

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **DISEÑO DE UNA MÁQUINA RALLADORA Y EXPRIMIDORA DE YUCA PARA LA ELABORACIÓN DE CASABE.**

**Presentado ante la ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por los Bachilleres:  
Mota S. Miguel E.  
González R. Jean F.  
Para optar al Título de Ingeniero  
Mecánico**

**Caracas, 2004**

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **DISEÑO DE UNA MÁQUINA RALLADORA Y EXPRIMIDORA DE YUCA PARA LA ELABORACIÓN DE CASABE.**

**TUTOR: Prof. Fausto Carpentiero.**

**Presentado ante la ilustre  
Universidad Central de Venezuela.  
Por los Bachilleres:  
Mota S. Miguel E.  
González R. Jean F.  
Para optar al Título de Ingeniero  
Mecánico**

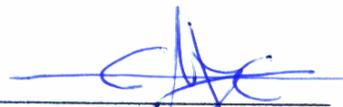
**Caracas, 2004**

Caracas, Abril 2004

Los abajo firmantes, miembros del Jurado por el Consejo de la Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por los Bachilleres: *Mota S. Miguel E. y González R. Jean F.*, titulado:

**“DISEÑO DE UNA MAQUINA RALLADORA Y EXPRIMIDORA DE YUCA PARA LA ELABORACIÓN DE CASABE”.**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudio conducente al Título de Ingeniero Mecánico, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por los autores, lo declaran APROBADO.

  
Prof. Enrique Limongi  
Jurado

  
Prof. Gustavo Delfino  
Jurado

  
  
Prof. Fausto Carpentiero  
Tutor

---

---

## AGRADECIMIENTOS

**A Dios Todopoderoso.**

A nuestra **Universidad Central de Venezuela** por darnos una formación integral y profesional, y además por habernos brindado los mejores momentos de nuestra vida dentro de sus instalaciones.

A todo el personal de **FUDECI** por el apoyo brindado en la elaboración de este trabajo especial de grado, especialmente al Prof. **Ramiro Royero**, Lic. **Eduardo Espinoza** y al Prof. **Edgar Gil**.

Al Ingeniero Agrónomo **José Contreras**, por todo su apoyo en el trabajo de campo realizado en el Edo. Anzoátegui y a la comunidad del **Torreño** por darnos todo el apoyo brindando y toda su experiencia en la elaboración del casabe, y por su trato tan humano.

Al Prof. **Fausto Carpentiero** por su apoyo y tutoría.

Al Prof. **Rubén Landaeta** del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (**IMME**) por su valiosa ayuda y apoyo a lo largo de este trabajo especial de grado.

Al Prof. **Unai Emaldi** del Instituto de Tecnología de Alimentos de la UCV.

Al Prof. **Enrique Limongi** por su tiempo y aporte al desarrollo de este trabajo y de nuestra formación como ingeniero.

Al Prof. **Gustavo Delfino** por su tiempo y conocimientos aportados.

Al Prof. **Guillermo Valencia** por su apoyo y aporte dado a este trabajo.

Al Prof. **Antonio Barragán** y Prof. **Pedro Cadenas** por su gran ayuda y tiempo, además por su amistad brindada.

A la compañía **Rexroth Bosh Group** por su grandiosa ayuda y en especial al técnico Sr. **Manuel Peña** por su colaboración y amistad en el desarrollo de este trabajo.

## DEDICATORIA

Este trabajo significa la culminación de una valiosa etapa de enseñanza profesional, el cual en su totalidad se la debo a mi madre **Yolanda Sánchez** quien me dio toda su confianza, apoyo y comprensión, por haberme regalado una valiosa etapa de su vida como madre y como amiga, y que ahora me toca darle este regalo, al ser una persona preparada y debiéndole todo lo que soy, demostrándole que valió la pena. *Te Amo.*

A mi padre **Miguel Emilio Mota** por enseñarme el respeto y la responsabilidad, por haberme regalado todo el esfuerzo y sudor de su frente para que yo pudiera culminar todo este trabajo, ahora le respondo como una persona que cumplió uno de sus sueños gracias a su ayuda. *Te Amo.*

A mi hermano **Luis Eduardo Mota Sánchez** por toda su ayuda moral, por haber estado ahí apoyándome cuando necesite de un amigo. *Te Amo.*

A toda la **Flia. Sánchez, Mota - Arraiz** por todo su apoyo y estar muy pendiente de mi bienestar.

A mi tío **Ángel Acosta** por haber hecho también el papel de padre y también por el apoyo brindado en mi vida y carrera.

A toda la **Flia. Silva**, el cual fue un gran motivo de inspiración para la culminación de mi carrera y en especial a la abuela **Petra Silva** por haberse preocupado y haber rezado más de una vez por mi bienestar, ahora se que tus oraciones fueron escuchadas abuela. *Te Quiero Mucho.*

A mis compadres **Ángel Acosta, Ricardo Blanco, Zoraida y Lisbeth** por su apoyo en toda mi vida y carrera.

A mis ahijados **Ridlikson, Ricardito, Fabiola, Saúl, Alejandro** porque se que algún día me darán un regalo, como el de ser grandes hombres de bien.

A mi compañero de tesis **Jean Franco González** por su amistad brindada a lo largo de la carrera.

A mis amigos del alma **Yorman Guerrero, Juan Carlos González**, y a todos los amigos y compañeros de la **Liga de Cinturones Negro de Venezuela**, que de una u otra manera me ayudaron en algún momento de mi vida.

A mis Amigos de *Las Lajitas Social Club*, **Omar Díaz, José Miguel Gil, Cesar Cuadros, Joxsan Salazar y Guillermo Espinoza**, por su apoyo y por siempre estar cuando los necesite.

A mis amigos de la grandiosa **Escuela de Ingeniería Mecánica**, el cual no puedo nombrar por lo largo de la lista pero ustedes saben quienes son, los Quiero Mucho.

*Miguel Eduardo Mota S.*

## DEDICATORIA

Le doy gracias a Dios Todo Poderoso por haberme dado la fuerza y la paciencia necesaria para llegar hasta donde estoy, la etapa final de mi carrera universitaria.

El presente trabajo especial de grado se lo dedico principalmente a mi hermosa familia, la que me ama y a la que amo generosamente de corazón. A mi Papa **Víctor** por haberme hecho un hombre de bien y haberme inculcado toda su sabiduría y consejos y ser incondicional a la hora de necesitar algo. A mi Mamá **Maria** por cuidarme, rezar por mí, amarme y darme palabras de aliento cuando más lo he necesitado. A mi hermana **Lisette** por ser más que una hermana, una segunda madre para mí. Mi confidente, mi consejera y apoyo en todo momento, A mi hermano Gemelo **Juan Carlos** por ser mi ejemplo y modelo a seguir y demostrarme que con dedicación y estudio se puede lograr tener lo que se quiere en esta vida. A **Vitico** mi hermano menor por haber llenado ese vacío tan grande dejado por JC cuando se fue a emprender esa maravillosa aventura por los lados de Ciudad Guayana. A ti **Norelkys**, mi muchachita, mi amada novia, por amarme como lo has hecho hasta ahora y haberme llenado de sueños y esperanzas en tierras tan lejanas, llegaste en un momento en que mi vida necesitaba un impulso para embalsarse a mi meta principal, Ser un Ingeniero Mecánico, Trabajar y formar una familia feliz. Gracias por devolverme los ideales que pensé había perdido. Solo le pido a Dios todo poderoso puedas estar conmigo a la final para poder cumplir nuestros sueños Juntos y demostrarle al mundo que con amor todo se puede no importa la distancia, ni nada, ni nadie. *TE AMO.*

También quiero agradecerle a mi compañero de tesis **Miguelito**, por haberme soportado y haber puesto por delante nuestros 8 años de amistad incondicional, A mi hermanazo del alma **José Manuel Zurita** “El Joe” por haberme demostrado que no hay impedimento físico ni nada en este mundo que pueda evitar que uno pueda cumplir sus sueños y metas, Gracias por recordarme siempre la celebre frase: “El juego no se acaba hasta que se termina”. A mis panas de la Universidad: **Fabián** (Coque), gracias por estar conmigo en las buenas y en las malas, a mi panita **Fanelli**,

---

a **Cesar, Jairo, Caritza, Dora y Dayana** por ser amigos incondicionales en todo momento.

Quisiera finalizar con una frase que me mueve y me llena de valor para seguir hacia adelante: *“La dicha de la vida consiste en tener siempre algo que compartir, alguien a quien amar y algunas cosas que esperar”* Mientras Dios me ayude a que esta frase se cumpla yo seré feliz y dichoso en esta vida.

***Jean Franco González R.***

**Mota S. Miguel E. y González R. Jean F.**

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA RALLADORA Y EXPRIMIDORA  
DE YUCA PARA LA ELABORACIÓN DE CASABE.**

**Tutor Académico: Prof. Ing. Fausto Carpentiero. Tesis Caracas,  
UCV Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería  
Mecánica, 2004, 202 Pág.**

Rallar, Exprimir, Casabe, Yuca Amarga, Mandioca.

En este trabajo se desarrolló el Diseño de una Máquina Ralladora y Exprimidora de Yuca para la Elaboración de Casabe accionada por sistemas de energía alternativa, utilizando los conocimientos adquiridos en el área de diseño, adaptándolo a las demandas de producción y consumo del mercado venezolano.

Este es un diseño de una máquina de producción por lote, el cual en su primer proceso va a rallar la yuca amarga, y en su siguiente proceso exprime o prensa la yuca ya rallada o masa de yuca.

La yuca amarga, después de raspada y lavada, se vierte en la tolva alimentadora, el cual va a pasar por medio de gravedad a un tambor rallador, luego esta masa de yuca rallada (catebía húmeda) va a caer en un recipiente (saco de sisal) para confinar la masa de Yuca, en el cual finalmente va al proceso de exprimido por medio de un sistema hidráulico, el Yare extraído de este proceso es colectado por medio de una tolva en un recipiente para su posterior uso.

**ÍNDICE**

<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>1. EL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
1.1. Planteamiento del Problema.....	1
1.2. Objetivo General.....	2
1.3. Objetivos Específicos.....	2
1.4. Limitaciones.....	3
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>4</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	4
2.1.1. Historia de la Yuca.....	4
2.1.1.1. Origen.....	4
2.1.1.2. El Cultivo de la Yuca en Venezuela.....	6
2.1.1.3. Producción y Rendimiento de la Yuca.....	6
2.1.1.4. Adaptación de la Planta.....	8
2.1.2. Características Generales de la Planta.....	9
2.1.3. Estructura de la Raíz de Yuca Amarga.....	11
2.1.4. Variedades de Yuca Amarga.....	12
2.1.4.1. Variedades de Yuca Cultivada en el Estado Anzoátegui.....	13
2.1.5. Composición Química de la Yuca.....	14
2.1.6. Toxicidad.....	16
2.2. El Casabe.....	19
2.2.1. Características Básicas del Casabe.....	24
2.2.1.1. Fragilidad.....	24
2.2.1.2. Durabilidad.....	24
2.2.1.3. Fortalezas Nutricionales.....	25
2.2.1.4. Diversidad de Productos para el Consumidor.....	26

---

2.2.1.4.1. Variedades de Casabe.....	26
2.2.1.4.2. Bebidas Fermentadas.....	28
2.2.1.4.3. Alimentos Fermentados.....	30
2.2.1.4.4. Alimentos No Fermentados.....	30
2.2.2. Mejoramiento Nutricional del Casabe.....	32
2.2.3. Proceso de Elaboración del Casabe.....	33
2.2.3.1. Recepción de la Materia Prima.....	33
2.2.3.2. Raspado.....	33
2.2.3.3. Lavado.....	34
2.2.3.4. Rallado.....	34
2.2.3.5. Exprimido o Prensado.....	37
2.2.3.5.1. El Sebacán.....	38
2.2.3.5.2. Gato Hidráulico.....	39
2.2.3.5.3. Prensa de Tornillo.....	39
2.2.3.5.4. Prensa de Palanca.....	40
2.2.3.5.5. Prensado por Torsión.....	41
2.2.3.6. Tamizado o Cernido.....	41
2.2.3.7. La Cocción.....	42
2.2.3.8. Secado al Sol.....	42
2.2.4. Rendimiento del Casabe.....	43
2.3. Perfil de Costos.....	44
2.4. Ergonomía.....	45
2.4.1. Fuerza Ejercida por el Ser Humano con los Pies.....	45
2.4.2. Planos de Trabajo.....	46
2.5. Productos Parcialmente Deshidratados.....	47
2.6. Objetivos de un Análisis de Humedad.....	47
2.7. Métodos para la Determinación del Porcentaje de Humedad en los Alimentos....	48
2.7.1. Método de Deseccación en estufa. ....	48
2.7.2. Método de Deseccación en estufa con Vacío.....	48
2.7.3. Método de Deseccación con Balanza de Humedad.....	50
2.7.4. Método de Deseccación por Destilación con Tolueno.....	51
2.7.5. Método de Karl Fisher.....	52

---

<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>53</b>
<b>3. MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>53</b>
3.1. Consideraciones en el Diseño de la Maquina Ralladora y Exprimidora de Yuca para la Elaboración del Casabe.....	53
3.2. Búsqueda de Alternativas.....	54
3.3. Evaluación de la Alternativas y Especificaciones de una Solución.....	57
3.3.1. Diseño Propuesto N° 1.....	57
3.3.2. Diseño Propuesto N° 2.....	58
3.3.3. Diseño Propuesto N° 3.....	59
3.3.4. Diseño Propuesto N° 4.....	59
3.4. Matriz de selección del Sistema a Utilizar.....	60
3.5. Condiciones para los Materiales a Utilizar en los elementos de la Maquina.....	64
3.6. Selección del tipo de Acero a Utilizar.....	66
3.6.1. Tipos de Aceros Inoxidables.....	66
3.6.2. Tipos de Aceros más utilizados.....	68
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>69</b>
<b>4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>69</b>
4.1. Métodos y Materiales utilizados.....	69
4.1.1. Ubicación de la Región a Estudio.....	69
4.1.2. Información Recogida.....	70
4.1.3. Muestreo de la Siembra.....	70
4.1.4. Muestreo de la Cosecha.....	71
4.2. Proceso de Elaboración de Harina de Yuca.....	72
4.3. Proceso de Rallado.....	73
4.4. Proceso de Exprimido o Prensado.....	74
4.5. Análisis de Resultados.....	78

<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>82</b>
<b>5. CÁLCULOS Y DISEÑO.....</b>	<b>82</b>
5.1. Cálculos.....	82
5.1.1. Cálculos de la Tolva de Alimentación.....	82
5.2. Determinación del volumen de la tolva de alimentación.....	84
5.3. Cálculos del sistema de Rallado.....	84
5.3.1. Fuerza generada por el hombre.....	84
5.3.2. Transmisión de la potencia por medio de la bicicleta hasta el tambor rallador....	86
5.3.3. Cálculo de la cadena que va desde la bicicleta hasta el tambor rallador.....	87
5.3.4. Fuerza de diseño (Fuerza de rallado).....	88
5.3.5. Torque necesario de rallado.....	89
5.3.6. Potencia necesaria de rallado.....	90
5.3.7. Análisis de torsión en el tambor rallador.....	90
5.3.8. Análisis de tensión por esfuerzo de corte vertical.....	91
5.3.9. Análisis de esfuerzos en los Volantes.....	92
5.3.10. Peso del tambor rallador.....	93
5.3.11. Peso de los volantes.....	93
5.3.12. Peso del Eje.....	93
5.3.13. Diseño del Eje.....	94
5.3.14. Transmisión de la potencia por medio del motor eléctrico hasta el tambor rallador.....	101
5.3.14.1. Cálculo del diámetro de la polea acanalada en el eje del tambor rallador.....	102
5.3.14.2. Cálculo de la banda en V o trapecial que va desde el motor eléctrico hasta el tambor rallador.....	103
5.3.15. Selección de los rodamientos.....	104
5.3.16. Cálculo de la cuña.....	107
5.3.17. Análisis de duración del eje.....	109
5.3.18. Selección de la Estructura del Sistema de Rallado.....	111

5.4. Cálculos del Sistema de Prensado.....	113
5.4.1. Cálculos del Sistema Hidráulico.....	113
5.4.2. Cálculos de la Estructura del Sistema de Prensado.....	114
5.4.2.1. Determinación del Tipo de Perno para la Viga AB.....	121
5.4.2.2. Apriete para los Pernos.....	123
5.4.2.3. Determinación del Espesor de la Plancha.....	124
5.5. Cálculo de la soldadura de las placas.....	131
5.6. Cálculo de la Base Filtro.....	133
5.7. Cálculo de los Resortes.....	134
5.8. Cálculo de la Chapa Compactadora.....	135
5.9. Verificación de Cálculos de las Diferentes Estructuras por Programa Computacional SAP 2000 para Estructuras.....	137
 <b>CAPITULO VI.....</b>	 <b>142</b>
 <b>6. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....</b>	 <b>142</b>
6.1. HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL.....	143
6.2. PROTECCIÓN PERSONAL.....	143
6.3. INFORMACIÓN GENERAL.....	144
6.4. MANTENIMIENTO DEL EQUIPO.....	145
6.4.1. Tambor Rallador.....	145
6.4.2. Tolvas.....	146
6.4.3. Base filtro.....	146
6.4.4. Tabla #21. Tiempo de Ejecución del Mantenimiento.....	147
6.5. MANUAL DE OPERACIÓN.....	147
6.5.1. Fase de rallado.....	147
6.5.2. Fase de Prensado o Exprimido.....	149
6.6. MONTAJE Y DESMONTAJE.....	150

<b>CAPITULO VII</b> .....	<b>157</b>
<b>7. COSTOS</b> .....	157
7.1. Costos de los materiales para la fabricación.....	157
7.2. Estimación del Costo de la Máquina.....	158
7.3. Factibilidad Económica.....	159
<b>CONCLUSIONES</b> .....	161
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	163
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	164
<b>CONSULTAS EN LA WORLD WIDE WEB</b> .....	167
<u>APENDICE A</u> : Planos.....	168
<u>APENDICE B</u> : Contenido del CD-ROM.....	169
<u>APENDICE C</u> : Autodesk Inventor Professional 7.....	170
<u>APENDICE D</u> : SAP 2000.....	171
<u>APENDICE E</u> : Presupuesto de herrería.....	172
<u>APENDICE F</u> : Presupuesto de maquinado.....	173
ANEXO A: Hoja de encuesta.....	174
ANEXO B:	
Tabla A. Factores de servicio para impulsores de cadena	
Tabla B. Especificaciones de potencia, cadena estándar de tramo único, con rodamientos, número 40, paso de 1/2".....	175
ANEXO C:	
Figura A. Métodos para determinar valores para K y Q para distintos tipos de secciones transversales.....	176
ANEXO D:	
Figura B. Distribución de tensiones en un eje hueco	
Figura C. Tensión por durabilidad contra resistencia al esfuerzo por tracción para el acero forjado para varias condiciones superficiales.....	177
ANEXO E:	
Figura D. Factor de tamaño para el diseño de ejes	
Tabla C. Factor de confiabilidad	
Figura E. Base para la ecuación de diseño de ejes para tensión por esfuerzo de flexión inversa sucesiva y tensión por esfuerzo de corte por torsión.....	178
ANEXO F:	
Tabla D. Comparación de tipo de cojinetes	
Tabla E. Vida útil de diseño recomendada para cojinetes.....	179

ANEXO G: Rodamientos Y con anillo de fijación excéntrico.....	180
ANEXO H: Soportes de pie con rodamientos Y.....	181
ANEXO I: Tabla F. Tamaño de cuña contra tamaño de flecha.....	182
ANEXO J: Figura F. Dimensiones para cuñeros paralelos.....	183
ANEXO K. Tubería estructural Cuadrada.....	184
ANEXO L. Extracto de Norma COVENIN 3082-97 Gatos Hidráulico Portátiles tipo Botella.....	185
ANEXO M. Propiedades y Dimensiones de Viga IPN.....	186
ANEXO N. Tensiones Admisibles en Conectores.....	187
ANEXO Ñ. Longitudes de Pernos de Alta Resistencia.....	188
ANEXO O. Diseño de Pernos.....	189
ANEXO P. Valores de longitud efectiva “K”.....	190
ANEXO Q. Tabla #G. Espesores Máximos “D” de los Cordones de Soldadura de Filete.....	191
ANEXO R. Tensiones Normales Admisibles para miembros comprimidos con tensión cedente.....	192
ANEXO S. Esfuerzos en el Metal de Aporte en Soldaduras de Filete.....	193
ANEXO T. Propiedades Típicas de materiales seleccionados en Ingeniería.....	194
ANEXO U. Característica de Gatos de Botellas.....	195
ANEXO V. Norma COVENIN-MINDUR 2002-88. grupos de especies de Maderas Estructurales estudiadas por PADT-REFORT/JUNAC.....	196
ANEXO W. Esfuerzos en discos giratorios.....	197
ANEXO X. Fuerza Mínima a la Tracción en Pernos de Alta Resistencia.....	198
ANEXO Y. Tabla H: Potencias para una o mas bandas en V. Tabla I: Circunferencias internas para bandas según el tipo de sección transversal. Tabla J: Factor de corrección de bandas en V. Figura G: Factor de corrección según ángulo de contacto para bandas en V.....	199
ANEXO Z. Tabla K: Factor de longitud para bandas en V. Tabla L: Factores a utilizar “a” y “b” según el acabado de superficie en Ejes. Figura H: Grafica de Sensibilidad de la muesca vs. Radio de la muesca...	200
ANEXO AA. Tabla M: Velocidad de la banda según el tipo de sección transversal y el diámetro de paso de la polea.....	201
ANEXO BB: Figura I: Factor Kt para ejes sometidos a momentos.....	202

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>TABLA N° 1.</b>	Producción y Rendimiento de la Yuca.....	6
<b>TABLA N° 2.</b>	Producción y rendimiento de yuca en Venezuela (toneladas) (1992-2001).....	7
<b>TABLA N° 3.</b>	Principales estados productores de yuca en Venezuela (toneladas) (1992-2001).....	7
<b>TABLA N° 4.</b>	Rendimientos de yuca por entidad federal en Venezuela (kg./ha). (1992-2001).....	8
<b>TABLA N° 5.</b>	Composición química de la yuca y casabe por cada 100 gramos.....	14
<b>TABLA N° 6.</b>	Composición de vitaminas y minerales de la yuca fresca.....	15
<b>TABLA N° 7.</b>	Contenido de aminoácido en raíces de yuca fresca.....	15
<b>TABLA N° 8.</b>	Perfil de Aminoácidos de Proteína Foliar de Cuatro Variedades de Yuca Composición en gr. /16gr De Nitrógeno.....	15
<b>TABLA N° 9.</b>	Perfil de costos de producción de una casabería tradicional.....	44
<b>TABLA N° 10.</b>	El siguiente cuadro muestra relación entre el tipo de producto, temperatura, tiempo y vacío para la determinación de humedad por el método de la estufa.....	49
<b>TABLA N° 11.</b>	Matriz Morfológica o Selección del sistema.....	62
<b>TABLA N° 12.</b>	Medidas de longitud, diámetro, peso y forma de las muestras de raíces de yuca amarga.....	72
<b>TABLA N° 13.</b>	Registro de elaboración del casabe en forma artesanal.....	72
<b>TABLA N° 14.</b>	Proceso de elaboración de casabe con la cigüeña y prensado artesanal.....	73
<b>TABLA N° 15.</b>	Volumen ocupado por la catebía Húmeda en el proceso artesanal realizado en el Torreño.....	73
<b>TABLA N° 16.</b>	Tablas del Ensayo de Humedad.....	75
<b>TABLA N° 17.</b>	Registro de carga.....	77
<b>TABLA N° 18.</b>	Coeficiente de fricción en reposo y en Movimiento.....	83

---

<b>TABLA N° 19.</b>	Registros de Diámetros finales.....	101
<b>TABLA N° 20.</b>	Clasificación de las Piezas de Equipo Rallador Exprimidor.....	145
<b>TABLA N° 21.</b>	Tiempo de Ejecución del Mantenimiento.....	147
<b>TABLA N° 22.</b>	Precios de las piezas de la maquina en sus dos versiones.....	158

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA N° 1.</b>	Estructura de la Yuca Amarga.....	11
<b>FIGURA N° 2.</b>	Yuca Amarga (Manihot esculenta crantz).....	12
<b>FIGURA N° 3.</b>	La degradación enzimática de la Linamarina.....	18
<b>FIGURA N° 4.</b>	Yare extraído del proceso rallado de la yuca amarga.....	18
<b>FIGURA N° 5.</b>	Raspado de yuca amarga.....	33
<b>FIGURA N° 6.</b>	Canoa de madera.....	34
<b>FIGURA N° 7.</b>	Ralladores.....	35
<b>FIGURA N° 8.</b>	Canoa Metálica.....	35
<b>FIGURA N° 9.</b>	Cigüeña.....	36
<b>FIGURA N° 10.</b>	Sebucán.....	38
<b>FIGURA N° 11.</b>	Prensa de tornillo.....	40
<b>FIGURA N° 12.</b>	Trojas.....	42
<b>FIGURA N° 13.</b>	Fuerza de movimiento de las piernas .....	45
<b>FIGURA N° 14.</b>	Esquema de Grandjean.....	46
<b>FIGURA N° 15.</b>	Curva de Humedad.....	50
<b>FIGURA N° 16.</b>	Aparato para determinación de humedad por destilación.....	51
<b>FIGURA N° 17.</b>	Diseño Propuesto N° 1.....	55
<b>FIGURA N° 18.</b>	Diseño Propuesto N° 2.....	56
<b>FIGURA N° 19.</b>	Diseño Propuesto N° 3.....	56
<b>FIGURA N° 20.</b>	Diseño Propuesto N° 4.....	57
<b>FIGURA N° 21.</b>	Estado Anzoátegui.....	69
<b>FIGURA N° 22.</b>	Prensa hidráulica perteneciente a Rexroth Bosch Group.....	76
<b>FIGURA N° 23.</b>	Diagrama de Cuerpo Libre.....	86
<b>FIGURA N° 24.</b>	Diagrama del sistema generador de potencia para la ralladora.....	88
<b>FIGURA N° 25.</b>	Esquema del prototipo utilizado.....	92

<b>FIGURA N° 26.</b>	Orientación de los elementos B, C y E según desde el extremo derecho del eje.....	97
<b>FIGURA N° 27.</b>	Esquema de distribución de fuerza en los volantes.....	98
<b>FIGURA N° 28.</b>	Esquema de la estructura del sistema rallador.....	114
<b>FIGURA N° 29.</b>	Estructura del sistema de prensado.....	117
<b>FIGURA N° 30.</b>	Posición de los pernos sometidos a Corte y Tracción.....	125
<b>FIGURA N° 31.</b>	Tornillo de alta resistencia.....	128
<b>FIGURA N° 32.</b>	Base filtro.....	135
<b>FIGURA N° 33.</b>	Chapa compactadora.....	137
<b>FIGURA N° 34.</b>	Diagrama del Corte en SAP2000.....	139
<b>FIGURA N° 35.</b>	Momento Flector en SAP2000 para la IPN 140.....	140
<b>FIGURA N° 36.</b>	Diagrama de Fuerza de Corte en la viga T invertida.....	140
<b>FIGURA N° 37.</b>	Sistema de prensado en SAP2000.....	141
<b>FIGURA N° 38.</b>	Deformación del sistema de prensado.....	141
<b>FIGURA N° 39.</b>	Estructura de rallado en SAP2000.....	142
<b>FIGURA N° 40.</b>	Estructura de rallado en SAP2000.....	142
<b>FIGURA N° 41.</b>	Estructura ralladora.....	143
<b>FIGURA N° 42.</b>	Tambor rallador.....	147
<b>FIGURA N° 43.</b>	Tolva receptora de Yare.....	148
<b>FIGURA N° 44.</b>	Base filtro en Acero Inoxidable Perforada.....	148
<b>FIGURA N° 45.</b>	Ganchos para acoplar la bolsa de Sisal.....	150
<b>FIGURA N° 46.</b>	Sistema rallador con la bicicleta acoplada.....	150
<b>FIGURA N° 47.</b>	Bases de la estructura de prensado.....	152
<b>FIGURA N° 48.</b>	Viga T invertida.....	153
<b>FIGURA N° 49.</b>	Viga horizontal 20 x 20.....	153
<b>FIGURA N° 50.</b>	Estructura del sistema de prensado.....	154
<b>FIGURA N° 51.</b>	Pieza Nro.4 IPN 140.....	154
<b>FIGURA N° 52.</b>	Acople del gato hidráulico con IPN 140.....	155

---

<b>FIGURA N° 53.</b> Ensamble del sistema de prensado.....	155
<b>FIGURA N° 54.</b> Estructura del sistema rallador.....	156
<b>FIGURA N° 55.</b> Ensamble del sistema rallador.....	157
<b>FIGURA N° 56.</b> Sistema rallador – exprimidor.....	157
<b>FIGURA N° 57.</b> Sistema rallador accionado manualmente.....	158
<b>FIGURA N° 58</b> Sistema rallador accionado con motor eléctrico.....	158

## Listado de Abreviaturas

- # Pernos: Numero de tornillos.
- $\Delta L$  : Alargamiento elástico de las fibras traccionadas.
- $\theta$  : Angulo de la cadena y / o correa con la horizontal.
- $\varphi$  : Angulo mínimo de inclinación de la tolva de alimentación.
- $\mu_s$  : Coeficiente de roce.
- $\rho$  : Densidad.
- $\varnothing$  : Diámetro del perno.
- $\lambda_{MAX}$  : Esbeltez máxima.
- $\sigma$  : Esfuerzo.
- $\sigma_{m\acute{a}x}$  : Esfuerzo máximo.
- $\sigma_{r\acute{m}a}x$  : Esfuerzo radial máximo.
- $\sigma_{t\acute{m}a}x$  : Esfuerzo tangencial máximo.
- $\sigma_a$  : amplitud de esfuerzo.
- $\sigma_c$  : Tensión admisible a compresión.
- $\sigma_m$  : esfuerzo a medio intervalo.
- $\sigma_{min}$  : Esfuerzo mínimo.
- $\tau$  : Esfuerzo cortante.
- $\tau_{max}$  : Esfuerzo cortante máximo.
- $\psi$  : Factor de seguridad.
- $\psi_s$  : Factor de Seguridad Dinámico.
- $m_{pesas}$  : Masa de las pesas utilizadas durante el ensayo en el prototipo de rallador.
- $\eta_i$  : Numero de dientes donde (i) es a lo que se refiere.
- $\eta$  : Numero de pernos utilizados.
- $N^0$  *Pletinas de Corte* : Numero de pletinas de corte.
- $\nu$  : Razón de Poisson's.
- $\omega$  : Velocidad angular.
- $A_{(material\ base)}$  : Área material base en la soldadura.
- $a$  : Ancho del ala del perfil.
- $A$  : Área.
- $A_{0,95\sigma}$  : Área de 95 % de esfuerzo.
- $A_0$  : Altura Inicial.
- $A_f$  : Altura Promedio Final.
- $A_{TORNILLO}$  : Área de sección del tornillo.
- $C$  : Distancia entre centros.
- $c$  : Radio.
- $C_D$  : Carga dinámica.
- $C_{eq}$  : Carga equivalente.
- $C_i$  : Carga.
- $C_O$  : Carga estática.
- $C_R$  : Factor de confiabilidad.
- $C_s$  : Factor de tamaño para diseño de ejes.

d: Diámetro.  
 $D_i$ : Diámetro donde (i) es a lo que se refiere.  
 $D_{\text{piñón}}$ : Diámetro de piñón de la bicicleta.  
 $D_{\text{plato}}$ : Diámetro de plato de la bicicleta.  
e: espesor de las arandelas.  
E: Módulo de elasticidad.  
 $E_C$ : Energía de compactación.  
F.S.: Factor de servicio.  
F: Fuerza Tangencial.  
 $F_i$ : Fuerza donde (i) es a lo que se refiere.  
 $F_i$ : Precarga o fuerza de sujeción.  
 $F_N$ : Fuerza normal.  
 $F_R$ : Fuerza de roce.  
 $F_{\text{Rallado}}$ : Fuerza mínima necesaria para rallar la yuca.  
 $f_T$ : Fuerza mínima a la tracción calculada.  
 $F_T$ : Fuerza mínima a la tracción.  
 $F_V$ : Esfuerzo de Corte Admisible.  
 $f_v$ : Esfuerzo de corte calculado.  
 $F_X$ : Tensión cedente.  
g: Gravedad.  
h: Espesor de la chapa de madera.  
 $H_C$ : Altura de la cuña.  
I: Momento de inercia.  
J: Momento polar de inercia.  
k: Coeficiente de torsión.  
K: Factor de Longitud Efectiva en Vigas a Compresión.  
 $K_R$ : Constante de elasticidad del resorte.  
 $K_a$ : Factor de superficie.  
 $K_b$ : Factor de tamaño.  
 $K_c$ : Factor de carga.  
 $K_d$ : Factor de temperatura.  
 $K_e$ : Factor de efectos diversos.  
 $K_f$ : Concentrador de esfuerzo.  
 $K_i$ : Factor de corrección donde (i) es a lo que se refiere.  
L: Longitud.  
 $L_C$ : Longitud de la cuña.  
 $L_D$ : Vida del cojinete en revoluciones.  
 $L_H$ : Vida del cojinete en horas.  
m: masa de la yuca.  
 $M_i$ : Momento donde (i) es a lo que se refiere.  
 $M_{\text{MAX}}$ : Momento máximo.  
N: Factor de diseño.  
 $N_i$ : Numero de dientes donde (i) es a lo que se refiere.  
P: Carga.  
p: paso.  
 $P_{\text{crit}}$ : Carga critica.  
 $P_{iv}$ : Carga Admisible por Perno.  
Pot: Potencia.

Pot<sub>diseño</sub>: Potencia de diseño.  
P<sub>Rallado</sub>: Potencia mínima necesaria para rallar la yuca.  
Q: Momento polar de inercia.  
R: Fuerza radial.  
R<sub>c</sub>: Es la carga que soporta la viga base que se encuentra a compresión.  
r<sub>i</sub>: Radio donde (i) es a lo que se refiere.  
R<sub>i</sub>: Reacciones donde (i) es a lo que se refiere.  
r<sub>min</sub>: radio mínimo de giro de la sección.  
s: Longitud circular.  
S<sub>C</sub>: Profundidad del cuñero en el eje.  
S<sub>e</sub>: Limite de resistencia a la fatiga del elemento mecánico.  
S<sub>e'</sub>: Limite de resistencia a la fatiga de la muestra de la viga.  
S<sub>n</sub>: Resistencia por durabilidad.  
S'<sub>n</sub>: Resistencia modificada por durabilidad.  
S<sub>ut</sub>: Resistencia ultima.  
S<sub>x</sub>: Modulo sección en el eje x.  
S<sub>y</sub>: Resistencia a la fluencia.  
t: espesor.  
T<sup>''</sup>: agarre.  
t: Espesor .  
T<sub>E</sub>: Tensión.  
T: Torque.  
T': Apriete.  
T<sub>C</sub>: Profundidad del cuñero en la masa.  
t<sub>f</sub>: Espesor medio de las alas del perfil.  
t<sub>s</sub>: Espesor efectivo de la garganta de la soldadura.  
T<sub>Rallado</sub>: Torque mínimo necesario para rallar la yuca.  
V: fuerza de corte a lo largo de la longitud total del tambor rallador.  
V<sub>i</sub>: Fuerza de corte donde (i) es a lo que se refiere.  
Vol: Volumen.  
V<sub>R</sub>: Factor de rotación.  
w: Longitud tambor rallador.  
W<sub>C</sub>: Espesor de la cuña.  
Y<sub>C</sub>: Altura de la cuerda en el cuñero.  
Y<sub>MAX</sub>: Deflexión máxima.  
W: Peso.  
z: Desplazamiento.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el avance y desarrollo de tecnología se han volcado al estudio de soluciones que de una u otra forma son empleadas en satisfacer nuevas demandas y necesidades en la mediana y pequeña empresa.

La propuesta de este trabajo, nace de la necesidad que tienen las comunidades del Municipio Independencia del Estado Anzoátegui, el cual una de sus principales fuente de ingreso es la elaboración de casabe.

Haciendo un estudio previo sobre la materia prima y la elaboración del casabe, y conversando con las comunidades que realizan esta labor, nace la idea de convertir parte de este proceso de la forma artesanal a una mecanizada, diseñando una máquina que a partir de la yuca amarga (*Manihot esculenta crantz*) previamente raspada y lavada, esta sea rallada y luego en otro proceso exprimida, ya que al conversar con las personas que laboran en esta área, nos informan que estas dos (2) operaciones son las más incómodas y además no cumplen con las normas de higiene para la elaboración de productos de consumo humano.

Al diseñar esta máquina, se está dando una posibilidad a estas personas y a todos los que laboran con este producto en Venezuela, de poder aumentar su producción reduciendo el esfuerzo humano, así como la de mejorar la calidad del producto final (casabe)

## FUDECI

**FUDECI** (Fundación para las Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales), es una organización no gubernamental (ONG) sin fines de lucro, fundada en 1973 por la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales.

Su sede principal está ubicada en el Palacio de las Academias entre la esquina la Bolsa y San Francisco en la Av. Universidad. En el Estado Amazonas se encuentra la Estación experimental Amazonas en Puerto Ayacucho. En el Estado Guarico, frente San Fernando 2000, en la Agropecuaria Puerto Miranda. La sede de **BIOCENOR** (Biocentro del Orinoco) está ubicada en Mesa de los Hachos, Municipio Independencia, Estado Anzoátegui.

La Visión de **FUDECI**, es la de mejorar la calidad de vida del hombre realizando y fomentando investigaciones científicas y tecnológicas que permiten ejecutar programas de ayuda a las familias rurales más necesitadas, así como velar por un ambiente natural sano a través de programas e investigaciones para la conservación de los recursos biológicos.

La Misión de **FUDECI**, es la de mejorar la alimentación e ingresos económicos de familia de bajos recursos en zonas rurales mediante la generación de paquetes tecnológicos, que nos permitan desarrollar y ejecutar programas agrícolas dirigido a estas familias. Participar en la conservación de la biodiversidad realizando investigaciones que nos permita ejecutar programas de recuperación de especies en peligro de extinción; realizando investigaciones sobre el uso potencial o real de los recursos biológicos; realizando programas de concienciación; y a través de proyectos de rescate de información del uso tradicional de recursos biológicos. Difundir el conocimiento científico mediante la publicación de revista y artículos científicos y a través de la organización y participación de eventos científicos.

---

# **CAPITULO I**

## ***1. EL PROBLEMA.***

### **1.1. Planteamiento del Problema**

La mayoría de las comunidades que conforman el estado Anzoátegui, se encuentran en condiciones de vida poco óptimas para su desarrollo económico, siendo pues la agricultura su principal actividad, ellos viven de la elaboración del casabe, el cual su materia prima viene de la yuca amarga, pero el proceso de esta, se realiza de una manera rudimentaria o artesanal, lo que conlleva a una baja productividad con un mayor esfuerzo humano.

El proceso de rallado de la yuca amarga no se realiza de forma ergonómica y requiere un gran esfuerzo para la producción diaria, además el proceso de exprimido de la yuca ya rallada, que se hace para extraerle el veneno que esta contiene, se hace de forma rudimentaria y no garantiza la extracción completa del veneno presente. Por esto, el objetivo del presente proyecto es el de diseñar una máquina que trabaje con la utilización de energía alternativa, el cual en un proceso pueda rallar y en el otro exprimir la yuca rallada con el fin de aumentar la producción y disminuir el esfuerzo humano, que sea de fácil mantenimiento, transporte, operatividad, ergonómica y costos no muy elevados, ya que éste es para poblaciones donde los recursos son bajos.

## 1.2. OBJETIVO GENERAL

- Diseñar una máquina ralladora y exprimidora de la yuca para la elaboración del casabe.

## 1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar los diferentes tipos de ralladoras y exprimidoras existentes en el mercado.
- Diseñar y/o seleccionar cada uno de los equipos principales que conforman el diseño de la máquina ralladora-exprimidora.
- Estudiar los diferentes tipos de esfuerzos a los que están sometidos las diferentes partes de la máquina.
- Especificar las partes del equipo que conforman la máquina.
- Investigar las normas sanitarias básicas de trabajo con alimentos y verificar que estas se cumplan en las localidades donde se trabaja con el producto.
- Estudiar la factibilidad económica de construir los diversos componentes de la máquina.
- Elaborar los manuales de operación y mantenimiento de la máquina.
- Establecer un plan de operación y mantenimiento de la máquina.
- Diseñar una máquina ralladora y exprimidora de la yuca para la elaboración del casabe.

#### **1.4. LIMITACIONES**

El trabajo que se presenta abarca cálculos, selección de elementos y planos detallados, no incluyen los procesos de fabricación de las piezas que conforman la máquina ralladora-exprimidora de yuca.

Una vez definido el planteamiento, los objetivos y las limitaciones del problema, es de vital importancia conocer los aspectos teóricos que los rodean. El desarrollo de un marco teórico que muestre y explique el funcionamiento del proceso de elaboración del casabe y todo lo que involucra este proceso es importante para solventar el problema planteado.

## **CAPITULO II**

### ***2. MARCO TEÓRICO***

En la realización de algún trabajo, es de vital importancia, conocer los antecedentes de este, destacando sus orígenes, su descripción, su proceso actual de creación, su funcionamiento y los equipos o partes que lo conforman.

#### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

En Venezuela la elaboración del casabe se realiza de forma artesanal, llevado a cabo en pequeñas comunidades y en pequeñas industrias, las cuales poseen una gran cantidad de personal para realizar la tarea que es en forma manual. Con la finalidad de mejorar y optimizar la elaboración de este producto algunas empresas se han abocado en tiempo y recursos para el diseño de sistemas que rallen y expriman la yuca amarga, con el propósito de ofrecer un producto de calidad que sea capaz de cumplir con las condiciones y exigencias del mercado nacional.

##### **2.1.1. HISTORIA DE LA YUCA**

###### **2.1.1.1. ORIGEN**

La yuca es originaria de América tropical, antes de 1600. El valor de la yuca como alimento, fue reconocido por los primeros visitantes europeos a la América tropical, quienes primero la llevaron a la región cercana al Congo y posteriormente al Oeste y Sur de África durante el siglo XVI. Luego se extendió hacia Zaire, Angola, etc. Más tarde fue introducida a las islas Océano Indico, a la India y a otras regiones del Lejano Este. Hoy día, la yuca está extendida en casi toda la región tropical del mundo.

La voz yuca, es de origen taíno, un vocablo caribe que aún se habla en Brasil y fue citada por Américo Vespucio en 1497. El tupí manioca y las voces usuales tapioca, mañoco y yucuta al parecer son derivados de la gramatical de la voz yuca.

A la yuca, se le conoce por diferentes nombres en español (guacamote, mandioca, tapioca). En francés, como manioc, en inglés cassava y en holandés cassave. Estos dos últimos vocablos parecen originarse del término cazabe (casabe), el producto de la yuca más difundida en la costa norte de Suramérica (Venezuela, Suriname, Brasil) y en las Antillas (Santa Lucía, República Dominicana, Haití).

La yuca se siembra hoy en 92 países donde alimenta a más de 500 millones de personas. La yuca (*Manihot esculenta crantz*) es una especie de raíces amiláceas que se cultivan en los trópicos y subtrópicos, a pesar de que es uno de los cultivos alimenticios más importantes de los países tropicales, fuera de ellos es muy poco conocida.

### 2.1.1.2. EL CULTIVO DE LA YUCA EN VENEZUELA.

Los estados más importantes en cuanto al volumen de la producción son Monagas, Apure, Portuguesa, Zulia y Barinas. Por área geográfica de concentración, la región oriental es la más importante del país. La yuca constituye el principal sistema de producción del renglón raíces y tubérculos en Venezuela. Los requerimientos anuales de productos alimenticios per cápita se ubican, aproximadamente en 300 kg de farináceos (cereales y/o raíces y tubérculos equivalentes). De esta categoría de alimentos, el país requiere anualmente 6,6 millones de toneladas, de los cuales se producen 2 millones y se importa aproximadamente otro tanto (Montilla, 1998).

Es razonable asumir que la yuca puede llegar a aportar 10% de los requerimientos calóricos de la población venezolana, unas 270 kilocalorías/persona/día, equivalentes a 100 kg/persona/año de yuca fresca. Esta cantidad se distribuiría en consumo directo y en forma de casabe, almidón y moñoco. Para la primera década del siglo 21, cuando el país cuente con 30 millones de habitantes, se requerirán 3 millones de toneladas de yuca.

### 2.1.1.3. PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO DE LA YUCA.

**Tabla #1. Producción y Rendimiento de la Yuca.**

	<b>Producción (t)</b>	<b>Rendimiento (kg/ha)</b>
<b>Mundo</b>	171.517.343	10.229
<b>Nigeria</b>	32.697.000	10.644
<b>Brasil</b>	22.960.118	13.453
<b>Tailandia</b>	18.508.568	16.301
<b>Rep. Dem. Congo</b>	15.959.000	7.785
<b>Indonesia</b>	15.421.885	12.795
<b>Ghana</b>	7.845.440	12.070
<b>Tanzania</b>	7.181.500	10.259
<b>Venezuela</b>	587.656	12.159

Fuente: Países seleccionados (2000). FAO, 2001.

La producción de yuca en Venezuela ha aumentado en los últimos años y alguna influencia ha tenido sobre la misma la instalación de plantas procesadoras. Aún persisten problemas tecnológicos por resolver para incrementar los rendimientos y extraer la totalidad de los tubérculos.

**Tabla #2. Producción y rendimiento de yuca en Venezuela (toneladas).  
(1992-2001)**

	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01*
<b>Producción (t)</b>	327.504	320.180	284.984	299.233	336.342	408.992	487.685	593.996	570.564	605.537
<b>Rendimiento (kg/ha)</b>	8.502	13.383	10.829	9.938	10.483	10.360	11.290	13.324	12.564	12.762

Fuente: MAC, 1992-1997; MPC, 1998-2000, MAT 2001  
\* cifras sujetas a revisión

Una agroindustria familiar importante en Venezuela es la producción de casabe. En particular en los estados orientales (Miranda, Anzoátegui y Monagas) existen cientos de pequeñas industrias de éste tipo que generan varios miles de empleos. En 1997 la elaboración de casabe alcanzó 21.855 toneladas con un valor de 150.590.000 Bs. (constantes de 1984) equivalente al 0,8% del valor de la producción agrícola nacional.

**Tabla #3. Principales estados productores de yuca en Venezuela (toneladas).  
(1992-2001)**

	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01*
<b>Zulia</b>	51.638	41.807	34.591	33.120	37.850	73.560	59.984	68.432	70.320	52.930
<b>Miranda</b>	21.976	17.685	13.161	23.744	22.383	54.163	50.088	59.555	62.838	59.385
<b>Monagas</b>	43.562	38.362	30.362	36.355	46.500	52.000	60.000	59.400	32.945	40.620
<b>Bolívar</b>	50.064	45.241	48.160	26.352	21.010	25.600	82.368	122.340	109.900	105.480
<b>Cojedes</b>	21.969	23.330	22.997	21.159	15.191	14.876	13.321	16.220	13.897	15.982
<b>Anzoátegui</b>	30.355	36.719	36.231	10.660	19.515	9.937	10.020	13.278	17.049	9.128
<b>Apure</b>	11.277	11.261	9.947	33.900	44.000	27.000	48.000	37.504	31.405	28.344
<b>Barinas</b>	14.843	12.626	13.319	23.381	23.402	39.114	41.944	69.253	76.684	120.407

Fuente: MAC, 1992-1997; MPC, 1998-2000, MAT 2001  
\* cifras sujetas a revisión.

Una limitación a la extensión industrial de este cultivo lo constituyen sus bajos rendimientos y la sobrevaluación de la moneda que no permiten el acceso al mercado internacional del almidón a precios competitivos. Tailandia, con rendimientos medios superiores a 14 toneladas incursiona con éxito en ese mercado. En Venezuela existen registros locales de 35.000 t por hectárea, pero hasta la fecha ha sido posible mejorar sólo los valores medios en el Edo. Zulia, 1999.

**Tabla #4. Rendimientos de yuca por entidad federal en Venezuela (kg./ha).  
(1992-2001)**

	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01*
<b>Zulia</b>	9.243	12.943	9.736	9.701	10.558	12.000	11.997	19.419	17.794	16.981
<b>Miranda</b>	11.573	15.000	10.147	10.270	11.426	13.007	12.000	14.200	14.011	14.200
<b>Monagas</b>	10.357	14.687	10.568	10.387	10.814	10.400	12.000	12.000	12.002	12.000
<b>Bolívar</b>	9.489	14.897	14.415	10.800	10.863	12.549	12.000	15.037	11.330	12.082
<b>Cojedes</b>	7.432	12.707	11.385	7.782	7.802	8.076	7.000	7.052	7.369	6.204
<b>Anzoátegui</b>	7.583	14.770	13.247	10.789	8.210	7.344	12.000	13.521	12.995	12.608
<b>Apure</b>	6.814	10.954	8.795	9.536	10.014	5.555	12.000	10.966	10.856	13.044
<b>Barinas</b>	8.269	11.324	10.864	10.775	10.513	12.006	12.005	12.364	12.435	13.734

Fuente: MAC, 1992-1997; MPC, 1998-2000, MAT 2001

\* cifras sujetas a revisión

#### 2.1.1.4. ADAPTACIÓN DE LA PLANTA.

La yuca se adapta bien a diversas condiciones de humedad y vegeta tanto en regiones con 2000 mm de precipitación anual como en zonas de escasa pluviosidad. Se comporta bien a intervalos de temperatura desde los 15 hasta los 30 °C.

La yuca es de gran adaptabilidad a diferentes tipos de suelos: franco, franco-limosos, franco-arenosos, porosos con buena capacidad de retención de humedad. El pH oscila entre 6 y 7, y sobre todo deben ser suelos profundos. No se debe sembrar en suelos excesivamente pesados o en aquellos que tengan un nivel freático muy superficial.

Estas condiciones ambientales óptimas para el cultivo de la yuca se dan en otras regiones del país. Otros autores han considerado que las condiciones agroecológicas más adecuadas para originarse la domesticación de la yuca están dadas en zonas con periodos de sequía entre 2,5 a 5 meses o entre 5 y 7 meses, excluyéndose las regiones con menos de 2,5 meses y más de siete meses de sequía.

### **2.1.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PLANTA**

La yuca (*Manihot esculenta crantz*), es una planta que pertenece a la familia de las Euphorbiaceae. Es un arbusto de unos 2-3 metros de altura. Las hojas anchas y palmeadas tienen corrientemente de 5 a 7 lóbulos.

Las raíces irradian desde el tallo hacia la parte interna del suelo y su número por planta varía según la variedad o las condiciones agroecológicas del sitio del cultivo. Por lo general el peso de la raíz varía de 3 a 7 kg por planta.

La forma en la cual se siembra esta planta, es utilizando los tallos de antiguas matas ya cortadas, se rebana en trozos de 20 a 25 cm. de largo cada una, y que tengan de 3 a 5 yemas (nódulos) por estaca. En áreas donde existe una estación seca bastante marcada, la preparación de la tierra es necesario realizarla después que han caído algunas lluvias, ya que de lo contrario el suelo se representará muy duro, impidiendo una buena preparación. En plantaciones comerciales, debe prepararse el suelo como si fuese a sembrar maíz; el campo debe ser arado hasta una profundidad de 25 cm. y luego rastreado, hasta presentar un óptimo estado para la siembra. En suelos pesados, áreas húmedas y vegas de río, es necesario sembrar en camellones y hacer canales de drenaje de unos 15 cm. de profundidad, para proporcionar una salida al exceso de agua que pudiera existir.

