

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**“DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE TAMIZ
PARA HARINA DE YUCA”**

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Bachiller: Capace F., Fernando M.
Para optar al Título de Ingeniero Mecánico

Caracas, 2009

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

“DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE TAMIZ PARA HARINA DE YUCA”

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Fausto Carpentiero

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Annyrene Mocoa

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Bachiller: Capace F., Fernando M.
Para optar al Título de Ingeniero Mecánico

Caracas, 2009



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
DEPARTAMENTO DE DISEÑO



Caracas, 01 de julio de 2.009

ACTA

Los abajo firmantes, Miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el bachillere:

FERNANDO CAPACE

Titulado:

“DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE TAMIZ PARA HARINA DE YUCA”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el Plan de Estudios conducente al Título de Ingeniero Mecánico.

Prof. Jorge Cruz
Jurado



Prof. Manuel Martínez
Jurado

Prof. Fausto Carpentiero
Tutor

DEDICATORIA

A Dios sobre todas las cosas...

*A mis padres Fernando Karim y María Guadalupe, sobre todas las cosas por haberme dado la oportunidad de vivir y cumplir esta meta que sin duda alguna con tanto esfuerzo, sacrificio, dedicación y paciencia hemos llevado a cabo...
Los Amo*

A mi hermana Karina, por ser quien me soporta todos los días y con quien puedo contar hoy, mañana y siempre... Te Adoro

A mi Abuela Antonia por ser quien tanto me adora y el cariño me ha dado desde que estoy en este mundo. Nana te amo y siempre te llevo a un lado de mi corazón... Seré el primer ingeniero de la familia y en la sala de tu casa quedara por siempre ese día!

A mis amigos y demás allegados que la vida me ha dado...

NANDO MIGUEL

AGRADECIMIENTOS

A Dios por llevarme a este momento, en este camino llamado “la vida”.

A mis padres y hermana por ser mi círculo familiar más íntimo, quien me da la confianza y el apoyo incondicional en todas mis metas.

A mi Abuela Antonia y todo el resto de familia que me ha acompañado y tenido paciencia en todo este camino.

A la Universidad Central de Venezuela, desde el núcleo de Cagua hasta mi ciudad natal Caracas, a quien le debo toda formación profesional, intelectual y humana en estos 6 años, gracias a ti soy lo que soy, esa gran decisión no la cambio por nada ni nadie. Ucevista hoy y siempre de corazón!

A la Fundación Instituto de Ingeniería en su Centro de Ingeniería Mecánica (FII-CIMEC), por darme la oportunidad de realizar mi trabajo especial de grado, que contribuye notablemente con miras al desarrollo tecnológico y endógeno del país que tanto amo; VENEZUELA.

A los ingenieros Annyrene Mocao, Jesús Bello y Antonio País de la FII-CIMEC, por ser tan pacientes y brindarme su ayuda en los momentos más cruciales de mi proyecto.

A mi tutor académico Prof. Fausto Carpentiero, por su apoyo a la hora de aceptar esa gran responsabilidad y contribuir en los momentos justos, para el buen desarrollo de mi trabajo especial de grado así como su amable disposición.

Al Ingeniero Johannes Thomassi, el Prof. Freddy Pérez y Profesora Denise Santaromita, por ser amigos y excelentes tutores en esos momentos que tuve las dudas más grandes y guiarme por el camino más correcto y adecuado, ustedes

se llevan un merito más que especial por sus aportes tanto profesionales como académicos, en la culminación de mi trabajo especial de grado, así como demostraron una gran calidad humana, que tanto falta en estos días,

A todos los demás profesores de la escuela de ingeniería mecánica, que con su dedicación y vocación desinteresada, aportaron su granito de arena tanto en el trabajo especial de grado como en mi formación académica estos últimos años.

A mis amigos incondicionales Vanessa, Byron y Albex desde hace muchos años, creo que me sobran las palabras para describir todo mi aprecio y admiración hacia ustedes, se llevan un gran merito y cariño.

A todos mis demás amigos, compañeros de carrera y allegados que hoy estén o no estén presentes, no se me olvida mencionar, aunque el espacio no me permite colocarlos por lo extensa de la lista, ustedes también han contribuido con su granito de arena para concretar este logro y se les aprecia muchísimo.

Capace F., Fernando M.

**DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE TAMIZ PARA HARINA DE
YUCA**

**Tutor Académico: Prof. Fausto Carpentiero. Tutor Industrial: Ing.
Annyrene Mocaó Rangel. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería,**

Escuela de Ingeniería Mecánica. 2009, 183 páginas.

Palabras Claves: Diseño de Maquinas, Tamiz, Cernido, Harina, Yuca.

En el presente trabajo especial de grado se propuso el diseño de un prototipo de tamiz para harina de yuca, en el cual se analizaron prototipos existentes de tamizadoras en Venezuela, como los de lombrices, de harina de maíz etc.; se selecciono la idea que más se ajusto a las necesidades de los productores locales, para concretar ese potencial y desarrollar sistemas de procesamiento de harina de yuca, que permitieran un costo final competitivo, frente al precio de los cereales nacionales e importados, y que garantizaran la oferta continua con estándares de calidad adecuados, como suceden en países vecinos como Brasil y Colombia, donde existe un alto consumo de harina de yuca y sus derivados. En el diseño de las piezas y ensambles, se utilizo el software Pro/ENGINEER 3.0 Wildfire (CAD/CAM), el cual permitió la proyección completa del prototipo logrado, así como toda la planimetría requerida tanto de detalle, como de conjunto para su posterior construcción, seleccionando materiales, elementos constructivos y de fijación presentes en el país, así mismo se incluye toda la rutina de cálculos necesarios para obtener los resultados en el ámbito mecánico, requerido para modelar y verificar el correcto funcionamiento, que permitirá finalmente lograr el prototipo deseado.

Capace F., Fernando M.

**DESIGN OF A PROTOTYPE OF A SIEVE FOR CASSAVA
FLOUR**

**Academy Tutor: Prof. Fausto Carpentiero Industrial Tutor: Ing.
Annyrene Mocao Rangel. Caracas, U. C. V. Faculty of Engineering,**

Mechanical Engineering School, 2009. 183 pages.

Key Words: Machine Design, Sieve, Flour, Cassava.

In the present work of grade, the purpose is to design a prototype of a sieve for cassava flour, in witch had been analyzer prototypes existed in Venezuela; like those of worms, corn flour, etc. We selected the idea that is much certain to the needs of the local producers, to concreted this potential and development systems to proceed the cassava flour, that would permit a final competitive cost, that would guarantee the continuously offers with the standards of quality aproppied as it success, in the other neighboring country's as Brazil and Colombia, were if exist great consume of cassava flour and its derivations. In the design of the pieces and assemblages we used the software pro/ENGINEER 3.0. Wildfire (CAD/CAM), wish permits the complete projection of a prototype made, just as all the planimetry required as the details of the subject, for the posterior construction and the selection of materials, elements constructive and fixing presents in the country and including all the calculations routine at the mechanical field, required for to modeled and verified the correct function, that will finally allow the desired prototype.

CONTENIDO

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN.....	vii
CONTENIDO	ix
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS	xiii
NOMENCLATURA Y SIMBOLOS	xvi
INTRODUCCION	1
CAPITULO I.....	3
1.1 Identificación de la empresa.....	3
1.2 Reseña historica	3
1.3 Mision	4
1.4 Vision	5
1.5 Valores.	5
1.6 Objetivos de la Empresa.....	6
1.7 Organigrama de la Empresa.	7
1.7.1 Centro de Ingenieria Mecánica	7
1.7.1.1 Recursos Humanos.....	7
1.7.1.2 Estructura Organizativa del CIMEC	8
1.7.1.3 Lineas de Trabajo.....	8
CAPÍTULO II	11
EL PROBLEMA	11
2.1 Justificación.....	11
2.2 Planteamiento del problema.....	12
2.3 Objetivos	13
2.3.1 Objetivo General	13

2.3.2	Objetivos Especificos.....	13
2.4	Alcances y Limitaciones	13
2.5	Recursos Disponibles	14
CAPÍTULO III.....		17
MARCO TEORICO.....		17
3.1	Antecedentes técnicos	17
3.2	Fundamentos teóricos.....	19
3.2.1	Casabe	19
3.2.1.1	Descripción del Producto	19
3.2.1.2	Descripción del Proceso.....	20
3.2.1.2.1	Recepción de la materia prima.....	20
3.2.1.2.2	Lavado.....	21
3.2.1.2.3	Despuntado y raspado	21
3.2.1.2.4	Rallado	21
3.2.1.2.5	Prensado	21
3.2.1.2.6	Tamizado o cernido.....	21
3.2.1.2.7	Horneado o cocción.....	22
3.2.1.2.8	Cortado	22
3.2.1.2.9	Empaque.....	22
3.2.2	Ingenieria.....	22
3.2.3	Diseño	22
3.2.4	Diseño en Ingenieria Mecánica.....	23
3.2.5	Consideraciones de Diseño	24
3.2.6	Norma.....	25
3.2.7	Esfuerzos Normales y Cortantes	26
3.2.8	Momento Flector.....	26
3.2.9	Diseño de uniones atornilladas.....	28
3.2.9.1	Tipos de rosca	31

3.2.10 Vibraciones Mecánicas	32
3.2.10.1 Descripción del Movimiento.....	33
3.2.10.2 Clasificación de los sistemas vibratorios	34
CAPÍTULO IV.....	37
MARCO METODOLOGICO.....	37
4.1. Consideraciones generales.....	37
4.2. Diseño de la investigación.....	37
4.3. Nivel de la investigación.....	38
4.4. Técnicas de recolección de datos.....	38
4.4.1 Revisión documental.....	38
4.4.2 Observación directa.....	39
4.4.3 Entrevista Informal.....	39
4.5 Metodología.....	39
CAPÍTULO V	42
DESARROLLO Y RESULTADOS	42
5.1. Diseño de prototipo de prensa de yuca	42
5.1.1 Parametros generales.....	42
5.1.1.1 Levantamiento de información	42
5.1.1.1.1 Proceso de elaboracion de casabe en Venezuela.....	43
5.1.1.1.2 Proyecto general.....	48
5.1.1.2 Ingenieria conceptual	50
5.1.2 Parametros especificos	61
5.1.2.1 Ingenieria de detalle	61
5.1.2.1.1 Motor vibrador de contacto.....	61

5.1.2.1.2	Estructura	62
5.1.2.1.3	Sistema de tamizado.....	63
5.1.2.1.3.1	Aproximación de un modelo para el comportamiento del sistema vibratorio del tamiz	63
5.1.2.1.3.2	Entrada de masa al sistema	64
5.1.2.1.3.3	Sistema de acople entre consola vibratoria y motor vibrador de contacto	64
5.1.2.1.3.4	Platos de soporte graduable en la consola vibradora, para la vibración del motor vibrador de contacto	65
5.1.2.1.3.5	Sistema de tamices y tensores	66
5.1.2.1.3.6	Tolva para afrecho (sub-producto) y salida de la harina..... semi-humeda (producto).	69
5.1.2.1.3.7	Otros elementos presentes en la consola vibratoria	71
5.1.2.1.4	Sistema de resorte y puntos colgantes.....	72
5.1.2.1.4.1	Selección de resortes que soporten la carga dinamica del sistema de tamizado	72
5.1.2.1.4.2	Diseño de los puntos colgantes como union entre consola vibratoria y sistema resorte	74
5.1.3	Consideraciones finales	76
CONCLUSIONES		78
RECOMENDACIONES.....		79
BIBLIOGRAFÍA		80
ANEXOS A: APENDICES		82
ANEXOS B: PLANOS		109

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Lista de Tablas

NRO.	CONCEPTO	PAG.
Tabla N° 1	Análisis de Propiedades de masa del sistema consola vibratoria	73
Tabla N° 2	Resultados de selección de Resorte	74
Tabla N° 3	Análisis de Propiedades de masa de Tamizadora Final	77

Lista de Figuras

NRO.	CONCEPTO	PAG.
Figura 1	Preparación de Torta de Casabe en Curiepe, Estado Miranda	1
Figura 2	Estructura organizacional de la empresa	7
Figura 3	Esquema de proceso de realización de casabe	21
Figura 4	Viga sometida a Flexión	27
Figura 5	Elementos de unión	29
Figura 6	Representación de entradas	30
Figura 7	Representación de roscas	30
Figura 8	Esquemas de tipos de roscas	31
Figura 9	Modelo sistema masa-resorte-amortiguador	32
Figura 10	Pelado	43

Figura 11	Lavado	44
Figura 12	Rallado	44
Figura 13	Sebucán para prensado	45
Figura 14	Prensa de tornillo	46
Figura 15	Tamizado Manual	47
Figura 16	Esquema industrial del proceso de tamizado de yuca manual	47
Figura 17	Primera etapa de producción de harina semi-húmeda	49
Figura 18	Segunda etapa de producción de yuca en harina seca	49
Figura 19	Modelo de tamiz para lombrices	51
Figura 20	Tamizadora con distintos ángulos de inclinación y mesh de cernido	53
Figura 21	Sistema resorte para tamizadora	54
Figura 22	Estructura de soporte para tamizadora	55
Figura 23	Puntos colgantes de sistemas resortes entre la estructura y consola vibratoria	56
Figura 24	Soportes graduables para motor vibrador de contacto	57
Figura 25	Placas laterales de consola vibratoria	58
Figura 26	Tensores para tamices	59
Figura 27	Tolva para afrecho (sub-producto) de tamizadora	60
Figura 28	Motor vibrador de contacto	61

Figura 29	Estructura de la tamizadora	62
Figura 30	Modelo de vibraciones mecánicas planteado para el comportamiento del tamiz.	63
Figura 31	Distribución de masa de entrada en la consola vibratoria	64
Figura 32	Acople entre motor vibrador de contacto y consola vibratoria.	65
Figura 33	Vista en corte de ensamble de platos de soporte graduable en la consola vibradora	66
Figura 34	Ensamble tela metálica reforzada con tensor (sistema tamiz)	67
Figura 35	Esquema del tensor del tamiz	68
Figura 36	Montaje del sistema de tamices, tensores, nervios, soportes colgantes inferiores y superiores	68
Figura 37	Tolva y corte de ensamble de tolva en tamizadora final	69
Figura 38	Vista con corte transversal del recorrido completo de masa de harina de yuca, sobre los tamices, la salida como harina de yuca semi-humeda y hacia la tolva de afrecho (sub-producto).	70
Figura 39	Esquema de placa izquierda de consola vibradora, con Aro y nervios alrededor, soportes colgantes inferior y superior.	71
Figura 40	Esquema de vistas del Sistema Resorte	72
Figura 41	Esquema de ensamble con puntos colgantes	75
Figura 42	Puntos Colgantes	75
Figura 43	Vista en 3D de tamizadora de harina de yuca final	76

NOMENCLATURA Y SIMBOLOS

FII:	Fundación Instituto de Ingeniería
CIMEC:	Centro de Ingeniería Mecánica
IVIC:	Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas
CAD:	Diseño Asistido por Computadora
CAM:	Manufactura Asistida por Computadora
CNC:	Control Numérico Computarizado
PYMES:	Pequeñas y Medianas Empresas Socialistas
AISI:	Instituto Americano del Hierro y el Acero
2D:	Dos Dimensiones
3D:	Tres Dimensiones
σ :	Esfuerzo Normal
N:	Fuerza Normal
A:	Área de Sección Transversal
τ :	Esfuerzo Cortante
V:	Fuerza Cortante
M:	Momento Flector
F:	Fuerza Aplicada
R:	Fuerza de Reacción
l:	Longitud
X:	Eje Neutro o Axial
p:	Paso de Rosca
D:	Diámetro

UNF:	Rosca Unificada Fina
UNC:	Rosca Unificada Normal (Corriente)
BSF:	Rosca Whitworth de Paso Fino
BSW o W:	Rosca Whitworth de Paso Normal
c:	Constante de Amortiguamiento
k:	Constante Elástica del Resorte
δ :	Pre deformación del Resorte
m:	Masa
\ddot{y} :	Aceleración
\dot{y} :	Velocidad
\bar{y} :	Centro de masa de la consola vibratoria
y_{eq} :	Longitud total de equilibrio del sistema
F_{keq} :	Fuerza generada en el resorte en la posición de equilibrio estático del sistema
F_k	Fuerza generada en el resorte en el movimiento del sistema
P :	Peso
f(t):	Fuerza Máxima Generada en Función del Tiempo
θ :	Angulo de graduación del vibrador de contacto
$\sum F_x$:	Sumatoria de Fuerzas en el Eje x
$\sum F_y$:	Sumatoria de Fuerzas en el Eje y
ω_n :	Velocidad Angular natural de oscilación del sistema
f_n :	Frecuencia natural de oscilación del sistema

rpm:	Revoluciones
η :	Factor de seguridad
I:	Momento de Inercia
E:	Modulo de Elasticidad
Sy:	Resistencia a la Fluencia
Se:	Resistencia a la Fatiga
Sut:	Resistencia a la Ruptura

INTRODUCCION

El almidón es uno de los carbohidratos más importante en la actividad humana, por su función alimenticia y por sus múltiples aplicaciones en la industria y el comercio. La yuca es un tubérculo que se da en Venezuela con mucha facilidad, se utiliza como ingrediente de la dieta básica del país. Se dice que el nombre “yuca” proviene de la lengua de los Indios Caribe, los cuales la llamaban también por el nombre de yog ca, cuyo significado es "que se amasa molida". Sus raíces han constituido un importante alimento para los indígenas mucho antes de que Cristóbal Colón descubriera América.

En Venezuela la yuca es reconocida por excelencia como ingrediente principal en la preparación del famoso casabe, se utiliza además hervida, frita, en buñuelos y en recetas muy originales de acuerdo a cada región.



Figura N° 1: Preparación de Torta de Casabe en Curiepe, Estado Miranda.

La obtención de harina o almidón de yuca sólo requiere molienda, tamizado, separación con agua, sedimentación y secado. Las operaciones de lavado, rallado y tamizado se han mecanizado en estos últimos tiempos, aunque en algunas regiones del mundo y Venezuela todavía se hacen a mano, conocidas comúnmente en forma de torta de casabe y en otras regiones como mañoco, fariña o farofa.

El proceso de tamizado se efectúa mediante un proceso dinámico, en el cual, hacemos pasar la harina de yuca por cualquier superficie o utensilio que funcione como filtro y de esta manera, nos proporciona una harina más fina y de mejor calidad en su acabado final.

Para concretar este potencial, será necesario desarrollar sistemas de procesamiento de harina de yuca que permitieran un costo final competitivo, frente al precio de los cereales nacionales e importados, y que garantizaran la oferta continua con estándares de calidad adecuados como suceden en nuestros países vecinos como Brasil y Colombia, donde existe un alto consumo interno.

En el Desarrollo del tamiz para harina de yuca, objeto del presente proyecto, se analizarán prototipos existentes de tamizados en Venezuela, como son los de lombrices, de harina de maíz etc., seleccionando la idea que más se ajuste a las necesidades requeridas por los productores locales. En el Diseño de las piezas y ensambles, se utilizará el Software Pro/ENGINEER 3.0 Wildfire (CAD/CAM), el cual permitirá la simulación mecánica del prototipo logrado, así como toda la planimetría requerida tanto de detalle como de conjunto para su posterior construcción, usando materiales, elementos constructivos y de fijación presentes en el país, para lograr finalmente, el prototipo deseado.

CAPÍTULO I

LA EMPRESA

En este capítulo se presenta la identificación de la empresa, su reseña histórica, misión, visión y su estructura organizacional.

1.1 Identificación de la empresa

La Fundación Instituto de Ingeniería, adscrita al Ministerio del Poder Popular para la Ciencia y Tecnología, se encuentra ubicada en la Carretera Baruta – Hoyo de la Puerta, Sartenejas, entrada Tecnópolis. Caracas – Venezuela, Teléfonos: 0212-9034610 / Fax: 0212-9034787 / 0212-9034761 / 0212-9034760. Esta fundación tiene por objeto, la realización de actividades de investigación, de desarrollo tecnológico, de asesoría técnica y servicios en los diversos campos de la ingeniería y disciplinas afines, relacionados con las diferentes industrias nacionales e internacionales y con los servicios públicos, procurando la vinculación de éstas actividades con los sistemas productivos y educativos.

1.2 Reseña histórica

La Fundación Instituto de Ingeniería fue creada en 1980, mediante el decreto No. 733 de la Presidencia de la República, y adscrita al Ministerio de Ciencia y

Tecnología, según lo previsto en el Artículo 21 del Decreto Ley No. 370 del 05/10/99, publicado en Gaceta Oficial No. 5.395 Extraordinaria de fecha 25/10/99. Los fundadores fueron la REPÚBLICA DE VENEZUELA, CONICIT, PDVSA, CADAPE, CANTV, VENALUM, IVIC y USB. Los objetivos de su creación consisten en la realización de actividades de investigación, desarrollo tecnológico, asesoría para el sector empresarial público y privado.

El Instituto de Ingeniería está ubicado en Caracas Venezuela, cuenta actualmente con una superficie de 6.800 m² de construcción, distribuida en laboratorios, talleres y oficinas. Con un personal altamente capacitado que representa el 70 %, entre profesionales y técnicos dedicados a las actividades de investigación y desarrollo, servicios tecnológicos y asesorías en diferentes áreas de trabajo, entre las cuales se encuentran: tecnología industrial mecánica, ingeniería eléctrica y sistemas, tecnología de materiales, procesamiento digital de imágenes y gestión tecnológica.

El Instituto de Ingeniería fue creado como resultado de la iniciativa de investigadores adscritos al IVIC y de un estudio, donde participó un destacado grupo de profesionales e investigadores en diversos campos de la ingeniería y disciplinas afines. Sus actividades se iniciaron en espacios alquilados al IVIC. El Instituto ha crecido con una gran vocación de servicios, capacidad administrativa, experiencia en la gerencia de proyectos, equipos de trabajos armónicamente integrados y una creciente confianza, por parte de un número cada vez mayor de empresas.

1.3 Misión

Contribuir de manera eficiente al fortalecimiento industrial del país mediante la investigación, desarrollo y transferencia de tecnología y a la formación de recursos humanos en áreas prioritarias, con un equipo humano altamente calificado y comprometido con la razón de ser del Instituto de Ingeniería. Bajo criterios de mejoramiento continuo de la calidad, productividad y excelencia, con un compromiso ético hacia las personas, clientes e instituciones con las cuales nos relacionamos.

1.4 Visión

Hacer del Instituto de Ingeniería, el Centro de Investigación Aplicada y Desarrollo Tecnológico por excelencia de Venezuela, soporte fundamental del crecimiento económico y social del país, reconocido por la capacidad y profesionalismo de su recurso humano, por el impacto nacional e internacional de sus proyectos y por la calidad de los servicios que presta.

1.5 Valores

El reconocimiento que posee la *Fundación Instituto de Ingeniería*, es producto de su alto potencial en el desarrollo y capacitación del recurso humano que allí labora, reflejado en los aspectos siguientes:

- La relevancia de los proyectos ejecutados, tanto a nivel nacional como internacional.
- La formación del personal al más alto nivel.

- La calidad de los recursos humanos formados en el Instituto, a través de sus cursos especializados.
- La calidad y excelencia en la ejecución de proyectos: de Investigación Aplicada, Desarrollo Tecnológico, Asesorías y Servicios.
- La documentación técnica bajo normas y la publicación de sus resultados.
- El Compromiso, Honestidad, Mística de trabajo, sentido de pertenencia a la Institución y vocación de servicio.

1.6 Objetivos de la Empresa

Desde sus inicios la *Fundación de Instituto de Ingeniería*, se ha planteado objetivos claros y precisos, los cuales hacen posible una mejora sustancial en virtud del cumplimiento de sus deberes como ente del estado:

- Influir en los planes del Estado en el sector tecnológico, desarrollo industrial y de modernización del estado venezolano.
- Promover el desarrollo de la rigurosidad científica y de calidad dentro de la institución.
- Promover la cultura de la documentación y publicación, en el nivel correspondiente (planos, informes, artículos de divulgación, artículos especializados), dentro de los centros.
- Modificar la cultura interna de la *necesaria* generación de ingresos propios, orientándola hacia la búsqueda de programas de mediano y largo plazo, generadores de ingresos estables, que se constituyan en proyectos con impacto y relevancia a nivel nacional e internacional.

