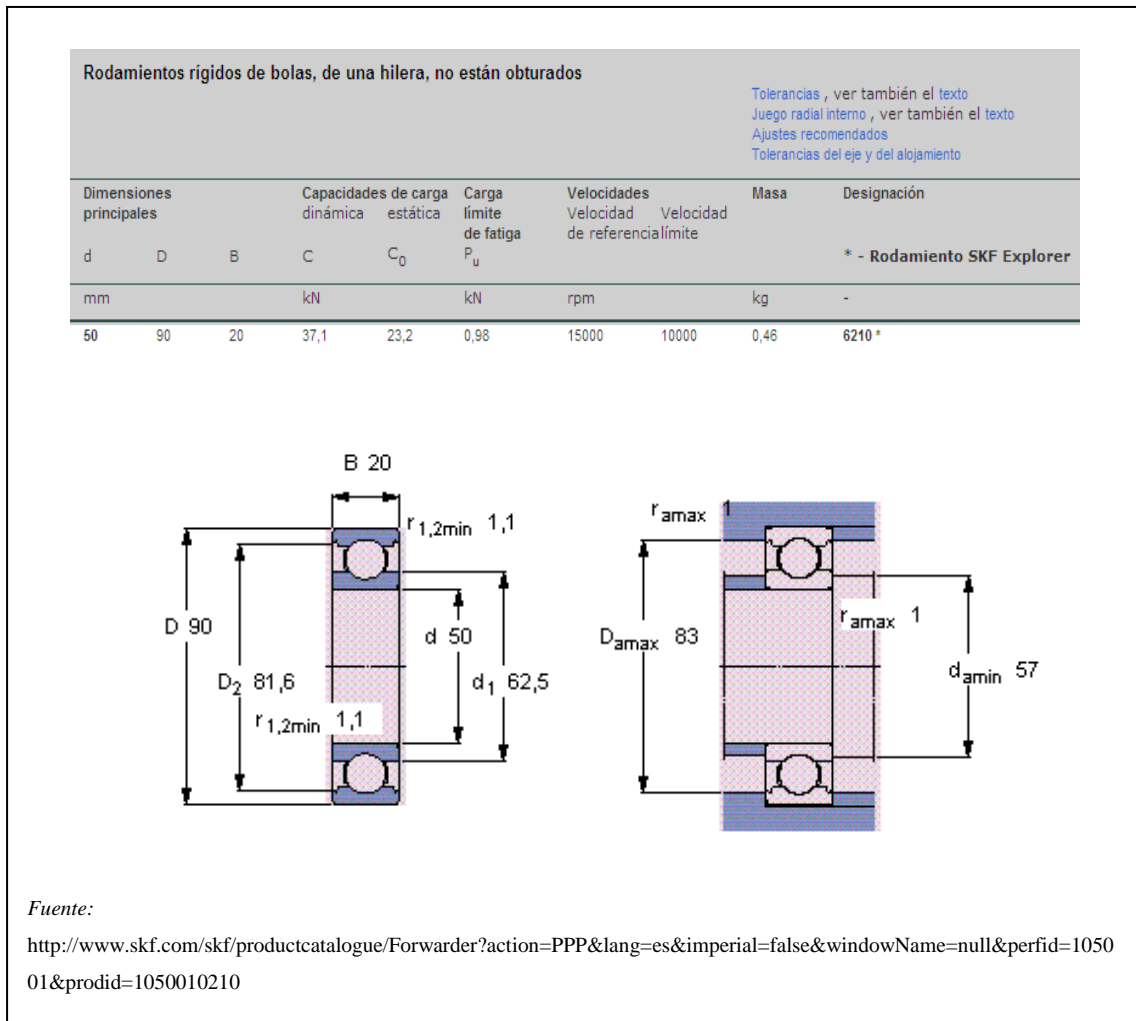


Figura 2.51. Características del Rodamiento Rígido de Bolas Seleccionado Ø2”

2.3.21. Selección de la plancha para la tolva de entrada

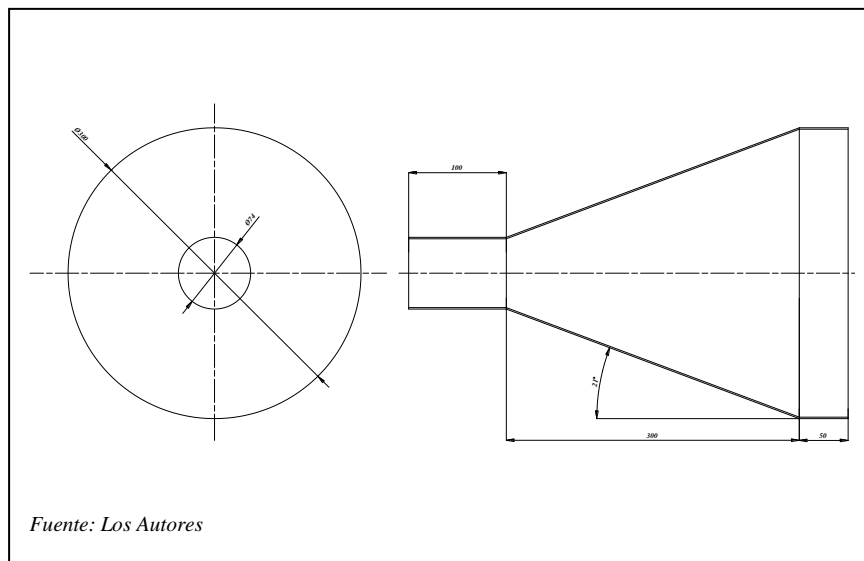


Figura 2.52. Tolva de entrada del material

La tolva debe ser realizada de acero inoxidable ya que tiene contacto directo con el fruto, Aceros Dipac facilita un manual de planchas de acero inoxidable (Anexo 4 (Tabla 53)), en el cual se detalla todas las propiedades de dichas planchas.

Se debe tener en cuenta que la tolva no va a estar sometida a grandes esfuerzos es por este motivo que se seleccionó una plancha de acero inoxidable 304 de 1.5mm. de espesor. Con la plancha seleccionada, se va a realizar la tolva de entrada, de recolección, y la de salida.

2.3.22. Selección de retenedores

Los retenedores son diseñados para la retención de fluido, aceite, agua u otro lubricante que este contenido en el interior de un equipo ó máquina. Además en otras circunstancias puede impedir el ingreso de cualquier tipo de material no deseado como por ejemplo: polvo, partículas extrañas, etc., al equipo en cuestión.



Fuente: <http://www.prorodcali.com/index.php/sellos-de-aceite.html>

Figura 2.53. Retenedores Mecánicos

Al retenedor se lo emplea para la retención del agua que ingresa en el tornillo y no existan filtraciones, ya que al momento de realizar la extracción del aceite de chonta existe una válvula que suministra agua para que el proceso sea menos complicado, se utilizan retenedores de diámetro interior 2”.

Para una mejor retención del líquido se realiza un cambio en lugar del resorte interno que posee el retenedor se coloca un o ´ring del mismo diámetro del resorte.

2.4. SÍNTESIS

Se realiza el diseño y construcción de un molino, para poder extraer su fino aceite (constituida por aceites no saturados y el alto contenido en caroteno, fósforo, vitamina A, calcio, hierro), mediante la trituración, y posterior extracción ya que resulta muy difícil la extracción de su aceite y con la fabricación del molino este proceso cambiaría y se estaría brindando un aporte a la comunidad amazónica y al país.

CAPÍTULO III

3.1. GENERALIDADES

El presente capítulo contiene todo referente al cálculo de costos, se realiza un estudio detallado de todos los gastos efectuados con el fin de poder realizar y construir un molino para la extracción de aceite de chonta.

Se debe tomar en cuenta varios parámetros importantes al momento de realizar el cálculo como son los costos directos, costos indirectos, dentro de estos los costos de materia prima, insumos eléctricos, costos de mecanizado, mano de obra, etc.

Un detalle a señalar es que desarrollamos un proyecto seleccionado en la III Convocatoria a Fondos Concursables para el Financiamiento de Programas y Proyectos Internos de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica, que se realizó en la Universidad Politécnica Salesiana, dicho proyecto se titula: *“Diseño y Construcción de un molino para la extracción de aceite de Chonta (Fruto de Palmeras)”*.

Al momento de haber sido elegido nuestro proyecto la Universidad nos facilitó un monto de \$4500 dólares americanos los cuales fueron gastados en su totalidad, y nos ayudaron a financiar nuestro proyecto en un 80%, y fue de mucha ayuda para realizar la construcción, este proyecto es de ayuda social y su destino es el Oriente Ecuatoriano, con el fin de brindar mayor tecnología a esta región tan hermosa que posee el Ecuador.

3.2. COSTOS DIRECTOS

En los costos directos tenemos:

- Materia Prima
- Maquinado
- Insumos

3.2.1. Materia prima e insumos utilizados

3.2.1.1. Costos de los materiales e insumos utilizados

En lo relacionado a materia prima se especifica el costo de los materiales adquiridos para poder realizar la construcción del molino, con su respectivo funcionamiento:

<i>Ítem</i>	<i>Denominación</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Especificaciones Técnicas</i>	<i>Valor Unitario</i> \$	<i>Valor Total</i> \$
1	Placas	5	170x170x16mm	16	80
2	Eje Macizo	1	Ø110x800mm	400	400
3	Plancha	1	Acero Inoxidable 304 (e = 1.5mm.)	230	230
4	Eje Macizo	1	Ø200x150mm	380	380
5	Eje Macizo	1	Ø130x140mm	110	110
6	Tubo Estructural Cuadrado	2	2"x2"x1/8"	40	80
7	Disco de Corte	4	Ø7x1/4"	2	8
8	Disco de Desbaste	4	Ø9"x1/8"	2.50	10
9	Kilo de Electrodo	2	E-6011 x 1/8"	2.80	5.60
10	Kilo de Electrodo	2	E-6013 x 1/8"	2.90	5.80

11	Kilo de Electrodo	1	E-7018 x 1/8"	2.70	2.70
12	Tubo	1	Ø interior 4"x1m	140	140
13	Perno	10	Acero Inoxidable M10 x 1.5 x 25	0.80	8
14	Tuerca	10	Acero Inoxidable M10	.20	2
15	Arandela	10	Acero Inoxidable Para pernos M10	0.08	0.80
16	Perno	12	Acero Inoxidable M12 x 1.75 x 3"	1.20	14.40
17	Tuerca	12	Acero Inoxidable M12	0.60	7.20
18	Rodamiento	1	Cónico de 1 hilera	24	24
19	Arandela	12	Acero Inoxidable Para pernos M12	0.15	1.80
20	Perno	6	Acero Inoxidable M6 x 1 x 2"	1.05	6.30
21	Tuerca	6	Acero Inoxidable M6	0.50	3
22	Arandela	6	Acero Inoxidable Para pernos M6	0.11	0.66
23	Perno	8	Acero M12 x 1.75 x 60	0.65	5.20
24	Tuerca	8	Acero M12	0.10	0.80

25	Motoreductor	1	Motoreductor axial I=30.2	1200	1200
26	Arrancador de Motor	1	Trifásico, de 16 a 22 A°	61	61
27	Perfil UPN	4	C10*30 (L=10plg)	50	200
28	Rodamiento rígido de bolas	1	1 Hilera (Placas de protección)	23	23
29	Retenedores	2	Diámetro interior 2 pulgadas	3	6
30	Tubo Galvanizado	1	Diámetro 3/8"	14	14
31	Codos	4	3/8"	0.80	3.20
32	Llave de ½ vuelta	1	½ Vuelta	5	5
				Subtotal:	3038.46
				IVA (12%):	364.62
				TOTAL:	3403.08
<i>Fuente: Los Autores</i>					

Tabla 8. Costo de los Materiales e Insumos Utilizados

EL COSTO DE LOS MATERIALES E INSUMOS UTILIZADOS ES DE \$ 3403.08

3.2.2. Costos de maquinado

Ítem	Denominación	Máquina Herramienta	Costo Hora Máquina		Costo Hora Hombre		Costo (\$)
			Horas Utilizadas	Valor	Horas Utilizadas	Valor	
1	Estructura	Torno	-	12	-	1.62	-
		Fresadora	-	15	-	1.62	-
		Soldadora Eléctrica	10	6	10	1.62	76.20
		Esmeril	4	3	4	1.62	18.48
		Taladro	-	3	-	1.62	-
		Soldadora TIG	-	6	-	1.62	-
2	Tornillo Extrusor	Torno	20	12	20	1.62	272.40
		Fresadora	5	15	5	1.62	83.10
		Soldadora Eléctrica	-	6	-	1.62	-
		Esmeril	-	3	-	1.62	-
		Taladro	-	3	-	1.62	-
		Soldadora TIG	-	6	-	1.62	-
3	Tubo Camisa	Torno	2	12	2	1.62	27.24
		Fresadora	-	15	-	1.62	-
		Soldadora Eléctrica	-	6	-	1.62	-
		Esmeril	½	3	½	1.62	2.31
		Taladro	1	3	1	1.62	-
		Soldadora TIG	-	6	-	1.62	-

Ítem	Denominación	Máquina Herramienta	Costo Hora Máquina		Costo Hora Hombre		Costo (\$)
			Horas Utilizadas	Valor	Horas Utilizadas	Valor	
4	Camisa	Torno	8	12	8	1.62	108.96
		Fresadora	3	15	3	1.62	49.86
		Soldadora Eléctrica	-	6	-	1.62	-
		Esmeril	-	3	-	1.62	-
		Taladro	½	3	½	1.62	2.31
		Soldadora TIG	-	6	-	1.62	-
5	Camisa Posterior	Torno	6	12	6	1.62	81.72
		Fresadora	1	15	1	1.62	16.62
		Soldadora Eléctrica	-	6	-	1.62	-
		Esmeril	-	3	-	1.62	-
		Taladro	-	3	-	1.62	-
		Soldadora TIG	-	6	-	1.62	-
6	Soporte Principal Entrada	Torno	-	12	-	1.62	-
		Fresadora	8	15	8	1.62	132.96
		Soldadora Eléctrica	2	6	2	1.62	15.24
		Esmeril	3	3	3	1.62	13.86
		Taladro	-	3	-	1.62	-
		Soldadora TIG	1	6	1	1.62	7.62

Ítem	Denominación	Máquina Herramienta	Costo Hora Máquina		Costo Hora Hombre		Costo (\$)
			Horas Utilizadas	Valor	Horas Utilizadas	Valor	
7	Soporte Principal Salida	Torno	-	12	-	1.62	-
		Fresadora	8	15	8	1.62	132.96
		Soldadora Eléctrica	2	6	2	1.62	15.24
		Esmeril	3	3	3	1.62	13.86
		Taladro	-	3	-	1.62	-
		Soldadora TIG	1	6	1	1.62	7.62
8	Tolva	Torno	-	12	-	1.62	-
		Fresadora	-	15	-	1.62	-
		Soldadora Eléctrica	-	6	-	1.62	-
		Esmeril	½	3	½	1.62	2.31
		Taladro	-	3	-	1.62	-
		Soldadora TIG	4	6	4	1.62	30.48
9	Tolva de Salida	Torno	-	12	-	1.62	-
		Fresadora	-	15	-	1.62	-
		Soldadora Eléctrica	-	6	-	1.62	-
		Esmeril	½	3	½	1.62	2.31
		Taladro	-	3	-	1.62	-
		Soldadora TIG	3	6	3	1.62	22.86

Ítem	Denominación	Máquina Herramienta	Costo Hora Máquina		Costo Hora Hombre		Costo (\$)
			Horas Utilizadas	Valor	Horas Utilizadas	Valor	
10	Tolva de Recolección	Torno	-	12	-	1.62	-
		Fresadora	-	15	-	1.62	-
		Soldadora Eléctrica	-	6	-	1.62	-
		Esmeril	½	3	½	1.62	2.31
		Taladro	-	3	-	1.62	-
		Soldadora TIG	3	6	3	1.62	22.86
11	Ángulo de soporte 2	Torno	-	12	-	1.62	-
		Fresadora	2	15	2	1.62	33.24
		Soldadora Eléctrica	1	6	1	1.62	7.62
		Esmeril	1	3	1	1.62	4.62
		Taladro	½	3	½	1.62	2.31
		Soldadora TIG	-	6	-	1.62	-
12	Ángulo de Soporte 2	Torno	-	12	-	1.62	-
		Fresadora	2	15	2	1.62	33.24
		Soldadora Eléctrica	1	6	1	1.62	7.62
		Esmeril	1	3	1	1.62	4.62
		Taladro	½	3	½	1.62	2.31
		Soldadora TIG	-	6	-	1.62	-

Ítem	Denominación	Máquina Herramienta	Costo Hora Máquina		Costo Hora Hombre		Costo (\$)
			Horas Utilizadas	Valor	Horas Utilizadas	Valor	
13	Perfil Soporte Reductor	Torno	-	12	-	1.62	-
		Fresadora	4	15	4	1.62	66.48
		Soldadora Eléctrica	-	6	-	1.62	-
		Esmeril	1	3	1	1.62	4.62
		Taladro	½	3	½	1.62	2.31
		Soldadora TIG	-	6	-	1.62	-
14	Placa Soporte Lateral	Torno	-	12	-	1.62	-
		Fresadora	4	15	4	1.62	66.48
		Soldadora Eléctrica	-	6	-	1.62	-
		Esmeril	1	3	1	1.62	4.62
		Taladro	½	3	½	1.62	2.31
		Soldadora TIG	-	6	-	1.62	-
15	Placa Soporte Mesa	Torno	-	12	-	1.62	-
		Fresadora	2	15	2	1.62	33.24
		Soldadora Eléctrica	-	6	-	1.62	-
		Esmeril	1	3	1	1.62	4.62
		Taladro	½	3	½	1.62	2.31
		Soldadora TIG	-	6	-	1.62	-

16	Soporte de Rodamiento	Torno	6	12	6	1.62	81.72
		Fresadora	2	15	2	1.62	33.24
		Soldadora Eléctrica	-	6	-	1.62	-
		Esmeril	1	3	1	1.62	4.62
		Taladro	-	3	-	1.62	-
		Soldadora TIG	1	6	1	1.62	7.62
						Subtotal:	1571.46
						IVA (12%):	188.58
						Total:	1760.04
<i>Fuente: Los Autores</i>							

Tabla 9. Costo de Maquinado

EL COSTO DE MAQUINADO ES DE \$ 1760.04

3.2.3. Costo total directo

<i>Ítem</i>	<i>Denominación</i>	<i>Valor Total \$</i>
1	Costo de los materiales e insumos utilizados	3403.08
2	Costo de Maquinado	1760.04
Subtotal:		5163.12
<i>Fuente: Los Autores</i>		

Tabla 10. Costo Total Directo

EL COSTO TOTAL DIRECTO ES DE \$ 5163.12

3.3. COSTOS INDIRECTOS

Estos costos son los que se generan del uso de materiales suplementarios, extras, en la construcción de los componentes de la máquina.