La cosecha se realiza de 7 a 12 meses, según sean variedades tempranas o tardías, pudiendo dejarse cierto tiempo, sin cosechar, ya que en tierra es donde mejor conserva. En grandes cultivos se pasa el arado de vertedera entre las hileras para aflojar la tierra. El rendimiento promedio nacional es de 2.290 kg/Ha. viajando por regiones entre 10.000 y 15.000 kg.

La yuca, es una planta que extrae grandes cantidades de nutrientes de los suelos, agotándolos rápidamente y disminuyendo su potencial productivo. Algunos autores sostienen que el abonamiento en yuca es una técnica necesaria para la obtención de buenas cosechas, ya que esta planta responde muy bien a la fertilización, llegándose en muchos casos a obtener hasta más del doble de los rendimientos promedio registrados actualmente. En tal sentido, es recomendable aplicar al suelo ciertas dosis de fertilizantes, con el objeto de compensar pérdidas y restablecer el nivel nutricional adecuado para un buen desarrollo vegetativo. Se ha podido notar que, por tradición, la mayor parte de los productores de yuca no acostumbran fertilizar o si lo hacen, no aplican abono al momento restablecer la plantación, sino dos o tres meses después de la siembra. Esto ocasiona una disminución en la eficiencia del aprovechamiento del fertilizante por la planta.

En aquellas regiones yuqueras del país, que poseen suelos de baja fertilidad nativa, como es el caso de los llanos orientales, este es, sin lugar a dudas, uno de los factores responsables de los bajos rendimientos de raíces.

En suelos de Sabana (ácidos) se recomienda aplicar una tonelada de Cal y 400 kg por hectárea de fórmula 12-12-6 y en suelos francos arenosos las aplicaciones 12-24-12 (400 kg. por hectárea).

### 2.1.3 ESTRUCTURA DE LA RAÍZ

La *figura #1* muestra un corte transversal de la raíz de yuca, allí se señalan las siguientes partes: la piel, la región cambial, la central o xilema y la médula y protoxilema. La piel está formada por una parte exterior y otra interior. La primera está constituida por una capa de células suberosas y el felógeno. La capa suberosa de color oscuro es denominada corcho. La parte interior de la piel contiene el felodermo y el floema. Esta parte es denominada corteza. Por debajo de la corteza se encuentra toda la parte aprovechable de la raíz, es decir las reservas de almidones (Grace, 1977:3).

En general la piel es la parte de la raíz que es eliminada parcialmente para la elaboración del casabe. Si se deja la parte interior de la piel eliminando el corcho solamente, el casabe obtenido es de color amarillo oscuro. La piel representa el 15% de la raíz y tiene un espesor cercano a los 1,5 mm.

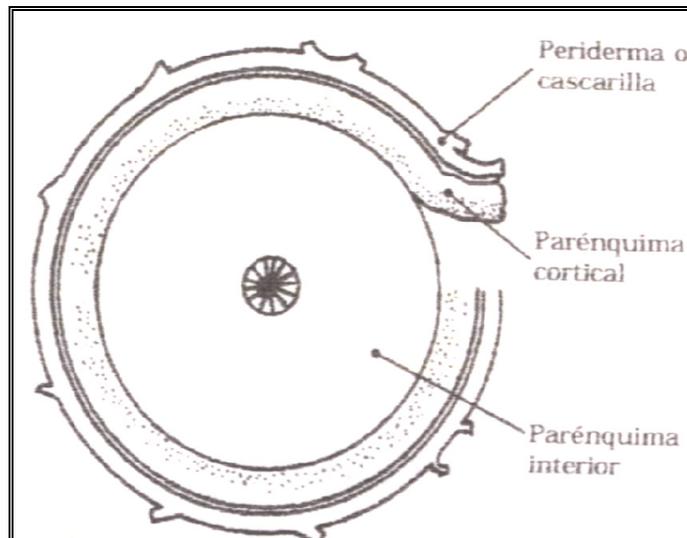


Figura #1. Estructura de la Yuca Amarga.  
(Fuente: Fundación CIEPE)

#### 2.1.4. VARIEDADES.

A pesar de que la yuca es un cultivo extendido en varias regiones del mundo y existen muchas variedades, se conoce poco de su nomenclatura e identificación. alguna de las variedades se diferencia entre sí por características morfológicas tales como, color de tallos y hojas, pecíolos, hojas y tubérculos, y aún en muchos casos una misma variedad se diferencia con distintos nombres. Esta permanente confusión ha dado pie para que algunos investigadores se hayan dedicado a clasificar clones con peculiaridades fenotípicas y genotípicas bien definidas. En ese sentido, el Instituto de Agronomía de la *Universidad Central de Venezuela*, se trazó como meta organizar un banco de Germoplasma de todos los clones de valor comercial cultivado en el país y otras regiones del mundo. A cada clon se le especificó su descripción botánica, agronomía y su composición en cuanto a carbohidratos, proteínas, extracto etéreo y ácido cianhídrico.

De ese trabajo se ha podido encontrar que los clones 2402; 2384; 2156; 2436; 2385; 2428 y 2441 presentan un contenido de materia seca y rendimiento excelente (Montaldo et al, 1980). La *figura #2* muestra la variación en tamaño y forma de alguna variedad de yuca encontrada en el Estado Anzoátegui.



Figura #2. Yuca Amarga (*Manihot esculenta crantz*).  
(Fuente: Los Autores)

Para la elaboración del casabe cualquier variedad de yuca puede ser utilizada. En todo caso, lo importante debe ser el rendimiento por hectárea y el contenido de materia seca. Esta información está registrada en instituciones como el Instituto de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela o cualquier estación experimental del Fondo Nacional de Investigaciones Agronómicas y Pecuarias (FONAIAP).

#### **2.1.4.1. VARIEDADES DE YUCA CULTIVADA EN EL ESTADO ANZOÁTEGUI.**

- Variedad “*Palo Parao*”, se siembran en asociación con topochos y cambures, en suelos pantanosos y arcillosos
- Variedad “*Querepa*”, sembradas en tierras arenosas, en asociación con fríjol.
- Variedad “*Parileña*”, sembrada en sabanas de tierras arenosa.
- Variedad “*Cabiche Macho*”, se siembran en asociación con topochos y cambures, en suelos pantanosos y arcillosos.
- Variedad “*Guacamaya*”, se siembran en asociación con topochos y cambures, en suelos pantanosos y arcillosos.
- Variedad “*Morada*”, se siembran en suelos arenosos, altamente ácidos en asociación con fríjol.

### 2.1.5 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA YUCA.

La composición química de la yuca mostrada en la *tabla #5* señala que es un tubérculo de alto nivel calórico, por su alto contenido de almidones y un bajo nivel de proteínas. El casabe tiene una composición similar a la de la yuca cuando se les compara en base seca. La estabilidad del casabe durante el almacenamiento depende en gran parte de su composición química, ya que si tuviera alto nivel de proteínas no se le podría conservar fácilmente por prolongados periodos. La yuca es un tubérculo rico en vitamina C y calcio, pero muy pobre en otras vitaminas y minerales (*tabla # 6*). La poca proteína que contiene, posee diferencia en aminoácidos esenciales (*tabla #7*). Los principales aminoácidos que han sido reportados son ácidos glutamínicos, ornitina, alaminasa, ácidos aspártico, lisina, arginina y pequeñas cantidades de cistina, metionina y triptófano. Sin embargo, las hojas de la yuca poseen alto contenido de proteínas (17,5% para las variedades UCV 2284, 2437 y 2078).

El contenido de aminoácidos de la proteína foliar de las variedades mostradas en la *tabla #8* es comparable con los patrones de la FAO, a pesar de que los niveles de metionina son deficientes.

**Tabla # 5. Composición química de la yuca y casabe por cada 100 gramos.**

<b>Componente</b>	<b>Unidades</b>	<b>Yuca Fresca</b>	<b>Casabe</b>
<b>Energía</b>	kcal.	148,00	343,00
<b>Humedad</b>	gr.	61,60	12,50
<b>Proteínas</b>	gr.	1,10	1,30
<b>Grasas</b>	gr.	0,20	0,60
<b>Carbohidratos</b>	gr.	35,50	83,00
<b>Fibra cruda</b>	gr.	1,00	1,7
<b>Cenizas</b>	gr.	0,6	0,9

Fuente: (INN): tabla de composición de alimentos del Instituto nacional de Nutrición Caracas- Venezuela.

Tabla #6. Composición de vitaminas y minerales de la yuca fresca

<b>Componentes</b>	<b>Unidades</b>	<b>Composición Por Cada 100 Gramos</b>
<b>Calcio</b>	mg	29
<b>Fósforo</b>	mg	53
<b>Hierro</b>	mg	0,70
<b>Vitamina A</b>	IU	Trazas
<b>Tiamina B1</b>	mg	0,06
<b>Riboflavina</b>	mg	0,03
<b>Niacina</b>	mg	0,60
<b>Vitamina C</b>	mg	35,00

Fuente: (INN): tabla de composición de alimentos del Instituto nacional de Nutrición Caracas- Venezuela.

Tabla # 7. Contenido de aminoácido en raíces de yuca fresca

<b>Aminoácidos</b>	<b>Composición mg/100 gr. de Raíces</b>
<b>Isoleucina</b>	40
<b>Leucina</b>	54
<b>Lisina</b>	87
<b>Fenilalamina</b>	32
<b>Tirosina</b>	10
<b>Treonina</b>	36
<b>Valina</b>	42
<b>Arginina</b>	52
<b>Histidina</b>	22

Fuente: Lancaster et al (1982) Economic Botany 36(1), 12-45.

Tabla #8. Perfil de Aminoácidos de Proteína Foliar de Cuatro Variedades de Yuca  
Composición en gr. /16 gr. De Nitrógeno.

<b>Aminoácidos</b>	<b>UCV2365</b>	<b>UCV2284</b>	<b>UCV2437</b>	<b>UCV2078</b>	<b>FAO</b>
<b>Fenilalamina</b>	3,2	2,6	2,9	4,8	2,8
<b>Isoleucina</b>	3,7	2,0	2,6	4,0	4,2
<b>Leucina</b>	6,6	4,1	4,8	7,9	4,8
<b>Lisina</b>	3,0	2,6	3,0	2,4	4,2
<b>Metionina</b>	0,8	0,7	0,8	1,2	2,2
<b>Valina</b>	3,4	2,3	3,2	5,2	4,2

Fuente: Montaldo A Montilla T; Escobar I., Montilla J.J., Vargas S. (1980). El follaje de yuca como fuente potencial de proteínas. Seminario Nacional de yuca. Maracay-Venezuela.

El jugo lácteo contiene un aceite esencial (0.13%), saponin (1.14%), los glucósidos y tintes, el aceite esencial que contiene el azufre en la combinación orgánica. Por 100 g las hojas se informan contener 60 calorías, 81.0 g H<sub>2</sub>O, 6.9 mg de proteína, 1.3 mg que engordan, 9.2 mg el hidrato de carbono total, 2.1 mg de fibra, 1.6 mg de ceniza, 144 mg Ca, 68 mg P, 2.8 mg Fe, 4 mg Na, 409 mg K, 8,280 gr, el equivalente del caroteno, 0.16 tiamina del mg, 0.32 riboflavina del mg, 1.80 mg de niacina, y 82 mg de ácido ascórbico. Por 100 g, la raíz se informa contener 135 calorías, 65.5 g H<sub>2</sub>O, 1.0 g de proteína, 0.2 mg que engordan, 32.4 g el hidrato de carbono total, 1.0 g de fibra, 0.9 g de ceniza, 26 mg Ca, 32 mg P, 0.9 mg Fe, 2 mg Na, 394 mg K, 0.05 mg de tiamina, 0.6 mg de niacina, y 34 mg de ácido ascórbico.

### 2.1.6. TOXICIDAD

Por lo general los clones de contenido cianogénico equivalente a más de 50 ppm de ácido cianhídrico son considerados como amargos y no deberían ser utilizados para consumo doméstico. El contenido de ácido cianhídrico de estos clones está relacionado con la presencia en la raíz de un glucósido denominado Linamarina que cuando se hidroliza por la acción de otra sustancia denominado *Linamarasa* produce el ácido en cuestión (Cooke, 1978). Se ha considerado que todo el cianuro en la yuca se encuentra en forma de tres compuestos: un glucósido cianogénico (Linamarina) y *Lotaustralina* los cuales después de estar en contacto con la *Linamarasa* produce una *Cianohidrina* en los tejidos dañados. Este último compuesto se disocia en ácido cianhídrico y acetona *figura #3*. En general, el cianuro libre (ácido cianhídrico) presente en la yuca puede ser eliminado fácilmente por calentamiento. Sin embargo, gran parte del cianuro combinado (glucósido cianogénico) queda siempre retenido en productos como yuca cocida, harina de yuca, etc. y su cantidad depende del tipo de procesamiento empleado. El cianuro sólo se elimina totalmente cuando la yuca pasa por un proceso de trituración y hace que las células vegetales se desintegren y la *Linamarasa* se pone en contacto íntimo con la Linamarina. Esto último suele ocurrir cuando se procesa yuca para obtener productos como almidón, mañoco, casabe, gari, etc.

El riesgo de intoxicación por consumo de Yuca Amarga en forma de casabe o mañoco es remoto, ya que los aborígenes combinaron la técnica de trituración o rallado con la extracción del ácido cianhídrico libre, lo cual a través de la cocción se volatiliza con suma facilidad. Creemos que la combinación de estas tres técnicas rallado, exprimidos y cocción, fue importante en el desarrollo del casabe, sin embargo fue el sebucán o el tipiti, la invención clave que hizo el posible resurgimiento del casabe en virtud de que a través de la extracción o exprimidos, se remueve en gran medida el ácido cianhídrico libre y parte del que pudiera quedar combinado en la yuca rallada.

La *Figura #4* muestra el color que presenta el yare después de extraído en el proceso de elaboración del casabe.

El sebucán o tipiti es utilizado hoy día por los indígenas de Venezuela, Brasil, Suriname, etc.

La incidencia en algunas regiones del mundo de enfermedades como neuropatía atáxica, bocio y cretinismo, ha sido atribuida al consumo excesivo de yuca en la alimentación, principalmente en grupos humanos de poca disponibilidad de proteínas ricas en aminoácidos sulfurados. Algunos investigadores, han asociado estas enfermedades con el consumo excesivo de yuca cocida en virtud de que han reportado la presencia de este glucósido aún después de la cocción, sin embargo, el contenido residual de este glucósido en el casabe o en el mañoco es realmente insignificante por cuanto al procesamiento de la raíz (rallado y cocción) produce su eliminación total.

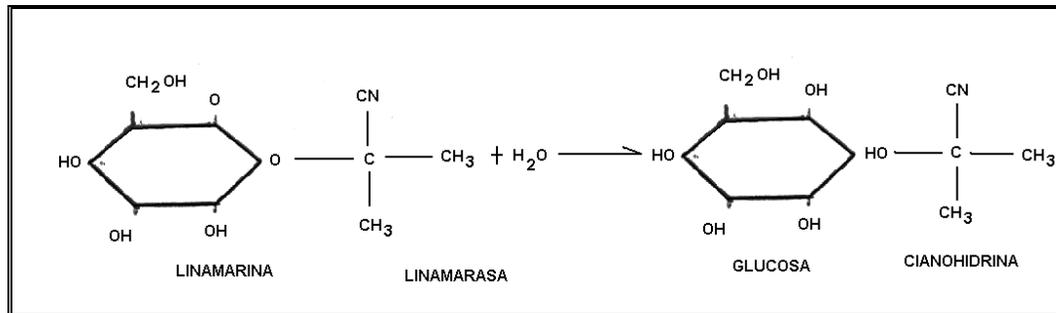
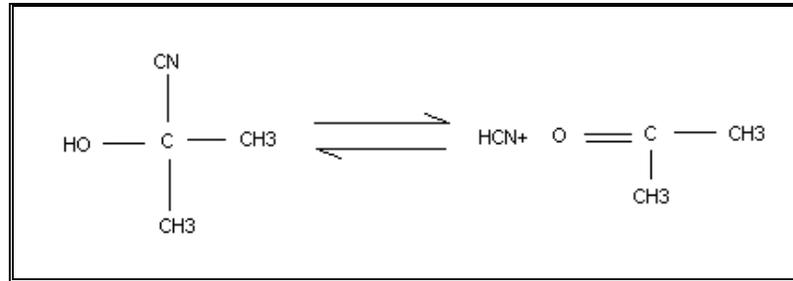


Figura #3 La degradación enzimática de la Linamarina.

Fuente: (Cooke 1978)



Figura #4. Yare extraído del proceso rallado de la yuca amarga  
(Fuente: Los Autores)

## 2.2. EL CASABE

La elaboración del casabe es una de las técnicas alimentarias más antiguas del continente americano. La permanencia de este proceso en la zona nororiental de Venezuela, guarda relación con la hipótesis de saber cuando sostiene que la yuca es de origen Orinoco-amazónica. El proceso de elaboración del casabe es muy laborioso y requiere abundante mano de obra. Para elaborar casabe, la yuca tiene que ser raspada, rallada, luego prensada para extraer la parte tóxica de la raíz, Tamizada y finalmente cocida y secada al sol.

Esta técnica muy posiblemente pasó por diferentes etapas de desarrollo desde el período Meso-indio al Meso-hispano, hasta alcanzar el nivel actualmente conocido. Probablemente, los aborígenes encontraron varias dificultades en el desarrollo de este proceso.

En un principio, para la elaboración de casabe, la yuca era muy posiblemente triturada sobre piedra, prensada a mano y cocida sobre budares de piedra. El uso de instrumentos de piedra por parte de nuestros aborígenes ha sido estudiado por antropólogos quienes han encontrado en diversos hallazgos arqueológicos, artefactos líticos diversos que dan evidencia de que fueron posiblemente utilizados para cortar sólidos (Sanoja). En particular los Cumanagotos elaboraban hachas de piedra y lo utilizaban como artículo importante de comercialización (Civrieux, 1980:169). Además, se conocería del uso de instrumentos de piedra para triturar maíz, los cuales fueron muy posiblemente utilizados por nuestros antepasados.

Una de las técnicas tánicas de rallados de yuca consistió en el uso de piedras cubiertas con piel de tiburón, que al parecer dejaban una harina muy fina para la elaboración de un producto conocido como jaujau. Este mismo procedimiento siguió siendo utilizado hasta el siglo XIX en Cuba y el producto era conocido con el nombre de casabe de levisa (Sturtevant, 1969:178). En el oriente de Venezuela, aún se elabora un casabe conocido con el nombre de jaujau, muy delgado, frágil y muy solicitado. Según Alvarado (1953) "el jaujau es un casabe de flor muy blanco y tierno". Rallos

de piedra fueron igualmente utilizados por los aborígenes para procesar tubérculos como yuca y guáyiga (*Zamia intergrifolia*) en República Dominicana.

Muy posiblemente el rallo de piedra fue también utilizado en Venezuela por los indígenas de la Mesa de Guanipa (De Lima 1982). Estos rallos eran construidos de rocas de dimensiones 100 x 80 x 70 cm. aproximadamente que al parecer por la acción de rallado iban desarrollando una concavidad muy similar a las piedras de moler maíz, igualmente utilizados por nuestros aborígenes. El uso de este instrumento como rallo se evidenciaría por presentar en una superficie cóncava dos surcos separados por un camellón, al parecer formado por la acción del rallado manual. Aún hoy el rallado manual de yuca se efectúa sosteniendo en cada mano una raíz en posición vertical frotándola perpendicularmente a la superficie de rallado en movimientos de vaivén de manera continua.

La presencia del budare o burén en diversos hallazgos arqueológicos ha ayudado a muchos investigadores a precisar el origen de la yuca y su uso en el desarrollo de productos parecidos al casabe. Sin embargo, este artefacto no es de uso exclusivo para la yuca sino que ha sido utilizado igualmente en la elaboración de tortillas, arepas, etc., productos alimenticios de otro cultivo como el maíz (*Zea mays*), guáyiga (*Zamia intergrifolia*), etc. Su diseño (diámetro, forma de los bordes, etc.) varía de un lugar a otro y presenta dificultad al relacionarlo con un cultivo en particular. Cabe suponer que aquellas comunidades donde prevaleció la cultura del maíz se utilizarán indistintamente cualquier tamaño de budare en la cocción de alimentos para el consumo familiar. Sin embargo, las regiones de Venezuela y en otros países donde ha prevalecido la cultura del casabe han habido la tendencia a emplear budares de gran tamaño (70-90 cm. de diámetro) construidos de arcilla. Esta última tendencia muy probablemente apareció con el desarrollo del fogón de arcilla traído al continente por los europeos.

El uso del budare de arcilla en el proceso de elaboración del casabe apareció muy probablemente en el período Meso-indio en virtud de que los hallazgos arqueológicos en la costa norte de Colombia, por Richel Dolmatoff citado por Montaldo et al

(1973), señalan budares en la fase Malambo de una antigüedad de 1120 años A.C. Rouse y Crucent han hecho excavaciones en el sitio de “Rancho Peludo” en la costa norte-oeste del lago de Maracaibo (Venezuela) y se han encontrado budares que datan de 2700 años A.C. Hallazgos arqueológicos de Campoma (Venezuela), dan evidencia de budare de arcilla con edades de 1000-1500 a. C. Sin embargo no sabemos si eso budares fueron instintivamente utilizados para la cocción del casabe o tortillas de maíz.

En el bajo Orinoco la primera evidencia sobre el uso del budare en el proceso de elaboración de casabe aparece a comienzos del primer milenio antes de Cristo asociada con la tradición Barrancas, y en el Orinoco medio, alrededor de 600 años A.C. La presencia del budare de arcilla en varios hallazgos arqueológicos al parecer ha estado vinculada con el inicio de las técnicas de elaboración de casabe. Sin embargo, ésta pudo haberse originado mucho antes en virtud de que las piedras planas han sido utilizadas como budares tal como lo son hoy día en algunas comunidades del territorio Amazonas.

La vegetación existente en el área de influencia de los aborígenes vinculados en la cultura del casabe, contribuyó en gran parte al desarrollo de la técnica del casabe, fue así como apareció el uso de algunas plantas autóctonas como en mamure (*Anthurium flexuosum*), el Camuare o albarico (*Desmoncus sp.*), etc., para la elaboración de instrumentos como el sebucán (tipiti), manare y la guapa. El Camuare es una Palma trepadora que abunda en las selvas de Guayana en el bajo Orinoco y sus tallos suministran fibras flexibles y plegables todavía hoy utilizadas por los indígenas en la fabricación de artículos de cestería. Según Schnee (1973) el Camuare es diferente al abarico ya que primero debería de ser *Desmoncus multijugus* y el segundo *Desmoncus macrocanthus* o *Desmococcus horridus*. Algunos campesinos que elaboran artículos de cestería en el estado Anzoátegui y Monagas conocen como Camuare a la palmera *Desmoncus horridus*. El sebucán es uno de los instrumentos utilizados para el proceso de exprimido de líquido que contiene la masa húmeda de yuca ya rallada. Algunos etnólogos han vinculado el uso de sebucán con el de la Yuca Amarga y Schwerin (1970), ha señalado que no debería existir tal confusión por cuanto el

sebacán se utiliza exclusivamente con un artefacto de prensado, bien sea para la elaboración de mañoco o casabe con yuca dulce o amarga.

Otros artefactos vegetales, no menos importantes, fueron el manare (cernidor, tamiz) y la guapa (bandeja), de gran utilidad hoy en día en el procesamiento del casabe. El dominio en la construcción de canoas a partir del jabillo (*Hura crepitans*) y otras plantas como el caro (*Enterolobium cyclocarpum*) fue también aprovechada por los indígenas para la fabricación de bateas o canoas pequeñas, utensilios destinados al proceso de elaboración de casabe. Estas han servido para almacenar catebía, descartar yare para la obtención de almidón, lavar la yuca y fermentar el mañoco (Civrieux, 1974).

Otras plantas de gran utilidad han sido la Caña Brava (*Gynerium saggitatum*) utilizada para la elaboración de mara o cestas para transportar y/o almacenar yuca fresca; el totumo (*Crescenta cujete*) del cual se aprovecha el fruto para la elaboración de recipientes empleados para dosificar la catebía durante la elaboración del casabe, y las hojas del bijao (*Heliconia bihai*) y el bejuco pariche (*Cydista aequinoctialis*) han servido de gran utilidad para la preparación de bultos o cargas de casabe destinadas a la comercialización.

Otros de los grandes aportes de nuestros aborígenes a la técnica del casabe fue la construcción de los rallos de madera y piedras consistentes en pedazos de madera plana con múltiples incrustaciones de pequeñas piedras puntiagudas formando una superficie abrasiva rugosa cortante. Morey et al (1980) sostiene que los Sálivas, tribu ubicada en las riberas del río Meta (Colombia y Venezuela) construían estos rallos de madera y los comercializaban como otros grupos étnicos. A pesar de la penetración cultural moderna que ha llegado a la región del Amazonas a través de misioneros religiosos, los Piaroas siguen aún utilizando rallos de madera en el proceso de elaboración de casabe, pero elaborados con incrustaciones de láminas puntiagudas de hojalata sobre la madera.

Según algunos hallazgos arqueológicos el rallo de yuca fabricado a base de piedra y madera también fue utilizado por los indígenas de las Antillas (República

Dominicana, Puerto Rico, Cuba, Dominica). Esto reúne más evidencia de la relación de la cultura de las Antillas con la tierra firme, especialmente la de Amazonas.

El instrumental de fabricación del casabe ha de sufrir igualmente innovaciones desde la aparición del conquistador en el continente Americano. El material de construcción de algunos artefactos usados en el proceso fue cambiado de acuerdo a la utilización del casabe como alimento para las actividades de conquista. Según el Fray Bartolomé de las Casas, citado por Sturtevant (1969: 181), los españoles en las Antillas inmediatamente adoptaron la yuca como un sustituto del trigo y antes de 1550 habían introducido la prensa de tornillo como un sistema más eficiente que el sebucán. Además para 1648, ya en Brasil se había introducido el rallo circular giratorio de impulsión manual. Rallos similares fueron igualmente introducidos en las Antillas.

La técnica del casabe aparece también en las Antillas, especialmente en Santo Domingo (República Dominicana), donde se utiliza una cesta alargada de un (1) metro de largo y cinco (5) centímetros de diámetro tejida de las hojas de la palmera cana (género *Sabal*) parecida a la carata (*Sabal mauritiaeformis*) pero de hojas más pequeñas. Cestas similares denominadas maletas eran elaboradas a partir del Camuare por los campesinos de Aragüita, Estado Anzoátegui. Este artefacto usado para exprimir la parte jugosa de la Yuca amarga, en República Dominicana, se utiliza también para extraer la parte jugosa de una raíz rica en almidón denominadas guáyiga (*Zamia intergrifolia*). La raíz de esta planta es altamente tóxica y para hacerla comestible en los aborígenes dominicanos desarrollaron un procedimiento, muy similar al del casabe, de lavado, rallado y fermentado. Para estos fines apareció el rallo de piedra como invención clave.

El producto elaborado a partir de la guáyiga es denominado chola y se expende actualmente en algunas regiones de la República Dominicana. Una planta similar a la guáyiga, conocida como acesiva (*Zamia muricata*) está distribuida en el estado Falcón, Yaracuy y Carabobo (Venezuela), y no se tiene información de haber sido procesada para consumo humano; sin embargo si fuera lavada varias veces y luego tostada desaparecería su toxicidad (Alvarado, 1953: 16, Vol.1).

## **2.2.1 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL CASABE.**

La calidad del casabe varía de una región a otra y de un productor a otro, en una misma región. No existen criterios unificados en su calidad y cada grupo o región lo elabora, dependiendo de una tradición.

En relación con el casabe se ha creado un mito de su valor como alimento, que ha sido algunas veces desestimado en relación con otros alimentos feculentos, por el bajo valor proteico y debido a las propiedades tóxicas de las raíces de donde proviene. La realidad es que la dosis letal mínima de la sustancia tóxica por vía oral para el envenenamiento agudo de un adulto es de 3 mg/kg de peso corporal. Para que un consumidor de casabe tenga problemas de toxicidad aguda, deberá consumir una cantidad equivalente a tres veces su peso corporal (Silva, 1995), lo que indica que una persona adulta de 70 kg deberá comer 210 kg de casabe.

### **2.2.1.1. FRAGILIDAD**

La humedad se considera el factor clave en esta característica, así con un valor superior a 50% de la catebía, se obtiene un producto muy duro y de poca fragilidad, y con un valor cercano a 45%, se obtiene un producto de textura blanca y de mucha fragilidad.

### **2.2.1.2 DURABILIDAD**

Dado el procedimiento de secado de la torta a las temperaturas mencionadas anteriormente y al valor del porcentaje de humedad del producto final, el casabe puede ser conservado por un largo período (más de un año) sin descomponerse.

### **2.2.1.3 FORTALEZAS NUTRICIONALES**

#### **➤ Energía y proteínas**

El casabe es considerado como un alimento energético, debido a su alto contenido de almidón (83%) expresado en términos de carbohidratos totales; su nivel de energía es 343 kcal. /100 g y es bajo en proteínas (1,3%). Dado su sabor neutro tolera la

incorporación de otros ingredientes en su elaboración, como vitaminas y minerales esenciales, harina de ajonjolí, maní o soya, los cuales no solamente modifican sus bondades organolépticas sino que mejoran sus atributos nutricionales (Carrizales, 1991).

➤ **Vitaminas y minerales**

De los requerimientos mínimos diarios el casabe puede aportar 23,32% de tiamina (vitamina B1) y 30,92% de niacina. De acuerdo con los criterios establecidos para otros alimentos, el casabe posee una relación ideal calcio / fósforo. El contenido de calcio es alto comparado con el pan blanco, la harina de trigo, el arroz, las hojuelas de maíz y el maíz procesado. Su contenido de hierro es más alto que otros productos alimenticios como la harina de trigo, hojuelas de maíz, harina de arroz y harina de maíz precocida (INN, 1983).

➤ **Fibra dietaria**

La fibra dietaria del casabe consiste de una fracción insoluble (36%), principalmente constituida de polímeros de glucosa (celulosa) y lignina (30%) y de una fracción soluble de 42%, que consiste en calcio poliurónico. La fracción insoluble es muy estable al calor.

Algunas pruebas epidemiológicas indican que el mayor consumo de fibra puede contribuir a reducir la incidencia de ciertas enfermedades como la diabetes, las afecciones coronarias, el cáncer del colon y distintos trastornos digestivos. La fibra parece actuar como un cedazo molecular, bloqueando agentes cancerígenos, que de lo contrario seguirían circulando por el organismo. También absorbe agua, por lo cual contribuye a la formación de deposiciones blandas y voluminosas (FAO, 1991).

#### **2.2.1.4. DIVERSIDAD DE PRODUCTOS PARA EL CONSUMIDOR**

De la actividad procesadora en la elaboración del casabe del "yare", denominado en el oriente del país como "catara", puede obtenerse almidón en forma artesanal por decantación y el agua puede utilizarse para hacer vinagre. El líquido del yare puede utilizarse para la preparación de la bebida kumache, que contiene además sal y ají.

Especialmente en los estados Bolívar y Amazonas se han obtenido, mediante la incorporación de diferentes elementos saborizantes, diversos tipos de productos.

##### **2.2.1.4.1. Variedades de Casabe.**

###### **➤ Casabe salado**

Se prepara añadiendo 0,5% de sal a la harina húmeda antes de hornear. También puede añadirse ají picante a la harina salada antes de hornear.

###### **➤ Casabe con maní**

Este tipo de pasa palo se obtiene añadiendo maní tostado a la harina salada antes de hornear. Normalmente se le agrega 10% de maní.

###### **➤ Casabe dulce o jaujau**

Se prepara agregando azúcar blanca o morena a la harina en el budare, durante el proceso de doración del primer lado. El contenido de azúcar debe ser de 100 mg/kg de pulpa húmeda.

###### **➤ Casabe Chorriao**

Después de hacer la torta de casabe se prepara una mezcla de almidón con leche y azúcar hasta que dé el punto. Luego se chorrea la torta con esta mezcla en el budare, se deja reposar y se pica para guardar o almacenar.

➤ **Casabe con dulce**

Se elabora colocando entre dos tapas de casabe una capa de melado de caña con anís y jengibre, para darle sabor.

➤ **Naiboa**

Se prepara añadiendo azúcar cruda mezclada o papelón con queso blanco. En algunas localidades también se le agrega anís.

➤ **Turrón de casabe**

Al casabe se le añade azúcar cruda o blanca, pulpa de frutas o sabor artificial de frutas.

➤ **Gofio cumanés**

El casabe se pone en remojo, se le desmenuza y agrega en un recipiente que contenga azúcar y luego se compacta. Actualmente se oferta con sabores de coco, guayaba y piña.

#### **2.2.1.4.2. BEBIDAS FERMENTADAS.**

La yuca no sólo sirvió a nuestros aborígenes para la elaboración de casabe, sino que se utilizó para la producción de bebidas fermentadas, relegada a la desaparición por fenómenos de aculturación. Las bebidas fermentadas fueron conocidas por Cristóbal Colón desde su llegada a costas venezolanas y ha dejado testimonio de ellos. Cuando fueron recibidos por los indígenas estos le ofrecieron bebidas fermentadas similares al vino.

Civrieux (1974) ha señalado que los Makiritares preparaban una bebida denominada kuschí, obtenida en su fase inicial por la masticación de la yuca para acelerar los procesos de sacarificación de almidones y en particular la fermentación. El cachiri es otra de las bebidas fermentadas de yuca elaborada por ciertos grupos indígenas de Amazonas y el estado Bolívar (Venezuela).

Hoy día, los Yabarana preparan el cachiri utilizando yuca, batata (*Ipomea batata*) y otras raíces conocidas en agua. Se amasa con las manos y luego se deja en ollas de barro (Wilbert, 1966: 133).

Otras tribus del continente sudamericano mantienen hoy rasgos culturales similares a los indígenas del Amazonas. En particular los Oayanas o Waiyanas en hacerla del sur de Suriname, la antigua Guayana holandesa, descendientes de caribes, viven en la caza de la pesca y de la agricultura muy rudimentaria poco productiva, cultivan la yuca y elaboran el casabe como base alimentación y preparan el cachiri como bebida típica. La preparación del cachiri no es muy diferente a la de las tribus de Amazonas.

Algunos habitantes de Agüasay (Venezuela) cuentan que hace apenas treinta y cinco años (35), en celebraciones especiales, la gente acostumbraba a preparar un producto fermentado de la yuca denominada carato de yuca, elaborado a partir de una mezcla de casabe tostado y batata (*Ipomea batata*), colocado dentro de un recipiente de calabaza (*Curcubita moschata*) para que fermente durante tres o cuatro días. El kuschi, bebida de los Makiritares tiene gran similitud al carato de yuca preparado por los descendientes de los caribes de la región central de Anzoátegui.

El procedimiento indígena de preparar bebidas a partir de la yuca señalada por Fernández de Oviedo, podría ser considerado de avanzado nivel de desarrollo en virtud de que implican una técnica de producción de enzimas sacrificantes a partir de cultivos superficiales de cepas silvestres de hongos, cuando el casabe húmedo se dejaba enmohecer. Hoy día, esta tecnología no sólo es aplicada para la obtención industrial de enzimas (Carrizales, 1981) sino también para enriquecer proteínicamente a la yuca (Carrizales, 1981; Carrizales y Marcano, 1981; Raimbault y Alazard, 1980; Senez, 1979; Staton y Wallbridge, 1969). Es lamentable la extinción gradual de casi todos los recursos desarrollados por nuestros aborígenes. El cachiri pudiera ser una bebida típica de uso extendido en Venezuela.

Otras bebidas fermentadas elaborada por los grupos indígenas de Venezuela, similares al cachirí, fueron conocidas como bureche, paya, yarakí, yaraque, curía, capino y macato. En particular la paya se elabora a partir de casabe enmohecido (Alvarado, 1953) y es muy similar al beiju producido semicomercialmente por los indígenas del estado de Maranhão, Brasil. Cuando el beiju es destilado se obtiene el tiquira que no debe ser confundido con el tequila (Park et al, 1982).

#### ➤ **Parakari**

El Parakari es elaborado con hojas de yuca tostadas que se colocan entre dos tortas de casabe que se cubren con hojas de plátano, para obtener después de cinco días una masa suave que se disuelve en agua y se fermenta durante tres días.

#### **2.2.1.4.3. ALIMENTOS FERMENTADOS.**

En algunas de las regiones del África, hoy día, utilizan la yuca para preparar gari, un alimento muy parecido al mañoco, pero obtenido por fermentación de la masa resultante del prensado de yare. La masa de yuca rallada y prensada se deja fermentar, se le hace una cocción parcial para dextrinizar los almidones y luego se le seca y almacena para su posterior consumo. Durante la fermentación de la masa a temperatura ambiente, una bacteria (*Corynebacterium manihot*) ataca al almidón produciendo ácidos orgánicos, y unos hongos (*Geotricum candidum*) le produce el aroma característico al gari (Grace, 1977; Lancaster et al, 1982).

En algunas regiones de Colombia la yuca se utiliza para elaborar almidón, la cual es fermentada a través de un proceso tradicional de técnica simple para la obtención del llamado almidón agrio utilizado en la elaboración del "pan de yuca" (Cárdenas y Bucle, 1980). En este proceso de fermentación intervienen los microorganismos *Lactobacillus céreus*, *Sacharomyces* sp. Y *Geotricum candidum*.

#### **2.2.1.4.4. ALIMENTOS NO FERMENTADOS.**

Otro de los procesos ligados al procesamiento del casabe es el obtenido a partir de yare, comúnmente denominado catara por los indios Piaroa del territorio Amazonas. La catara es una salsa espesa lograda por cocción de yare. En algunos países del área del Caribe y también en Brasil este producto es elaborado con la adición de especias incluyendo ajíes picantes y se le conoce con el nombre de cassaripo o tucupay (Grace, 1977; Lancaster et al, 1982; Sanoja, 1981: 141).

Además del casabe, en Venezuela han quedado otros productos alimenticios derivados del casabe y/o la yuca. Hoy día, en el oriente de Venezuela, se elabora la Naiboa, una torta de doble capa de casabe, pequeña, rellena con miel de turrón de melaza. Este producto debe haber sido desarrollado en la época de la colonia después de la introducción al país de la caña de azúcar. De igual manera se prepara el papo e'vieja consistente en una pasta húmeda elaborada con harina cruda de casabe (catebía), clavos, canela y meladura de caña cocida en un budare y envuelta en hojas de cambur.

El gofio de casabe es un producto que es elaborado a partir de la harina de casabe, jarabe azucarado, y sabores artificiales de guayaba, piña, naranja, etc. Es típico de Cumaná Venezuela.

Otro alimento similar al casabe es el Mañoco o fariña que consiste en una harina tostada de yuca rallada. Para su elaboración, la harina cruda cocida como catebía en la preparación de casabe, es cocida sobre un budare caliente. Para evitar su aglomeración y quemados durante la cocción, la harina debe ser agitada continuamente. Cuando la catebía utilizada para la elaboración del mañoco se le deja almacenada por más de 24 horas, se acidifica parcialmente por la acción fermentativa de microorganismos naturales. De esta forma el mañoco adquiere buenas propiedades de conservación, sabor y aroma muy similares al gari.

El chorriao es otro producto endulzado que se prepara a partir del casabe. Su preparación consiste en rociar con almidón azucarado al casabe previamente elaborado.

Hoy día diversas artesanías rurales son utilizadas por algunos pueblos del mundo para la elaboración de alimentos a partir de la yuca. Sin embargo por razones de dependencia cultural, no han tenido suficiente difusión o persistencia en los países de origen y han quedado sumidas en la marginalidad.

### **2.2.2. MEJORAMIENTO NUTRICIONAL DEL CASABE**

El enriquecimiento proteico del casabe no está descartado si se toma en consideración que existe hoy día fuentes vegetales de proteínas que pudieran ser utilizadas para lograr éstos objetivos. En particular, está planteado que su nivel proteínico sea elevado, por lo menos al 10%, sin que ello vaya en detrimento de su calidad organoléptica. Intentos de mejorar el nivel proteínico del casabe están siendo realizados en el Instituto Nacional de Nutrición (INN).

Sin embargo, estas investigaciones no han sido hasta ahora reportadas. En República Dominicana el casabe está siendo enriquecido con harina de maní, para este caso en particular a la catebía se le incorpora sal común y maní molido en proporciones tales que se mantenga la fracturabilidad original, la incorporación del maní fue hecha para mejorar su aceptabilidad y no con fines nutricionales, al igual se hace con sabor a ajo. Estas variaciones han hecho que su demanda se haya incrementado, por cuanto estos nuevos productos han sido diseñados de una manera empírica, al parecer aún persisten problemas de estabilidad ya que poseen ingredientes grasos y proteínicos, en ese sentido es urgente realizar estudios más detallados para que estos nuevos alimentos no desaparezcan y por el contrario contribuyan a incrementar el consumo del casabe.

### 2.2.3. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL CASABE

#### 2.2.3.1. RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA

Una vez efectuada la cosecha, los campesinos trasladan los sacos de yuca hasta el sitio donde se va a realizar el casabe y los amontonan en pilas para el día siguiente comenzar con la elaboración del casabe, este tipo de trabajo es realizado por los hombres de la comunidad.

#### 2.2.3.2. RASPADO

Los operarios proceden a realizar esta labor que consiste en eliminar el felodermis; que es la parte coloreada de la corteza, ya que si eliminan toda la corteza pierden mucho almidón, esta labor es realizada con machetes y/o cuchillos afilados y además es realizada por jóvenes y niños. El raspado se hace con movimientos de arriba hacia abajo, apoyando la cacha del machete del piso o la cacha del cuchillo de la pierna para hacer palanca y tratar de eliminar toda esta corteza de manera de eliminar todas las impurezas para que esta quede limpia ya que esto influye en la calidad del producto final. Como se muestra en la figura #5.



Figura #5 Raspado de yuca amarga.

(Fuente: Los Autores)

### 2.2.3.3. LAVADO

Esta fase se realiza después del raspado, para eliminar todo el sucio de la pulpa que quedó adherido en el proceso de raspado, para que el proceso sea lo más higiénico posible. En las poblaciones costeras suele realizarse este procedimiento con agua de mar, es decir salada para que éste le dé cierto gusto al producto final.

### 2.2.3.4. RALLADO

Después de ser lavadas las yucas, éstas son transportadas a la canoa (figura #6) donde se va a realizar el proceso de rallado, con una madera de apoyo y un rallo casero improvisado con una hoja de lata de aproximadamente 36 X 44 (cm.) (Ver figura #7) y perforada con clavos cubriendo aproximadamente 5 perforaciones de 0.415 cm. de diámetro por cada centímetro cuadrado, se procede a rallar en éste utilizando ambas manos para agilizar el proceso, la yuca ya rallada (catebía húmeda) se va acumulando en la canoa (figura #8) y el yare se va escurriendo ya que esta canoa tiene cierto grado de inclinación y al final de ésta un orificio por donde sale este líquido que puede ser utilizado para otros fines.



Figura #6. Canoa de madera

(Fuente: Los Autores)



Figura #7. Ralladores. (Fuente: Los Autores)



Figura #8. Canoa Metálica (Fuente: Los Autores)

En la actualidad muchas regiones del país usan para la trituración molinos llamados cigüeñas (figura #9), una pequeña máquina integrada por dos partes principales: una que efectúa la operación de rallado o molienda mediante una chapa de hojalata cribada con agujeros de bordes cortantes, revestida ésta alrededor de un cilindro de 15 cm. de diámetro y 40 cm. de longitud y atravesado por el centro longitudinalmente por un eje metálico; la otra es un motor de gasolina o eléctrico que proporciona la energía mecánica necesaria para accionar toda la unidad. El eje del motor está conectado al eje de hierro del cilindro de trituración por medio de una

polea. Una cigüeña puede alcanzar capacidad de rallado por el orden de 1,7 toneladas por hora.

Existen cigüeñas instaladas en vehículos automotores que aprovechan la potencia generada por el mismo motor. Estas cigüeñas resultan muy prácticas porque se puede trasladar a los pequeños centros de producción de casabe, realizando la operación a un costo relativamente reducido.

El uso de la cigüeña está generalizado dondequiera que exista producción comercial de casabe. Cuando los productores no la poseen, tienen la posibilidad de alquilarla (Arismendi, 1982).



Figura #9. Cigüeña (Fuente: Los Autores)

### **2.2.3.5. EXPRIMIDO O PRENSADO**

Este es uno de los procesos más importante ya que si el líquido no es extraído correctamente podría causar algún efecto dañino a la salud.

Dicha operación consiste en reducir mediante una acción de prensado, el alto contenido de humedad de la pulpa de yuca triturada. La masa semi sólida obtenida en la catebía; el líquido extraído es el yare. El yare es un zumo de color amarillo pálido que además de ser tóxico en solución, contiene almidón en suspensión. En algunas regiones campesinas por falta de conocimiento por parte de los productores de casabe, el yare es arrojado en patios y quebradas, incorporándolo de esta forma como un residuo altamente contaminante a las corrientes de agua dulce y afectándose sin lugar a dudas, las posibilidades de vida de la fauna acuática. En otras zonas, el yare es sometido a un proceso de decantación para recuperar el almidón, y luego la parte libre de almidón es arrojada a los patios, causando igualmente problemas de contaminación al medio ambiente.

Tradicionalmente, la extracción del yare se realiza con prensas construidas por los campesinos. Las técnicas de prensa utilizada se han venido modificando con ellas. Actualmente los métodos difieren de acuerdo con la tradición de las regiones y con las influencias recibidas.

Después de este proceso, la masa compacta (bollo de masa) se desmenuza con la mano para luego realizar el paso siguiente que es el tamizado. Este procedimiento es realizado estrictamente por los hombres, ya que se necesita la aplicación de fuerza o peso para poder extraer el yare.

A continuación se describen algunas técnicas de prensado:

**2.2.3.5.1. Sebucán (tipiti):** Este instrumento tradicional es el utilizado por nuestros aborígenes para la obtención del casabe y mañoco. El mismo consiste en una cesta alargada en forma de manga cilíndrica y diámetro variable que cuando se llena de yuca rallada y se le aplica fuerza de estiramiento en sentido contrario en sus extremos, desarrolla una presión radial y longitudinal que hacen posible la extracción del jugo de la yuca y la obtención de una masa cilíndrica compactada semi seca denominada catebía. Figura #10.



Figura #10. Sebucán (Fuente: Los Autores)

**2.2.3.5.2. Gato Hidráulico:** Es una técnica utilizada en la operación de prensado en algunas casaberas de diferentes localidades del país. Consiste en aplicar la presión necesaria sobre sacos de pulpa triturada usando la fuerza generada por un gato hidráulico. La yuca rallada se dispone en sacos de fibra de sisal de 30-45 kg aproximadamente, que luego son colocados horizontalmente supuestos (entre tablones de 40x 100 cm. de ancho). Posteriormente en la parte central del tablón superior se coloca el gato hidráulico. En la parte superior inmediata el gato hidráulico, se escoge un punto de apoyo debajo del travesaño. (Urbaez, 1979).

**2.2.3.5.3. Prensa de Tornillo:** Es otra de las técnicas que se usa en algunos centros de producción de casabe en la operación de prensado, la *figura #11* muestra una prensa de tornillo utilizada para la extracción del fluido tóxico que contiene la yuca amarga.

Este tipo de prensa está integrada por una armadura o estructura metálica, que lleva instalado uno o varios tornillos de un (1) metro de longitud y dos (2) pulgadas de diámetro, cuyo desplazamiento vertical es utilizado como fuente de energía para el prensado. Este sistema de prensado es utilizado algunas veces en casaberas que operan con altas producciones (20-30 cuentas de casabe / día). Estas prensas son operadas por cuatro hombres a fin de garantizar presiones elevadas sobre la yuca rallada. Su uso prolongado presenta algunas veces ruptura a los sacos de sisal o fibras de plástico ya que las presiones aplicadas son muy elevadas.



Figura #11. Prensa de tornillo (Fuente: Los Autores)

**2.2.3.5.4. Prensa de palanca:** La prensa de palanca es una pinza formada por dos largas vigas, una de ellas a ras del suelo y la otra libre a la altura aproximada de una persona, amarradas en vértice en una de las puntas a manera de una tenaza cascanueces. La carga en forma de sacos de sisal bien cerrados repletos de pasta de yuca es colocada entre dos tablas cerca del vértice de la gran pinza. Haciendo presión hacia abajo con el extremo libre de la viga elevada, en operación del cierre de la tenaza, se logra aplastar el saco y presionar hasta extraer el zumo, el yare, de la pasta. La presión sobre brazo móvil de la tenaza ejercida inicialmente por el peso humano, es mantenida por más tiempo mediante una cuerda tirante enrollada en un cilindro de trinquete tensado progresivamente a medida que la pasta del saco va perdiendo líquido. La colocación creciente de pesos en esa punta de la tenaza, como una carga de catapulta, es una variante de esta presión gradual usada en otras regiones (Arias, 1982). Este sistema de prensado es utilizado en la Paragua, Estado Bolívar y en Aragüitas, Estado Anzoátegui.

El sistema de prensado comúnmente utilizado en Sabana de Uchire (Estado Anzoátegui); consisten en dos (2) palancas separadas por una distancia de 1,5 m aproximadamente que ejercen presión simultánea a la misma carga, formada por sacos de pasta de yuca colocados horizontalmente entre dos (2) rejillas de madera. Ambas palancas se hacen actuar sobre la rejilla superior mediante la acción de cierre de brazo móvil y la base fija del sistema que está unida a la rejilla inferior. Para mantener la presión es necesario unir brazo y base con un mecate.

En Monción (Republica Dominicana), se utiliza también el prensado de palanca, colocando sobre un saco lleno de yuca rallada en forma horizontal, un tablón y sobre éste un tronco o listón que ejerce la función del brazo de la palanca. Ésta en uno de sus extremos lleva colocada piedras de distintos tamaños que ejercen la presión necesaria para el prensado.

**2.2.3.5.5. Prensado Por Torsión:** Este sistema es utilizado en algunas casabera de Camaguán (Estado Guarico) consiste en el empleo de chinchorros donde una vez colocada en su cavidad la masa rallada, se tuerce girando con movimiento circular en un solo sentido, hasta lograr la extracción de una buena parte del líquido tóxico de la yuca. Al parecer este sistema de prensado es usado solamente en Camaguán, ya que no se ha tenido conocimiento de su existencia en otras regiones.

#### **2.2.3.6. TAMIZADO O CERNIDO**

Para este proceso se utiliza el manare, el cual es realizado con el mismo material con el cual se hace el sebucán, el cual consiste en una malla fina sujeta a unas tablas formando un rectángulo, ésta se coloca encima de un cajón de madera que va a ser receptor de la harina ya cernida o tamizada, sin impurezas.

La parte que pasa por el tamiz es la que va a ser utilizada para la cocción de la torta de casabe, mientras la parte que queda el cual es denominado nepe o capino, es cocida después de hacer el casabe y es utilizado como alimento para animales. Este

proceso es realizado por las mujeres o niños, ya que no requiere un gran esfuerzo a pesar de que este proceso no se realiza de manera cómoda o ergonómica.