- La creación de un fondo de reserva que permita la operación estable del Instituto.
- El establecimiento de una política salarial, acorde con el entorno en el cual se desenvuelve y desarrolla la institución. Estudiar adicionalmente, la creación de bonos de productividad por Centros de Investigación.

1.7 Organigrama de la empresa



Figura N° 2: Estructura organizacional de la empresa

1.7.1 Centro de Ingeniería Mecánica

El Centro de Ingeniería Mecánica (CIMEC), conjuga el talento de un grupo de profesionales venezolanos altamente calificados, con

equipamiento de avanzada tecnología de punta, para ofrecer al Estado Venezolano, a industrias públicas y privadas, y comunidades en general, sus competencias y capacidades en materia de investigación, desarrollo e innovación, diseño mecánico y reingeniería de maquinaria, para apoyar el desarrollo endógeno nacional.

1.7.1.1 Recursos Humanos

Actualmente se cuenta con 36 personas, entre profesionales, técnicos y pasantes, distribuidos de la siguiente forma:

- Nivel Universitario: 20
- Maestría: 7
- Pregrado: 13
- Nivel Técnico Superior Universitario: 6
- Nivel Técnico: 5
- Apoyo Administrativo: 1
- Pasantes: 4

1.7.1.2 Estructura Organizativa del CIMEC.

El Centro está organizado en forma matricial siguiendo básicamente tres Unidades de trabajo, las cuales están encaminadas hacia el desarrollo industrial y de servicio. La primera de ellas: El desarrollo de procesos de manufactura, el cual está siendo utilizado básicamente para la fabricación y modernización de los bancos de ensayos automotrices. La segunda que consiste en la parte de diseño, utilizando equipos y software especializados destinados al área de diseño y la tercera, en este momento

la más importante, es la unidad de ensayos automotrices, la cual está orientada hacia la comprobación de calidad de autopartes. Todas ellas trabajando en una sola dirección, tratando de ofrecer el mejor servicio.

1.7.1.3 Líneas de Trabajo

✓ **Asesoría y Asistencia Técnica (Apoyo al Estado y a la Pequeña y Mediana Industria)**

- Asistencia y asesoramiento técnico a comunidades para brindarles respuestas eficientes a sus necesidades.
- Apoyo a empresas públicas y privadas para la generación de ideas innovadoras, acciones y soluciones, que contribuyan al desarrollo del país, en los sectores: Agroindustrial, Alimentos, plásticos, construcción y militar, entre otros.

✓ **Procesos de Diseño y Fabricación**

- Desarrollo de prototipos de maquinaria y equipos para satisfacer necesidades de los procesos productivos.
- Análisis y simulación por el método de Elementos Finitos para detectar puntos críticos de diseño.
- Manufactura asistida por computadoras CAM/CNC.
- Transferencia de conocimientos y tecnologías.

✓ **Reingeniería de equipos y procesos**

- Optimización de equipos y maquinaria mediante su rediseño, para mejorar sus prestaciones, ergonomía, costos.
- Adecuación de tecnologías y plataformas de producción a escalas comunitarias.

✓ **Ensayos para certificación de calidad**

En apoyo al Sistema Nacional de Calidad, se realizan ensayos de conformidad con normas COVENIN para ensambladoras, importadores y fabricantes nacionales o internacionales, mediante el desarrollo y puesta en marcha de bancos de prueba, que cumplen con los estándares de las normas, en las áreas automotrices, artefactos domésticos, juguetes etc.

✓ **Diseño Mecánico y Servicios**

- Carpintería mecánica / manufactura CNC.

El Centro de Ingeniería Mecánica cuenta con una variedad de equipos de taller en las áreas de mecanizado, soldaduras especiales y carpintería metálica. Esto le permite acometer un amplio rango de trabajos y/o servicios que exceden las capacidades de talleres convencionales en el ramo. El taller se encuentra equipado con un centro mecanizado de manufactura por computadora (CAM) y (CNC) de cinco ejes, donde se pueden realizar piezas de alto grado de complejidad, además de fresadoras y tornos de control numérico para trabajos especiales.

CAPÍTULO II

EL PROBLEMA

En este capítulo, se presentan aspectos importantes como la Justificación, Planteamiento del Problema, Objetivo General y Objetivos Específicos, Alcances y Limitaciones, así como los recursos disponibles para la investigación.

2.1. Justificación

La yuca es uno de los cultivos más arraigados en la cultura de nuestro país, en algunas regiones el casabe representa un sustituto muy importante del pan de trigo. Debido al desarrollo endógeno y tecnológico de Venezuela, en estos últimos años en materia agroalimentaria, sobre todo en los rubros de alimentos secos, como son granos y harinas, se busca darle cabida a la harina de yuca procesada, ya que en Venezuela particularmente la harina de trigo es la de mayor uso en panaderías, pastelerías y empresas afines, pero presenta una desventaja económica producto de su importación, ocasionando un alto costo y la salida de divisas fuera del país, por tal motivo la harina de yuca procesada, representaría en un futuro muy cercano, un sustituto de la harina de trigo, favoreciendo un importante ahorro de divisas, generando fuentes de empleo tanto directos como indirectos, así como lograr una mejor soberanía alimentaría.

Actualmente se encuentra en ejecución esta propuesta, que forma parte del proyecto “**Diseño y puesta en marcha de mini planta de harina de yuca para cooperativas y PYMES**”, por el Centro de Ingeniería Mecánica de la Fundación Instituto de Ingeniería (CIMEC-FII), adscrita al Ministerio del Poder Popular para la Ciencia y la Tecnología (MPPCT), ubicado en la urb. Monte Elena, Carretera nacional Hoyo de la Puerta, Sartanejas Baruta Edo-Miranda.

Motivado a que la producción a gran escala de la mini planta de harina de yuca es importante para el país, y en virtud de que existía una oferta por el referido centro de investigación, para contribuir en el desarrollo del proyecto, a través de un trabajo de investigación o como un trabajo especial de grado, se buscará crear en una 1era etapa, una línea de producción de harina de yuca semi-humeda, para la producción de casabe, en la cual su último proceso es el tamizado, buscando obtener el afrecho por un lado y por el otro lado el tamaño de grano requerido por la harina de semi-humeda, requiriéndose un diseño adecuado del prototipo de tamiz que permita, lograr tales condiciones de trabajo y procesamiento.

Es importante resaltar que este tipo de prototipos no es fabricado en nuestro país, por lo tanto este diseño obedecerá a los objetivos de la Fundación Instituto de Ingeniería (FII), aportando desarrollo tecnológico al país para beneficio de todos los venezolanos.

2.2. Planteamiento del Problema

Crear una mini planta de harina de yuca, que conste en su 1era etapa del proceso de producción de la harina de yuca semi-húmeda, para la realización de casabe en forma continua, *Diseñando un prototipo de tamiz para harina de yuca* que permita el tamaño de grano, que tengan las condiciones requeridas

para la producción, así mismo el equipo deberá ser de fácil instalación, operación y mantenimiento, para ser utilizado por Unidades de Cooperativas y PYMES.

2.3. Objetivos

2.3.1. Objetivo General

Diseñar un prototipo de tamiz que permita obtener granos con las condiciones de tamaño necesarias para la producción de harina de yuca.

2.3.2. Objetivos Específicos

- Evaluar prototipos y sugerencias de modelos existentes
- Desarrollar la tormenta de ideas
- Seleccionar la idea que mejor se ajuste a las necesidades de los productores locales
- Desarrollar la ingeniería de detalles
- Elaborar los procedimientos de fabricación
- Incluir los planos de conjunto y de detalle
- Redactar el informe final del trabajo especial de grado.

2.4. Alcances y Limitaciones

El desarrollo del presente estudio estará sujeto a las siguientes consideraciones:

- El diseño del prototipo seleccionado para el tamizado que será desarrollado durante la tesis, tiene que lograr tamizar la harina de yuca hasta obtener un tamaño de grano igual o inferior a 1,33 mm
- El Software a utilizar para el desarrollo de la tesis será el Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 debido a que es el disponible en el CIMEC y es el más completo para la realización de todas las actividades que van desde los planos (2D), piezas (3D), ensamblajes, soldaduras, la simulación de mecanismos y solicitaciones de esfuerzos básicas.
- Seleccionar los elementos de maquinas y materiales de construcción existentes en el mercado de Venezuela, como son el Acero AISI 1020 (Estructural) y Acero Inoxidable para el desarrollo del prototipo de tamiz.
- La elaboración del procedimiento de fabricación y planos será fundamental para la culminación de la tesis
- El Tamiz para harina de yuca deberá operar de forma continua.
- Debido al corto período de estadía en planta, este proyecto no contempla la construcción del prototipo.
- Deberá ser de fácil instalación, operación y mantenimiento.

2.5. Recursos Disponibles

✓ Materiales y Equipos de Oficina:

✓ Materiales y Herramientas de Taller

✓ Humanos

✓ Paquete Computacional

● Hardware:

- Computadora Portátil Marca Toshiba, Core Duo 1.73 GHz, 2.0 Gb de RAM, DD 120 Gb y Tarjeta de Video Integrada.
- Impresora Multifuncional HP Photosmart C3180 all-in-one.

● Software:

- Microsoft Windows XP Server Pack 2
- Microsoft Office 2007 Professional
- Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 (CAD/CAM).

✓ Otros recursos

- Instalaciones del Centro de Ingeniería Mecánica de la Fundación Instituto de Ingeniería (CIMEC-FII)
- Acceso a Internet del CIMEC-FII, en la Biblioteca Central y en la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Central de Venezuela
- Material bibliográfico existente en las bibliotecas: CIMEC-FII, Central, Central de la Facultad de Ingeniería y la Escuela de Ingeniería Mecánica pertenecientes a la Universidad Central de Venezuela

- Recursos de Internet.
- Catálogos de materiales, componentes y equipos.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

Este capítulo abarca el Marco Teórico, el cual proporciona los basamentos técnicos, los fundamentos teóricos necesarios para la ejecución del proyecto y de los parámetros tomados en consideración para abordar el problema.

3.1 Antecedentes técnicos

En el Año 2003, Elysaud Bermúdez y Mauricio Quintero, desarrollaron su trabajo especial de grado en la escuela de ingeniería mecánica de la Universidad Central de Venezuela, con el título de “*Diseño de una Máquina Empacadora de Harina y Almidón*”, en dicha investigación se consideraron los siguientes aspectos:

- Diseño de una máquina que procesa harina y almidón, a partir de los “chips” y féculas de la yuca.
- Evaluación de una serie de alternativas aproximadas al diseño requerido
- El Dimensionamiento de la máquina se considero en base a la producción estimada de producto y fundamentado en estudios de esfuerzos requeridos por el sistema
- Se realizaron todos los planos de cada uno de los elementos diseñados que conforman todo el sistema. Con este trabajo se obtuvo un estimado del costo de fabricación de cada componente, y se pudo realizar un

estudio de factibilidad económica para la industrialización de la máquina.

En el año 2004, Miguel Mota y Jean González, desarrollaron en su trabajo especial de grado en la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Central de Venezuela, con el título de: “*Diseño de una Máquina Ralladora y Exprimidora de Yuca para la Elaboración de Casabe*”, Cuyo estudio fundamental se centro en 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. Considerando en la investigación los siguientes aspectos:

- La máquina debía ser 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.
- La yuca amarga, después de raspada y lavada, se vierte en la tolva alimentadora, la cual va a pasar por medio de gravedad a un tambor para ser rallada
- La masa de yuca rallada (catebía húmeda), va a caer en un recipiente (saco de sisal) para confinar la masa de Yuca, finalmente va al proceso de exprimido por medio de un sistema hidráulico para lograr el producto final.

En el año 2006, Annyrene Mocao y Simón Garmendia, desarrollaron en el FII un proyecto titulado “*Diseño y Construcción de Prototipos de Pelado, Rallado y Prensado de Yuca Para Mejorar el Procesamiento de Casabe*” donde se abarca una serie de estudios de zonas productoras de yuca en el país y también,

la variedad de tipo de yuca en el territorio nacional buscando optimizar el proceso de elaboración del casabe, este trabajo presenta condiciones de mejoras en el proceso como:

- ✓ Condiciones sanitarias y de seguridad.
- ✓ Efecto contaminante.
- ✓ Eficiencia del proceso – productividad.
- ✓ Automatización.
- ✓ Diversificación de productos

Por lo que el proyecto tiene como objetivos:

- Diseñar y fabricar prototipos para optimizar la línea de procesamiento de yuca para la obtención de casabe, ajustados a las necesidades de los pequeños y medianos productores nacionales.
- Diseñar y fabricar prototipos para los procesos de pelado, rallado y prensado de yuca, para la producción casabera nacional.
- Mejorar las condiciones sanitarias y de seguridad existentes.
- Mejorar la eficiencia del proceso en función de la productividad.
- Evaluar la multifuncionalidad de los prototipos para la obtención de otros productos además del casabe.
- Evaluar prototipos existentes.

3.2 Fundamentos teóricos

3.2.1 Casabe

El casabe es un producto típico de la costa norte de Sudamérica (Venezuela, Surinam y Brasil) y en las Antillas (Santa Lucía, República Dominicana y Haití), que se obtiene de la yuca siguiendo una tradición que data de la época precolombina. El término casabe proviene de un vocablo indígena que significa "pan de yuca".

3.2.1.1 Descripción del Producto

El casabe se presenta en forma de tortas circulares de hasta 40 cm. de diámetro y 1 cm de espesor. Presenta un color blanquecino quemado y de consistencia y textura más o menos áspera, dependiendo de la ralladura y del contenido de almidón. El proceso que se sigue en República Bolivariana de Venezuela, consiste en pelar, rallar y prensar la yuca, para obtener una harina de grano grueso. Con esta harina se hacen tortas que se asan en un horno rudimentario llamada burén.

3.2.1.2 Descripción del Proceso

La descripción del proceso que se sigue en una agroindustria casabera tradicional, se puede representar a través del siguiente esquema:

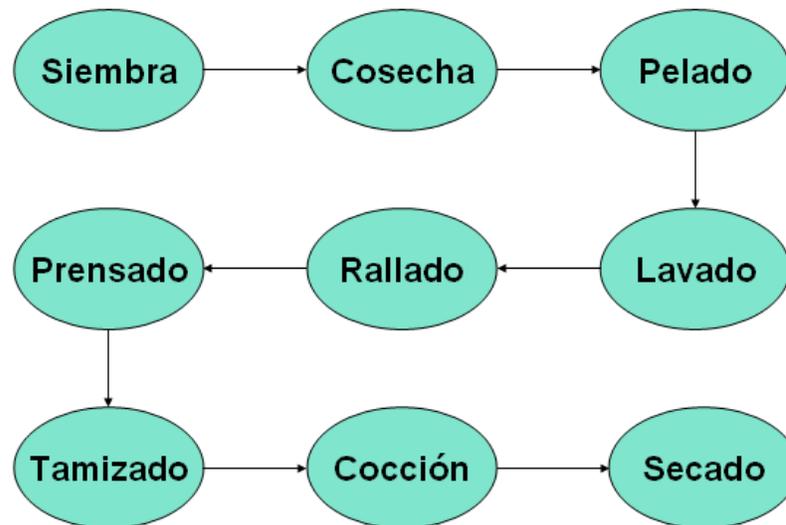


Figura N° 3: Esquema de proceso de realización de casabe

3.2.1.2.1 Recepción de la materia prima

La yuca fresca se recibe en sacos, se pesa y se eliminan las raíces que presenten daños por podredumbre

3.2.1.2.2 Lavado

La yuca se coloca en una pila de agua potable para quitarle la tierra que tiene adherida y otros materiales extraños.

3.2.1.2.3 Despuntado y raspado

Con un cuchillo se cortan los dos extremos de la raíz y luego es raspada con un raspador (hecho de una tapa de latón) para despegar la cascarilla.

3.2.1.2.4 Rallado

La yuca limpia es colocada en un rallador (guayo), que consiste en una placa de metal montada sobre un cilindro de madera soportado en un eje, el cual es accionado por un motor eléctrico. En algunas zonas todavía se usa un método manual.

3.2.1.2.5 Prensado

La yuca rallada (catibía) es sometida a un proceso de prensado con una palanca para extraerle el agua y parte del almidón. Luego, se coloca en sacos de propileno y se somete a presión por medio de un tronco (palanca con piedras en un extremo y que hacen presión). En algunas plantas se han adaptado prensas de tornillo.

3.2.1.2.6 Tamizado o cernido

La yuca prensada es pasada por un tamiz metálico con orificios de unos 2.5 mm.

3.2.1.2.7 Horneado o cocción

La catibía cernida se pone en el molde y se cuece en la superficie del burén, el cual está conformado por una meseta de bloques de cemento, cubierta por una losa de concreto de unos 7 cm. de espesor, de 1 m. de ancho por 4,5 m. de largo, sobre la cual son cocidas las tortas: El horno en la parte posterior tiene dos ventanas que le sirven para alimentación de leña y aire.

3.2.1.2.8 Cortado

Las tortas se cortan en cuartos con una sierra circular, se envuelven en papel y se amarran con hilo.

3.2.1.2.9 Empaque

Se utiliza como material de empaque bolsas de papel, sin embargo, puede utilizarse cualquier tipo de saco impermeable.

3.2.2 Ingeniería

Según el diccionario de la Real Academia Española, la ingeniería es “el conjunto de conocimientos y técnicas que permiten aplicar el saber científico a la utilización provechosa de la materia y la energía”

3.2.3 Diseño

Diseñar es formular un plan para la satisfacción de una necesidad específica o resolver un problema. Si el plan propicia la creación de algo que tiene una realidad física, entonces el producto debe ser funcional, competitivo, útil, que se pueda fabricar y comercializar.

3.2.4 El Diseño en Ingeniería Mecánica

El diseño mecánico, es el diseño de objetos y sistemas de naturaleza mecánica:

Máquinas, aparatos, estructuras, dispositivos e instrumentos. En su mayor parte, el diseño mecánico hace uso de las matemáticas, la ciencia de los materiales y la ciencia mecánica aplicada.

Para diseñar sistemas mecánicos óptimos, el ingeniero debe tener cierta habilidad y experiencia respecto a los elementos de máquinas. El estudio del diseño y la selección de los elementos que componen a determinado mecanismo, sugieren una evaluación de la resistencia y limitaciones para ser utilizados. Es conveniente también presentar planos y especificaciones del diseño.

3.2.5 Consideraciones de Diseño

Se refiere a las características que influyen en el diseño del elemento, o tal vez en todo el sistema.

Los criterios más generales a considerar en el diseño mecánico son:

- Resistencia / esfuerzo
- Distorsión / deflexión / rigidez
- Desgaste
- Corrosión
- Seguridad
- Confiabilidad
- Fricción
- Facilidad de uso
- Utilidad
- Costo

- Procesamiento
- Peso
- Vida
- Ruido
- Estilo
- Forma
- Tamaño
- Control
- Propiedades térmicas
- Superficie
- Lubricación
- Comercialización
- Mantenimiento
- Volumen
- Responsabilidad legal
- Desecho / reciclado

Algunos de estos factores se refieren directamente a las dimensiones, al material, al procesamiento o procesos de fabricación, o bien a la unión o ensamble de los elementos del sistema.

3.2.6 Norma

Una norma es un conjunto de especificaciones para partes, materiales o procesos establecidos a fin de lograr uniformidad, eficiencia y una cantidad especificada. Uno de los propósitos importantes de una norma es poner un

límite al número de artículos en las especificaciones para proporcionar, un inventario razonable de herramientas, tamaños, formas y variedades.

3.2.7 Esfuerzos Normales y Cortantes

- Esfuerzo normal, es el que viene dado por la resultante de tensiones normales σ , es decir, perpendiculares al área para la cual pretendemos determinar el esfuerzo normal.

$$\sigma = N/A$$

- Esfuerzo cortante, es el que viene dado por la resultante de tensiones cortantes τ , es decir, tangenciales al área para la cual pretendemos determinar el esfuerzo cortante.

$$\tau = V/A.$$

Las unidades de los esfuerzos son las mismas que para la presión, fuerza dividida por área, se utilizan con frecuencia: MPa, psi, Kpsi, Kg/mm², Kg/cm² etc.

3.2.8 Momento Flector

Un momento de fuerza resultante de una distribución de tensiones sobre una sección transversal de un prisma mecánico flexionado o una placa que es perpendicular al eje longitudinal a lo largo del que se produce la flexión. Es una sollicitación típica en vigas y pilares ya que todos estos elementos suelen deformarse predominantemente por flexión. El momento flector puede aparecer

cuando se someten estos elementos a la acción de un momento (torque) o también de fuerzas puntuales o distribuidas.

El producto de la magnitud del esfuerzo solicitante, multiplicado por la longitud de la distancia (brazo) de la acción, esto es, la distancia de la línea de acción del esfuerzo desde el punto de empotramiento de un cuerpo, se indica cómo momento flector de un cuerpo.

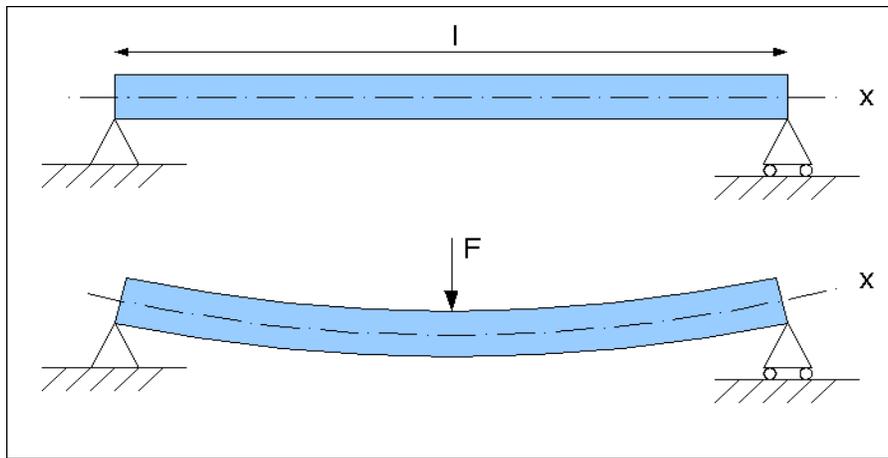


Figura N° 4: Viga sometida a Flexión

$$M = F \cdot l$$

Siendo:

M: Momento Flector

F: Fuerza solicitante

l: longitud

Debido al efecto de dicho momento, El eje X del cuerpo flexiona formando un arco de círculo como se demuestra en la figura 4 por efecto de la flexión, las

fibras superiores al eje neutro X se estiran (tracción), mientras las fibras inferiores se comprimen (compresión), la tracción y la compresión de la fibras del cuerpo es tanto mayor en cuanto aumenta la distancia desde el eje neutro X.

Para definir exactamente cómo es posible aumentar la resistencia de un cuerpo a la sollicitación por flexión, hay que aclarar lo siguiente: La resistencia aumenta cuanto más grande es la distancia en dirección del esfuerzo del material resistente del eje neutro, y dicha resistencia es proporcional al cuadrado de la distancia misma. Es muy simple entonces comprender el por qué todo los cuerpos sólidos sollicitado a flexión, deben tener una sección en la cual el material resistente se encuentra lejos del eje neutro del cuerpo mismo.

3.2.9 Diseño de uniones atornilladas

Unir, es uno de los problemas básicos en ingeniería, las piezas básicas siempre se integran formando piezas más complejas. Una clasificación para las uniones las separa en: uniones permanentes, uniones semipermanentes y uniones desmontables.

En el primer grupo, se reúnen las uniones que una vez ensambladas son muy difíciles de separar. Es el caso de las soldaduras, remaches y ajustes muy forzados. Estas uniones, si se separan, implican daños en la zona de unión.