3.3.1. Costos de los materiales e insumos utilizados

En lo relacionado a materia prima se especifica el costo de los materiales extras adquiridos para poder realizar la construcción del molino, con su respectivo funcionamiento:

<i>Ítem</i>	<i>Denominación</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Especificaciones Técnicas</i>	<i>Valor Unitario \$</i>	<i>Valor Total \$</i>
1	Guantes	2	De Cuero	2.50	5
2	Pintura	1	Esmalte, fondo	20	20
3	Grasa	1	Delvag 601	4	4
4	Lija de Agua	4	Número 100	0.27	1.08
5	Thinner	1	1 galón	4.50	4.50
				Subtotal:	34.58
				IVA (12%):	4.15
				TOTAL:	38.73
<i>Fuente: Los Autores</i>					

Tabla 11. Costo de los Materiales e Insumos Indirectos Utilizados

EL COSTO DE LOS MATERIALES E INSUMOS INDIRECTOS UTILIZADOS ES DE \$ 38.73

3.3.2. Costos imprevistos

Son principalmente los gastos de materiales, insumos, maquinado, el transporte de materiales, etc.

En general son todos aquellos materiales que no están considerados desde un principio para el análisis del costo total, aplicando un 10% a estos valores

<i>Ítem</i>	<i>Denominación</i>	<i>Valor Total \$</i>
1	Materiales e Insumos Directos	3403.08
2	Costos de Maquinado	1760.04
3	Costos de Insumos Indirectos	38.73
Subtotal:		5201.85
10 % Costos Imprevistos		520.19
<i>Fuente: Los Autores</i>		

Tabla 12. Costos Imprevistos

LOS COSTOS IMPREVISTOS SON DE \$ 520.19

3.3.3. Costo total indirecto

<i>Ítem</i>	<i>Denominación</i>	<i>Valor Total \$</i>
1	Costo de los materiales e insumos indirectos utilizados	38.73
2	Costos Imprevistos	520.19
Subtotal:		558.92
<i>Fuente: Los Autores</i>		

Tabla 13. Costo Total Indirecto

ELCOSTO TOTAL INDIRECTO ES DE \$ 558.92

3.4. COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA

Es la sumatoria de los costos directos e indirectos

<i>Ítem</i>	<i>Denominación</i>	<i>Valor Total \$</i>
1	Costos Directos	5163.12
2	Costos Indirectos	558.92
Total:		\$ 5722.04
<i>Fuente: Los Autores</i>		

Tabla 14. Costo Total de la Máquina

EL COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA ES DE \$ 5722.04

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El diseño de la máquina se realizó en base al volumen de producción que va a tener, todo lo relacionado a su volumen de producción se analizó en el manual de funcionamiento, para su respectiva verificación.
- El molino construido realiza la extracción del aceite de chonta de dos maneras, la primera es la extracción directa del aceite con su respectiva recolección, la segunda es mediante el lavado del bagazo con agua y la separación del aceite mediante decantación, el bagazo que se produce por la extracción sale por una cavidad, la cual va unida con una tolva para que dicho bagazo pueda ser almacenado y ser lavado para obtener el aceite deseado.
- Para el procesamiento de alimentos existen materiales específicos los cuales deben cumplir con normas ya establecidas, es por eso que se realizó la posible construcción en dos tipos de aceros inoxidable, los cuales nos brindan características específicas.
- Al realizar la construcción del molino para la extracción de aceite de chonta, se va a brindar una gran ayuda a las personas que se dedican al estudio de dicha fruta, ya que el molino brinda aceite, bagazo grueso, bagazo fino, para que de esta manera puedan continuar con su estudio.
- Los materiales utilizados en la máquina cumplen con todos los requerimientos necesarios para el tratamiento con aceite, un ejemplo de esto es el tornillo extrusor que fue construido con acero inoxidable 304, cuyas aplicaciones son para la industria química, el tratamiento de aceites grasos, entre otras aplicaciones.
- El acero inoxidable 304 calidad alimenticia a parte de sus características principales posee otra muy importante que es la de ser insípido, esto permite que el sabor original del aceite de chonta sea probado y degustado por las personas, si se hubiera

realizado con un acero inoxidable 316 este hubiera modificado el sabor original del aceite.

- En el manual de funcionamiento se puede observar cual es el volumen de producción de aceite, para esto se realizó varias pruebas con chontas seleccionadas, de dos países Ecuador y Colombia.
- La capacidad real de la máquina es de 100 qq. 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 cumple con todas las expectativas planteadas al momento de comenzar con el estudio y el diseño del proyecto.

RECOMENDACIONES

- Al momento de la manipulación de la máquina se debe primero verificar todo el manual de funcionamiento, para que posteriormente no exista ningún tipo de falla y la producción de aceite sea la necesaria.
- Efectuar una cocción previa a la chonta para que estas ingresen al molino cocinadas esto facilita el proceso de extracción del aceite de chonta.
- Realizar un mantenimiento periódico de la máquina, sobre todo en la limpieza exterior e interior del molino después de haber sido utilizado.
- No exceder del volumen de producción de la máquina para evitar daños en su funcionamiento, también respetar los tiempos calculados para el ingreso de chontas al molino.
- La máquina es de uso exclusivo para chonta, no ingresar ninguna otra fruta, peor aún algo que pueda dañar sus componentes.
- Tener un conocimiento técnico básico en lo relacionado a máquinas para realizar la manipulación y la extracción del aceite.
- La tecnología empleada por la construcción de la máquina debe ser brindada a las personas que no conozcan sobre este tipo de maquinaria, no a las personas que quieran obtener beneficios económicos en base a este proyecto que se realizó para ayuda social.

BIBLIOGRAFÍA

DE TEXTOS

- TIMOSHENKO, Stephen, “*Mecánica de Materiales*”, Segunda edición, Grupo Editorial Iberoamérica, Año 1986, México D.F., Pág.: 12 - 140
- BUDINAS, Richard – NISBETT Keith, “*Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*”, Octava edición, Editorial Mc Graw – Hill, Año 2008, México, D.F.
- LARBURU Nicolás, “*Prontuario Máquinas*”, editorial Paraninfo, año de edición 2001
- SHIGLEY Joseph, “*Diseño en Ingeniería Mecánica*”, 2003, sexta edición, editorial Mc Grax Hill
- STEETER Victor, “*Mecánica de Fluidos*”, novena edición, editorial Mc Graw Hill, Año 2001, Santafé de Bogotá, Colombia.
- HIBBELER Russell, “*Mecánica Vectorial para Ingenieros*”, décima edición, editorial PEARSON, Año 2004, México, D.F.

DE PÁGINAS ELECTRÓNICAS (WEB)

- <http://es.wikipedia.org/wiki/Bactris_gasipaes#Nombres>
- <<http://www.ups.edu.ec/FCKeditor/UserFiles/File/cuenca/fotos%20web/Protocolo%20de%20investigación.pdf>>
- <<http://aupec.univalle.edu.co/informes/2009/julio/chontaduro.html>>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Acero_inoxidable>

- <http://www.arcelormittal.com/sections/fileadmin/redaction/PV_ES/american_sections/C.pdf>
- <<http://www.pejibaye.ucr.ac.cr/Taxonomia/Taxonomia3.htm>>
- <<http://www2.ing.puc.cl/~icm2312/apuntes/uniones/union1.html>>
- <<http://www.tornilloselcapitan.com/acero/quimica.php>>
- <<http://www.automotriz.net/tecnica/torque.html>>
- <<http://www.metalac.com.br/?cat=faq&lang=es>>
- <http://www.selvanet.com.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=96:el-pijuayo-bactris-gasipaes-hbk&catid=35:flora&Itemid=60>

ANEXO 1

PLANOS

ANEXO 2

PROTOCOLO DE PRUEBAS

PROTOCOLO DE PRUEBAS

Al momento que se concluye con el diseño y la fabricación del molino para la extracción de aceite de chonta se deben realizar varias pruebas para comprobar y verificar su funcionamiento, en el protocolo de pruebas del presente anexo se va a verificar algunos aspectos como son:

- Verificación general de la máquina
- Verificación de materiales
- Verificación visual de juntas empernadas
- Soldadura
- Funcionamiento en vacío
- Funcionamiento con carga
- Capacidad de producción

Verificación general de la máquina

Se verifica las dimensiones finales de la máquina: ancho, largo, altura, con las dimensiones realizadas por los fabricantes para luego compararlas:

<i>Verificación general de la máquina</i>							
<i>Elemento</i>	<i>Operación</i>	<i>Instrumento Utilizado</i>	<i>Valor Medido (mm)</i>	<i>Valor Comprobado (mm)</i>	<i>Tolerancia (mm)</i>	<i>Aprobado</i>	
						<i>Si</i>	<i>No</i>
Ancho (mm)	Medir	Flexómetro	650		+/-2		
Largo (mm)	Medir	Flexómetro	1630		+/-2		
Altura (mm)	Medir	Flexómetro	1595		+/-2		

Fuente: Los Autores

Tabla 15. Verificación general de la máquina

Verificación visual de materiales

Se verifica los materiales utilizados en la construcción del molino:

<i>Verificación visual de materiales</i>				
<i>Ítem</i>	<i>Elemento</i>	<i>Especificaciones</i>	<i>Aprobado</i>	
			<i>Si</i>	<i>No</i>
1	Motoreductor	5 Hp Trifásico $i = 30.7$		
2	Estructura	Perfil estructural cuadrado de 2"x2"x3mm		
3	Tornillo extrusor	Acero inoxidable 304		
4	Tolva de recolección	Acero inoxidable 304		
5	Arrancador de motor trifásico	16-22 A°		
6	Matrimonio	Acople Flexible		
7	Tubo Camisa	Acero inoxidable 304		
8	Ángulo de soporte	C10x30		
9	Tolva de Salida	Acero inoxidable 304		
10	Tolva de Entrada	Acero inoxidable 304		
11	Sistema de agua	Tubo Galvanizado 3/8"		

Fuente: Los Autores

Tabla 16. Verificación visual de materiales

Verificación visual de juntas empernadas y soldadura

Se verifica que exista una buena soldadura para seguridad del operario de la máquina, un ajuste correcto de los pernos, y que las partes que tienen movimiento se encuentren cubiertas

<i>Verificación visual de juntas empernadas y soldadura</i>				
<i>Ítem</i>	<i>Elemento</i>	<i>Especificaciones</i>	<i>Aprobado</i>	
			<i>Si</i>	<i>No</i>
1	Elementos Móviles	Cubiertos		
2	Juntas empernadas	Ajuste correcto		
3	Máquina en general	Presentación , sin aristas vivas		
Fuente: Los Autores				

Tabla 17. Verificación visual de juntas empernadas y soldadura

Funcionamiento en vacio de la máquina

Se verifica que exista un correcto funcionamiento de la máquina sin aplicar carga alguna

<i>Funcionamiento en vacio de la máquina</i>					
<i>Ítem</i>	<i>Elemento</i>	<i>Función</i>	<i>Observaciones</i>	<i>Aprobado</i>	
				<i>Si</i>	<i>No</i>
1	Pruebas en vacio (Arrancador de motor)	Encendido (ON)	Mínimas vibraciones		
		Apagado (OFF)	-		
2	Máquina en general	Extracción de aceite	Aumento bajo de vibraciones		

Fuente: Los Autores

Tabla 18. Funcionamiento en vacio de la máquina

Funcionamiento con carga de la máquina y producción

Se verifica que exista un correcto funcionamiento de la máquina ingresando chontas a la capacidad real de la máquina y observando el proceso de extracción:

<i>Funcionamiento con carga de la máquina y producción</i>								
<i>Ítem</i>	<i>Peso a ingresar de chontas (kg)</i>	<i>Tiempo de duración de la extracción estimado(min)</i>	<i>Residuo Obtenido</i>	<i>Producción de aceite</i>	<i>Observaciones</i>	<i>Tiempo Real (min)</i>	<i>Aprobado</i>	
							<i>Si</i>	<i>No</i>
1	1	6	Mezcla (Residuo + Agua)	Mezcla (Agua + Aceite)	Mediante destilación se obtiene el aceite requerido			
2	1.5	9						
3	2	13						

Fuente: Los Autores

Tabla 19. Funcionamiento con carga de la máquina y producción

ANEXO 3

MANUAL DE OPERACIÓN

MANUAL DE
MANTENIMIENTO

Manual de Operación

El molino realizado funciona correctamente, obteniendo la extracción del aceite de chonta que debe ser separado por decantación, para evitar daños en su funcionamiento se debe seguir necesariamente todos los pasos de este manual de operación, con esto la máquina no presentará ningún tipo de problema.



Fuente: Los Autores

Figura A.3.1. Molino extractor de aceite de chonta

Antes de comenzar con la manipulación de la máquina se debe tener en cuenta algunas normas de seguridad en la máquina para evitar daños principalmente al operario de la máquina y a las personas que vayan a utilizarla. Las principales normas de seguridad que se debe seguir son:

- Verificar el estado de las conexiones eléctricas, el tomacorriente, el enchufe, el alambre que no se encuentre defectuoso.
- Verificar que se tenga una el voltaje necesario para la máquina 220V, para el motoreductor.

- El operario debe utilizar un equipo de protección personal (mascarilla, guantes de látex para evitar la contaminación del aceite extraído, mandil).
- Nunca introducir las manos o algún elemento que pueda afectar con el correcto funcionamiento de la máquina, y también se evitará un accidente.
- Apagar completamente la máquina, culminado el proceso de extracción y para su posterior limpieza.
- Para evitar accidentes se debe tomar en cuenta el lugar de trabajo de la máquina, se debe contar con el espacio suficiente tanto para la máquina como para la movilización del operario.

Al comenzar el proceso de extracción, ya tomando en cuenta todas las normas de seguridad indicadas, seleccionar las frutas (chontas) que se encuentren en buen estado, lavarlas y ponerlas a cocinar en agua durante unos 30 minutos, en el transcurso de este tiempo el operario puede verificar el estado de la máquina y si es necesario limpiarla de cualquier tipo de suciedad.

Verificar la caja de encendido, y pulsar el botón de encendido, esperar un cierto tiempo (10 segundos), para que la máquina se estabilice. Colocar dos recipientes los cuales van a servir para la recolección del aceite de chonta y para la recolección del bagazo, que posteriormente va a ser lavado para obtener una mayor cantidad de aceite de chonta.

Eliminar cualquier tipo de anomalía en la chonta, esto puede ser partes podridas, algún tipo de raíz, hervir por 30 minutos la fruta antes de comenzar el proceso de extracción, comenzar a ingresar una chonta a la vez, partida en la mitad, ingresada la fruta, resbala por la tolva de ingreso hacia el tornillo extrusor, este la lleva por toda su longitud y la aplasta con la ayuda del tubo camisa, al inicio la fruta va a ser aplastada solamente un poco, pero en el transcurso de la longitud se aplasta más y más hasta que la final solamente se desecha bagazo, por la tolva de salida, y el aceite con el agua va a la tolva de recolección. Desde el momento de ingreso de la fruta por la tolva se debe abrir la llave de agua la $\frac{1}{4}$ parte de la

misma para ayudar en el proceso de extracción, y permitir la separación de la misma con el aceite mediante decantación.

Cuando se haya culminado el proceso de extracción, el aceite con el agua hayan sido recogidos y el bagazo haya sido lavado con una pequeña cantidad de agua se debe esperar de 5 a 8 minutos que la máquina elimine todo el material, esto se lo realiza teniendo abierto $\frac{1}{4}$ de la llave de agua, luego de esto proceder a la separación de las sustancias mediante destilación.

Se debe esperar que el proceso haya culminado completamente para apagar la máquina y comenzar con su limpieza. Para la limpieza de la máquina se debe tapar el agujero por donde ingresa la chonta con una tapa y proyectar un chorro de agua a presión desde la tolva de entrada para que el agua fluya por todo el sistema, durante 8 minutos, de esta manera todos los elementos internos del molino se lavarán.

Limpiar completamente todos los residuos de chonta para que en la próxima vez que se utilice la máquina, funcione correctamente y no emita ningún tipo de olor.

Manual de Mantenimiento

La limpieza exterior e interior es fundamental en cualquier tipo de maquinaria, de esto y otros factores adicionales depende su correcto funcionamiento, para el caso del molino construido, se debe realizar al momento de comenzar el proceso de extracción una inspección general de toda la máquina, esto engloba la limpieza externa de todos los elementos que conforman la máquina, verificar que todos los alambres que se utilizan para la conexión eléctrica, se encuentren en buen estado, que no se encuentren pelados para evitar un cortocircuito y de esta manera evitar daños primordialmente en el motoreductor.

La localización de la máquina (Oriente Ecuatoriano) no afecta al funcionamiento de la máquina, pero no se debe descuidar su limpieza, empezando por el motoreductor, limpiarlo frecuentemente del polvo e impurezas que se puedan generar, para evitar el daño de dicho elemento, se lo debe conectar exclusivamente al voltaje que se indica en la placa que es de 220V, limpiar los conectores del enchufe para que pueda ingresar correctamente en el toma corriente y con esto podemos realizar un proceso de extracción correcto.

En lo referente a la tolva como se conoce es el elemento por el cual las frutas de chonta ingresan, si no se realiza la limpieza cada vez que las frutas ingresan, las basuras ingresarán al molino y van a producir un pequeño porcentaje de suciedad en el aceite.

El tornillo extrusor es el elemento principal de la máquina, es aquel que está en contacto directo con el fruto, como en el momento de realizar la extracción del aceite, ingresa agua este elemento necesita un mantenimiento preventivo trimestral como algunos elementos de la máquina, el mantenimiento trimestral solamente puede realizarse siempre y cuando no se exceda de la capacidad de extracción, ya que esto provocaría que la máquina pueda provocar defectos al momento de la extracción, tomar en cuenta que el molino está constituido y diseñado solamente para la extracción del aceite de chonta.

En la tolva para la recolección del bagazo, se debe controlar periódicamente que no se acumule al final, esto puede producir que dichos residuos se acumulen y provoquen una falla en la producción de aceite, esta tolva está sujeta con pernos para que al momento del mantenimiento se pueda desmontar y realizar su respectiva limpieza.

En la tolva de recolección se debe realizar un mantenimiento diario, ya que en este elemento el aceite es recogido, al inicio de cada proceso en el transcurso de obtención del aceite se debe limpiar las impurezas que se presenten y posteriormente continuar con la extracción, en el transcurso de la obtención del aceite se debe observar que el aceite fluya por los agujeros de la camisa y el aceite caiga en su respectivo recipiente.

En lo referente a rodamientos tanto el cónico como el rodamiento rígido de bolas necesitan ser engrasados cada dos meses o más según el tiempo de funcionamiento diario de la máquina.

Al culminar con el proceso de extracción se debe realizar una limpieza general de la máquina y de todo el espacio utilizado para que la maquinaria se encuentre completamente limpia y lista para realizar un nuevo proceso de extracción.

En general el molino fabricado necesita un mantenimiento preventivo cada tres meses y tomando 6 meses como parámetro máximo para dicho mantenimiento, de esta manera se va a contar con un molino sumamente bueno, que cumple con todas las características y parámetros de extracción.