### 2.2.3.7. LA COCCIÓN

Este paso básicamente es realizado por las mujeres con una gran experiencia en esta fase del proceso son conocidas como tendedoras. Para cocinar el casabe, se cuenta con un horno hecho de barro y madera, y se cocina en budares, el combustible a utilizar es madera seca, se enciende y éste rápidamente alcanza altas temperaturas. Para tomar la medida estas tendedoras toman una totuma, la cual es pesada antes (300 gr.) y después de ser llenada con la harina de yuca, 1.250 kg. La harina se echa en el centro de la plancha metálica y se esparce hasta darle la forma redonda de la torta, haciéndole la orilla con un peto de tortuga esto para facilitar voltear la torta la cual tiene una característica de 86 cm. de diámetro y un espesor de 0.6 cm.

### 2.2.3.8. SECADO AL SOL

Este proceso se hace en trojas de alambre o telas metálicas (figura #12), en el cual su tiempo de exposición depende de las condiciones climáticas, ya que si el día es lo bastante soleado dicho proceso es rápido, es decir que el mismo se hace en ambientes abiertos.



*Figura #12. Trojas (Fuente: Los Autores)*

#### **2.2.4. RENDIMIENTO DEL CASABE.**

El rendimiento promedio obtenido en las casaberas corrientes es el siguiente: a partir de 100 kg. de raíces frescas se obtienen 84 kg. de raíces limpias, de estas 45 kg. de masa cernida, 2,2 kg. de nepe y al final 29 kg. de casabe elaborado (Montilla, 1996). Por lo general se necesitan, en promedio, 5 kg. de yuca fresca para producir una torta de casabe de 1,5 kg. Una torta barloventeña se hace con 0,5- 1,0 kg. de raíz de yuca rallada, por lo que se estima que se requiere de 1,5 a 3,0 kg. de yuca fresca (González y col., 1974).

Las unidades de procesamiento utilizan entre 300 y 1.800 kg. de raíces de yuca por día, siendo alrededor de 500 kg./día la cifra de mayor frecuencia (González y col., 1974) y también se indican valores de producción de 100 a 200 kg/día, dependiendo de las localidades, sean rurales o urbanas (Carrizales, 1997).

La producción promedio de tortas / día está alrededor de 140 (González y col., 1974). En la zona norte del Estado Anzoátegui, generalmente elaboran un promedio de 80 tortas / día, mientras que los productores de la zona oeste y suroeste producen alrededor de 120 tortas / día, y en la zona sur elaboran 150 tortas / día (Hernández, 1992). Se estima que en el Estado Anzoátegui existen 95 casaberas, con una utilización promedio de 125.000 kg. de raíces de yuca y un promedio de 25.000 tortas de casabe al año (Cermeño, 1995).

### 2.3. PERFIL DE COSTOS

La materia prima en raíces de yuca constituye 62,80% de los costos en la elaboración del producto para una casabera tradicional. En la tabla #9 se evidencia la importancia económica de cada concepto.

**Tabla #9. Perfil de costos de producción de una casabería tradicional.**

<b>Concepto</b>	<b>Costo (%)</b>
<b>Materia prima</b>	62,80
<b>Mano de obra</b>	26,54
<b>Servicios</b>	4,55
<b>Depreciación</b>	0,88
<b>Costos administrativos</b>	3,17
<b>Costos financieros</b>	2,06

(Fuente: Montaldo 1980)

## 2.4. ERGONOMÍA.

### 2.4.1. FUERZA EJERCIDA POR EL SER HUMANO CON LOS PIES.

Según las normas de diseño y los manuales de ergonomía (MAPFRE), los pedales operados con el pie suelen implicar un movimiento de tobillo que debe limitarse a un arco de menos de  $25^\circ$ . La fuerza máxima aplicada desde una posición de pie puede estar entre 90 y 900 N, también dependiendo de la frecuencia de operación y del tiempo de retención. Si se usa la pierna para aplicar presión, el diagrama de la *figura #13* nos sirve como guía.

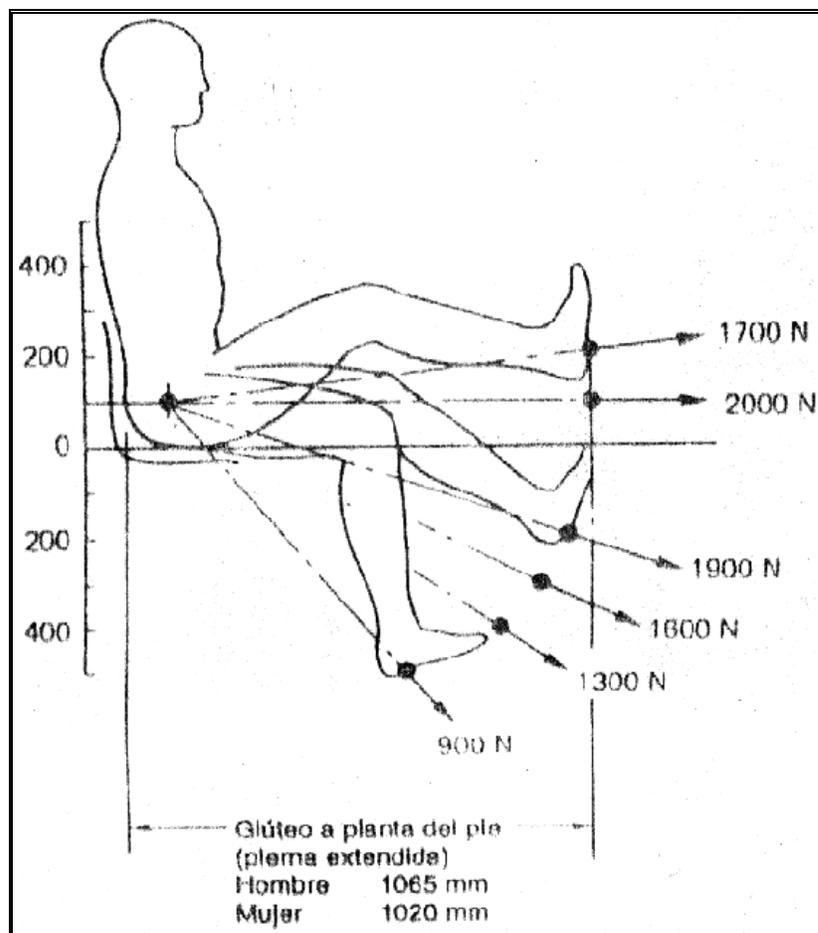


Figura. #13. Fuerza de movimiento de las piernas. (Basado en información de Vademécum Ergonomics in Industry, Philips Technical Library).

(Fuente: Manual MAPFRE de ergonomía).

### 2.4.2. PLANOS DE TRABAJO.

Los planos de trabajo contienen los elementos que naturalmente utiliza el trabajador por contacto directo (manos, pies) o visual (visualizadores). En principio, se podría decir que el plano de trabajo, coincide con el plano de la mesa de trabajo, pero hay que añadir las dimensiones de los objetos o dispositivos que deben utilizarse. Por eso es conveniente conocer las dimensiones de las piezas que se van a procesar en cada tarea.

Otro aspecto es el tipo de trabajo a realizar. La minuciosidad y precisión requiere un plano de trabajo más próximo a los ojos.

➤ Plano de trabajo en posición de pie.

Los datos antropométricos proporcionan directamente la altura del plano de trabajo en posición de pie, según el criterio que aplica el esquema de Grandjean. Ver Figura #14.

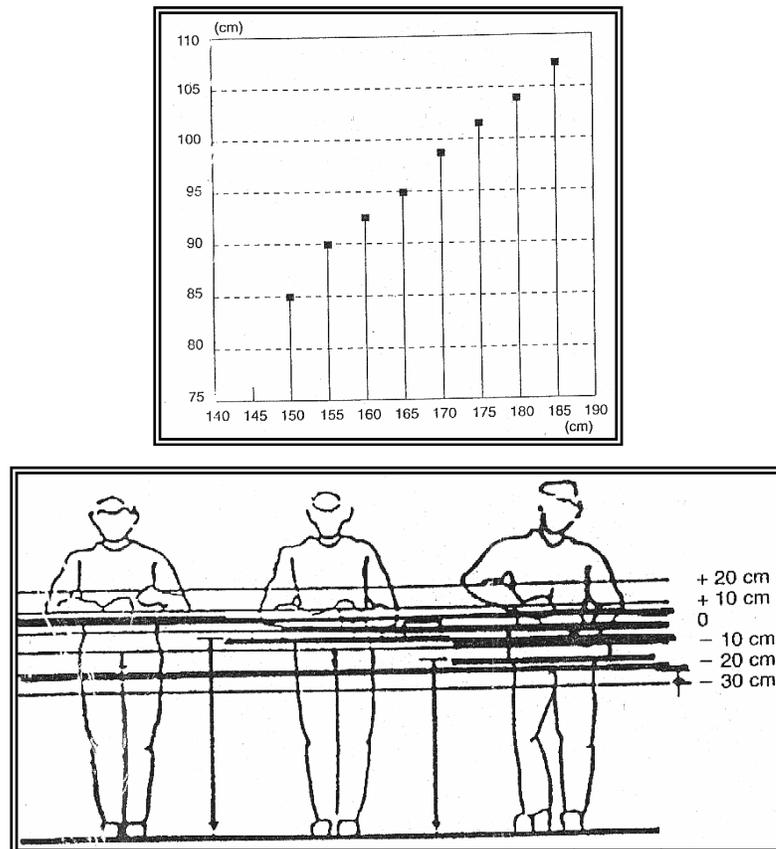


Figura #14. Esquema de Grandjean. (Fuente: Manual MAPFRE de ergonomía).

## 2.5. PRODUCTOS PARCIALMENTE DESHIDRATADOS.

Es importante resaltar que existen normas de alimentos (Codex Stan para la harina de yuca comestible 176-1989) el cual nos indica que la harina de yuca debe de presentar cierto porcentaje de humedad (13%) para su consumo, de aquí la necesidad de conocer los diferentes procedimientos de medida del porcentaje de humedad.

*Los productos deshidratados*, son aquellos materiales que en su forma natural tienen un bajo contenido de humedad o en las cuales, por procesamientos industriales, se le ha reducido la humedad a un nivel que impida o retarde los procesos de deterioro: descomposición, fermentación, contaminación microbiológica, etc.

**Humedad:** Es la pérdida en masa de una muestra de material bajo ensayo, sometido a un procedimiento de desecamiento por calor. Dicha masa comprende el agua y también las sustancias volátiles a la temperatura a que se efectúa la determinación.

## 2.6. OBJETIVO DE UN ANÁLISIS DE HUMEDAD

El componente más abundante y el único que casi siempre está presente en los alimentos, es el agua. Ocasionalmente, un alimento como por ejemplo el aceite, puede ser totalmente seco. Los tejidos vegetales y animales contienen agua en abundancia. En las hojas de los vegetales verdes existe 90% o más de agua, en la carne sometida a cocimiento durante el cual se pierde cierta cantidad de agua contiene entre 60% y 65%.

En algunos alimentos, la determinación de humedad es relativamente simple; la muestra pesada se calienta en un horno hasta una temperatura constante. Muchos alimentos se descomponen si son calentados a 100°C en estos casos, es necesario recurrir a estufas con vacío. Aquellos alimentos que contienen compuestos volátiles además del agua, deben de ser tratados de manera diferente. De allí que el término

"porcentaje de humedad" no tiene significado alguno hasta que se establezca el método adecuado para la determinación de la humedad del producto dado.

## **2.7. MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD EN LOS ALIMENTOS:**

**2.7.1. Método de Desecación en Estufa:** Es la pérdida de peso que sufre una muestra por acción de la temperatura. Se basa en la determinación de la pérdida de peso que sufre una muestra cuando se somete a una temperatura y tiempo adecuado al tipo de muestra. Los materiales que se utilizan son: la estufa, una balanza analítica, una cápsula de Petri, y un desecador. Para los cálculos por este método se utiliza la diferencia de pesada (antes y después debe secar en estufa), de la cantidad de humedad, en todo caso, ésta debe expresarse como porcentaje. Aplicando la ecuación #1 siguiente, se obtiene directamente porcentaje de humedad en la muestra.

$$\%Humedad = \frac{(PA - PD)}{PM} \times 100 \dots\dots\dots (2.7.1.1).$$

Donde: PA= Peso de la muestra antes de desecar.

PD= Peso de la muestra después de desecar.

PM= Cantidad demuestra.

**2.7.2. Método de Desecación en Estufa con Vacío:** En aquellos productos alimenticios que en su composición contengan sustancias que se pudiesen desdoblarse por el efecto del calor o con productos volátiles, no se debe determinar su humedad con altas temperaturas, ya que estos cambios o volatilizaciones alterarían los verdaderos resultados. En base a los principios que rigen los gases, la relación entre la presión y la temperatura son directamente proporcionales, de allí que al disminuir la presión, la temperatura necesaria para producir la ebullición del agua, será igualmente menor. Los materiales necesarios para realizar éste método son: una estufa con vacío, una balanza analítica, una cápsula de Petri, un desecado. Para determinar porcentaje por este método se utiliza la ecuación #2.7.1.1.

**Tabla #10. El siguiente cuadro muestra relación entre el tipo de producto, temperatura, tiempo y vacío para la determinación de humedad por el método de la estufa.**

Producto	Estufa			Estufa con vacío			
	Cantidad (g)	temperatura (°C)	tiempo (h)	Cantidad (g)	temperatura (°C)	tiempo (h)	vacío (mmHg)
Azúcar y derivados	5	100	3	2-5	70	2	50
Cacao	2	100	(PC)				
Café				5	98-100	51/2(PC)	25
Carne (1)	5-10	103	2				
Carne	2	135	2	2	90-100	5	100
confites				3-5	70	16	50
Frutas secas				5-10	70	6	100
Gelatina y polvos para postres				2	98-100	5(PC)	25
Grasas y aceites				5	20-25	(PC)	100
granos	5-10	100	3	15	60	3	70
Harinas	2	130	1	2	98-100	5(PC)	25
Leche en polvo				1-1.5	100	5(PC)	100
levadura	2	100	16	2	98-100	5	53
Mantequilla o margarina con sal	1.5-2.5	100	(PC)				
Mantequilla o margarina sin sal	2-6	130	1				
Pastas	2	130	1	2	98-100	(PC)	7
Queso	2-3	100	(PC)	1-2	100	4(PC)	100
Sal	10	250	(PC)				

Fuente: De Rodríguez Beatriz. "Análisis de alimentos" Tomo I. PC: Peso Constante.

(1) Condiciones Especiales (A.O.A.C.).

**2.7.3. Método de Dsecación con la Balanza de Humedad:** Este método se basa en la determinación del porcentaje de humedad, directamente, mediante el uso de una balanza que tiene comprada una fuente de rayos infrarrojos, lo cual proporciona el calor necesario para desecar la muestra. La técnica incluye la realización de una curva patrón, para cada producto en particular, que permite posteriormente análisis seriados en forma rápida, ya que de ellas se obtiene el tiempo y la temperatura más adecuada para ese producto. El material utilizado para este ensayo en la *Balanza de Humedad Ultra X*.

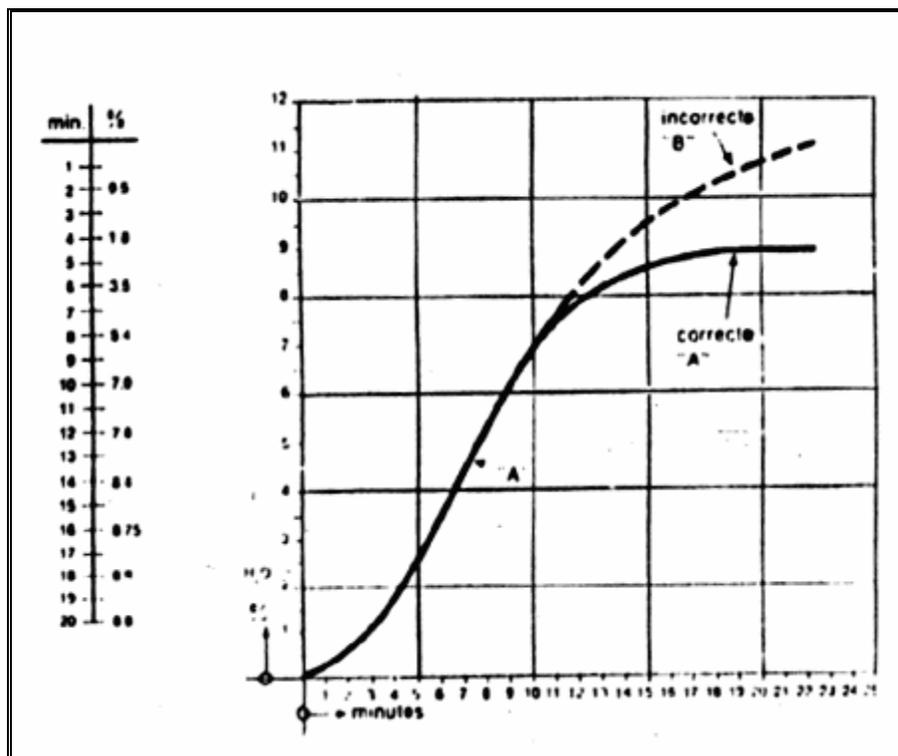


Figura. #15. Curva de Humedad. (Fuente: De Rodríguez Beatriz. "Análisis de alimentos" Tomo I)

Con este método del porcentaje de humedad se lee directamente de la escala correspondiente. La curva "AA" muestra la evaporación como tiene lugar con la mayoría de los productos sometidos a radiación infrarroja, tanto si el período de medición es de (2) dos minutos, como si es de 20 minutos. La curva correcta de evaporación debe ser similar a esta.

Si la curva continúa ascendiendo, como "AB" sólo se trata de una pseudocurva. Este tipo de curva indica que la temperatura de secado es demasiado elevada o que además de humedad, también se evaporan aceites esenciales u otros componentes.

**2.7.4. Método de Desección por Destilación con Tolueno:** El método se basa en la destilación de la muestra común solvente inmisible (tolueno), recogiendo el agua en una trampa graduada que proporciona directamente la cantidad de agua en la muestra tomada. Lo material utilizado en este método son: columna de destilación, trampa de agua calibrada, manta de calentamiento y balón, se utiliza como reactivo el tolueno. Para los cálculos con este método se utiliza la ecuación #2.7.4.1.

$$\%Humedad = \frac{\text{Volumen de agua}(ml)}{\text{cantidad de muestra}(g)} \times 100 \dots\dots\dots (2.7.4.1)$$

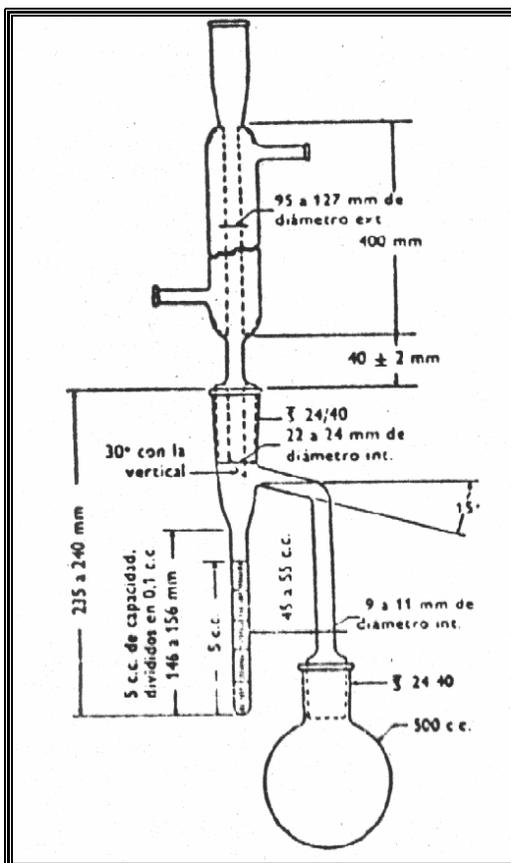
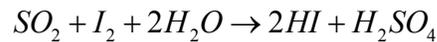


Figura #16. Aparato para determinación de humedad por destilación.

(Fuente: De Rodríguez Beatriz. "Análisis de alimentos" Tomo I)

**2.7.5. Método de Karl Fischer:** Este método se basa en la medición de la cantidad de agua en una muestra mediante la titulación con el reactivo de *Karl Fischer*, que reacciona cuantitativamente con el agua en la muestra y detectando el punto final de esa titulación electroquímicamente con un instrumento adecuado. (Aplicando voltaje constante de corriente continua a un electrodo doble de platino, sumergido en la mezcla de titulación y midiendo el cambio en el flujo de la corriente que atraviesa la solución mientras efectúa la titulación). El reactivo del *Karl Fischer* consiste en una mezcla de yodo, dióxido de azufre, alcohol metílico y piridina, este en presencia de agua, el dióxido de azufre es oxidado por el yodo a trióxido y luego a ácido sulfúrico, de acuerdo a la siguiente reacción:



Para los cálculos el título de la solución de *Karl Fischer* se determina aplicando el valor encontrado para la estandarización del reactivo y el peso de Tartrato en la ecuación #2.7.5.1.

$$\text{Titulo Karl Fischer} = \frac{\text{Tartrato de sodio (mg)} \times 0,1566}{(\text{ml}) \text{usados para titular}} = \frac{(\text{mg})H_2O}{(\text{ml})KF} \dots (2.7.5.1)$$

El porcentaje de humedad en la muestra se tiene aplicando la ecuación #2.7.5.2.

$$\% \text{Humedad} = \frac{200 \times (A - B) \times \text{Titulo KF}}{MP} \dots (2.7.5.2)$$

A: ml. de reactivo para titular la muestra.

B: ml. de reactivo para titular el blanco.

MP: cantidad de muestra pesada (en mg).

Una vez conocido los antecedentes del problema, incluyendo sus orígenes, descripción, el proceso actual de elaboración de casabe en la zona, es necesario determinar o perfeccionar un proceso de diseño, desarrollando cual va a ser la solución más viable para solventar el problema planteado.

## **CAPÍTULO III**

### ***3. MARCO METODOLÓGICO***

Al trabajar en el desarrollo de cualquier diseño, es de vital importancia tener de manera bien definida el problema que se necesita resolver, buscando y evaluando las diferentes alternativas para seleccionar la opción que satisfaga la mayor cantidad de necesidades.

#### **3.1. CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO DE LA MÁQUINA RALLADORA Y EXPRIMIDORA DE YUCA PARA LA ELABORACIÓN DEL CASABE.**

1. Al principio la máquina va a ser utilizada por una población ubicada al Sur del estado Anzoátegui en el Municipio Independencia, ésta debe ser de fácil uso.
2. Es necesario obtener una máquina que permita un mejor proceso de rallado y exprimido de la yuca, debido a los problemas sanitarios que traen los procesos, técnicos, sociales y económicos.
3. Esta máquina debe facilitar el rallado y el exprimido de las diferentes variedades de yuca existentes en la zona, así como las encontradas en cualquier zona del territorio venezolano.
4. Los elementos que componen la máquina deben ser de fácil construcción, económicos, de ensamblaje sencillo y de manufactura venezolana.
5. Esta máquina debe asegurar una mínima pérdida de material al realizar los procesos de rallado y exprimido.
6. La máquina debe ser liviana para su fácil traslado, además de tener un tamaño moderado.

7. La máquina deberá tener una alta estabilidad estructural, para resistir prolongados y fatigantes usos antes de ser necesaria una parada de mantenimiento.
8. Los materiales de contacto con la materia prima deben ser resistente al líquido que ésta contiene, es decir resistente a la corrosión por el ácido que presenta la yuca amarga (*Manihot esculenta crantz*).
9. La estructura debe tener una forma tal que se pueda evitar la acumulación de residuos orgánicos para mejorar y agilizar la limpieza de la máquina.
10. Todos los componentes de la máquina deben ser fáciles de desmontar para su respectivo mantenimiento, tanto preventivo como correctivo.
11. Posibles materiales a utilizar: Acero inoxidable para las piezas en contacto directo con el alimento, acero comercial para las piezas y estructura, perfiles laminados.

### **3.2. BÚSQUEDA DE ALTERNATIVAS.**

Esta parte del proceso se encarga de buscar la mayor cantidad de soluciones posibles. Dicha búsqueda se obtendrá de manera conceptual, con el costo incremental de la misma que equilibre las mejoras probables en la soluciones.

En esta fase, se sugiere intentar maximizar el número y las variedades de alternativas posibles para luego realizar un muestreo exhaustivo e ir eliminando las tendencias indeseables.

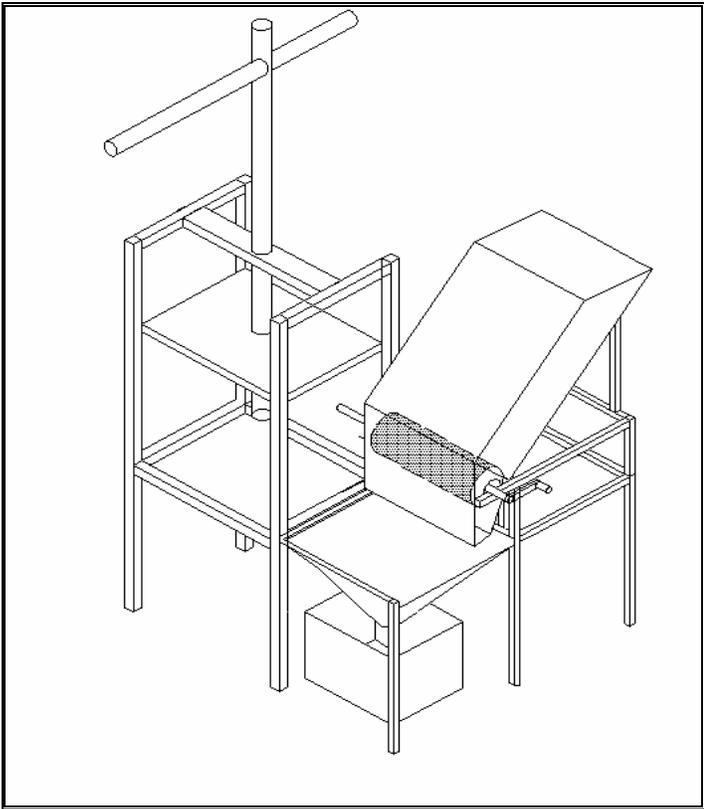


Figura #17. Diseño Propuesto N° 1 (Fuente: Los Autores)

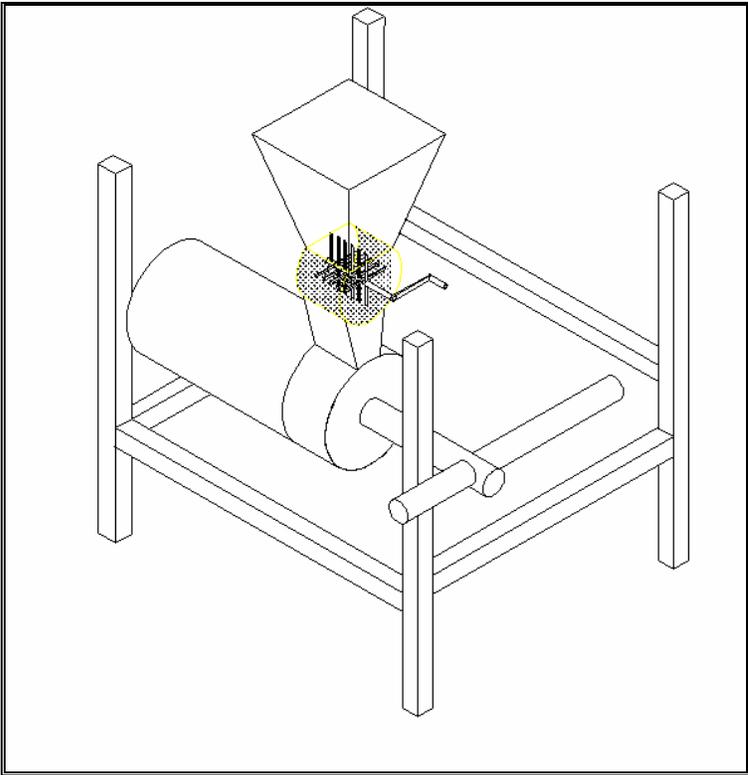


Figura #18. Diseño Propuesto N° 2 (Fuente: Los Autores)

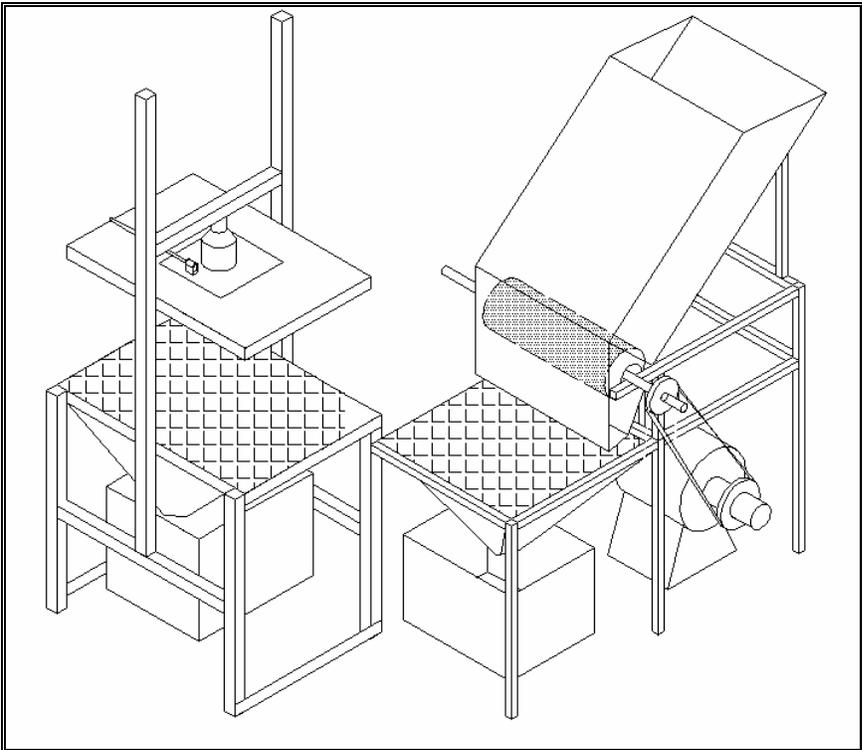


Figura #19. Diseño Propuesto N° 3 (Fuente: Los Autores)

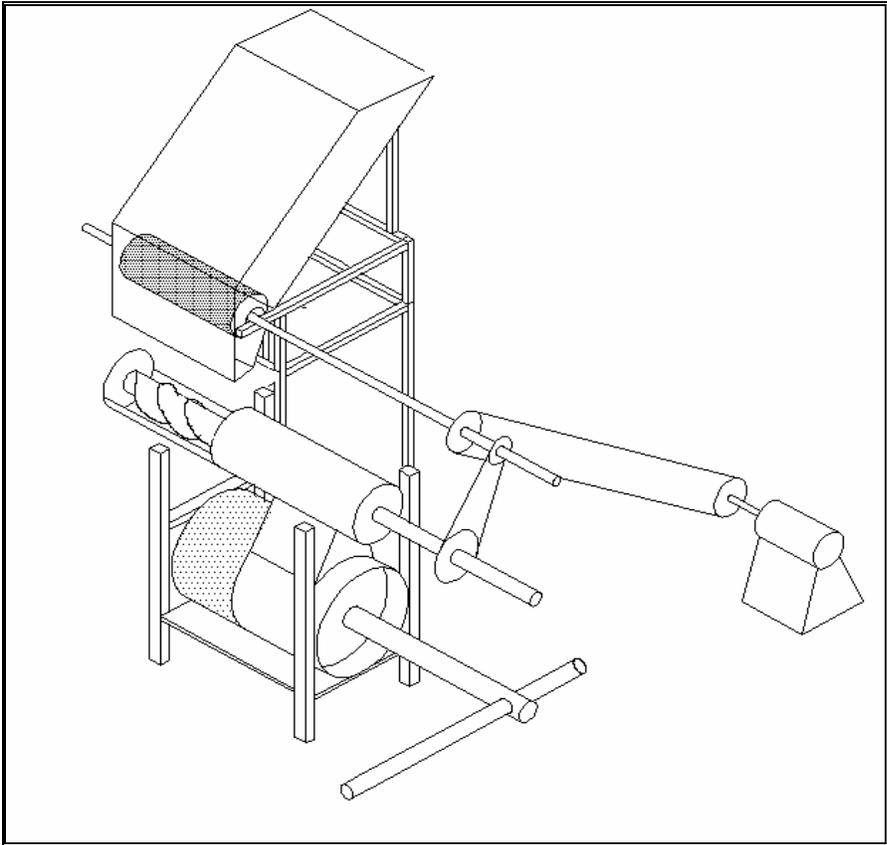


Figura #20. Diseño Propuesto N° 4 (Fuente: Los Autores)

### **3.3. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS Y ESPECIFICACIONES DE UNA SOLUCIÓN.**

Una vez alcanzado el conjunto de soluciones, se procede a realizar una evaluación detallada de cada una de las propuestas para su posterior selección.

Por medio de una matriz de selección, se procede a comparar y evaluar cada una de las propuestas, para que por medio de combinaciones se proceda a descartar y dejar aquella que mejor se adecue a la solución del diseño.

Ahora se realizará una explicación de cada una de las propuestas exponiendo las ventajas y desventajas de cada una.

#### **3.3.1. DISEÑO PROPUESTO N°1.**

Este sistema está compuesto por una tolva inclinada alimentadora, la cual va a permitir el contacto con un tambor rallador, que está constituido por un cilindro de madera forrado con una lámina de acero inoxidable perforada, ésta es accionada por medio de una manivela, luego la yuca previamente rallada caerá a un recipiente o saco de sisal, para pasar a la otra fase que es la de prensado, utilizando una prensa de tornillo, como lo indica la figura #17.

##### ***Ventajas:***

- Tolva de alimentación rápida.
- No requiere de energía eléctrica para su funcionamiento.
- Sistema de prensado rápido.
- No se necesita un gran espacio para su instalación.

##### ***Desventajas:***

- Poca continuidad en el proceso de rallado.
- Aplicación de muchos esfuerzos
- Pérdida de materia prima.

### 3.3.2. DISEÑO PROPUESTO N°2.

Esta propuesta presenta una tolva de alimentación vertical, cortadora en forma de cuchilla, y una prensa cilíndrica de tornillo dispuesta en forma horizontal. Como lo indica la figura #18.

#### *Ventajas:*

- Sistema bien compacto.
- Poca exposición del producto al medio ambiente.
- Sistema de prensado económico.
- No requiere energía eléctrica.

#### *Desventajas:*

- Se necesita generar altas r.p.m para proceso de rallado.
- Poca continuidad en el proceso.
- Requiere un alto esfuerzo para ambos procesos.

### 3.3.3. DISEÑO PROPUESTO N°3.

Este sistema cuenta con una tolva de alimentación inclinada, unas cortadoras en forma de tambor cilíndrico de acero inoxidable y una prensa compuesta por un sistema hidráulico, como lo muestra la figura #19.

#### *Ventajas:*

- Sistema dual para proceso de rallado, es decir, puede operar con motor eléctrico o puede ser manual.
- Poca pérdida de materia prima.
- Poco esfuerzo humano.

#### *Desventajas:*

- Mayor área para su instalación.
- Poca continuidad en el proceso.

### 3.3.4. DISEÑO PROPUESTO N°4.

El sistema consta de una tolva de alimentación inclinada, un tornillo transportador y una prensa horizontal de tornillo, como lo muestra la figura #20.

#### *Ventajas:*

- Poca tiempo de exposición de la materia prima con el ambiente.
- Sistema continuo.
- Poco esfuerzo humano en el proceso de rallado.

#### *Desventajas:*

- Necesariamente requiere de energía eléctrica para el proceso de rallado.
- Área mayor para su instalación.
- Requiere de un mayor mantenimiento de componentes.

### 3.4. MATRIZ DE SELECCIÓN DEL SISTEMA A UTILIZAR.

En esta fase, se procede a realizar la matriz morfológica, la cual define los factores más importantes a considerar para definir la máquina ralladora y exprimidora de yuca con la cual se proceda a la elaboración del casabe más óptimo, asignándole un valor porcentual a cada uno de los factores según su importancia. Estos factores se definen a continuación:

- Calidad: este factor involucra la calidad de los materiales, la confiabilidad, la calidad luego de construida y la disponibilidad de encontrar los componentes de calidad en el mercado nacional.
- Construcción: la factibilidad y disponibilidad para construir, uso de equipos y/o herramientas complejas, uso del personal especializado.
- Costos-Beneficios: esto incluye el costo en materiales de los elementos principales y complementarios, así como el costo de mantenimiento.
- Ergonomía: facilidad de operar, facilidad de hacer mantenimiento preventivo y correctivo, facilidad de transporte (peso y dimensiones).
- Apoyo operacional: asistencia escrita del manual y operación del equipo, menor cantidad de operaciones en el equipo para obtener un buen producto final.
- Durabilidad: referido al tiempo de vida útil del conjunto.
- Seguridad.
- Facilidad operacional.
- Rendimiento: relaciona la cantidad que entra al sistema con respecto a la cantidad que sale del mismo.

Para evaluar cada una de las propuestas, se toma en cuenta la siguiente escala de puntuación:

- Deficiente 1.
- Aceptable 2.
- Bueno 3.
- Muy bueno 4.
- Excelente 5.

Para determinar el valor final, se multiplicó el valor asignado a cada fase por el valor porcentual, luego se sumaron todos estos valores y se dividió entre cien para obtener la propuesta con mayor valor, como lo indica la siguiente expresión:

$$Total = [(3*10) + (2*10) + (2*20) + (2*15) + (3*5) + (3*10) + (2*5) + (3*10) + (2*15)] / 100$$

$$Total = 2.35$$

**Tabla #11. Matriz Morfológica o Selección del sistema.**

<b>CARACTERISTICA</b>	<b>VALOR (%)</b>	<b>PROPUESTA N°1</b>	<b>PROPUESTA N°2</b>	<b>PROPUESTA N°3</b>	<b>PROPUESTA N°4</b>
<b>Calidad</b>	10	3	3	3	3
<b>Construcción</b>	10	2	2	2	2
<b>Costo- Beneficio</b>	20	2	2	2	2
<b>Ergonomía</b>	15	2	3	3	3
<b>Apoyo Operacional</b>	5	3	3	3	3
<b>Durabilidad</b>	10	3	2	4	2
<b>Facilidad Operacional</b>	5	2	3	3	2
<b>Seguridad</b>	10	3	3	4	3
<b>Rendimiento</b>	15	2	2	4	4
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>2,35</b>	<b>2,45</b>	<b>3,05</b>	<b>2,70</b>

(Fuente: Los Autores)

La ponderación en porcentaje del sistema seleccionado en la Matriz Morfológica de acuerdo a su importancia es la siguiente:

- 20% Costo-Beneficio: ya que la inversión inicial es la que da la pauta sobre la construcción del equipo.
- 15% Ergonomía: es la que nos dice que tan amigable es el sistema con el usuario.
- 15% Rendimiento: de esta característica depende la producción de la materia prima para la elaboración del casabe.
- 10% Calidad: aquí se toma en cuenta la calidad del material con el cual se construye la máquina ralladora y exprimidora de yuca para la elaboración del casabe.
- 10% Construcción: la facilidad para conseguir los materiales y el ensamble del equipo.
- 10% Durabilidad: el tiempo de vida útil con el cual va a operar la máquina.
- 10% Seguridad: que tan fiable es el equipo, tanto para resguardar sus componentes, como para el usuario.
- 5% Apoyo Operacional: la elaboración de un manual de operación y mantenimiento.
- 5% Facilidad Operacional: que el operario con sólo instrucciones escritas pueda operar con destreza la máquina.

Como se puede observar en la Matriz Morfológica, se evidencia que la propuesta más adecuada para nuestro diseño es la N°3.

La propuesta seleccionada, esta compuesta de piezas de fácil construcción o ensamble y mantenimiento, ya que estos componentes se pueden encontrar en el mercado nacional e internacional.

El costo energético es bajo, debido a que parte del proceso de prensado se realiza con sistema hidráulico manual y el de rallado presenta dos (2) versiones, manual o con motor eléctrico, lo que conlleva a que su operación no dependa necesariamente de energía eléctrica.

La máquina es de pequeñas dimensiones, lo cual permite su colocación en áreas pequeñas.

El rendimiento es excelente, ya que se aprovecha gran parte de la materia prima, tanto la masa de yuca amarga (*Manihot esculenta crantz*) para la elaboración del casabe como el Yare, el cual es utilizado para la elaboración de otros productos, trayendo como consecuencia además reducir la contaminación ambiental, ya que éste líquido es arrojado en ríos y suelos.

Ya seleccionado el sistema para nuestro diseño, es importante resaltar los componentes con los cuales se va a construir la máquina ralladora y exprimidora de yuca amarga para la elaboración del casabe.

### **3.5. CONDICIONES PARA LOS MATERIALES A UTILIZAR EN LOS ELEMENTOS DE LA MÁQUINA.**

En el mercado existe un gran número de materiales disponibles el cual puede ser utilizado en satisfacer las necesidades de la máquina ralladora y exprimidora de yuca para la elaboración de casabe, el criterio de selección se sustenta en escogencia de aquellos materiales más resistentes, económicos y que cumplan con las normativas vigentes de sanidad.

La normativa de sanidad que se consultó fue la gaceta oficial de Venezuela N° 36.081 fecha 7 de Octubre del 1996 en la sección para el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social Capitulo III de los equipos y utensilios.

#### **Artículo 30.**

“Los equipos y utensilios del establecimiento debe estar acordes con el tipo de alimento a elaborar, al proceso tecnológico y a la máxima capacidad de producción prevista. Los mismos deben estar diseñados, construidos, instalados y mantenidos de manera que se evite la contaminación del alimento, faciliten la limpieza y desinfección, y desempeñen adecuadamente el uso previsto.

**Artículo 31.**

"Los equipos y utensilios utilizados para el manejo de los alimentos deben cumplir los siguientes requisitos de diseño y construcción:

1. Estar fabricado con materiales resistentes al uso y a la corrosión, así como al empleo repetido de los agentes de limpieza y desinfección.
2. Todas las superficies de contacto con el alimento deben ser inertes bajo las condiciones de uso previstas, de manera que no exista interacción entre éstas con el alimento, a menos que el o los elementos contaminantes migren al producto dentro de los límites permitidos en la respectiva legislación. De esta forma, no se permite el uso de materiales que contengan contaminantes como: plomo, zinc, cadmio, antimonio, arsénico, u otros que resulten peligrosos para la salud.
3. Todas las superficies de contacto directo con el alimento deben poseer un acabado liso, no poroso, no absorbente y estar libre de defectos, intersticios u otras irregularidades que puedan atrapar partículas de alimentos o microorganismos que afecten la calidad sanitaria de productos.
4. Toda la superficie de contacto con el alimento deben ser fácilmente accesibles para la limpieza e inspección o ser fácilmente desmontable. Cuando se utilicen técnicas de limpieza mecánica, los equipos deben estar especialmente diseñados para este propósito y disponer de los instrumentos y accesorio para su control.
5. Los ángulos internos de las superficies de contacto con el alimento deben poseer una curvatura continua y suave de manera que pueda limpiarse con facilidad.

6. En los espacios interiores en contacto con el alimento, los equipos no deben poseer piezas o accesorios que requieran lubricación ni roscas de acoplamiento u otras conexiones peligrosas.
7. Las superficies de contacto directo con el alimento no deben recubrirse con pinturas otro tipo de material desprendible que represente un peligro para su inocuidad.
8. En lo posible, lo equipos deben estar diseñados y construidos de manera que se evite el contacto del alimento con el ambiente que lo rodea.
9. Las superficies anteriores de los equipos deben estar enseñadas y construidas de manera que faciliten su limpieza y eviten la acumulación de suciedad, microorganismos, plagas u otros agentes contaminantes del alimento.
10. Las mesas y mesones empleados en el manejo de alimentos deben tener superficies lisas, con bordes sin aristas y estar construidas con materiales resistentes, impermeables y lavables.”

### **3.6. SELECCIÓN DEL TIPO DE ACERO A UTILIZAR.**

Una vez seleccionado el diseño a utilizar, es de vital importancia la determinación del tipo de acero con el cual se va a trabajar en la construcción, tomando en consideración que esta máquina va a trabajar con alimento para el consumo humano.

Las aleaciones a base de hierro y que contienen por lo menos un 12% de cromo se denominan aceros inoxidable.

La característica más importante de estos materiales es la resistencia a muchas condiciones corrosivas (aunque no a todas).

#### **3.6.1. TIPOS DE ACEROS INOXIDABLES.**

La gran mayoría de los aceros inoxidable que se encuentran en el mercado nacional, están definidos por su estructura cristalina.

- Aceros al cromo ferrítico, que tiene un contenido de cromo el cual varía de 12 a 27%.
- Aceros cromo-níquel, presentan una estructura austenítica a temperatura ambiente.
- Aceros inoxidable martensíticos.
- Aceros templables por precipitación.

### **3.6.2. TIPOS DE ACEROS MÁS UTILIZADOS.**

Los más utilizados son los de la serie AISI, entre ellos tenemos: 304, 321, 316, 347, 316L y 304L

Los aceros AISI 304 no contienen molibdeno, el cual es un elemento que no se utiliza para la construcción de máquinas procesadora de alimentos, por ese motivo seleccionamos este tipo de acero.

Cuando se necesita realizar alguna soldadura sobre los aceros inoxidables se recomienda utilizar los AISI 304L y 316L ya que en estos no se presentan la corrosión intergranular.

Ya seleccionado nuestro diseño a utilizar, los materiales para su construcción y sus diferentes componentes, es de mucha importancia realizar variedades de ensayos, para determinar algunos de los parámetros para realizar los cálculos respectivos, y además así verificar nuestro diseño final.

## CAPITULO IV

### **4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL**

#### **4.1. Métodos y Materiales Utilizados**

En esta fase vamos a realizar una descripción detallada de los diferentes procesos realizados para la recolección de información necesaria para la evolución del proyecto.

##### **4.1.1. Ubicación de la Región en Estudio.**

La recolección de información fue realizada en una localidad ubicada al sur del estado Anzoátegui específicamente en el Municipio Independencia en las poblaciones de las Bombitas, Coloradito y el Torreño, en este último se recopiló la mayor información para este trabajo. Como se puede ver en la figura #21, este municipio tiene al sur al estado Bolívar, al este el estado Monagas, al oeste al Municipio Miranda y al norte el Tigre.

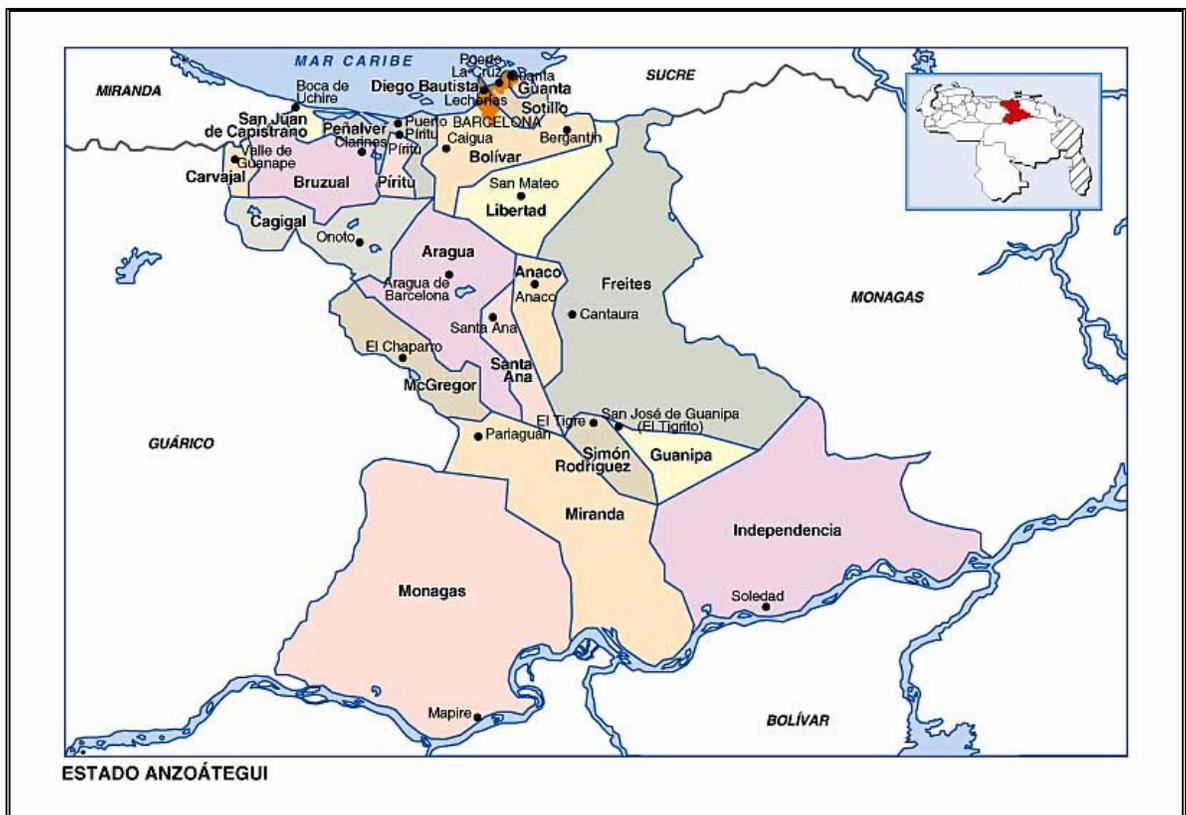


Figura #21. Estado Anzoátegui.

#### 4.1.2. Información Recogida.

En la Comunidad de “El Torreño” en la cual se realizó la mayor parte del trabajo, ya que las demás comunidades presentan las mismas características y propiedades de tierras, se decidió realizar la recolección de materiales de información, entre ellas se hizo una entrevista (**Anexo A**) a los pobladores de dicha comunidad para tener una idea del grado de aceptación que podría tener el cambio de la forma de trabajo para la elaboración del casabe ya que estas personas la mayor parte de sus vidas han realizado el trabajo de forma artesanal, se pudo observar que un 97 % de los pobladores están de acuerdo con mecanizar el proceso.

También en las fincas se procedió a realizar una entrevista a los cultivadores, del tiempo en que se procede a cosechar la yuca, épocas del año en las cuales la siembra es más fructífera, procedimientos utilizados para la siembra, la forma en las cuales realizan este procedimiento, así como también se pudo observar y documentar la forma con las cuales se realiza el proceso de elaboración del casabe, tomando notas desde su siembra hasta la obtención del producto final (Casabe).

#### 4.1.3. Muestreo de la Siembra.

La siembra se hace manual, para esto, los campesinos preparan el terreno a sembrar cortando todo tipo de vegetación con machetes y hachas, luego queman los desperdicios obtenidos de esta limpieza de terreno, después con la ayuda de *BIOCENOR* (Biocentro del Orinoco) y *FUDECI* (Fundación para las Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales), se consigue un tractor que prepare la tierra y con la ayuda del conocimiento de los investigadores de esta fundación se procede a tratar la tierra con fertilizantes, en este caso se trabajó con el fertilizante 12-24-12, aplicación de herbicidas e insecticidas. En la finca se realizó la siembra de yuca en asociación con frijoles ya que esta tierra es pobre en nitrógeno, esta planta tiene la propiedad de fijarla en el terreno.