Un segundo grupo lo forman las uniones que en general no van a desmontarse, pero se deja abierta esta posibilidad. Para esto se usan principalmente uniones roscadas.

Finalmente, las uniones que deben ser desmontables para efectos de mantenimiento o traslados utilizan elementos roscados, chavetas, lengüetas,

pasadores y seguros elásticos. En la figura 5 se ejemplifican diversos elementos de unión.



Figura N° 5: Elementos de unión

Los elementos básicos de una rosca o hilo son el diámetro exterior, el diámetro interior, el paso, el tipo de hilo, el sentido de avance, la cantidad de entradas y el ajuste. Los diámetros interior y exterior limitan la zona roscada; el paso es el desplazamiento axial al dar una vuelta sobre la hélice; el tipo de hilo es determinado por el tipo de filete y el paso, existiendo un gran número de hilos estandarizados. El sentido de avance puede ser derecho o izquierdo. Esto significa que una rosca derecha avanza axialmente al girarla de acuerdo a la ley de la mano derecha. En una rosca izquierda esta ley no se cumple. El sentido de avance izquierdo se usa principalmente por seguridad, como en las válvulas de balones de gas.

La cantidad de entradas indican cuántas hélices están presentes. Generalmente sólo hay una hélice presente. Por ejemplo si se desea unir una tuerca a un perno, se tiene una oportunidad por vuelta, o sea, una entrada; en tapas de frascos y

bebidas se desea una colocación fácil y se utilizan 3, 4 o más entradas, es decir 3, 4 o más hélices presentes. Esto necesariamente aumenta el paso, lo cual no es conveniente en un elemento que debe permanecer unido.

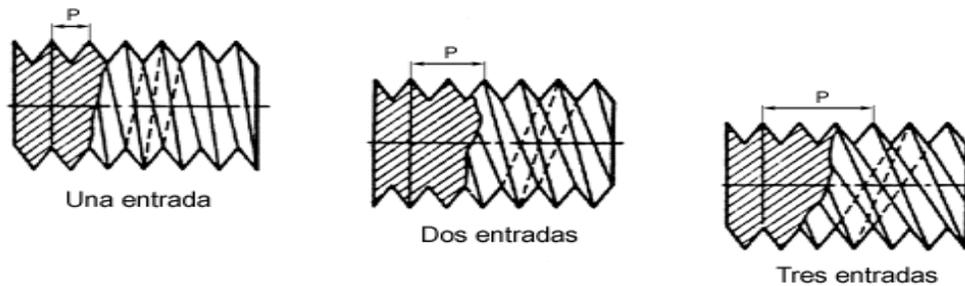


Figura N° 6: Representación de entradas

El dibujo detallado de las roscas es muy difícil de realizar, esto obliga a reemplazarlo por algún símbolo que represente un eje roscado. La siguiente figura se muestra las representaciones simplificadas en Europa y Norte América. Nosotros utilizamos principalmente la representación europea.

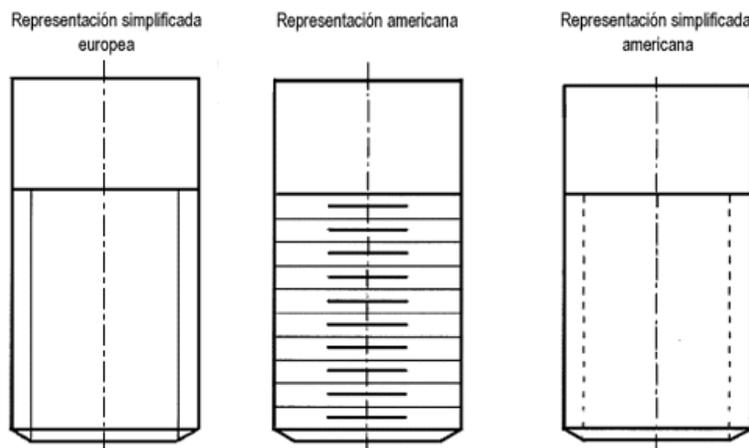


Figura N° 7: Representación de roscas

3.2.9.1 Tipos de rosca

Existen varios tipos de rosca, como por ejemplo las roscas métricas (M), la rosca unificada fina (UNF), la rosca unificada normal (corriente) (UNC), la rosca Whitworth de paso fino (BSF), la rosca Whitworth de paso normal (BSW o W), entre otras. Las diferencias se basan en la forma de los filetes que los hacen más apropiados para una u otra tarea, las roscas indicadas son las más utilizadas en elementos de unión.

En la figura siguiente se aprecian varias formas de roscas, los filetes triangulares son utilizados en pernos y tuercas, los filetes redondos son utilizados en uniones rápidas de tuberías, finalmente las roscas rectangulares en general se utilizan para ejercer fuerza en prensas.

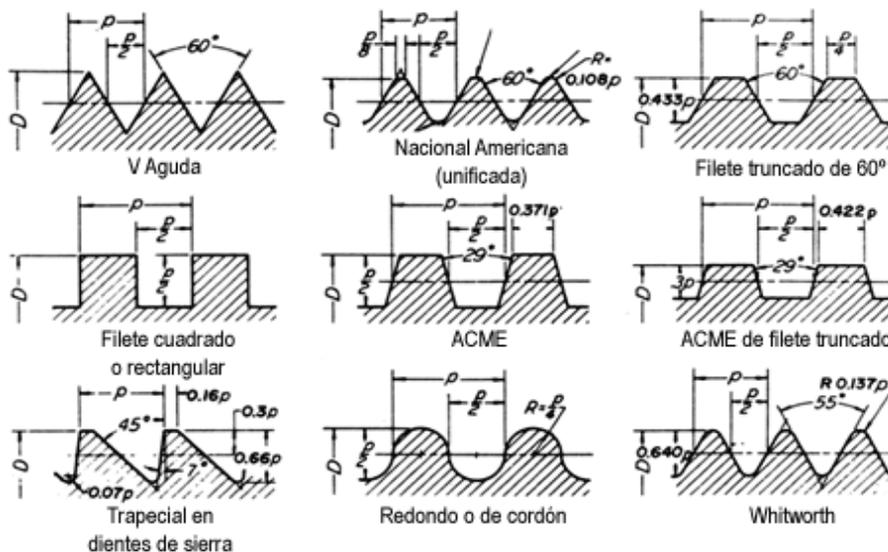


Figura N° 8: Esquemas de tipos de roscas

La designación de las roscas se hace por medio de su letra representativa e indicando la dimensión del diámetro exterior y el paso. Este último se indica

directamente en milímetros para la rosca métrica, mientras que en la rosca unificada y Whitworth se indica a través de la cantidad de hilos existentes dentro de una pulgada.

Por ejemplo, la rosca M 3,5 x 0,6 indica una rosca métrica normal de 3,5 mm de diámetro exterior con un paso de 0,6 mm. La rosca W 3/4 '' - 10 equivale a una rosca Whitworth normal de 3/4 pulg. de diámetro exterior y 10 hilos por pulgada.

3.2.10 Vibraciones Mecánicas

Se llaman vibraciones mecánicas a las oscilaciones de partículas alrededor de un punto en un medio físico equilibrado (posición de equilibrio) cualquiera, y se pueden producir por efecto del propio funcionamiento de una máquina o un equipo.

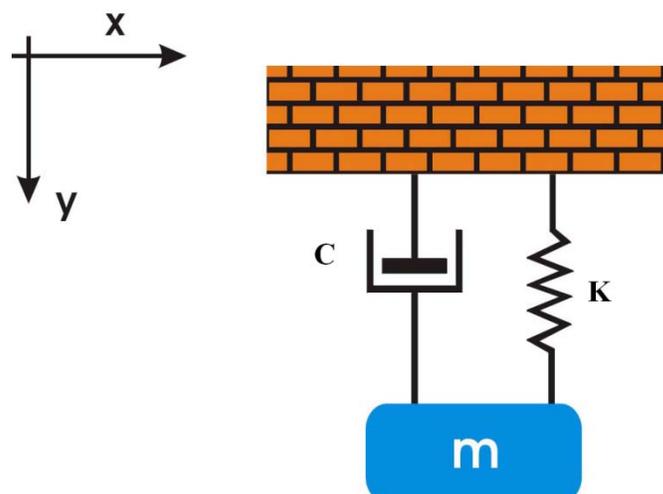


Figura 9: Modelo sistema masa-resorte-amortiguador

$m \ddot{y} + c \dot{y} + k y = f(t)$ Ecuación de fundamental de movimiento
para vibraciones mecánicas forzadas
con excitación armónica y amortiguadas.

$\omega_n = \sqrt{k/m}$ Frecuencia natural de oscilación del sistema

Al intervalo de tiempo necesario para que el sistema efectúe un ciclo completo de movimiento se le llama **periodo** de la vibración. El número de ciclos por unidad de tiempo define la **frecuencia** del movimiento y el desplazamiento máximo del sistema desde su posición de equilibrio se llama **amplitud** de la vibración

El amortiguamiento es un sinónimo de la pérdida de energía de sistemas vibratorios. Este hecho puede aparecer como parte del comportamiento interno de un material, de rozamiento, o bien, un elemento físico llamado amortiguador.

Para que se produzca una vibración mecánica en una estructura, deberán cumplirse dos condiciones fundamentales, sin las cuales el fenómeno no acontece:

- 1) Comportamiento elástico de la estructura como respuesta a la acción de las fuerzas y / o momentos que la soliciten.
- 2) Existencia de masa en movimiento.

3.2.10.1 Descripción del Movimiento

Para describir el movimiento de una pieza o estructura, es necesario referirse a sus grados de libertad. Por cada grado de libertad existente, hace falta una

coordinada. Una estructura tiene tantos grados de libertad, como coordenadas sean necesarias para determinar o definir su configuración. Cuando está estática, una cantidad finita de coordenadas es suficiente para determinar exactamente su configuración; mientras que cuando se mueve, cada punto de la pieza o estructura requiere 3 (tres) coordenadas, por lo que en dicha situación, los grados de libertad son infinitos.

Como lo que interesa, es describir el movimiento de las masas, el problema se simplifica, ya que habiendo zonas con masas grandes y otras con masas pequeñas, es posible centrar de manera simplificada, el análisis del problema en lo que acontece con las grandes masas.

3.2.10.2 Clasificación de los sistemas vibratorios

Lineales: Son aquellos en los que las masas que vibran son constantes a lo largo del tiempo y las características elásticas de sus suspensiones son lineales frente a las causas que las solicitan.

No Lineales: Son aquellos en los que la masa que vibra no es constante en el tiempo. Por ejemplo, puentes por los cuales circulan vehículos; el estudio de estos casos requiere la consideración de las masas de los vehículos y la del puente.

El comportamiento lineal de un elemento facilita su estudio, en la realidad todo elemento se comporta como no lineal, pero los resultados de su estudio no difieren en su mayoría a los realizados, si se consideran como elementos lineales. Un ejemplo de ello es el resorte, donde según la ley de Hooke, el comportamiento fuerza-deformación es lineal.

Se clasifican también en:

Amortiguadas: es cuando la vibración de un sistema es disipada.

No Amortiguadas: es cuando la disipación de energía se puede disipar para su estudio. Siendo esta última posibilidad una ficción matemática, pues todas las piezas y estructuras contienen, intrínsecamente en mayor o menor grado, alguna amortiguación.

Con relación al modo de actuar de las causas perturbadoras del equilibrio de los sistemas, también se los clasifica en sistemas vibratorios:

Libres: Son aquellos que se manifiestan a partir del momento en que cesa la acción de la causa perturbadora.

Armónico: un movimiento periódico de vaivén, en el que un cuerpo oscila a un lado y a otro de su posición de equilibrio en una dirección determinada y en intervalos iguales de tiempo. Una partícula sometida a este tipo de movimiento tendrá un punto central, alrededor del cual oscilará.

Forzados: Son aquellos que se producen por efecto de una perturbación que perdura en el tiempo.

Autos excitados: La fuerza perturbadora, que en el caso de las vibraciones forzadas es alternativa o pulsante o aparece y desaparece, en este caso es continua. Son ejemplos típicos, la vibración de la cuerda de un violín, donde el arco pasa de manera continua; la de las patas de un mueble que es arrastrado sobre el piso (rozamiento seco) y la vibración de una tiza que se desplaza sobre una pizarra.

Esta importante clasificación nos dice que un sistema vibra libremente solo y solo si existen condiciones iniciales, ya sea que suministremos la energía por medio de un pulso (energía cinética) o debido a que posee energía potencial, por ejemplo deformación inicial de un resorte.

Esta energía es disipada por la amortiguación, en ocasiones es despreciable. Aun cuando la energía es disipada durante la vibración, en el caso de la vibración forzada esta descompensada por la excitación constante.

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se especifica el tipo de procedimiento usado para la realización del trabajo de investigación, así como también contempla, los métodos científicos, técnicas y herramientas para resolver la situación planteada.

4.1 Consideraciones generales

El Marco Metodológico está referido al momento que alude al conjunto de procedimientos lógicos, tecno-operacionales implícitos en todo proceso de investigación, con el objeto de ponerlos de manifiesto y sistematizarlos; a propósito de permitir describir y analizar los supuestos del estudio y de construir los datos, a partir de los conceptos teóricos convencionalmente operacionales. (Ballestring, 1997).

4.2 Diseño de la investigación

De acuerdo al planteamiento del problema y a los objetivos de la investigación, se fundamenta el estudio en investigación del tipo documental, ya que la información recabada se hizo a través de folletos, manuales y textos; y de campo, debido a que parte de la información se obtuvo en el área, recolectando datos y verificando condiciones de trabajo, con el fin de describir, analizar e interpretar la naturaleza del problema

4.3 Nivel de la Investigación

Debido a las características de la investigación y a los objetivos planteados en este proyecto, según el Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales, UPEL 2003, la investigación corresponde a una del tipo Proyecto Factible, la cual consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales.

La investigación es de tipo documental, porque fue indispensable la búsqueda y obtención de datos a través de manuales, catálogos y textos. Es una investigación de campo, porque parte de la información necesaria para elaborar la propuesta surgió del área de trabajo así como a visitas a diversos lugares donde eran evidentes observar el problema como fue el caso de las casaberas en el estado Anzoátegui.

También se considera una investigación descriptiva, porque se diseñó un mecanismo en el cual se dan a conocer sus componentes, materiales y elementos mecánicos.

4.4 Técnicas de recolección de datos

4.4.1 Revisión documental

Mediante esta técnica se consultaron textos de ingeniería, para afianzar los conocimientos referidos a la investigación. Igualmente, se revisaron tesis de grado y textos de metodología de la investigación, para la constitución del marco metodológico, diseñando así un proyecto organizado, claro sistemático y sencillo, que cumpla con las normas establecidas en la elaboración de trabajos de investigación.

4.4.2 Observación directa

Según Muñoz Razo (1998), nos dice que la observación directa es la Inspección que se hace directamente de un fenómeno dentro del medio en el que se presenta, a fin de contemplar todos los aspectos inherentes a su comportamiento y características dentro del campo.

En estos casos el observador entra en contacto directo con el fenómeno observado, pudiendo permanecer aislado del mismo o participar en él.

4.4.3 Entrevista informal

La entrevista permite la recopilación de información en forma directa, cara a cara; es decir, el entrevistador obtiene datos del entrevistado siguiendo una serie de preguntas preconcebidas y adaptándose a las circunstancias que las respuestas del entrevistado le presenten.

De acuerdo con Sabino (1986) "La entrevista informal es la modalidad menos estructurada posible, ya que la misma se reduce a una simple conversación sobre el tema en estudio." (p.142).

4.5 Metodología

A continuación se describe la metodología utilizada en el desarrollo del proyecto:

- ❖ Evaluar prototipos existentes por medio de la búsqueda de patentes y equipos existentes en el país.
- ❖ Determinar los parámetros y criterios de diseño del mecanismo: En esta etapa se establecen las diferentes fases del análisis del problema, las

cuales definen las funciones del prototipo, las condiciones que deberá soportar durante su vida útil, las variables de solución y los criterios a utilizar.

- ❖ Desarrollo de la ingeniería conceptual, a través de tormentas de ideas y selección de una idea la cual se ajusta a las necesidades requeridas para resolver la problemática de forma satisfactoria.
- ❖ Establecer las diferentes alternativas y variantes para el diseño del mecanismo
- ❖ Seleccionar el diseño óptimo.
- ❖ Desarrollar en detalle la opción seleccionada. En este caso por ser un diseño técnico, se incluye una rutina de cálculos necesaria para obtener los resultados finales. El procedimiento que se sigue en los cálculos se puede dividir según el mecanismo a desarrollar como se presenta a continuación:

Motor Vibrador de Contacto

- Selección del motor vibrador de contacto a usar en el desarrollo del prototipo.

Estructura

- Diseño de estructura
- Selección de material y tipo de vigas de la estructura así como elementos para la estabilidad al sistema.
- Cálculo de cargas a soportar y pandeo.

Sistema de Tamizado

- Aproximación de un modelo para el comportamiento del sistema vibratorio para el tamiz.
- Entrada de masa al sistema.
- Sistema de acople entre consola vibratoria y motor vibrador de contacto.
- Platos de soporte graduable en la consola vibradora, para la vibración del motor vibrador de contacto.
- Sistema de tamices y tensores.
- Tolva para afrecho (sub-producto) y salida de la harina semi-humeda (producto).
- Otros elementos presentes en la consola vibratoria.

Sistema resorte y puntos colgantes

- Selección de resortes para la carga dinámica del sistema de tamizado.
- Diseño de los puntos colgantes como unión entre consola vibrador y sistema resorte.

Diseño de unión

- Cálculos de elementos de unión como:
 - ✓ Uniones Atornilladas
 - ✓ Uniones Soldadas etc.
- ❖ Elaboración de planos de prototipo de tamiz por medio de programa de diseño asistido por computadora. En cada una de las partes diseñadas en detalle se indican sus dimensiones y material.

CAPÍTULO V

DESARROLLO Y RESULTADOS

A continuación se muestra el análisis realizado para poder completar el diseño del prototipo con mayor detenimiento, así como exponer los conceptos de diseño en la ingeniería y la aplicación de las técnicas de representación habituales en el proceso de diseño

5.1 Diseño de prototipo de tamizadora de yuca

5.1.1 Parámetros generales

Se pueden clasificar dos etapas importantes del diseño las cuales integran la búsqueda de la solución del problema, dichas etapas son: El levantamiento de información y La ingeniería conceptual

5.1.1 .1 Levantamiento de información

Consiste en realizar una serie de sondeos que permita establecer uso, funcionamiento, procesos, historia avances e investigaciones, para plantear y desarrollar una idea de diseño.

5.1.1 .1.1 Proceso de elaboración de casabe en Venezuela

La búsqueda de información para este trabajo, se logro a través de la investigación de diferentes fuentes, obteniendo diversos antecedentes y evaluando los procesos de elaboración de casabe, para ello se realizó el estudio artesanal e industrial, en una zona productora de Venezuela específicamente en Cantaura, estado Anzoátegui donde se hizo una visita.

El estudio en la zona fue de gran importancia para ver el desarrollo de la producción del casabe. A pesar de no tener un proceso continuo se pudo observar el uso de diversas máquinas y técnicas para la realización de las tortas de casabe y lograr tener una idea del problema y posibles soluciones del mismo, en el proceso industrial se observó, el pelado (ver Fig. 10), lavado (ver Fig. 11), rallado (ver Fig.12), prensado (ver Fig.13) y tamizado (ver Fig.15).



Figura N° 10: Pelado



Figura N° 11: Lavado



Figura N° 12: Rallado

En esa visita se observó como la industria del casabe en Venezuela ha venido evolucionando, así como las dificultades presentes en cuanto a la innovación

tecnológica, en este caso particular se pudo ver todo el proceso pero especialmente el sistema de prensado y tamizado.



Figura N° 13: Sebucán para prensado

El prensado del casabe es uno de los procesos más importantes, ya que es la fase que permite extraer de la yuca amarga una gran cantidad de yare que en grandes cantidades es tóxico y se puede convertir en almidón, a través de otro proceso.

En el proceso artesanal de acuerdo a la información obtenida proviene de los indígenas. En nuestro país se usa un elemento llamado sebucán, este instrumento esta hecho de fibras de caña y consiste en una gran bolsa donde echan la yuca rallada hasta casi llenarla, y después la cuelgan en un árbol o de un palo, donde se hace una palanca bien fuerte haciendo presión cuando una persona se sienta sobre el sebucán provocando la compresión de la masa logrando extraer el jugo venenoso (yare) formado por ácido cianhídrico. (Ver atrás Fig. 13). Para luego llevarlas al horno y crear la torta de casabe.

En la industria del casabe, el proceso de prensado es distinto ya que no se usa el sebucán, en instalaciones industriales, se usa la prensa de tornillo, el cual es un instrumento que ejerce presión a la masa de yuca por medio de una placa que sube o baja por un brazo por medio del giro de un tornillo. (Ver Fig. 14).



Figura N° 14: Prensa de tornillo

El colado o tamizado manual artesanal, se hace a través de una tela que se fija a un marco de madera, los movimientos de vaivén de estos tamices retienen las fibras gruesas y sedimentos, las cual permiten obtener una harina de menor tamaño de grano para la elaboración del casabe. El conjunto se instala sobre un depósito o tanque donde se sedimentará la lechada de yuca rallada que pase por la tela.

El colado o tamizado es la operación más lenta del proceso de extracción del almidón, es por tanto, la principal limitante del proceso (ver Fig. 25).



Figura N° 15: Tamizado Manual

El rendimiento del tamizado, depende de la variedad de yuca, del tipo de rallo empleado, del número de personas que intervienen en la operación y de la destreza de éstas.

A pesar de que el proceso industrial tiene un menor trabajo físico que en el proceso artesanal, no se presenta en una sola línea de producción, siendo difícil para la persona poder llevar a cabo un trabajo más productivo y eficiente.



Figura N° 16: Esquema industrial del proceso de tamizado de yuca manual

En el FII se ha trabajado en el desarrollo del proceso de la elaboración del casabe, actualmente trabajan en el perfeccionamiento del mismo, lo cual forma parte fundamental de esta tesis, en cuanto a la mejora del tamizado, para una sola línea de producción.

5.1.1.1.2 Proyecto general

El desarrollo de esta propuesta forma parte del proyecto “*Diseño y Puesta en Marcha de Mini Planta de Harina de Yuca Para Cooperativas y Pymes*” actualmente en ejecución en la Fundación Instituto de ingeniería.

La mini planta de harina de yuca consta de dos etapas principalmente:

I Etapa: Producción de Harina de Yuca Semi-Húmeda, para Casabe

- Lavado y pelado.
- Rallado.
- Prensado.
- **Tamizado.**

II Etapa: Producción de Harina de Yuca Seca, panificable

- Secado.
- Molienda.