ANEXO 4

TABLAS

Constantes físicas de materiales

Material	Módulo de elasticidad E		Módulo de rigidez G		Relación de Poisson ν	Peso específico w		
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa		lbf/pulg ²	lbf/ft ³	kN/m ³
Abeto Douglas	1.6	11.0	0.6	4.1	0.33	0.016	28	4.3
Acero al carbono	30.0	207.0	11.5	79.3	0.292	0.282	487	76.5
Acero al níquel	30.0	207.0	11.5	79.3	0.291	0.280	484	76.0
Acero inoxidable (18-8)	27.6	190.0	10.6	73.1	0.305	0.280	484	76.0
Aleaciones de titanio	16.5	114.0	6.2	42.4	0.340	0.160	276	43.4
Aluminio (todas las aleaciones)	10.4	71.7	3.9	26.9	0.333	0.098	169	26.6
Bronce fosforado	16.1	111.0	6.0	41.4	0.349	0.295	510	80.1
Cobre	17.2	119.0	6.49	44.7	0.326	0.322	556	87.3
Cobre al berilio	18.0	124.0	7.0	48.3	0.285	0.297	513	80.6
Hierro fundido (gris)	14.5	100.0	6.0	41.4	0.211	0.260	450	70.6
Inconel	31.0	214.0	11.0	75.8	0.290	0.307	530	83.3
Latón	15.4	106.0	5.82	40.1	0.324	0.309	534	83.8
Magnesio	6.5	44.8	2.4	16.5	0.350	0.065	112	17.6

Tabla 20. Constantes Físicas de Materiales

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{uv} kpsi	S_{uv} MPa	
Esmerilado	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

De C. J. Noll y C. Lipsitz, "Allowable Working Stresses", en *Society for Experimental Stress Analysis*, vol. 3, núm. 2, 1946, p. 29. Reproducida por O. J. Hogan (ed.), *Metals Engineering Design ASME Handbook*, McGraw-Hill, Nueva York. Copyright © 1953 por The McGraw-Hill Companies, Inc. Reproducido con autorización.

Tabla 21. Parámetros en el Factor de la Condición Superficial de Martin

Temperatura, °C	S_T/S_{RT}	Temperatura, °F	S_T/S_{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

*Fuente de datos: ítem 2-9.

Tabla 22. Efecto de la Temperatura de Operación en la Resistencia a la Tensión del Acero

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_o	Factor de confiabilidad k_o
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

Tabla 23. Factores de Confiabilidad

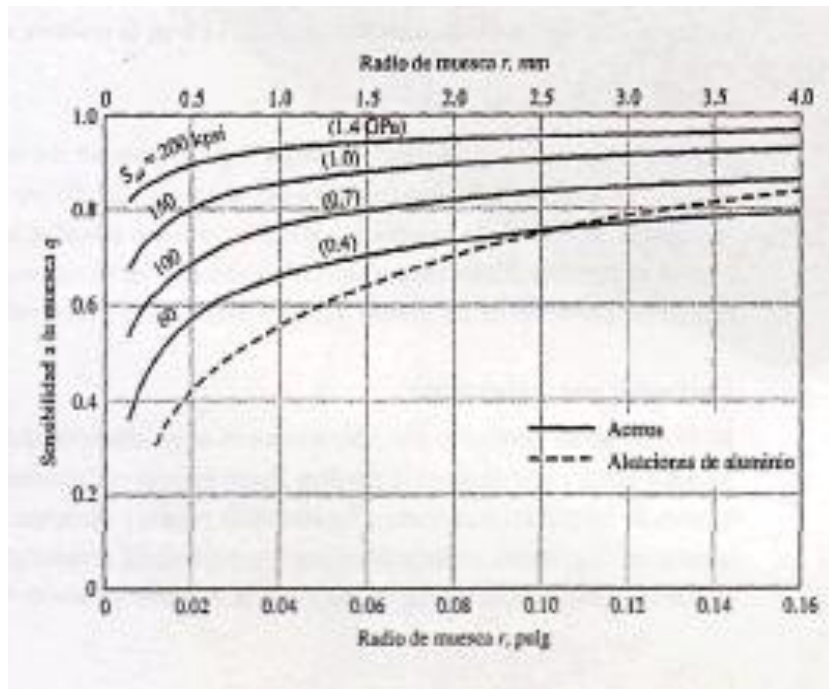


Tabla 24. Sensibilidad a la Muesca

Flexión y torsión				Axial y cortante directa		
M, T	I, J	c, r	σ, τ	F	A	σ, τ
$N \cdot m^*$	m^4	m	Pa	N^*	m^2	Pa
$N \cdot m$	cm^4	cm	$MPa [N/mm^2]$	N^\dagger	mm^2	$MPa [N/mm^2]$
$N \cdot m^\ddagger$	mm^4	mm	GPa	kN	m^2	kPa
$kN \cdot m$	cm^4	cm	GPa	kN^\ddagger	mm^2	GPa
$N \cdot mm^\ddagger$	mm^4	mm	$MPa [N/mm^2]$			

*Relación básica.
 †Con frecuencia se prefieren.
 ‡Con frecuencia se prefieren.

Tabla 25. Unidades de Esfuerzo Flexionante

Deflexión por flexión					Deflexión por torsión				
$F, w/l$	I	E	y	T	T	J	G	θ	θ
N^*	m	m^2	Pa	m	$N \cdot m^*$	m	m^4	Pa	rad
kN^\ddagger	mm	mm^2	GPa	mm	$N \cdot m^\ddagger$	mm	mm^4	GPa	rad
kN	m	m^4	GPa	μm	$N \cdot mm$	mm	mm^4	$MPa [N/mm^2]$	rad
N	mm	mm^4	kPa	m	$N \cdot m$	cm	cm^4	$MPa [N/mm^2]$	rad

*Relación básica.
 †Con frecuencia se prefieren.
 ‡Con frecuencia se prefieren.

Tabla 26. Unidades de Deflexión por Flexión

Propiedades mecánicas medias de algunos aceros tratados térmicamente

[Éstas son propiedades típicas de materiales normalizados y recocidos. Las propiedades de aceros templados y revenidos (TyR) son de una sola colada. Debido a las muchas variables, las propiedades listadas son promedias generales. En todos los casos, los datos se obtuvieron de piezas con diámetro de 0.505 pulg, maquinadas a partir de barras redondas de 1 pulg y la longitud de colibración es de 2 pulg. A menos que se especifique otra cosa, todas las piezas se templaron en aceite] Fuente: ASM Metals Reference Book, 2a. ed., American Society for Metals, Metals Park, Ohio, 1983.

1	2	3	4	5	6	7	8
AISI núm.	Tratamiento	Temperatura °C (°F)	Resistencia a la tensión MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación, %	Reducción en el área, %	Dureza Brinell
1030	TyR*	205 (400)	848 (123)	648 (94)	17	47	495
	TyR*	315 (600)	800 (116)	621 (90)	19	53	401
	TyR*	425 (800)	731 (106)	579 (84)	23	60	302
	TyR*	540 (1 000)	669 (97)	517 (75)	28	65	255
	TyR*	650 (1 200)	586 (85)	441 (64)	32	70	207
	Normalizado	925 (1 700)	521 (75)	345 (50)	32	61	149
	Recocido	870 (1 600)	430 (62)	317 (46)	35	64	137
1040	TyR	205 (400)	779 (113)	593 (86)	19	48	262
	TyR	425 (800)	758 (110)	552 (80)	21	54	241
	TyR	650 (1 200)	634 (92)	434 (63)	29	65	192
	Normalizado	900 (1 650)	590 (86)	374 (54)	28	55	170
	Recocido	790 (1 450)	519 (75)	353 (51)	30	57	149
1050	TyR*	205 (400)	1 120 (163)	807 (117)	9	27	514
	TyR*	425 (800)	1 090 (158)	793 (115)	13	36	444
	TyR*	650 (1 200)	717 (104)	538 (78)	28	65	235
	Normalizado	900 (1 650)	748 (108)	427 (62)	20	39	217
	Recocido	790 (1 450)	636 (92)	365 (53)	24	40	187
1060	TyR	425 (800)	1 080 (156)	765 (111)	14	41	311
	TyR	540 (1 000)	965 (140)	669 (97)	17	45	277
	TyR	650 (1 200)	800 (116)	524 (76)	23	54	229
	Normalizado	900 (1 650)	776 (112)	421 (61)	18	37	229
	Recocido	790 (1 450)	626 (91)	372 (54)	22	38	179
1095	TyR	315 (600)	1 260 (183)	813 (118)	10	30	375
	TyR	425 (800)	1 210 (176)	772 (112)	12	32	363
	TyR	540 (1 000)	1 090 (158)	676 (98)	15	37	321
	TyR	650 (1 200)	896 (130)	552 (80)	21	47	269
	Normalizado	900 (1 650)	1 010 (147)	500 (72)	9	13	293
	Recocido	790 (1 450)	658 (95)	380 (55)	13	21	192
114	TyR	315 (600)	1 460 (212)	1 280 (186)	9	32	415
	TyR	540 (1 000)	896 (130)	765 (111)	18	57	262

Tabla 27. Propiedades Mecánicas Medias de Algunos Aceros Tratados Térmicamente

Número	Material	Condición	Resistencia (a la tensión)				Resistencia a la deformación, exponente m	Resistencia a la fractura σ_f
			Fluencia S_y MPa (kpsi)	Última S_u MPa (kpsi)	A la fractura σ_u MPa (kpsi)	Coefficiente $\sigma_{0.2}$ MPa (kpsi)		
1018	Acero	Recocido	220 (32.0)	341 (49.5)	628 (91.1) [†]	620 (90.0)	0.25	1.05
1144	Acero	Recocido	358 (52.0)	646 (93.7)	898 (130) [†]	992 (144)	0.14	0.49
1212	Acero	HR	193 (28.0)	424 (61.5)	729 (106) [†]	758 (110)	0.24	0.85
1045	Acero	TyR 600 [†] F	1 520 (220)	1 580 (230)	2 380 (345)	1 880 (273) [†]	0.041	0.81
4142	Acero	TyR 600 [†] F	1 720 (250)	1 930 (210)	2 340 (340)	1 760 (255) [†]	0.048	0.43
303	Acero inoxidable	Recocido	241 (35.0)	601 (87.3)	1 520 (221) [†]	1 410 (205)	0.51	1.16
304	Acero inoxidable	Recocido	276 (40.0)	568 (82.4)	1 600 (233) [†]	1 270 (185)	0.45	1.67
2011	Aleación de aluminio	T6	169 (24.5)	324 (47.0)	325 (47.2) [†]	620 (90)	0.28	0.10
2024	Aleación de aluminio	T4	296 (43.0)	446 (64.8)	533 (77.3) [†]	689 (100)	0.15	0.18
7075	Aleación de aluminio	T6	542 (78.6)	593 (86.0)	706 (102) [†]	882 (128)	0.13	0.18

[†]Los valores se tomaron de uno a dos cables y se consideran que pueden obtenerse usando especificaciones de campos. La deformación por fractura puede variar hasta en 100%.
[†]Nota de fábrica.

Tabla 28. Resultados de Ensayos a la Tensión de Algunos Metales



Tamaño nominal, pulg	Tipo de cabeza										
	Cuadrada		Hexagonal regular			Hexagonal pesada			Hexagonal estructural		
	W	H	W	H	R _{min}	W	H	R _{min}	W	H	R _{min}
1/16	3/16	11/64	7/16	11/64	0.01						
1/8	1/4	13/64	1/2	7/32	0.01						
3/16	5/16	1/4	9/16	1/4	0.01						
1/4	3/8	19/64	5/8	19/64	0.01						
5/16	7/16	21/64	3/4	11/32	0.01	7/8	11/32	0.01	7/8	5/16	0.009
3/8	1/2	27/64	15/16	27/64	0.02	1 1/16	27/64	0.02	1 1/16	25/64	0.021
1/2	5/8	1/2	1 1/8	1/2	0.02	1 1/4	1/2	0.02	1 1/4	15/32	0.021
5/8	3/4	21/32	1 1/2	43/64	0.03	1 5/8	43/64	0.03	1 5/8	39/64	0.062
3/4	7/8	11/16	1 11/16	3/4	0.03	1 13/16	3/4	0.03	1 13/16	11/16	0.062
7/8	1 1/8	27/32	1 7/8	27/32	0.03	2	27/32	0.03	2	25/32	0.062
1	1 1/4	29/32	2 1/16	29/32	0.03	2 3/16	29/32	0.03	2 3/16	27/32	0.062
1 1/8	1 3/4	1	2 1/2	1	0.03	2 3/8	1	0.03	2 3/8	13/16	0.062

Tamaño nominal, mm											
M5	8	3.58	8	3.58	0.2						
M6			10	4.33	0.3						
M8			13	5.68	0.4						
M10			16	6.85	0.4						
M12			18	7.95	0.6	21	7.95	0.6			
M14			21	9.25	0.6	24	9.25	0.6			
M16			24	10.75	0.6	27	10.75	0.6	27	10.75	0.6
M20			30	13.40	0.8	34	13.40	0.8	34	13.40	0.8
M24			36	15.90	0.8	41	15.90	0.8	41	15.90	1.0
M30			46	19.75	1.0	50	19.75	1.0	50	19.75	1.2
M36			55	23.55	1.0	60	23.55	1.0	60	23.55	1.5

Tabla 29. Dimensiones de Pernos de Cabeza Cuadrada y Hexagonal

Tamaño nominal, pulg	Ancho W	Altura H		
		Hexagonal regular	Gruesa o ranurada	Contra-tuerca
$\frac{1}{4}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{7}{32}$	$\frac{9}{32}$	$\frac{5}{32}$
$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{17}{64}$	$\frac{21}{64}$	$\frac{3}{16}$
$\frac{3}{8}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{21}{64}$	$\frac{13}{32}$	$\frac{7}{32}$
$\frac{7}{16}$	$\frac{11}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{29}{64}$	$\frac{1}{4}$
$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{5}{16}$
$\frac{9}{16}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{31}{64}$	$\frac{39}{64}$	$\frac{5}{16}$
$\frac{5}{8}$	$\frac{15}{16}$	$\frac{35}{64}$	$\frac{23}{32}$	$\frac{3}{8}$
$\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{8}$	$\frac{41}{64}$	$\frac{13}{16}$	$\frac{27}{64}$
$\frac{7}{8}$	$1\frac{5}{16}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{29}{32}$	$\frac{31}{64}$
1	$1\frac{1}{2}$	$\frac{55}{64}$	1	$\frac{35}{64}$
$1\frac{1}{8}$	$1\frac{11}{16}$	$\frac{31}{32}$	$1\frac{5}{32}$	$\frac{39}{64}$
$1\frac{1}{4}$	$1\frac{7}{8}$	$1\frac{1}{16}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{23}{32}$
$1\frac{3}{8}$	$2\frac{1}{16}$	$1\frac{11}{64}$	$1\frac{3}{8}$	$\frac{25}{32}$
$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{4}$	$1\frac{9}{32}$	$1\frac{1}{2}$	$\frac{27}{32}$

Tamaño nominal, mm				
M5	8	4.7	5.1	2.7
M6	10	5.2	5.7	3.2
M8	13	6.8	7.5	4.0
M10	16	8.4	9.3	5.0
M12	18	10.8	12.0	6.0
M14	21	12.8	14.1	7.0
M16	24	14.8	16.4	8.0
M20	30	18.0	20.3	10.0
M24	36	21.5	23.9	12.0
M30	46	25.6	28.6	15.0
M36	55	31.0	34.7	18.0

Tabla 30. Dimensiones de Tuercas Hexagonales

Tamaño del sujetador	Tamaño de la arandela	Diámetro		Espesor
		DI	DE	
#6	0.138	0.156	0.375	0.049
#8	0.164	0.188	0.438	0.049
#10	0.190	0.219	0.500	0.049
#12	0.216	0.250	0.562	0.065
N	0.250	0.281	0.625	0.065
W	0.250	0.312	0.734	0.065
N	0.312	0.344	0.688	0.065
W	0.312	0.375	0.875	0.083
N	0.375	0.406	0.812	0.065
W	0.375	0.438	1.000	0.083
N	0.438	0.469	0.922	0.065
W	0.438	0.500	1.250	0.083
N	0.500	0.531	1.062	0.095
W	0.500	0.562	1.375	0.109
N	0.562	0.594	1.156	0.095
W	0.562	0.625	1.469	0.109
N	0.625	0.656	1.312	0.095
W	0.625	0.688	1.750	0.134
N	0.750	0.812	1.469	0.134
W	0.750	0.812	2.000	0.148
N	0.875	0.938	1.750	0.134
W	0.875	0.938	2.250	0.165
N	1.000	1.062	2.000	0.134
W	1.000	1.062	2.500	0.165
N	1.125	1.250	2.250	0.134
W	1.125	1.250	2.750	0.165
N	1.250	1.375	2.500	0.165
W	1.250	1.375	3.000	0.165
N	1.375	1.500	2.750	0.165
W	1.375	1.500	3.250	0.180
N	1.500	1.625	3.000	0.165
W	1.500	1.625	3.500	0.180
N	1.625	1.750	3.750	0.180
W	1.750	1.875	4.000	0.180
N	1.875	2.000	4.250	0.180
W	2.000	2.125	4.500	0.180
N	2.250	2.375	4.750	0.220
W	2.500	2.625	5.000	0.238
N	2.750	2.875	5.250	0.259
W	3.000	3.125	5.500	0.284

N = cónico; W = ancho; cuando no se especifique el tipo, use W.

Tabla 31. Dimensiones Básicas de Arandelas Simples

Tamaño de la arandela*	DI mínimo	DE máximo	Espesor máximo	Tamaño de la arandela*	DI mínimo	DE máximo	Espesor máximo
1.6 N	1.95	4.00	0.70	10 N	10.85	20.00	2.30
1.6 R	1.95	5.00	0.70	10 R	10.85	28.00	2.80
1.6 W	1.95	6.00	0.90	10 W	10.85	39.00	3.50
2 N	2.50	5.00	0.90	12 N	13.30	25.40	2.80
2 R	2.50	6.00	0.90	12 R	13.30	34.00	3.50
2 W	2.50	8.00	0.90	12 W	13.30	44.00	3.50
2.5 N	3.00	6.00	0.90	14 N	15.25	28.00	2.80
2.5 R	3.00	8.00	0.90	14 R	15.25	39.00	3.50
2.5 W	3.00	10.00	1.20	14 W	15.25	50.00	4.00
3 N	3.50	7.00	0.90	16 N	17.25	32.00	3.50
3 R	3.50	10.00	1.20	16 R	17.25	44.00	4.00
3 W	3.50	12.00	1.40	16 W	17.25	56.00	4.60
3.5 N	4.00	9.00	1.20	20 N	21.80	39.00	4.00
3.5 R	4.00	10.00	1.40	20 R	21.80	50.00	4.60
3.5 W	4.00	15.00	1.75	20 W	21.80	66.00	5.10
4 N	4.70	10.00	1.20	24 N	25.60	44.00	4.60
4 R	4.70	12.00	1.40	24 R	25.60	56.00	5.10
4 W	4.70	16.00	2.30	24 W	25.60	72.00	5.60
5 N	5.50	11.00	1.40	30 N	32.40	56.00	5.10
5 R	5.50	15.00	1.75	30 R	32.40	72.00	5.60
5 W	5.50	20.00	2.30	30 W	32.40	90.00	6.40
6 N	6.65	13.00	1.75	36 N	38.30	66.00	5.60
6 R	6.65	18.80	1.75	36 R	38.30	90.00	6.40
6 W	6.65	25.40	2.30	36 W	38.30	110.00	8.50
8 N	8.90	18.80	2.30				
8 R	8.90	25.40	2.30				
8 W	8.90	32.00	2.80				

N = cónico; R = regular; W = ancho.
 *Igual que el tamaño del tornillo o perno.