#### 4.1.4. Muestreo de la Cosecha

La cosecha se hizo de forma manual, luego de nueve (9) meses aproximadamente de ser sembrada, se cortaron los tallos dejando 15 cms aproximados de tallo, como el suelo era arenoso y no oponen mucha resistencia a la extracción estos tallos fueron halados haciendo unos leves movimientos hacia los lados para luego halarlos hacia arriba y extraer las raíces de la yuca.

Se cosecharon 200 kg aproximadamente en cuatro (4) sacos de 50 kg. cada uno, con una muestra de 40 kg se tomo como base para realizar todas las labores para la elaboración del casabe. Tomándose datos del número de raíces promedio y el peso promedio de cada raíz además su morfología (tabla #12).

Después de cosechada los niños y jóvenes se encargan de cortar el tallo de la planta en troncos (esquejes) de 10 cm. aproximadamente con 5 nódulos los cuales 2 o 3 nódulos son los que dan pie a un nuevo retoño (la formación de una nueva planta de yuca amarga).

**Tabla #12. Medidas de longitud, diámetro, peso y forma de las muestras de raíces de yuca amarga.**

#	Longitud (cm.)	Diámetro Mayor (cm.)	Diámetro Menor (cm.)	Peso (kg.)	Forma
1	35	6.36	5.81	0.900	Cónica
2	30	8.00	5.00	1.100	Cilindro- cónica
3	38	6.60	4.00	0.800	Cónica
4	26	6.77	4.77	0.625	Cónica
5	27	6.50	4.80	0.650	Cónica
6	37	4.60	3.40	0.600	Cónica
7	37	4.55	2.40	0.425	Cónica
8	38	4.70	4.00	0.500	Cónica
9	37	4.68	3.05	0.500	Cilindro- cónica
10	31	3.27	2.73	0.250	Cilindro- cónica
<b>Rango</b>	26-38	3.27-8.00	2.4-5.81	0.250-1.100	
<b>Promedio</b>	<b>33.6</b>	<b>5.6</b>	<b>3.9</b>	<b>0.6</b>	

(Fuente: Los Autores)

#### 4.2. Proceso de Elaboración de Harina de Yuca.

En la zona se realizó el proceso de elaboración del casabe de forma artesanal, es decir utilizando los diferentes utensilios elaborados por los pobladores, en la cual el proceso de rallado fue realizado manualmente al igual que el exprimido con el sebucán, tomando los registros de tiempo para cada una de las etapas, así como tomando registro de los pesos del producto para verificar la pérdida de materia prima en cada una de las etapas, llegando al peso de la harina de yuca para cada casabe.

**Tabla #13. Registro de elaboración del casabe en forma artesanal.**

	Recepción	Raspado	Lavado	Rallado	Prensado	Tamizado
<b>Peso (kg.)</b>	20	17,5	17,5	15,35	6,100	5,600
<b>Tiempo (min.)</b>	-	10	5	35	180	15

(Fuente: Los Autores)

Luego se realizó el proceso anterior pero utilizando para el proceso de rallado una cigüeña (figura #9), esta cigüeña tiene una característica de que utiliza un motor de ½ hp y una revolución de 1730 r.p.m trabaja con 115-230V, y el proceso de exprimido de igual manera al anterior, tomando registro de tiempo y peso.

**Tabla #14. Proceso de elaboración de casabe con la cigüeña y prensado artesanal**

	<b>Recepción</b>	<b>Raspado</b>	<b>Lavado</b>	<b>Rallado</b>	<b>Prensado</b>	<b>Tamizado</b>
<b>Peso (kg.)</b>	20	18,450	18,450	16,200	6,300	6,100
<b>Tiempo (min.)</b>	-	6	2	1,5	160	10

(Fuente: Los Autores)

**4.3. Proceso de Rallado.**

En esta parte, se diseñó un prototipo del sistema rallador, utilizando un tambor de madera, una lámina de latón perforada la misma utilizada en el proceso artesanal se procedió a forrar el tambor, dotada esta con una manivela y una tolva colocada en posición vertical (posición más crítica), se le añadieron 4 kg. de yuca amarga y después en la manivela se le colocaron una serie pesos para determinar la fuerza mínima de rallado, el resultado arrojado fue de 20 N.

**Tabla #15. Volumen ocupado por la Catebía Húmeda en el proceso artesanal realizado en el Torreño.**

<b>#</b>	<b>Peso (kg.)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso específico Neto (kg./m<sup>3</sup>)</b>
1	10,500	0,0143	736,3
2	10,600	“	741,3
3	10,400	“	727,3
4	11,500	“	804,2
5	11,250	“	736,3
6	10,500	“	736,3
7	10,500	“	736,3
8	10,350	“	723,8
9	11,500	“	804,2
10	11,500	“	804,2
<b>Rango</b>	10,350-11,500	“	723,8-804,2
<b>Promedio</b>	<b>10,825</b>	<b>0,0143</b>	<b>755,02</b>

(Fuente: Los Autores)

#### 4.4. Proceso de Exprimido o Prensado.

Para esta parte de experimentación se realizaron 3 tipos de ensayos de prensado, utilizando una prensa hidráulica facilitada por la compañía (*Rexroth Bosch Group*), estos ensayos fueron realizados para determinar de manera experimental el tiempo más óptimo de prensado y la cantidad de yuca amarga (*Manihot esculenta crantz*) para asegurar la extracción completa del Yare y obtener un producto final mejor, ya que mientras más seco este la harina, el casabe queda más crujiente y además cumplimos con las normas de alimento como lo señala la Norma CODEX STAN 176:89 el cual nos dice que la harina de yuca debe presentar un 13% de humedad para su consumo.

La materia prima para estos ensayos fue obtenida en la localidad del estado Miranda, específicamente en la localidad de Ocumare del Tuy, ya que no se pudo obtener de la zona en estudio (Edo. Anzoátegui), se hace esta acotación debido a que esta planta varía sus características debido a las condiciones de la zona donde se siembra.

##### ➤ **Ensayo N°1. Ensayo de Humedad**

Para esta parte del proceso, se confinó la masa de yuca amarga ya rallada en un saco de sisal sintético, dejando la carga constante a 2.500 kgf variando la masa progresivamente, esta se compacta hasta desplazar la compactación a 50-55% del volumen del saco, a medida de que se aumentaba la masa también aumentamos el tiempo, luego de prensado, se realizó el ensayo de humedad a cada una de las muestras, este trabajo fue realizado por **Tecnología de Alimentos de la Facultad de Ciencias Escuela de Biología** utilizando el *método de desecación en estufa*. Arrojando los siguientes resultados.

Tabla #16. Tablas del Ensayo de Humedad.

MUESTRA	PESO CAP.	PESO CAP.+ MUEST. FRESC	PESO CAP.+ MUEST. SECA	PESO MUESTRA	PESO AGUA	% HUMEDAD	% HUMEDAD
<b>14 min. 900g</b>	1,2558	5,6733	3,3149	4,4175	2,3584	53,39	<b>53,6</b>
	1,6380	7,9378	4,5696	6,2998	3,3682	53,47	
	1,2452	6,3234	3,5841	5,0782	2,7393	53,94	
<b>12 min 700g</b>	1,6040	5,6611	3,4724	4,0571	2,1887	53,95	<b>54,1</b>
	1,2347	6,0296	3,4098	4,7949	2,6198	54,64	
	1,2549	6,1783	3,5148	4,9234	2,6635	54,10	
<b>10 min 500g</b>	1,2642	4,8845	2,9366	3,6203	1,9479	53,80	<b>54,2</b>
	1,2556	6,7533	3,7803	5,4977	2,9730	54,08	
	1,2415	6,8517	3,8019	5,6102	3,0498	54,36	
<b>8 min 300g</b>	1,2503	6,8477	3,8186	5,5974	3,0291	54,12	<b>55,7</b>
	1,2643	6,2362	3,4764	4,9719	2,7598	55,51	
	1,2627	6,8934	3,7542	5,6307	3,1392	55,75	
<b>6 min 200g</b>	1,2421	7,2337	3,8923	5,9916	3,3414	55,77	<b>55,9</b>
	1,2814	5,9835	3,3684	4,7021	2,6151	55,62	
	1,2525	5,9035	3,3110	4,6510	2,5925	55,74	
	1,2551	5,9245	3,2941	4,6694	2,6304	56,33	

(Fuente: Los Autores)

### ➤ Ensayo N° 2. Ensayo de Prensado

En este caso, tomamos mediciones de volumen a medida que variamos el desplazamiento de la compactación y manteniendo el tiempo (t) constante, tomando mediciones de volumen desde 0 % hasta 75 % de desplazamiento, esto fue realizado de manera aproximada, se le hizo este ensayo a diferente cantidad de masas y su comportamiento fue observado. Este ensayo fue realizado variando la masa y se realizaron ocho (8) medidas de volumen de líquido extraído.

Apoyándonos en el programa Mathcad Profesional 2001, obtenemos los resultados gráficos correspondientes a este ensayo.



Figura #22. Prensa hidráulica perteneciente a la compañía *Rexroth Bosch Group*.

(Fuente: Los Autores)

➤ **Ensayo N°3. Ensayo de carga de prensado**

Manteniendo la masa constante de un kilogramo (1kg.), el cual ocupa un volumen aproximado de  $950 \text{ cm}^3$ , se procedió a prensar hasta un 50% aproximado del volumen del saco de sisal que contenía la masa de yuca, cuya altura inicial ( $h_0=8\text{cm}$ ) y la altura final ( $h_f=3,3\text{cm}$ ). Luego se tomaron cuatro (4) muestra y se le realizo el análisis de humedad por el *método de desecación en estufa* realizado por **Tecnología de Alimentos UCV-Facultad de Ciencias, Escuela de Biología**. Se obtuvo la siguiente tabla.

Tabla #17. Registro de carga.

<b>Carga Aplicada (kgf)</b>	<b>Volumen Extraído (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Tiempo (min.)</b>	<b>Humedad (%)</b>
2300	510	6	55,13
2000	500	8	53,28
2150	509	10	52,09
2400	520	11	50,85

(Fuente: Los Autores)

➤ **Ensayo N° 4. Ensayo de la fuerza de rallado**

Este ensayo se realizo para determinar la fuerza mínima de rallado, para esta prueba se diseño un prototipo del tambor rallador y colocando la tolva de alimentación en su punto más crítico que es cuando esta tiene un ángulo de 90° con respecto a la horizontal, además esta disponía de una manivela el cual presenta un dispositivo para colocarle pesas, y así determinar la fuerza mínima de rallado. Para lograr este ensayo se dispuso de cierta cantidad de yuca amarga (4 kg), se introdujo en la tolva y posteriormente se le colocaron las pesas.

---

## 4.5. ANALISIS DE RESULTADOS

### ➤ **Ensayo N° 1 Análisis de humedad**

Se pudo determinar de manera experimental que al compactar una masa de yuca húmeda o catebía húmeda, manteniendo una carga constante, variando el tiempo y la masa se puede verificar que el porcentaje de humedad cae progresivamente independientemente de la cantidad de masa que se exponga a la carga y a medida que aumentamos el tiempo de exposición al prensado, trayendo como resultado un porcentaje de humedad bajo.

### ➤ **Ensayo N° 2. Análisis de prensado**

En este ensayo se pudo determinar que el volumen extraído de Yare (líquido presente en la masa húmeda de yuca) comienza a mantenerse constante a partir de compactar el 75% aproximadamente del espesor del saco de sisal, por tal motivo inferimos que a la masa de yuca a procesar se debe de comprimir hasta alcanzar un poco más del 50% del espesor del saco de sisal, manteniendo el prensado por un tiempo de una hora aproximadamente o hasta observar que el saco (90 kg. de masa de yuca) deje de gotear, ya que existe una gran variedad de yuca amarga el cual poseen más cantidad de líquido que otras, por tal motivo la determinación del tiempo de prensado va a depender básicamente de la experiencia del operario.

MEDICIONES Y GRAFICO

Volumen (cc) vs. Desplazamiento (%)

Para una masa de 1.000 g

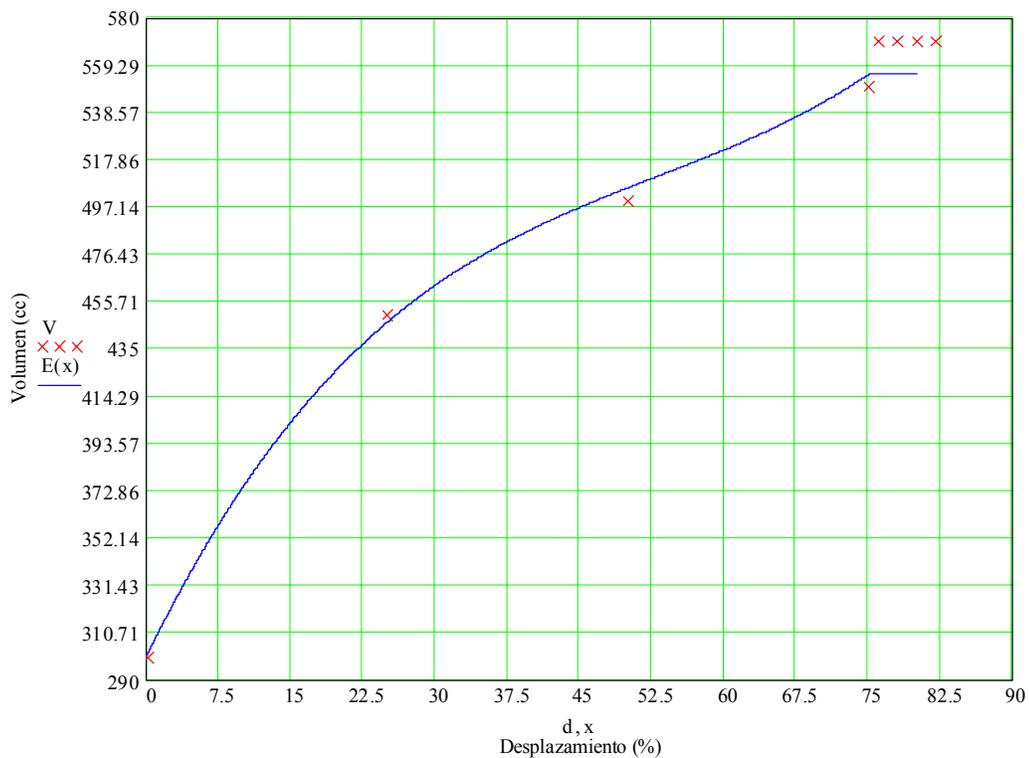
$$V := \begin{pmatrix} 300 \\ 450 \\ 500 \\ 550 \\ 570 \\ 570 \\ 570 \\ 570 \end{pmatrix} \quad d := \begin{pmatrix} 0 \\ 25 \\ 50 \\ 75 \\ 76 \\ 78 \\ 80 \\ 82 \end{pmatrix} \quad Y := V \quad X := d$$

$$F(d) := \begin{pmatrix} 1 \\ d \\ d^2 \\ d^3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ f \end{pmatrix} := \text{linfit}(d, V, F) \quad F(d) := a + b \cdot d + c \cdot d^2 + f \cdot d^3 \quad \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ f \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} 300.766 \\ 8.624 \\ -0.132 \\ 0.0008329 \end{pmatrix}$$

$$D(d) := F(75)$$

$$E(d) := \begin{cases} F(d) & \text{if } d \leq 75 \\ D(d) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$x := -0.001, 0..80$$



MEDICIONES Y GRAFICO

Volumen (cc) vs. Desplazamiento (%)

Para una masa de 500 g

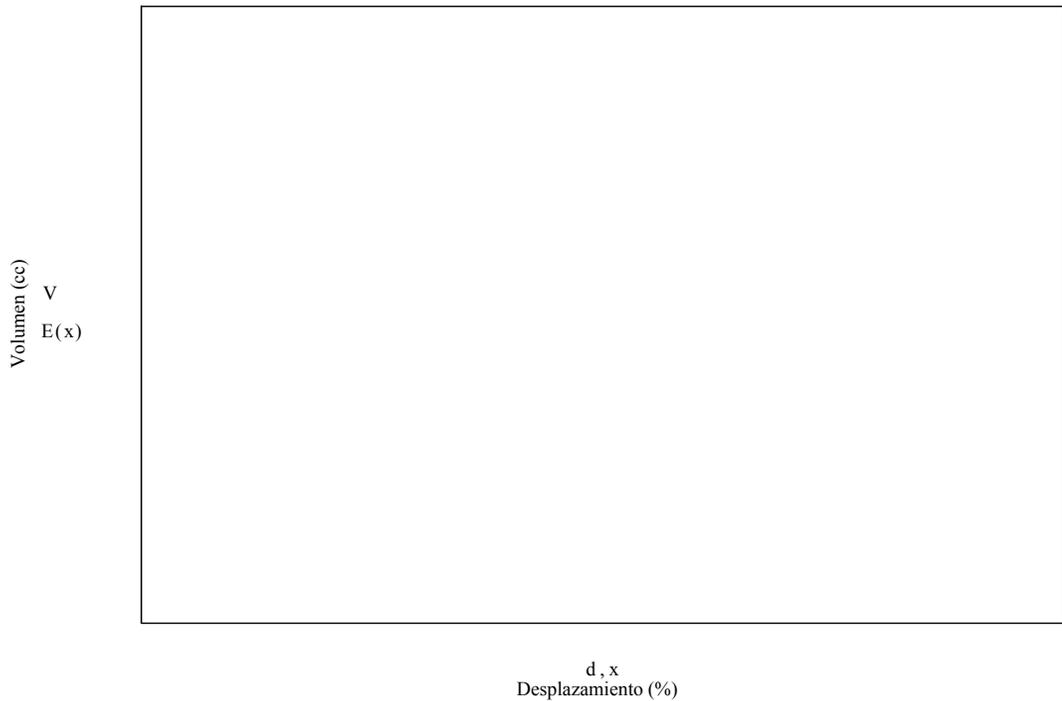
$$V := \begin{pmatrix} 150 \\ 290 \\ 350 \\ 370 \\ 370 \\ 370 \\ 370 \\ 370 \end{pmatrix} \quad d := \begin{pmatrix} 0 \\ 25 \\ 50 \\ 75 \\ 76 \\ 78 \\ 80 \\ 82 \end{pmatrix} \quad Y := V \quad X := d$$

$$F(d) := \begin{pmatrix} 1 \\ d \\ d^2 \\ d^3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ f \end{pmatrix} := \text{linfit}(d, V, F) \quad F(d) := a + b \cdot d + c \cdot d^2 + f \cdot d^3 \quad \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ f \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} 150.134 \\ 7.579 \\ -0.089 \\ 0.0003632 \end{pmatrix}$$

$$D(d) := F(75)$$

$$E(d) := \begin{cases} F(d) & \text{if } d \leq 75 \\ D(d) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$x := -0.001, 0.. 80$$



➤ **Ensayo N°3. Análisis de carga de prensado**

Este ensayo fue realizado básicamente para obtener de forma experimental, que carga se le puede aplicar a la masa de yuca para extraerle el líquido que esta presenta, definimos varios valores de carga y con el promedio procederemos a realizar los cálculos pertinentes para la determinación del tipo de gato hidráulico que vamos a seleccionar para nuestro diseño.

➤ **Ensayo N°4. Análisis de rallado**

Para este ensayo trabajamos con 4 kg de yuca amarga previamente raspada y se pudo observar en las diferentes pruebas, que esta comenzaba a desbastar la yuca amarga cuando se le colocó un peso promedio de 31 lb. (1,36 kg) aproximadamente, este dato es utilizado para los cálculos posteriores.

Después de haberse determinado las variables experimentales requeridas se desarrollarán los cálculos necesarios para el diseño de las partes que conforman el sistema.

## CAPITULO V

### **5. CÁLCULOS y DISEÑO**

#### **5.1. Cálculos.**

Luego del análisis realizado a las diferentes propuestas, se ha seleccionado la solución más prometedora, por esto realizaremos a continuación el diseño detallado, para desarrollar los cálculos y modelos de ingeniería para los componentes del sistema rallador y exprimidor de yuca para la elaboración del casabe.

Basándonos en los resultados obtenidos, definimos los cálculos que vienen a continuación, utilizados como datos muchos de los resultados experimentales.

#### **5.1.1. Cálculos de la Tolva de Alimentación.**

Esta va a ser de acero inoxidable, ya que va a estar en contacto directo con el alimento.

Tomando como referencia que el ángulo de inclinación de la Cigüeña (figura #9) que se encuentra ubicada en la Comunidad del Torreño es de  $37^\circ$  el cual su tolva de alimentación es de madera, tenemos:

*Datos:*

Peso Promedio de la Yuca Amarga (W)= 0,635 kg..... (Tabla #12)

Gravedad (g)=  $9,80665 \frac{m}{s^2}$

Coefficiente de fricción (Asumido de la fricción entre el Cuero y el Acero).

A continuación se muestra una tabla que muestra el coeficiente de fricción entre superficies de algunos materiales tanto en reposo como en movimiento:

**Tabla #18. Coeficiente de fricción en Reposo y en Movimiento.**

<b>Material</b>	<b>Dinámico (<math>\mu</math>)</b>		<b>Estático (<math>\mu_s</math>)</b>	
	<b>Seca</b>	<b>En Grasa</b>	<b>Seca</b>	<b>En Grasa</b>
<b>Acero con Acero</b>	0,15	0,10	0,15	0,01
<b>Madera con Metal</b>	0,6-0,7	0,11	0,4-0,5	0,10
<b>Cuero con Acero</b>	0,6	0,20	0,20	0,12

Fuente: Manual del Ingeniero Mecánico.

Para el cálculo de la inclinación mínima en la tolva de alimentación para que el material deslice libremente por su propio peso se hace un diagrama de cuerpo libre:

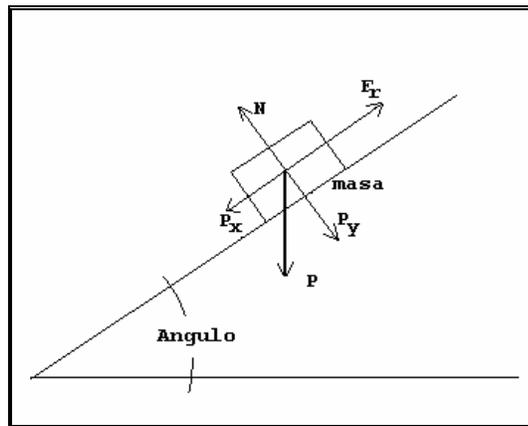


Figura # 23. Diagrama de Cuerpo Libre (Fuente: Los Autores)

Del D.C.L. (Diagrama de Cuerpo Libre) tenemos:

Asumiendo un  $\mu = 0,6$  *Cuero con Acero* de la *Tabla #18*

$$\sum F_x: F_R - P_x = m \cdot g \dots\dots\dots (5.1.2.1)$$

$$\sum F_y: F_N - P_y = 0 \dots\dots\dots F_N = P_y = P \cdot \cos\phi$$

$$F_N = m \cdot g \cdot \cos\phi$$

$$F_R \leq \mu_s \cdot F_N \dots\dots\dots (5.1.2.2)$$

$$\mu_s \cdot F_N = P \cdot \sin\phi$$

$$\mu_s \cdot m \cdot g \cdot \cos\phi = m \cdot g \cdot \sin\phi \rightarrow \mu_s \cdot \cos\phi = \sin\phi$$

$$\therefore \mu_s = \tan\phi \dots\dots\dots (5.1.2.3)$$

$$\tan\phi = 0,6 \Rightarrow \therefore \phi = 30,96^\circ$$

$\phi$ : Angulo mínimo de inclinación de la tolva de alimentación, por lo tanto para nuestro diseño tomaremos un ángulo de inclinación de  $36^\circ$  (para sobre Diseñar).

## 5.2. Determinación del volumen de la tolva de alimentación.

Por las dimensiones que presenta la tolva de alimentación, esta tiene un volumen aproximado de  $0,03 \text{ m}^3$ , es decir, que tiene la capacidad aproximada de contener 10 kg de Yuca amarga raspada.

## 5.3. Cálculos del sistema de Rallado.

En este apartado se estudiarán los diversos componentes que conforman el sistema de rallado, y las fuerzas a la que están sometidos, de manera que no vayan a ocurrir fallas.

### 5.3.1. Fuerza generada por el hombre.

Según el manual MAPFRE el hombre puede generar hasta 900 N, utilizaremos 800 N.

Con un brazo de pedal de 0,2 m, y una fuerza de 800 N el torque que se genera en el plato del sistema va a ser de 160 N.m

$$\tau = \frac{T \cdot \phi}{J} \dots\dots\dots (5.3.1.1)$$

Donde  $\phi = 0,02 \text{ m}$  dato medido directamente en el brazo de la bicicleta.

Donde el momento polar de inercia (J) viene expresada por la siguiente ecuación:

$$J = \frac{\pi * \phi^4}{32} \dots\dots\dots (5.3.1.2)$$

$$J=1,5708*10^{-8} \text{ m}^4.$$

$$\tau = \frac{160*0,01}{1,5708*10^{-8}} = 101,859 \text{ MPa}$$

$$\tau_{Adm} = \frac{310 \text{ MPa}}{2 * \psi} = \frac{310 \text{ MPa}}{2 * 1} = 155 \text{ MPa} \dots\dots\dots (5.3.1.3)$$

$\tau_{adm} > \tau$  Se verifica

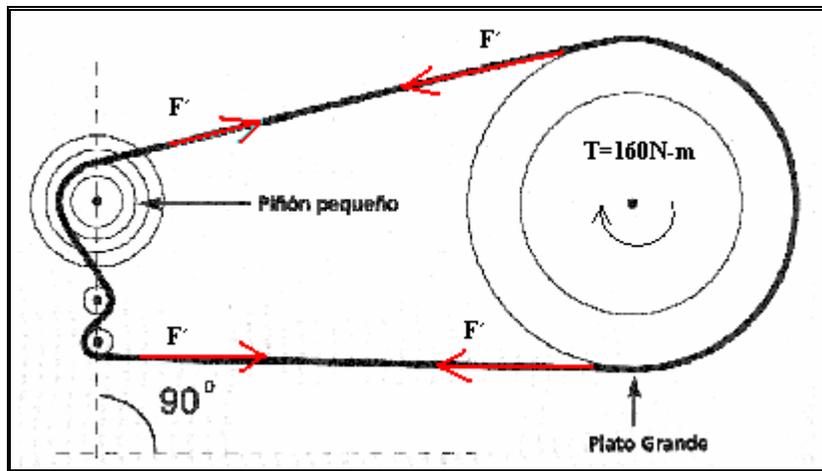


Figura # 24. Diagrama l sistema generador de potencia para la ralladora.  
(Fuente: Los Autores)

Donde  $F' = 2 * T / D_{plato} \dots\dots\dots F' = (2 * 160 \text{ N.m} / 0,2 \text{ m}) = 1600 \text{ N}$ .

Tenemos los diferentes diámetros del juego de piñones y tomamos la que nos genere el mayor torque.

$$T = (F' * D_{piñón}) / 2 = (1600 \text{ N} * 0,08 / 2) = 64 \text{ N.m}$$

### 5.3.2. Transmisión de la potencia por medio de la bicicleta hasta el tambor rallador:

Datos tomados de la rueda dentada ubicada en los pedales (plato).

$D_0 = 20$  cm. Y número de dientes:  $N_0 = 52$

Datos del piñón de velocidades ubicado en la rueda trasera.

$D_1 = 4,9$  cm. y número de dientes:  $N_1 = 13$

$D_2 = 5,9$  cm. y número de dientes:  $N_2 = 15$

$D_3 = 6,4$  cm. y número de dientes:  $N_3 = 17$

$D_4 = 7,0$  cm. y número de dientes:  $N_4 = 19$

$D_5 = 8,0$  cm. y número de dientes:  $N_5 = 21$

La potencia será transmitida al piñón de velocidades desde la rueda dentada de 52 dientes (plato) hacia el piñón de 13 dientes.

Ahora si las r.p.m generadas por el pedaleo son 60 r.p.m.

$$\Rightarrow \frac{N_0}{N_1} = \frac{\eta_0}{\eta_1} \Rightarrow \frac{52}{13} = \frac{\eta_1}{60} \Rightarrow \eta_1 = 240 \text{rpm} \dots\dots\dots (5.3.2.1)$$

Ahora se sabe que la fuerza generada por el pedaleo es:

$$F'_0 = \frac{2T_0}{D_0} \text{ donde } T = \text{torque} \dots\dots\dots (5.3.2.2)$$

$$\Rightarrow F'_0 = \frac{2 * 160 \text{ N.m}}{0,2 \text{ m}} \Rightarrow F'_0 = 1600 \text{ N}$$

Como la fuerza se transmite por la cadena  $F'_0$  es igual tanto en la rueda dentada generadora de la potencia (plato) como en el piñón de velocidades.

$$F'_0 = F'_1$$

$$F'_1 = \frac{2T_1}{D_1} \Rightarrow T_1 = \frac{F'_1 D_1}{2} \Rightarrow T_1 = \frac{1600 \text{ N} * 0,049 \text{ m}}{2} = 39,2 \text{ N.m}$$

$$\text{Pot}_1 = \frac{T_1 * \text{rpm}_1}{9,55} = \frac{39,2 \text{ N.m} * 240}{9,55} = 985,13 \text{ W} = 1,32 \text{ hp} \dots\dots\dots (5.3.2.3)$$

Pero la potencia en el piñón de velocidades es igual para todas las ruedas dentadas que lo conforman, eso implica que la potencia y las r.p.m son iguales:

$$Pot_1 = Pot_5 \text{ y } \eta_1 = \eta_5.$$

Y la potencia que se transmitió hasta el piñón de velocidades será transmitida por otra cadena a otro piñón que esta acoplado al tambor rallador de la siguiente manera: la cadena trabajara en el piñón de velocidades en la rueda dentada de 21 dientes hasta un piñón de 18 dientes ubicado en uno de los extremos del eje que contiene el tambor rallador.

### 5.3.3. Cálculo de la cadena que va desde la bicicleta hasta el tambor rallador:

Primero se calculara el ángulo que forma la cadena con el plano horizontal:

$$\tan\theta = \frac{0,7}{1,3} \Rightarrow \theta = \arctan\left(\frac{0,7}{1,3}\right) \Rightarrow \theta = 28,30^\circ$$

Del Anexo B, Tabla A, usaremos un FS = 1.3 (Factor de Servicio), se toma este valor porque se asume un motor eléctrico a ser utilizado en un futuro y choque moderado.

1. *Potencia de diseño* = 1,3(1,32hp)=1,7 hp.

2. *Relación*

$$\frac{\eta_6}{\eta_5} = \frac{N_5}{N_6} \Rightarrow \eta_6 = \frac{N_5}{N_6} * \eta_5 = \frac{21}{18} * 240 = 280,00 \text{rpm} \dots \dots \dots (5.3.3.1)$$

3. *Capacidad de potencia* (las especificaciones se trabajan con la rueda dentada más pequeña)

Del Anexo B, Tabla B, con  $\eta = 280,00$  r.p.m,  $N = 18$  y una potencia de 1,716 hp, se selecciono una cadena #40, paso de ½ pulgada, que utilizara una lubricación tipo I (lubricación manual o por goteo)

4. *Diámetro de paso de la rueda dentada:*

$$D_5 = \frac{p}{\text{sen}(180/N_5)} = \frac{0,5}{\text{sen}(180/21)} = 3,3547" = 0,08 \text{m} \dots \dots \dots (5.3.3.2)$$

$$D_6 = \frac{p}{\text{sen}(180/N_6)} = \frac{0,5}{\text{sen}(180/18)} = 2,879" = 0,07 \text{m}$$

5. *Distancia central nominal:*

$$C = 0,795 \text{ m (31,30 pulg.)}$$

$$L = \frac{2C}{p} + \frac{N_6 + N_5}{2} + \frac{(N_6 - N_5)^2}{4\pi^2 \left(\frac{C}{p}\right)} \dots\dots\dots (5.3.3.3)$$

$$L = \frac{2(31,30)}{0,5} + \frac{21+18}{2} + \frac{(21-18)^2}{4\pi^2 \left(\frac{31,3}{0,5}\right)} \Rightarrow L = 144,7 \text{ pasos}$$

redondeando a un numero entero  $\Rightarrow L = 144$  pasos

Entonces de la ecuación anterior insertando este nuevo valor de L despejamos C

$$144 = \frac{2(C)}{0,5} + \frac{21+18}{2} + \frac{(21-18)^2}{4\pi^2 \left(\frac{C}{0,5}\right)}$$

$$C = 31,124" = 800 \text{ mm (Nueva distancia entre centros)}$$

#### Resumen:

Cadena #40, paso ½ pulg.

Longitud de la cadena = 144 pasos = 144(1/2) = 72 pulg.

Distancia entre centros = 31,124" ( 800 mm).

Lubricación Tipo I.

#### 5.3.4. Fuerza de diseño (Fuerza de rallado)

Esta es la fuerza mínima que se necesitara para rallar la yuca, que se obtuvo de un prototipo construido para este fin.

Utilizando la masa de 31 lb., obtenida en el ensayo experimental N°4 se define la fuerza de rallado.

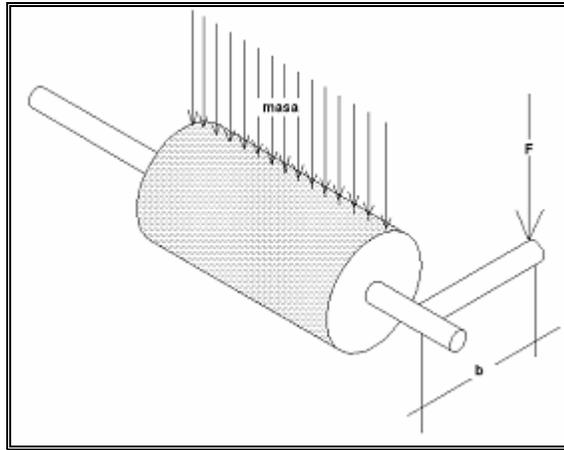


Figura #25. Esquema del prototipo utilizado. (Fuente: Los Autores)

$$F_{\text{rallado}} = m_{\text{pesas}} \cdot g \dots\dots\dots(5.3.4.1)$$

donde  $m_{\text{pesas}} = 3\text{lbs} = 1,3607\text{kg}$

$$F_{\text{rallado}} = ((1,3607\text{kg})) \cdot (9,80655 \text{ m/s}^2)$$

$$F_{\text{rallado}} = 13,3\text{N}$$

### 5.3.5. Torque necesario de rallado

Este es el torque mínimo necesario para rallar la yuca, que se obtuvo también con el prototipo de rallador.

$$T_{\text{rallado}} = F_{\text{rallado}} \cdot b \dots\dots\dots(5.3.5.1)$$

donde  $b$  es la longitud de la manivela con la que se giró el tambor rallador con el que se hizo el ensayo

$$b = 30 \text{ cm} = 0,3\text{m}$$

$$T_{\text{rallado}} = (13,3\text{N})(0,3\text{m})$$

$$T_{\text{rallado}} = 4,0\text{N.m}$$

### 5.3.6. Potencia necesaria de rallado

Es la potencia mínima que se necesita generar para poder rallar la yuca

$$Pot_{\text{rallado}} = \omega \cdot T_{\text{rallado}} \dots\dots\dots(5.3.6.1)$$

$$\text{donde } \omega = \frac{2\pi\eta}{60} \quad (\eta = \text{numero de rpm a las que gira el tambor rallador})$$

$$\eta = 280,00 \text{ rpm}$$

$$\omega = \frac{2\pi(280,00\text{rpm})}{60} \Rightarrow \omega = 29,32\text{rad/s}$$

$$Pot_{\text{rallado}} = (29,32\text{rad/s})(4,0\text{N.m})$$

$$Pot_{\text{rallado}} = 117,4\text{W}$$

La cual es mucho menor que la potencia que llegara a la cadena  $P_{\text{diseño}} = 985,13 \text{ W}$ , con esto se garantiza el rallado de la yuca amarga.

### 5.3.7. Análisis de torsión en el tambor rallador

Este análisis se realiza con el fin de verificar que el tambor rallador no vaya a fallar por la torsión a la que se vera sometido durante el rallado.

Comparación entre tubo abierto y tubo cerrado:

$$\text{espesor } t = 2\text{mm} = 0,002 \text{ m}$$

$$\text{Diametro del tambor rallador } D = 0,2\text{m}$$

$$\Rightarrow d = D - 2t = 0,2 - 2(0,002) \Rightarrow d = 0,196\text{m}$$

$$Pot = 1,32\text{hp}$$

$$n = 280 \text{ rpm}$$

Tubo abierto sin soldar.

#### Ver Anexo C Figura A

Tubo cerrado con soldadura

$$\tau_{\text{max}} = \frac{Tc}{J} \quad \text{donde } c = D/2 = 0,1\text{m}$$

$$y J = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32} = \frac{\pi(0,2^4 - 0,196^4)}{32} \Rightarrow J = 1,2194 \times 10^{-5} \text{m}^4 \dots\dots\dots(5.3.7.4)$$

$$\Rightarrow \tau_{\text{max}} = \frac{(33,5\text{N.m})(0,1\text{m})}{1,2194 \times 10^{-5} \text{m}^4} \Rightarrow \tau_{\text{max}} = 275,2\text{kPa}$$

**Ver Anexo D Figura B**

Estos valores de tensión de esfuerzos de corte por torsión son mucho más pequeños que los valores mínimos que pueden resistir los aceros por lo cual el tambor no fallara por torsión.

**5.3.8. Análisis de tensión por esfuerzo de corte vertical**

Este análisis se realizara para verificar que el tambor rallador no fallará por los esfuerzos de corte a los que se verá sometido por la yuca durante el proceso de rallado

$$\tau_{\max} = \frac{V \cdot Q}{I \cdot T} \dots \dots \dots (5.3.8.1)$$

Donde V: fuerza de corte a lo largo de la longitud total del tambor rallador.

De los ensayos experimentales se tienen que  $V = (3,2\text{kg}) (9,80665\text{m/s}^2)$ , dato del experimento.

Entonces  $V = 31,4\text{N}$

Pero para un tubo de pared delgada se puede aproximar:

$$\tau_{\max} \simeq \frac{2V}{A} \text{ donde } A = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} = \frac{\pi(0,2^2 - 0,196^2)}{4} = 1,24 \times 10^{-3} \text{m}^2$$

$$\tau_{\max} = \frac{2(31,38128\text{N})}{1,2441 \times 10^{-3} \text{m}^2} \Rightarrow \tau_{\max} = 50,5 \text{KPa}$$

Estos valores por esfuerzo de corte vertical son también muchos más pequeños que los valores mínimos que tienen los aceros por lo cual el tambor rallador no fallara por esfuerzo de corte vertical.

### 5.3.9. Análisis de esfuerzos en los Volantes

Este análisis se realizara para verificar que los volantes que unen al tambor rallador con el eje no fallaran por los esfuerzos radiales y tangenciales a los que se vera sometido durante el proceso de rallado

$$D_{\text{ext}}=0,2\text{m} \Rightarrow r_{\text{ext}}=0,1\text{m}=b$$

$$D_{\text{int}}=0,4\text{m} \Rightarrow r_{\text{int}}=0,02\text{m}=a$$

$$\rho=7937\text{kg/m}^3$$

$$\nu=0,3 \text{ (razon de Poisson's para los aceros)}$$

$$\eta=280\text{rpm}$$

$$\omega=\frac{2\pi\eta}{60}=\frac{2\pi(280)}{60}=29,3\text{rad/s}$$

Del Anexo W

$$\sigma_{r,\text{max}}=\frac{\rho\omega^2(3+\nu)(b-a)^2}{8} \text{ el cual ocurre en } r=\sqrt{ab}$$

$$\sigma_{r,\text{max}}=\frac{(7937\text{kg/m}^3)(29,3\text{rad/s})^2(3+0,3)(0,1\text{m}-0,02\text{m})^2}{8}$$

$$\sigma_{r,\text{max}}=18,45\text{kPa}$$

$$\sigma_{t,\text{max}}=\frac{\rho\omega^2}{4}[(3+\nu)b^2+(1-\nu)a^2] \text{ el cual ocurre en } r=a$$

$$\sigma_{t,\text{max}}=\frac{(7937\text{kg/m}^3)(29,3215\text{rad/s})^2}{4}[(3+0,3)(0,1\text{m})^2+(1-0,3)(0,01905\text{m})^2]$$

$$\sigma_{t,\text{max}}=56,7\text{kPa}$$

Estos valores por esfuerzo radial y tangencial, son también mucho más pequeños que los valores mínimos que tienen los aceros por lo cual los volantes no fallaran por estos esfuerzos.

**5.3.10. Peso del tambor rallador***Peso y volumen del tambor:*

Tambor (w.D)= (0,5m) (0,2m)

Acero AISI 304

$$\rho = 7,7 \text{ g/cm}^3$$

e = 1,98 mm (espesor de la lámina)

$$s = 2\pi r \text{ (longitud circular)}$$

$$\text{Entonces } s = 2\pi(0,2)/2 = 0,6283 \text{ m}$$

$$\text{Vol} = w.s.e = (0,5)(0,6283) (0,00198) = 0,000622017\text{m}^3 = 622 \text{ cm}^3 \dots\dots\dots(5.3.10.1)$$

$$m = \rho.\text{Vol} = (7,7 \text{ g/cm}^3)( 870,8238\text{cm}^3) = 4789,5\text{g} = 4,80 \text{ kg} \dots\dots\dots(5.3.10.2)$$

$$P = m.g = (4,7895 \text{ kg.})(9,80665\text{m/s}^2) = 46,9 \text{ N} \dots\dots\dots (5.3.10.3)$$

**5.3.11. Peso de los volantes:**

Volante:

Acero AISI 316

$$\rho = 7,937 \text{ g/cm}^3$$

e = 6,35 mm (espesor de la lámina)

$$m = \rho*\text{Vol} = \rho.e.A = \rho.e.\frac{\pi D^2}{4} = (7937\text{Kg/m}^3)(0,00635\text{m})\frac{\pi(0,4)^2}{4} = 6,3\text{Kg}$$

De la ecuación ( 5.3.10.3) tenemos que P= 62,1 N.

**5.3.12. Peso del Eje:**

Eje:

ASI 1045

Peso Teórico: 7,51 kg./m

$$L = 0,65\text{m} \quad (\text{Longitud del eje})$$

$$m = \text{peso teórico} \quad L = (7,51 \text{ kg./m}) (0,65\text{m}) = 4,9\text{kg}$$

$$W = 47,8 \text{ N.}$$

### 5.3.13. Diseño del Eje.

Para el diseño del eje se utilizara un acero AISI 1045 cuyas propiedades son:  
 $S_y = 310 \text{ MPa}$  y  $S_{ut} = 570 \text{ MPa}$

$V = 31.4 \text{ N}$  (fuerza de corte a lo largo de la longitud total del tambor rallador)

El eje gira a 280 r.p.m.

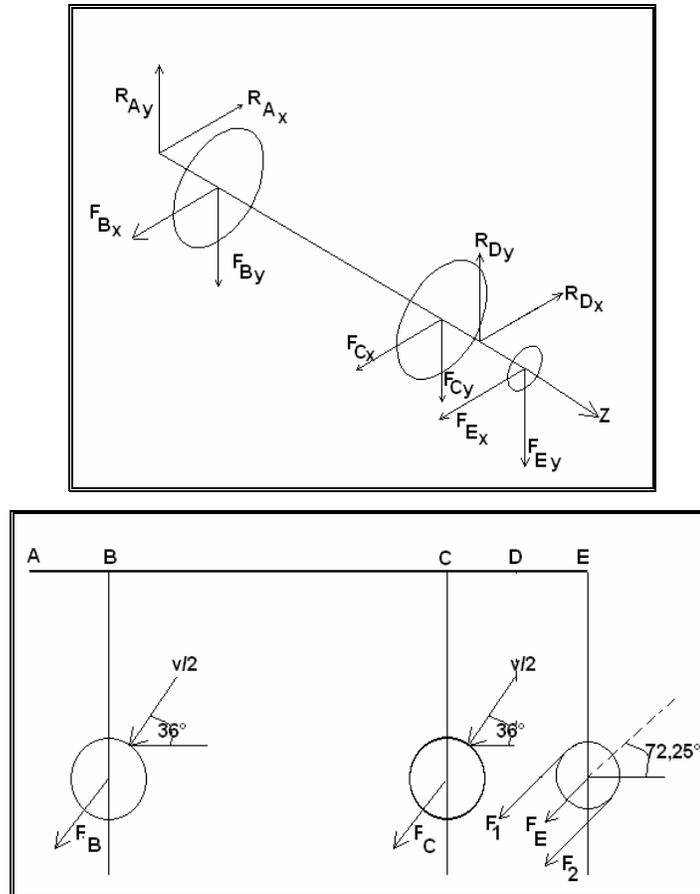


Figura #26. Orientación de los elementos B, C y E según desde el extremo derecho del eje.