Las siguientes figuras muestran el proceso de forma más específico:

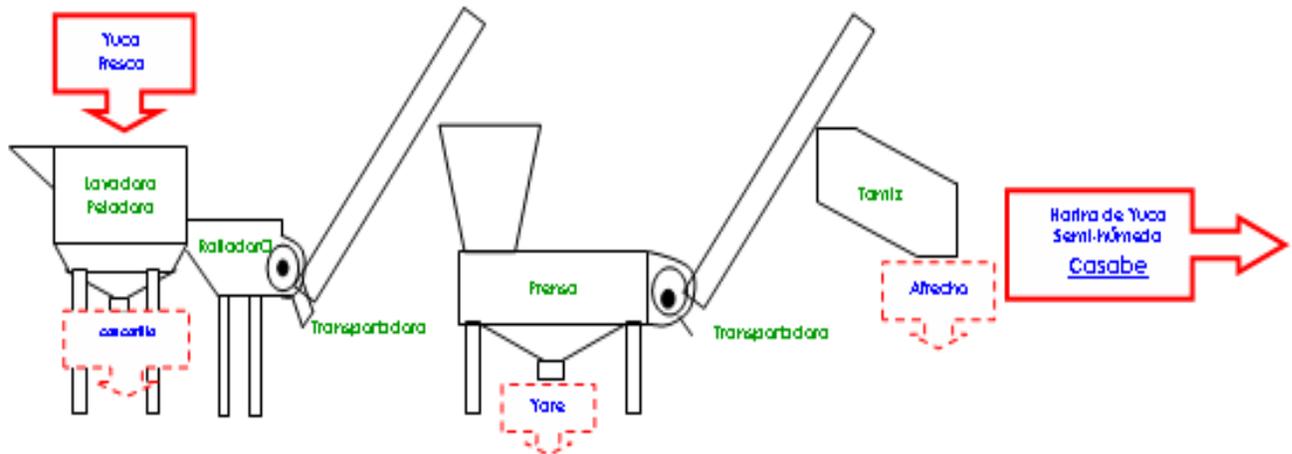


Figura N° 17: Primera etapa de producción de harina semi-húmeda

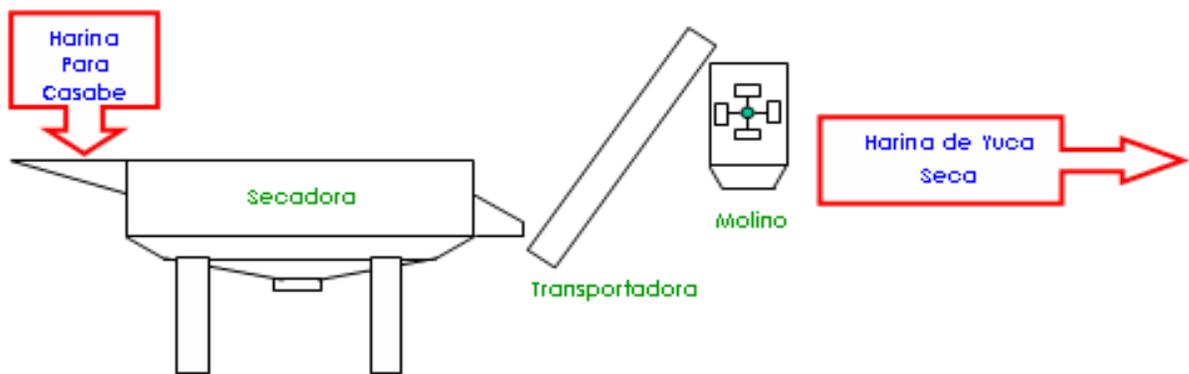


Figura N° 18: Segunda etapa de producción de yuca en harina seca

Por medio de estas figuras se puede apreciar la aplicación del diseño de la tamizadora de yuca donde llega la masa a través de una cinta transportadora, luego debe de tamizar (cernir) la harina hasta obtener una harina semi-húmeda (Casabe), de grano fino de aproximadamente 1.3 mm.

La harina de yuca semi-humeda tamizada, debe de salir hacia la segunda etapa, donde se secura y pulverizara hasta obtener harina de yuca seca y panificable.

5.1.1 .2 Ingeniería conceptual

Luego de la búsqueda de información y de observación del proceso de casabe, se lleva a cabo el proceso de ingeniería conceptual, donde se establece condiciones para el diseño, y se busca la solución del problema de forma corriente sin mucho detalle por la información recopilada.

De acuerdo con las condiciones establecidas en el diseño se tiene lo siguiente:

- Diseño de una tamizadora para una línea continúa de producción.
- Una capacidad de procesar 300 Kg/hr. de harina de yuca semi-humeda, lo cual equivale aproximadamente a 7 y 1/2 sacos de 45 kilos.
- Diseño visualmente atractivo.
- Diseño de fácil mantenimiento.
- El diseño debe tener una salida para el afrecho (sub-producto).
- Debe de tener una salida en la cual se obtendrá la harina de yuca semi-humeda con un tamaño de grano aproximado de 1.33 mm.
- Diseño para acoplar un motor vibrador de contacto marca VIBRAFRANCE de 350 W (motor adquirido previamente).

Por las condiciones requeridas para el diseño del tamiz se piensa aplicar un diseño alternativo a los convencionales, en que existe un operador para ayudar al tamizado, ya que esa máquina solo sirve para una producción discontinua, en vista de esta situación se busca establecer un tamiz de 3 niveles de cernidos por mallas tela metálicas, en las cuales se obtendrá el tamaño de harina de yuca

semi-humeda deseado como producto final y el transporte de masa a través del sistema, para así crear una línea de producción continua.

Se partió de un primer bosquejo tomado como referencia de un tamiz para lombrices (Ver Fig. 19), donde se plantea el tamizado por 4 pasos de forma continua:

Esta propuesta a pesar de ser óptima de forma parcial, fue descartada por:

- El tamaño del motor, que había sido adquirido previamente por la FII.
- El sistema no será de forma móvil.
- Las dimensiones del cernido para los tamices, ya que se requiere que el tamaño de grano final de la harina de yuca semi-humeda (producto final), sea mucho más pequeño y fino que el mostrado en la maquina.

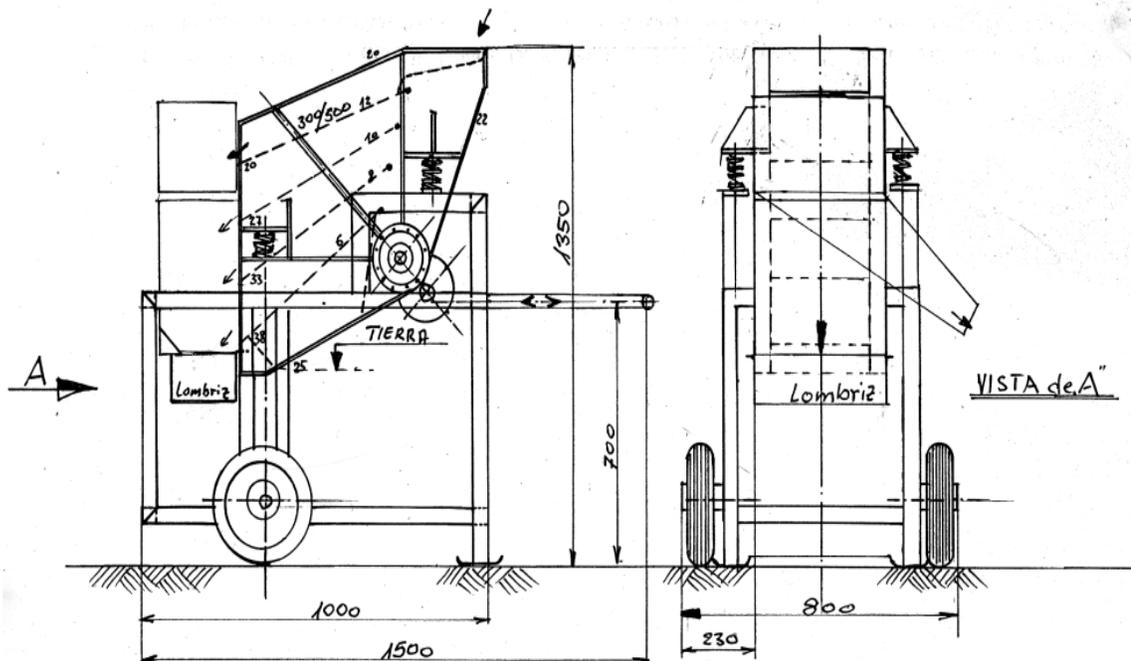


Figura N° 19: Modelo de Tamiz para lombrices

El prediseño al no ser descartado totalmente, se tomo como referencia para otro diseño manteniendo como base el sistema de tamizado por niveles a distintos ángulos de inclinación (Ver Fig. 20), el sistema de absorción de energía mediante 4 sistemas resortes (Ver Fig. 21), colocando una estructura fija y resistente, como soporte de todo el sistema de tamizado (Ver Fig. 22), y el resto de componentes internos.

El sistema de resortes se une tanto a la estructura como a la consola vibradora por medio de los puntos de colgar, permitiendo así la posibilidad de desarmar el sistema fácilmente, para realizar posteriores mantenimientos (Ver Fig. 23).

A pesar del beneficio de la potencia del motor vibrador de contacto en cuanto a su efecto de lograr el tamizado, presenta un problema en cuanto a sus dimensiones y la estabilidad del sistema, por lo que en la mejora del pre-diseño, se incluye un acople del motor al sistema de consola vibratoria para poder integrarlo a nuestro sistema y que la transmisión de potencia por medio de la rotación graduable en 2 posiciones o grados notables (45° y 90° respectivamente) de unos platos presentes en la consola vibratoria (Ver Fig.24), logrando que de forma directa, se pueda modificar el salto y avance de la harina sobre los tamices. En nuestro caso particular estudiaremos el caso mostrado con el motor vibrador de contacto orientado a 45° .

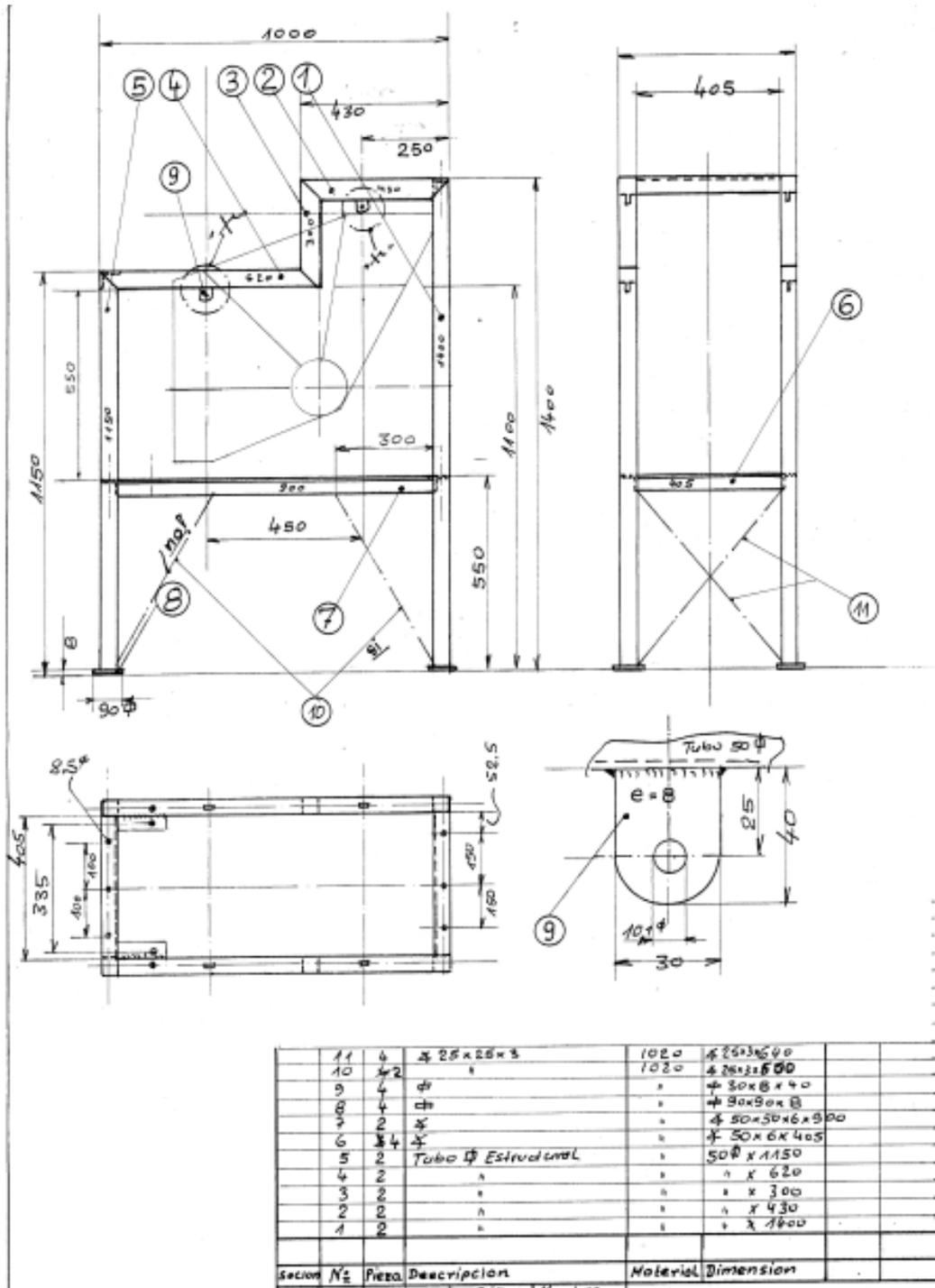
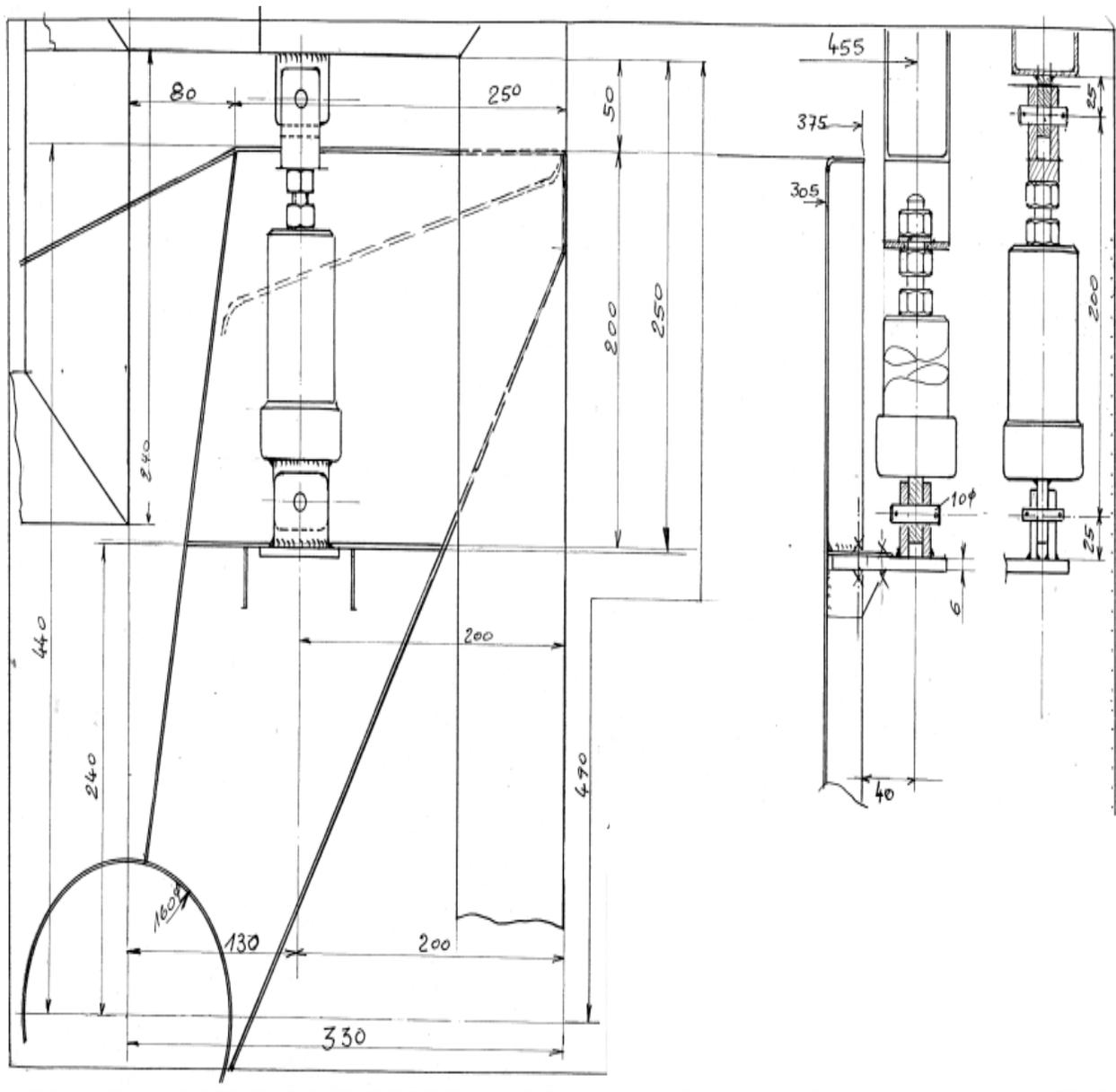


Figura N° 22: Estructura de soporte para tamizadora



**Figura N° 23: Puntos colgantes de sistemas resortes
entre la estructura y consola vibratoria**

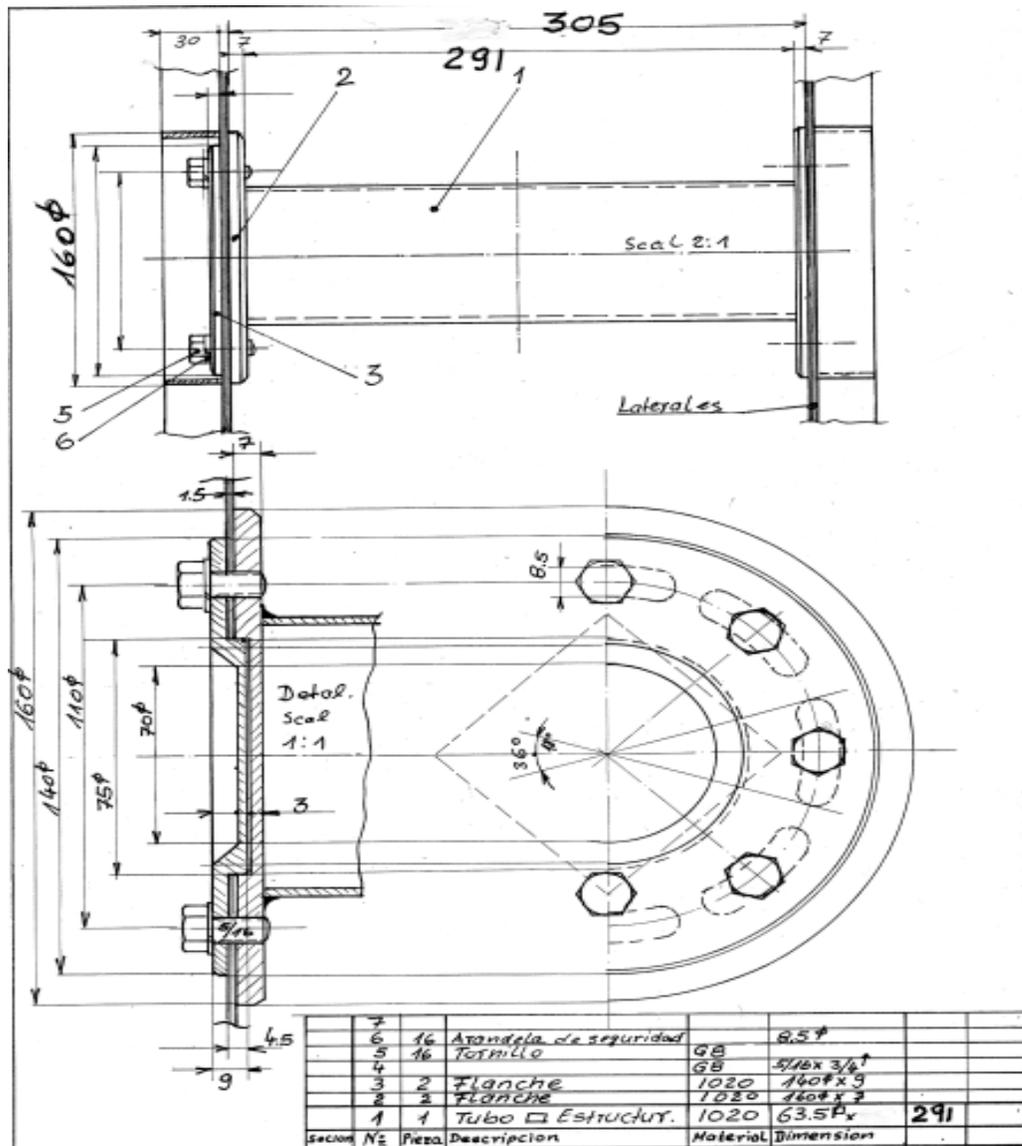


Figura N° 24: Soportes graduables para motor vibrador de contacto

La entrada de masa al tamiz viene de una cinta transportadora directa del proceso de prensado, en la parte superior de la consola vibratoria en donde va a desplazarse y pasar, a través de los tamices que tienen distintos ángulos de inclinación y tamaño de Mesh, a medida que se filtra por las telas metálicas disminuyen su tamaño de partícula hasta obtener el tamaño de grano requerido

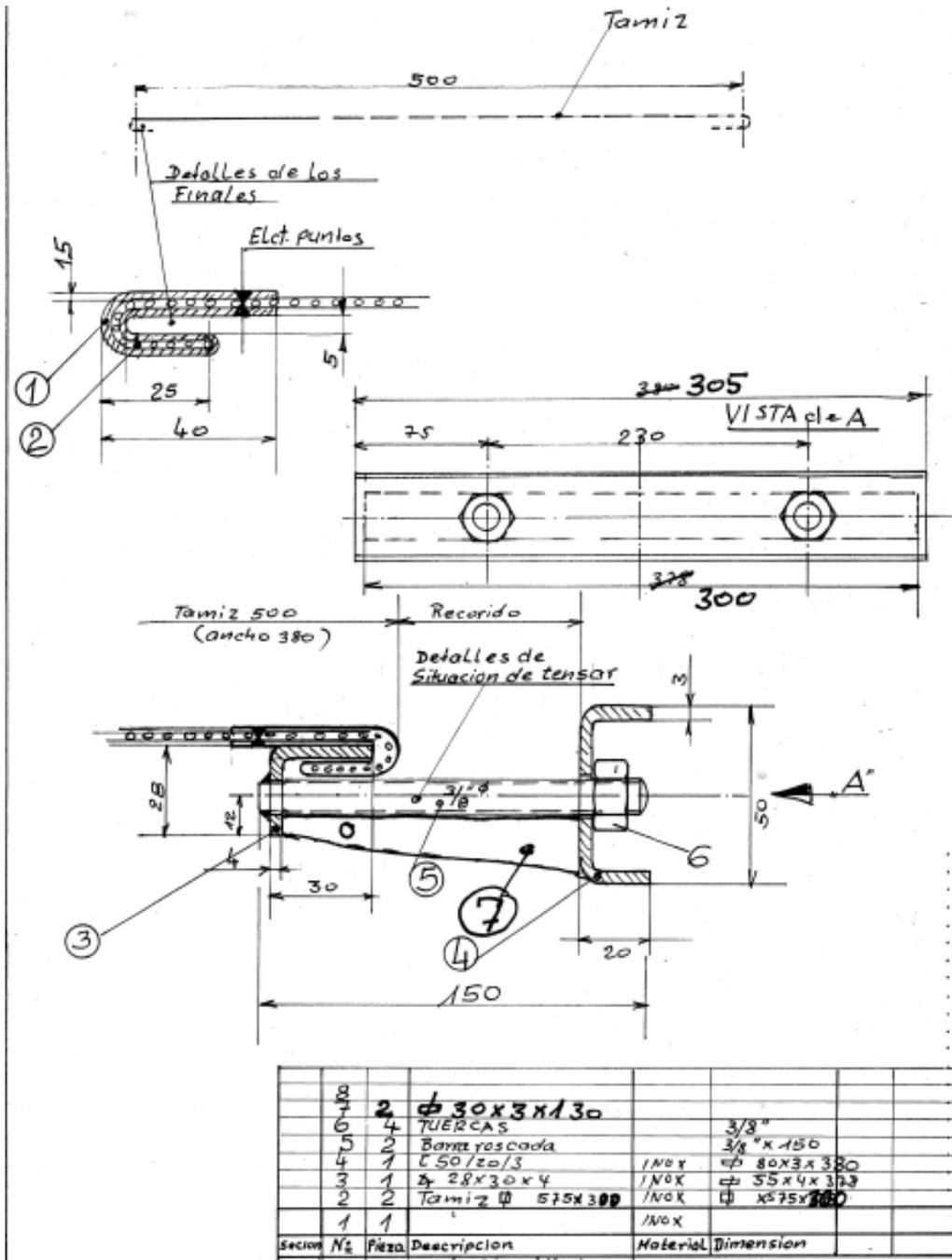


Figura N° 26: Tensores para tamices

La tolva en la cual se produce afrecho o harina gruesa (subproducto), como consecuencia de fibras o llegar al final de cada tamiz sin filtrarse (Ver Fig. 27),

5.1.2 Parámetros específicos

Son aquellos aspectos que se definirán con mayor profundidad en el diseño, este parámetro abarca la ingeniería de detalle, donde se justificara en la selección de piezas en la tamizadora como la estructura, los resortes, elementos roscados tanto internos como externos, gomas, materiales constructivos etc.