Tabla 32. Dimensiones de Arandelas Métricas Simples

Roscas		ROSCA MÉTRICA						TABLA 1 . 13		
							<p>— Relaciones —</p> $h = 0,866 p$ $h_1 = 0,695 p, \quad (h_1 = h'_1)$ $h_2 = 0,650 p$ $h_3 = 0,045 p$ $r = 0,063 p$			
(Concuerda con la norma DIN 13 y 14)										
Diámetro de la rosca d	TORNILLO					Rosca portante h ₂	Radio medio r	TUERCA		Diámetro de la rosca d
	Núcleo d ₁	Sección del núcleo cm ²	Diámetro medio d ₂	Paso p	Altura rosca h ₁			Diámetro de rosca d'	Diámetro de núcleo d' ₁	
1	0,652	0,0033	0,838	0,25	0,174	0,162	0,02	1,024	0,676	1
1,2	0,852	0,0057	1,038	0,25	0,174	0,162	0,02	1,224	0,676	1,2
1,4	0,984	0,0076	1,205	0,3	0,208	0,195	0,02	1,426	1,010	1,4
1,7	1,214	0,0116	1,473	0,35	0,243	0,227	0,02	1,732	1,246	1,7
2	1,444	0,0164	1,740	0,4	0,278	0,260	0,03	2,036	1,460	2
2,3	1,744	0,0239	2,040	0,4	0,278	0,260	0,03	2,336	1,780	2,3
2,6	1,974	0,0306	2,306	0,45	0,313	0,292	0,03	2,642	2,016	2,6
3	2,306	0,0418	2,675	0,5	0,347	0,325	0,03	3,044	2,350	3
3,5	2,666	0,0558	3,110	0,6	0,417	0,390	0,04	3,554	2,720	3,5
4	3,028	0,072	3,546	0,7	0,486	0,465	0,04	4,062	3,090	4
(4,5)	3,458	0,094	4,013	0,75	0,521	0,497	0,05	4,568	3,526	(4,5)
5	3,868	0,119	4,490	0,8	0,556	0,520	0,05	5,072	3,960	5
(5,5)	4,250	0,142	4,915	0,9	0,625	0,585	0,06	5,580	4,330	(5,5)
6	4,610	0,167	5,350	1	0,695	0,650	0,06	6,090	4,700	6
(7)	5,610	0,247	6,350	1	0,695	0,650	0,06	7,090	5,700	(7)
8	6,264	0,308	7,188	1,25	0,868	0,812	0,08	8,112	6,376	8
(9)	7,264	0,414	8,188	1,25	0,868	0,812	0,08	9,112	7,376	(9)
10	7,916	0,492	9,026	1,5	1,042	0,974	0,09	10,136	8,052	10
(11)	8,916	0,624	10,026	1,5	1,042	0,974	0,09	11,136	9,052	(11)
12	9,570	0,718	10,863	1,75	1,235	1,137	0,11	12,156	9,726	12
14	11,222	0,989	12,701	2	1,389	1,299	0,13	14,180	11,402	14
16	13,222	1,373	14,701	2	1,389	1,299	0,13	16,180	13,402	16
18	14,528	1,657	16,376	2,5	1,736	1,624	0,16	18,224	14,752	18
20	16,528	2,145	18,376	2,5	1,736	1,624	0,16	20,224	16,752	20
22	18,528	2,696	20,376	2,5	1,736	1,624	0,16	22,224	18,752	22
24	19,832	3,089	22,051	3	2,084	1,949	0,19	24,270	20,102	24
27	22,832	4,094	25,051	3	2,084	1,949	0,19	27,270	23,102	27
30	25,138	4,963	27,727	3,5	2,431	2,273	0,22	30,316	25,454	30
33	28,138	6,218	30,727	3,5	2,431	2,273	0,22	33,316	28,454	33
36	30,444	7,279	33,402	4	2,778	2,598	0,25	36,360	30,804	36
39	33,444	8,785	36,402	4	2,778	2,598	0,25	39,360	33,804	39
42	35,750	10,04	39,077	4,5	3,125	2,923	0,28	42,404	36,154	42
45	38,750	11,79	42,077	4,5	3,125	2,923	0,28	45,404	39,154	45
48	41,054	13,23	44,752	5	3,473	3,248	0,32	48,450	41,504	48
52	45,054	15,94	48,752	5	3,473	3,248	0,32	52,450	45,504	52
56	48,360	18,37	52,428	5,5	3,820	3,572	0,35	56,496	48,856	56
60	52,360	21,53	56,428	5,5	3,820	3,572	0,35	60,496	52,856	60
64	55,666	24,34	60,103	6	4,167	3,897	0,38	64,54	56,206	64
68	59,666	27,96	64,103	6	4,167	3,897	0,38	68,54	60,206	68
72	63,666	31,83	68,103	6	4,167	3,897	0,38	72,54	64,206	72
76	67,666	35,96	72,103	6	4,167	3,897	0,38	76,54	68,206	76
80	71,666	40,34	76,103	6	4,167	3,897	0,38	80,54	72,206	80
84	75,666	44,96	80,103	6	4,167	3,897	0,38	84,54	76,206	84
89	80,666	51,10	85,103	6	4,167	3,897	0,38	89,54	81,206	89

Tabla 33. Rosca Métrica

Tornillos y arandelas		TORNILLOS EXAGONALES (negros o corrientes)														TABLA 10, . 13			
(Evitense los diámetros entre paréntesis) (Concuerda en parte con DIN 601)																			
ROSCA METRICA																			
d		M 5	M 6	M 8	M 10	M 12	M 16	M 20	(M 22)	M 24	(M 27)	M 30	(M 33)	M 36	(M 39)	M 42	(M 45)	M 48	(M 52)
l	min.	15	15	15	15	20	30	30	40	40	60	75	75	100	100	120	130	140	170
	max.	50	80	100	200	> 200													
a	min.	12	15	18	20	22	28	32	35	38	40	45	50	55	60	65	—	—	—
	normal	15	18	22	25	28	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	85	90
	max.	—	—	—	—	40	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	110	110
b	25	10,4	11,5	16,2	19,6	21,9	27,7	34,6	36,9	41,6	47,3	53,1	57,7	63,5	69,3	75	80,8	86,5	92,4
c		9	10	14	17	19	24	30	32	36	41	46	50	55	60	65	70	75	80
e		3,5	4,5	5,5	7	8	10,5	13	14	16	17	19	21	23	25	26	28	30	32
f		4	5	5,5	6	6,5	8	10	11	12	13	15	16	18	20	22	24	26	28
r	25	0,5					1					2							
ROSCA WHITWORTH																			
d		1/4"	5/16"	3/8"	(7/16")	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1 1/8"	1 1/4"	1 5/8"	1 1/2"	1 5/8"	1 3/4"	(1 7/8")	2"	
mm.		6,35	7,94	9,53	11,11	12,7	15,88	19,05	22,23	25,4	28,58	31,75	34,93	38,10	41,28	44,45	47,63	50,80	
l	min.	20	20	20	20	20	30	30	40	40	60	60	70	75	80	80	80	100	
	max.	110	110	150	150	150	> 200												
a	min.	15	18	20	22	25	28	32	38	40	45	50	55	60	65	—	—	—	
	normal	18	22	25	28	30	35	40	50	55	60	65	70	75	80	85	85	90	
	max.	—	—	—	40	45	50	55	65	70	75	80	85	90	95	100	110	110	
b	25	12,7	16,2	19,6	21,9	25,4	31,2	36,9	41,6	47,3	53,1	57,7	63,5	69,3	75	80,8	86,5	92,4	
c		11	14	17	19	22	27	32	36	41	46	50	55	60	65	70	75	80	
e		5	6	7	8	9	11	13	16	18	20	22	24	27	30	32	34	36	
f		5,5	6,5	8	9,5	11	13	16	18	20	22	25	28	30	32	35	38	40	
r	25	0,5					1					1,6					2		

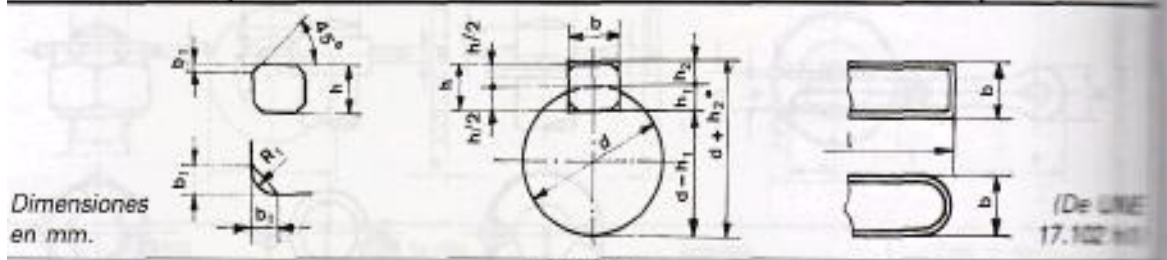
Tabla 34. Tornillos Hexagonales



Arandela			Para tornillo....		Arandela			Para tornillo....	
d ₁	d ₂	e	Métrico	Whitworth	d ₁	d ₂	e	Métrico	Whitworth
2,2	5,5	0,5	2		43	78	7	42	1 3/8"
2,8	7	0,5	2,6		46	85	7	45	1 3/4"
3,2	7	0,5	3		50	92	8	48	
4,3	9	0,8	4		54	96	8	52	2"
5,3	11	1	5		58	105	9	56	
6,4	12	1,5	6		60	110	9	58	2 1/4"
8,4	17	2	8		66	115	9	64	2 1/2"
10,5	21	2,5	10		74	125	10	72	2 3/4"
13	24	3	12		78	135	10	76	3"
13,8	24	3		1/2"	82	140	12	80	
17	30	3	16	5/8"	93	160	12	90	3 1/2"
21	36	4	20	3/4"	104	175	14	100	4"
23	40	4	22	7/8"	114	185	14	110	
25	44	4	24		119	200	14	115	4 1/2"
27	50	5	26	1"	124	210	16	120	
31	56	5	30	1 1/8"	129	220	16	125	5"
33	60	5	32	1 1/4"	134	220	16	130	
36	68	6	35	1 3/8"	144	240	18	140	5 1/2"
37	68	6	36		155	250	18	150	6"
40	72	6	39	1 1/2"	(Concuerto con la norma DIN 127)				

Tabla 35. Arandelas Planas

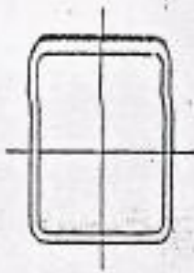
Pasadores y chavetas	CHAVETAS PARALELAS SERIE NORMAL	TABLA 16
-------------------------	--	----------



Sección <i>b × h</i>	Ancho <i>b</i>		Altura <i>h</i>		Chafilán <i>b₁</i>		Longitud <i>l</i>	
	Nominal	Toler. h9	Nominal	Toler. h9 y h11	Mínimo	Máximo	De...	...
4 × 4	4	0	4	0	0,16	0,25	8	45
5 × 5	5	0	5	0	0,25	0,40	10	56
6 × 6	6	-0,030	6	-0,030	0,25	0,40	14	70
8 × 7	8	0	7	0	0,25	0,40	18	90
10 × 8	10	-0,036	8	0	0,40	0,60	22	110
12 × 8	12	0	8	0	0,40	0,60	28	140
14 × 9	14	0	9	-0,090	0,40	0,60	36	160
16 × 10	16	-0,043	10	0	0,40	0,60	45	180
18 × 11	18	0	11	0	0,40	0,60	50	200
20 × 12	20	0	12	0	0,40	0,80	56	220
22 × 14	22	0	14	0	0,60	0,80	63	250
25 × 14	25	-0,052	14	-0,110	0,60	0,80	70	280
28 × 16	28	0	16	0	0,60	0,80	80	320
32 × 18	32	0	18	0	0,60	0,80	90	360
36 × 20	36	0	20	0	0,60	1,20	100	400
40 × 22	40	-0,062	22	0	1,00	1,20	—	—
45 × 25	45	0	25	0,130	1,00	1,20	—	—
50 × 28	50	0	28	0	1,00	1,20	—	—
56 × 32	56	0	32	0	1,00	2,00	—	—
63 × 32	63	0	32	0	1,60	2,00	—	—
70 × 36	70	-0,074	36	0	1,60	2,00	—	—
80 × 40	80	0	40	-0,160	2,50	3,00	—	—
90 × 45	90	0	45	0	2,50	3,00	—	—
100 × 50	100	-0,087	50	0	2,50	3,00	—	—

Diámetro del eje <i>d</i>		Sección de la chaveta <i>b × h</i>	Ancho <i>b</i> , tolerancia						Profundidad				Chafilán <i>R₁</i>	
			Nominal	Clase de ajuste del enchavetado			Ajustado Eje y cubo <i>pg</i>	Eje <i>h₁</i>		Cubo <i>h₂</i>				
				Libre	Normal	Normal		Nominal	Toler.	Nominal	Toler.	Min.	Máx.	
10	12	4 × 4	4	+0,030	+0,078	0	±0,015	-0,012	2,5	+0,1	1,8	+0,1	0,08	0,16
12	17	5 × 5	5	0	+0,030	-0,030	±0,015	-0,042	3	0	2,3	0	0,16	0,25
17	22	6 × 6	6	0	0	0	±0,015	-0,042	3,5	0	2,8	0	0,16	0,25
22	30	8 × 7	8	+0,036	+0,098	0	±0,018	-0,015	4	0	3,3	0	0,16	0,25
30	38	10 × 8	10	0	+0,040	-0,036	±0,018	-0,051	5	0	3,3	0	0,25	0,40
38	44	12 × 8	12	0	0	0	±0,018	-0,051	5	0	3,3	0	0,25	0,40
44	50	14 × 9	14	+0,043	+0,120	0	±0,0215	-0,018	5,5	0	3,8	0	0,25	0,40
50	58	16 × 10	16	0	+0,050	-0,043	±0,0215	-0,061	6	0	4,3	0	0,25	0,40
58	65	18 × 11	18	0	0	0	±0,0215	-0,061	7	+0,2	4,4	+0,2	0,25	0,40

Tabla 36. Chavetas



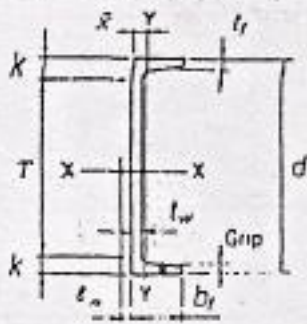
STRUCTURAL TUBING

Square

Dimensions and properties

Dimensions			Properties**						
Nominal* Size	Wall Thickness		Weight per Ft	Area	<i>I</i>	<i>S</i>	<i>r</i>	<i>J</i>	<i>Z</i>
In.	In.		Lb.	In. ²	In. ⁴	In. ³	In.	In. ⁴	In. ³
4.5×4.5	0.2500	3/8	13.91	4.09	12.1	5.36	1.72	19.7	6.43
	0.1875	1/2	10.70	3.14	9.60	4.27	1.75	15.4	5.03
4×4	0.5000	1/2	21.63	6.36	12.3	6.13	1.39	21.8	8.02
	0.3750	3/8	17.27	5.08	10.7	5.35	1.45	18.4	6.72
	0.3125	3/8	14.83	4.36	9.58	4.79	1.48	16.1	5.90
	0.2500	1/4	12.21	3.59	8.22	4.11	1.51	13.5	4.97
	0.1875	3/8	9.42	2.77	6.59	3.30	1.54	10.6	3.91
3.5×3.5	0.3125	3/8	12.70	3.73	6.09	3.48	1.28	10.4	4.35
	0.2500	1/4	10.51	3.09	5.29	3.02	1.31	8.82	3.70
	0.1875	3/8	8.15	2.39	4.29	2.45	1.34	6.99	2.93
3×3	0.3125	3/8	10.58	3.11	3.58	2.39	1.07	6.22	3.04
	0.2500	1/4	8.81	2.59	3.16	2.10	1.10	5.35	2.61
	0.1875	3/8	6.87	2.02	2.60	1.73	1.13	4.28	2.10
2.5×2.5	0.3125	3/8	8.45	2.48	1.87	1.50	0.868	3.32	1.96
	0.2500	1/4	7.11	2.09	1.69	1.35	0.899	2.92	1.71
	0.1875	3/8	5.59	1.64	1.42	1.14	0.930	2.38	1.40
2×2	0.3125	3/8	6.32	1.86	0.880	0.880	0.690	1.49	1.11
	0.2500	1/4	5.41	1.59	0.766	0.766	0.694	1.36	1.00
	0.1875	3/8	4.32	1.27	0.668	0.668	0.726	1.15	0.840