(Fuente: Los Autores)

#### *Distribución del Torque en el Eje:*

La potencia llega al eje en E, por medio de la rueda dentada o rache de bicicleta, por consiguiente se puede observar que transmite 1,32 hp a lo largo del eje desde E hasta A.

$$T_E = 63000 \left( \frac{\text{hp}}{\text{n}} \right) = 63000 \left( \frac{1,32 \text{ hp}}{280 \text{ rpm}} \right)$$

$$\Rightarrow T_E = 297 \text{ lbf.pulg}$$

$$\Rightarrow T_E = 33,5 \text{ N.m}$$

*Fuerzas en la rueda dentada E:*

$$F_E = T_E / \left( \frac{D_E}{2} \right) = 33,556 \text{ N.m} / \left( \frac{0,0731}{2} \right) \Rightarrow F_E = 918,1 \text{ N}$$

Esta es la carga, de la carga de flexión en el eje y sus componentes son:

$$F_{E_x} = 914,5434 \text{ Cos}(28,3^\circ) = 805,2 \text{ N}$$

$$F_{E_y} = 914,5434 \text{ Sen}(28,3^\circ) = 433,6 \text{ N}$$

*Fuerzas en los volantes C y B:*

La fuerza ejercida en las volantes es la resultante de la fuerza ejercida por la yuca en el tambor rallador, esta fuerza será:

$$V_B = V_C = \frac{V}{2} = \frac{31,381 \text{ N}}{2} = 15,7 \text{ N}$$

cuyas componentes son:

$$V_{B_x} = V_{C_x} = 15,6905 \text{ N} \cdot \text{Cos}(36^\circ) = 12,7 \text{ N}$$

$$V_{B_y} = V_{C_y} = 15,6905 \text{ N} \cdot \text{Sen}(36^\circ) = 9,2 \text{ N}$$

$$\sum F_X = 0 \Rightarrow V_{B_x} = V_{C_x} = F_{B_x} = F_{C_x} = 12,7 \text{ N}$$

$$\sum F_Y = 0 \Rightarrow V_{B_y} = V_{C_y} = F_{B_y} = F_{C_y} = 9,2 \text{ N}$$

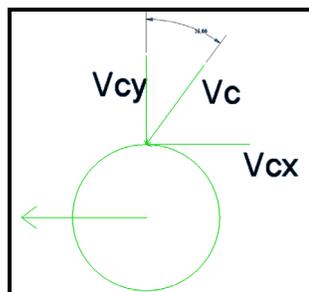
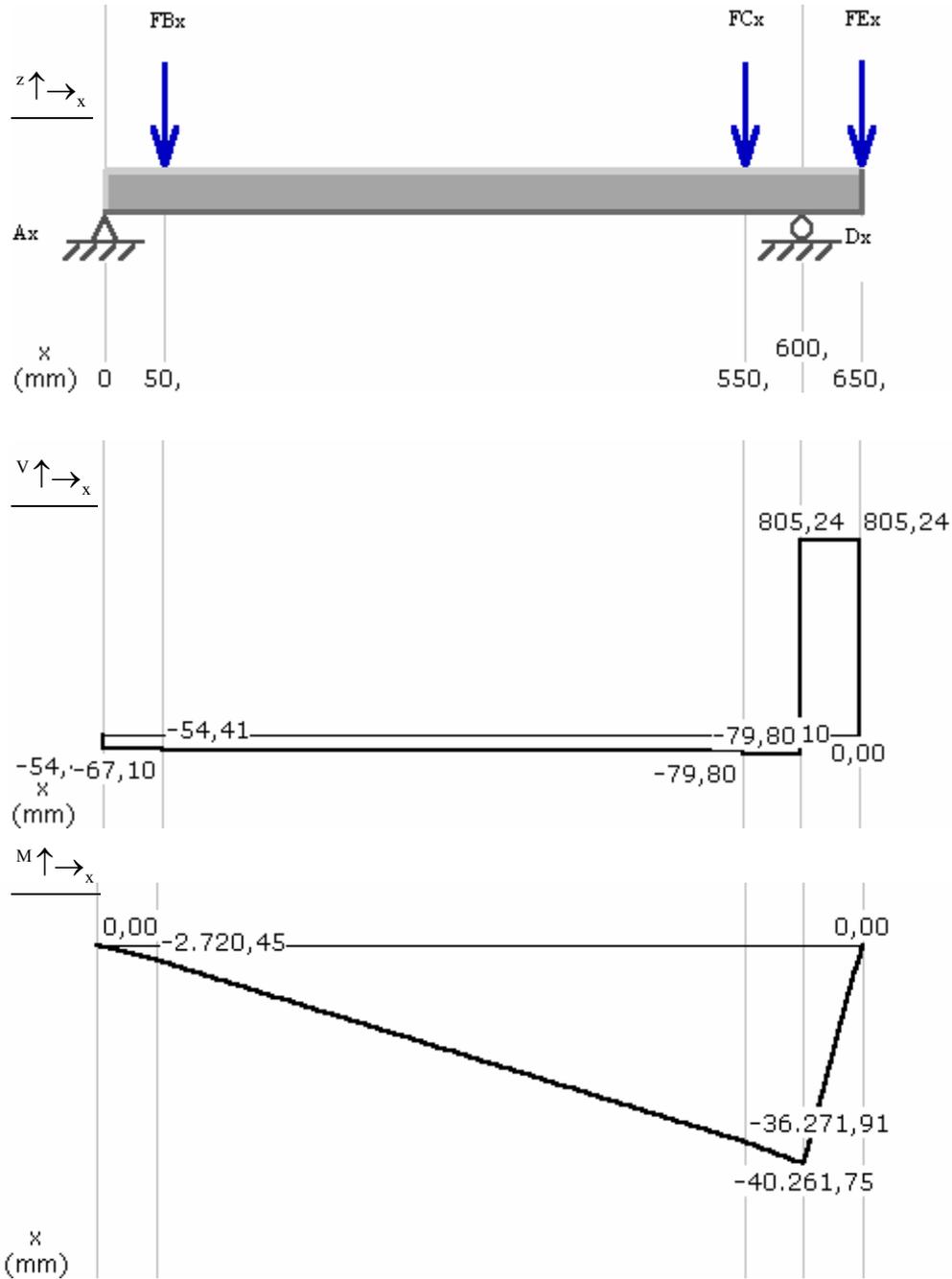


Figura #27. Esquema de distribución de fuerza en los volantes (Fuente: Los Autores)

*Cálculo de las reacciones, momentos y fuerzas cortantes en el eje:*

**Diagrama Esfuerzo Cortante y Momento Flector.**

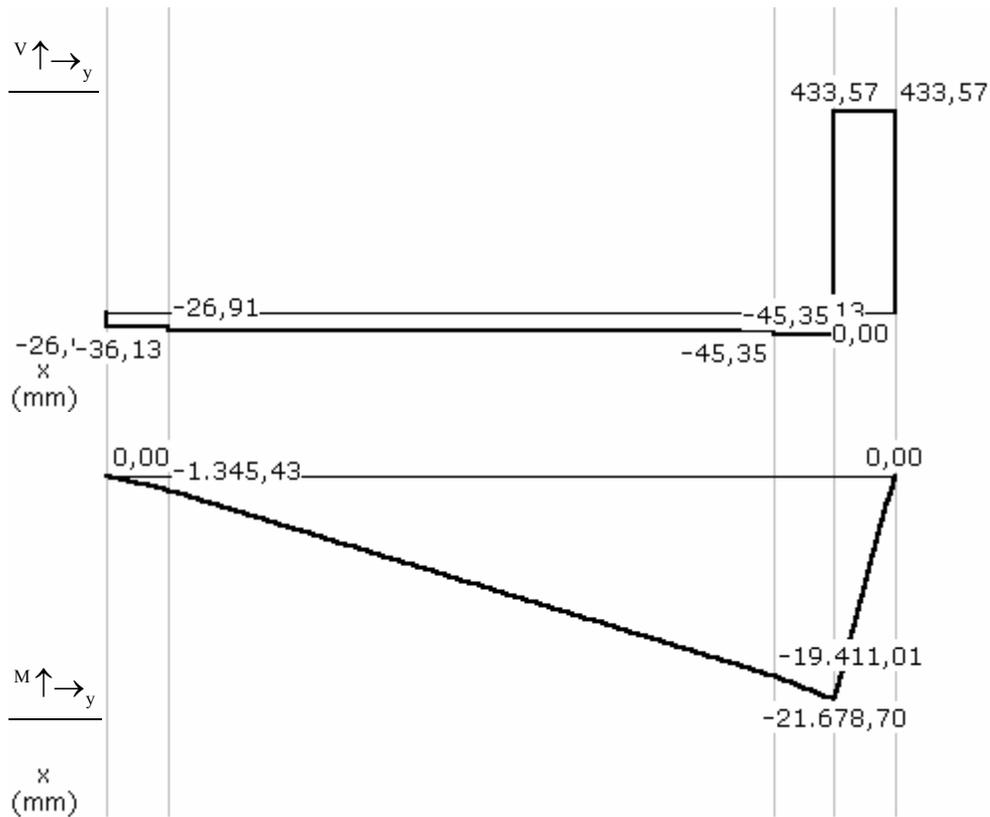


Los valores de x están en mm, fuerzas de corte (V) en N y momentos (M) en N.mm

**Diagrama de cuerpo libre Plano YZ:**



**Diagrama Esfuerzo Cortante y Momento Flector.**



Los valores de  $x$  están en mm, fuerzas de corte (V) en N y momentos (M) en N.mm

*Cálculo de los diámetros del eje:*

Resistencia modificada por durabilidad:

$$S'_n = S_n C_s C_R \dots \dots \dots (5.3.13.1)$$

Donde  $S_n$ : resistencia por durabilidad

**Utilizando del Anexo D la Figura C** (eje maquinado)

$$\Rightarrow S_n = 220 \text{Mpa}$$

$C_s$  = Factor de tamaño para diseño de ejes

**Utilizando del anexo E la figura D**

$$C_s = 0,85$$

$C_R$ : factor de confiabilidad

Si se desea una confiabilidad de 0,99 entonces utilizando del **Anexo E Tabla C**

$$C_R = 0,81$$

$$S'_n = (220)(0,85)(0,81) \Rightarrow S'_n = 151,47 \text{Mpa}$$

Para el cálculo de los diámetros del eje se utilizará una ecuación de diseño con base en el supuesto de que el esfuerzo o tensión por flexión en el eje es sucesivo e inverso conforme gira el eje, pero que la tensión por esfuerzo de corte por torsión es casi uniforme. **Ver Anexo E Figura E.**

El método para el diseño del eje a usar es el de la *teoría de la falla por distorsión de la energía* dado a la condición de carga combinada:

$$D = \left[ \frac{32N}{\pi} \sqrt{\left( \frac{K_t M}{S'_n} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{T}{S_y} \right)^2} \right]^{1/3} \dots \dots \dots (5.3.13.2)$$

Punto A: este punto es un asiento del cojinete y aquí no hay torque o momento de flexión, sin embargo hay una fuerza de corte vertical igual a la reacción en el cojinete.

$$V_A = \sqrt{V_{Ax}^2 + V_{Ay}^2} = \sqrt{(-54,41)^2 + (-26,91)^2} \Rightarrow V_A = 60,70N$$

La tensión por esfuerzo de corte vertical para un eje circular sólido es:

$$\tau = \frac{4V}{3A} \dots\dots\dots(5.3.13.3)$$

siendo A el area que se requiere para el eje y  $\tau = \tau_d$  la tension de diseño por esfuerzo de corte

$$\tau_d = 0,577 \frac{S_y}{N} \dots\dots\dots(5.3.13.4)$$

Donde N es el factor de diseño que para condiciones industriales típicas se sugiere  
N = 3

$$\tau_d = 0,577 \frac{(310MPa)}{3} = 59,62MPa$$

$$A = \frac{4(60,7N)}{3(59,6233MPa)} \Rightarrow A = 1,36 \times 10^{-6} m^2$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4(1,35743 \times 10^{-6} m^2)}{\pi}}$$

$$d_1 = 0,0013147m = 1,3mm$$

Punto B: en este punto se ubica el volante con un chaflán de bordes cortantes a la izquierda y a la derecha un cuñero de perfil en el volante y una ranura para anillo de sujeción.

$$M_B = \sqrt{M_{Bx}^2 + M_{By}^2} = \sqrt{(-2,72045)^2 + (-1,34543)^2} \Rightarrow M_B = 3,03N$$

A la izquierda de B (Chaveta de perfil;  $K_f = 2,0$ )

$$d_2 = \left[ \frac{32(3)}{\pi} \sqrt{\left( \frac{(2,0)(3,0345)}{151,47 \times 10^6} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{33,556}{310 \times 10^6} \right)} \right]^{1/3}$$

$$d_2 = 1,4605 \times 10^{-2} m = 14,6mm$$

A la izquierda de B (Anillo de sujeción;  $K_f=3,0$ )

$$d_2 = 0,015041\text{m}=15,04\text{mm}$$

A la derecha de B (Chaflán con bordes cortantes;  $K_f=2,5$ )

$$d_2 = 0,01481\text{m}=14,81\text{mm}$$

Usaremos para el diseño el valor más alto:  $d_2 = 0,015041\text{m}=15,04\text{mm}$

Punto C: en este punto se ubica el otro volante con un chaflán de bordes cortantes a la derecha y a la izquierda un cuñero de perfil en el volante y una ranura para anillo de sujeción.

$$M_C = \sqrt{M_{C_x}^2 + M_{C_y}^2} = \sqrt{(-36,2719)^2 + (-19,4110)^2} \Rightarrow M_C = 41,14\text{N}$$

A la izquierda de C (Chaflán con bordes cortantes;  $K_f=2,5$ )

$$d_4 = 0,027565\text{m}=27,56\text{mm}$$

A la derecha de C (Chaveta de perfil;  $K_f=2,0$ )

$$d_4 = 0,025634\text{m}=25,63\text{mm}$$

A la derecha de C (Anillo de sujeción;  $K_f=3,0$ )

$$d_4 = 0,029264\text{m}=29,26\text{mm}$$

Usaremos para el diseño el valor más alto:  $d_4 = 0,029264\text{m}=29,26\text{mm}$

Punto D: este es el lugar que servirá de asiento al otro cojinete:

$$M_D = \sqrt{M_{Dx}^2 + M_{Dy}^2} = \sqrt{(-40,2617)^2 + (-21,6787)^2} \Rightarrow M_C = 45,72\text{N}$$

Como no habrá ningún concentrador de esfuerzo  $K_f = 1,0$

$$d_5 = 0,021297\text{m} = 21,30\text{mm}$$

Punto E: este es el lugar donde se colocara la rueda dentada o rache por donde entra la potencia proveniente de la bicicleta a través de la cadena, en este punto no hay momento flector.

$$d_6 = 0,0142021\text{m} = 14,20\text{mm}$$

Siendo este diámetro mucho menor que el requerido que es el diámetro interno del rache que es 34 mm, con lo que se puede asegurar que el eje no fallara en este punto.

**Tabla #19. Registros de Diámetros finales.**

Parte	# Diámetro	Diámetro	Diámetro especificado
Cojinete (Punto A)	D <sub>1</sub>	1,31mm	35 mm
Volante (Punto B)	D <sub>2</sub>	15,04mm	35 mm
Nada	D <sub>3</sub>	> 29,26mm	$1^{3/4} = 38,1\text{mm}$
Volante (Punto C)	D <sub>4</sub>	29,26mm	35 mm
Cojinete (Punto D)	D <sub>5</sub>	21,30mm	35 mm
Rache (Punto E)	D <sub>6</sub>	14,20mm	34 mm

(Fuente: Los Autores)

### 5.3.14. Transmisión de la potencia por medio del motor eléctrico hasta el tambor rallador:

En este apartado se estudiara la transmisión de la potencia desde un motor eléctrico hasta el tambor rallador por medio de una banda en V.

### 5.3.14.1. Cálculo del diámetro de la polea acanalada en el eje del tambor rallador:

Este diámetro se calculara para proveer el torque necesario al eje del tambor rallador de manera que el eje no vaya a fallar.

Motor: 0.5 Hp = 373 W

$$\eta_{\text{motor}} = 1800$$

Diámetro polea en el eje del motor = 2"

$$\eta_{\text{eje ralladora}} = 280$$

$$\frac{D_s}{D_e} = \frac{n_e}{n_s} \Rightarrow D_s = \frac{n_e}{n_s} \cdot D_e$$

$$\Rightarrow D_s = \frac{1800}{280} \cdot 2" \Rightarrow D_s = 12,85" = 0,3265\text{m}$$

Se selecciona un diámetro nominal de 14 Pulg. (0,35 m)

Ahora tenemos que verificar que con este diámetro se suministrara el torque y la potencia necesaria de rallado así como la fuerza tal que no supere la fuerza de entrada con que fue diseñada el eje.

$$T = \frac{\text{Pot.} \cdot 9,55}{\eta_s} = \frac{2 \cdot 12,72\text{Nm}}{280} = 12,72\text{Nm}$$

el cual es mayor al torque minimo necesario de rayado que es:

$$T_{\text{rayado}} = 4\text{Nm}$$

y

$$F = \frac{2T}{D_s} = \frac{2 \cdot 12,72\text{Nm}}{0,3625\text{m}} = 77,9\text{N}$$

el cual es menor a la fuerza con que fue diseñada el eje en el punto de entrada E

$$F_E = 918,1\text{N}$$

### 5.3.14.2. Cálculo de la banda en V o trapecial que va desde el motor eléctrico hasta el tambor rallador:

Primero se calculara el ángulo que forma la cadena con el plano horizontal:

$$\tan\theta = \frac{0,7}{1,3} \Rightarrow \theta = \arctan\left(\frac{0,7}{1,3}\right) \Rightarrow \theta = 28,30^\circ$$

Del Anexo B, Tabla A, usaremos un FS = 1.3 (Factor de Servicio), se toma este valor porque se usa un motor eléctrico y choque moderado.

6. Potencia de diseño =  $1,3(0,5) = 0,65$  Hp

7. De la tabla H del Anexo Y se selecciona una banda de sección A

8. La distancia entre centros nominal debe ser:

$$C = 0,795 \text{ m} = 31,30 \text{ pulg.}$$

Entonces la longitud de la banda será:

$$L = 2C + 1,57 \cdot ((D_s + D_e)) + \frac{(D_s - D_e)^2}{4C} \dots\dots\dots(5.3.14.2.1)$$

$$\Rightarrow L = 2(31,30) + 1,57 \cdot ((14,0 + 2,0)) + \frac{(14,0 - 2,0)^2}{4(31,30)} = 88,87 \text{ pulg}$$

de la tabla I del anexo Y se selecciona el tamaño estandar mas proximo, el A90

Recalculando la distancia entre centros:

$$\Rightarrow 90,0 = 2(C) + 1,57 \cdot (14,0 + 2,0) + \frac{(14,0 - 2,0)^2}{4(C)} \Rightarrow C = 31,88 \text{ pulg}$$

9. De la tabla J del Anexo Y con una sección de banda A, la longitud de paso de la banda será 91,3 pulg.

10. la velocidad de desplazamiento de la banda es:

$$V = \frac{\pi D_e \eta}{12} = \frac{\pi(2 \text{ pulg})(1800)}{12} = 942,5 \text{ pie/min} \dots\dots\dots(5.3.14.2.2)$$

11. La potencia nominal de la banda se obtiene de la tabla K Anexo Z:

Para una banda A con  $V = 942,5$  pie/min entonces:

$$\text{Potencia nominal de la banda} = 0,47 \text{ Hp}$$

12. El ángulo de contacto de la polea menor será:

$$\theta = \pi - 2 \arcsen\left(\frac{D_s - D_e}{2C}\right) \dots\dots\dots (5.3.14.2.3)$$

$$\Rightarrow \theta = \pi - 2 \arcsen\left(\frac{14-2}{2 \cdot (31,88)}\right) = 2,763 \text{ rad} = 114,6^\circ$$

De la figura del Anexo Y se obtiene un Factor de corrección  $K_1=0,85$

El factor de corrección por longitud de banda se obtiene usando la tabla del anexo Y:

$K_2=1,05$

13. La potencia corregida por banda es:

$$(0,85)(1,05)(0,47) = 0,42 \text{ hp} \dots\dots\dots (5.3.14.2.4)$$

14. El número de bandas requerido es

$$N = \frac{0,65}{0,42} = 1,54$$

### 5.3.15. Selección de los rodamientos

Suponiendo que el eje esta sometido solo a cargas radiales, ya que la cadena esta colocada en forma perpendicular al eje.

Carga de diseño o carga equivalente  $C_{eq}$ :

$C_{eq} = V_R \cdot R$  donde  $R$  es la fuerza radial y  $V_R$  es el factor de rotación.

Para el punto A y D la pista de rodamientos interna es la que gira, por lo tanto

$$V_R = 1,0.$$

Punto A:

$$C_{eq} = V_R \cdot R_A \text{ donde } R_A = V_{RA} = 60,7 \text{ N}$$

$$\Rightarrow C_{eq} = (1,0)(60,7 \text{ N}) = 60,7 \text{ N}$$

Diámetro mínimo aceptable de la flecha que limitara el tamaño del diámetro interno del cojinete: **D = 35 mm**

*Selección del tipo de cojinete:*

**Del Anexo F Tabla D** se usaran rodamientos de bola de hilera única, ranura profunda.

*Vida de diseño del cojinete:*

Utilizando **Del Anexo F Tabla E**, se elige una  $L_h = 30000$  horas

Especificación básica de la carga dinámica que se requiere:

$$C_i = C_{eq} \left( \frac{L_D}{10^6} \right)^{1/k} \text{ donde } L_D = (L_h)(\text{rpm}) \left( \frac{60 \text{ min}}{\text{h}} \right) \dots \dots \dots (5.3.15.1)$$

$$\Rightarrow L_D = (30000)(280) \left( \frac{60 \text{ min}}{\text{h}} \right) = 5,04 \times 10^8 \text{ rev}$$

$$\Rightarrow C_i = (60,7 \text{ N}) \left( \frac{5,04 \times 10^8 \text{ rev}}{10^6} \right)^{1/3} = 484,33 \text{ N}$$

Del catálogo SKF con un valor de carga dinámica  $C_D > C_i$  y  $C_O > C_{eq}$ , además del diámetro mínimo requerido en el eje, seleccionamos:

YET 207 el cual es un rodamiento Y con anillo de fijación excéntrico. (**Anexo G**).

Determinación según el fabricante de las condiciones de montaje del rodamiento

Del **Anexo H** se selecciono un soporte SY 507 M el cual es un soporte de pie con rodamiento Y, hecho en fundición que utiliza 2 pernos de 12 mm de diámetro para fijarse en la estructura.

También se puede pedir la unidad completa que incluye el soporte con rodamiento Y, con la designación SY 35 FM

Para el punto D:

$$\Rightarrow V_D = \sqrt{V_{Dx}^2 + V_{Dy}^2} = \sqrt{(805,24)^2 + (433,57)^2} \Rightarrow V_D = 914,6 \text{ N}$$

$$C_{eq} = V_R \cdot R_D \text{ donde } R_D = V_{RD} = 914,6N$$

$$\Rightarrow C_{eq} = (1,0)(914,546N) = 914,6N$$

Diámetro mínimo aceptable de la flecha que limitara el tamaño del diámetro interno del cojinete:

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

*Selección del tipo de cojinete:*

**Del anexo I tabla F** se usaran rodamientos de bola de hilera única, ranura profunda.

*Vida de diseño del cojinete:*

Utilizando el **Anexo F Tabla E**, se elige una  $L_h = 30.000$  horas

Especificación básica de la carga dinámica que se requiere:

$$C_i = C_{eq} \left( \frac{L_D}{10^6} \right)^{1/k} \text{ donde } L_D = (L_h)(\text{rpm}) \left( \frac{60 \text{ min}}{\text{h}} \right)$$

$$\Rightarrow L_D = (30000)(280) \left( \frac{60 \text{ min}}{\text{h}} \right) = 5,04 \times 10^8 \text{ rev}$$

$$\Rightarrow C_i = (914,546N) \left( \frac{5,04 \times 10^8 \text{ rev}}{10^6} \right)^{1/3} = 7278,10N$$

Del catálogo SKF con un valor de carga dinámica  $C_D > C_i$  y  $C_O > C_{eq}$ , además del diámetro mínimo requerido en el eje, seleccionamos:

**YET 207** el cual es un rodamiento Y con anillo de fijación excéntrico. **(Figura del Anexo G).**

Determinación según el fabricante de las condiciones de montaje del rodamiento

De la **figura del Anexo H** se selecciono un soporte SY 507 M el cual es un soporte de pie con rodamiento Y, hecho en fundición que utiliza 2 pernos de 12 mm de diámetro para fijarse en la estructura.

También se puede pedir la unidad completa que incluye el soporte con rodamiento Y, con la designación SY 35 FM

### 5.3.16. Cálculo de la cuña

Del **Anexo I, la Tabla F** se sabe que:

$$d=35\text{mm} \approx 1,38''$$

Y para diámetros nominales de más de  $1\frac{3}{8}''$  (1,375") hasta  $1\frac{1}{4}''$  (1,25") se recomienda una chaveta cuadrada con un espesor  $W_c = \frac{3}{8}''$  y altura  $H_c = \frac{3}{8}''$

Para el material de la cuña se utilizara un acero AISI 1020 HR que es un acero rolado en caliente, el cual posee una resistencia máxima a la tracción  $S_{ut}=380$  MPa y una resistencia a punto cedente  $S_y = 210$  MPa la cual es una resistencia y ductilidad adecuada.

Verificando los valores de resistencia a punto cedente  $S_y$  de los 3 materiales con que están hechos la cuña ( $S_y = 210$  MPa), el eje ( $S_y = 310$  MPa) y el volante ( $S_y = 241$  MPa) vemos que es menor el de la cuña, y con esto se garantiza que sea la cuña la que falle antes que el eje y el volante, que es lo que se desea.

#### *Longitud de la cuña:*

Como se esta utilizando una cuña cuadrada y el material con que esta hecha tiene la resistencia más baja, entonces la longitud mínima que se requiere para la cuña será:

$$L_c = \frac{4TN}{DW_c S_y} \dots\dots\dots(5.3.16.1)$$

donde  $T=33,556\text{Nm}$ ,  $N=3$  (para aplicaciones industriales típicas)

$$D=0,035\text{m}; W_c = \frac{3}{8}'' = 0,009525\text{m}$$

$$\Rightarrow L_c = \frac{4(33,556\text{Nm})(3)}{(0,035\text{m})(0,009525\text{m})(210\text{Mpa})} \Rightarrow L_c = 5,752 \times 10^{-3} \text{m} = 5,75\text{mm}$$

**$L_c$  seleccionado = 5,8 mm.**

*Dimensiones del Cuñero.*

**Ver Anexo J Figura F**

*Altura de la cuerda Y:*

$$Y_c = \frac{D - \sqrt{D^2 - W_c^2}}{2} \dots\dots\dots(5.3.16.2)$$

$$Y_c = \frac{(0,035\text{m}) - \sqrt{(0,035\text{m})^2 - (0,009525\text{m})^2}}{2} \Rightarrow Y_c = 0,7\text{mm}$$

*Profundidad del cuñero del eje  $S_c$ :*

$$S_c = D - Y_c - \frac{H_c}{2} \dots\dots\dots(5.3.16.3)$$

$$S_c = (0,035\text{m}) - (6,605 \times 10^{-4} \text{m}) - \frac{(0,009525\text{m})}{2} \Rightarrow S_c = 29,58\text{mm}$$

**$S_c$  seleccionado = 29,6 mm**

*Profundidad del cuñero de la masa  $T_c$ :*

$$T_c = D - Y_c + \frac{H_c}{2} + C \dots\dots\dots(5.3.16.4)$$

$$T_c = (0,035\text{m}) - (6,605 \times 10^{-4} \text{m}) + \frac{(0,009525\text{m})}{2} + 0,000127\text{m} = 0,040\text{m}$$

**$T_c$  seleccionado = 39 mm.**

**5.3.17. Análisis de la duración del eje:**

En este apartado se estudiara la resistencia del eje bajo la acción de cargas de fatiga, para ver en caso de que no tenga vida infinita el eje cuanto va a durar sin fallar, se trabajara en el punto donde el eje presenta el mayor momento, que es el punto D.

$$S_y = 310 \text{ MPa y } S_{ut} = 570 \text{ MPa}$$

Límite de resistencia a la fatiga del elemento mecánico:

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e S'_e \dots\dots\dots (5.3.17.1)$$

Límite de resistencia a la fatiga de la muestra de eje rotatorio ( $S'_e$ ):

$$S'_e = \begin{cases} 0,504 S_{ut} & S_{ut} \leq 200 \text{ kpsi} (1400 \text{ MPa}) \\ 100 \text{ kpsi} & S_{ut} > 200 \text{ kpsi} \\ 700 \text{ MPa} & S_{ut} > 1400 \text{ MPa} \end{cases} \dots\dots\dots (5.3.17.2)$$

Como  $S_{ut} \leq 1400 \text{ MPa}$  entonces:

$$\Rightarrow S'_e = 0,504(570 \text{ MPa}) = 287,28 \text{ MPa}$$

Factor de superficie  $k_a$ :

$$k_a = a S_{ut}^b \dots\dots\dots (5.3.17.3)$$

Utilizando la tabla L Anexo Z para un eje con acabado rectificado:

$$\Rightarrow k_a = (1,58)(570)^{-0,085} = 0,921$$

Factor de tamaño  $k_b$ :

$$k_b = \begin{cases} \left( \frac{d}{0,3} \right)^{-0,1133} & \text{pulg} \quad 0,11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ \left( \frac{d}{7,62} \right)^{-0,1133} & \text{mm} \quad 2,79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \end{cases} \dots\dots\dots (5.3.17.4)$$

Como en el punto D el diámetro  $d = 35 \text{ mm}$  entonces

$$\Rightarrow k_b = \left( \frac{35}{7,62} \right)^{-0,1133} = 0,841$$

Factor de carga  $k_c$ :

$$k_c = \begin{cases} 0,923 & \text{carga axial } S_{ut} \leq 220\text{kpsi}(1520\text{MPa}) \\ 1 & \text{carga axial } S_{ut} > 220\text{kpsi}(1520\text{MPa}) \\ 1 & \text{flexion} \\ 0,577 & \text{torsion y cortante} \end{cases} \dots\dots\dots (5.3.17.5)$$

Como el eje esta sometido a torsión y a esfuerzos cortantes:

$$\Rightarrow k_c = 0,577$$

Factor de temperatura  $k_d$ :

Como se va a utilizar el eje a temperatura ambiente entonces:

$$k_d = 1$$

Factor de efectos diversos  $k_e$ :

$$k_e = \frac{1}{k_f} \dots\dots\dots (5.3.17.6)$$

$$\text{Donde } k_f = 1 + q(k_t - 1) \dots\dots\dots (5.3.17.7)$$

Usando la **figura I Anexo BB**, entrando con los valores en mm:

$$\frac{D}{d} = \frac{38}{35} = 1,086 \text{ y } \frac{r}{d} = \frac{3}{35} = 0,086 \text{ Se obtiene un } k_t = 1,65$$

Y de la **figura H, Anexo Z** entrando con  $r=3\text{mm}=0,118\text{pulg}$  (radio de muesca) y  $S_{ut} = 570 \text{ MPa}$  entonces  $q=0,75$ .

$$\text{Entonces } k_f = 1 + 0,75(1,65 - 1) = 1,4875$$

$$\Rightarrow k_e = \frac{1}{1,4875} = 0,672$$

$$\text{Entonces } S_e = (0,921) (0,841) (0,577) (1) (0,672) (287,28) = 86,28\text{MPa}$$

El módulo de sección es:

$$\frac{I}{c} = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{\pi (3,5\text{cm})^3}{32} = 4,209\text{cm}^3$$

En consecuencia el esfuerzo por flexión es:

$$\sigma = \frac{M}{I/c} = \frac{45,72 \text{ N.m}}{4,209 \text{ cm}^3} = 10,862 \text{ MPa}$$

Este esfuerzo es menor que el límite de resistencia a la fatiga, por lo que el eje tendrá una duración infinita.

### 5.3.18. Selección de la Estructura del Sistema de Rallado

En este apartado se realizara el análisis de la estructura que sostendrá a todos los componentes que conforman el sistema de rallado.

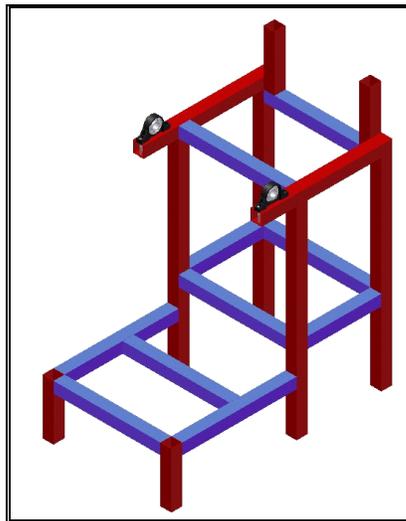
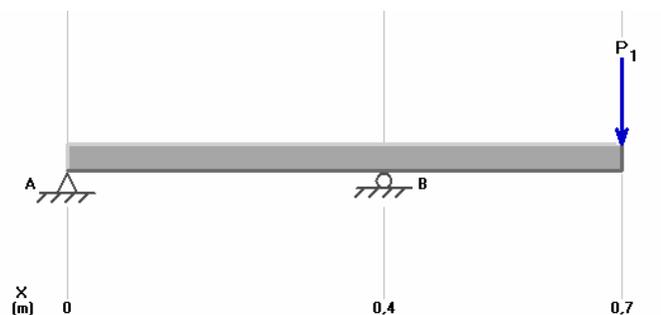


Figura # 28. Esquema de la estructura del sistema rallador. (Fuente: Los Autores).

En la siguiente figura se representa la parte de la estructura donde se apoyan los cojinetes, es decir la horizontal superior la cual es la que se encuentra sometida a la mayor carga que presenta el sistema rallador.



Donde  $P_1 = 13 \text{ kgf}$ , es la carga debido al peso del tambor rallador y sus componentes.

Tenemos que  $R_A + R_B - 13 = 0$ .

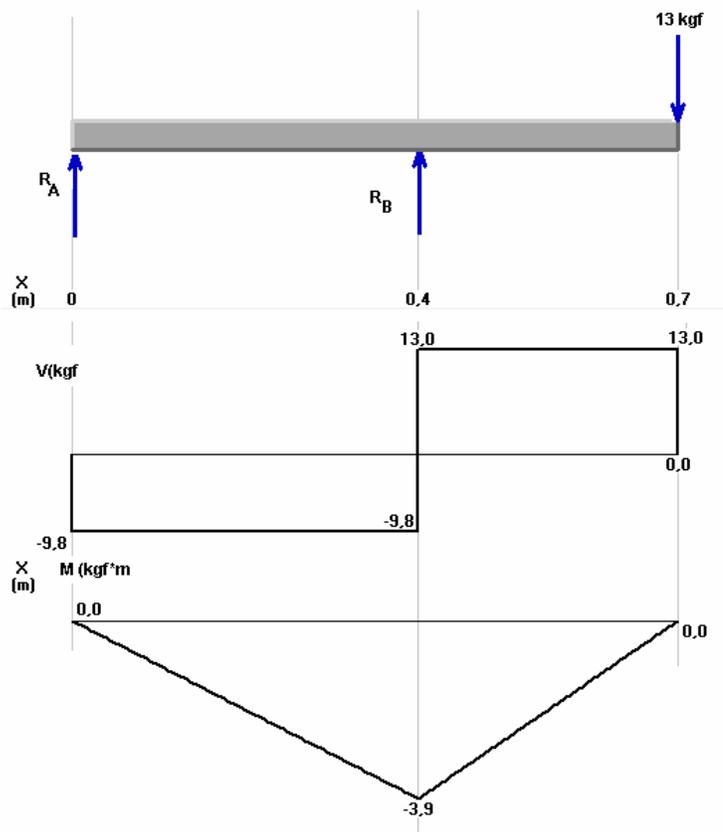
Aplicando Momentos en A, tenemos:

$$M_A = 0. (0,4)R_B - (0,7) P_1 = 0.$$

Nos queda:  $R_B = 22,75 \text{ kgf}$ .

$$R_A = -9,75 \text{ kgf}.$$

### Diagrama de Fuerza Cortante y Momento Flector



Asumiendo un factor de seguridad de 2 y con un momento flector máximo de  $3,9 \text{ kgf} \cdot \text{m} = 390 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$ , y con un  $F_x = 3.515 \text{ kgf/cm}^2$ .

$$S_x = \frac{M_{Máx} * \psi}{F_x} \dots\dots\dots (5.3.18.1)$$

Dádonos un  $S_x=0,3 \text{ cm}^3$ .

Para la construcción de esta estructura se selecciono una tubería estructural cuadrada ASTM-A 500-Grado C, de 60 x 60 mm, ya que sus dimensiones son las idóneas para colocar los cojinetes y además tiene un módulo de sección de  $9,26 \text{ cm}^3$ .

Verificamos por teoría de falla:

$$\frac{M_{Máx}}{S_x} \leq \frac{F_x}{\psi} \dots\dots\dots (5.3.18.2)$$

$$42,11 \text{ kgf/cm}^2 < 1758 \text{ kgf/cm}^2 \dots\dots\dots \text{Se verifica}$$

#### 5.4. Cálculos del Sistema de Prensado.

En este apartado se estudiaran los diversos componentes que conforman el sistema de prensado, y las fuerzas a la que están sometidos, de manera que no vayan a ocurrir fallas.

##### 5.4.1. Cálculos del Sistema Hidráulico.

Aquí se analizara el gato hidráulico a utilizar en el Equipo de Prensado.

Tomando una Carga Aplicada promedio obtenida de los ensayos anteriores.

$$(F)=2.000 \text{ kgf.}$$

$$\text{Masa (m)}= 1 \text{ kg.}$$

$$\text{Altura Inicial (A}_0)= 5 \text{ cm.}$$

$$\text{Altura Promedio Final (A}_f)= 2,3 \text{ cm.}$$

$$\text{Volumen promedio (Vol)}= 950 \text{ cm}^3 \text{ (0,950 lts).}$$

$$\text{Desplazamiento (z)}= A_0-A_f \dots\dots\dots (5.4.1.1)$$

$$z= (5-2,3) \text{ cm}= 2,7 \text{ cm (0,027 m).}$$

$$\text{Tensión (T}_E)= F*z \dots\dots\dots (5.4.1.2)$$

$$T_E = 2.000 \text{ kgf} * 0,027 \text{ m} = 54 \text{ kgf*m.}$$

$$\text{Energía de Compactación } (E_c) = \frac{T_E}{Vol} \dots\dots\dots (5.4.1.3)$$

$$(E_c) = \frac{54 \text{ kgf} \cdot \text{m}}{950 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3} = 56,8 \cdot 10^3 \text{ kgf} / \text{m}^2$$

Energía de compactación de 100 kg. de Yuca Amarga el cual ocuparían un volumen de 95 lts.

$$56,8 \text{ ton} \rightarrow 100 \text{ lts}$$

$$X \quad \rightarrow 95 \text{ lts}$$

$$X = 5,4 \text{ ton.}$$

Nota: Verificamos la norma **COVENIN 3082:97 (Anexo L)** seleccionamos un Gato de Botella de 8 toneladas.

#### **5.4.2. Cálculos de la Estructura del Sistema de Prensado.**

La siguiente figura nos muestra la forma que va a tener el sistema de prensado de la yuca previamente rallada, este plano preliminar nos permite ver como van a estar sometidas las diferentes partes del sistema.

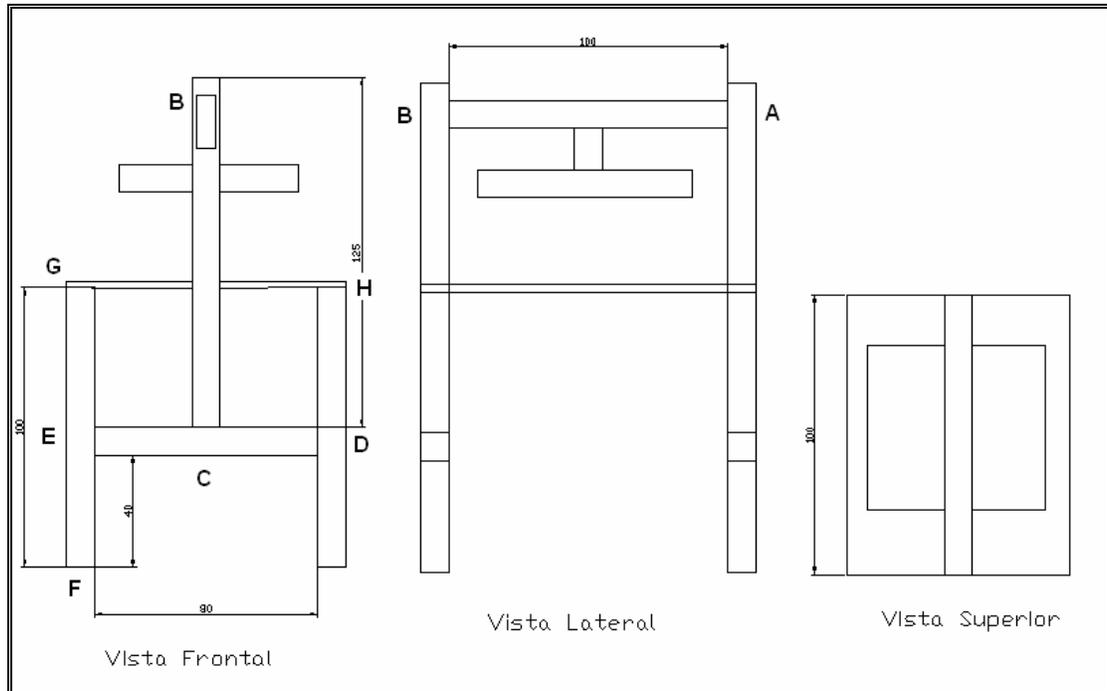
*Plano Preliminar del Sistema de Exprimido*

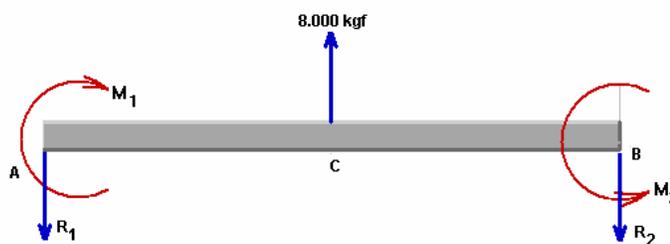
Figura #29. Estructura del sistema de prensado (Fuente: Los Autores)

### Para la Viga Horizontal Superior AB

Esta viga tiene como función la de dar apoyo al gato hidráulico el cual va a transmitir la carga a la tapa compactadora y esta al saco de sisal con su contenido de catibía húmeda para extraerle el yare por compresión.

Esta viga se encuentra empotrada en sus extremos, Donde la carga  $P = 8.000 \text{ kgf}$ , el cual son las 8 toneladas transmitidas por el gato hidráulico.

### Diagrama de Cuerpo Libre de la Viga AB.



La viga se encuentra en una condición hiperestática por esta condición aplicamos el método de la segunda derivada para obtener los resultados siguientes.

$$R_1=R_2=P/2 \dots\dots\dots (5.4.2.1)$$

$$R_1=R_2=4000 \text{ kgf.}$$

$$M_1 = M_2 = P*L/8 \dots\dots\dots (5.4.2.2)$$

Donde la longitud de la viga es:  $L= 1 \text{ m.}$

$$M_1 = M_2 = (8000 \text{ kgf} * 1\text{m}/8) = 1000 \text{ kgf} * \text{m.}$$

Verificamos el corte para el diagrama Fuerza Cortante y Momento Flector.

$$-V_{AC} = V_{CB} = (P/2) \dots\dots\dots (5.4.2.3)$$

$$V_{AC} = - 4.000 \text{ kgf.} \quad \text{y} \quad V_{CB} = 4.000 \text{ kgf.}$$

$$M_{AC} = \frac{P}{8}(L - 4X) \quad M_{CB} = \frac{P}{8}(4X - 3L) \dots\dots\dots (5.4.2.4)$$

La ecuación de la recta perteneciente al tramo  $0 < X < 0,5 \text{ (m)}$  queda expresada por:

$$M_{AC} = 1.000 (1 - 4X) = 1.000 - 4.000X$$

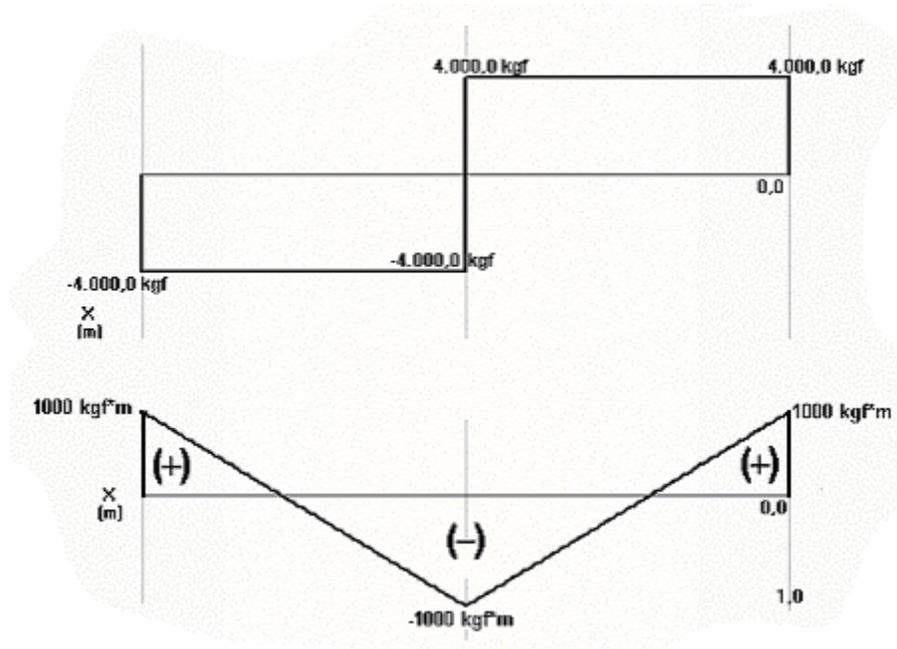
$$\text{Para } X=0 \text{ m} \longrightarrow M_{AC} = 1000 \text{ kgf} * \text{m.}$$

La ecuación de la recta perteneciente al tramo  $0,5 < X < 1 \text{ (m)}$  queda expresada por:

$$M_{CB} = 1000 (4X - 3) = 4.000X - 3.000$$

$$\text{Para } X=1 \text{ m} \longrightarrow M_{AC} = 1.000 \text{ kgf} * \text{m.}$$

**Diagrama de Fuerza Cortante y Momento Flector**



$M_{Máx.} = 1.000 \text{ kgf} \cdot \text{m} = 100000 \text{ kgf} \cdot \text{cm}.$

$F_x = 3.500 \text{ kgf/cm}^2.$  (Tensión Cedente Mínima).

Asumiendo un factor de seguridad de  $\psi = 2.$

De la ecuación # (5.3.18.1) tenemos:

$S_x = 57,1 \text{ cm}^3.$

Seleccionamos un Perfil IPN 140 (**Anexo M**). Según **NORMA COVENIN 1149-86.**

*Donde:*

**Norma**

$S_x = 81,9 \text{ cm}^3.$

$I = 573 \text{ cm}^3.$

$F_x = 3500 \text{ kgf/cm}^2.$

**Cálculos**

$S_x = 57,1 \text{ cm}^3$

Al comparar los valores vemos que dan aceptables, por tanto seleccionamos la Viga IPN -140.

$S_{x \text{ (norma)}} > S_{x \text{ (calc)}} \dots \dots \dots \text{Se verifica}$

Verificamos por teoría de falla utilizando la ecuación # (5.3.18.2):

$$\frac{100000}{81,9} \leq \frac{3500}{2} \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

$1221 \leq 1750 \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \dots \dots \dots \text{Se verifica}$

Se verifica que esta viga no falla por flexión.

Verificamos nuestro nuevo factor de seguridad.

$$\psi = \frac{F_x * S_x}{M_{Máx}} \dots\dots\dots (5.4.2.5)$$

$$\psi = 2,87.$$

*Verificamos la deflexión máxima que ocurre en la viga AB*

La deflexión máxima ( $y_{Máx}$ ) viene dada por la siguiente expresión.

$$y_{Máx} = \frac{P * L^3}{192 * E * I} \dots\dots\dots (5.4.2.6)$$

Donde: **P**: es la carga  
**L**: la longitud de la viga.  
**E**: Módulo de elasticidad. ( $210 * 10^9$  Pa)  
**I**: Momento de inercia.

$$y_{Máx} = \frac{8.000 \text{kgf} * 1 \text{m}^3}{192 * 21,4 * 10^9 \text{kgf} / \text{m} * 573 * 10^{-8} \text{m}^4} = 3,4 * 10^{-4} \text{m}$$

Verificamos si cumple con la siguiente expresión:

$$y_{Máx} < \frac{L}{500} \dots\dots\dots (5.4.2.7)$$

$$y_{Máx} < \frac{1}{500} = 2 * 10^{-3} \text{m} \dots\dots\dots \text{Se verifica}$$

### **Verificamos por fatiga**

Realizamos esta verificación ya que los elementos que conforman la máquina están siendo sometidos a esfuerzos que varían en el tiempo, ya que podría haber una deformación previa visible.

➤ *Cálculo del Factor de superficie*

	Punto Cedente Mínimo	Sut	Alargamiento en 2" (%)
<b>AE-35</b>	3500 kgf/cm <sup>2</sup> (343 MPa)	5200 kgf/cm <sup>2</sup> (509 MPa)	18

Fuente: Sidetur

Utilizando la Ecuación # (5.3.17.3)

$$K_a = 57,7 \text{ MPa} (509)^{-0,718} = \mathbf{0,66.}$$

➤ *Cálculo Factor de tamaño.*

Para los perfiles laminados "I" se tiene el área efectiva de 95% de esfuerzo es:

$$A_{0,95} \sigma = 0,10 a * t_f \dots \dots \dots (5.4.2.9)$$

Donde:  $t_f$ : Espesor medio de las alas del perfil.

a: Ancho del ala del perfil.

Para la viga IPN 140 tenemos que según la Norma **COVENIN 1149-86**.

$$A_{0,95} \sigma = \mathbf{56,8 \text{ mm}^2.}$$

$$A_{0,95} \sigma = 0,0766 * d^2 \dots \dots \dots (5.4.2.10)$$

$$\mathbf{d = 27,2 \text{ mm.}}$$

Utilizando la Ecuación # (5.3.17.4)

$$\mathbf{K_b = 0,87.}$$

➤ *Cálculo del Factor de carga.*

Como la viga se encuentra flexión

$$\mathbf{K_c = 1.}$$

➤ *Cálculo del Factor de temperatura*

Como se encuentra a Temperatura ambiente.

$$\mathbf{K_d = 1.}$$

➤ *Cálculo del Factor de efectos diversos.*

Asumiendo una concentración de esfuerzo  $K_f=1$ .

$$K_e=1.$$

La resistencia a la fatiga puede estar relacionada con la resistencia máxima al esfuerzo por tensión  $S_{ut}$  entonces utilizando la Ecuación # (5.3.17.2)

Como nuestro  $S_{ut}= 509$  MPa, tenemos que:

$$S_e= 256,5 \text{ MPa.}$$

Sustituyendo los valores obtenidos en la Ecuación # (5.3.17.1), nos queda:

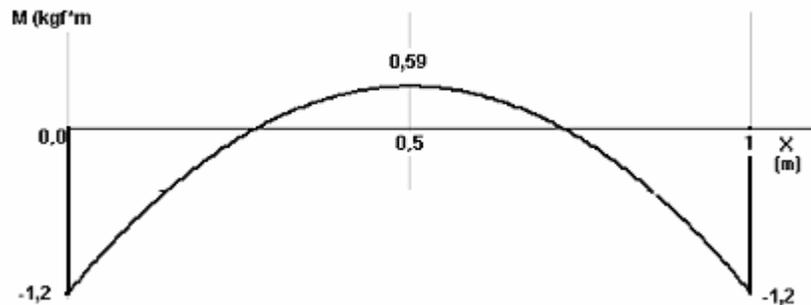
$$S_e= 147,3 \text{ MPa.}$$

Para la Viga antes de aplicarle la carga de 8.000 kgf, tenemos que el peso propio de la viga IPN 140 es de 14,3 kgf/m.

Determinamos la curva del Momento Flector por medio de la siguiente expresión obtenida del análisis de la aplicación del método de la segunda derivada para vigas:

$$M = \frac{P}{12}(6X - 6X^2 - 1).$$

**Diagrama del Momento Flector:**



El Momento máximo para la viga sin carga aplicada es de:

$$M_1=1,192 \text{ kgf*m (119, 2 kgf*cm).}$$

El Momento máximo para la viga con la carga aplicada de 8.000 kgf es de:

$$M_2=100.000 \text{ kgf*cm.}$$

El esfuerzo viene expresado por:

$$\sigma = (M/S_x)$$

$$\sigma_{\min} = (119,2 \text{ kgf*cm}/81,9 \text{ cm}^3) = 1,5 \text{ kgf/cm}^2 \text{ (0,14MPa)}$$

$$\sigma_{\max} = (100.000 \text{ kgf*cm}/81,9 \text{ cm}^3) = 1221 \text{ kgf/cm}^2 \text{ (119,7 MPa)}.$$

Donde:

$\psi_s$  : Factor de Seguridad Dinámico.

$\sigma_a$ : amplitud de esfuerzo.

$\sigma_m$ : esfuerzo a medio intervalo.

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} \quad \text{y} \quad \sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} \dots\dots\dots (5.4.2.15)$$

$$\sigma_a = 609,8 \text{ kgf/cm}^2 \text{ (59,8 MPa)}$$

$$\sigma_m = 611,2 \text{ kgf/cm}^2 \text{ (59,9 MPa)}$$

De la siguiente expresión de calculamos nuestro factor de seguridad en fatiga.

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{\psi_s} \dots\dots\dots (5.4.2.16)$$

$$\psi_s = 1,9$$

Ya que nuestro factor de seguridad estático fue mayor que el dinámico y además es mayor a la unidad, eso nos asegura más aun que nuestra viga no fallara por fatiga y que su diseño es para vida infinita.

#### 5.4.2.1. Determinación del Tipo de Perno para la Viga AB.

Como la estructura del sistema de prensado es completamente desarmable para facilitar su traslado. Seleccionaremos Pernos A-325 de alta resistencia, ya que estos tienen un uso específico estructural, con campo de aplicación en juntas de pórticos de edificios, puentes, armaduras de techos y galpones. Son pernos elaborados con aceros de medio carbono, aleados, templados y revenidos.

Estos pernos van a estar sometidos a:

- Corte: debido a que la carga aplicada por el gato hidráulico genera una fuerza cortante en los pernos.
- Tracción: ya que los pernos se encuentran a cierta distancia del sitio de donde se genera la carga, trayendo como consecuencia este fenómeno en ellos.

$F_V$ : Esfuerzo de Corte Admisible.

$F_T$ : Fuerza mínima a la tracción.

$R_a = 4.000 \text{ kgf}$ .

Se seleccionan pernos de alta resistencia A-325.

$F_V = 1.050 \text{ kgf/cm}^2$ .      **(Ver Anexos N)**

$F_T = 5.400 \text{ kgf}$ .      **(Ver Anexos V)**

$$f_v = \frac{R_a}{A_{\text{Tornillo}} * N_{\text{Tornillos}}} \dots\dots\dots (5.4.2.1.1)$$

Seleccionando 4 tornillos con un diámetro de 13mm **(Anexo Ñ)**.

$$f_v = \frac{4.000 \text{ kgf}}{\frac{\pi(1,3 \text{ cm})^2}{4} * 4} = 753,4 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Se verifica por Corte  $f_v < F_V$

Verificamos ahora a la tracción generada por los momentos en los extremos, hacemos el análisis para los dos (2) pernos el cual se encuentran más alejado del eje en el cual se genera la carga y asumiendo un factor de seguridad de 1, tenemos que:

$$f_T = \frac{\psi * M}{d * \# \text{Pernos}} \dots\dots\dots (5.4.2.1.2)$$

Donde:  $d = 0,096 \text{ m}$

$M = 1.000 \text{ kgf.m}$ .

$\# \text{Pernos} = 2$ . El cual son los dos más desfavorables.

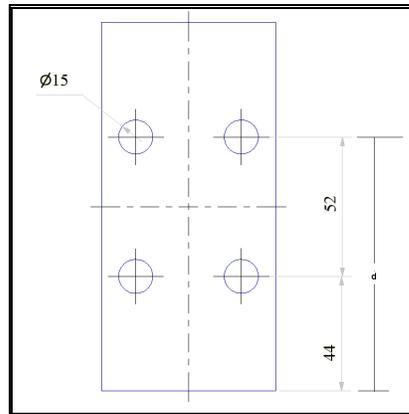


Figura #30. Posición de los pernos sometidos a Corte y Tracción. (Fuente: Los Autores)

$$f_t = 5154,6 \text{ kgf}$$

$$f_t < F_T$$

Recalculamos el nuevo factor de seguridad para los pernos A-325 de alta resistencia.

$$\psi = \frac{F_y}{2 * f_v}$$

$$\psi = 2,3$$

**Nota:** Como la viga AB es la que se encuentra sometida a mayor carga y además presenta una mayor valor de reacción en las articulaciones y estos pernos cumplen para esta parte de la estructura, utilizaremos estos pernos para el resto de la estructura.

#### 5.4.2.2. Apriete para los Pernos.

$$F_i = 0,75 * A_{\text{Tornillo}} * S_p$$

$$T' = k * F_i * \emptyset$$

$$k = 0,20$$

$$\emptyset = 13 \text{ mm}$$

$$S_p = 85 \text{ Kpsi} = 58605,43 \text{ N / cm}^2$$

Donde: T': Apriete.

$$F_i = 0,75 * \frac{\pi * (1,3cm)^2}{4} * 58.605,4 \frac{N}{cm^2} = 58.341,3N$$

$$T' = 0,20 * (0,013m) * 58.341,3N$$

$$T' = 151,7N.m$$

Nota: Para estos pernos estructurales de cabeza hexagonal, la especificación de giro de una tuerca establece que debe hacerse girar un mínimo de 180°, a partir de la condición de apriete firme, en condiciones optimas.