5.1.2.1 Ingeniería de detalle

Es la fase de implantación, contempla realizar una revisión de la ingeniería básica, a fin de adecuar y actualizar el proyecto a posibles nuevas exigencias, redimensionamientos y cambios en el entorno.

5.1.2.1 .1 Motor vibrador de contacto

El motor seleccionado es de 350 Watts de marca Vibrafrance, modelo EA1004, adquirido en el CIMEC-FII, por lo que el diseño fue realizado en base a la potencia del mismo siendo un diseño adaptable.

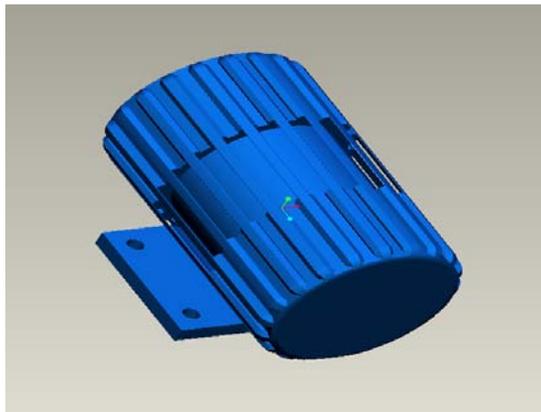


Figura N° 28: Motor vibrador de contacto en 3D

5.1.2.1.2 Estructura

La estructura está compuesta de tubos estructurales 10219-S275, de sección cuadrada de 50x50x2,5 mm y por ángulos Covenin 1036-86 de alas iguales de 25x25x3 y 50x50x6, todos ellos fabricados de Acero AISI 1020, los cuales fueron seleccionadas del catalogo de Materiales Los Andes en concordancia con la empresa fabricante venezolana Industrias UNICON C.A. La estructura mide de 1000 mm de largo, 1400 mm de altura y 505 mm de ancho. Todas las vigas, perfiles y ángulos de la estructura, serán unidas por medio de soldadura convencional.

Para el cálculo de la estructura se tomaron en cuenta las cargas del peso del motor, así como el peso del sistema de tamizado incluyendo sus componentes internos, tomando como base una carga máxima a soportar de 454 kgf en un ángulo de 45°. Los ángulos cruzados 25x25x3 que se colocan distribuidos entre los perfiles estructurales y ángulos de 50x50x6, tienen la finalidad no solo de darle rigidez a la estructura sino una gran estabilidad para contrarrestar las vibraciones generadas por nuestro sistema.

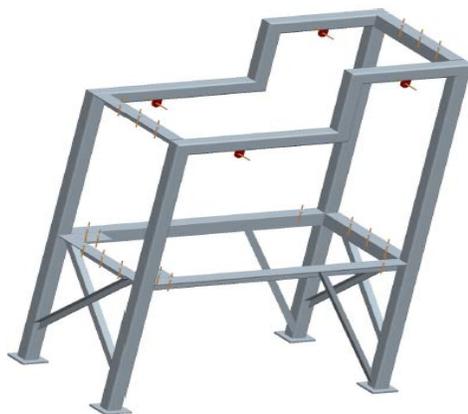


Figura N° 29: Estructura de la tamizadora

5.1.2.1.3 Sistema de Tamizado

5.1.2.1.3,1 Aproximación de un modelo para el comportamiento del sistema vibratorio para el tamiz.

Para la aproximación de un modelo, para el comportamiento del sistema vibratorio para lograr el tamiz, se utilizó un modelo aproximado de vibraciones armónicas con excitación forzada (Ver Fig. 30), simulando el comportamiento de la tamizadora de la siguiente manera:

$$\ddot{y} + \left(\frac{4k}{m}\right)y = f(t) \text{ Ecuación diferencial que rige el movimiento del sistema}$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{4k}{m}} \text{ Frecuencia natural del sistema}$$

Se tomó en cuenta 4 resortes y un generador de fuerzas (oscilaciones) que en nuestro caso fue el motor vibrador de contacto, con una fuerza máxima generada a $\theta = 45^\circ$ de ± 454 kgf, la cual nos dio las condiciones crítica y desfavorable para el estudio de todos nuestros elementos y conjuntos presentes en el diseño de la tamizadora.

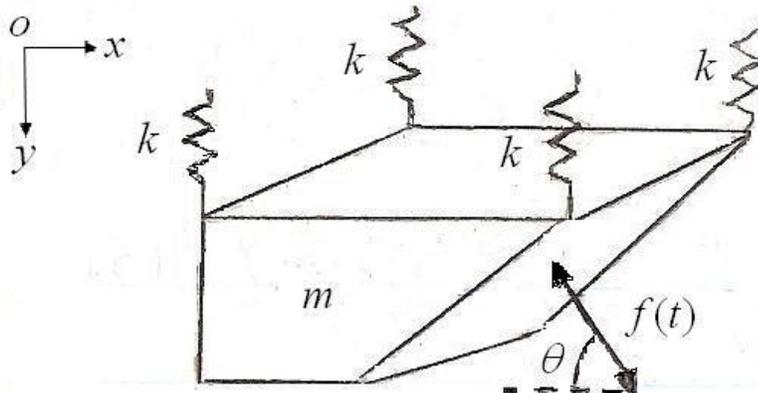


Figura N° 30: Modelo de vibraciones mecánicas planteado para el comportamiento del tamiz.

5.1.2.1.3.2 Entrada de masa al sistema

La entrada de masa al tamiz ocurre mediante una cinta transportadora que viene directa del proceso de prensado. Esta masa entrante al sistema cae en un placa receptora que tiene la particularidad expandir a lo ancho mientras se desplaza a lo largo por efecto de las vibraciones, logrando una distribución bastante pareja al entrar en contacto sobre toda el área del tamiz superior (Ver Fig. 31).

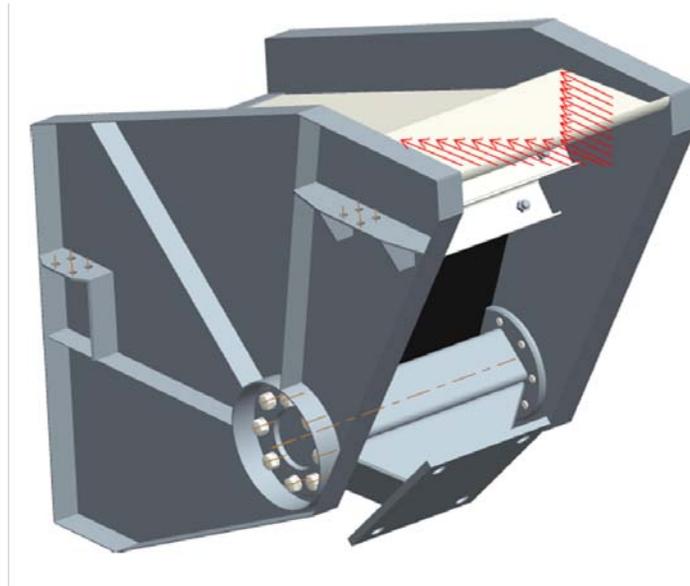
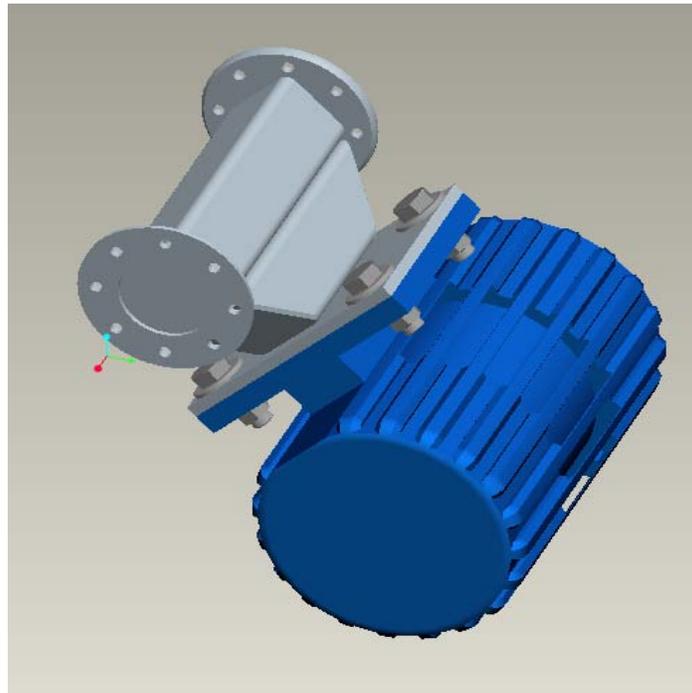


Figura N° 31: Distribución de masa de entrada en la consola vibratoria

5.1.2.1.3.3 Sistema de acople entre consola vibratoria y motor vibrador de contacto

El sistema de acople entre el motor vibrador de contacto y la consola vibratoria, se realiza mediante un tubo estructural, un tubo estructural de acople, 2 placas de cobertura para el tubo estructural de acople y una plancha de fijación los cuales estarán unidos mediante soldadura, para así con 4 tornillos M18 con sus

respectivas tuercas y arandelas, se logra la completa fijación entre la consola vibratoria y el motor vibrador de contacto. Se realizo el estudio de las uniones atornilladas entre consola vibratoria y el tubo estructural y entre la plancha de fijación y el motor vibrador de contacto, las cuales resultaron ser los puntos más críticos de nuestro sistema.



**Figura N° 32: Acople entre motor vibrador de contacto
y consola vibratoria.**

5.1.2.1.3.4 Platos de soporte graduable en la consola vibradora, para la vibración del motor vibrador de contacto

Un sistema formado por un plato interno y otro externo, insertados uno en el otro, que tienen de por medio una placa lateral y a su vez, unidos por el sistema de acople entre consola vibratoria y motor vibrador de contacto y fijadas por medio un anillo de 8 tornillos ubicados a 45° entre sí, a ambos lados de la consola vibradora, permite colocar el motor vibrador de contacto en dos

posiciones con respecto a la consola vibradora como son $\theta = 45^\circ$ y 90° , que en nuestro caso particular se estudiara solamente la posición mostrada en la figura para $\theta = 45^\circ$.

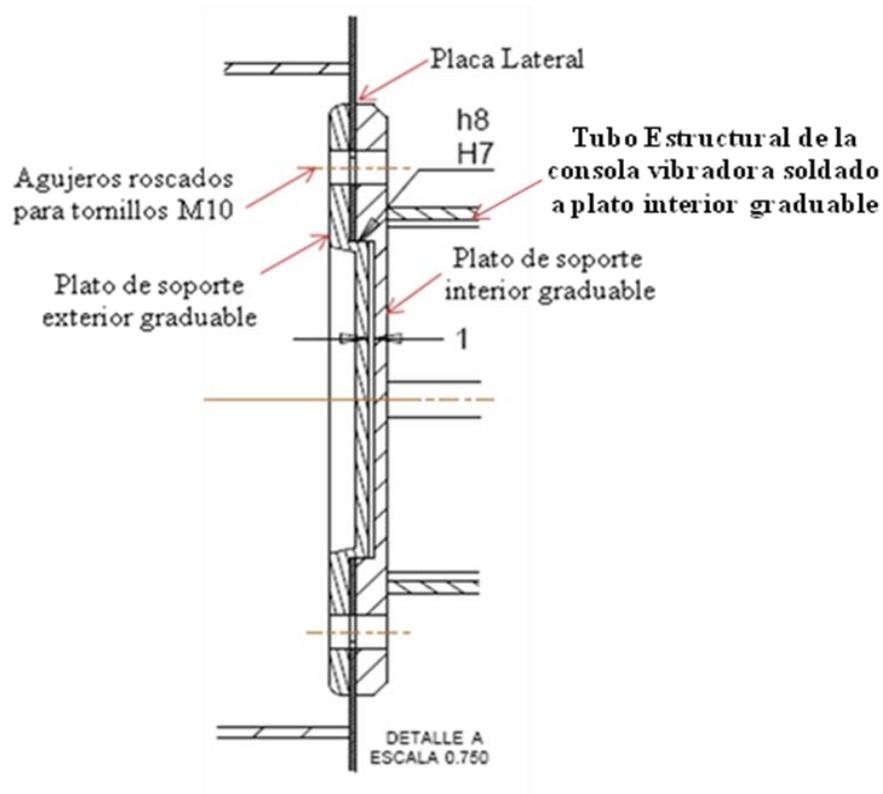


Figura N° 33: Vista en corte de ensamble de platos de soporte graduable en la consola vibradora

5.1.2.1.3.5 Sistema de tamices y tensores

Se eligieron un sistema de tamizados en 3 niveles de cernido, utilizando telas metálicas insertadas en sus bordes por unos refuerzos metálicos de acero inoxidable, para distintas luz de malla (Mesh) presentes en los catálogos de Aceros Elinox C.A. donde se seleccionaron los siguientes:

- ✓ Tela metálica mesh 3 (luz de malla: 7.95 mm)
- ✓ Tela metálica mesh 6 (luz de malla: 3.72 mm)
- ✓ Tela metálica mesh 14 (luz de malla: 1.33 mm)

Con las cuales se lograra el tamaño de grano final requerido menor o igual a 1,33 mm, para la harina de yuca semi-humeda.

Para realizar cada tensor, se eligió hacerlos con 2 tornillos de ajuste, que pasan a través de un ángulo y un tubo estructural cortado y estabilizado con dos nervios a cada lado. El tensado o ajuste se realiza por medio de 2 tuercas, las cuales fácilmente permiten aflojar y desmontar la tela metálica reforzada, para posteriores mantenimientos. (Ver Fig.34 y 35):



Figura N° 34: Ensamble tela metálica reforzada con tensor (sistema tamiz)

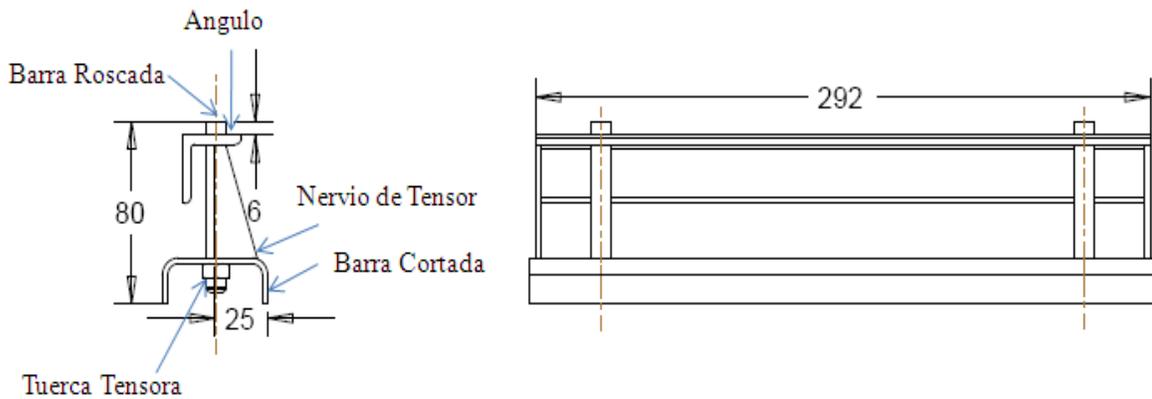


Figura N° 35: Esquema del tensor del tamiz

La separación y ángulos entre los sistemas tamices con sus tensores, respecto a la horizontal de la consola vibradora, se observan en la figura siguiente:

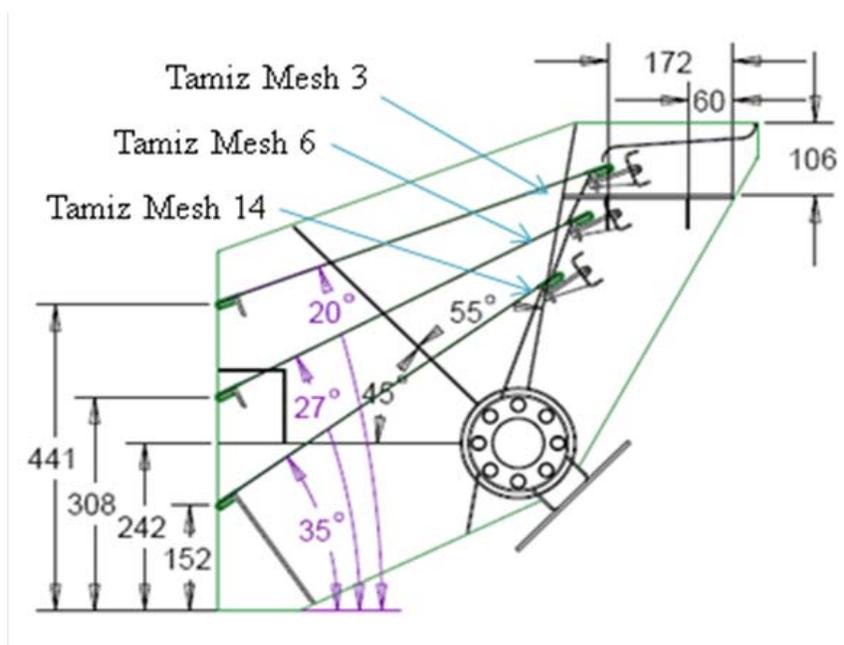


Figura N° 36: Montaje del sistema de tamices, tensores, nervios, soportes colgantes inferiores y superiores

Todos los elementos o ensambles usados en la fabricación del tamiz, que están en contacto de manera directa con alimentos, en nuestro caso con la masa de harina yuca, se fabricaran de acero inoxidable, por especificaciones del CIMEC-FII para el manejo de alimentos; las cuales indican la obligatoriedad en el uso de acero inoxidable, de todos los materiales que estarán en contacto con el alimento a procesar.

5.1.2.1.3.6 Tolva para afrecho (sub-producto) y salida de la harina semi-humeda (producto).

La tolva de salida se diseña con láminas de acero inoxidable para formar un dispositivo que permita canalizar la salida de afrecho (sub-producto), y se une a la consola vibradora por medio de unas gomas, para evitar que la harina se escape por los laterales, así como descansa sobre unos topes presentes en la estructura y se fijándose completamente por una unión atornillada de 3 tornillos M10 con sus respectivas tuercas, que pasa a través de un Angulo cortado, presente tanto en la parte trasera de la tolva como en la estructura.

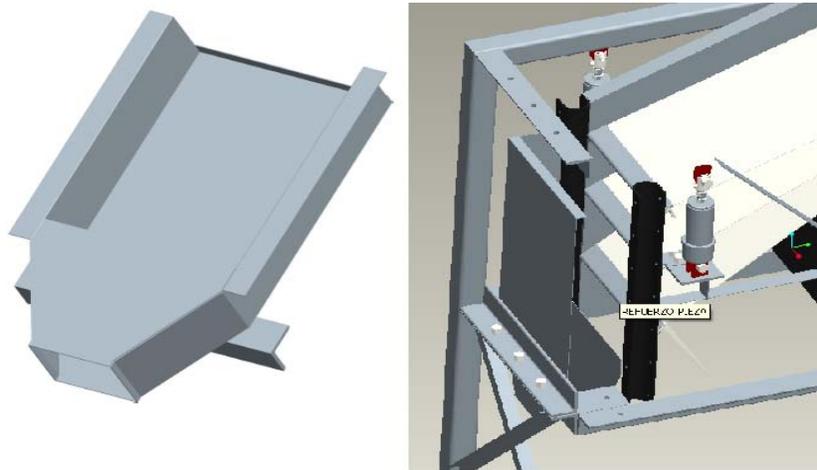


Figura N° 37: Tolva y corte de ensamble de tolva en tamizadora final

La tolva de salida de la harina de yuca semi-humeda se ubica en la parte más baja del proceso, a medida que la masa pasa a través de los tamices hasta pasar por el último tamiz, donde caerá de manera directa por gravedad en cualquier recipiente o cinta transportadora, para ser llevada a otro proceso de la línea de producción de harina de yuca (Ver Fig. 38).

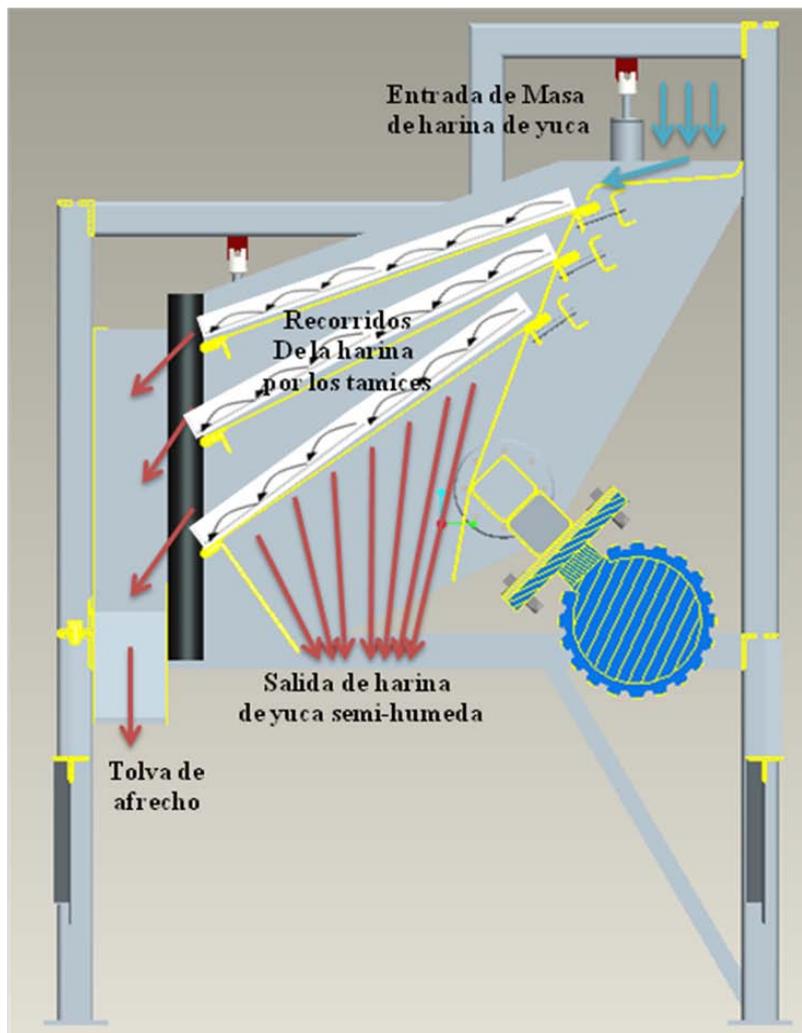


Figura N° 38: Vista con corte transversal del recorrido completo de masa de harina de yuca, sobre los tamices, la salida como harina de yuca semi-humeda y hacia la tolva de afrecho (sub-producto)

5.1.2.1.3.7 Otros elementos presentes en la consola vibratoria

Se colocó un aro por medio del cual se conectan nervios a las placas laterales en ambos lados del tamiz, centrados con respecto a los platos graduables, así como soportes colgantes inferiores tanto superiores que tangentes tanto a los nervios como a los laterales de las placas laterales los cuales nos proporcionan la unión posterior entre el sistema resorte y la consola vibratoria para la absorción de energía.