Tabla 37. Tubo Cuadrado Estructural

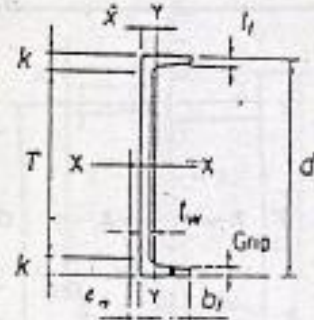


CHANNELS AMERICAN STANDARD Dimensions

Designation	Area <i>A</i>	Depth <i>d</i>	Web		Flange				Distance		Grip	Max. Fige. Fas- ten- er	
			Thickness <i>t_w</i>	$\frac{t_w}{2}$	Width <i>b_f</i>	Average thickness <i>t_f</i>	<i>T</i>	<i>k</i>					
									In. ²	In.			In.
C 15×50	14.7	15.00	0.716	$\frac{1}{16}$	$\frac{3}{8}$	3.716	$3\frac{3}{8}$	0.650	$\frac{3}{8}$	12 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{16}$	$\frac{3}{8}$	1
×40	11.8	15.00	0.520	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	3.520	$3\frac{1}{2}$	0.650	$\frac{3}{8}$	12 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{16}$	$\frac{3}{8}$	1
×33.9	9.96	15.00	0.400	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{8}$	3.400	$3\frac{3}{8}$	0.650	$\frac{3}{8}$	12 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{16}$	$\frac{3}{8}$	1
C 12×30	8.82	12.00	0.510	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	3.170	$3\frac{3}{8}$	0.501	$\frac{1}{2}$	9 $\frac{3}{4}$	1 $\frac{1}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$
×25	7.35	12.00	0.387	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{8}$	3.047	3	0.501	$\frac{1}{2}$	9 $\frac{3}{4}$	1 $\frac{1}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$
×20.7	6.09	12.00	0.282	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	2.942	3	0.501	$\frac{1}{2}$	9 $\frac{3}{4}$	1 $\frac{1}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$
C 10×30	8.82	10.00	0.673	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	3.033	3	0.436	$\frac{1}{16}$	8	1	$\frac{1}{16}$	$\frac{3}{8}$
×25	7.35	10.00	0.526	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	2.886	$2\frac{1}{2}$	0.436	$\frac{1}{16}$	8	1	$\frac{1}{16}$	$\frac{3}{8}$
×20	5.88	10.00	0.379	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{8}$	2.739	$2\frac{1}{2}$	0.436	$\frac{1}{16}$	8	1	$\frac{1}{16}$	$\frac{3}{8}$
×15.3	4.49	10.00	0.240	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	2.600	$2\frac{1}{2}$	0.436	$\frac{1}{16}$	8	1	$\frac{1}{16}$	$\frac{3}{8}$
C 9×20	5.88	9.00	0.448	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{4}$	2.648	$2\frac{1}{2}$	0.413	$\frac{1}{16}$	7 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{16}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{3}{8}$
×15	4.41	9.00	0.285	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	2.485	$2\frac{1}{2}$	0.413	$\frac{1}{16}$	7 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{16}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{3}{8}$
×13.4	3.94	9.00	0.233	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	2.433	$2\frac{1}{2}$	0.413	$\frac{1}{16}$	7 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{16}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{3}{8}$
C 8×18.75	5.51	8.00	0.487	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	2.527	$2\frac{1}{2}$	0.390	$\frac{3}{8}$	6 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$
×13.75	4.04	8.00	0.303	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	2.343	$2\frac{1}{2}$	0.390	$\frac{3}{8}$	6 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$
×11.5	3.38	8.00	0.220	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	2.260	$2\frac{1}{2}$	0.390	$\frac{3}{8}$	6 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$
C 7×14.75	4.33	7.00	0.419	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	2.299	$2\frac{1}{2}$	0.366	$\frac{3}{8}$	5 $\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$
×12.25	3.60	7.00	0.314	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	2.194	$2\frac{1}{2}$	0.366	$\frac{3}{8}$	5 $\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$
× 9.8	2.87	7.00	0.210	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	2.090	$2\frac{1}{2}$	0.366	$\frac{3}{8}$	5 $\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$
C 6×13	3.83	6.00	0.437	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	2.157	$2\frac{1}{2}$	0.343	$\frac{1}{16}$	4 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{16}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{3}{8}$
×10.5	3.09	6.00	0.314	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	2.034	2	0.343	$\frac{1}{16}$	4 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$
× 8.2	2.40	6.00	0.200	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	1.920	1 $\frac{1}{2}$	0.343	$\frac{1}{16}$	4 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{16}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{3}{8}$
C 5× 9	2.64	5.00	0.325	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	1.885	1 $\frac{1}{2}$	0.320	$\frac{1}{16}$	3 $\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{3}{8}$
× 6.7	1.97	5.00	0.190	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	1.750	1 $\frac{1}{2}$	0.320	$\frac{1}{16}$	3 $\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	—	—

Tabla 38. Propiedades de un Perfil "C"

CHANNELS AMERICAN STANDARD Properties



Nominal Wt. per Ft	\bar{x}	Shear Center Loca- tion e_s	$\frac{d}{A_f}$	Axis X-X			Axis Y-Y		
				I	S	r	I	S	r
Lb.	In.	In.		In. ⁴	In. ³	In.	In. ⁴	In. ³	In.
50	0.798	0.583	6.21	404	53.8	5.24	11.0	3.78	0.867
40	0.777	0.767	8.56	349	46.5	5.44	9.23	3.37	0.886
33.9	0.787	0.896	6.79	315	42.0	5.62	8.13	3.11	0.904
30	0.674	0.618	7.55	162	27.0	4.29	5.14	2.06	0.763
25	0.674	0.746	7.85	144	24.1	4.43	4.47	1.88	0.780
20.7	0.698	0.870	8.13	129	21.5	4.61	3.88	1.73	0.799
30	0.649	0.369	7.55	103	20.7	3.42	3.94	1.65	0.669
25	0.617	0.494	7.94	91.2	18.2	3.52	3.36	1.48	0.676
20	0.606	0.637	8.36	78.9	15.8	3.66	2.81	1.32	0.692
15.3	0.634	0.796	8.81	67.4	13.5	3.87	2.28	1.16	0.713
20	0.583	0.515	8.22	60.9	13.5	3.22	2.42	1.17	0.642
15	0.586	0.682	8.76	51.0	11.3	3.40	1.93	1.01	0.661
13.4	0.601	0.743	8.95	47.9	10.6	3.48	1.76	0.962	0.669
18.75	0.565	0.431	8.12	44.0	11.0	2.82	1.98	1.01	0.599
13.75	0.553	0.604	8.75	36.1	9.03	2.99	1.53	0.854	0.615
11.5	0.571	0.697	9.08	32.6	8.14	3.11	1.32	0.781	0.625
14.75	0.532	0.441	8.31	27.2	7.78	2.51	1.38	0.779	0.554
12.25	0.525	0.538	8.71	24.2	6.93	2.60	1.17	0.703	0.571
9.8	0.540	0.647	9.14	21.3	6.08	2.72	0.968	0.625	0.581
13	0.514	0.380	8.10	17.4	5.80	2.13	1.05	0.642	0.525
10.5	0.499	0.486	8.59	15.2	5.06	2.22	0.866	0.564	0.529
8.2	0.511	0.599	9.10	13.1	4.38	2.34	0.693	0.492	0.537
9	0.478	0.427	8.29	8.90	3.56	1.83	0.632	0.450	0.489
6.7	0.484	0.552	8.93	7.49	3.00	1.95	0.479	0.378	0.493

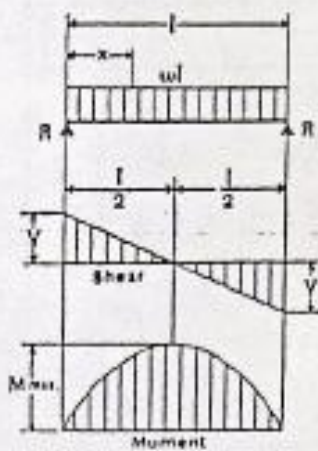
Tabla 39. Propiedades de un Perfil "C" (Continuación)

BEAM DIAGRAMS AND FORMULAS

For various static loading conditions

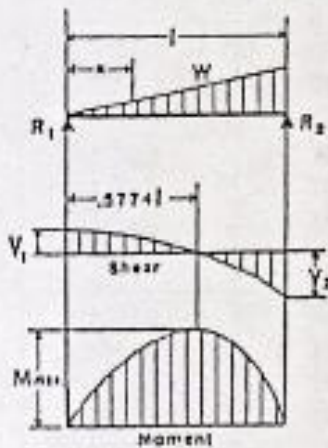
For meaning of symbols, see page 2 - 293

1. SIMPLE BEAM—UNIFORMLY DISTRIBUTED LOAD



Total Equiv. Uniform Load	$= wl$
$R_1 = V_1$	$= \frac{wl}{2}$
V_x	$= \frac{wl}{2} (1 - x)$
$M_{max.}$ (at center)	$= \frac{wl^2}{8}$
M_x	$= \frac{wx}{2} (l - x)$
$\Delta_{max.}$ (at center)	$= \frac{5wl^4}{384EI}$
Δ_x	$= \frac{wx}{24EI} (l^3 - 2lx^2 + x^3)$

2. SIMPLE BEAM—LOAD INCREASING UNIFORMLY TO ONE END



Total Equiv. Uniform Load	$= \frac{18W}{9\sqrt{3}} = 1.0204W$
$R_1 = V_1$	$= \frac{W}{3}$
$R_2 = V_2 \text{ max.}$	$= \frac{2W}{3}$
V_x	$= \frac{W}{3} - \frac{Wx^2}{l^2}$
$M_{max.}$ (at $x = \frac{l}{\sqrt{3}} = .5774l$)	$= \frac{2Wl^2}{9\sqrt{3}} = .1283 Wl^2$
M_x	$= \frac{Wx}{3l^2} (l^3 - x^3)$
$\Delta_{max.}$ (at $x = l \sqrt{1 - \sqrt{\frac{8}{15}}} = .5193l$)	$= .01304 \frac{Wl^4}{EI}$
Δ_x	$= \frac{Wx}{180EI l^2} (3x^4 - 10l^2x^2 + 7l^4)$

Tabla 40. Diagramas de Vigas y Fórmulas

7. SIMPLE BEAM—CONCENTRATED LOAD AT CENTER

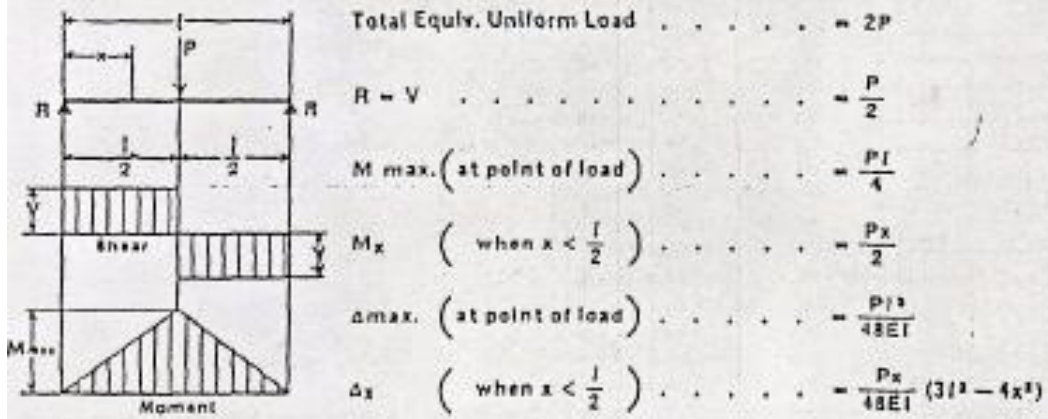


Tabla 41. Diagramas de Vigas y Fórmulas 1

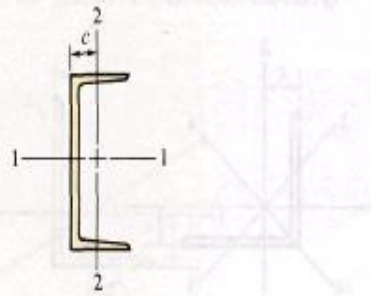
Table C-36
 Allowable Stress
 For Compression Members of 36-ksi Specified Yield Stress Steel^a

$\frac{Kl}{r}$	F_c (ksi)	$\frac{Kl}{r}$	F_c (ksi)	$\frac{Kl}{r}$	F_c (ksi)	$\frac{Kl}{r}$	F_c (ksi)	$\frac{Kl}{r}$	F_c (ksi)
1	21.56	41	19.11	81	15.24	121	10.14	161	5.76
2	21.52	42	19.03	82	15.13	122	9.99	162	5.69
3	21.48	43	18.95	83	15.02	123	9.85	163	5.62
4	21.44	44	18.86	84	14.90	124	9.70	164	5.55
5	21.39	45	18.78	85	14.79	125	9.55	165	5.49
6	21.35	46	18.70	86	14.67	126	9.41	166	5.42
7	21.30	47	18.61	87	14.56	127	9.26	167	5.35
8	21.25	48	18.53	88	14.44	128	9.11	168	5.29
9	21.21	49	18.44	89	14.32	129	8.97	169	5.23
10	21.16	50	18.35	90	14.20	130	8.84	170	5.17
11	21.10	51	18.26	91	14.09	131	8.70	171	5.11
12	21.05	52	18.17	92	13.97	132	8.57	172	5.05
13	21.00	53	18.08	93	13.84	133	8.44	173	4.99
14	20.95	54	17.99	94	13.72	134	8.32	174	4.93
15	20.89	55	17.90	95	13.60	135	8.19	175	4.88
16	20.83	56	17.81	96	13.48	136	8.07	176	4.82
17	20.78	57	17.71	97	13.35	137	7.96	177	4.77
18	20.72	58	17.62	98	13.23	138	7.84	178	4.71
19	20.66	59	17.53	99	13.10	139	7.73	179	4.66
20	20.60	60	17.43	100	12.98	140	7.62	180	4.61
21	20.54	61	17.33	101	12.85	141	7.51	181	4.56
22	20.48	62	17.24	102	12.72	142	7.41	182	4.51
23	20.41	63	17.14	103	12.59	143	7.30	183	4.46
24	20.35	64	17.04	104	12.47	144	7.20	184	4.41
25	20.28	65	16.94	105	12.33	145	7.10	185	4.36
26	20.22	66	16.84	106	12.20	146	7.01	186	4.32
27	20.15	67	16.74	107	12.07	147	6.91	187	4.27
28	20.08	68	16.64	108	11.94	148	6.82	188	4.23
29	20.01	69	16.53	109	11.81	149	6.73	189	4.18
30	19.94	70	16.43	110	11.67	150	6.64	190	4.14
31	19.87	71	16.33	111	11.54	151	6.55	191	4.09
32	19.80	72	16.22	112	11.40	152	6.46	192	4.05
33	19.73	73	16.12	113	11.26	153	6.38	193	4.01
34	19.65	74	16.01	114	11.13	154	6.30	194	3.97
35	19.58	75	15.90	115	10.99	155	6.22	195	3.93
36	19.50	76	15.79	116	10.85	156	6.14	196	3.89
37	19.42	77	15.69	117	10.71	157	6.06	197	3.85
38	19.35	78	15.58	118	10.57	158	5.98	198	3.81
39	19.27	79	15.47	119	10.43	159	5.91	199	3.77
40	19.19	80	15.36	120	10.28	160	5.83	200	3.73

Tabla 42. Fuerza Admisible

Material	Esfuerzo de fluencia σ_y		Esfuerzo último σ_u		Elongación porcentual (longitud calibrada 2 plg)
	ksi	MPa	ksi	MPa	
Hule	0.2-1.0	1-7	1-3	7-20	100-800
Acero					
Alta resistencia	50-150	340-1,000	80-180	550-1,200	5-25
Máquina	50-100	340-700	80-125	550-860	5-25
Resorte	60-240	400-1,600	100-270	700-1,900	3-15
Inoxidable	40-100	280-700	60-150	400-1,000	5-40
Herramientas	75	520	130	900	8
Acero estructural	30-100	200-700	50-120	340-830	10-40
ASTM-A36	36	250	60	400	30
ASTM-A572	50	340	70	500	20
ASTM-A514	100	700	120	830	15
Alambre de acero	40-150	280-1,000	80-200	550-1,400	5-40
Piedra (compresión)					
Granito			10-40	70-280	
Piedra caliza			3-30	20-200	
Mármol			8-25	50-180	
Titanio (puro)	60	400	70	500	25
Aleaciones	110-130	760-900	130-140	900-970	10
Tungsteno			200-600	1,400-4,000	0-4
Madera (flexión)					
Fresno	6-10	40-70	8-14	50-100	
Abeto rojo	5-8	30-50	8-12	50-80	
Roble	6-9	40-60	8-14	50-100	
Pino del sur	6-9	40-60	8-14	50-100	
Madera (compresión paralela a la veta)					
Fresno	4-6	30-40	5-8	30-50	
Abeto rojo	4-8	30-50	6-10	40-70	
Roble	4-6	30-40	5-8	30-50	

Tabla 43. Propiedades Mecánicas de los Materiales



Designación	Peso por pie	Área	Peralte	Espesor del alma	Patin		Eje 1-1			Eje 2-2			
					Ancho	Espesor promedio	I	S	r	I	S	r	c
					plg	plg	plg ⁴	plg ³	plg	plg ⁴	plg ³	plg	plg
C 15 × 50	50.0	14.7	15.00	0.716	3.716	0.650	404	53.8	5.24	11.0	3.78	0.867	0.798
C 15 × 40	40.0	11.8	15.00	0.520	3.520	0.650	349	46.5	5.44	9.23	3.37	0.886	0.777
C 15 × 33.9	33.9	9.96	15.00	0.400	3.400	0.650	315	42.0	5.62	8.13	3.11	0.904	0.787
C 12 × 30	30.0	8.82	12.00	0.510	3.170	0.501	162	27.0	4.29	5.14	2.06	0.763	0.674
C 12 × 25	25	7.35	12.00	0.387	3.047	0.501	144	24.1	4.43	4.47	1.88	0.780	0.674
C 12 × 20.7	20.7	6.09	12.00	0.282	2.942	0.501	129	21.5	4.61	3.88	1.73	0.799	0.698
C 10 × 30	30.0	8.82	10.00	0.673	3.033	0.436	103	20.7	3.42	3.94	1.65	0.669	0.649
C 10 × 25	25	7.35	10.00	0.526	2.886	0.436	91.2	18.2	3.52	3.36	1.48	0.676	0.617
C 10 × 20	20.0	5.88	10.00	0.379	2.739	0.436	78.9	15.8	3.66	2.81	1.32	0.692	0.606
C 10 × 15.3	15.3	4.49	10.00	0.240	2.600	0.436	67.4	13.5	3.87	2.28	1.16	0.713	0.634
C 8 × 18.75	18.75	5.51	8.00	0.487	2.527	0.390	44.0	11.0	2.82	1.98	1.01	0.599	0.565
C 8 × 13.75	13.75	4.04	8.00	0.303	2.343	0.390	36.1	9.03	2.99	1.53	0.854	0.615	0.553
C 8 × 11.5	11.5	3.38	8.00	0.220	2.260	0.390	32.6	8.14	3.11	1.32	0.781	0.625	0.571
C 6 × 13	13.0	3.83	6.00	0.437	2.157	0.343	17.4	5.80	2.13	1.05	0.642	0.525	0.514
C 6 × 10.5	10.5	3.09	6.00	0.314	2.034	0.343	15.2	5.06	2.22	0.866	0.564	0.529	0.499
C 6 × 8.2	8.2	2.40	6.00	0.200	1.920	0.343	13.1	4.38	2.34	0.693	0.492	0.537	0.511
C 4 × 7.25	7.25	2.13	4.00	0.321	1.721	0.296	4.59	2.29	1.47	0.433	0.343	0.450	0.459
C 4 × 5.4	5.4	1.59	4.00	0.184	1.584	0.296	3.85	1.93	1.56	0.319	0.283	0.449	0.457

Tabla 44. Propiedades de Secciones Canal (Perfiles C)