### 5.4.2.3. Determinación del Espesor de la Plancha.

En este apartado se estudiara la plancha que reforzara la viga IPN que soportara la mayor carga, es decir, la IPN 140

P<sub>iv</sub>: Carga Admisible por Perno. (**Anexo O**)

$$P_{iv} = A_b * F_V \dots\dots\dots(5.4.2.3.1)$$

$$\text{Donde } A_b = \frac{\pi * (1,3cm)^2}{4}$$

$$P_{iv} = \frac{\pi * 1,3cm^2}{4} * 1050 \frac{kgf}{cm^2} = 1393,7kgf$$

$$F_p = 1,35 * F_Y \dots\dots\dots(5.4.2.3.2).$$

$$F_p = 1,35 * 3.500 \text{ kgf/cm}^2 = 4.725 \text{ kgf/cm}^2.$$

$$t \geq \frac{P_{iv} * N^0 \text{ Pletinas de Corte}}{\phi * F_p} \dots\dots\dots(5.4.2.3.3)$$

$$t \geq \frac{1.393,68904 \text{ kgf} * 1}{1,3 \text{ cm} * 4.725 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}} = 0,23 \text{ cm}$$

Seleccionaremos una t<sub>Seleccionada</sub> = 4 mm.

Verificamos el Número de Pernos Utilizados.

$$\eta = \frac{R_A}{P_{iv} * N^0 \text{ Pletinas de Corte}} \dots\dots\dots (5.4.2.3.4).$$

$$\eta = \frac{4.000 \text{ kgf}}{1.393,68904 \text{ kgf} * 1} = 3$$

$$\eta_{\text{Seleccionado}} = 4. \text{ Se verifica}$$

La distancia entre pernos no debe ser menor de  $3\phi$  nominal, preferiblemente, según norma **COVENIN 1618:82**.

La distancia máxima desde el centro de un conector al borde más cercano de las piezas en contacto, será 12 veces el espesor de la plancha, pero no debe exceder de 15 cm.

$$\text{Distancia entre pernos} \geq 3 * 13 \text{ mm} = 39 \text{ mm.}$$

$$\text{Distancia entre pernos y borde} = 12 * 4 \text{ mm} = 48 \text{ mm.}$$

Los agujeros para Pernos, se emplearan agujeros normales ya que son los más comúnmente empleados con fines estructurales.

$$D = d + 2 \text{ mm.} \iff D = (13 + 2) \text{ mm} = 15 \text{ mm.}$$

La longitud de los pernos: el espesor de las plancha a conectar determina en cada caso la longitud necesaria de los pernos. Figura #31.

$$L = T'' + a + 2e \quad \text{donde: } a = (4/3) * d = 17,3 \text{ mm.}$$

$$t = \text{espesor de las arandelas.}$$

$$T'' = \text{agarre.}$$

$$T'' = (5,7 + 8) \text{ mm} = 13,7 \text{ mm.}$$

$$L = (13,7 + 18 + 3 * 2) \text{ mm} = 37,7 \text{ mm.}$$

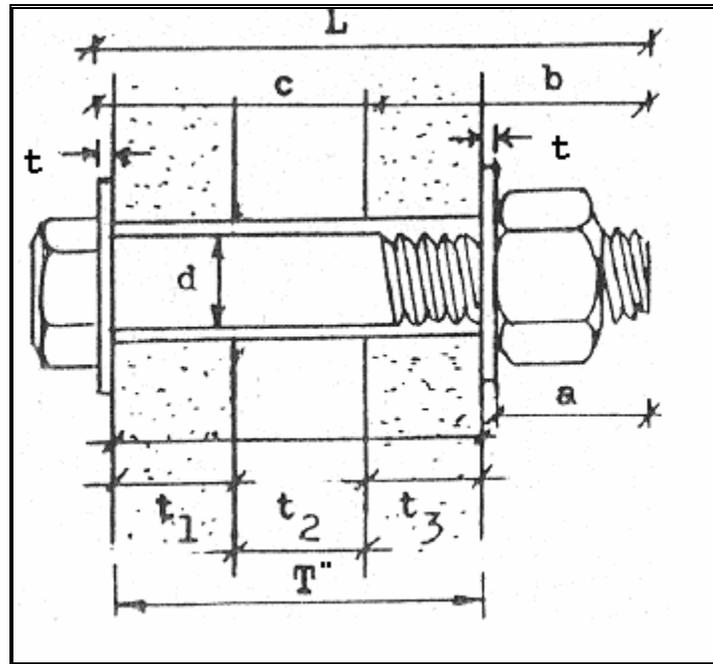


Figura #31. Tornillo de alta resistencia.  
Fuente: Fratelli.

### ➤ Viga Vertical BC

La función de esta pieza de la estructura es la de darle soporte a la viga horizontal superior el cual es la que nos sirve de apoyo al gato hidráulico para transmitir la carga.

Esta pieza se encuentra sometida a tracción debido a las reacciones existentes dadas por la viga AB.

Seleccionamos una viga IPN-100 el cual presenta las características dadas en el **Anexo M**.

La tensión uniforme viene dada por:  $f_T = \frac{P}{A_{sección}}$  ..... (5.4.2.3.5)

El esfuerzo admisible:  $F_T = 0,6 * F_y$  ..... (5.4.2.3.6)

Sabiendo que la carga a la cual se encuentra sometida la viga es a 4.000 kgf.

$$f_T = 377,36 \text{ kgf} / \text{cm}^2$$

$$F_T = 2.100 \text{ kgf/cm}^2.$$

$F_T > f_T$ ..... Se verifica.

En miembros traccionados, se exige limitar la esbeltez máxima del elemento solicitado, al de la viga de longitud  $L^{(1)}$ .

$$\lambda_{Máx} = \frac{L}{r_{min}} \leq 240 \quad \dots\dots\dots (5.4.2.3.7)$$

Donde  $r_{min}$ : radio mínimo de giro de la sección.

$r_{min} = 4,01$  cm.

$L = 125$  cm.

$$\lambda_{Máx} = 31,17 \leq 240 \quad \dots\dots\dots \text{Se Verifica}$$

Nota: estas limitaciones de esbeltez de un miembro traccionado, no son esenciales para su integridad estructural, sino que proveen un grado de rigidez suficiente para evitar movimientos laterales, vibraciones, etc., por lo cual deben ser cumplidos.

El alargamiento elástico de las fibras traccionadas de un elemento estructural viene dado por la expresión:

$$\Delta L = \frac{P * L}{E * A} \quad \dots\dots\dots (5.4.2.3.8)$$

Donde  $P = 4.000$  kgf (es el valor de la reacción en los extremos de la viga AB).

$L = 1,25$  m (la longitud de la viga).

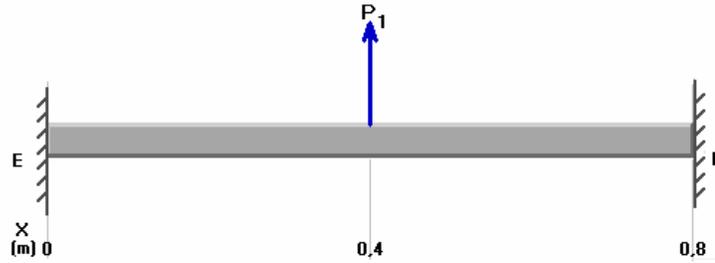
A: el área de la sección (**Anexo M**).

E: Módulo de elasticidad. (**Anexo T**)

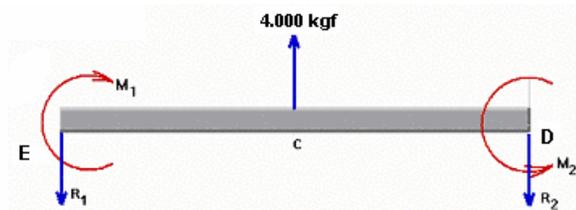
$$\Delta L = 2,246 * 10^{-9} \text{ m}.$$

<sup>1</sup>(Fuente: Fratelli, Maria. "Proyecto de Estructuras de Aceros"

➤ **Viga Lateral Inferior ED**



**Diagrama de Cuerpo Libre**



Utilizando las mismas expresiones para el cálculo de la viga AB ya que esta se encuentra en las mismas condiciones pero a diferente carga, por lo tanto tenemos:

De la Expresión # (5.4.2.1) tenemos que el valor de las reacciones es:

$$R_1 = R_2 = 2.000 \text{ kgf.}$$

De la Expresión # (5.4.2.2) el valor de los momentos para esta viga es:

Donde la longitud de la viga es:  $L = 0,8 \text{ m.}$

$$M_1 = M_2 = (4.000 \text{ kgf} * 0,8\text{m}/8) = 400 \text{ kgf} * \text{m.}$$

Verificamos el corte para el diagrama Fuerza Cortante y Momento Flector por medio de la Expresión # (5.4.2.3).

$$V_{AC} = -2.000 \text{ kgf} \quad \text{y} \quad V_{CB} = 2.000 \text{ kgf}$$

De la Expresión # (5.4.2.4), la ecuación de la recta perteneciente al tramo  $0 < X < 0,4 \text{ (m)}$  queda expresada por:

$$M_{AC} = 500 (0,8 - 4X) = 400 - 2.000X$$

$$\text{Para } X=0 \text{ m} \longrightarrow M_{AC} = 400 \text{ kgf} * \text{m.}$$

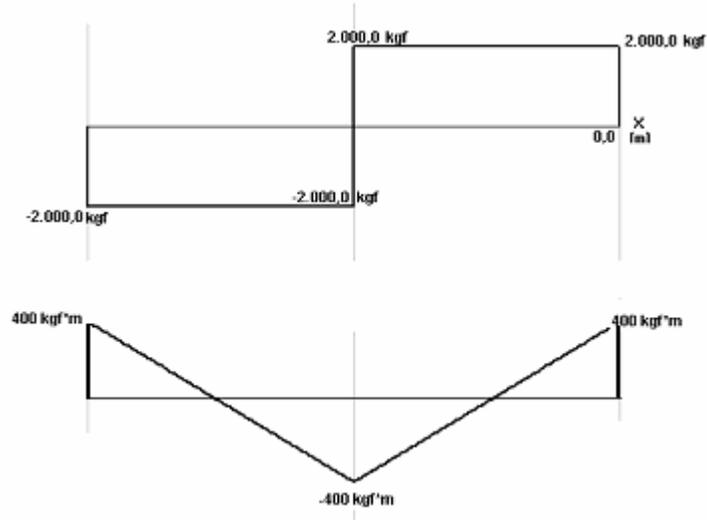
La ecuación de la recta perteneciente al tramo  $0,4 < X < 0,8 \text{ (m)}$  queda expresada por:

$$M_{CB} = 500 (4X - 2,4) = 2.000X - 1.200$$

$$\text{Para } X=0,8 \text{ m} \longrightarrow M_{AC} = 400 \text{ kgf} * \text{m.}$$

Con los resultados obtenidos definimos el siguiente diagrama y determinamos el momento máximo en valor absoluto para su diseño.

### Diagrama Fuerza Cortante y Momento Flector.



Usando la ecuación # (5.3.18.1) con un factor de seguridad de 2 tenemos que:

$$S_x \geq \frac{40.000 \text{ kgf} \cdot \text{cm} \cdot 2}{3.500 \text{ kgf} / \text{cm}^2} = 22,9 \text{ cm}^3$$

Usamos una viga IPN-100 según norma **COVENIN 1149:86**.

$$S_x = 34,10 \text{ cm}^3$$

$$A = 10,60 \text{ cm}^2$$

Verificamos por teoría de falla usando la Ecuación # (5.3.18.2).

$$\frac{40.000 \text{ kgf} \cdot \text{cm}}{34,10 \text{ cm}^3} \leq \frac{3.500}{2} \text{ kgf} / \text{cm}^2$$

$$1.173 \text{ kgf} / \text{cm}^2 \leq 1.750 \text{ kgf} / \text{cm}^2$$

Se verifica que esta viga no fallara por flexión.

Nuevo Factor de Seguridad.

Usando la Ecuación # (5.4.2.5)

$$\psi = 2,98$$

Deflexión Máxima de la Ecuación # (5.4.2.6) y extrayendo de la norma **COVENIN 1149:86:**

$$I=171 \text{ cm}^4$$

$$y_{\text{máx}}=4,9*10^{-4} \text{ m.}$$

Utilizamos la Ecuación # (5.4.2.7) y comparamos el valor de  $y_{\text{máx}}$  obtenido.

$$y=(0,8/500)=1,6*10^{-3} \text{ m}$$

$$y_{\text{máx}} < y \dots\dots\dots \text{Se Verifica .}$$

➤ **Viga GF (Base de la estructura).**

La viga GF, son la base de la estructura, en la cual va apoyada la viga AB, esta transmite una carga de 2.000 kgf, además la reacción generada por la Base Filtro suponemos que en cada una de las bases (4) genera 2.000 kgf ya que se distribuyen la carga de 8 ton transmitida por el gato hidráulico.

$$R_c=4.000 \text{ kgf.}$$

$$F_y=3.500 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\psi =1$$

$K=2,1$  (Según Tabla C-92 de la norma **COVENIN 1618:82.** define los valores para el factor de longitud efectiva)

Selecciono un perfil IPN 80 y verificamos por esbeltez.

$$\lambda_{\text{máx}} = \frac{K * L}{r_x} \leq 200 \text{ Donde } r_x=3,18 \quad \text{con una longitud } L=1\text{m (100 cm).}$$

$$\lambda_{\text{máx}} = 66,04 \leq 200 \dots\dots\dots \text{Se Verifica.}$$

Aproximamos el valor de la esbeltez a  $\lambda=67$  (Nos vamos a la tabla de Tensiones Normales Admisible  $F_a$  para Miembros Comprimidos con Tensión cedente, **Anexo R).**

$$F_a=1518 \text{ kgf/cm}^2.$$

$$P_c=F_a*A \quad \text{Donde } A=7,77 \text{ cm}^2.$$

$$P_c = 11.794,9 \text{ kgf}$$

$$P_c > R_G \dots\dots\dots \text{Se Verifica.}$$

### 5.5. Cálculo de la soldadura de las placas

En este apartado se calculará la soldadura que unirá las placas refuerzo con las vigas IPN.

$$F_y = 3.500 \text{ kgf/cm}^2 \text{ (Material Base)}$$

$$F_v = 1.480 \text{ kgf/cm}^2 \text{ (Anexo S) Utilizando electrodos E-70XX.}$$

$$t = 4 \text{ mm.}$$

$$\text{Del Anexo Q Tabla G } D_{\text{Máx}} = 4 \text{ mm.}$$

$$P_{\text{crit}} = 4000 \text{ kgf.}$$

$$t_s = D \frac{\sqrt{2}}{2} \dots\dots\dots (5.5.1).$$

$$t_s = 2,8 \text{ mm.}$$

➤ Para el material base de ambos tipos de vigas.

$$P_{\text{Adm}} = A_{\text{(material base)}} * F_v \dots\dots\dots (5.5.2)$$

$$F_v = 0,4 * F_y \dots\dots\dots (5.5.3)$$

$$A_{\text{(material base)}} = t * L \dots\dots\dots (5.5.4)$$

Donde L es el perímetro de la soldadura.

$$L_{140} = 108*2 + 66*2 + 16*4 + 30,15*4 = 532,6 \text{ mm.}$$

$$A_{\text{(material base)}} = 0,4 * 53,26 = 21,3 \text{ cm}^2$$

$$P_{\text{Adm}} = 21,3 * 0,4 * 3500 = 29820 \text{ kgf/ cm}^2.$$

$$P_{\text{adm}} > P_{\text{crit}} \text{ Cumple con la Norma COVENIN 1618:82.}$$

$$L_{100} = 74*2 + 13*4 + 50*2 + 22,75*4 = 391 \text{ mm.}$$

$$A_{\text{(material base)}} = 0,4 * 39,1 = 15,64 \text{ cm}^2$$

$$P_{\text{Adm}} = 39,1 * 0,4 * 3500 = 54.740 \text{ kgf/ cm}^2.$$

$$P_{\text{adm}} > P_{\text{crit}} \text{ Cumple con la Norma COVENIN 1618:82.}$$

➤ Para la Soldadura.

$$P_{\text{Adm soldadura}} = A_e * F_{v, \text{ soldadura}} \dots \dots \dots (5.5.5).$$

$$A_e = t_s * L \dots \dots \dots (5.5.6).$$

$$A_{e 140} = 0,28 * 53,26 = 14,91 \text{ cm}^2.$$

$$P_{\text{Adm. sold 140}} = 14,91 * 1480 = 22.066,80 \text{ kgf}$$

$P_{adm} > P_{crit}$  Para un IPN 140, cumple con la Norma **COVENIN 1618:82**.

$$A_{e 100} = 0,28 * 39,1 = 10,95 \text{ cm}^2.$$

$$P_{\text{Adm. sold 100}} = 10,95 * 1480 = 16.203 \text{ kgf}$$

$P_{adm} > P_{crit}$  Para un IPN 100, cumple con la Norma **COVENIN 1618:82**.

Verificamos el espesor de la plancha por soldadura.

$$t \geq t_s \frac{F_{v(\text{electrodo})}}{F_{v(\text{Material Base})}} \dots \dots \dots (5.5.7)$$

$$t \geq 2,8 \text{ mm} * \frac{1480}{0,4 * 3500} = 2,96 \text{ mm}.$$

$$t \geq 3 \text{ mm}$$

$$t_{\text{seleccionado}} = 4 \text{ mm}$$

### 5.6. Cálculo de la Base Filtro.

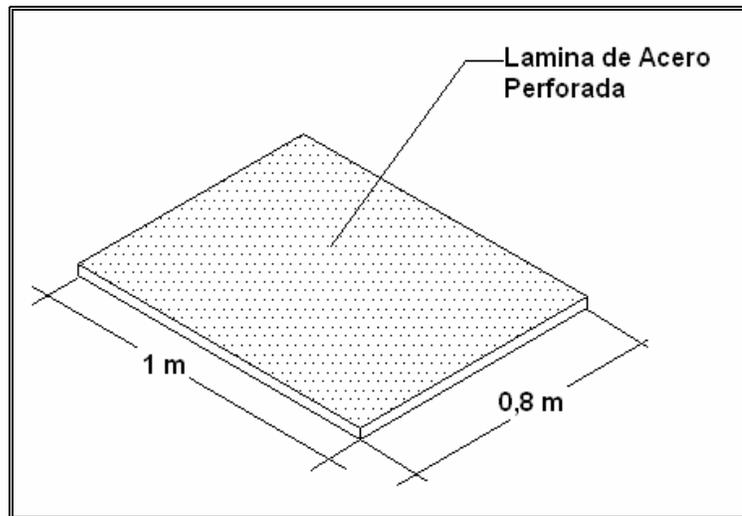
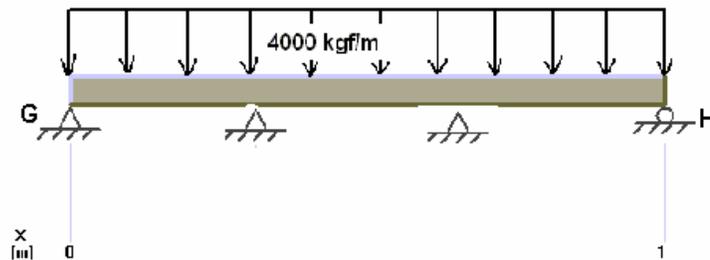
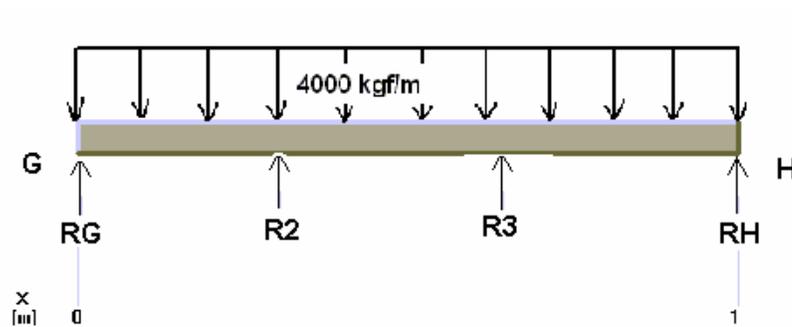


Figura #32. Base filtro. (Fuente: Los Autores)



#### Diagrama de cuerpo Libre



Apoyándonos en el programa de Sólidos este nos arroja los siguientes valores:

$$R_G = 530 \text{ kgf}$$

$$R_H = 546 \text{ kgf.}$$

$$R_2 = 1.443 \text{ kgf}$$

$$R_3 = 1.482 \text{ kgf}$$

$$M_{\text{Máx}} = 45,5 \text{ kgf} \cdot \text{m.}$$

$$F_x = 3500 \text{ kgf/cm}^2.$$

$$\sigma = \frac{M \cdot c}{I} \dots\dots\dots (5.6.1)$$

$$I = \frac{b^4}{12} \quad c = \frac{b}{2}$$

$$\sigma = \frac{27326,82}{b^3}$$

$$\sigma \leq \frac{F_y}{\psi} \rightarrow \frac{27326,82 \text{ kgf} \cdot \text{cm}}{b^3} \leq \frac{3500 \text{ kgf} / \text{cm}^2}{1,65} \rightarrow b \geq 2,34 \text{ cm}$$

Seleccionamos una Chapa de 4 mm de espesor de Acero Inoxidable AISI-304L perforada con agujeros de 5 mm de diámetro y cuatro soportes del mismo material de 20x20x600 (mm).

### 5.7. Cálculo de los Resortes.

La función del resorte es la de llevar a su posición inicial al gato hidráulico de botella una vez accionada la válvula de alivio.

Longitud del resorte (X).

$$X = 391 \text{ mm.}$$

Fuerza ejercida por el resorte (F).

$$F = m_{\text{gato hidráulico}} \cdot g.$$

$$m_{\text{gato hidráulico}} = 5,6 \text{ kg. (ANEXO U)}$$

$$F = 54,9 \text{ N}$$

Constante de elasticidad del resorte. ( $K_R$ ).

$$F = K_R \cdot X \iff K_R = F/X$$

$$K_R = 138,1 \text{ N/m.}$$

### 5.8. Cálculo de la Chapa Compactadora.

La función de esta es la de transmitir la carga generada por el gato hidráulico a la masa de yuca confinada en el saco de sisal para la extracción del yare es decir su secado por compresión.

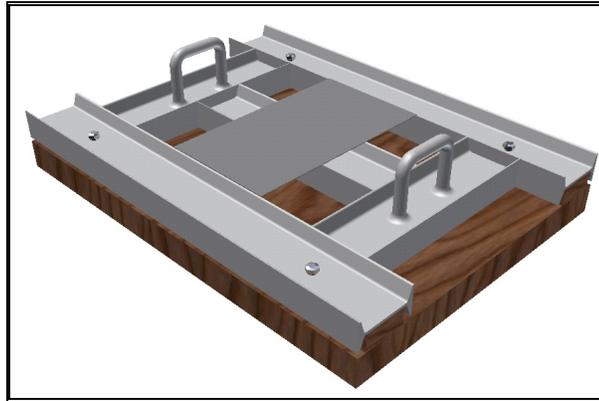


Figura #33. Chapa compactadora (Fuente: Los Autores)

Sabiendo que:

$$\sigma_c = \frac{F}{A} \text{ y } A=h.L$$

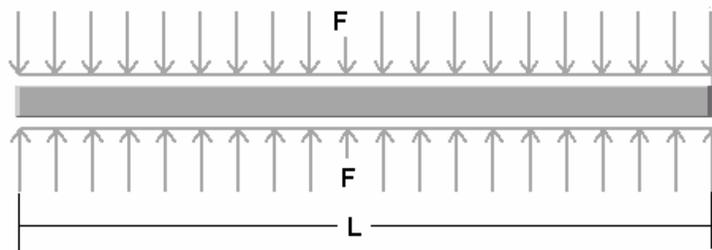
Donde  $\sigma_c$ : Tensión admisible a compresión.

F: Fuerza de compresión

A: Área transversal de la chapa.

L: Longitud de la chapa.

*Diagrama de cuerpo libre.*



$$\sigma_c = \frac{F}{h * L} \rightarrow h = \frac{F}{L * \sigma_c} \dots\dots\dots(5.8.1)$$

Seleccionamos una madera del grupo estructural B, utilizamos el Pardillo Amarillo (*Terminalia amazonia*) el cual presenta sus características según el **ANEXO V**.

Sabiendo que: F= 8000 kgf.

L= 75 cm.

$\sigma_c=28 \text{ kgf/cm}^2$  (**ANEXO V**).

Por tanto sustituyendo en la ecuación (5.8.1) **h =4 cm.**

**Nota:** Para nuestro diseño utilizaremos una chapa de madera de 5 cm. de espesor.

Finalmente se puede establecer el sistema a utilizar en el proceso de elaboración de casabe, es de importancia realizar la simulación de la estructura con el fin de verificar los cálculos realizados manualmente por medio del programa de cálculo de estructura Sap2000.

### 5.9. Verificación de Cálculos de las Diferentes Estructuras por Programa Computacional SAP 2000 para Estructuras.

La siguiente figura nos muestra la estructura de prensado y esta nos hace hincapié en la viga IPN 140, la cual presenta la mayor carga, aquí esta nos arroja la grafica del corte, que fue calculada en forma manual, y nos da una precisión de un 98%, ya que el corte según el Sap2000, es de 3996,54 kgf mientras que el cálculo manual fue de 4.000 kgf.

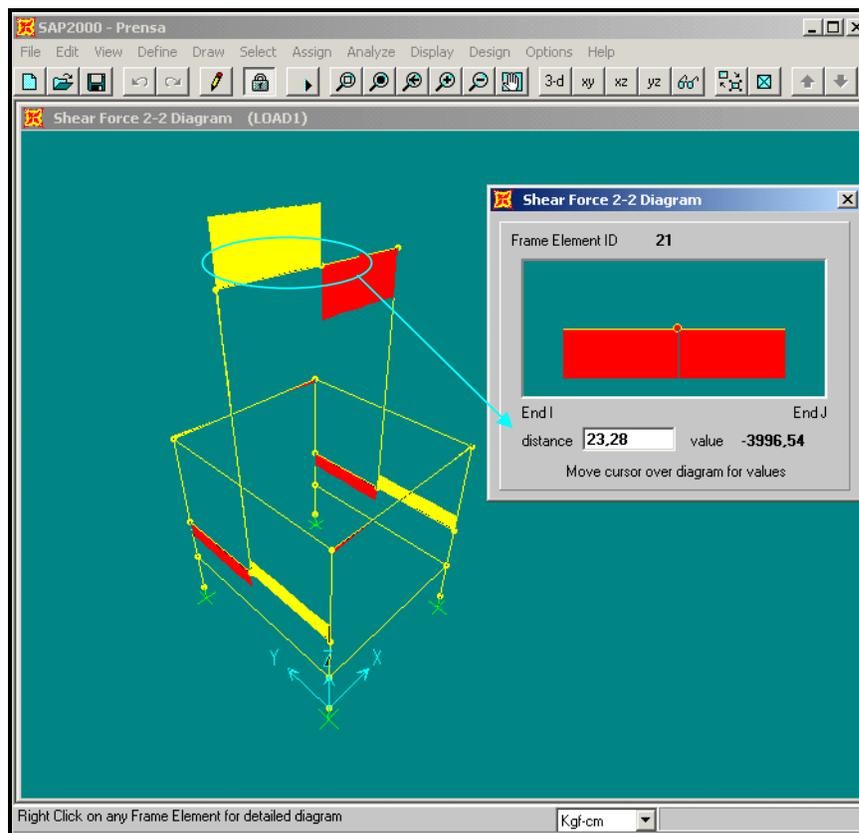


Figura # 34. Diagrama del Corte en Sap2000. (Fuente: Los Autores)

Esta figura nos arroja el valor del momento que ocurre en la viga IPN 140.

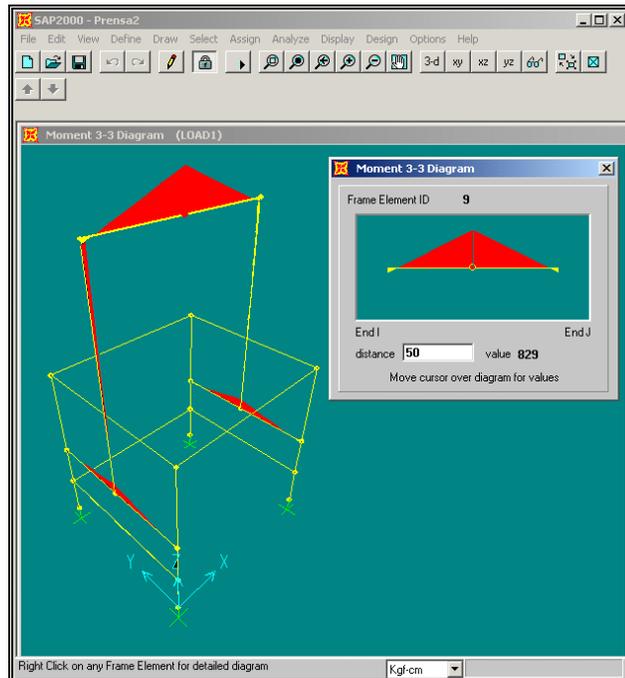


Figura #35. Momento Flector en Sap2000 para la IPN 140 (Fuente: Los Autores)

En la siguiente figura se muestra el resultado arrojado por el programa del corte que se genera en la viga T Invertida, lo que nos da una exactitud en el resultado de 95%, tenemos que el corte según este programa es de 1.987 kgf y al compara con los cálculos realizados para la viga lateral inferior ED nos da tal exactitud.

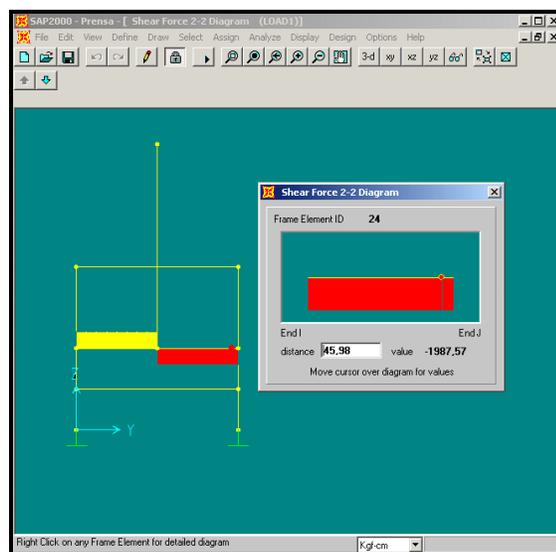


Figura #36. Diagrama de Fuerza Corte en la viga T invertida. (Fuente: Los Autores).

Además, la próxima figura nos muestra el valor del Momento flector a la que esta sometida la viga T invertida, arrojándonos una exactitud de 77%, ya que con el Sap2000, nos arroja un valor de momento de 309 kgf.m y el cálculo manual 400 kgf.m.

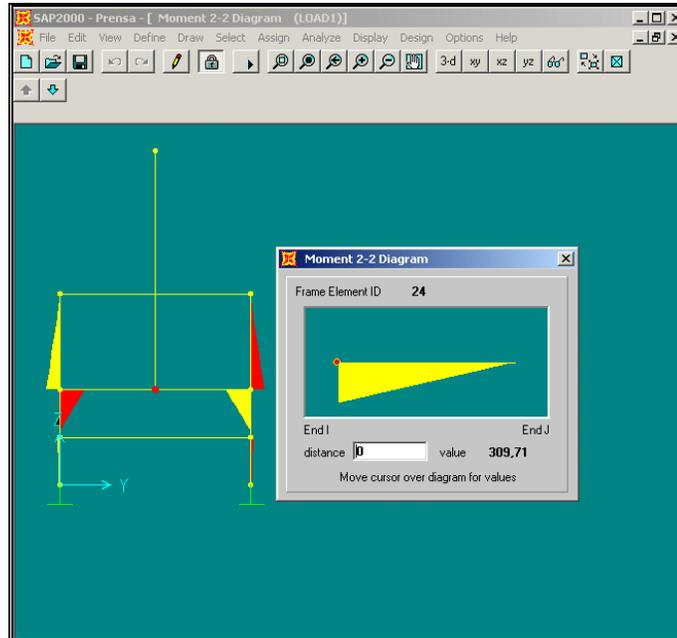


Figura #37. Sistema de Prensado en Sap2000. (Fuente: Los Autores).

La siguiente figura nos muestra como se podría deformar la estructura dándonos una idea de que parte de la estructura podría fallar o estar sometida a mayores deformaciones.

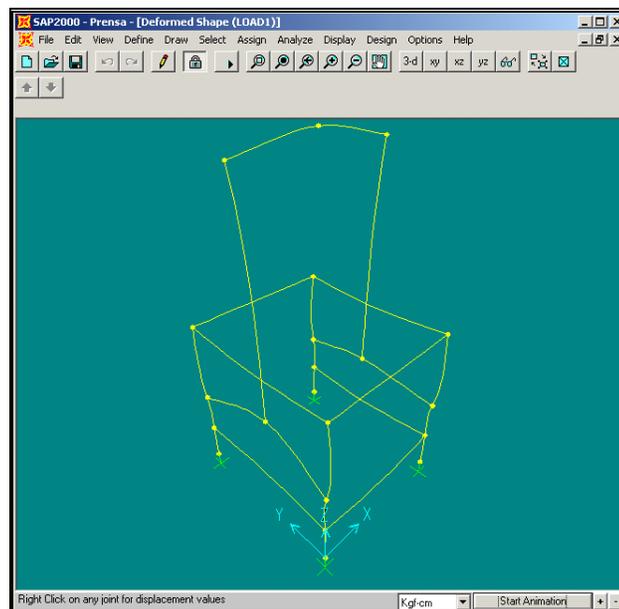


Figura # 38. Deformación del sistema de prensado. (Fuente: Los Autores).

La siguiente figura muestra la estructura del sistema de rallado, el cual esta elaborada con un material tubular de 60 x 60 mm, este nos arroja un esfuerzo cortante de 13,04 kgf y un momento flector máximo de 3,9 kgf \*cm, y al comparar este valor con los realizados manualmente, el software nos da una exactitud de 99,70%, se le realizo el estudio a esta parte de la estructura ya que es la que esta sometida a mayor carga.

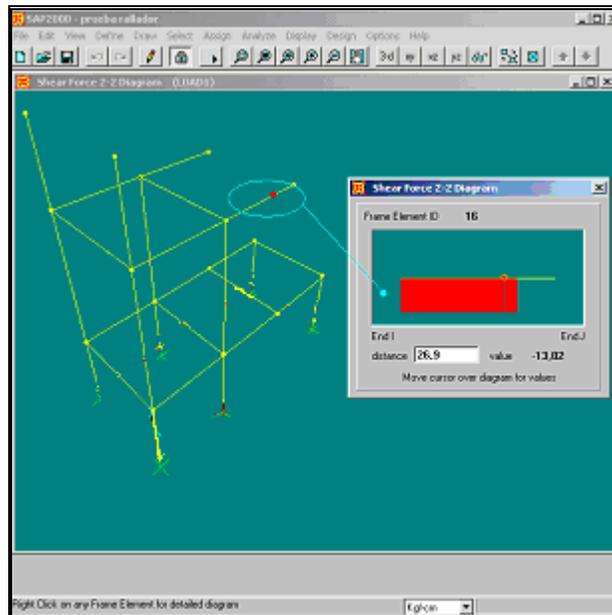


Figura #39. Estructura de rallado. (Fuente: Los Autores).

La siguiente figura muestra los diferentes momentos a los que esta sometida la estructura en amarillo indica los valores de momento positivo y en rojo los negativos.

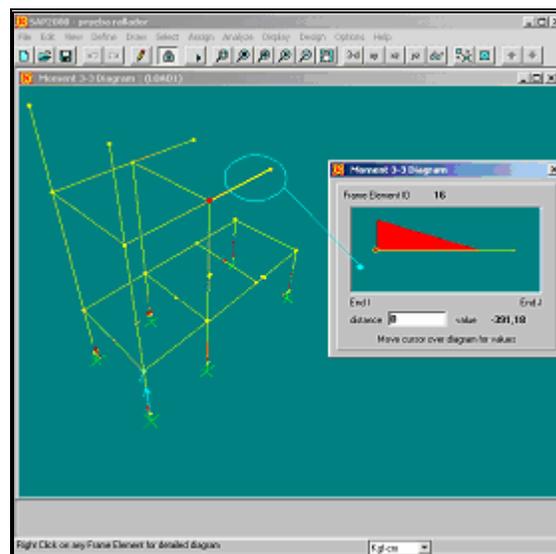


Figura #40. Estructura de rallado. (Fuente: Los Autores).

La siguiente figura nos muestra de forma exagerada como se deformaría la estructura, dándonos una idea de que parte de la estructura podría fallar o estar sometida a mayores deformaciones.

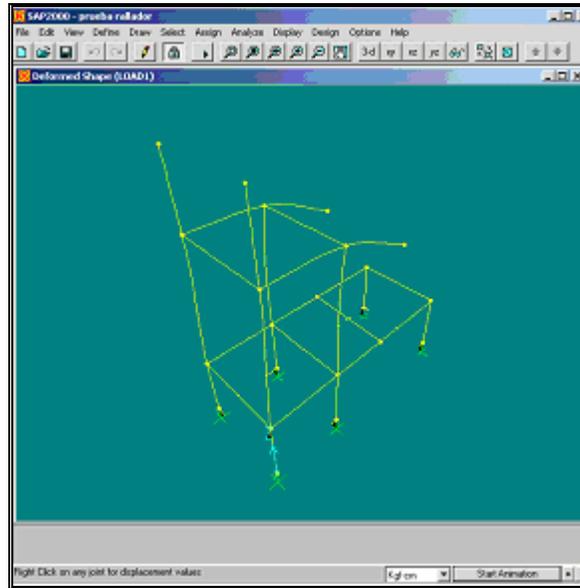


Figura #41. Estructura Ralladora. (Fuente: Los Autores).

En términos generales los cálculos realizados manualmente en comparación con los realizados por medio del programa de estructura Sap2000, nos arroja una exactitud de 97%, garantizando que los diferentes sistemas evidentemente están sometidos a estos valores de cortes y momentos.

Determinadas todas las características y el funcionamiento de los diversos componentes del sistema de rallado y prensado, y haber realizado un estudio simulado de los componentes críticos, es necesario fomentar y explicar las medidas necesarias para instalar, operar, y mantener al sistema tomando en cuenta la seguridad industrial requerida.

## **CAPITULO VI**

### ***6. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.***

El mantenimiento es uno de los factores de más importancia, ya que este nos asegura un funcionamiento óptimo de los sistemas y equipos que conforman el sistema rallador exprimidor.

Podemos distinguir tres (3) tipos de mantenimiento:

- El mantenimiento correctivo (por una avería): en este caso se intenta reparar o sustituir la pieza averiada. Normalmente la avería y su reparación implican un paro de máquina, por lo que esta operación se suele realizar lo más rápidamente posible, sustituyendo la pieza averiada por otra nueva.
- El mantenimiento preventivo: es el que se realiza periódicamente con el fin de evitar la aparición de averías, por ejemplo los engrases periódicos y las inspecciones de los principales componentes.
- El mantenimiento predictivo: es el que realizamos para detectar posibles problemas y evitarlos.

Es de vital importancia tener en cuenta el hecho de que una buena instalación y un correcto mantenimiento no son los únicos detalles a tomar en consideración al momento de garantizar el bienestar de una empresa y sus empleados, es importante pensar en la higiene y la seguridad industrial, respetando las normativas establecidas en el lugar de trabajo.

## 6.1. HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL

### ➤ *Higiene Industrial.*

Es la ciencia y el arte dedicados al conocimiento, evaluación y control de aquellos factores ambientales o tensiones emanadas o provocadas por o con un motivo del trabajo y que puede ocasionar enfermedades, afectar la salud y el bienestar, o crear malestar significativo entre los trabajadores.

### ➤ *Seguridad Industrial.*

Es el conjunto de principios, leyes, criterios y normas formuladas cuyo objetivo es el de controlar el riesgo de accidentes y daños, tanto a las personas como a los equipos y materiales que intervienen en el desarrollo de toda actividad productiva.

## 6.2. PROTECCIÓN PERSONAL.

Este es un factor primordial en la protección del individuo, para evitar algún tipo de lesión en los trabajadores, para evitar esto es importante plantear y seguir una serie de normativas establecidas en el recinto de trabajo para evitar las lesiones, para ello se deben de utilizar los siguientes equipos:

➤ Ropa liviana y cómoda, preferiblemente una braga.

➤ Resguardar y cubrir los pies de los empleados permite prevenir accidentes tales como resbalones o fracturas, que pongan en peligro la seguridad física del personal.

➤ Los guantes son prendas utilizadas para cubrir las manos con el fin de protegerlas de sustancias o artefactos que puedan provocar percances que alteren su movilidad o funcionamiento normal.

### 6.3. INFORMACIÓN GENERAL

La máquina ralladora y exprimidora de yuca para la elaboración de casabe, posee las siguientes partes:

- Estructura para ambos procesos rallado y exprimido.
- Dos (2) Tolvas, una inclinada alimentadora de yuca amarga para la ralladora y otra receptora de yare para la prensa.
- Un tambor rallador con su lámina ralladora.
- Dos (2) Cojinetes.
- Una (1) Polea y/o ruedas dentadas.
- Un (1) Motor eléctrico y/o una bicicleta de velocidades.
- Una Correa (motor) y/o cadena (bicicleta).
- Un Gato hidráulico.

Los componentes del equipo se clasificaron de acuerdo a las posibilidades técnicas y económicas que existan para su reparación siendo divididos de acuerdo a varios criterios como conservables y desechables, estos criterios son:

- Rentabilidad y mantenimiento.
- Facilidad de encontrarlo en el mercado venezolano.
- Facilidad de mantenimiento.
- Costo de fabricación.

La siguiente tabla, muestra la clasificación de las piezas que conforman el equipo rallador exprimidor en desechables y conservables, considerando que las piezas desechables como aquellas piezas las cuales deben de ser reemplazadas cuando así se requieran, mientras que las conservables como aquellas que no requieren reemplazarlas.

**Tabla #20. Clasificación de las Piezas de Equipo Rallador Exprimidor.**

(Fuente: Los Autores).

N <sup>o</sup>	NOMBRE DE PIEZAS	DESECHABLES	CONSERVABLES
1	Tambor rallador		✓
2	Rodamientos	✓	
3	Tolvas		✓
4	Motor y/o Bicicleta de velocidades	✓	
5	Gato hidráulico	✓	
6	Base filtro		✓
7	Tornillos	✓	

#### 6.4. MANTENIMIENTO DEL EQUIPO:

El mantenimiento del sistema rallador exprimidor se realiza en cada una de sus partes, la cual deben ser revisadas en un día de operación, de manera tal de dejar en optimas condiciones el equipo para una nueva fase de operación.

La descripción del mantenimiento de los equipos clasificados como conservables se presenta a continuación:

##### 6.4.1. Tambor Rallador.

El mantenimiento de esta pieza se realiza sin desmontarlo, agregando abundante agua limpia preferiblemente a presión, utilizando detergentes y un cepillo para fregar este tambor, desprendiendo de este parte del residuo de masa de yuca adherida al rallador.

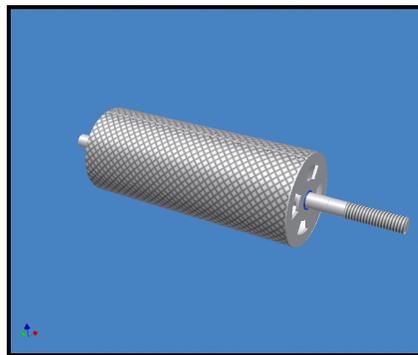


Figura #42. Tambor Rallador. (Fuente: Los Autores)

### 6.4.2. Tolvas

Para esta parte al igual que la anterior, las tolvas se desmonta y se lava con abundante agua y detergente, y con una esponja se puede remover la masa que queda adherida a esta, gracias a su diseño, esta en sus esquinas no presentan un ángulo de  $90^\circ$ , sino que presenta un radio aproximado de 25 mm para evitar la acumulación de residuos sólidos y facilitar su mantenimiento.

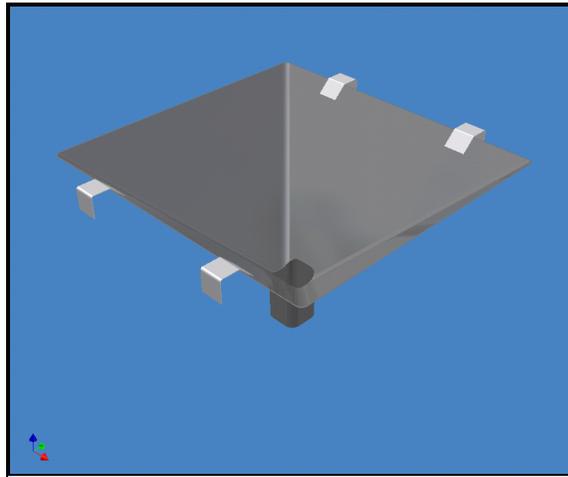


Figura #43. Tolva receptora de yare del proceso de prensado. (Fuente: Los Autores)

### 6.4.3. Base filtro.

Para realizarle su limpieza se recomienda utilizar un cepillo, agua y detergente, se friega para desprenderle el almidón que queda firmemente adherido a esta base.

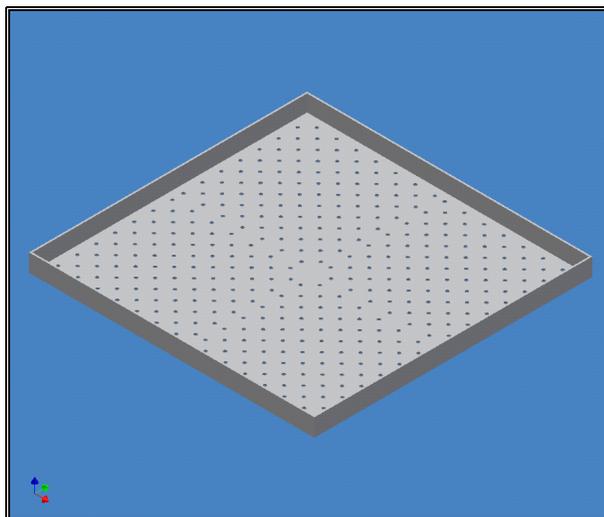


Figura #44. Base Filtro en Acero Inoxidable Perforada. (Fuente: Los Autores)

**6.4.4. Tabla #21. Tiempo de Ejecución del Mantenimiento.**(Fuente: Los Autores)

La siguiente tabla nos muestra que partes de la máquina necesita la realización de un mantenimiento preventivo y cada cuanto tiempo se deberá ejecutar.

#	Pieza	Material	# Partes	Observación
1	Gato Hidráulico	Aleación	1	Revisar el aceite cada 3 meses y cambiarlo cada 12 meses al igual que el cambio de los sellos.
2	Cojinetes		2	Engrasar mensualmente, ya que si se mantiene con aceite puede ocurrir la contaminación del producto.
3	Pernos	Acero	44	Verificar y reajustar los pernos de la estructura de prensado cada 6 meses.
4	Tapa de Compactación	Madera y Acero de Bajo Carbono	1	Cambiar la madera anualmente y chequear su estado mensualmente verificando posibles agrietamientos.
5	Estructuras	Acero de Bajo Carbono	1	Pintar anualmente las estructuras para evitar posible corrosión además mantener la estética de la máquina.
6	Tambor Rallador	Acero Inoxidable	1	Cambiar el rallo cuando se observe el desgaste de las muescas desbastadora de la yuca.

**6.5. MANUAL DE OPERACIÓN**

Esta máquina consta de dos procesos, los cuales funcionan por separado, de manera consecutiva, el primer proceso, el de rallado y el segundo, al finalizar el primero el de exprimido o prensado.

**6.5.1. Fase de rallado:**

Para esta parte del proceso se necesita de dos operarios, uno que genere las r.p.m necesarias por medio del pedaleo en la bicicleta y otro que se encargue de introducir la yuca amarga en la tolva de alimentación inclinada. Se utilizarán sacos de sisal de 45 kg., el cual ocupa un volumen aproximado de 48 lts.

➤ Se coloca en la tolva de descarga el saco de sisal y se acopla a esta mediante ganchos dispuestos para este propósito.

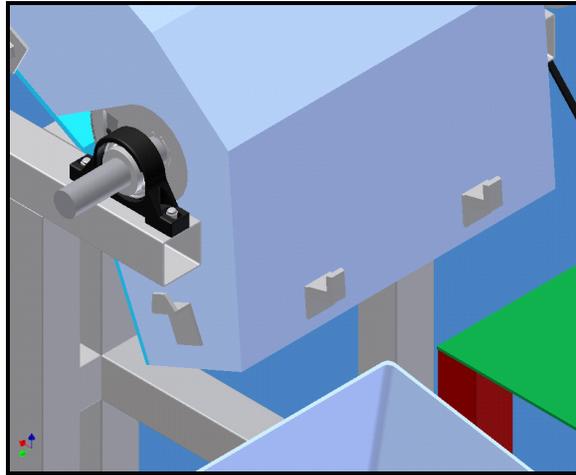


Figura #45. Ganchos para acoplar la Bolsa de Sisal. (Fuente: Los Autores)

➤ Se sienta un operario en la bicicleta y comienza a pedalear utilizando los cambios de velocidades de la bicicleta desde la que genera menos r.p.m para vencer la inercia y hasta la que genere más r.p.m para obtener la velocidad máxima adecuada para el rallado.



Figura #46. Sistema Rallador con la Bicicleta acoplada. (Fuente: Los Autores)

➤ Al estabilizarse las r.p.m, el segundo operario introducirá por la tolva de alimentación la yuca amarga una a una, previamente raspada y lavada y verificara al mismo tiempo que la catebía húmeda este cayendo en el saco de sisal correctamente.

➤ Finalmente al llenarse el saco de sisal se dejará de pedalear para concluir con el proceso de rallado, al detenerse la máquina completamente, se retirará el saco de sisal de la tolva de descarga y luego va a la bandeja de prensado debidamente cerrado para evitar fugas de catebía húmeda.

### **6.5.2. Fase de Prensado o Exprimido:**

Para esta parte el proceso se requerirá solo de un operario.

➤ Después de colocado el o los sacos de sisal sobre la bandeja o base de prensado, se coloca la tapa sobre estos sacos de forma tal que el centro de la tapa quede sobre la base del gato hidráulico.

➤ Se accionará la palanca del gato hidráulico hasta que el saco este bien comprimido.

➤ Se dejará exprimiendo hasta alcanzar el 55 o 60% del espesor del saco de sisal.

➤ Se dejará exprimiendo por dos (2) horas hasta que el yare sea extraído completamente, o sea cuando el saco de sisal deje de gotear (para procesar 90 kg. dos bolsas de sisal llenas de catebía húmeda).

➤ Finalmente al concluir el proceso de exprimido se procederá a girar la válvula de alivio del gato para que los resortes regresen el gato hidráulico a su posición inicial.

➤ Se retirará el saco de sisal de la máquina exprimidora y se vaciará dicho saco en un recipiente destinado para esto.

## 6.6. MONTAJE Y DESMONTAJE

La máquina ralladora y exprimidora de yuca para la elaboración del casabe, será entregada parcialmente desarmada.