Cada soporte colgante tiene un arreglo para fijar con 4 tornillos M10 con sus respectivas tuercas, con respecto a los puntos colgantes tanto los superiores como los inferiores como se muestra en la figura siguiente:

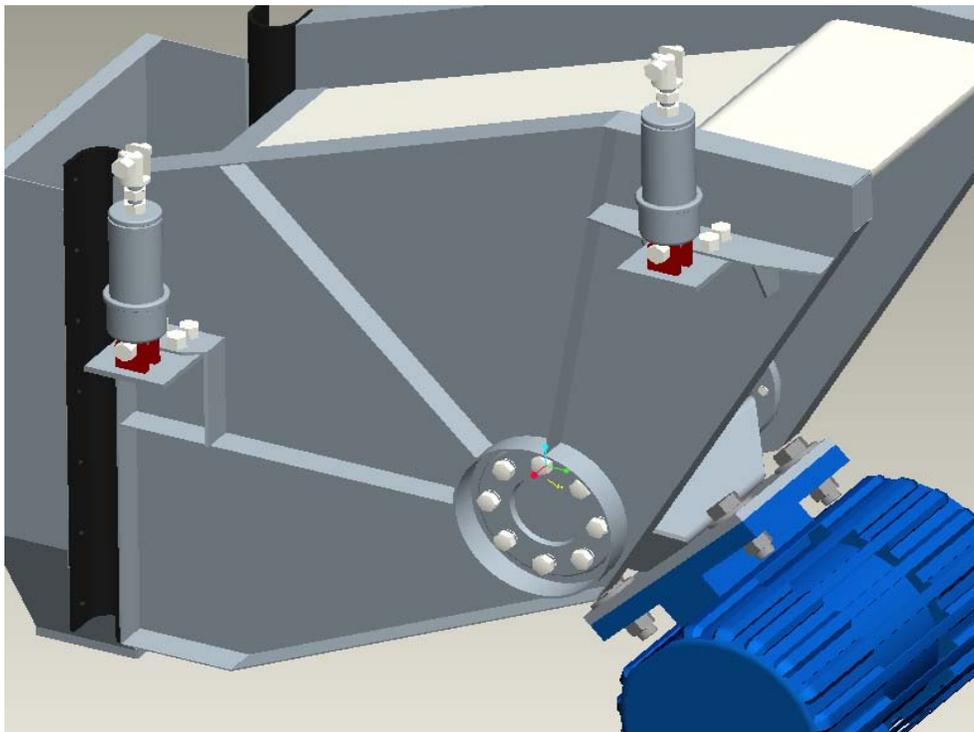


Figura N° 39: Esquema de placa izquierda de consola vibradora, con Aro y nervios alrededor, soportes colgantes inferior y superior

5.1.2.1.4 Sistema resorte y puntos colgantes

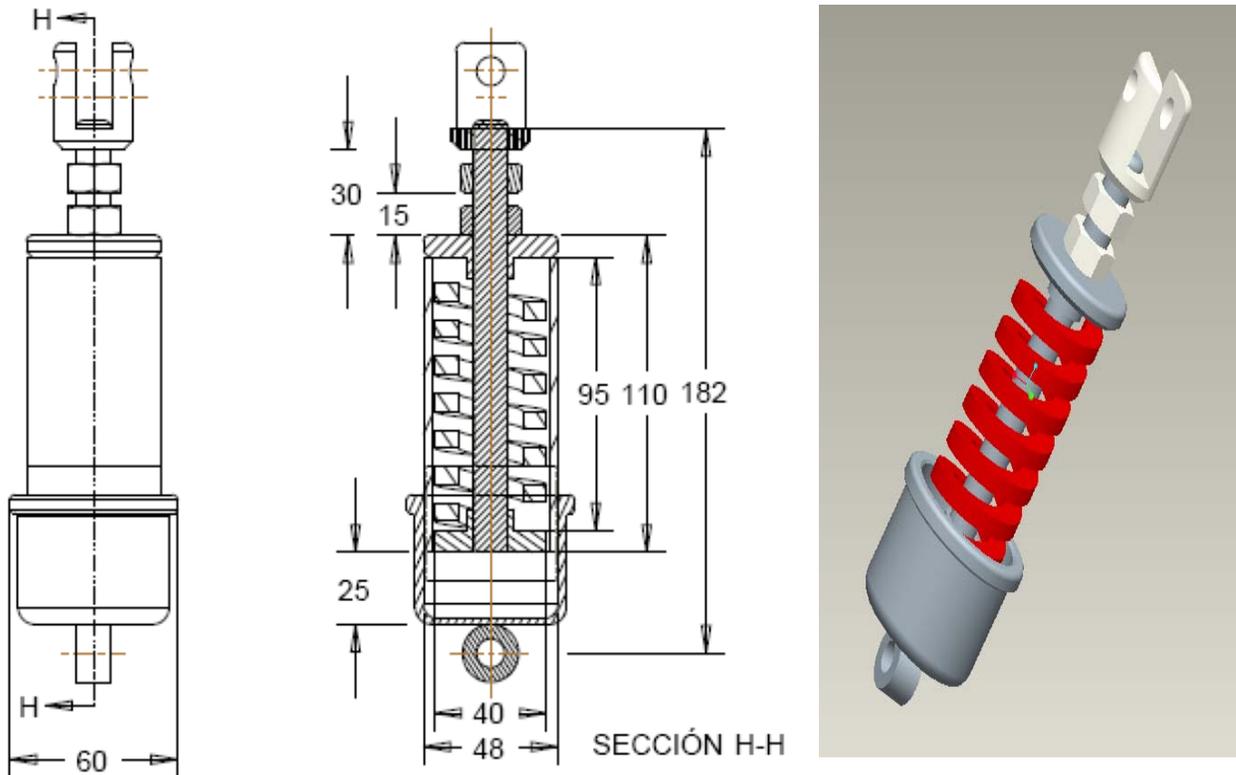


Figura N° 40: Esquema de vistas del Sistema Resorte

5.1.2.1.4.1 Selección de resortes que soporten la carga dinámica del sistema de tamizado.

Los resortes se selecciono por medio del tanteo verificando la condición de resonancia de velocidades para nuestro motor, igualando la de nuestro sistema de acuerdo a la formula de frecuencia natural del sistema del tamiz, obtenido por el modelo de vibraciones mecánicas aproximado a la tamizadora de harina de yuca, el cual nos dio los siguientes resultados:

$$\ddot{y} + \left(\frac{4k}{m}\right)y = f(t) = 0 \text{ Solución particular para nuestro sistema de tamiz}$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{4k}{m}} \text{ Frecuencia natural de velocidad para nuestro sistema de tamiz}$$

Aplicando un “análisis de propiedades de masa” en la consola vibratoria, sin incluir la tolva, gomas de fijación y estructura, por medio del software, conseguimos los siguientes valores finales:

Tabla N° 1: Análisis de Propiedades de masa del sistema consola vibratoria

Volumen [mm³]	18168000
Área de Superficie [mm²]	6612300
Densidad Media [kg/mm³]	0,00000414
Masa [kg]	75,22
Centro de Gravedad:	Consola Vibratoria
X [mm]	227,48
Y [mm]	745,33
Z [mm]	635,64

Del cual logramos saber el peso aproximado de nuestra consola vibrador la cual resultado de 75,22 kg con todos sus elementos, los cuales soportan el sistema resorte y considerando que continuamente queda cautiva una masa de harina yuca en el proceso de tamizado de 2.75 kg. Obtenemos la masa total de trabajo para nuestro sistema vibratorio la cual resulta en la suma de ambas masas y es aproximadamente 78 kg, con los cuales obtuvimos los siguientes resultados de funcionamiento:

$$\ddot{y} + \left(\frac{4k}{m}\right) \cdot y = 0$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{4k}{m}}$$

$$m = m_{\substack{\text{sistema} \\ \text{consola} \\ \text{vibratoria}}} + m_{\substack{\text{harina} \\ \text{cautiva} \\ \text{proceso}}}$$

$$m = 75,22 + 2,75$$

$$m \gg 78 \text{ kg}$$

Por el tipo de servicio y las condiciones de carga, se selecciono un resorte para cargas pesadas que obedezca a las dimensiones planteadas para nuestro sistema resorte, obtenidas del catalogo de resortes de carga pesada:

Tabla N° 2: Resultados de selección de Resorte

K resorte (lbf/in)	501	K resorte (N/mm)	87,74
L resorte (mm)	89	ω_n (rad/s)	67,07
f máx. motor (hz)	60	fn (hz)	33
rpm máxima motor	1200	rpm trabajo motor	660

Como rpm trabajo motor < rpm máxima motor y fn r < f máx. motor, entonces el régimen de trabajo es admisible y satisfactorio, además de ser seguro para el funcionamiento del sistema bajo las condiciones resultantes de carga según maquinas para producción de alimentos.

5.1.2.1.4.2 Diseño de los puntos colgantes como unión entre consola vibratoria y sistema resorte

Los puntos colgantes son los elementos que permiten unir la consola vibradora con respecto a los 4 sistemas resortes que a su vez, están conectados a la

estructura y así completar el tamiz para harina de yuca. Estos permiten que el sistema interno sea desmontable del externo para futuros mantenimientos (ver figura 41 y 42).

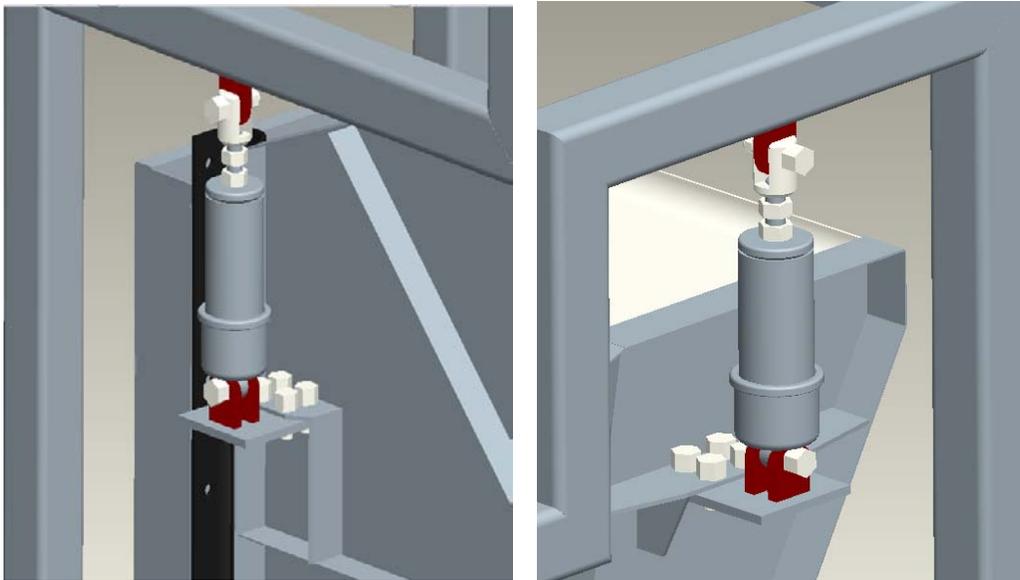


Figura N° 41: Esquema de ensamble de puntos colgantes inferior y superior

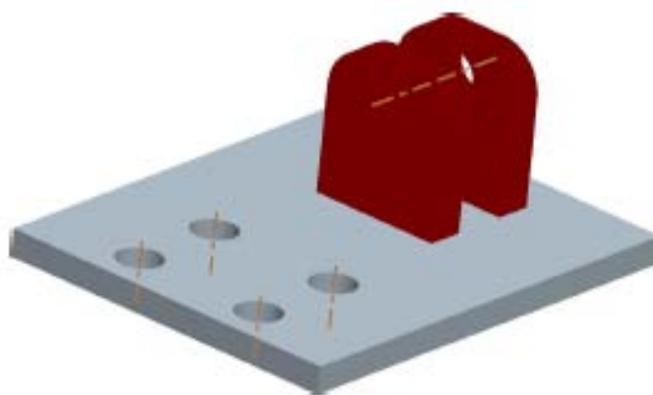


Figura N° 42: Puntos Colgantes

5.1.3 Consideraciones finales

Después de haber realizado todos los elementos y ensambles de subconjuntos, se procedió a realizar el ensamble final con la ayuda del software el cual permitió realizar todas las condiciones para que nuestro conjunto quede totalmente restringido y ensamblado, como se muestra en la figura siguiente:



Figura N° 43: Vista en 3D de tamizadora de harina de yuca final

Por último, después de realizar todo el ensamble final, se procedió a realizar con el software un “análisis de propiedades de masa” de nuestro conjunto final, el cual nos dio los siguientes resultados:

Tabla N° 3: Análisis de Propiedades de masa de Tamizadora Final

Volumen [mm³]	25500000
Área de Superficie [mm²]	10980000
Densidad Media [kg/mm³]	0,00000507
Masa [kg]	129,34
Centro de Gravedad:	Tamizadora Final
X [mm]	227,54
Y [mm]	728,06
Z [mm]	555,52

El resto de análisis de los elementos y subconjuntos se incluirán en los anexos, así como las explosiones y planos tanto de conjunto como de detalle de cada elemento que componen el diseño final de la tamizadora de harina de yuca.

CONCLUSIONES

- Se estudiaron varias máquinas de tamizado de yuca en Venezuela, y no se obtuvo ningún resultado en cuanto a una máquina de intervención en un proceso continuo.
- Se dotó a la empresa de un diseño de detalles el cual complementa un proyecto para el desarrollo endógeno, económico y social del país, además que aporta un diseño innovador integrando las condiciones planteadas inicialmente en el proyecto, para la ayuda de los PYMES.
- Este diseño forma parte de un proceso para obtener harina de yuca en 2 líneas de producción, de múltiples etapas completamente dependientes una de la otra, por lo tanto su costo disminuye y la eficiencia aumenta al funcionar a plena capacidad (de forma continua).
- Al haber seleccionado materiales convencionales, elementos constructivos y de fijación, así como haber realizado un completo normalizado de las dimensiones, su posterior construcción y mantenimiento, será mucho más sencilla para los operadores y técnicos especializados en el área de desarrollo y construcción, tanto del CIMEC-FII como de los PYMES.
- El beneficio de haber elaborado una secuencia de planos así como generar los archivos CAD/CAM, permite hacer modificaciones en el diseño para realizar prototipos de mayor o menor dimensiones y capacidad así como mejorar el diseño de cada elemento o conjunto realizado.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la construcción de la máquina, no solo por el aporte tecnológico al país, sino también como una ayuda para disminuir la ardua labor física de muchas personas que laboran, en el procesamiento de la harina de yuca y el casabe.
- Cuando se realice el diseño de piezas particulares cuyo funcionamiento es crítico, es importante utilizar un software que permita el análisis completo de esfuerzos de estas, para así diseñarlas con mayor precisión y seguridad.
- Realizar una simulación avanzada del régimen de trabajo de esta la tamizadora final, debido a su compleja concepción y funcionamiento en tiempo real.
- Sustituir todos los tornillos, tuercas y arandelas al realizar cada mantenimiento.
- Disminuir la clase y material de los tornillos seleccionados, tanto para lograr un modelo más óptimo como para disminuir costos.
- Seleccionar tubos estructurales y ángulos de la estructura de menor sección transversal, para lograr un diseño más óptimo, menor costo en los materiales y un menor peso en la tamizadora final.
- Colocar en cada una de las patas que soportan la tamizadora, pletinas de goma para evitar el roce excesivo así como el desplazamiento de la maquina con respecto al piso.

BIBLIOGRAFÍA

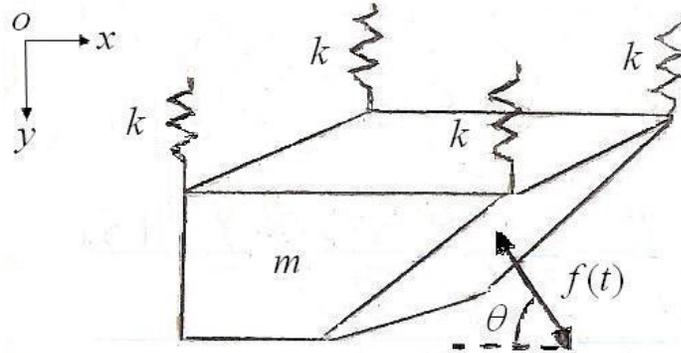
- Arias, F. (2004). *El Proyecto de Investigación: Introducción a la Metodología Científica* (4^{ta} Edición). Editorial Episteme. Caracas
- Ballester B., M. (2007). *Normas APA-UPEL*. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Caracas
- Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería Mecánica. Consejo de Escuela (2008). *Instructivo para elaborar el anteproyecto de trabajo especial de grado*. Ciudad Universitaria de Caracas.
- Mikaty Morella, Padrón María A., Figuera Leudith (2005). *Instructivo para la presentación de tesis de pregrado, postgrado, doctorado y trabajos de ascenso*. Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Caracas
- Bermúdez Elysaud, Quintero Mauricio (2003) “*Diseño de una maquina empacadora de harina y almidón*”, Trabajo Especial de Grado, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Mota S., Miguel E., González P., Jean (2004) “*Diseño de una Máquina Ralladora y Exprimidora de Yuca para la Elaboración de Casabe*”, Trabajo Especial de Grado, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Shigley, J. y Mischke, (2005). *Diseño en Ingeniería Mecánica* (6ta. Edición). Editorial McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V. México.
- Mott, R. (2006). *Diseño de Elementos de Maquinas* (4ta. Edición), Editorial Pearson Educación. México.
- Procesamiento de elementos en la agricultura html.
Disponible en: <http://www.clayuca.org/procesamiento.htm>
Consulta: (2009, Enero 5).

- Marco teórico de vibraciones mecanicas.pdf.
Disponible <http://materias.fi.uba.ar>
Consulta: (2009, Febrero 15).
- Vibraciones-mecanicas.html.
Disponible en <http://html.rincondelvago.com/>,
Consulta: (2009, Febrero 20).
- Catálogos de ventas para materiales de construcción en Venezuela html.
Disponible en www.materialeslosandes.com,
Consulta: (2009 Febrero 15).
- Apuntes/ingenieria_mecanica/vibraciones mecánicas html.
Disponible en <http://www.elprisma.com/>,
Consulta: (2009, Febrero 16).
- Elementos, piezas y conjuntos estandarizados html.
Disponible en <http://www.tracepartsonline.net/>,
Consulta: (2009, Febrero 15).
- Paginas/catalogos.html.
Disponible en <http://www.matriceros.com.ar/>,
Consulta: (2009, Febrero 22).
- Reportaje/vida-comunitaria.html.
Disponible en <http://www.easyviajar.com/pais/venezuela/>,
Consulta: (2009, Marzo 16).
- Almidon_agrio_yuca1.pdf.
Disponible en <http://www.ciat.cgiar.org/agroempresas/pdf/>,
Consulta: (2009, Marzo 24).

ANEXOS A:

APENDICES

Modelo para el comportamiento del sistema vibratorio para el tamiz.



Variables:

k = constante elástica del resorte

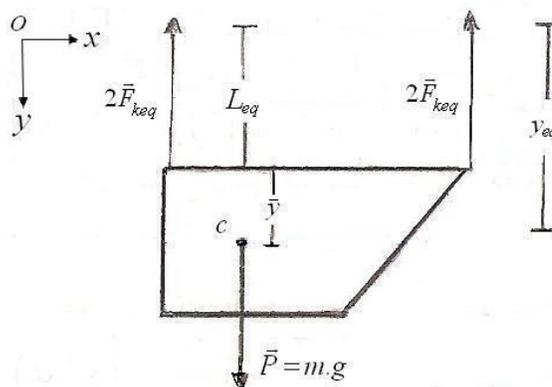
m = masa de la consola vibratoria

$f(t)$ = fuerza máxima generada

θ = ángulo de graduación del vibrador de contacto

Consideraciones:

- ✓ Modelo de vibraciones mecánicas forzadas con excitación armónica.
- ✓ Movimiento no amortiguado.
- ✓ $\sum F_x = 0$.
- Análisis en la P.E.E. (Posición de equilibrio estático):



Variables:

" L_{eq} " = Longitud natural de equilibrio de la consola vibratoria

" \bar{y} " = centro de masa de la consola vibratoria

" y_{eq} " = Longitud total de equilibrio del sistema

" F_{keq} " = Fuerza generada en el resorte en la posición de equilibrio estático del sistema

" P " = Peso de la consola vibratoria

Haciendo sumatoria de fuerzas en la P.E.E:

$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0 \\ \sum F_y &= 0; P - 4F_{keq} = 0 \end{aligned} \quad (1)$$

Sabiendo que:

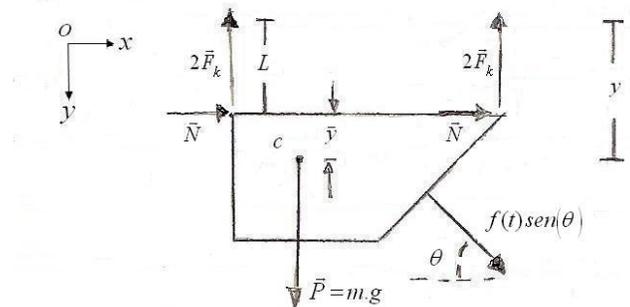
$$L_{eq} = y_{eq} - \bar{y} \quad (2)$$

$$F_{keq} = k(L_{eq} - \delta) \quad (3)$$

Sustituyendo (2) en (3) y (3) en (1), nos queda:

$$P - 4k(y_{eq} - \bar{y} - \delta) = 0 \quad (4)$$

- En el movimiento (para pequeñas oscilaciones):



Variables:

" L " = Longitud natural en el movimiento de la consola vibratoria

" y " = Longitud Total de equilibrio del sistema

" F_k " = Fuerza generada en el resorte en el movimiento del sistema

" N " = Fuerza normal generada en el movimiento

Haciendo sumatoria de fuerzas:

$$\begin{aligned}\sum F_x &= 0 \\ \sum F_y &= m \ddot{y}; P - 4F_k + f(t) \text{sen}(\theta) = m \ddot{y}\end{aligned}\quad (5)$$

Sabiendo que:

$$L = y - \bar{y} \quad (6)$$

$$F_k = k(L - \delta) \quad (7)$$

Sustituyendo (6) en (7) y (7) en (5):

$$P - 4k(y - \bar{y} - \delta) + f(t) \text{sen}(\theta) = m \ddot{y} \quad (8)$$

Haciendo un sistema de ecuaciones con (8) y (5):

$$\begin{cases} P - 4k(y - \bar{y} - \delta) + f(t) \text{sen}(\theta) = m \ddot{y} & (9.a) \\ P - 4k.(y_{eq} - \bar{y} - \delta) = 0 & (9.b) \end{cases}$$

Despejando 9.b):

$$4k y_{eq} = P - 4k.(\bar{y} - \delta) \quad (10)$$

Sustituyendo (10) en (9.a):

$$-4ky + 4ky_{eq} + f(t)\text{sen}(\theta) = m \ddot{y} \quad (11)$$

Sacando factor común $-4k$ nos queda:

$$-4k(y - y_{eq}) + f(t)\text{sen}(\theta) = m \ddot{y} \quad (12)$$

Para simplificar (12), hacemos el cambio:

$$z = y - y_{eq} \quad (13)$$

Sustituyendo (13) en (12) nos queda:

$$-4kz + f(t)\text{sen}(\theta) = m \ddot{z} \quad (14)$$

Despejando $f(t)\text{sen}(\theta)$ en (14) y dividiendo entre m toda la ecuación, nos queda;

$$\ddot{z} + \frac{4k}{m}z = \frac{f(t)\text{sen}(\theta)}{m} \quad (15)$$

la ecuación diferencial (15), es la que rige el movimiento de nuestro sistema, si hacemos $f(t)\text{sen}(\theta) = 0$ nos queda como resultado la solución homogénea de nuestro sistema:

$$\ddot{z} + \left(\frac{4k}{m}\right)z = 0 \quad (16)$$

y la frecuencia natural de oscilación del sistema:

$$\omega_n = \sqrt{\frac{4k}{m}} \quad (17)$$

Selección de resortes que soporten la carga dinámica del sistema de tamizado.