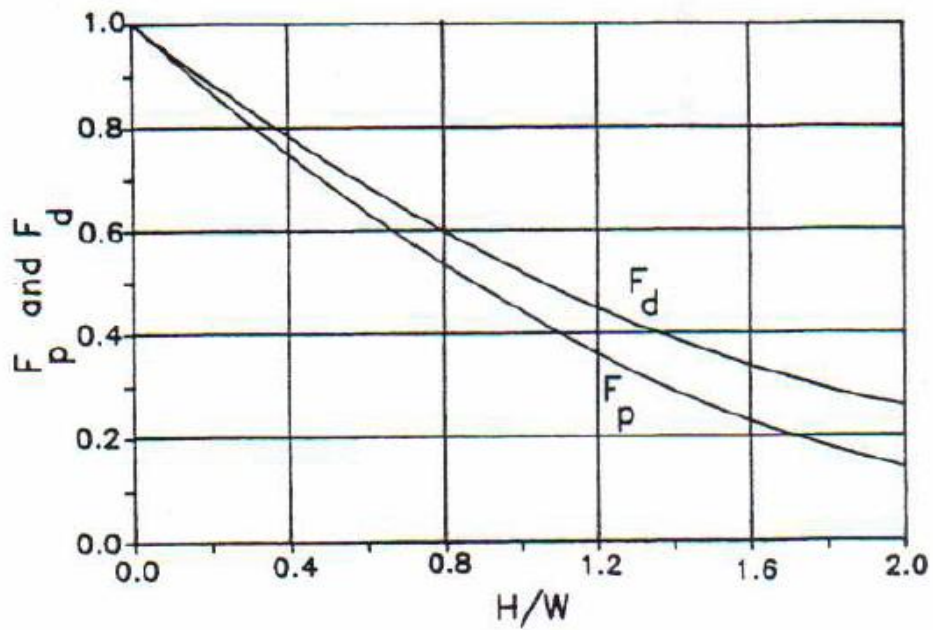


Tabla 45. Factores para la corrección de los flujos de arrastre y de presión (Profundidad del Canal)

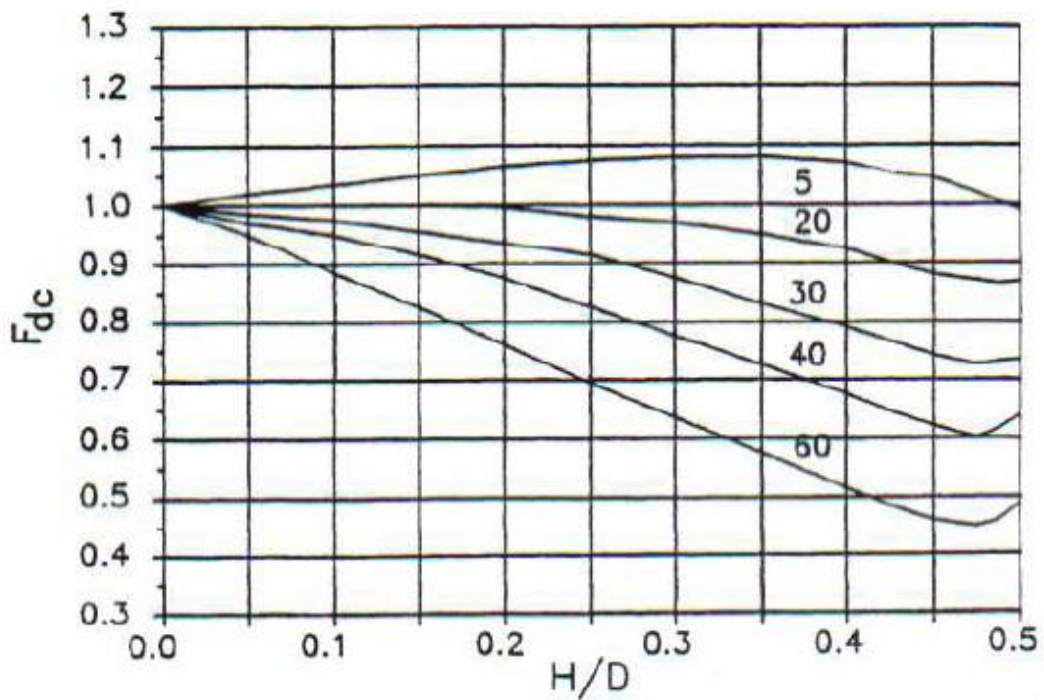


Tabla 46. Factores para la corrección de los flujos de arrastre y de presión (Número de Hélices)

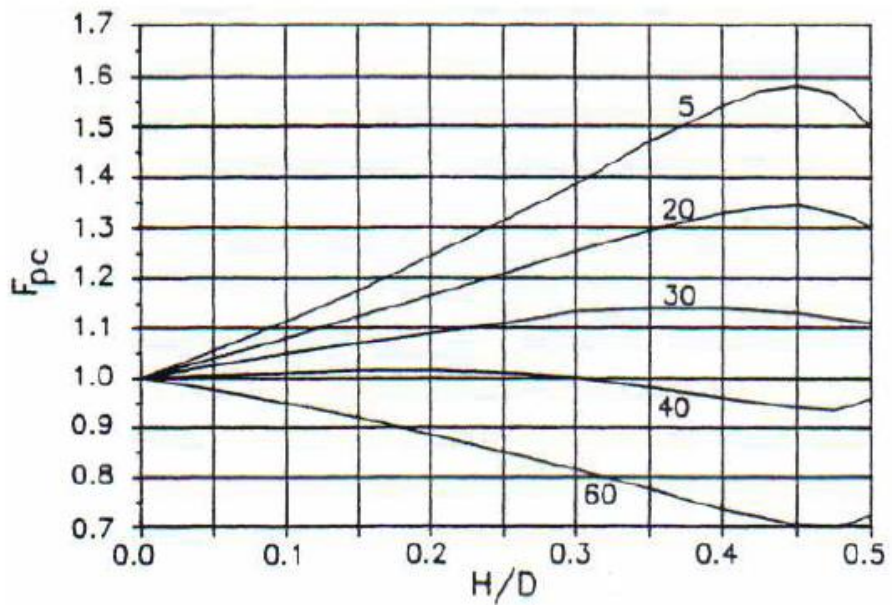


Tabla 47. Factores para la corrección de los flujos de arrastre y de presión (Número de Hélices 1)

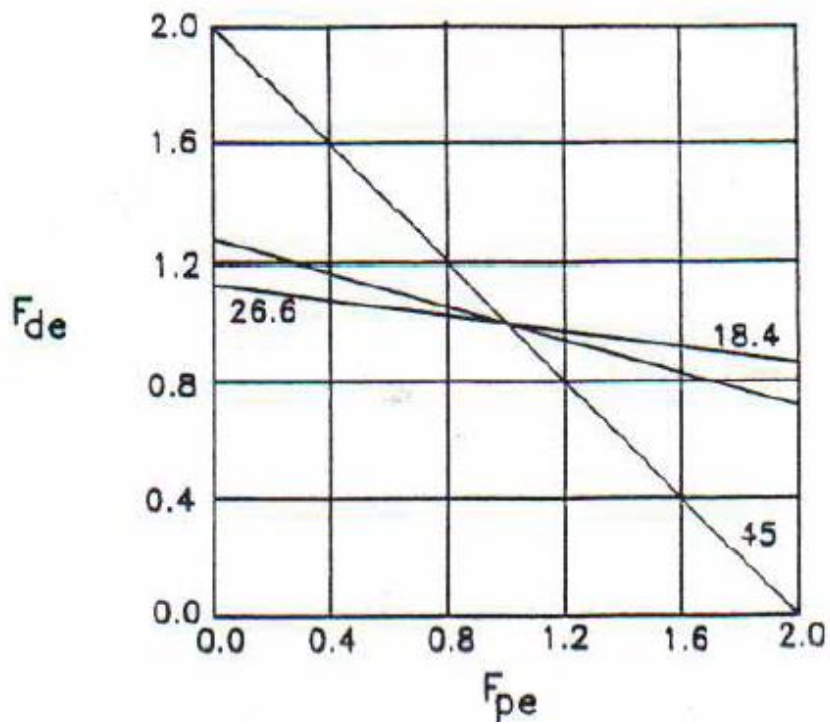


Tabla 48. Factores para la corrección de los flujos de arrastre y de presión (Ángulo de la Hélice)

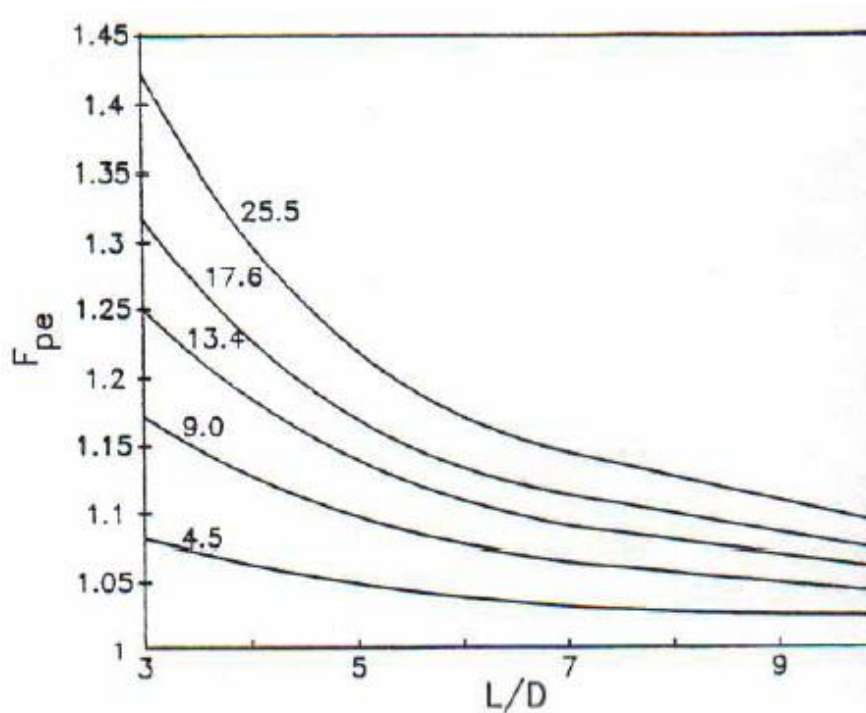


Tabla 49. Factores para la corrección de los flujos de arrastre y de presión (Ángulo de la Hélice 1)

Parameters K and n of the Power Law Equation for Pastes from Extruded ^a Starchy Products					
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
Maize grits	9.1	Preheating at 80°C	387–9,920	0.52–0.77	4
		No preheating	10–390	0.74–1.00	
		Preheating at 80°C	40–900	0.60–0.96	

^aAll with twin-screw extruders.

^bReferences: 1 = Doublier et al (1986), 2 = Launay and Lisch (1983), 3 = Senouci and Smith (1986), 4 = Richmond and Smith (1985).

Tabla 50. Índice de Flujo n y de Consistencia del Flujo k (m)

N	
1.25-2.0	Diseño de estructuras bajo cargas estáticas para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos de diseño.
2.0-2.5	Diseño de elementos de máquina bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño.
2.5-4.0	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.
4.0 o más	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzos o el ambiente.
3.0-4.0	Diseño de estructuras bajo cargas estáticas donde haya un alto grado de confianza en todos los datos de diseño.
4.0-8.0	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre acerca de cargas, propiedades de materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.

Tabla 51. Factores de seguridad N

Diámetro mayor nominal d , mm	Serie de paso grueso			Serie de paso fino		
	Paso p , mm	Área de esfuerzo de tensión A_v , mm ²	Área del diámetro menor A_r , mm ²	Paso p , mm	Área de esfuerzo de tensión A_v , mm ²	Área del diámetro menor A_r , mm ²
1.6	0.35	1.27	1.07			
2	0.40	2.07	1.79			
2.5	0.45	3.39	2.98			
3	0.5	5.03	4.47			
3.5	0.6	6.78	6.00			
4	0.7	8.78	7.75			
5	0.8	14.2	12.7			
6	1	20.1	17.9			
8	1.25	36.6	32.8	1	39.2	36.0
10	1.5	58.0	52.3	1.25	61.2	56.3
12	1.75	84.3	76.3	1.25	92.1	86.0
14	2	115	104	1.5	125	116
16	2	157	144	1.5	167	157
20	2.5	245	225	1.5	272	259
24	3	353	324	2	384	365
30	3.5	561	519	2	621	596
36	4	817	759	2	915	884
42	4.5	1 120	1 050	2	1 260	1 230
48	5	1 470	1 380	2	1 670	1 630
56	5.5	2 030	1 910	2	2 300	2 250
64	6	2 680	2 520	2	3 030	2 980
72	6	3 460	3 280	2	3 860	3 800
80	6	4 340	4 140	1.5	4 850	4 800
90	6	5 590	5 360	2	6 100	6 020
100	6	6 990	6 740	2	7 560	7 470
110				2	9 180	9 080

Tabla 52. Área de Esfuerzo de Tensión



COMPOSICION QUIMICA %			PROPIEDADES MECANICAS							
Cr	Mo	Otros Elementos	Pruebas Mecánicas				Elongación % min JIS N° 13 (Muestra)	Pruebas de Dureza		PRUEBA DE FLEXIBILIDAD 180° radio (L mm)
			Resistencia Mecánica min Kg/mm ²	psi	Punto de fluencia ¹ min kg/mm ²	psi		escala Rockwell B max	escala de Vickers max	
16,00 - 18,00		N: 0,25 max	65	60.000	25	25.600	40	100	253	
17,00 - 19,00		N: 0,25 max	60	65.500	25	25.600	40	95	248	
16,00 - 18,00			53	75.800	21	30.000	40	90	200	
17,00 - 19,00			53	75.800	21	30.000	40	90	200	
18,00 - 20,00			53	75.800	21	30.000	40	90	200	
18,00 - 20,00			49	69.500	18	25.500	40	90	200	
17,00 - 19,00			49	69.500	18	25.500	40	90	200	
22,00 - 24,00			53	75.800	21	30.000	40	90	200	
24,00 - 26,00			53	75.800	21	30.000	40	90	200	
16,00 - 18,00	2,00 - 3,00		53	75.800	21	30.000	40	90	200	
16,00 - 18,00	2,00 - 3,00		49	69.500	18	25.500	40	90	200	
17,00 - 19,00	1,20 - 2,75	Co: 1,00 - 2,5	53	75.800	21	30.000	40	90	200	
18,00 - 20,00	3,00 - 4,00		53	75.800	21	30.000	40	90	200	
18,00 - 20,00	3,00 - 4,00		49	69.500	18	25.500	40	90	200	
17,00 - 19,00		Ti: 5 x C% min	53	75.800	21	30.000	40	90	200	
17,00 - 19,00		Nb+Ta: 10 x C% min	53	75.800	21	30.000	40	90	200	
11,50 - 16,00		Al: 0,10-0,30	40	60.000	18	25.500	20	88	200	1,0-0,5
14,00 - 16,00			40	65.800	21	30.000	22	88	200	1,0
16,00 - 18,00			40	65.800	21	30.000	22	88	200	1,0
16,00 - 18,00	0,75 - 1,25		46	65.800	21	30.000	22	88	200	1,0
11,50 - 13,00			45	64.000	21	30.000	20	88	200	1,0
11,50 - 13,5			45	64.000	21	30.000	20	88	200	1,0
12,00 - 14,00			55	78.500	23	32.750	18	83	210	
16,00 - 18,00	0,75 max		60	65.500	25	35.600	15	97	230	
16,00 - 18,00		Al: 0,75 - 1,00	106	146.000	38	56.600	20	92	200	

Tabla 53. Planchas de Acero Inoxidable

ANEXO 5

PROFORMAS Y
FACTURAS



TRANSPORTE



Puentes grúa, Tercios eléctricos y mecánicos a cable y cadena.
Sistemas de electrificación.
Trífer - malacates - winches - trolleys
Correas y aplicaciones hidráulicas
Montacargas eléctricos

POTENCIA



Motoredutores coaxiales y ortogonales,
motorizadores de velocidad,
Variadores electrónicos (Inverters)

PESAJE



Balanzas mecánicas,
electrónicas de piso y pedestal
Sistemas industriales de
pesaje y dosificación.
Balanzas tipo supermercado.

MAQUINAS



PROMAN

Taladros, fresadores de banda
y engranajes.
Tornos paralelos automáticos.
Fresadoras universales y de torreta
Cortadores de sierra - dobladoras.
Accesorios en general.

Tel: 2 291 263/087622420

Email: wilcoimejora@hotmail.com

Quito, 20 de Octubre del 2010

Señores:
ATTN. SR. WILLIAM QUITIAQUEZ
Presente.-

Nos es grato poner a su conocimiento la siguiente cotización de acuerdo a lo requerido por Ud.(s):

CANT.	DESCRIPCIÓN
1	MOTORREDUCTOR ORTOGONAL TIPO TORNILLO SIN FIN CORONA MARCA: MOTOVARIO (ITALIA) MODELO: NMRV090 I =30 POTENCIA: 3 HP / 4 P VELOCIDAD DE SERVICIO: 57 RPM TORQUE DE SERVICIO: 237 Nm DIAMETRO DEL AGUJERO SALIDA= 35 mm VOLTAJE: 220-440 V, 60 HZ, TRIFASICO PROTECCION: IP 55 CERRADO CONTRA POLVO Y AGUA. AISLAMIENTO CLASE F MONTAJE: CUALQUIER POSICION FACTOR DE SERVICIO: 1.7 (REDUCTOR SOPORTARIA HASTA 410Nm, CON HASTA 16 HORAS DE TRABAJO CONTINUO A SOBRECARGA FUERTE Y UN PROMEDIO DE 40 ARRANQUES / HORA) PRECIO UNIT: \$ 920 + IVA

FORMA DE PAGO:	Contado
TIEMPO DE ENTREGA:	2 días, aprox., luego de recibida la orden de compra
VALIDEZ DE LA OFERTA:	15 Días
GARANTIA:	Un año contra defectos de fabricación

Atentamente,

ING. JORGE SARANGO
TÉCNICO EN VENTAS



Tel / FAX : 2291253
Quito, 7 de Diciembre de 2010
Señor:
ATTN.: SR. WILLIAN QUITIAQUEZ
Presente:

Nos es grato poner a su conocimiento la siguiente cotización de acuerdo a lo requerido por Ud.(s):

CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT.
1	MOTORREDUCTOR COAXIAL CARCAZA DE HIERRO FUNDIDO TIPO: ENGRANAJES HELICOIDALES MARCA : MOTOVARIO (ITAL) MODELO: PH083 U i = 58.5 ; POTENCIA : 3 HP/4 POLOS VELOCIDAD DE SERVICIO : 30 RPM ; TORQUE DE SERVICIO : 600 Nm. DIÁMETRO DE EJE DE SERVICIO : 50 mm ;VOLTAJE 110/220 V.60 HZ / MONOFASICO PROTECCIÓN IP 55 CERRADO CONTRA POLVO Y AGUA AISLAMIENTO: CLASE F, FACTOR DE SERVICIO : 2.7 (REDUCTOR SOPORTARIA HASTA 1000 Nm. CON HASTA 24 HORAS DE TRABAJO CONTINUO A CARGA FUERTE Y UN PROMEDIO DE 10 ARRANQUES / HORA.)	\$. 2300 + IVA

1	DESCRIPCIÓN MOTORREDUCTOR COAXIAL CARCAZA DE HIERRO FUNDIDO TIPO: ENGRANAJES HELICOIDALES MARCA : MOTOVARIO (ITAL) MODELO: PH083 U i = 58.5 ; POTENCIA : 5 HP/4 POLOS. VELOCIDAD DE SERVICIO : 30 RPM ; TORQUE DE SERVICIO : 850 Nm. DIÁMETRO DE EJE DE SERVICIO : 50 mm ;VOLTAJE 220/440 V.60 HZ / BIFASICO PROTECCIÓN IP 55 CERRADO CONTRA POLVO Y AGUA AISLAMIENTO: CLASE F, FACTOR DE SERVICIO : 1.7 (REDUCTOR SOPORTARIA HASTA 1600 Nm. CON HASTA 24 HORAS DE TRABAJO CONTINUO A CARGA UNIFORME Y UN PROMEDIO DE 10 ARRANQUES / HORA.)	\$. 2450 + IVA
---	--	-----------------

1	DESCRIPCIÓN MOTORREDUCTOR ORTOGONAL CARCAZA DE HIERRO FUNDIDO TIPO: TORNILLO SIN FIN CORONA MARCA : MOTOVARIO (ITAL) MODELO: NMRV110 i = 50 ; POTENCIA : 3 HP/4 POLOS. VELOCIDAD DE SERVICIO : 35 RPM ; TORQUE DE SERVICIO : 380 Nm. DIÁMETRO DE AGUJERO DE SERVICIO : 42 mm ;VOLTAJE 110/220 V.60 HZ / MONOFASICO PROTECCIÓN IP 55 CERRADO CONTRA POLVO Y AGUA AISLAMIENTO: CLASE F, FACTOR DE SERVICIO : 1.6 (REDUCTOR SOPORTARIA HASTA 600 Nm. CON HASTA 24 HORAS DE TRABAJO CONTINUO A CARGA UNIFORME Y UN PROMEDIO DE 10 ARRANQUES / HORA.)	\$. 1655 + IVA
---	---	-----------------

FORMA DE PAGO	: CONTADO
TIEMPO DE ENTREGA	: 1 Día , (luego de recibida la orden de compra.)
VALEZ DE LA OFERTA	: 15 Días
GARANTIA	: Un año contra defectos de fabricación

Atestamos,

Lit. Antonio Zambrano
Técnico en ventas

TRANSPORTE



Puentes grúa, Torres atornilladas y
mecanismos de cable y cadenas.
Sistemas de identificación.
Tijeras - transportadores - grúas - vibradores
Carreras y aplicaciones hidráulicas
Mantenedores eléctricos

POTENCIA



Motorreductores coaxiales y
ortogonales.
Reduccion de velocidad
Variaciones eléctricas (inverter)

PESAJE



Balanzas mecánicas,
electrónicas de piso y portátiles
Sistemas automáticos de
pesado y clasificación.
Balanzas tipo supermercado.