Para comenzar el ensamble del equipo debe asegurarse de que el lugar donde lo va a colocar tenga las condiciones ergonómica para su buen desempeño, como por ejemplo un lugar amplio, techado y fresco.

**Recomendación 1:** Comience ensamblando la estructura de la prensa. (Vigas IPN).

**Recomendación 2:** Coloque esta estructura sobre un suelo de concreto o cemento, el cual se encuentre perfectamente plano de manera tal que se note un buen balance de la estructura de prensado.

➤ Coloque las vigas IPN de 1m (Bases de la estructura), estas presentan un refuerzo en la parte superior para colocar las vigas lisas (figura # 49) y además tiene un refuerzo para acoplar pletinas como se muestra en la figura siguiente. (Piezas N°1).

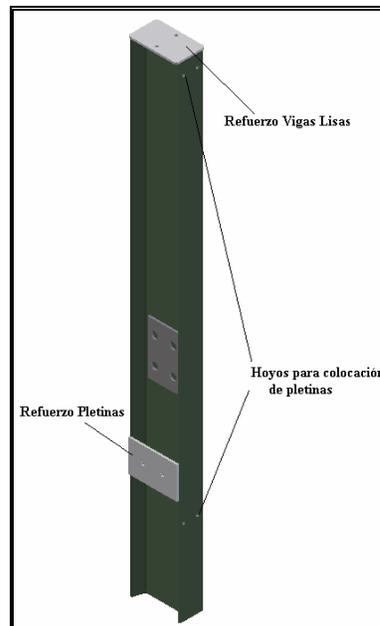


Figura #47. Bases de la Estructura de Prensado. (Fuente: Los Autores)

- Ensamble estas vigas con la que forma una T invertida y ajuste los pernos correspondientes a cada una de las patas, son en total 16 pernos y ajústelos (piezas N° 2). Figura #48

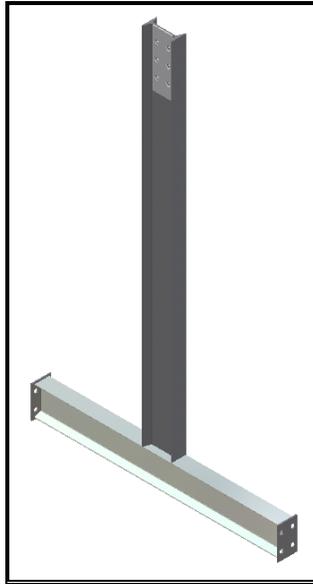


Figura #48. Viga en T invertida. (Fuente: Los Autores)

- Una vez colocados y ajustados los pernos apriete con sus respectivas tuercas.
- Coloque la viga horizontal N°3 de sección transversal de 20 x 20 mm con sus respectivos pernos, con esto ya tiene la estructura base armada.

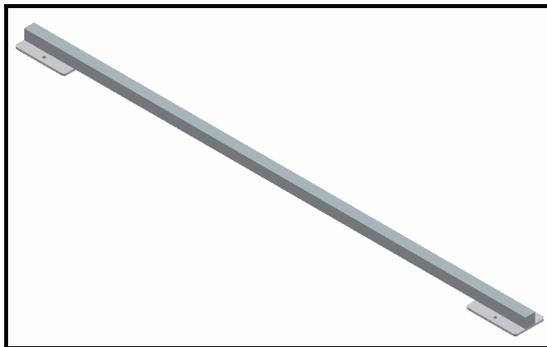


Figura #49. Viga Horizontal de 20 x 20 mm. (Fuente: Los Autores)

- Coloque las pletinas de refuerzo como se muestra en la figura siguiente el cual representa la estructura de la prensa (Pieza #8).

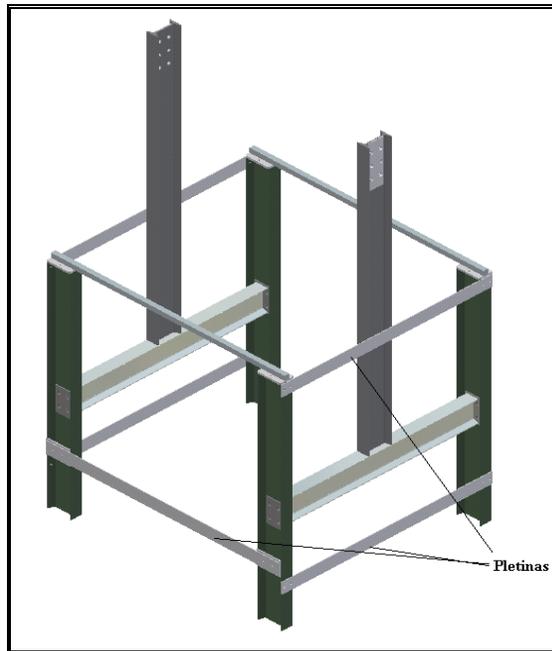


Figura #50. Estructura del Sistema de Prensado. (Fuente: Los Autores)

- Coloque las vigas horizontales y apriete los 8 pernos correspondientes, en esta va acoplado el gato hidráulico en su zona media. En principio verifique la cantidad de yuca a procesar para colocar esta en la posición conveniente al exprimido (Piezas N° 4).

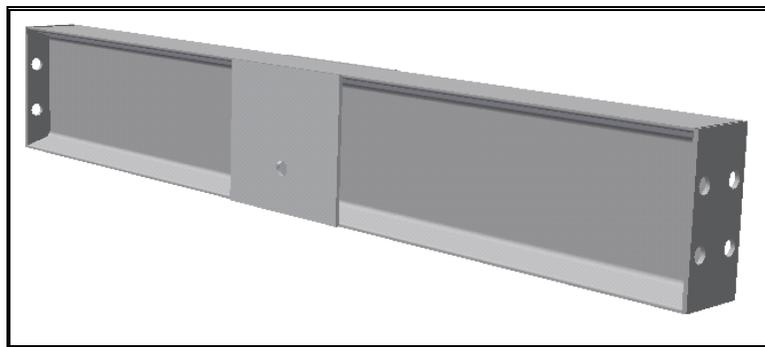


Figura #51. Pieza N°4. (Fuente: Los Autores)

- Coloque la tolva receptora. (Pieza N° 5). Figura #43.
- Coloque la base filtro agujereada de prensado (Pieza N° 6).

Figura #44.

- Coloque el Gato Hidráulico de Botella. (Pieza N° 7), exactamente en la zona media de la viga (en el acople para el gato hidráulico), acople y apriete el tornillo para este fin.

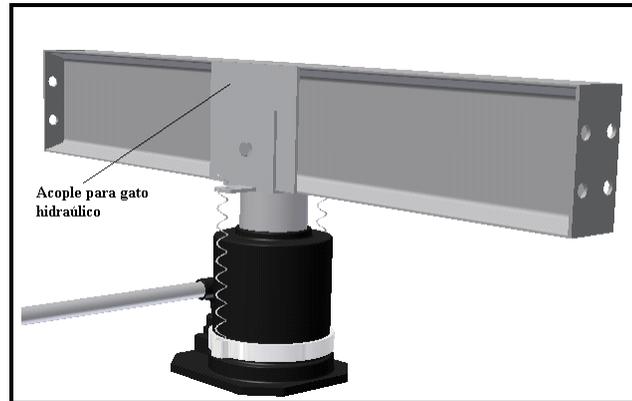


Figura #52. Acople del gato hidráulico con la IPN 140. (Fuente: Los Autores)

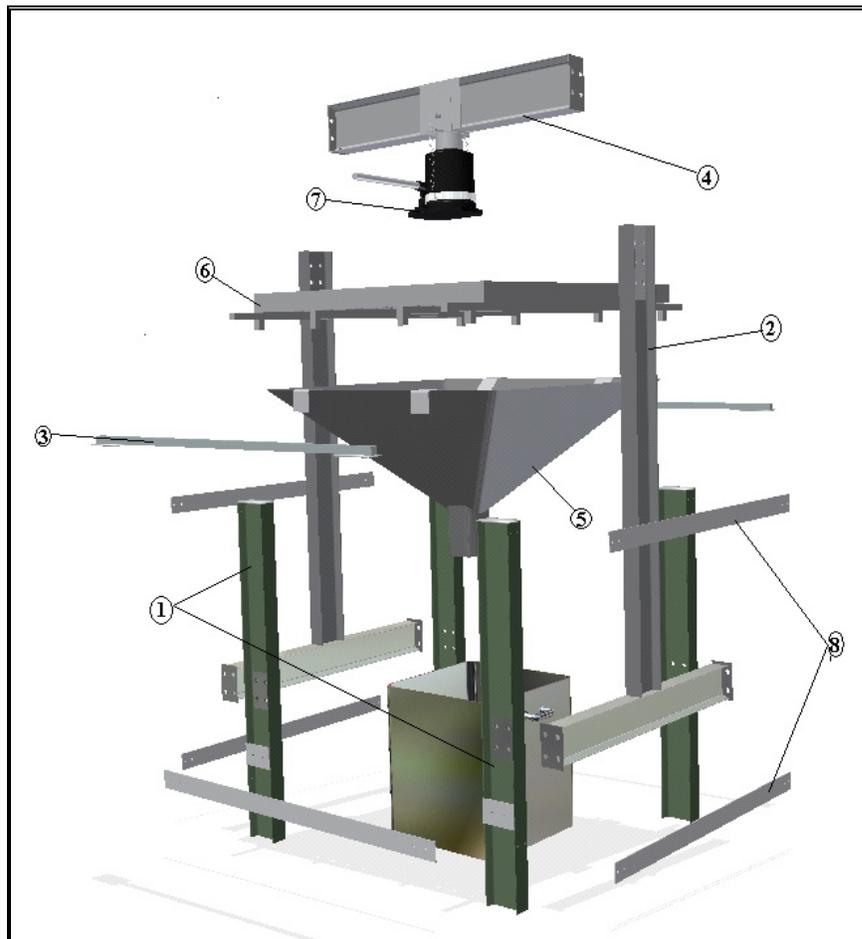


Figura #53. Ensamble de Sistema de Prensado. (Fuente: Los Autores)

**Recomendación 3:** Verifique que los pernos estén muy bien ajustado por razones de seguridad del equipo.

Para la ralladora, la estructura ya viene ensamblada solo siga las siguientes instrucciones para el montaje de las partes móviles.

- Ponga la estructura del sistema rallador (figura #54) próxima a la estructura de la prensa (Pieza N°1).

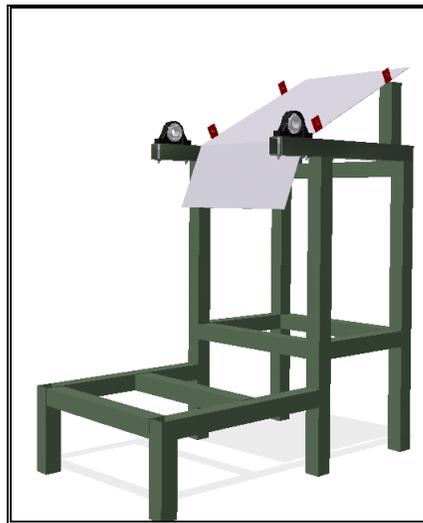


Figura #54. Estructura del sistema rallador. (Fuente: Los Autores)

- Coloque y fije los cojinetes en la estructura, de forma tal que el lado roscado del sistema tambor rallador figura #41, quede hacia el lado donde va a colocar el motor o la bicicleta, como lo indica la figura (Pieza N°2).
  - Si va a utilizar la bicicleta coloque el piñón en la rosca, si no, la polea acanalada en el caso de utilizar el motor eléctrico.
  - Acople la bicicleta o el motor eléctrico.
  - Coloque la tapa de la tolva inclinada y ajústelas con los tornillos dispuestos a los laterales (Pieza N°4).
  - Coloque la bandeja receptora de catebía húmeda (Pieza N°5).
  - Coloque el saco de sisal en los ganchos de manera tal que la abertura de la bolsa calce en la salida de la tolva y asegúrese de que esta quede bien fija.

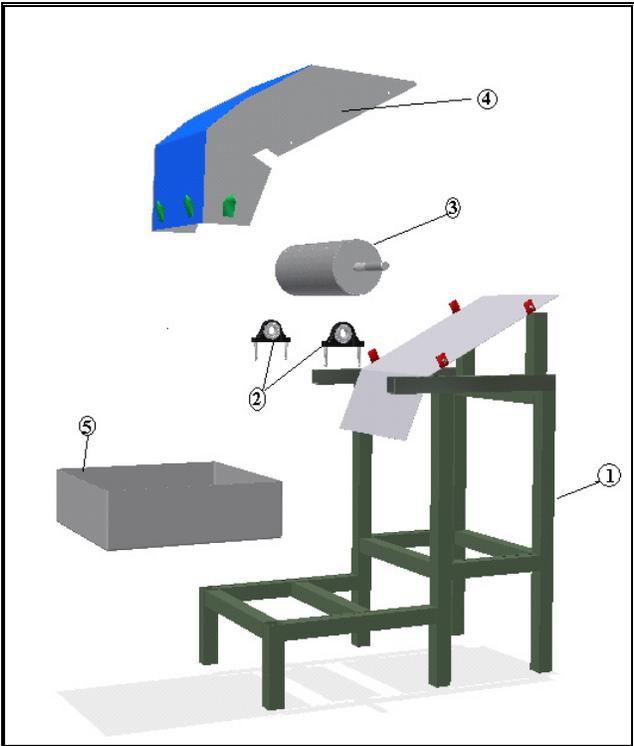


Figura #55. Ensamble del Sistema Rallador. (Fuente: Los Autores)

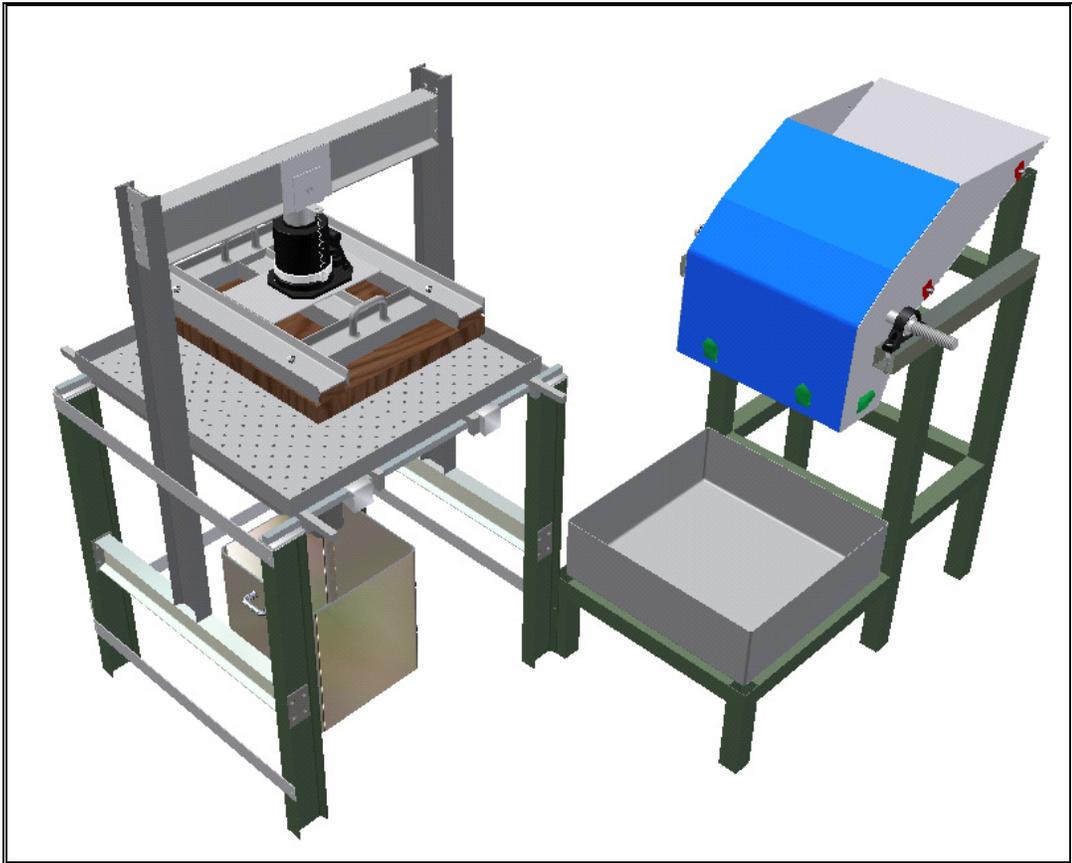


Figura #56. Sistema rallador- exprimidor. (Fuente: Los Autores)



Figura #57. Sistema Rallador accionada manualmente. (Fuente: Los Autores)

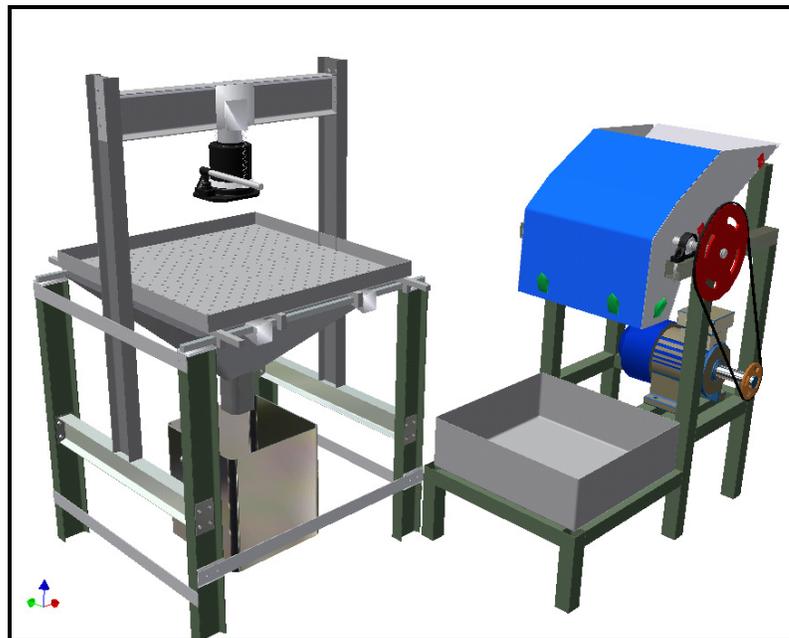


Figura #58. Sistema Rallador accionada con motor eléctrico. (Fuente: Los Autores)

Conocidas todas las características necesarias para diseñar el sistema es necesario determinar la rentabilidad de la construcción de la maquina, por lo que se hace necesario un análisis de los costos de construcción.

## **CAPITULO VII**

### ***7. COSTOS***

#### **7.1. Costos de los materiales para la fabricación**

Para el posible costo final de la máquina ralladora y exprimidora de yuca para la elaboración de casabe, se seleccionaron varias empresas del ramo de la construcción de piezas mecánicas con maquinarias de poca complejidad con el objetivo de minimizar los costos, además se seleccionaron varias ferreterías las cuales presentaron los mejores precios del mercado, con el fin de reducir la inversión inicial.

El diseño de esta máquina fue realizado de forma tal que sus componentes o piezas no necesitan de un mecanizado de gran precisión con el fin de hacerlo más económico, así que los planos de las piezas a mecanizar fueron llevadas, presentadas y presupuestadas.

Las piezas a utilizar que no necesitan ser construidas como los rodamientos, pernos, láminas de acero inoxidable, piezas estructurales como las IPN y tubulares, gato hidráulico, pletinas, fondo, pintura y pernos, se procedió a llamar por teléfono.

Una vez realizada la investigación de los precios de todos los componentes del diseño y su mano de obra, se realizó la selección de los precios más aceptables del mercado.

## 7.2. Estimación del Costo de la Máquina.

Tabla #22. Precios de las piezas de la máquina en sus dos versiones.

(Fuente: Los Autores).

Descripción	Cantidad	Precio
vigas lisas (macizas) 20x20 Acero de bajo carbono	2m	33.400
TUBULARES 60X60	12m	69.597
Eje AISI 1040	2800 Bs. /kg.	16.800
Rodamientos	2	91.928
Volantes	2	120.000
lámina de acero inox 0,5mm espesor calibre 25	1	75.900
lámina de acero inox 2mm espesor (1,20x2,40)m	1	440.000
IPN 100	12m	125.304
IPN 140	1m	66.500
Refuerzo de 4mm espesor Acero Dulce.		12.000
Base filtro con agujeros de 5 mm diámetro.	1	375.000
vigas lisas 20x20 Acero Inoxidable	5	120.000
gato hidráulico 8 ton	1	155.600
Resortes	2	5.000
madera de 5 cm. de espesor 55x75 cm.	1	40.000
pletinas 2" x 1/8"	6m	5.700
pernos 13 mm diámetro	24	22.800
pernos 6 mm diámetro	28	16.800
Afines		20.000
1/4 Fondo Anticorrosivo	1	6.150
1 galón pintura azul marino	1	5.200
Maquinado		120.000
Herrería		800.000
<b>Sub. Total</b>		<b>2.743.679</b>
Motor eléctrico tren 48 eje 1/2" 1800 r.p.m	1	175.000
Polea	1	56.285
Correa acanalada	1	8.000
<b>Total Presupuesto Versión a Motor Eléctrico</b>		<b>2.982.964</b>
Bicicleta de velocidades (Nueva)	1	270.000
Piñón	1	4.300
Cadena	1	19.575
<b>Total Presupuesto Versión Manual</b>		<b>3.037.554</b>

De esta manera, el precio de la máquina ralladora y exprimidora de yuca para la elaboración del casabe es de Bs. **2.982.964,00** para la versión con motor y de Bs. **3.037.554,00** para la versión manual.

### **7.3. Factibilidad Económica.**

Conocer la cantidad de casabe que se produce diariamente en la comunidad es un factor muy importante al momento de determinar si la construcción de la máquina es rentable, ya que la idea principal es recuperar la inversión inicial a corto plazo y comenzar a generar ganancias. Además de que se desea aumentar la producción mejorando las condiciones de trabajo.

La comunidad del Torreño procesa actualmente de manera artesanal 200 kg. Inter-Diarios de Yuca amarga, produciendo 60 kg. de harina para la elaboración Inter-Diaria de Casabe, además de que se produce aproximadamente 120 litros de Yare, que no es aprovechado en el proceso artesanal.

El costo de las tortas de Casabe es de Bs. 1000,00 por unidad, y para la realización de esta se requiere de aproximadamente 1,25 kg. de harina por cada torta de Casabe, lo que nos indica que hay una producción aproximada de 24 tortas por cada 100 kg. de yuca amarga.

La máquina a construir tiene la propiedad de aprovechar toda la materia prima a procesar, esto quiere decir que el Yare obtenido en el proceso puede ser aprovechado y este presenta un costo de 800,00 Bs. /Litro, es decir que se obtienen 48.000 Bs. por cada 100 kg de yuca procesada.

En el mercado se consigue la yuca amarga a un costo de 500,00 Bs. / kg. y se procesan semanalmente 600 kg. de yuca, lo que quiere decir que se requiere de 300.000,00 Bs. por motivo de materia prima semanal.

Para la comunidad en la cual se realizó la investigación, ellos no compran la materia prima en el mercado, sino que siembran y cosechan la materia prima a utilizar en el proceso, es decir que estas personas se ahorran el costo de la materia prima, ya que el precio de los esquejes de la planta de yuca amarga son de un bajo valor (8 Bs. por esquejes con 5 nódulos).

Con una producción semanal de 180 kg. de harina, se elaboran 144 tortas de Casabe con una ganancia de Bs. 144.000,00 además de Bs. 288.000,00 en Yare producido, lo que nos indica una ganancia total de Bs. 432.000 semanalmente. Ahora si utiliza un 20 % de la inversión para amortizar parte de la inversión inicial, esto se traduce en Bs. 84.600 semanales.

El costo de la máquina es de aproximadamente Bs. **3.037.554,00** con un tiempo de construcción y puesta en marcha de 30 días, por lo que se estima una recuperación de la inversión inicial en 36 semanas aproximadamente.

## CONCLUSIONES

En este trabajo especial de grado, se logro diseñar una máquina ralladora y exprimidora de yuca para la elaboración de casabe, aplicando los conocimientos adquiridos en el área del diseño, adaptándolo a los requerimientos de las comunidades del Municipio Independencia del Edo. Anzoátegui.

En general se puede especificar que:

Se estudiaron las los diferentes tipos de ralladoras y exprimidoras existentes en el mercado y se puede concluir que nuestro diseño supera las ofertas existentes.

Se determinaron y seleccionaron los diversos elementos mecánicos que conforman el sistema, tomando en consideraciones los materiales, herramientas y los elementos humanos amoldando las características del procesamiento de la yuca para la elaboración de casabe, a los elementos mecánicos semejantes en funcionamiento existentes en el mercado nacional.

Con la investigación realizada, se pudo demostrar, gracias a las propiedades físico-químico observadas, que los materiales utilizados para este diseño se adaptan a sus características.

Se estudiaron los diferentes esfuerzos a los que estarían sometidas todos y cada uno de los componentes de la maquina de manera de tal que fueran tomados en cuenta a la hora del diseño, para así garantizar que la maquina no vaya a fallar al verse sometida a alguno de estos esfuerzos y poder predecir su comportamiento.

Se especificaron detalladamente todas y cada una de las partes y/o componentes a ser utilizados para el diseño y posterior construcción de la maquina.

Se investigó y determinó el incumplimiento de las normas sanitarias básicas de trabajo con este alimento de consumo humano en las localidades donde se elabora de

manera artesanal el casabe, confirmando pues la insalubridad y lo rudimentario de esta técnica.

Se demostró con el estudio de factibilidad económica el costo de los componentes de la máquina, su construcción y lo rentable que resulta este diseño.

Se elaboro de manera clara y sencilla un manual de operación de la maquina con los paso a seguir para su correcta puesta en funcionamiento y se elaboro un manual de mantenimiento para garantizar el correcto funcionamiento de todos los componentes que conforman el sistema y su correcta reposición de elementos que así lo ameriten.

El diseño presentado es una Ralladora y Exprimidora de yuca amarga (*Manihot esculenta crantz*) el cual es una máquina de producción por lote, puede procesar hasta 90 kg de masa de yuca en 1 hr.

## **RECOMENDACIONES**

Reparar o rediseñar la prensa de tornillo que existe en la comunidad del Torreño para así aumentar la producción diaria de la harina de yuca (Figura #11).

Diseñar un equipo, que raspe la yuca amarga, así como un cernidor o tamizador de harina de yuca con la finalidad de completar y mejorar las funciones del sistema procesador de casabe.

Utilizar depósitos en acero inoxidable en un lugar limpio y alejado de un ambiente húmedo para colocar la harina una vez compactada para su posterior proceso.

Utilizar sacos de sisal sintético, ya que estos tienden a retardar la creación de hongos en los alimentos, así como la de utilizar sacos de 45 kg. máximo ya que a mayores carga aumenta el riesgo de aparición de lesiones en la espalda.

Para minimizar costos de inversión, recomendamos utilizar vigas IPN 100 para toda la estructura de prensado, bajando la capacidad del gato hidráulico a 5 toneladas y aumentar el tiempo de compresión de la masa de yuca.

Seguir las buenas prácticas higiénicas para la elaboración del producto.

Fomentar la utilización de todas las herramientas necesarias a nivel de programas de simulación numérica y de diseño asistido por computadora, dentro de los parámetros en la ejecución de un trabajo especial de grado fundamentada en el área del diseño ya que estas facilitan la creación virtual de piezas mecánicas determinándonos el comportamiento de las piezas mecánicas, indicándonos las zonas de posibles fallas en su funcionamiento.

**BIBLIOGRAFIA**

1. Aguilera Vianellis J. Tesis 1982. **“Estudio sobre las variedades de yuca utilizadas en la elaboración de casabe en el Tigre estado Anzoátegui”**. U.C.V. Facultad de Ingeniería, Escuela de Agronomía.
2. Amundarain José. Tesis 2.002. **“Diseño y Simulación de una Máquina Peladora de Piña”**. U.C.V. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica.
3. Arismendi, L. **“Aspecto de la producción y comercialización del casabe en el Distrito Maturín del estado Monagas”**. Seminario sobre la Industria de la Yuca. Corporiente, Cumaná. 1982.
4. Bachmann, A., Forberg, R., **“Dibujo Técnico”**. 2ª Edición Editorial Labor, España, 1.968.
5. Beer Ferdinand P. R. Johnston, Jr. **“Mecánica de Materiales”** 2ª Edición, (Incluye 2 disquetes con aplicaciones), Mc Graw Hill, Santa Fe de Bogotá Colombia, 1993, 738 Pág.
6. Burr Arthur M & Jonh B. Cheatham. **“Mechanical Analysis and Design”** 2ª Edicion, Prentice Hall.1995.
7. Carrizales V. **“Desarrollo tecnológico de la elaboración de casabe”**. Proyecto DCCT-TA5. CONICIT, Caracas. 1981.
8. Civrieux, Marc de. **“Los Cumanagotos y sus vecinos, en aborígenes de Venezuela”**. Monografía N° 26. Fundación la Salle de Ciencias Naturales, Caracas. 1980.
9. Cooke, R. Coursey, D. **“Cassava: A major cyanide-containing food crop in cyanide in biology”**. Vennesland *et al.* Editors. Academic press Inc., London. 1981.

10. De Rodríguez Beatriz M & Martín Eduardo “**Análisis de alimentos**”.1995.
11. Fratteli Maria, “**Proyecto de Estructuras de Aceros**”. Edición Provisional 607 Pág. 1991.
12. Fundación CIEPE (Investigación y Consultoría Agroindustrial) “**La Tecnología del Casabe. Un Legado Aborigen**”.160 Pág. 1992.
13. Grace, M .R. “**Elaboración de yuca**”. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma 1977.
14. Ignoto C., V., “**Soldadura para Ingenieros**”, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de los Materiales, Caracas, Venezuela.
15. Lancaster, P. A.; Ingram, J. S.; Lim, M. Y. y Coursey, D. “**Traditional cassava based foods: survey of processing techniques**”. Economic Botany. 36 (1):12-45. 1982.
16. Manual SKF, “**Catálogo General de Rodamientos**”, 1999, 974 Pág.
17. Ministerio de Agricultura y Cría, Dirección de Investigación. “**El cultivo de la yuca en Venezuela**”. Maracay. 1974.
18. Montaldo A. “**La yuca Frente al Hambre del Mundo Tropical**”.1996.
19. Montaldo, A. Cagua, “**Especies de Manihot en Venezuela**”. Jornadas Agronómicas, 8vas. 1972.
20. Montaldo, A.; Montilla, T.; Escobar, I.; Montilla, J. J.; Vargas, R. y Aguaje, S. “**El follaje de yuca como fuente potencial de proteína**”. U.C.V. Maracay. 1980.

21. Mott, R., “**Diseño de Elementos de Máquinas**”, 2ª. Edición, Prentice Hall Hispanoamericana S.A., México (DF), 1.995. 787 Pág.
22. Niemann, G., “**Tratado Teórico-Práctico de Elementos de Máquinas**”, Editorial Labor S.A., España, 1.967, 652 Pág.
23. Norton, R., “**Diseño de Maquinaria**”, Editorial Mc Graw-Hill, México, 1.995 816 Pág.
24. Park, Y.; Zennin, C; Veda, S.; Martins, C.; y Martins, J. “**Microflora in beiju and their biochemical characteristics**”. Journal Ferment. Technology. 60 (1):1-4. 1982.
25. Pérez Manuel José. Tesis 1997. “**Propuesta idealizada de un conjunto de equipos básicos para el procesamiento industrial del casabe, a base de yuca amarga (Manihot esculenta crantz) referido tecnológicamente al proceso artesanal**”. U.C.V. Facultad de Ingeniería, Escuela de Agronomía.
26. Sanoja, M. O., “**Los hombres de la yuca y el maíz**”. Monte Ávila Editores, C.A. Caracas, 1981.
27. Schnee, L. “**Plantas comunes de Venezuela**”. Universidad central de Venezuela.
28. Schwerin Karl H. “**Apuntes sobre la yuca y sus orígenes**”. Boletín informativo de Antropología (IVIC) N° 7 Caracas 1970.
29. Shigley, J. Y Mischke C., “**Diseño en Ingeniería Mecánica**” 5ª Edición, McGraw Hill, México, 1.997. 883 Pág.
30. Sturtevant Williams C. “**History and ethnography of some west Indians starches**”. Uckop, Dimbleby, Editors. Generald Duckworth and Co. Ltd., London. 1969.

31. Tajadura Zapiran & J. López. “**AutoCAD 2002 Avanzado**” Mc. Graw Hill España, 2002, 613 Pág.
32. Targhetta A., “**Transporte y Almacenamiento de Materias Primas en la Industria Básica**”. Editorial Blume, España, 1.970, 489 Pág. Tomo I.
33. Wagner, E. “**¿Qué debe el mundo moderno a los aborígenes americanos?**”. Revista Líneas.215, Caracas. 1975.
34. Wilbert, J. “**Indios de la región Orinoco-Ventuari**”. Fundación la Salle de Ciencias Naturales, Caracas, 1966.
35. Williams & Harris., “**Diseño de Estructuras Metálicas**”. 7ª Edición, Compañía Editorial Continental, México, 1.973, 795 Pág.

### **CONSULTAS EN LA WORLD WIDE WEB**

(Consultas realizadas 08 -2003).

1. <http://www.sencamer.gov.ve/>.
  - Norma COVENIN 1149-86. “Perfiles (IPN) de alas inclinadas de acero, laminados en caliente”.
  - Norma COVENIN 3082-97. “Norma Venezolana Automotriz. Gatos Hidráulicos Portátiles tipo Botella”.
2. <http://www.codexalimentarius.com/>
  - Norma CODEX STAN 176-1989(rev.1-1995) norma del CODEX para la harina de yuca comestible.
3. [www.consagro.com/](http://www.consagro.com/).
4. <http://www.infoagro.com/>
  - Información general sobre el proceso de elaboración del casabe.
5. <http://www.rodamientosrovi.com/>
  - Precios y Tipos de Rodamientos existentes en el Mercado.
6. [http://www.ciat.cgiar.org/biotechnology/pdf/escobar\\_crio.pdf](http://www.ciat.cgiar.org/biotechnology/pdf/escobar_crio.pdf).

---

---

## **APENDICE A**

Los planos presentes en este apéndice están hechos en un formato DIN A4 de dimensiones 210 X 297 (mm).

Esta reducción es debido a la cantidad de planos necesarios para la construcción de esta máquina, dándonos un total de 32 planos, el cual de ser impreso a en una escala más conveniente y en hojas normalizadas, su tamaño y costo harían muy inconveniente.

---

---

## **APENDICE B**

Este trabajo especial de grado presenta un CD-ROM el cual su contenido es:

➤ Escrito:

1. Capítulo I
2. Capítulo II
3. Capítulo III
4. Capítulo IV
5. Capítulo V
6. Capítulo VI
7. Capítulo VII

- Planos (los del Apéndice A).
- Animación del funcionamiento de la máquina ralladora y exprimidora de yuca para la elaboración de casabe, dadas por el programa Autodesk Inventor 7.
- Simulación dada por el Sap2000, sobre la deformación de las estructuras ralladoras y exprimidoras.

## **APENDICE C**

### **Autodesk Inventor Professional 7**

El diseño de la máquina ralladora y exprimidora de yuca para la elaboración del casabe, fue elaborada bajo un programa de Diseño Asistido por Computadora (CAD) de la casa Autodesk Inventor Professional 7.

Este programa nos permite realizar el diseño en tres dimensiones, lo que nos da una mejor visión de las piezas a diseñar, luego de realizado cada diseño, el programa nos da la facilidad de ensamblar cada pieza y con esto podemos verificar si hay alguna posible colisión entre las piezas en movimiento, dando la simulación virtual de la máquina realizando las operaciones a las cuales está diseñada.

Con este programa de diseño, se realizó de manera virtual la máquina en un espacio de tres dimensiones del cual nos permite visualizar desde distintos ángulos la máquina, además nos permite quitar piezas que dificultan la visualización de otras piezas sin afectar el conjunto ensamblado, con esto es posible la anticipación de posibles errores que se puedan solucionar de forma inmediata, sin la pérdida de tiempo ni material en el caso de presentarse dicho error durante la construcción real y la puesta en marcha de la máquina ralladora y exprimidora de yuca para la elaboración del casabe.

**APENDICE D**

## SAP 2000 Computers &amp; Structures INC.

Las estructuras presentes en la máquina ralladora y exprimidora de yuca para la elaboración del casabe fue verificado por este programa de análisis de estructuras el cual trabaja en 2D y 3D, cuyo nombre es SAP2000 la versión 6.11 Programa de Análisis de Estructural.

Este programa computacional permitió analizar la forma de la estructura dándonos las posibles zonas donde se presentan los Momentos Flectores y Esfuerzos Cortantes, por tanto este programa fue utilizado para verificar cálculos realizados en forma manual y así asegurar que esta estructura no falle a la hora de construirla, permitiéndonos así evitar la pérdida de material a la hora de construir.

Este programa trabaja bajo el análisis matricial, utiliza también la teoría de placas y además bajo elemento finito, lo que nos asegura los resultados obtenidos de manera aproximada.

**APENDICE E**

**JOSE E. CASTILLO**

**HERRERIA EN GENERAL**

**ELECTRICIDAD**

**PRESUPUESTO**

Fecha: 13-01-04

Sr.(es) UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

Dirección \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_

Cant.	ARTICULO	Precio Unitario	IMPORTE
	<p>• <b>SUMINISTRO Y COLOCACION DE SOLDADURA</b>                      CORRIDA PARA:                      - ESTRUCTURA IPN                      - ESTRUCTURA TUBULAR</p> <p>• CORTE                      • TALADRADO                      • DOBLADO</p>		
<b>TOTAL Bs.</b>		800.000	00



HERRERIA  
**JOSE CASTILLO**  
 RIF. V-03400882-1  
 TELFS. 671.15.48 -- 671.39.65

**APENDICE F**

**TALLER INDUSTRIAL**  
**HUASCARAN c.a.**  
**TORNO - FRESA - AJUSTE - SOLDADURA**

RIF. J-00337712-0 - NIT. 0027378846

---

Calle 2 c/ Av. Circunvalación No. 43 - Local 2 - Pro-patria  
Telf. 872.47.55 - Caracas - Venezuela

---

Fecha. 11/12/003 - Nº 5328

Señor (es) Miguel Nota

Dirección: \_\_\_\_\_

CANTIDAD	DESCRIPCION	BOLIVARES
	<u>PRESUPUESTO</u>	
<u>1</u>	<u>Fabricar un</u> <u>Eje en Acero</u> <u>1045 S/plano.</u>	<u>80.000</u>
<u>1</u>	<u>Fabricar Plato</u> <u>EN AC INOX</u> <u>S. Plano.</u>	<u>40.000</u>
	<b>TOTAL Bs.</b>	<u>120.000</u>

Nota  
11/12/003

## ANEXO A



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

# Encuesta

Nombres: \_\_\_\_\_ Apellidos: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_ Sexo: M \_\_\_ F \_\_\_ Direcc. Hab.: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Labora Ud. En el área del casabe SI \_\_\_ NO \_\_\_

Direcc. Trab.: \_\_\_\_\_

Desde cuando realiza Ud. Este trabajo: \_\_\_\_\_

¿Que parte del proceso de la elaboración del casabe le gusta más?

Pelado \_\_\_ Rallado \_\_\_ Exprimido \_\_\_ Colado o Cernido \_\_\_ Cocina \_\_\_\_\_.

¿Qué parte del proceso NO le gusta realizar o es el más difícil para Ud.?

Pelado \_\_\_ Rallado \_\_\_ Exprimido \_\_\_ Cernido \_\_\_ Cocina \_\_\_\_\_.

¿Esta Ud. de acuerdo en cambiar la forma con el cual Ud. Labora? SI \_\_\_ NO \_\_\_.

¿Estaría Ud. de acuerdo con la idea de realizar una máquina que le facilite el rallado y exprimido de la yuca amarga para la elaboración del casabe? SI \_\_\_ NO \_\_\_

\_\_\_\_\_  
Encuestador

\_\_\_\_\_  
Encuestado

Fecha: \_\_\_\_\_

(Fuente: Los Autores)

ANEXO B

Tabla A. Factores de servicio para impulsores de cadena

Tipo de carga	Tipo de impulsor		
	Impulsor hidráulico	Motor eléctrico o turbina	Motor de combustión integral con impulsor mecánico
Ligera (agitadores, ventiladores, transportadores que se someten a la acción uniforme de cargas ligeras)	1.0	1.0	1.2
Choque moderado (herramientas mecánicas, grúas, transportadores pesados, mezcladoras y molidoras de alimentos)	1.2	1.3	1.4
Choque pesado (prensas de punzón, molinos de martillo, transportadores recíprocos, impulsor de molino giratorio)	1.4	1.5	1.7

Tabla B. Especificaciones de potencia, cadena estándar de tramo único, con rodamientos, número 40, paso de 1/2”.

No. de dientes en la rueda dentada pequeña	Revoluciones por minuto—rueda dentada pequeña																											
	10	25	50	100	200	300	400	500	700	900	1000	1200	1400	1600	1800	2100	2400	2700	3000	3500	4000	5000	6000	7000	8000			
9	0.04	0.10	0.19	0.35	0.65	0.93	1.21	1.48	2.00	2.51	2.75	3.25	3.73	4.12	3.45	2.74	2.24	1.88	1.60	1.27	1.04	0.75	0.57	0.45	0.37			
10	0.05	0.11	0.21	0.39	0.73	1.04	1.35	1.65	2.24	2.81	3.09	3.64	4.18	4.71	4.04	3.21	2.63	2.20	1.88	1.49	1.22	0.87	0.66	0.53	0.43			
11	0.05	0.12	0.23	0.43	0.80	1.16	1.50	1.83	2.48	3.11	3.42	4.03	4.63	5.22	4.66	3.70	3.03	2.54	2.17	1.72	1.41	1.01	0.77	0.61	0.50			
12	0.06	0.14	0.25	0.47	0.88	1.27	1.65	2.01	2.73	3.42	3.76	4.43	5.09	5.74	5.31	4.22	3.45	2.89	2.47	1.96	1.60	1.15	0.87	0.69	0.57			
13	0.06	0.15	0.28	0.52	0.96	1.39	1.80	2.20	2.97	3.73	4.10	4.83	5.55	6.26	5.99	4.76	3.89	3.26	2.79	2.21	1.81	1.29	0.98	0.78	0.64			
14	0.07	0.16	0.30	0.56	1.04	1.50	1.95	2.38	3.22	4.04	4.44	5.23	6.01	6.78	6.70	5.31	4.35	3.65	3.11	2.47	2.02	1.45	1.10	0.87	0.71			
15	0.07	0.17	0.32	0.60	1.12	1.62	2.10	2.56	3.47	4.35	4.78	5.64	6.47	7.30	7.43	5.89	4.82	4.04	3.45	2.74	2.24	1.60	1.22	0.97	0.79			
16	0.08	0.19	0.35	0.65	1.20	1.74	2.25	2.75	3.72	4.66	5.13	6.04	6.94	7.83	8.18	6.49	5.31	4.45	3.80	3.02	2.47	1.77	1.34	1.07	0.87			
17	0.08	0.20	0.37	0.69	1.29	1.85	2.40	2.93	3.97	4.98	5.48	6.45	7.41	8.36	8.96	7.11	5.82	4.88	4.17	3.31	2.71	1.94	1.47	1.17	0.96			
18	0.09	0.21	0.39	0.73	1.37	1.97	2.55	3.12	4.22	5.30	5.82	6.86	7.88	8.89	9.76	7.75	6.34	5.31	4.54	3.60	2.95	2.11	1.60	1.27	0			
19	0.09	0.22	0.42	0.78	1.45	2.09	2.71	3.31	4.48	5.62	6.17	7.27	8.36	9.42	10.5	8.40	6.88	5.76	4.92	3.91	3.20	2.29	1.74	1.38	0			
20	0.10	0.24	0.44	0.82	1.53	2.21	2.86	3.50	4.73	5.94	6.53	7.69	8.83	9.96	11.1	9.07	7.43	6.22	5.31	4.22	3.45	2.47	1.88	1.49	0			
21	0.11	0.25	0.46	0.87	1.62	2.33	3.02	3.69	4.99	6.26	6.88	8.11	9.31	10.5	11.7	9.76	7.99	6.70	5.72	4.54	3.71	2.66	2.02	1.60	0			
22	0.11	0.26	0.49	0.91	1.70	2.45	3.17	3.88	5.25	6.58	7.23	8.52	9.79	11.0	12.3	10.5	8.57	7.18	6.13	4.87	3.98	2.85	2.17	1.72	0			
23	0.12	0.27	0.51	0.96	1.78	2.57	3.33	4.07	5.51	6.90	7.59	8.94	10.3	11.6	12.9	11.2	9.16	7.68	6.55	5.20	4.26	3.05	2.32	1.84	0			
24	0.13	0.29	0.54	1.00	1.87	2.69	3.48	4.26	5.76	7.23	7.95	9.36	10.8	12.1	13.5	11.9	9.76	8.18	6.99	5.54	4.54	3.25	2.47	1.96	0			
25	0.13	0.30	0.56	1.05	1.95	2.81	3.64	4.45	6.02	7.55	8.30	9.78	11.2	12.7	14.1	12.7	10.4	8.70	7.43	5.89	4.82	3.45	2.63	0				
26	0.14	0.31	0.58	1.09	2.04	2.93	3.80	4.64	6.28	7.88	8.66	10.2	11.7	13.2	14.7	13.5	11.0	9.23	7.88	6.25	5.12	3.66	2.79	0				
28	0.15	0.34	0.63	1.18	2.20	3.18	4.11	5.03	6.81	8.54	9.39	11.1	12.7	14.3	15.9	15.0	12.3	10.3	8.80	6.99	5.72	4.09	3.11	0				
30	0.16	0.37	0.68	1.27	2.38	3.42	4.43	5.42	7.33	9.20	10.1	11.9	13.7	15.4	17.2	16.7	13.6	11.4	9.76	7.75	6.34	4.54	3.45	0				
32	0.17	0.39	0.73	1.36	2.55	3.67	4.75	5.81	7.86	9.86	10.8	12.8	14.7	16.5	18.4	18.4	15.0	12.6	10.8	8.64	6.99	5.00	0					
35	0.19	0.43	0.81	1.50	2.81	4.04	5.24	6.40	8.66	10.9	11.9	14.1	16.2	18.2	20.3	21.0	17.2	14.4	12.3	9.76	7.99	5.72	0					
40	0.22	0.50	0.93	1.74	3.24	4.67	6.05	7.39	10.0	12.5	13.8	16.3	18.7	21.1	23.4	25.7	21.0	17.6	15.0	11.9	9.76	6.99	0					
45	0.25	0.57	1.06	1.97	3.68	5.30	6.87	8.40	11.4	14.2	15.7	18.5	21.2	23.9	26.6	30.5	25.1	21.0	17.9	14.2	11.7	0						

Fuente: se reimprime de *Chains for Power Transmission and Material Handling*, p. 147, por cortesía de Marcel Dekker, Inc.

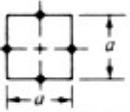
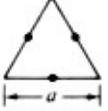
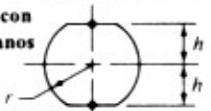
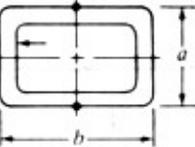
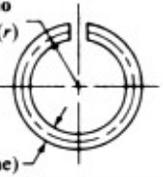
TIPO I: Lubricación manual o por goteo  
 TIPO II: Lubricación por disco o baño  
 TIPO III: lubricación por flujo de aceite

El límite de rpm para cada tipo de lubricación se lee a partir de la columna hacia la izquierda de la línea límite que se ilustra.

Fuente: Shigley J “Diseño en ingeniería mecánica”.

ANEXO C

Figura A. Métodos para determinar valores para K y Q para distintos tipos de secciones transversales

Forma de sección transversal	$K =$ para usarse en $\theta = TL/GK$ $Q =$ para usarse en $\tau = T/Q$ El punto negro (●) denota la ubicación de $r_{max}$																								
<b>Cuadrada</b> 	$K = 0.141a^4$ $Q = 0.208a^3$ $r_{max}$ en el punto medio de cada lado																								
<b>Rectangular</b> 	$K = bh^3 \left[ \frac{1}{3} - 0.21 \frac{h}{b} \left( 1 - \frac{(h/b)^2}{12} \right) \right]$ $Q = \frac{bh^2}{[3 + 1.8(h/b)]}$ (Aproximado: dentro de + 5%) $r_{max}$ en el punto medio de los lados largos																								
<b>Triangular (equilátero)</b> 	$K = 0.0217a^4$ $Q = 0.050a^3$																								
<b>Flecha o eje con un lado plano</b> 	<table border="1"> <tr> <td><math>K = C_1 r^4</math></td> <td><math>h/r</math></td> <td>0</td> <td>0.2</td> <td>0.4</td> <td>0.6</td> <td>0.8</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td><math>Q = C_2 r^3</math></td> <td><math>C_1</math></td> <td>0.30</td> <td>0.51</td> <td>0.78</td> <td>1.06</td> <td>1.37</td> <td>1.57</td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>C_2</math></td> <td>0.35</td> <td>0.51</td> <td>0.70</td> <td>0.92</td> <td>1.18</td> <td>1.57</td> </tr> </table>	$K = C_1 r^4$	$h/r$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	$Q = C_2 r^3$	$C_1$	0.30	0.51	0.78	1.06	1.37	1.57		$C_2$	0.35	0.51	0.70	0.92	1.18	1.57
$K = C_1 r^4$	$h/r$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0																		
$Q = C_2 r^3$	$C_1$	0.30	0.51	0.78	1.06	1.37	1.57																		
	$C_2$	0.35	0.51	0.70	0.92	1.18	1.57																		
<b>Flecha o eje con dos lados planos</b> 	<table border="1"> <tr> <td><math>K = C_3 r^4</math></td> <td><math>h/r</math></td> <td>0.5</td> <td>0.6</td> <td>0.7</td> <td>0.8</td> <td>0.9</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td><math>Q = C_4 r^3</math></td> <td><math>C_3</math></td> <td>0.44</td> <td>0.67</td> <td>0.93</td> <td>1.19</td> <td>1.39</td> <td>1.57</td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>C_4</math></td> <td>0.47</td> <td>0.60</td> <td>0.81</td> <td>1.02</td> <td>1.25</td> <td>1.57</td> </tr> </table>	$K = C_3 r^4$	$h/r$	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	$Q = C_4 r^3$	$C_3$	0.44	0.67	0.93	1.19	1.39	1.57		$C_4$	0.47	0.60	0.81	1.02	1.25	1.57
$K = C_3 r^4$	$h/r$	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0																		
$Q = C_4 r^3$	$C_3$	0.44	0.67	0.93	1.19	1.39	1.57																		
	$C_4$	0.47	0.60	0.81	1.02	1.25	1.57																		
<b>Rectangular hueca (uniforme)</b> 	$K = \frac{2t(a-t)^2(b-t)^2}{(a+b-2t)}$ $Q = 2t(a-t)(b-t)$ Da la tensión promedio; buena aproximación de la tensión máxima si $t$ es pequeña Las esquinas tienen chaflanes generosos																								
<b>Tubo cortado</b> Radio medio ( $r$ )  $t$ (uniforme)	$K = 2\pi r t^3/3$ $Q = \frac{4\pi^2 r^2 t^2}{(6\pi r + 1.8t)}$ $t$ debe ser pequeña																								

Fuente: Shigley J “Diseño en ingeniería mecánica”.