Por las dimensiones internas del sistema resorte, tipo de servicio y las condiciones de carga se selecciono un resorte de cargas media-pesada N° 9-2414-21, presente en el catalogo de Raymond Pettibon, el cual tiene las siguientes dimensiones y características:

$k_{resorte} = 501 \text{ lb/in } \text{ó} \text{ } 87748,15 \text{ N/m}$
$D_{ext} = 1\frac{1}{2} \text{ pulg.}$
$D_{int} = 3/4 \text{ pulg.}$
$l_{resorte} = 3\frac{1}{2} \text{ pulg.}$
Sección: Rectangular
Color: Rojo

Se estimo que:

$$m = m_{\substack{\text{sistema} \\ \text{consola} \\ \text{vibratoria}}} + m_{\substack{\text{harina} \\ \text{cautiva} \\ \text{proceso}}} \quad (18)$$

Donde la masa del sistema de consola vibratoria se obtuvo del “análisis de propiedades de masa” la cual dio como resultado 75,22 kg, y la masa de harina cautiva se estimo en 2 kg para el proceso con un flujo másico de 300 kg/h, lo cual nos da como resultado:

$$\begin{aligned} m &= 75,22 + 2,75 \\ m &\cong 78 \text{ kg} \end{aligned} \quad (19)$$

Sustituyendo m y k en la ecuación de frecuencia natural de oscilación de nuestro sistema, nos da como resultado:

$$\omega_n = \sqrt{\frac{4k}{m}} = \sqrt{\frac{4.87748,15}{78}}$$
$$\omega_n = 67,079 \text{ rad / s} \quad (20)$$

Con el valor de velocidad angular ya obtenido, se procede a buscar el valor de frecuencia simple, a la cual van a oscilar todos los elementos de la consola vibratoria:

$$f_n = 3\omega_n/2\pi = 3*67,079/2\pi$$
$$f_n \cong 33 \text{ hz} \quad (21)$$

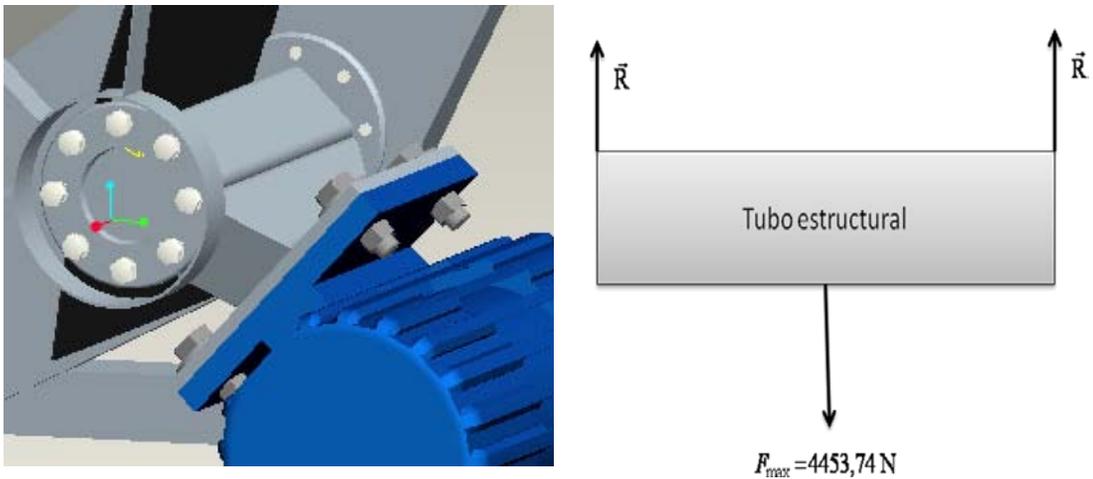
$$rpm_{\text{trabajo motor}} = \frac{60 * f_n}{3} = \frac{60 * 33}{3}$$
$$rpm_{\text{trabajo motor}} = 660 \text{ rev / min} \quad (22)$$

Como $rpm_{\text{trabajo motor}} < rpm_{\text{maxima motor}} = 1200 \text{ rpm}$ (obtenidos de los datos de placa del catalogo del motor), entonces el funcionamiento del resorte es admisible para soportar carga al sistema de consola vibratoria y el motor trabaja bajo una condición segura según maquinas para producción de alimentos.

Calculo de Uniones Atornilladas

- **Para los tornillos M10:**

Para un arreglo de tornillos 8 tornillos de $\phi_{\text{tornillo}} = 10 \text{ mm } \text{ ó } 0,010 \text{ m}$, a cada lado de la tamizadora, sabiendo que el motor genera una fuerza máxima oscilante $F_{\text{max}} = 454 \text{ kgf } \text{ ó } 4453,74 \text{ N}$, se obtiene la reacción a soportar a cada lado por cada arreglo de tornillos:



Haciendo sumatoria de fuerzas:

$$\begin{aligned} \sum F_y = 0; \quad 2R - F_{\text{max}} &= 0 \\ R &= \frac{F_{\text{max}}}{2} = \frac{4453,74}{2} \end{aligned} \quad (23)$$

$R = 2226,87 \text{ N}$

Aplicando los Criterio de falla para cargas dinámicas, se comprueba si la unión atornillada soporta la carga aplicada:

$$\text{Soderberg:} \quad \frac{1}{\eta} = \frac{\sigma_a}{S_{se}} + \frac{\sigma_m}{S_{sy}} \quad (24)$$

$$\text{Goodman:} \quad \frac{1}{\eta} = \frac{\sigma_a}{S_{se}} + \frac{\sigma_m}{S_{sut}} \quad (25)$$

Tomando como clase y material del tornillo:

Clase y Material del Tornillo:		ISO 9.8 de Acero al medio Carbono T y R			
Sy(MPa)	720	Ssy (MPa)	360	* Resistencia a la fluencia corregida para esfuerzo cortante puro	
Sut (MPa)	900	Ssut (MPa)	675	* Resistencia a la tensión corregida para esfuerzo cortante puro	
Se (MPa)	140	Sse(MPa)	70	* Resistencia a la fatiga corregida para esfuerzo cortante puro	

Considerando que los tornillos absorberán 30% de la carga y el otro 70% lo absorben los demás elementos de la unión atornillada:

$$C = 0,30 \quad (26)$$

Con estas consideraciones se procede a buscar el área y la carga que absorbe cada tornillo:

$$A_{\text{tornillo}} = \frac{\pi \phi_{\text{tornillo}}^2}{4} \quad (27)$$

$$A_{\text{tornillo}} = \frac{\pi (0,010)^2}{4}$$

$$A_{\text{tornillo}} = 7,854 \times 10^{-5} m$$

$$P_{\text{cada tornillo}} = \frac{C.R}{n_{\text{tornillos}}} \quad (28)$$

$$P_{\text{cada tornillo}} = \frac{0,30 * 2226,87}{8}$$

$$P_{\text{cada tornillo}} = 83,507 N$$

Se calcula la precarga del tornillo para conexiones no reutilizables, donde la presión de aplastamiento es $S_p = 600 \text{ psi } \text{ ó } 4136854,2 \text{ Pa}$, nos queda:

$$F_i = 0.90 \cdot A_{\text{tornillo}} \cdot S_p \quad (29)$$

$$F_i = 0.90 * 7,854 \times 10^{-5} * 4136854,2$$

$$F_i = 292,417 N$$

Con el valor de la precarga del tornillo, se obtienen los valores del esfuerzo alternante y el esfuerzo medio:

$$\sigma_m = \frac{F_i}{2A_{\text{tornillo}}} + \frac{P_{\text{cada tornillo}}}{2A_{\text{tornillo}}} \quad (30)$$

$$\sigma_m = \frac{292,417}{2 * 7,854 \times 10^{-5}} + \frac{83,507}{2 * 7,854 \times 10^{-5}} = 1861583,906 + 531620,830$$

$$\sigma_m = 2393204,736 Pa$$

$$\sigma_a = \frac{F_i}{2A_{\text{tornillo}}} - \frac{P_{\text{cada tornillo}}}{2A_{\text{tornillo}}}$$

$$\sigma_a = \frac{292,417}{2 * 7,854 \times 10^{-5}} - \frac{83,507}{2 * 7,854 \times 10^{-5}} = 1861583,906 - 531620,830 \quad (31)$$

$$\sigma_a = 1329963,076 Pa$$

Entonces se encuentra el factor de seguridad según cada criterio:

Soderberg;	$\eta = 39$
Goodman:	$\eta = 44$

Por lo tanto los tornillos de la unión, **No Fallaran.**

- **Para los tornillos M18:**

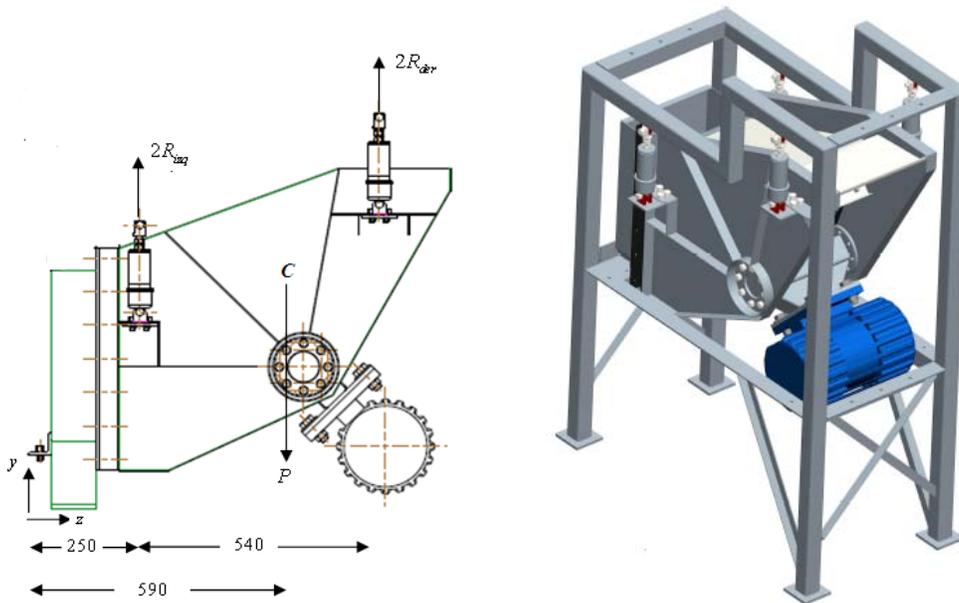
Aplicando el mismo análisis aritmético de diseño mecánico y tomando en cuenta un arreglo de 4 tornillos y tornillos de clase **ISO 8.8 de Acero al medio Carbono T y R**, se encontró el factor de seguridad según cada criterio:

Soderberg:	$\eta = 38$
Goodman:	$\eta = 44$

Por lo tanto los tornillos de la unión, **No Fallaran.**

Calculo Estructurales

- **Conjunto Completo**



Haciendo un análisis de propiedades de masa de la tamizadora sin estructura, se consigue la masa de la consola vibratoria:

Volumen [mm³]	19420000
Área de Superficie [mm²]	7210000
Densidad Media [kg/mm³]	0,0000042
Masa [kg]	81,69
Centro de Gravedad:	Tamizadora sin Estructura
X [mm]	227,48
Y [mm]	738,42
Z [mm]	589,77

Volumen [mm³]	1787000
Área de Superficie [mm²]	1370000
Densidad Media [kg/mm³]	0,00000782
Masa [kg]	14
Centro de Gravedad:	Superficie Frontal de Estructura
X [mm]	0
Y [mm]	765,64
Z [mm]	510,72

$$\sum M_{R_{y1}} = 0; -R_{izq} \cdot (250) - m_4 \cdot g \cdot (310) - m_3 \cdot g \cdot (595) - m_2 \cdot g \cdot (785) - R_{der} \cdot (790) + R_{y2} \cdot (1000) = 0$$

$$R_{y2} = 285,2 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0; R_{y1} - R_{izq} - R_{der} - m_4 \cdot g - m_3 \cdot g - m_2 \cdot g + R_{y2} = 0$$

$$R_{y1} = 156,7 \text{ N}$$

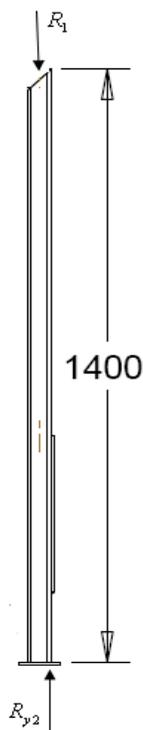
Para la barra (1):

Se aplica un estudio de pandeo en columnas:

$$\sum F_y = 0; R_{y2} - R_1 = 0$$

$$R_1 = 285,2 \text{ N}$$

Asumiendo el comportamiento de la viga como empotrada, con carga en extremo libre (k=2) y con los datos del tubo estructural seleccionado, se calcula la carga crítica de pandeo:



E= 200 GPa

I=16,61 cm ⁴

Sy= 275 MPa

$$P_{critica} = \frac{\pi^2 E I}{k^2 L^2}$$

$$P_{critica} = \frac{\pi^2 200 * (10^9) * 16,61 * (10^{-2})^4}{(2)^2 * (1,40)^2} \quad (34)$$

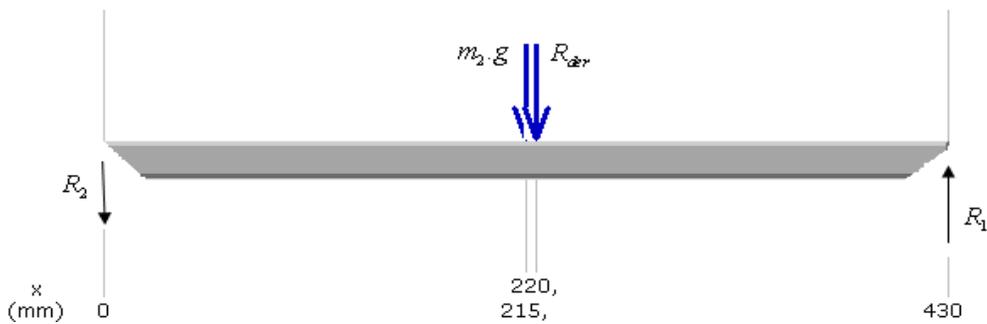
$$P_{critica} = 41819,9 N$$

$$\therefore R_1 < P_{critica}$$

La viga (1) soporta la carga, sin llegar sin pandear críticamente.

- **Para la barra (2):**

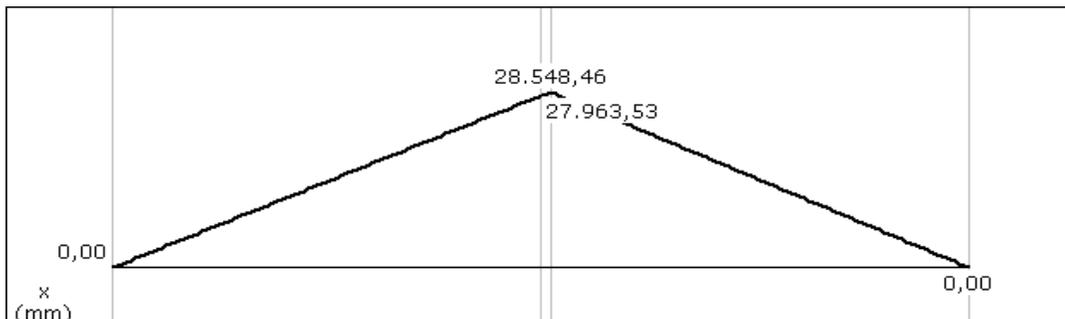
Se aplica un estudio de flexión en vigas:



$$\sum F_y = 0; \quad R_1 + R_2 - m_2 \cdot g - R_{der} = 0$$

$$R_2 = -19,21 N$$

Se calcula el diagrama de momento de la viga:



Del cual se obtiene un momento máximo de $M= 28,548 \text{ N}\cdot\text{m}$, y con los datos del catalogo del tubo estructural se calcula el esfuerzo por flexión presente:

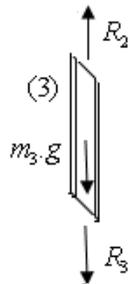
$$\tau = \frac{M \cdot c}{I}$$
$$\tau = \frac{28,548 * \left(\frac{0,050}{2}\right)}{16,61 * (10^{-2})^4} \quad (35)$$
$$\tau = 4,29 \text{ MPa}$$

Utilizando la teoría de esfuerzo de corte máximo tenemos:

$$\frac{\tau_{\max}}{2} = \frac{S_y}{2}$$
$$\frac{\tau_{\max}}{2} = \frac{275}{2} \quad (36)$$
$$\frac{\tau_{\max}}{2} = 137,50 \text{ MPa}$$

Como $\frac{\tau}{2} < \frac{\tau_{\max}}{2}$, entonces la viga (2) **No Fallara.**

- **Para la Barra (3):**

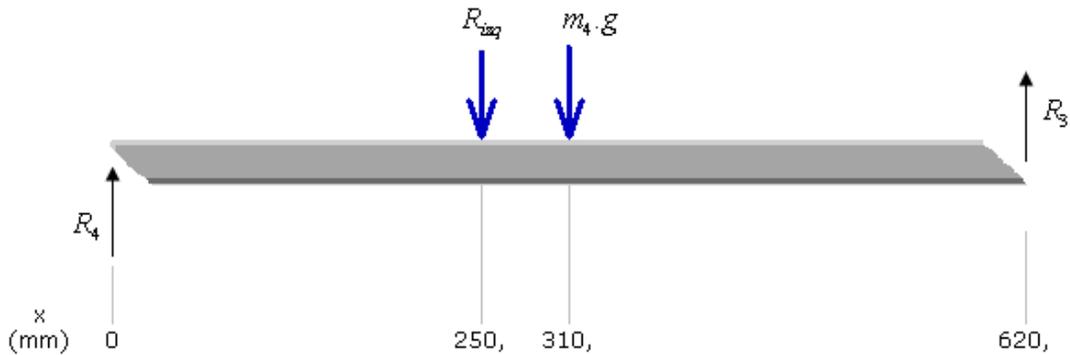


Se Calcula la reacción R_3 :

$$\sum F_y = 0; \quad R_2 - R_3 - m_3 \cdot g = 0$$
$$R_3 = 10,59 \text{ N}$$

- **Para la Barra (4):**

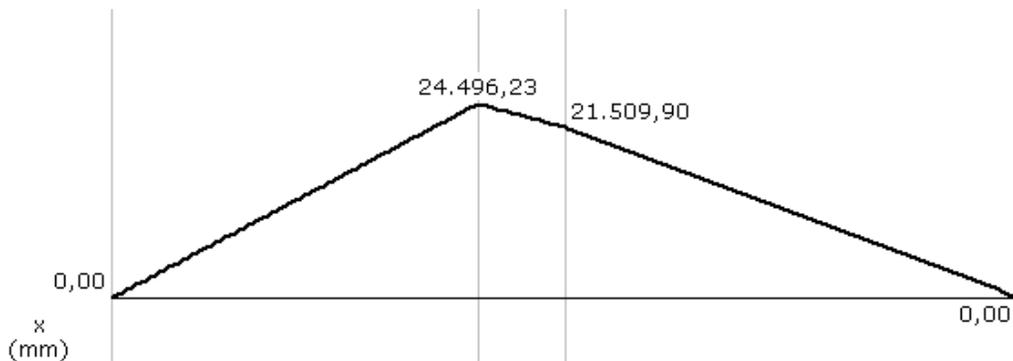
Se aplica un estudio de flexión en vigas:



$$\sum F_y = 0; \quad R_4 + R_3 - m_4 \cdot g - R_{izq} = 0$$

$$R_4 = 156,76N$$

Se calcula el diagrama de momento de la viga:



Del cual se obtiene un momento máximo de $M= 24,496$ N-m, y con los datos del catalogo del tubo estructural se calcula el esfuerzo por flexión presente:

$$\tau = \frac{M \cdot c}{I}$$

$$\tau = \frac{24,496 * \left(\frac{0,050}{2}\right)}{16,61 * (10^{-2})^4}$$

$$\tau = 3,68 \text{ MPa}$$

Utilizando la teoría de esfuerzo de corte máximo tenemos:

$$\frac{\tau_{\max}}{2} = \frac{Sy}{2}$$

$$\frac{\tau_{\max}}{2} = \frac{275}{2}$$

$$\frac{\tau_{\max}}{2} = 137,50 \text{ MPa}$$

Como $\frac{\tau}{2} < \frac{\tau_{\max}}{2}$, entonces la viga (4) **No Fallara.**

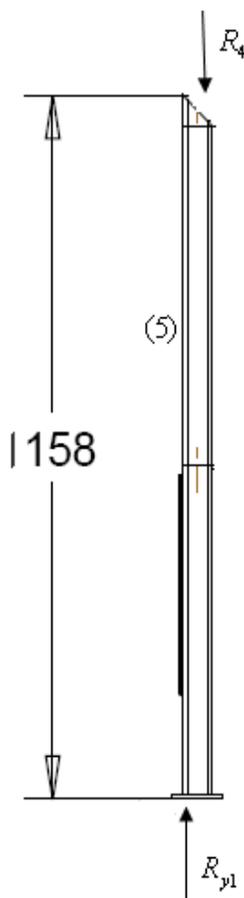
- **Para la Barra (5):**

Se aplica un estudio de pandeo en columnas:

$$\sum F_y = 0; \quad R_{y1} - R_4 = 0$$

$$R_4 = 156,76 \text{ N}$$

Asumiendo el comportamiento de la viga como empotrada, con carga en extremo libre (k=2) y con los datos del tubo estructural seleccionado, se calcula la carga crítica de pandeo:



E= 200 GPa
I=16,61 cm ⁴
Sy= 275 MPa

$$P_{\text{critica}} = \frac{\pi^2 E I}{k^2 L^2}$$

$$P_{\text{critica}} = \frac{\pi^2 200 * (10^9) * 16,61 * (10^{-2})^4}{(2)^2 * (1,158)^2}$$

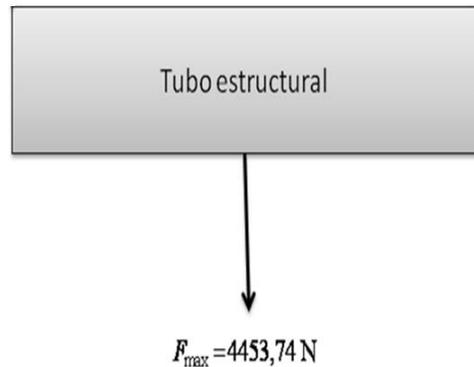
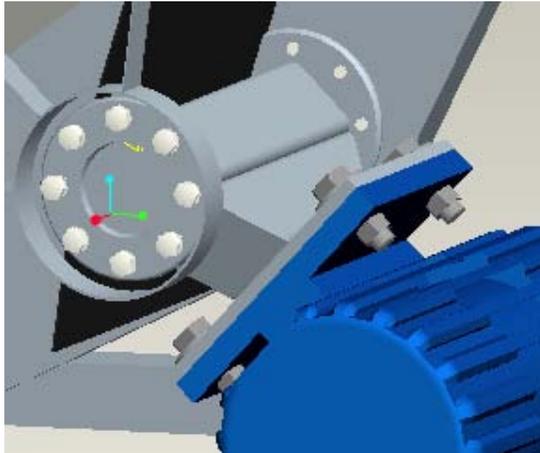
$$P_{\text{critica}} = 61125,47 \text{ N}$$

$$\therefore R_1 < P_{\text{critica}}$$

La viga (5) soporta la carga, sin llegar a pandear críticamente.

Cálculos de Uniones Soldadas

- **Tubo Estructural**



Para un tubo estructural de longitud $l = 283$ que será soldado a 2 platos interiores a ambos lados (siendo los puntos sometidos a la mayor carga presente en nuestro sistema), se realiza el cálculo del esfuerzo resultante de soldadura por flexión:

$$\tau = \sqrt{(\tau')^2 + (\tau'')^2} \quad (37)$$

Variables:

τ' = Esfuerzo cortante presente en la unión soldada

$$\tau' = \frac{F \max}{A} \quad (38)$$

τ'' = Esfuerzo por Flexión presente en la unión soldada

$$\tau'' = \frac{M.c}{I} \quad (39)$$

Donde:

M = Momento debido a la F_{\max} presente en el sistema.