MAQUINAS



Taleros, husillos de fondo
y engranajes.
Tornos para corte lateral.
Presas para universales y de torres.
Cinturones de tierra - catenetas.
Accesorios en general.



Cymelectro

CONSTRUCCIONES Y SERVICIOS ELECTROMECANICOS
R.U.C. 1736244615001

HILDA GERMANIA ROJAS HERRERA

Nueva Orleans E2-00 y Crmal. Juan Manuel Lasso
Telfs: (03) 2566001-2567665 2551630 2552443
Fax: (03) 2564107
P.O. BOX 17-16-02 C.E.D. Quito - Ecuador

AUT. S.R.L. 1109345418
"OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD"

FACTURA 001 - 001 - **0007430** 1430

CLIENTE: SR. WILLIAM QUITIAÑOS SANCOSA
DIRECCION: SABANILLA Y SEÑAL ANTENAS
TELEF: 2291 363 RUC: C1721609764

FECHA: (0199, Abril) 27, 2011
FORMA DE PAGO:
PLAZO DE ENTREGA:

CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
	ARRANCADOR DE MOTOR 3P 5.5KW	1.0000	57.0000	57.0000

SOM: CIENTO Y OCHO CIENTOS CINCUENTA DOLARES.

Firma Cliente
Nombre:
D.I.:

POSTYHER
INDUSTRIAL PARTES Y SERVICIOS ELECTRICOS
Calle: ... E2-11
Telf: 2566001 Fax: 2564107
Quito - Ecuador

LUIS PARRON

SUMAN	57.00
DESCUO.	-2.86
SUBTOTAL	54.14
IVA	6.54
TRANSPORTE	0.00
TOTAL \$.	60.68

ORIGINAL - COPIA CLIENTE - COPIA CLIENTE, EMISOR - SER. COMPUTARIZADO. EN DOLARES Y CREDITO VOUCHER - GUARDO

FORMA DE CANCELACION - RECIBO DE PAGO

Sr.
 QUITIAQUEZ SARSOZA WILLIAM
 GIOVANNY
 Tel: 087-622-420
 SABANILLA OE3-128 Y REAL AUDIENCIA
 QUITO

Fecha de oferta: 07.12.2010
 Nr. oferta: 59004885
 Solicitud Cliente: SR. QUITIAQUEZ
 Vendedor: Gerencia Quito Norte
 Oficina ventas: Quito Norte
 Cond. entrega: FV Quito Norte
 Validez hasta: 08.01.2011
 Cond. de pago: CO12 Pagadero inmediatamente sin deducir

Oferta Nr. 591211955

Agradecemos su consulta y ofertamos el siguiente material:

Item	Descripción	Cantidad	Precio	Valor USD
10	5057002598 LAMINA AISI304 1045 ESPESOR 20.00mm CORTADO EN 20x155x185 10PZ MAS SOBRENTE chapa 155 mm x 20 mm x 1.000 mm NM de piezas: 2,000	50,200 KG	4,32 USD/KG	216,86
	Descuento		10,00- %	24,10-
Total posiciones:				216,86
IVA				12,00 % 26,02
TOTAL:				242,88

Condiciones de pago: Contado

Atentamente

Web Site: www.bohlerecuador.com

VE-FO-13 V-1.0 20-12-08

EMISIÓN DE EMPRESA		APROBACIÓN DEL CLIENTE		RECIBO DE EMPRESA	
ELABORADO POR:		FECHA:		BODEGA:	<input type="checkbox"/>
VALIDADO:		VALIDADO:		TRANSACCIONES:	<input type="checkbox"/>
FECHA:		FECHA:		ENTREGA LOCAL:	<input type="checkbox"/>
FAVOR HACER SUS PAGOS A NOMBRE DE: ACEROS BÖHLER DEL ECUADOR S.A. BÖHLER					

Matr: QUITO NORTE
 Da 146 Avellaneda E7-112 y
 Panamericana Norte Km. 8 102
 Tel: 02 3470380; 02 2473091
 02 3470415; 02 2470118
 02 3887837; 02 3887838
 Fax: 02 2477978
 Cel: 08 4784247

Sucursal: QUITO SUR
 Av. Maldonado
 522-151 y Tauro
 Telefonos: 02 3061418; 02 3060721
 02 3060730; 02 3060740
 Cel: 09 7071198

Sucursal: GUAYAS
 Av. Huérfano de Mercedes 278 y
 José Joaquín de Omeña
 Telefonos: 07 2805280
 Cel: 09 4766680

Sucursal: QUITIAQUEZ
 Vía Daule Km. 10
 P.O. 04 2062002
 Fax: 04 2017352
 Cel: 09 4762338

RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA ADQUIRIR UN ACERO ESPECIAL

Los aceros especiales laminados en caliente tienen una cascara de zona descarburizada y eventuales microfisuras que deben ser eliminadas en el mecanizado, por lo que se debe considerar una sobremedida al comprar un acero, que depende de la medida final a la que usted desea llegar.

Sobremedidas de mecanizado necesarias para barras de laminación convencional Sobremedidas de mecanizado necesarias para barras de BOEHLER ISO - Econax

MEDIDA FINAL (mm)	Sobremedidas de mecanizado necesarias para barras de laminación convencional										MEDIDA FINAL (mm)	Sobremedidas de mecanizado necesarias para barras de BOEHLER ISO - Econax							
	+10	+20	+30	+40	+50	+60	+70	+80	+90	+100		+120	+150	+200	+250				
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Asegúrese que los parámetros de conformado, con o sin arranque de viruta, en su máquina herramienta sean los adecuados, en el caso de las platinas ambas caras deben ser maquinadas por igual para evitar torceduras, el acabado de toda pieza debe ser lo más liso posible, las rayaduras y ángulos vivos de las piezas acumulan tensiones y peligro de rotura, siempre desbaste la cascara descarburizada de los aceros laminados en caliente por el riesgo de microfisuras existentes, DEBE CONSIDERAR SOBREMEDIDA ANTES DE LLEVAR SU PIEZA A TEMPLAR O CEMENTAR, PARA CORREGIR LAS DEFORMACIONES INEVITABLES QUE ESTOS PROCESOS GENERAN. Recuerde que las piezas de geometría asimétrica, de mayor longitud o masa, con mecanizado irregular o tensionadas por procesos de mecanizado o soldadura, son propensas a deformarse o fisurarse.

Especificaciones de tolerancias para corte de aceros y durezas en Tratamientos térmicos

Acero	Tolerancias en mm					
	Diámetro		Largo			
	Di	Ds	Di	Ds		
Redondo \varnothing 0 - 150 mm	0	+1	0	+4		
\varnothing > 150 - 300 mm	0	+3	0	+4		
\varnothing > 300 mm	0	+3	0	+6		
Acero	Espesor		Ancho		Largo	
	Di	Ds	Di	Ds	Di	Ds
	0	+2	0	+2	0	+4
Platinas y Cuadrados	0	+2	0	+2	0	+4
Láminas e= 0-80 mm	0	+2	0	+10	0	+10
e > 80 mm	0	+2	0	+30	0	+30
Tratamiento Térmico	Dureza HRC					
	Di	Ds				
	-1	+1				
Temple	-1	+1				
Recocido	-1	+1				
Cementación	-1	+1				

BKB

BIBLIOTECA NACIONAL DEL ECUADOR
CENTRO DE ESPECIALIZACIONES
RESOLUCION N° 214 - DEL 26/03/2008

EXHIBICION Y VENTAS
Panamericana Norte Km. 12 1/2
y Calle El Arsenal - Telef.: 2428504
2428505 / 2423308 - Fax.: 2428504
E-mail: info@bibliomequinaria.com
QUITO - ECUADOR

GUIA DE REMISION
RUC: 1791254511001

NUMERO N° 0010959

AUTORIZACION SRI: 118085848

FECHA DE INICIACION DEL TRASLADO _____ COMPROBANTE DE VENTA FACT. 10854

FECHA DE TERMINACION DEL TRASLADO _____ FECHA DE EMISION 25/03/2011

MOTIVO DEL TRASLADO: _____ Nº DE AUTORIZACION _____

- | | | |
|---|--|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> VENTA | <input type="checkbox"/> TRASLADO ENTRE ESTABLECIMIENTOS | <input type="checkbox"/> DEVOLUCION |
| <input type="checkbox"/> COMPRA | <input type="checkbox"/> DE UNA MISMA EMPRESA | <input type="checkbox"/> IMPORTACION |
| <input type="checkbox"/> TRANSFORMACION | <input type="checkbox"/> TRASLADO POR EMISOR ITINERANTE | <input type="checkbox"/> EXPORTACION |
| <input type="checkbox"/> CONSIGNACION | <input type="checkbox"/> DE COMPROBANTES DE VENTA | <input type="checkbox"/> OTROS |

Documento Único Impositivo / Formato Único Exportación: _____

Fecha de Emisión: Quito, 25 de MARZO del 2011

Punto de Partida: Panamericana Norte Km 12 1/2

DESTINATARIO: _____ IDENTIFICACION DEL REMITENTE: _____

Nombre o Razón Social: Universidad Politécnica del R.U.C./C.I.: _____

Punto de Llegada: 1791254511001

IDENTIFICACION DEL TRANSPORTE: Octubre N24-22 y Wilson

Nombre o Razón Social: _____ R.U.C./C.I.: _____

Dirección: _____

BIENES TRANSPORTADOS:

CANTIDAD	CODIGO	DESCRIPCION
1,00	HESTA-PR3551302	Material, Pa 51 Nr 31 i 30.2

NOTA: Este documento es emitido por el sistema de facturación electrónica de la SUNAT, en cumplimiento de la Ley N° 27121-01-2008 del Congreso de la República del Perú y el Reglamento de la Ley N° 27121-01-2008 del Congreso de la República del Perú.

Emisor: _____

Receptor: _____

Original: Cliente / Tercero / Copia: Emitente / Destinatario / Copia: Emisor / Copia: Cliente / Copia: Emisor



CONTRIBUYENTE ESPECIAL

Resolución No. 6925

IVAN BOHMAN C.A.
R.U.C. 0990320810001

Guayaquil: Km. 404 Vía a Daule - Casilla 09-01-1317
Teléfono: 225-4201 - 225-8008 Fax: 2261204 - 2261198
Quito: Av. Galo Plaza 13130 y Los Ceasos
Teléfono: (02) 2 486 3241 / 3281 / 3201 / 330 Fax: (02) 2 478 854
E-mail: ventas@ivanbohman.com.ec
Guito: ventas@ivanbohman.com.ec

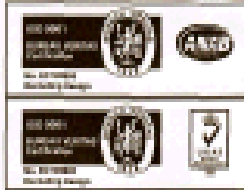
PEDIDO INTERNO

COTIZACION

Nº 0019997

No. de factura

Aceptada Rechazada



FECHA DE PEDIDO 2010/207	PAG:	DE:
aaaa - mm - dd		

CODIGO: P-VEND Form. 2008-08-09-03

CODIGO CLIENTE	Uraia	CONTACTO	
RACION SOCIAL	WILLIAM QUITIABUEZ		
DIRECCION			
CUIDAD	Quito	TELEFONO	
PROVINCIA	P. Chimborazo	FAX	
ORDEN DE COMPRA		DESCUENTO	-19%
CONDICION DE PAGO	contado	CONTROL DE CREDITO	
FORMA DE ENVIO	local	CODIGO DE VENDEDOR	11002
INSTRUCCIONES ESPECIALES	cotizacion W. Leguizamón		
OBSERVACIONES			

MA	GR	REFERENCIA	DESCRIPCION	UN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
4323		UCF 205.16	Aluminio		2	9,15	18,30
4902		6304/ 1,5 AP	Plomada Imry		1	232	232
							250,30
						-19%	47,56
							202,74
						+12%	24,33
						0,15%	27,07

PRECIOS Y STOCK SUJETOS A CONFIRMACION

FIRMA VENDEDOR

FIRMA CLIENTE

NOTA: No se procederá este pedido si la información no está completa.

IBCA - 2008/08/09/03



MAQUINARIAS HENRIQUES C.A.

Somos Contribuyentes Especiales
Resolución N° 4925

Cotización N° 078536

Quito, 09 de Diciembre de 2010

QP - 11933

Dr(esa),

UNIVERSIDAD SALESIANA
Atención:

Código : 008250
Suc/CED. 1

Estimados Señores:

Tenemos el agrado de presentar a Ustedes nuestra cotización de mercaderías, de acuerdo a sus requerimientos :

CODIGO	DESCRIPCION	CLASE	CANT.	UNO	PRECIO UNIT.	DCTO %	TOTAL
ACRUC0081	ACOPLE FLEXIBLE MAR DYNAMICS D-60 S-60	01150	1.00	UNO	1,198.00	20.00	958.40 *
OCRUC007	CEBUCACINA UCV E11-32 (MSB)	24150	1.00	UNO	24.50	20.00	19.60
SUBTOTAL *							978.00
I. IVA							112.00
TOTAL USD*							1,116.00

Condiciones de Pago: CONTADO

Plazo de Entrega : Inmediato salvo venta previa, una vez recibida la orden de compra
Validez de la oferta : 5 días laborables

Por favor no dude en contactarse con nuestro Dpto. Técnico al 2436483 ó 2459636 o con personal de Ventas al 2273140 ó 6001200, si deseara más información.

Esperando poder servirle pronto.

Atentamente,

Almacén Quito Norte
qnorte@maquinarias-henriques.com

Transporte a ciudades fuera de Guayaquil y Quito corren por cuenta del cliente. Maquinarias Henriques se hará responsable de la mercadería hasta entregarla al transportador, en adelante es responsabilidad del cliente.†

Observaciones :

Elaborado por : Belvia Cedeño qnorte@maquinarias-henriques.com

sección Matriz
c/ a Dávila Km. 6 1/2
Tel. (04) 2254385 - 8080760
c/ (04) 2254385 ext. 181
C. Dávila 09-01-4361

Agencia Sur Guayaquil
San Martín 200 y Chica
Tel. (04) 2484373-2482279
Fax: (04)2484329

Agencia Cuzco Norte
Av. 18 de Agosto # 5985 Sector la Y.
Tel. (02) 2459925-2459940
Fax: (02) 259475
P.O. Box 2079

Agencia Quito Sur
Av. P. Vicente Maldonado # 13208
Punto a Paredes Ecuador (04)
Tel. (02) 2482326-2482336
Fax: (02) 2482337

Sr.
 QUITIAQUEZ SARSOZA WILLIAM
 GIOVANNY
 Tel: 087-622-420
 SABANILLA OE3-128 Y REAL AUDIENCIA
 QUITO

Fecha de oferta: 07.12.2010
 Nr. cliente: 59004885
 Solicitud Cliente:
 Vendedor: Gerencia Quito Norte
 Oficina ventas: Quito Norte
 Cond. entrega: FV Quito Norte
 Validez hasta: 05.01.2011
 Cond. de pago: CO12 Pagadero inmediatamente sin deducir

Oferta Nr. 591211953

Agradecemos su consulta y ofertamos el siguiente material

Item	Descripción	Cantidad	Precio	Valor USD
10	5057002185 BÖHLER A604 ACERO AISI 304 Rd 76.20mm retorde 76.2 mm x 600 mm N# de piezas: 1.000	28.800 KG	6,24 USD/KG	179,71
	Descuento		20,00- %	44,93-
Total posiciones:				179,71
IVA		12,00 %	179,71 USD	21,57
TOTAL:				201,28

Condiciones de pago: Contado

Alentamiento

Web Site: www.bohlerecuador.com

VE-FO-13 V-1.0 20-12-08

DEPARTAMENTO	CONDICIONES DE PAGO	MEDO DE ENTREGA
NOMBRE: DIRECCIÓN: TELÉFONO: FAX:	BOHLER A604 TRANSPORTE INTERPROVINCIAL ENTREGA LOCAL	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

FAVOR PAGAR SUS PAGOS A NOMBRE DE ACEROS BÖHLER DEL ECUADOR S.A. BÖHLER

Oficina: QUITO NORTE
 Av. Fúndidos E3-112 y
 Panamericana Norte Rto. 3 y 10
 Tel: 02 3413880 02 3413001
 02 3419415 02 3419136
 02 3807801 02 3807666
 Fax: 02 3417918
 Cel: 09 4190417

Oficina: QUITO SUR
 Av. Nacional
 E32-151 y Taura
 Teléfono: 02 3801498 02 3882127
 02 3882130 02 3882146
 Cel: 09 7871138

Oficina: QUITO
 Av. Pichincha de Merced 278 y
 José Joaquín de Orellana
 Teléfono: 02 2850380
 Cel: 09 4766085

Oficina: QUITO SUR
 Vía Dársis Km. 7,02
 P.O. Box 04 2352832
 Fax: 04 2357352
 Cel: 09 4762339



CONTRIBUYENTE ESPECIAL

Resolución No. 6925

IVAN BOHMAN C.A.