ANEXO D

Figura B. Distribución de tensiones en un eje hueco

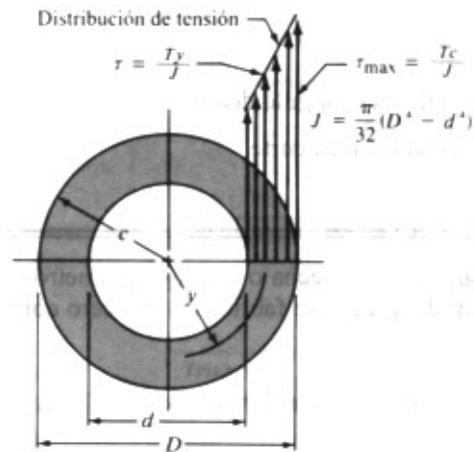
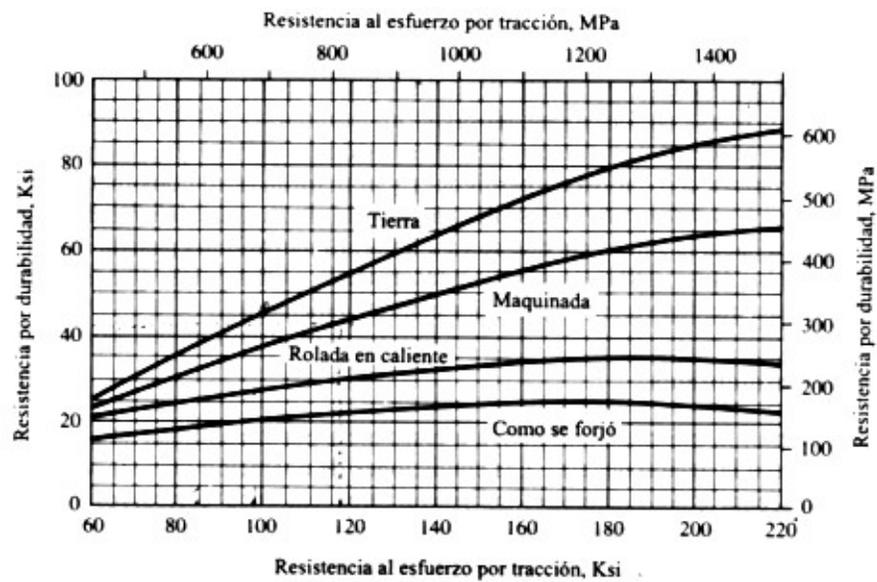


Figura C. Tensión por durabilidad contra resistencia al esfuerzo por tracción para el acero forjado para varias condiciones superficiales



Fuente: Shigley J “Diseño en ingeniería mecánica”.

## ANEXO E

Figura D. Factor de tamaño para el diseño de ejes

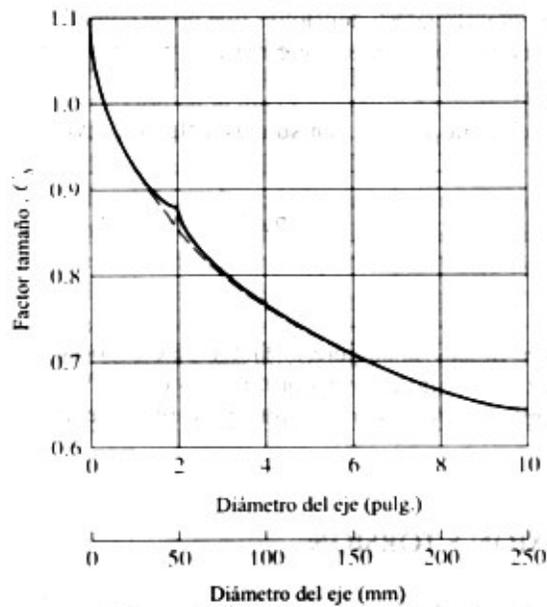


Tabla C. Factor de confiabilidad

Confiabilidad que se desea	Factor de confiabilidad, $C_R$
0.50	1.00
0.90	0.90
0.99	0.81
0.999	0.75

Figura E. Base para la ecuación de diseño de ejes para tensión por esfuerzo de flexión inversa sucesiva y tensión por esfuerzo de corte por torsión



Fuente: Shigley J "Diseño en ingeniería mecánica".

## ANEXO F

Tabla D. Comparación de tipo de cojinetes

<i>Tipo de cojinete</i>	<i>Capacidad de carga radial</i>	<i>Capacidad de carga de empuje</i>	<i>Capacidad de desalineación</i>
Bola de hilera única, ranura profunda	Buena	Aceptable	Aceptable
Bola de doble hilera, ranura profunda	Excelente	Buena	Aceptable
Contacto angular	Buena	Excelente	Pobre
Rodamiento cilíndrico	Excelente	Pobre	Aceptable
Aguja	Excelente	Pobre	Pobre
Rodamiento esférico	Excelente	Aceptable/buena	Excelente
Rodamiento ahusado	Excelente	Excelente	Pobre

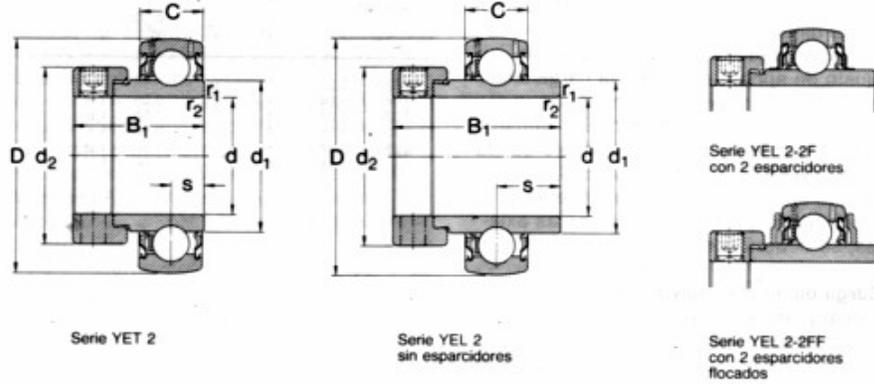
Tabla E. Vida útil de diseño recomendada para cojinetes.

<i>Uso</i>	<i>Vida útil de diseño L<sub>10</sub>, h</i>
Aparatos domésticos	1 000–2 000
Motores para aviones	1 000–4 000
Automotriz	1 500–5 000
Equipo agrícola	3 000–6 000
Elevadores, ventiladores industriales, engranes de uso múltiple	8 000–15 000
Motores eléctricos, ventiladores industriales con tolva, máquinas industriales en general	20 000–30 000
Bombas y compresoras	40 000–60 000
Equipo crítico en operación continua las 24 horas	100 000–200 000

Fuente: Eugene A. Avallone y Theodore Baumeister III, eds. *Marks' Standard Handbook for Mechanical Engineers*, 9ª edición. Nueva York: McGraw-Hill Book Company, 1986.

ANEXO G

**Rodamientos Y con anillo de fijación excéntrico**  
d 12-60 mm

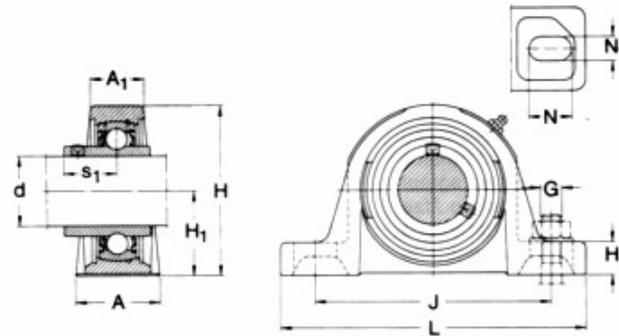


Dimensiones										Capacidad de carga dinám. C <sup>(1)</sup>	Capacidad de carga estát. C <sub>0</sub>	Carga límite de fatiga P <sub>v</sub>	Masa Rodamiento	Designaciones		
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D	B <sub>1</sub>	C	s	r <sub>1,2</sub> min	Rodamientos sin esparcidores	con 2 esparcidores					con 2 esparcidores focados		
mm										N	N	kg	-			
12	24,2	28,6	40	28,6	12	6,5	0,3	7 350	4 750	140	0,13	YET 203/12	-	-		
15	24,2	28,6	40	28,6	12	6,5	0,3	7 350	4 750	140	0,12	YET 203/15	-	-		
17	24,2	28,6	40	28,6	12	6,5	0,3	7 350	4 750	140	0,11	YET 203	-	-		
	24,2	28,6	40	37,3	12	13,9	0,3	7 350	4 750	140	0,13	YEL 203	YEL 203-2F	YEL 203-2FF		
20	28,2	33	47	31	14	7,5	0,6	9 800	6 550	196	0,16	YET 204	-	-		
	28,2	33	47	43,7	14	17,1	0,6	9 800	6 550	196	0,19	YEL 204	YEL 204-2F	YEL 204-2FF		
25	33,7	37,4	52	31	15	7,5	0,6	10 800	7 800	232	0,18	YET 205	-	-		
	33,7	37,4	52	44,4	15	17,5	0,6	10 800	7 800	232	0,23	YEL 205	YEL 205-2F	YEL 205-2FF		
30	39,7	44,2	62	35,7	18	9	0,6	15 000	11 200	335	0,30	YET 206	-	-		
	39,7	44,2	62	48,4	18	18,3	0,6	15 000	11 200	335	0,36	YEL 206	YEL 206-2F	YEL 206-2FF		
35	46,1	55,6	72	38,9	19	9,5	1	19 600	15 300	455	0,49	YET 207	-	-		
	46,1	55,6	72	51,1	19	18,8	1	19 600	15 300	455	0,55	YEL 207	YEL 207-2F	YEL 207-2FF		
40	51,8	60,3	80	43,7	21	11	1	23 600	19 000	560	0,62	YET 208	-	-		
	51,8	60,3	80	56,3	21	21,4	1	23 600	19 000	560	0,70	YEL 208	YEL 208-2F	YEL 208-2FF		
45	56,8	63,5	85	43,7	22	11	1	25 500	21 600	640	0,65	YET 209	-	-		
	56,8	63,5	85	56,3	22	21,4	1	25 500	21 600	640	0,74	YEL 209	YEL 209-2F	YEL 209-2FF		
50	62,5	69,9	90	43,7	22	11	1	27 000	23 200	695	0,73	YET 210	-	-		
	62,5	69,9	90	62,7	22	24,6	1	27 000	23 200	695	0,89	YEL 210	YEL 210-2F	YEL 210-2FF		
55	69,1	76,2	100	48,4	25	12	1	33 500	29 000	865	0,98	YET 211	-	-		
	69,1	76,2	100	71,4	25	27,8	1	33 500	29 000	865	1,20	YEL 211	YEL 211-2F	YEL 211-2FF		
60	75,6	83,7	110	77,8	26	31	1,5	40 500	36 000	1 060	1,60	YEL 212	YEL 212-2F	YEL 212-2FF		

Fuente: Shigley J "Diseño en ingeniería mecánica".

ANEXO H

**Soportes de pié con rodamientos Y,  
fundición**  
d 12-100 mm



Dimensiones														Masa	Designaciones				
d	A	A <sub>1</sub>	H	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	J	J	L	N	N <sub>1</sub>	G	s <sub>1</sub>		Unidad <sup>(1)</sup> completa	Soporte	Rodamiento Y			
mm													kg						
							min	máx											
12	32	18	56	30,2	14	88	106	127	20,5	11,5	10	22,1	0,54	SY 12 FM	SY 503 M	YET 203/12	YAR 203/12-2F		
												15,9	0,52					SY 12 TF	SY 503 M
15	32	18	56	30,2	14	88	106	127	20,5	11,5	10	22,1	0,53	SY 15 FM	SY 503 M	YET 203/15	YAR 203/15-2F		
												15,9	0,51					SY 15 TF	SY 503 M
17	32	18	56	30,2	14	88	106	127	20,5	11,5	10	22,1	0,52	SY 17 FM	SY 503 M	YET 203	YEL 203		
												23,4	0,54					SY 17 WM	SY 503 M
												15,9	0,50						
20	32	20	64	33,3	14	88	106	127	20,5	11,5	10	23,5	0,59	SY 20 FM	SY 504 M	YET 204	YEL 204		
												26,6	0,62					SY 20 WM	SY 504 M
												18,3	0,57						
												20,5	0,57					SY 20 KG	SY 504 M
25	36	21	70	36,5	16	94	110	130	19,5	11,5	10	23,5	0,73	SY 25 FM	SY 505 M	YET 205	YEL 205		
												26,9	0,78					SY 25 WM	SY 505 M
												19,8	0,73						
												20,5	0,72					SY 25 KG	SY 505 M
30	40	25	82	42,9	17	108	127	152	23,5	14	12	26,7	1,10	SY 30 FM	SY 506 M	YET 206	YEL 206		
												30,1	1,20					SY 30 WM	SY 506 M
												22,2	1,10						
												23	1,15					SY 30 KG	SY 506 M
35	45	27	93	47,6	19	119	133	160	21	14	12	29,4	1,55	SY 35 FM	SY 507 M	YET 207	YEL 207		
												32,3	1,60					SY 35 WM	SY 507 M
												25,4	1,45						
												24,5	1,45					SY 35 KG	SY 507 M
40	48	30	99	49,2	19	125	146	175	24,5	14	12	32,7	1,85	SY 40 FM	SY 508 M	YET 208	YEL 208		
												34,9	1,95					SY 40 WM	SY 508 M
												30,2	1,80						
												27	1,80					SY 40 KG	SY 508 M

Fuente: Shigley J "Diseño en ingeniería mecánica".

## ANEXO I

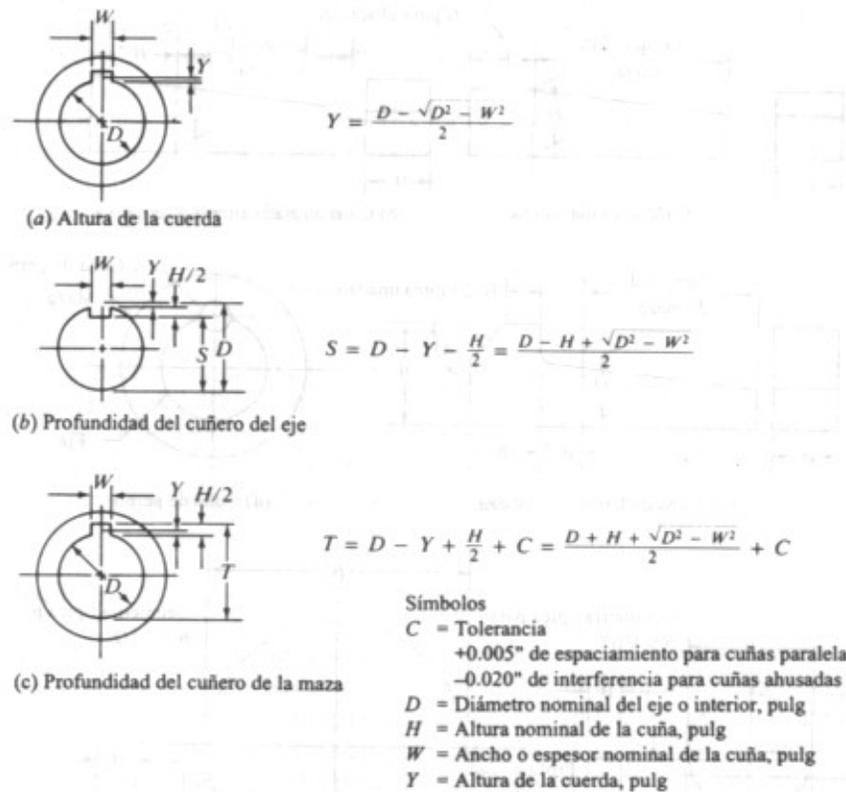
Tabla F. Tamaño de cuña contra tamaño de flecha

Diámetro nominal de la flecha		Tamaño nominal de la cuña		
Más de	Hasta (incluso)	Espesor, $W$	Altura, $H$	
			Cuadrada	Rectangular
$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{32}$	
$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{32}$
$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
$\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{16}$
$1\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{8}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{4}$
$1\frac{3}{8}$	$1\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{4}$
$1\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$
$2\frac{1}{4}$	$2\frac{3}{4}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{7}{16}$
$2\frac{3}{4}$	$3\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$
$3\frac{1}{4}$	$3\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{3}{4}$
$3\frac{3}{4}$	$4\frac{1}{2}$	1	1	$\frac{3}{4}$
$4\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{7}{8}$
$5\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	1
$6\frac{1}{2}$	$7\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	$1\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{2}$
$7\frac{1}{2}$	9	2	2	$1\frac{1}{2}$
9	11	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$
11	13	3	3	2
13	15	$3\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$
15	18	4		3
18	22	5		$3\frac{1}{2}$
22	26	6		4
26	30	7		5

Nota: Se recomiendan los valores que no aparecen en las áreas sombreadas. Las dimensiones están en pulgadas.  
Fuente: ANSI Standard B17.1-1967. *Keys and Keyseats* (American Society of Mechanical Engineers, Nueva York).

## ANEXO J

Figura F. Dimensiones para cuñeros paralelos



Fuente: Shigley J "Diseño en ingeniería mecánica".

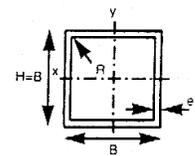
## ANEXO K



**TUBERIA ESTRUCTURAL  
CUADRADA  
ASTM-A 500-GRADO C**

 $F_y = 3515 \text{ Kg/cm}^2$ 

DIMENSIONES NOMINALES H x B, mm	DIMENSIONES mm		SECCION A cm <sup>2</sup>	PESO Kgf/m	PROPIEDADES ESTADISTICAS			PIEZAS POR ATADO
	e	R			I cm <sup>4</sup>	S cm <sup>3</sup>	r cm	
60 x70	2.25	2.25	5.07	3.98	27.8	9.26	2.34	36
70 x70	2.25	2.25	5.97	4.68	45.1	12.9	2.75	25
90 x90	2.50	2.50	8.59	6.74	108	24.1	3.55	16
100 x100	3.00	3.00	11.4	8.96	177	35.4	3.94	9
110 x110	3.40	3.40	14.2	11.2	266	48.3	4.33	9
120 x120*	4.00	6.00	18.2	14.3	407	67.3	4.74	9
135 x135	4.30	8.60	21.7	17.0	604	89.5	5.28	6
155 x155	4.50	9.00	26.2	20.6	971	125	6.09	6
175 x175	5.50	11.00	36.0	28.3	1690	193	6.85	1
220 x 220	7.00	14.00	57.5	45.2	4260	387	8.60	1
260 x260	9.00	18.00	86.9	68.2	8920	686	10.1	1



\* Dimensiones Reales 121 x 121 mm

Fuente: Catálogo LUMETAL

## ANEXO L

Parámetros de evaluación para los gatos hidráulicos portátiles tipo botella

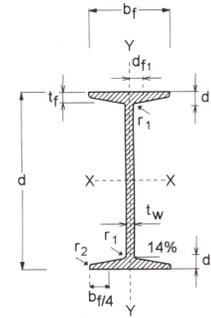
Carga nominal (Ton)	Máxima carga de trabajo (kg)	Elevación mínima (mm)	Máxima altura abajo (mm)	Longitud ajustable del husillo (máxima) (mm)	Masa del cuerpo (máxima) (mm)	Área mínima de la base (mm <sup>2</sup> )	Díámetro exterior de la bobina (mínimo) (mm)	Longitud mínima de la palanca (mm)
2	2.000	83	195	80	3	7.000	25	300
3	3.000	100	218	110	4	7.000	25	300
5	5.000	110	240	110	6	8.300	30	500
8	8.000	128	240	120	7	10.400	35	500
12	12.000	132	240	120	9	14.000	40	500
20	20.000	135	255	120	13	17.200	55	500
30	30.000	135	255	120	18	24.000	65	500
40	40.000	138	410	120	30	35.900	65	500
50	50.000	138	410	120	400	35.900	65	500

Fuente: Norma COVENIN 3082-97

ANEXO M

IPN

COVENIN1149



PROPIEDADES

Perfil IPN	Peso		$\frac{b_f}{2t_f}$	$\frac{h}{t_w}$	A cm <sup>2</sup>	r <sub>y</sub> cm	r <sub>x</sub> cm	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	S <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	Z <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	C <sub>1</sub> kgf/cm <sup>2</sup>	C <sub>2</sub> cm <sup>4</sup> /kgf <sup>2</sup>
	kgf	m										
60	4.20	3.21	11.7	5.35	0.75	2.38	30.4	10.1	11.9	463790	0.19710 x10 <sup>-7</sup>	
80	6.10	3.56	13.8	7.77	0.90	3.18	78.4	19.6	22.0	361520	0.54037 x10 <sup>-7</sup>	
100	8.32	3.68	16.4	10.6	1.07	4.01	171	34.2	39.4	337320	0.68712 x10 <sup>-7</sup>	
120	11.1	3.77	18.0	14.2	1.23	4.81	328	54.7	63.1	318270	0.88316 x10 <sup>-7</sup>	
140	14.3	3.84	18.9	18.2	1.40	5.61	573	81.9	94.5	304030	0.10651 x10 <sup>-7</sup>	

DIMENSIONES Y PROPIEDADES

Perfil IPN	Dimensiones								Propiedades				
	d	b <sub>f</sub>	t <sub>f</sub>	t <sub>w</sub>	d <sub>f</sub>	d <sub>f1</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	I <sub>y</sub>	S <sub>y</sub>	Z <sub>y</sub>	J	C <sub>w</sub>
	mm								cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>6</sup>
60	60	34	5.3	3.6	9	7	3.4	1.9	3.04	1.79	3.33	0.490	23
80	80	42	5.9	4.2	11	7	3.9	2.3	6.29	2.99	4.68	0.772	86
100	100	50	6.8	4.5	13	7	4.5	2.7	12.2	4.88	8.19	1.50	263
120	120	58	7.7	5.1	14	8	5.1	3.1	21.5	7.41	12.5	2.55	673
140	140	66	8.6	5.7	16	8	5.7	3.4	35.2	10.7	18.0	4.07	1510

Fuente: Norma COVENIN 1149-86.

## ANEXO N

<u>TENSIONES ADMISIBLES EN CONECTORES (Kg/cm<sup>2</sup>)</u>			
<u>Tipo de conector</u>	<u>Tracción</u> (F <sub>t</sub> )	<u>Corte (F<sub>v</sub>)</u>	
		Conexión por fricción	Conexión por aplastamiento
Remaches A502 grado 1 remachados en caliente	1.400		1.050
Remaches A502 grado 2 remachados en caliente	1.900		1.400
Pernos A307	1.400		700
Pernos A325 (Rosca incluida en los planos de corte)	2.800	1.050	1.050
Pernos A325 (Rosca excluida de los planos de corte)	2.800	1.050	1.550
Pernos A490 (Rosca incluida en los planos de corte)	3.800	1.400	1.580
Pernos A490 (Rosca excluida de los planos de corte)	3.800	1.400	2.250
Partes roscadas de acero	0,6 F <sub>y</sub>		0,3 F <sub>y</sub>

Fuente: M<sup>a</sup> Fratelli "Proyecto de estructuras metálicas".

## ANEXO Ñ

LONGITUDES DE PERNOS DE ALTA RESISTENCIA  
A325 y A490

d		a (mínimo)		b (mínimo)	
pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.
1/2	13	11/16	18	1	25
5/8	16	7/8	22	1 1/4	32
3/4	19	1	25	1 3/8	35
7/8	22	1 1/8	29	1 1/2	40
1	25	1 1/4	32	1 3/4	45
1 1/8	29	1 1/2	40	2	50
1 1/4	32	1 5/8	42	2	50
1 3/8	35	1 3/4	45	2 1/4	55
1 1/2	40	1 7/8	50	2 1/4	55

Fuente: M<sup>a</sup> Fratelli "Proyecto de estructuras metálicas".

ANEXO O

T A B L A 2.8 DISEÑO DE PERNOS

Ø pulg.	d mm.	Dist. al borde 3d mm.	3d mm.	A <sub>b</sub> cm <sup>2</sup>	PERNOS A325						PERNOS A307					
					APLASTAMIENTO			FRICCIÓN			APLASTAMIENTO			FRICCIÓN		
					CR Kg.	Piv Kg.	SR Kg.	CR Kg.	Piv Kg.	SR Kg.	CR Kg.	Piv Kg.	SR Kg.	CR Kg.	Piv Kg.	SR Kg.
1/2	13	22	19	39	1,267	887	1,330	1,963	1,330	2,001	2,850	1,773				
5/8	16	29	22	48	1,979	1,363	2,077	3,067	2,077	3,126	4,452	2,770				
3/4	19	32	25	57	3,135	1,995	2,992	4,417	2,992	4,503	6,412	3,990				
7/8	22	38	29	66	3,979	2,715	4,072	6,032	4,072	6,128	8,727	5,430				
1	25	44	32	75	5,067	3,547	5,320	7,853	5,320	8,005	11,400	7,093				
1 1/8	29	51	38	87	6,443	4,510	6,765	9,986	6,765	10,179	14,496	9,020				
1 1/4	32	57	41	96												
> 1 1/4	1,7d	1,25d														

CR y SR significan con y sin rosca incluida en el plano de corte.

Piv es la carga admisible por perno, en cada plano de corte.

$$Piv = A_b F_y$$

$$Piv = \frac{P}{\# \text{ pl. corte}}$$

$$F_y = 1,35 F_u$$

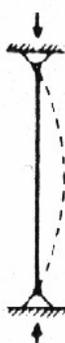
Espesor mínimo de planchas :  $t \geq \frac{d F_p}{d F_p}$

Número de pernos necesarios a corte :  $\gamma = \frac{P}{Piv \# \text{ pl. corte}}$

Los pernos se suponen colocados en agujeros normales

Fuente: M<sup>a</sup> Fratelli "Proyecto de estructuras metálicas".

ANEXO P

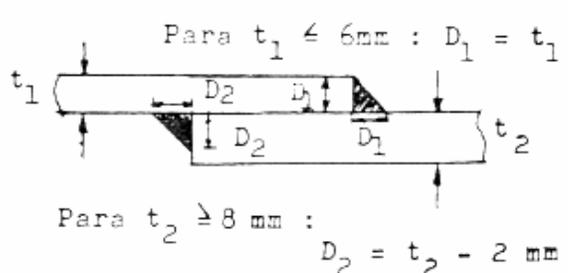
<p>La forma pandeada de la columna es mostrada mediante líneas segmentadas</p>						
<p>Valor teórico de K</p>	<p>0.5</p>	<p>0.7</p>	<p>1.0</p>	<p>1.0</p>	<p>2.0</p>	<p>2.0</p>
<p>Valor de diseño recomendado cuando las condiciones reales se aproximan a las ideales</p>	<p>0.65</p>	<p>0.80</p>	<p>1.2</p>	<p>1.0</p>	<p>2.10</p>	<p>2.0</p>
<p>Código de las condiciones en los extremos</p>	   	<p>Rotación fija y traslación fija</p> <p>Rotación libre y traslación fija</p> <p>Rotación fija y traslación libre</p> <p>Rotación libre y traslación libre</p>				

Fuente: M<sup>a</sup> Fratelli "Proyecto de estructuras metálicas".

## ANEXO Q

Tabla #G. Espesores Máximos “D” de los Cordones de Soldadura de Filete.

<u>t (mm)</u>	<u>D<sub>max</sub> (mm)</u>
4	4
5	5
6	6
7	6
8	6
≥ 9	(t - 2 mm)



Para  $t_1 \leq 6\text{mm}$  :  $D_1 = t_1$

Para  $t_2 \geq 8\text{ mm}$  :  $D_2 = t_2 - 2\text{ mm}$

Fuente: M<sup>a</sup> Fratelli “Proyecto de estructuras metálicas”.

## ANEXO R

Tensiones normales admisibles  $F_a$  (Kg/cm<sup>2</sup>) para miembros comprimidos con tensión cedente :  $F_y = 3.500 \text{ Kg/cm}^2$   $\lambda_c = 108,9$

MIEMBROS PRINCIPALES Y SECUNDARIOS						MIEMBROS PRINCIPALES				MIEMBROS SECUNDARIOS					
KL/r	$F_a$	KL/r	$F_a$	KL/r	$F_a$	KL/r	$F_a$	KL/r	$F_a$	L/r	$F_a$	L/r	$F_a$	L/r	$F_a$
1	2096	41	1805	81	1336	121	738	161	417	121	741	161	524		
2	2091	42	1796	82	1322	122	726	162	412	122	733	162	521		
3	2086	43	1786	83	1309	123	714	163	406	123	725	163	518		
4	2081	44	1776	84	1295	124	702	164	402	124	717	164	515		
5	2076	45	1766	85	1281	125	691	165	397	125	709	165	512		
6	2071	46	1756	86	1266	126	680	166	392	126	701	166	509		
7	2066	47	1745	87	1252	127	670	167	387	127	694	167	506		
8	2060	48	1735	88	1238	128	659	168	383	128	687	168	503		
9	2055	49	1724	89	1223	129	649	169	378	129	680	169	501		
10	2049	50	1714	90	1209	130	639	170	374	130	673	170	498		
11	2043	51	1703	91	1194	131	629	171	369	131	666	171	496		
12	2037	52	1692	92	1179	132	620	172	365	132	659	172	493		
13	2031	53	1681	93	1164	133	611	173	361	133	653	173	491		
14	2024	54	1670	94	1149	134	601	174	357	134	647	174	489		
15	2018	55	1659	95	1134	135	593	175	353	135	641	175	486		
16	2011	56	1648	96	1119	136	584	176	349	136	635	176	484		
17	2005	57	1637	97	1104	137	575	177	345	137	627	177	482		
18	1998	58	1625	98	1088	138	567	178	341	138	623	178	480		
19	1991	59	1614	99	1073	139	559	179	337	139	618	179	478		
20	1983	60	1602	100	1057	140	551	180	333	140	612	180	476		
21	1976	61	1571	101	1041	141	543	181	330	141	607	181	474		
22	1969	62	1579	102	1025	142	536	182	326	142	602	182	473		
23	1961	63	1567	103	1009	143	528	183	322	143	597	183	471		
24	1954	64	1555	104	993	144	521	184	319	144	592	184	469		
25	1946	65	1543	105	977	145	514	185	316	145	587	185	467		
26	1938	66	1531	106	960	146	507	186	312	146	582	186	466		
27	1930	67	1518	107	944	147	500	187	309	147	578	187	464		
28	1922	68	1506	108	927	148	493	188	306	148	573	188	463		
29	1913	69	1494	109	909	149	486	189	302	149	569	189	462		
30	1905	70	1481	110	893	150	480	190	299	150	565	190	460		
31	1897	71	1468	111	877	151	474	191	296	151	561	191	459		
32	1883	72	1456	112	861	152	467	192	293	152	556	192	458		
33	1879	73	1443	113	846	153	461	193	270	153	553	193	457		
34	1870	74	1430	114	831	154	455	194	287	154	549	194	455		
35	1861	75	1417	115	817	155	450	195	284	155	545	195	454		
36	1852	76	1404	116	803	156	444	196	281	156	541	196	453		
37	1843	77	1390	117	789	157	438	197	278	157	538	197	452		
38	1834	78	1377	118	776	158	433	198	275	158	534	198	452		
39	1824	79	1363	119	763	159	427	199	273	159	531	199	451		
40	1815	80	1350	120	750	160	422	200	270	160	527	200	450		

Fuente: M<sup>a</sup> Fratelli "Proyecto de estructuras metálicas".

## ANEXOS

<u>ESFUERZOS EN EL METAL DE APORTE</u> <u>EN SOLDADURAS DE FILETE</u>		
<u>ELECTRODOS</u>	$F_u$ Kg/cm <sup>2</sup>	$F_v = 0,3 F_u$ Kg/cm <sup>2</sup>
E60XX	4.220	1.270
E70XX	4.920	1.480
E80XX	5.630	1.690
E90XX	6.330	1.900
E100XX	7.030	2.110
E110XX	7.730	2.320

Fuente: M<sup>a</sup> Fratelli "Proyecto de estructuras metálicas".

## ANEXO T

Propiedades típicas de materiales seleccionados usados en ingeniería<sup>1,5</sup>  
(Unidades SI)

699

Material	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Resistencia última			Fluencia <sup>3</sup>		Módulo de elasticidad, GPa	Módulo de rigidez, GPa	Coeficiente de expansión térmica 10 <sup>-6</sup> /°F	Ductilidad, porcentaje de elongación en 50 mm
		Tensión, MPa	Compresión <sup>2</sup> , MPa	Cortante, MPa	Tensión, MPa	Cortante, MPa				
<b>ACERO:</b>										
Estructural (ASTM-A36)	7860	400			250	145	200	77	11.7	23
Alta resistencia										
ASTM-A242	7860	480			345	205	200	77	11.7	22
ASTM-A441	7860	460			320		200	77	11.7	21
ASTM-A572	7860	415			290		200	77	11.7	24
Templado										
ASTM A-514	7860	760			690	380	200	77	11.7	18
AISI 302										
Laminado en frío	7920	860			520		190	75	17.3	12
Recocido	7920	655			260	150	190	75	17.3	50
Acero de refuerzo										
Resistencia media	7860	480			275		200	77	11.7	
Alta resistencia	7860	620			415		200	77	11.7	
<b>FUNDICIÓN:</b>										
Fundición gris										
4.5% C, ASTM A-48	7200	170	655	240			69	28	12.1	0.5
Hierro fundido										
2% C, 1% Si, ASTM A-47	7300	345	620	330	230		165	65	12.1	10
<b>LUMINIO:</b>										
Aleación 1100-H14 (99% Al)	2710	110		70	100	55	70	26	23.6	9
Aleación 2014-T6	2800	455		275	400	230	75	27	23.0	13
Aleación 2024-T4	2800	470		280	325		73		23.2	19
Aleación 5456-H116	2630	320		185	230	130	72		23.9	16
Aleación 6061-T6	2710	260		165	240	140	70	26	23.6	17
Aleación 7075-T6	2800	570		330	500		72	28	23.6	11
<b>COBRE:</b>										
Libre de oxígeno (99.9% Cu)										
Recocido	8910	220		150	70		120	44	16.9	45
Endurecido	8910	390		200	265		120	44	16.9	4
Latón amarillo (65% Cu, 35% Zn)										
Laminado en frío	8470	510		300	410	250	105	39	20.9	8
Recocido	8470	320		220	100	60	105	39	20.9	65
Latón rojo (85% Cu, 15% Zn)										
Laminado en frío	8740	585		320	435		120	44	18.7	3
Recocido	8740	270		210	70		120	44	18.7	48
Estaño bronce (88 Cu, 8Sn, 4Zn)	8800	310			145		95		18.0	30
Manganeso bronce (63 Cu, 25 Zn, 6 Al, 3 Mn, 3 Fe)	8360	655			330		105		21.6	20
Aluminio bronce (81 Cu, 4 Ni, 4 Fe, 11 Al)	8330	620	900		275		110	42	16.2	6

(Continúa en la página 701)

## ANEXO U

Cap. (ton.)	Carrera (mm)	No. de orden	Altura mínima retráctil (mm)	Largo de ext. de tornillo (mm)	Altura con ext. de tornillo (mm)	Carreras de bomba para ext. el pistón 25 mm	Diámetro del asiento (mm)	Tamaño de Base Biselada: † (mm)	Largo de manivela de bomba (mm)	Esfuerzo de manivela a cap. nominal (kg)	Asa de transporte	Peso del producto (kg)
2	114	9002A	181	49	344	5	25	110X65	311	34	No	2.2
3		9003A	191	60	365	10	29	114 X 72	489	20.4		2.6
5	121	9005A	200	70	391	12	35	132 X 76	545	24.9		3.6
8		9008A				18	38	152 X 89	605	34		5.5
12	149	9112A	241	79	470	26	48	165 X 106	605	27.2	Sí	7.9
15	156	9015B	230	110	495	27	60	130 X 140 †	700	40.8	No	8.3
20	159	9120A	270	40	429	22	51	183 X 129	800	31.7	Sí	12.9
22	156	9022B	240	110	505	36	60	165 X 160 †	700	40.8		10.7
30	159	9030A	279	—	438	35		192 X 141	1,000	22.7		18.7
33	143	9033B	240	100	483	56	65	184 X 176 †	700	39.9	No	14.5
50	171	9050A	305	—	476	35	76	237 X 187	1,000	38.6	Sí	35.4
110	156	9110B	300		456	40/160 ††	111	339 X 291 †	700	35.8		70

Gatos de botella de perfil bajo: †† 2 velocidades: Avance rápido = 40 carreras = módulo de levantamiento = 160 carreras.

12	95	9012A	171	76	343	26	48	165 X 106	605	27.2	Sí	6.4
20	86	9020A	181	40	305	22	51	183 X 129	800	31.8		10.1
30	79	9130A		—	260	35	60	192 X 141	1,000	22.7		13.7

Fuente: Norma COVENIN 3082-97

## ANEXO V

COVENIN-MINDUR 2002-88

C- 25

Tabla C-4.1 Grupos de Especies de Maderas Estructurales estudiadas por el PADT-REFORT/JUNAC [13]

Grupo	N o m b r e s		Densidad básica kgf/m <sup>3</sup>	Módulos de Elasticidad* mín. prom. E, kgf/cm <sup>2</sup>	
	Común	Científico			
A	Algarrobo	Hymenaea courbaril	770	130000	95000
	Mora	Mora gonggrijpii	790		
	Perhuétano	Mouriri barinensis	780		
	Zapatero	Peltogyne porphyrocardia	890		
B	Aceite cabimo	Copaifera pubiflora	560	100000	75000
	Apamate	Tabebuia rosea	540		
	Charo amarillo	Brosimum alicastrum	650		
	Chupón rosado	Pouteria anibifolia	660		
	Guayabón	Terminalia guianensis	640		
	Pardillo amarillo	" amazonia	650		
C	Carne asada	Hieronyma laxiflora	550	90000	55000
	Mureillo	Erisma uncinatum	470		
	Samán	Pithecell obium saman	490		
	Saqui saqui	Bombacopsis quinata	390		

\* Supone solicitaciones en la dirección paralela a las fibras de la madera. Se usará E mín(imo) en miembros individuales y E prom(edio) sólo cuando exista garantía de la acción conjunta de varios elementos, como en el caso de viguetas y entablados.

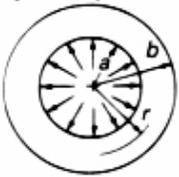
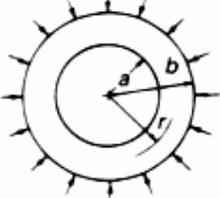
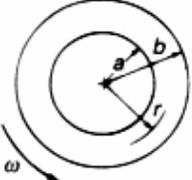
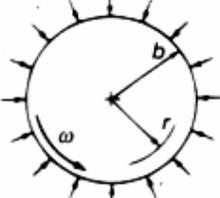
Tabla C-4.2 Tensiones admisibles de las Especies de Maderas Estructurales estudiadas por el PADT-REFORT/JUNAC [13]

Tensiones Admisibles kgf/cm <sup>2</sup>	G r u p o E s t r u c t u r a l		
	A	B	C
Compresión:			
Paralela a las fibras* .....	145	110	80
Perpendicular .....	40	28	15
Corte por flexión .....	15	12	8
Flexión* .....	210	150	100
Tracción:			
Paralela a las fibras* .....	145	105	75

\* En flexocompresión pueden incrementarse en 10 %

Fuente: Norma COVENIN

## ANEXO W

Loading	Boundary conditions	Stresses and displacement
(1) Internal pressure $p_i$ 	at $r = a$ , $\sigma_r = -p_i$  at $r = b$ $\sigma_r = 0$	$\sigma_r = -p_i \frac{a^2}{b^2 - a^2} \left( \frac{b^2}{r^2} - 1 \right), \max \sigma_r = -p_i \text{ at } r = a$ $\sigma_t = p_i \frac{a^2}{b^2 - a^2} \left( \frac{b^2}{r^2} + 1 \right), \max \sigma_t = p_i \frac{b^2 + a^2}{b^2 - a^2} \text{ at } r = a$ $u = p_i \frac{r}{E} \frac{a^2}{b^2 - a^2} \left[ (1 - \nu) + (1 + \nu) \frac{b^2}{r^2} \right]$
(2) External pressure $p_o$ 	at $r = a$ , $\sigma_r = 0$  at $r = b$ $\sigma_r = -p_o$	$\sigma_r = -p_o \frac{b^2}{b^2 - a^2} \left( 1 - \frac{a^2}{r^2} \right), \max \sigma_r = -p_o \text{ at } r = b$ $\sigma_t = -p_o \frac{b^2}{b^2 - a^2} \left( 1 + \frac{a^2}{r^2} \right), \max \sigma_t = -p_o \frac{2b^2}{b^2 - a^2} \text{ at } r = a$ $u = -p_o \frac{r}{E} \frac{b^2}{b^2 - a^2} \left[ (1 - \nu) + (1 + \nu) \frac{a^2}{r^2} \right]$
(3) Thin uniform disk. Rotation $\omega$ . 	at $r = a$ , $\sigma_r = 0$  at $r = b$ , $\sigma_r = 0$	$\sigma_r = \rho \omega^2 \frac{3 + \nu}{8} \left( b^2 + a^2 - \frac{a^2 b^2}{r^2} - r^2 \right)$ $\max \sigma_r = \rho \omega^2 \frac{3 + \nu}{8} (b - a)^2 \text{ at } r = \sqrt{ab}$ $\sigma_t = \rho \omega^2 \frac{3 + \nu}{8} \left( b^2 + a^2 + \frac{a^2 b^2}{r^2} - \frac{1 + 3\nu}{3 + \nu} r^2 \right)$ $\max \sigma_t = \frac{\rho \omega^2}{4} \left[ (3 + \nu)b^2 + (1 - \nu)a^2 \right] \text{ at } r = a$ $u = \rho \omega^2 \frac{r}{E} \frac{(3 + \nu)(1 - \nu)}{8} \left( b^2 + a^2 + \frac{1 + \nu}{1 - \nu} \frac{a^2 b^2}{r^2} - \frac{1 + \nu}{3 + \nu} r^2 \right)$
(4) Solid, thin uniform disk. Rotation $\omega$ and external pressure $p_o$ . 	at $r = 0$ , $u = 0$  at $r = b$ , $\sigma_r = -p_o$	$\sigma_r = -p_o + \rho \omega^2 \frac{3 + \nu}{8} (b^2 - r^2)$ $\max \sigma_r = -p_o + \rho \omega^2 \frac{3 + \nu}{8} b^2 \text{ at } r = 0$ $\sigma_t = -p_o + \rho \omega^2 \frac{3 + \nu}{8} \left( b^2 - \frac{1 + 3\nu}{3 + \nu} r^2 \right)$ $\max \sigma_t = \max \sigma_r \text{ at } r = 0$ $u = \frac{r}{E} (1 - \nu) \left\{ -p_o + \frac{\rho \omega^2}{8} \left[ (3 + \nu)b^2 - (1 + \nu)r^2 \right] \right\}$

Fuente: Burr Arthur &amp; John Cheatham

## ANEXO X

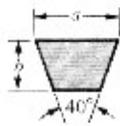
Fuerza Mínima a la Tracción en Pernos de Alta Resistencia Tb.

<b>Diámetro de Pernos</b>		<b>Pernos A325</b>	<b>Pernos A490</b>
<b>Plg.</b>	<b>mm</b>	<b>kgf</b>	<b>kgf</b>
1/2	13	5400	6800
5/8	16	8600	10900
3/4	19	12700	15900
7/8	22	17700	22200
1	25	23100	29000
1 1/8	29	25400	36300
1 1/4	32	32200	46300
1 3/8	35	38600	54900
1 1/2	38	46700	67100

Fuente: Fratelli 1991

## ANEXO Y

Tabla G



SECCIÓN	ANCHO $a$ , in	ESPESOR $b$ , in	MINIMO DIÁMETRO DE POLEA, in	POTENCIAS PARA UNA O MAS BANDAS, hp
A	$\frac{1}{2}$	$\frac{11}{32}$	3.0	$\frac{1}{4}$ -10
B	$\frac{31}{32}$	$\frac{7}{16}$	5.4	1-25
C	$\frac{7}{8}$	$\frac{13}{16}$	9.0	15-100
D	$1\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	13.0	50-250
E	$1\frac{1}{2}$	1	21.6	100 o mayor

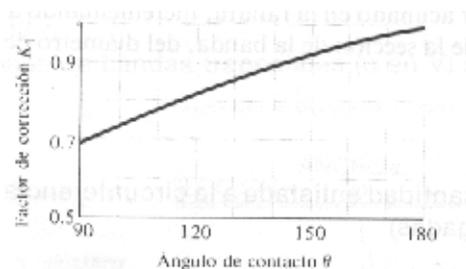
Tabla H

SECCIÓN	CIRCUNFERENCIA, in
A	26, 31, 33, 35, 38, 42, 46, 48, 51, 53, 55, 57, 60, 62, 64, 66, 68, 71, 75, 78, 80, 85, 90, 96, 105, 112, 120, 128
B	35, 38, 42, 46, 48, 51, 53, 55, 57, 60, 62, 64, 65, 66, 68, 71, 75, 78, 79, 81, 83, 85, 90, 93, 97, 100, 103, 105, 112, 120, 128, 131, 136, 144, 158, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300
C	51, 60, 68, 75, 81, 85, 90, 96, 105, 112, 120, 128, 136, 144, 158, 162, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420
D	120, 128, 144, 158, 162, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420, 480, 540, 600, 660
E	180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420, 480, 540, 600, 660

Tabla I

Sección de banda	A	B	C	D	E
Cantidad a sumar	1.3	1.8	2.9	3.3	4.5

Figura G



Fuente: Shigley J "Diseño en ingeniería mecánica"

## ANEXO Z

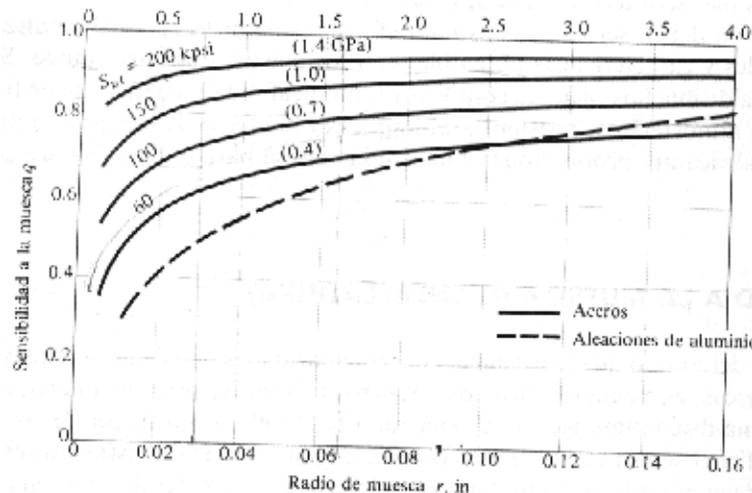
Tabla J

FACTOR DE LONGITUD	LONGITUD DE BANDA NOMINAL, in				
	BANDAS A	BANDAS B	BANDAS C	BANDAS D	BANDAS E
0.85	Hasta 35	Hasta 46	Hasta 75	Hasta 128	
0.90	38-46	48-60	81-96	144-162	Hasta 195
0.95	48-55	62-75	105-120	173-210	210-240
1.00	60-75	78-97	128-158	240	270-300
1.05	78-90	105-120	162-195	270-330	330-390
1.10	96-112	128-144	210-240	360-420	420-480
1.15	120 o más	158-180	270-300	480	540-600
1.20		195 o más	330 o más	540 o más	660

Tabla K

ACABADO DE SUPERFICIE	FACTOR $a$		EXPONENTE $b$
	kpsi	MPa	
Esmerilado (rectificado)	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o estirado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Forjado	39.9	272.	-0.995

Figura H



Fuente: Shigley J "Diseño en ingeniería mecánica"

## ANEXO AA

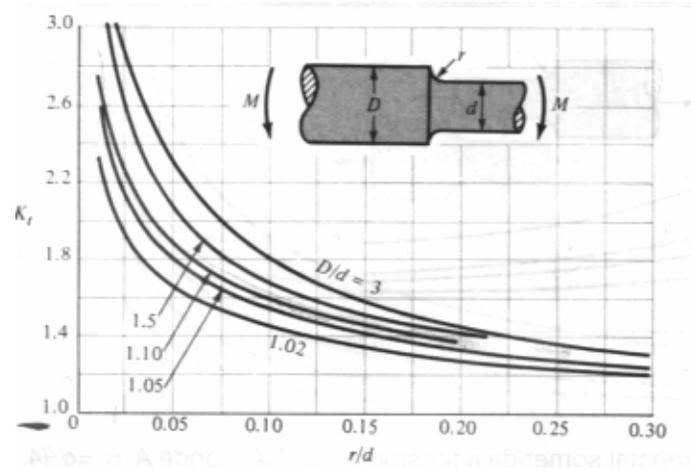
Tabla L

SECCIÓN DE BANDA	DIÁMETRO DE PASO DE POLEA, in	VELOCIDAD DE LA BANDA, ft/min				
		1000	2000	3000	4000	5000
A	2.6	0.47	0.62	0.53	0.15	
	3.0	0.66	1.01	1.12	0.93	0.38
	3.4	0.81	1.31	1.57	1.53	1.12
	3.8	0.93	1.55	1.92	2.00	1.71
	4.2	1.03	1.74	2.20	2.38	2.19
	4.6	1.11	1.89	2.44	2.69	2.58
	5.0 o más	1.17	2.03	2.64	2.96	2.89
B	4.2	1.07	1.58	1.68	1.26	0.22
	4.6	1.27	1.99	2.29	2.08	1.24
	5.0	1.44	2.33	2.80	2.76	2.10
	5.4	1.59	2.62	3.24	3.34	2.82
	5.8	1.72	2.87	3.61	3.85	3.45
	6.2	1.82	3.09	3.94	4.28	4.00
	6.6	1.92	3.29	4.23	4.67	4.48
	7.0 o más	2.01	3.46	4.49	5.01	4.90
C	6.0	1.84	2.66	2.72	1.87	
	7.0	2.48	3.94	4.64	4.44	3.12
	8.0	2.96	4.90	6.09	6.36	5.52
	9.0	3.34	5.65	7.21	7.86	7.39
	10.0	3.64	6.25	8.11	9.06	8.89
	11.0	3.88	6.74	8.84	10.0	10.1
	12.0 o más	4.09	7.15	9.46	10.9	11.1
D	10.0	4.14	6.13	6.55	5.09	1.35
	11.0	5.00	7.83	9.11	8.50	5.62
	12.0	5.71	9.26	11.2	11.4	9.18
	13.0	6.31	10.5	13.0	13.8	12.2
	14.0	6.82	11.5	14.6	15.8	14.8
	15.0	7.27	12.4	15.9	17.6	17.0
	16.0	7.66	13.2	17.1	19.2	19.0
17.0 o más	8.01	13.9	18.1	20.6	20.7	
E	16.0	8.68	14.0	17.5	18.1	15.3
	18.0	9.92	16.7	21.2	23.0	21.5
	20.0	10.9	18.7	24.2	26.9	26.4
	22.0	11.7	20.3	26.6	30.2	30.5
	24.0	12.4	21.6	28.6	32.9	33.8
	26.0	13.0	22.8	30.3	35.1	36.7
	28.0 o más	13.4	23.7	31.8	37.1	39.1

Fuente: Shigley J "Diseño en ingeniería mecánica"

## ANEXO BB

Figura I



Fuente: Shigley J "Diseño en ingeniería mecánica"