R.U.C. 0998326810001

Guayaquil Km. 8.5 Vía a Daule - Casilla 08-01-1317
Teléfono: 726-4111 - 325-6686 Fax: 325-6344 - 325-4139
Ofic: Av. Gau Pineda 17150 y Los Cerros
Teléfono: (33) 2 482 324 / 335 1 328 / 338 Fax: (33) 2 476 064
E-mail: ventas@ivanbohman.com.ec
Ofic: ventas@ivanbohman.com.ec

- PEDIDO INTERNO
 COTIZACION

Nº 0009642

No. de factura

- Aceptada Rechazada



FECHA DE PEDIDO	PAQ.	DE.
2010-11-07		
1111 - 111 - 11		

00000 1-02-01 Form. 002-08-2008

CODIGO CLIENTE	CONTACTO
RAZON SOCIAL	WILVAN QUITIAO VERA
DIRECCION	
CUIDAD	TELEFONO
PROVINCIA	IAX
ORDEN DE COMPRA	DESCUENTO
CONDICION DE PAGO	CONTROL DE CREDITO
FORMA DE ENVIO	CUIDADO DE VENDEDOR
INSTRUCCIONES ESPECIALES	

OBSERVACIONES

MA.	GR.	REFERENCIA	DESCRIPCION	UM.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
			PLANCHAS 100x200x0.2 MATE				
			1 mm.		1	159	159
			PLANCHAS 100x200x0.2 MATE		1	232	232
			1.5 mm.				391
							9775
							293.2
							35.17
							328.47

PRECIOS Y STOCK SUJETOS A CONFIRMACION

FIRMA VENDEDOR

FIRMA CLIENTE

NOTA: No se otorgará este pedido si la información no está completa.

0001 00000001 01/09



CONTRIBUYENTE ESPECIAL
Resol. 124 Diciembre 10 - 1999
RUC 17030485301

Página 1 / 1

Sr.
QUITIAQUEZ SARSOZA WILLIAM
GIOVANNY
Tel: 087-822-420
SABANILLA OE3-128 Y REAL AUDIENCIA
QUITO

Fecha de oferta: 07.12.2010
Nr. cliente: 59004885
Solicitud Cliente: SR. QUITIAQUEZ
Vendedor: Gerencia Quito Norte
Oficina ventas: Quito Norte
Cond. entrega: FV Quito Norte
Validez hasta: 06.01.2011
Cond. de pago: CO12 Pagadero inmediatamente sin deducir

Oferta Nr. 591211954

Agradecemos su consulta y ofertamos el siguiente material

Item	Descripción	Cantidad	Precio	Valor USD
10	887313993 LAMINA AISIASAE 1045 ESPESOR 150 00MM chapa 170 mm x 150 mm x 30 mm N° de piezas: 8.000	34.100 KG	3,84 USD/KG	130,94
	Descuento		20,00- %	32,74-
Total posiciones:				130,94
IVA		12,00 %	130,94 USD	15,71

TOTAL: 146,65

Condiciones de pago: Contado

Atentamente

Web Site: www.bohlerecuador.com

VE-PD-13 V.1.0 20-12-08

EMISOR/OTRO EMPRESA		APROBADO DEL CLIENTE		REVISOR MATERIAL	
FECHA	_____	FECHA	_____	BOHLER	<input type="checkbox"/>
CÓDIGO	_____	FECHA	_____	PARAGUAYO/INTERNACIONAL	<input type="checkbox"/>
FECHA	_____	FECHA	_____	ENTRADA/LOCAL	<input type="checkbox"/>

FAVOR HACER SUS PAGOS A NOMBRE DE ACEROSBOHLER DEL ECUADOR S.A. BOHLER

Maria: QUITO NORTE
De las Avellaneda 51-110 y
Paranaguá Norte Km. 5 110
Tel: 02 2473090, 02 2473081
02 2479416, 02 2479138
02 2807887, 02 2807808
Fax: 02 2477819
Cel: 09 4754247

Suzana: QUITO SUR
Av. Matucana
822-151 y Taura
Teléfono: 02 3007416, 02 3063121
02 3083738, 02 3083740
Cel: 09 7671190

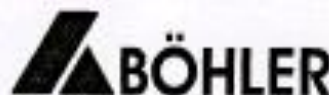
Suzana: CUENCA
Av. Huérfanos de Mercedes 279 y
José Joaquín de Omeaco
Teléfono: 02 2005900
Cel: 09 4708896

Suzana: SORIANO
Vía Oña Km 132
P.O. Box 220902
Fax: 04 2207342
Cel: 09 4702348

ACEROS BOEHLER DEL ECUADOR S.A. BOEHLER

RUC: 1791304667001

CONTRIBUYENTE ESPECIAL
Resolución 194 del 10/12/1999



FACTURA Nº 0127930

S001-001 AUTORIZACIÓN 1109169782

CLIENTE
UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
RUC/C.I.: 1791796780001
DIRECCIÓN:
12da Octubre N24-22 y Wilson
TEL: 023962600
QUITO

Fecha de factura: 17.03.2011
Expedida en: ECD1 - Quito Norte
Nr. pedido cliente: Sr William Quiñaque
Vendedor: Gerencia Quito Norte
Cond. de entrega: FV Quito Norte
Condiciones de pago: CO12 Contado
Vencimiento: 17.03.2011
Guía de Remisión No:
Referencia: 591721672

0127930

Pos.	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Descuento	Valor USD
000010	5067002198 ACERO AISI/DIN 304/1.4301 Rd 140.00mm redonda 140 mm x 140 mm	17,800 KG	8,50 USD/KG	20,00- %	151,30
000020	5067002202 ACERO AISI/DIN 304/1.4301 Rd 200.00mm redonda 200 mm x 155 mm	38,500 KG	8,50 USD/KG	20,00- %	335,75
Subtotal 12%					487,05
Subtotal 0%					
Descuento					97,41-
Subtotal					389,64
IVA					12,00 % 389,64 USD 46,76
Valor total					436,40

Observaciones:

FIEL COPIA
DEL ORIGINAL

BOEHLER
INDUSTRIAL S.A. BOEHLER S.A.

DES-PACHADO POR:

ACEROS BOEHLER DEL ECUADOR S.A.
CAJA - QUITO NORTE

17 MAR 2011

CANCELADO

RECIBI CONFORME

Declaramos haber recibido a entera satisfacción, los productos y servicios detallados en esta factura y a la vez acepto la obligación del pago de este documento y todos los intereses al respecto.

Este título válido solo se da por cancelado esta factura mediante presentación del recibo de caja emitido y suavido por ACEROS BOEHLER DEL ECUADOR S.A.
Bancar cualquier con cheque cruzado a la orden de ACEROS BOEHLER DEL ECUADOR S.A.

Matriz: QUITO NORTE
C/la Amalusa E-02 y
Paseo Reina Victoria Km. 9/1
Tels.: 023271-080 / 023271-081 / 023271-078
023267-096 / 023267-097 / 023278-023
Fax: 023271-058 Cel: 094 750-207

Sucursal QUITO SUR
Av. Pedro Vicente Mallena
E11-114 y Tercera
Tels.: 023963-720 / 023963-730 / 023963-740
023963-428 / 023963-403 / 023963-481 / 023963-488
Cel: 097 471-128

Sucursal QUITO CA
Av. Humahuaco Miraflores 219 y
Jardín (Callejón de Chimborazo)
Tels.: 072409-380 / 072409-313
Cel: 094 750-686

Sucursal GUAYNABAL
Vía Dávila Km. 7 (1/2 N y Cuarto)
Tels.: 042340-622
Fax: 042337-082
Cel: 094 750-029

VB-PD-10 V-4.0 01-07-06

EMISOR

Válido para su emisión hasta 21/03/2011. No válido para su emisión hasta 21/03/2011. No válido para su emisión hasta 21/03/2011. No válido para su emisión hasta 21/03/2011. No válido para su emisión hasta 21/03/2011.

CONTRIBUYENTE ESPECIAL

Resolución N° 194

RUC 1790155182001

Autorización: 1109116491

Válida para ser emitida hasta 07/06/2012

FACTURA N° 001-001- N° 067760

Fecha: Quito, Miércoles, 27-Feb-2011

Condiciones de Pago: CONTADO

Cliente: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

AV. 12 DE OCTUBRE N24-22 Y WLS/QUITO

1791796780001 02-3962800



castillo
HERMANOS

CASTILLO HERMANOS S.A.

PRINCIPAL

Paraná, Norte Km. 3 1/2 #1212

Fono/Fax: 3475-765/317 3477-311

Calles: 947-101-2

SUCURSAL

Av. América #1636 y Bolívar

Fono/Fax: 2327-370 2328-868 2329-1

SUCURSAL

Av. Maldonado #1048 y Cevallos

Fono/Fax: 2481-982 2484-1

SUCURSAL

Av. E1-51 y Av. 18 de Agosto

Fono/Fax: 2328-541 2328-542 2328-6

SUCURSAL

Paraná, Sur Km. 12 1/2 Sector El Sombrero

Fono/Fax: 2492-700 2491-542 2491-1

Email: ventas@castillohermanos.com

Castillo 1701447 Quito-Ecuador

Código de Referencia	Cantidad	Artículo	% Desc.	Precio Unitario	TOTAL
001-001-1007010	12,00	026003 ARANDELA PRESION SAE 1/2"	0,00	0,250	0,72
001-001-1007017	6,00	070700 PERNO AC. GR.5 RG 1/2X2"	0,00	0,420	2,52
001-001-1007017	6,00	062900 TUERCA AC. GR.5 RG 1/2"	0,00	0,150	0,90
001-001-1007017	6,00	001990 ARANDELA PLANA TIPO EUROPEO 1/2"	0,00	0,070	0,42
001-001-1007017	6,00	026003 ARANDELA PRESION SAE 1/2"	0,00	0,080	0,36
001-001-1007017	6,00	044700 PERNO AC. GR.5 RG 3/8X2"	0,00	0,230	1,38
001-001-1007017	6,00	030900 TUERCA AC. GR.5 RG 3/8"	0,00	0,060	0,36
001-001-1007017	6,00	024903 ARANDELA PLANA SAE 3/8"	0,00	0,040	0,24
001-001-1007017	6,00	024903 ARANDELA PRESION SAE 3/8"	0,00	0,040	0,24
001-001-1007017	24,00	072002 ARANDELA PLANA AC INOX 1/2"	0,00	0,400	9,60
Subtotal					16,74
Descuento					19,6429%
V. Imponible					3,29
I.V.A.					13,45
TOTAL					15,06

DEZARO HABER RECIBIDO A ENTERA SATISFACCION Y SIN PAGAR A RECLAMO POSTERIOR TODA LA MERCADERIA DETALLADA EN ESTA FACTURA, LA MISMA QUE COMO COMPRADOR RECONOZCO EXPRESAMENTE, SUSTANCIANDO YO O MI EMPLEADOR, SEGUN EL CASO, A LAS CONDICIONES Y PLAZOS QUE CONSTAN EN LA MISMA, ACEPTO PAGAR EL MONTANTO DE INTERES CORRESPONDIENTE EN CASO DE RETRASO POR LA MONTA, LA QUE EMPLEARA EL MONEDERO SI EL PLAZO MENCIONADO.

William Santiago
1271609264.com

CONTRIBUYENTE ESPECIAL

Resolución N° 194

RUC 1790155103001

Autorización: 1109116491

Válida para ser emitida hasta 07/06/2012

FACTURA N° 001-001- N° 067755

Fecha: Quito, Miércoles, 27-Feb-2011

Condiciones de Pago: CONTADO

Cliente: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

AV. 12 DE OCTUBRE N24-22 Y WLS/QUITO

1791796780001 02-3962800



castillo
HERMANOS

CASTILLO HERMANOS S.A.

PRINCIPAL

Paraná, Norte Km. 3 1/2 #1212

Fono/Fax: 3475-765/317 3477-311

Calles: 947-101-2

SUCURSAL 1

Av. América #1636 y Bolívar

Fono/Fax: 2327-370 2328-868 2329-1

SUCURSAL 2

Av. Maldonado #1048 y Cevallos

Fono/Fax: 2481-982 2484-1

SUCURSAL 3

Av. E1-51 y Av. 18 de Agosto

Fono/Fax: 2328-541 2328-542 2328-6

SUCURSAL 4

Paraná, Sur Km. 12 1/2 Sector El Sombrero

Fono/Fax: 2492-700 2491-542 2491-1

Email: ventas@castillohermanos.com

Castillo 1701447 Quito-Ecuador

Código de Referencia	Cantidad	Artículo	% Desc.	Precio Unitario	TOTAL
001-001-1007010	1,00	115900 PARE CHUMACERA DE PAREO 20x20 Y - DCF 200	0,00	22,000	22,00
001-001-1007010	12,00	047900 PERNO AC. INOX. SAE 1/2X3"	0,00	2,400	28,80
001-001-1007013	24,00	038400 TUERCA AC. INOX RG 1/2"	0,00	0,400	9,60
001-001-1007013	24,00	072002 ARANDELA PLANA AC INOX 1/2"	0,00	0,400	9,60
001-001-1007013	24,00	026003 ARANDELA PRESION AC INOX 1/2"	0,00	0,162	3,89
001-001-1007013	12,00	077300 PERNO AC. INOX. SAE 1/2X3 1/2"	0,00	2,500	30,00
001-001-1007013	12,00	057800 PERNO AC. GR.5 RG 1/2X2 1/2"	0,00	0,520	6,24
001-001-1007013	12,00	062900 TUERCA AC. GR.5 RG 1/2"	0,00	0,150	1,80
001-001-1007013	12,00	046600 ARANDELA PLANA SAE 1/2"	0,00	0,080	0,96
Subtotal					112,89
Descuento					19,6429%
V. Imponible					22,17
I.V.A.					90,72
TOTAL					101,81

DEZARO HABER RECIBIDO A ENTERA SATISFACCION Y SIN PAGAR A RECLAMO POSTERIOR TODA LA MERCADERIA DETALLADA EN ESTA FACTURA, LA MISMA QUE COMO COMPRADOR RECONOZCO EXPRESAMENTE, SUSTANCIANDO YO O MI EMPLEADOR, SEGUN EL CASO, A LAS CONDICIONES Y PLAZOS QUE CONSTAN EN LA MISMA, ACEPTO PAGAR EL MONTANTO DE INTERES

William Santiago
1271609264

BKB

BKB MAQUINARIA INDUSTRIAL CIA. LTDA.

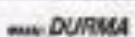
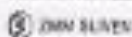
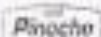
RUC: 1791254511001

FACTURA

001-001 N° 0010854

AUTORIZACION SR: 110354738

CONTRIBUYENTE ESPECIAL
RESOLUCION N° 214
DEL 26/02/2009



EXHIBICION Y VENTAS

Panamericana Norte Km. 13-14
y Calle El Arenal - Telf: 2429534
2429505 / 2429338 - Fax: 2429554
E-mail: info@bkbmaquinaria.com
QUITO - ECUADOR

CLIENTE: Universidad Politecnica Salesiana
RUC/CC: 17919670001
DIRECCION: Av. 12 de Octubre 924-22 y Wilson
FECHA: Quito, 25 de MARZO del 2011
GUIA DE REMISION: 10659 Telf. 3962-885

CANT.	CODIGO	DETALLE	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1.00	M0201-M0201302	Motored. Az St Nr 31 I 30.2	1,026.00	1,026.00

FORMA DE PAGO: 1 CONTADO
VENCIMIENTO: 25/03/2011

Son: <u>UN MIL CIENTO CUARENTA Y NUEVE DOLARS</u>	SUMAN \$	<u>1,026.00</u>
<u>AMERICANOS CON 52 CENTAVOS</u>	TOTAL GRAVADO CON TARIFA 0% \$	
	TOTAL GRAVADO CON TARIFA 12 % \$	<u>1,026.00</u>
	IMPORTE DEL IVA \$	<u>123.12</u>
	TOTAL FACTURA \$	<u>1,149.12</u>

Forma realizar el pago en cheque cruzado a nombre de BKB MAQUINARIA INDUSTRIAL CIA. LTDA.

NOTAS:	<ul style="list-style-type: none"> No se aceptan devoluciones Salvo las excepciones de nuestra política con respecto a riesgo del comprador Toda la mercancía entregada pertenecerá a BKB hasta su total remediación 	<ul style="list-style-type: none"> La mercadería se despacha fehacientemente comprobada El cliente debe ser responsable de acuerdo con los términos de este documento En caso de falta BKB entregará el importe legal correspondiente
---------------	---	--

Devoluciones y Pagamentos en dos días hábiles en esta ciudad o la orden de BKB MAQUINARIA INDUSTRIAL CIA. LTDA. Ciudad Abasco, Dejozemas expresa constancia de que, sobre la suma mencionada en este documento, ningún dejozemas a pagar el interés del 12 anual desde la fecha hasta el vencimiento del plazo señalado de no pagarse dentro de los impuestos y tasa que recae sobre el pago. En caso de no pagarse, adicionalmente al interés mencionado, se genera a la fecha de su vencimiento, el costo de acuerdo a lo dispuesto en las regulaciones de la Junta Monetaria. Sobre el valor del capital pendiente de pago, así como a cubrir todos los gastos judiciales y extrajudiciales y honorarios profesionales que ocasione dicho cobro, siendo suficiente prueba de los gastos la mere credencial del servidor, el pago no podrá hacerse por parte ni aún por (mis)herederos o sucesores.

Al ser suscriptor de los estipulados (mejoras obligatorias) con todos sus suscritos) bienes presentes y futuros, además (herederos) o BKB MAQUINARIA INDUSTRIAL CIA. LTDA para que abona a este pagaré en caso de no pagar cualquier cantidad de dinero que exista o (mis)herederos) pagar, por cualquier concepto y sin necesidad de aviso previo. Para el caso del Juicio ejecutivo (competencia) a los Jueces o Tribunales de la ciudad de Quito y a la vía ejecutiva. Sin perjuicio de presentar el pago y de aviso por esta vía misma.

Acreditado a BKB MAQUINARIA INDUSTRIAL CIA. LTDA que en caso de no pagar la factura se nos ingresará a la Ciudad de Quito

FORMA REALIZAR EL PAGO EN CHEQUE CRUZADO A NOMBRE DE BKB MAQUINARIA INDUSTRIAL CIA. LTDA.

FORMA REALIZAR EL PAGO EN CHEQUE CRUZADO A NOMBRE DE BKB MAQUINARIA INDUSTRIAL CIA. LTDA.

FORMA REALIZAR EL PAGO EN CHEQUE CRUZADO A NOMBRE DE BKB MAQUINARIA INDUSTRIAL CIA. LTDA.

FORMA REALIZAR EL PAGO EN CHEQUE CRUZADO A NOMBRE DE BKB MAQUINARIA INDUSTRIAL CIA. LTDA.

FORMA REALIZAR EL PAGO EN CHEQUE CRUZADO A NOMBRE DE BKB MAQUINARIA INDUSTRIAL CIA. LTDA.