A_w = Área total de la garganta

I = Momento de inercia del área del grupo de soldaduras respecto al centroide.

c = Distancia desde el centroide de grupo de soldaduras hasta el punto de la soldadura de interés.

Utilizando una garganta de la soldadura o longitud de cateto de $h=3$ mm, y sabiendo que el perfil estructural es de $70 \times 70 \times 3$ mm de sección transversal ($b=d=70$ mm), se procede a calcular el área total de la garganta y el momento de inercia del área:

$$A = 0,707 \cdot h \cdot (2b + 2d) \quad (40)$$

$$A = 0,707 * 3 * (2 * 70 + 2 * 70)$$

$$A = 593,88 \text{ mm}^2$$

$$I = 0,707 \cdot h \cdot \frac{d^2}{6} \cdot (3b + d) \quad (41)$$

$$I = 0,707 * 3 * \frac{(70^2)}{6} * (3 * 70 + 70)$$

$$I = 485002 \text{ mm}^4$$

Sustituyendo (35) y (36) en (32) nos queda:

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{4453,74}{593,88}\right)^2 + \left(\frac{4453,74 * 141,50 * \left(\frac{70}{2}\right)}{485002}\right)^2}$$

$$\tau = 46,09 \text{ Mpa}$$

Calculando la resistencia a la fatiga de la soldadura y eligiendo un electrodo E60XX ($S_y= 345$ MPa y $S_{ut}= 427$ MPa) para realizar la soldadura, nos queda:

Ka	0,956	Acabado Superficial;	Esmerilado
Kb	1	Factor de Tamaño:	Uniforme
Kc	1	Factor de Carga:	Flexión
Kd	1	Factor de Temperatura:	Constante
Ke	1	Factores Diversos:	Constante

$$S_{se} = 0,506.K_a.K_b.K_c.K_d.K_e.S_{ut} \quad (42)$$

$$S_{se} = 0,506*0,956*1*1*1*1*427$$

$$S_{se} = 206,53 \text{ Mpa}$$

Aplicando los Criterios de Falla para cargas dinámicas Soderberg y Goodman:

$$\text{Soderberg: } \frac{1}{\eta} = \frac{\sigma_a}{S_{se}} + \frac{\sigma_m}{S_{sy}} \quad (43)$$

$$\text{Goodman: } \frac{1}{\eta} = \frac{\sigma_a}{S_{se}} + \frac{\sigma_m}{S_{sut}} \quad (44)$$

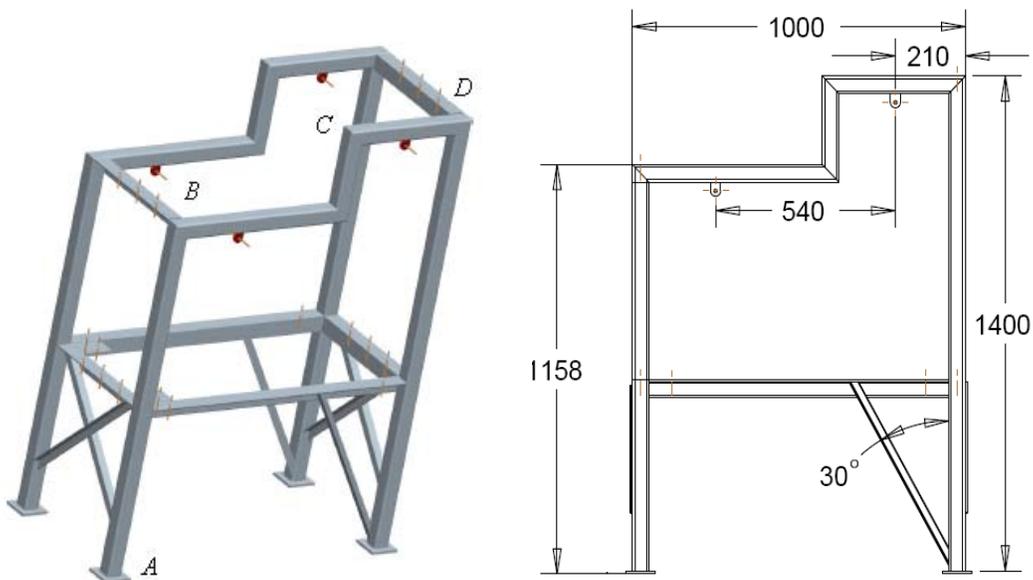
Nos queda:

Por Soderberg: $\eta \geq 2,8$

Por Goodman: $\eta \geq 3$

Por lo tanto, la soldadura **No Fallara.**

- **Soldadura en la Estructura**



Aplicando un tratamiento parecido con las cargas y el análisis de la estructura así como seleccionando un electrodo E60XX ($S_y = 345$ MPa y $S_{ut} = 427$ MPa) para realizar la soldadura, nos quedan los siguientes resultados:

Punto A	Por Soderberg:	η	117
	Por Goodman:	η	126
Punto B	Por Soderberg:	η	11
	Por Goodman:	η	12
Punto C	Por Soderberg:	η	33
	Por Goodman:	η	36
Punto D	Por Soderberg:	η	7,4
	Por Goodman:	η	8

Por lo tanto, la soldadura en los puntos A, B, C y D. **No Fallara.**

SERIE EA

VIBRATEURS ELECTRIQUES A MASSES REGLABLES
ELECTRIC VIBRATORS WITH ADJUSTABLE WEIGHTS



Les vibrateurs VIBRAFRANCE sont construits en fonte nodulaire ou en aluminium grande résistance pour un fonctionnement en continu avec en standard :

- ✓ Moteur tropicalisé
- ✓ Classe d'isolation F
- ✓ Protection mécanique : IP65-7
- ✓ Moteur imprégné par trempage de résine classe H (méthode ASTM)
- ✓ Arbre moteur en acier NiCrMo bonifié, Roulements surdimensionnés, lubrifiés avec une graisse spéciale "LONG-LIFE".
- ✓ Protection du moteur par thermistance (PTC) sur les gros vibrateurs > 5.5 kW
- ✓ Conformés aux normes européennes en vigueur.

Modèle Type	CARACTERISTIQUES MECANIQUES MECHANICAL FEATURES								CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES ELECTRICAL FEATURES						
	tr/mn Rpm		MA SS EL OT TE	Moment Statique Static Moment (kg/mm)		Force Centrifuge Centrifugal Force (kg)		Poids Weight (kg)		Puissance Input Power (W)		Cour. Nom. Nom. Curr. (A)		Rapp. ID/IN IS/IN Ratio	
	50 Hz	60 Hz		50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	400 V 50 Hz	460 V 60 Hz	50 Hz	60 Hz
EA7500	7 5 0 0	9 0 0	L	21.7	21.7	14	30	5.23	5.23	95	100	0.21	0.21	1.30	1.35
EA7501			DL	82.1	82.1	52	74	10.8	10.8	105	110	0.30	0.30	1.30	1.40
EA7502			DL	160.6	160.6	101	145	24.5	24.5	180	210	0.46	0.48	1.60	1.80
EA7503			DL	199.0	199.0	125	180	25.9	25.9	200	230	0.50	0.51	1.65	1.80
EA7504			DL	282.0	282.0	177	255	34.5	34.5	240	300	0.62	0.65	2.25	2.25
EA7505	DL	437.0	437.0	275	396	40.7	40.7	300	360	0.75	0.75	2.25	2.50		
EA1000	1 0 0 0 0	1 2 0 0	L	31.0	31.0	35	50	5.6	5.6	85	90	0.35	0.35	1.50	1.60
EA1001			DL	82.1	82.1	92	132	10.8	10.8	140	160	0.66	0.66	1.55	1.80
EA1002			DL	160.6	160.6	180	259	24.5	24.5	240	280	0.53	0.54	2.40	2.60
EA1003			DL	199.0	199.0	222	320	25.9	25.9	260	300	0.55	0.56	2.40	2.60
EA1004			DL	282.0	282.0	315	454	34.5	34.5	320	350	0.70	0.68	2.85	3.00
EA1006			DL	437.0	355.0	489	572	40.7	38.1	450	520	0.95	0.95	3.05	3.30
EA1450	1 5 0 0 0 0 0	1 8 0 0 0	L	7.2	6.0	18	22	4.20	4.0	80	85	0.20	0.20	1.70	1.80
EA1500			L	12.4	9.3	31	34	4.75	4.6	80	85	0.20	0.20	1.70	1.80
EA1501			L	21.7	15.5	55	56	5.25	4.9	95	105	0.21	0.21	1.80	1.90
EA1502			L	31.0	21.7	78	79	5.60	5.3	95	105	0.21	0.21	1.80	1.90
EA1503			L	82.1	56.4	207	204	10.8	9.7	180	190	0.45	0.37	2.50	3.20
EA1504			DL	160.6	114.0	404	413	24.5	23.2	310	370	0.66	0.66	3.25	3.50
EA1505			DL	199.0	160.6	500	382	25.9	24.6	340	400	0.71	0.71	3.05	3.30
EA1508			DL	282.0	191.0	709	692	34.5	32.7	475	525	0.92	0.90	3.90	4.35
EA1510			DL	437.0	282.0	1099	1021	40.7	35.5	600	680	1.16	1.14	3.65	3.95
EA2950			L	4.80	3.60	48	52	4.00	3.80	100	110	0.23	0.20	2.70	3.00
EA3000	L	6.57	5.26	66	76	4.55	4.45	150	165	0.30	0.28	2.90	3.20		
EA3001	L	12.4	9.3	125	135	4.75	4.60	180	190	0.35	0.32	2.70	3.00		
EA3002	L	18.6	12.4	187	180	5.10	4.75	180	190	0.35	0.32	2.70	3.00		
EA3003	L	30.8	20.5	310	297	8.50	8.10	270	300	0.58	0.60	3.15	3.70		
EA3006	L	66.4	47.4	668	687	21.0	20.4	500	600	0.98	0.85	4.45	4.60		
EA3008	L	85.4	56.9	859	825	32.0	31.4	600	700	1.00	1.00	3.90	4.00		
EA3010	L	104.4	75.0	1050	1100	34.0	33.2	720	800	1.20	1.16	3.80	4.10		

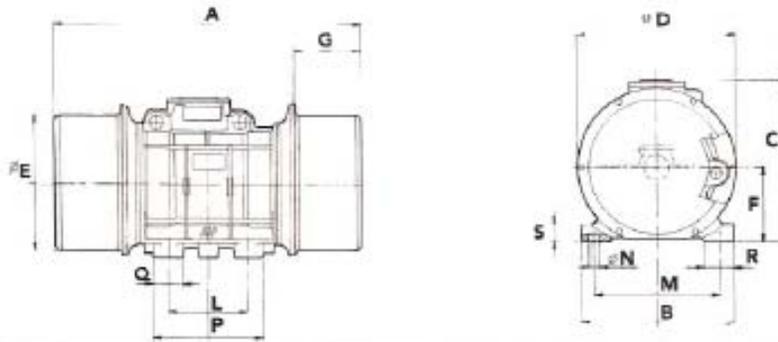
L : Masselotte à Lamelles
 DL : Masselotte demi-Lune

Sur demande :

Classe d'isolation H - Couvercles des masses en inox - Intraaxes spéciaux - Tensions spéciales - 10 Pôles 600 Tours en 50 Hz et 720 Tours en 60 Hz ou 12 Pôles 500 Tours en 50 Hz et 600 Tours en 60 Hz - Résistance de Chauffage

**Anexo 1: Catalogo de datos de placa para vibrador de contacto
 (Marca: VIBRAFRANCE)**

DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE TAMIZ PARA HARINA DE YUCA DE LA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA



Modèle Type	DIMENSIONS ENCOMBREMENT OVERALL DIMENSIONS (mm)							DIMENSIONS FIXATION FIXING DIMENSIONS (mm)									
	A	B	C	D	E	F	G	L	M	N	P	Q	R	S	Trous Holes	PG	
EA1450 EA2950	192	123	121	87	82	46	40	62	95/106	9	90	29	32,5	8	4	9	
EA1500 EA1501 EA3000 EA3001 EA3002	212	130	145	130	105	60	46	62/75 70	106 à 130	9	90	30	35	10	4	11	
EA1000 EA1502 EA7500	230	130	145	130	105	60	55	62/75 70	106 à 130	9	90	30	35	10	4	11	
EA1001 EA1503 EA3003 EA7501	298 298 260 298							69 69 50 69		13		120	30	40	12	4	11
EA3006	288	190	205	187	151	85	54	100	160	13	136	33	40	16	4	11	
EA1002 EA1003 EA1504 EA1505 EA7502 EA7503	350	190	205	187	151	85	85	100	160	13	136	33	40	16	4	11	
EA1004 EA1508 EA3008 EA3010 EA7504	355	210	236	216	181	101	71	120	170	17	160	40	43	20	4	16	
EA1006 EA1510 EA7505	415	210	236	216	181	101	101	120	170	17	160	40	43	20	4	16	

✓ Entraves multiples permettant une grande adaptabilité



Réglage demi-Lune



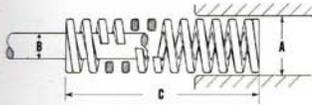
Réglage à lamelles

**Anexo 2: Catalogo de medidas para vibrador de contacto
(Marca: VIBRAFRANCE)**

Danly Medium-Heavy Load Springs

Sizes 3/8" to 2 -1/2"
Rectangular Wire
Construction

Vacuum Degassed, Valve Spring Quality
Chromium Vanadium Steel



Hole Dia. in.	Rod Dia. in.	Free Length in.	CATALOG NUMBER	RATE Pounds Required to Deflect 1/10 in.	LOAD-DEFLECTION TABLE									
					Total Deflection Recommended for Long Life (25% of C)		Total Deflection Recommended for Avg. Life (30% of C)		Maximum Operating Deflection (37 1/2% of C)		Total Travel to Solid			
					Load lbs.	Deflection in.	Load lbs.	Deflection in.	Load lbs.	Deflection in.	Load lbs.	Deflection in.		
3/8	3/16	1	9-0604-21	9.3	23	0.25	28	0.30	35	0.38	42	0.46		
		1 1/4	9-0605-21	8.0	25	0.31	30	0.38	38	0.47	50	0.63		
		1 1/2	9-0606-21	6.7	25	0.38	30	0.45	38	0.56	51	0.77		
		1 3/4	9-0607-21	5.6	25	0.44	30	0.53	37	0.66	50	0.89		
		2	9-0608-21	4.92	25	0.50	29	0.60	37	0.75	50	1.03		
		2 1/2	9-0610-21	3.87	24	0.63	29	0.75	36	0.94	50	1.28		
		3	9-0612-21	3.25	24	0.75	29	0.90	37	1.13	51	1.56		
		12	9-0648-21	0.76	23	3.00	27	3.60	34	4.50	46	6.07		
		1/2	9/32	1	9-0804-21	16.5	41	0.25	50	0.30	62	0.38	82	0.50
				1 1/4	9-0805-21	12.9	40	0.31	49	0.38	61	0.47	82	0.63
1 1/2	9-0806-21			10.9	41	0.38	49	0.45	61	0.56	86	0.78		
1 3/4	9-0807-21			9.2	40	0.44	48	0.53	60	0.66	84	0.91		
2	9-0808-21			8.0	40	0.50	48	0.60	60	0.75	85	1.06		
2 1/2	9-0810-21			6.3	39	0.63	47	0.75	59	0.94	82	1.32		
3	9-0812-21			5.0	37	0.75	45	0.90	56	1.13	77	1.54		
3 1/2	9-0814-21			4.27	37	0.88	45	1.05	56	1.31	77	1.81		
12	9-0848-21			1.24	37	3.00	45	3.60	56	4.50	79	6.35		
5/8	11/32			1	9-1004-21	31.8	79	0.25	95	0.30	119	0.38	141	0.44
		1 1/4	9-1005-21	23.0	72	0.31	86	0.38	108	0.47	123	0.53		
		1 1/2	9-1006-21	20.1	75	0.38	90	0.45	113	0.56	140	0.69		
		1 3/4	9-1007-21	17.4	76	0.44	91	0.53	114	0.66	145	0.84		
		2	9-1008-21	15.4	77	0.50	92	0.60	115	0.75	151	0.98		
		2 1/2	9-1010-21	12.0	75	0.63	90	0.75	112	0.94	146	1.22		
		3	9-1012-21	10.1	76	0.75	91	0.90	114	1.13	153	1.51		
		3 1/2	9-1014-21	8.7	76	0.88	91	1.05	114	1.31	155	1.78		
		4	9-1016-21	7.6	76	1.00	91	1.20	113	1.50	154	2.04		
		12	9-1048-21	2.36	71	3.00	85	3.60	106	4.50	142	6.01		
3/4	3/8	1	9-1204-21	51.5	129	0.25	155	0.30	193	0.38	208	0.40		
		1 1/4	9-1205-21	38.9	122	0.31	146	0.38	182	0.47	198	0.51		
		1 1/2	9-1206-21	31.3	117	0.38	141	0.45	176	0.56	192	0.61		
		1 3/4	9-1207-21	25.8	113	0.44	135	0.53	169	0.66	182	0.71		
		2	9-1208-21	22.2	111	0.50	133	0.60	166	0.75	180	0.81		
		2 1/2	9-1210-21	17.3	108	0.63	130	0.75	162	0.94	177	1.02		
		3	9-1212-21	14.1	106	0.75	127	0.90	159	1.13	173	1.22		
		3 1/2	9-1214-21	12.2	106	0.88	128	1.05	160	1.31	178	1.46		
		4	9-1216-21	10.6	106	1.00	127	1.20	159	1.50	179	1.68		
		4 1/2	9-1218-21	9.3	105	1.13	126	1.35	157	1.69	175	1.88		
		5	9-1220-21	8.3	104	1.25	125	1.50	156	1.88	175	2.09		
		5 1/2	9-1222-21	7.5	104	1.38	125	1.65	156	2.06	174	2.30		
		6	9-1224-21	6.9	103	1.50	124	1.80	155	2.25	173	2.52		
		12	9-1248-21	3.46	104	3.00	125	3.60	156	4.50	160	5.21		

Anexo 3: Catalogo de resortes Raymond Pettibon (Hoja 1)

DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE TAMIZ PARA HARINA DE YUCA DE LA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

Inch

Hole Dia. in.	Rod Dia. in.	Free Length in.	CATALOG NUMBER	RATE Pounds Required to Deflect 1/10 in.	LOAD-DEFLECTION TABLE							
					Total Deflection Recommended for Long Life (25% of C)		Total Deflection Recommended for Avg. Life (30% of C)		Maximum Operating Deflection (37 1/2% of C)		Total Travel to Solid	
					Load lbs.	Deflection in.	Load lbs.	Deflection in.	Load lbs.	Deflection in.	Load lbs.	Deflection in.
1	1/2	1	9-1604-21	94.9	237	0.25	265	0.30	356	0.38	371	0.35
		1 1/4	9-1605-21	71.2	223	0.31	267	0.38	334	0.47	357	0.50
		1 1/2	9-1606-21	56.3	211	0.38	253	0.45	317	0.56	338	0.60
		1 3/4	9-1607-21	47.5	208	0.44	249	0.53	311	0.68	341	0.72
		2	9-1608-21	41.0	205	0.50	246	0.60	308	0.75	344	0.84
		2 1/2	9-1610-21	31.4	197	0.63	236	0.75	295	0.94	327	1.04
		3	9-1612-21	25.8	193	0.75	232	0.90	290	1.13	325	1.26
		3 1/2	9-1614-21	21.6	189	0.88	227	1.05	284	1.31	317	1.46
		4	9-1616-21	18.9	188	1.00	225	1.20	282	1.50	316	1.64
		4 1/2	9-1618-21	16.7	188	1.13	225	1.35	282	1.69	320	1.82
		5	9-1620-21	15.0	187	1.25	224	1.50	280	1.88	320	2.14
		5 1/2	9-1622-21	13.5	185	1.38	223	1.65	279	2.06	319	2.36
6	9-1624-21	12.4	185	1.50	222	1.80	278	2.25	319	2.58		
7	9-1628-21	10.5	183	1.75	220	2.10	275	2.63	314	3.00		
8	9-1632-21	9.1	182	2.00	219	2.40	273	3.00	312	3.42		
12	9-1648-21	6.0	179	3.00	215	3.60	268	4.50	305	5.11		
1 1/4	5/8	1 1/2	9-2006-21	94.8	356	0.38	427	0.45	533	0.56	569	0.52
		1 3/4	9-2007-21	77.9	341	0.44	409	0.53	512	0.66	550	0.71
		2	9-2008-21	66.3	331	0.50	398	0.60	467	0.75	539	0.81
		2 1/2	9-2010-21	50.1	313	0.63	376	0.75	469	0.94	503	1.00
		3	9-2012-21	40.5	304	0.75	365	0.90	456	1.13	490	1.21
		3 1/2	9-2014-21	34.2	299	0.88	359	1.05	449	1.31	486	1.42
		4	9-2016-21	29.6	296	1.00	355	1.20	444	1.50	484	1.62
		4 1/2	9-2018-21	26.3	296	1.13	355	1.35	444	1.69	491	1.82
		5	9-2020-21	23.7	296	1.25	355	1.50	444	1.88	491	2.02
		5 1/2	9-2022-21	21.4	294	1.38	353	1.65	441	2.06	495	2.21
		6	9-2024-21	19.5	292	1.50	351	1.80	439	2.25	493	2.41
		7	9-2028-21	16.6	290	1.75	348	2.10	435	2.63	489	2.95
8	9-2032-21	14.4	288	2.00	345	2.40	432	3.00	486	3.36		
10	9-2040-21	11.4	285	2.50	342	3.00	428	3.75	483	4.23		
12	9-2048-21	9.5	284	3.00	341	3.60	426	4.50	484	5.10		
1 1/2	3/4	2	9-2408-21	97.4	487	0.50	534	0.60	750	0.75	762	0.76
		2 1/4	9-2410-21	75.5	460	0.63	552	0.75	689	0.94	722	0.96
		3	9-2412-21	60.1	451	0.75	541	0.90	676	1.13	725	1.21
		3 1/2	9-2414-21	50.1	438	0.88	526	1.05	657	1.31	704	1.40
		4	9-2416-21	43.4	434	1.00	521	1.20	651	1.50	707	1.63
		4 1/2	9-2418-21	37.9	427	1.13	512	1.35	640	1.69	693	1.83
		5	9-2420-21	34.0	425	1.25	510	1.50	638	1.88	696	2.05
		5 1/2	9-2422-21	30.6	420	1.38	504	1.65	630	2.06	687	2.25
		6	9-2424-21	27.9	419	1.50	503	1.80	629	2.25	691	2.47
		7	9-2428-21	23.7	415	1.75	498	2.10	623	2.63	687	2.89
		8	9-2432-21	20.6	412	2.00	494	2.40	618	3.00	683	3.32
		10	9-2440-21	16.5	412	2.50	494	3.00	617	3.75	693	4.21
12	9-2448-21	13.6	407	3.00	488	3.60	610	4.50	682	5.03		
2	1	2 1/2	9-3210-21	121	755	0.63	906	0.75	1133	0.94	1163	0.99
		3	9-3212-21	95.6	717	0.75	861	0.90	1076	1.13	1120	1.18
		3 1/2	9-3214-21	79.8	698	0.88	838	1.05	1047	1.31	1100	1.39
		4	9-3216-21	69.6	696	1.00	835	1.20	1043	1.50	1134	1.63
		4 1/2	9-3218-21	61.2	688	1.13	826	1.35	1032	1.69	1134	1.85
		5	9-3220-21	54.0	675	1.25	810	1.50	1012	1.88	1165	2.05
		5 1/2	9-3222-21	48.8	671	1.38	806	1.65	1007	2.06	1110	2.27
		6	9-3224-21	44.5	668	1.50	802	1.80	1002	2.25	1112	2.50
		7	9-3228-21	37.9	664	1.75	796	2.10	996	2.63	1117	2.94
		8	9-3232-21	32.8	656	2.00	787	2.40	984	3.00	1103	3.36
		9	9-3236-21	29.1	654	2.25	784	2.70	981	3.38	1168	3.81
		10	9-3240-21	26.1	652	2.50	782	3.00	978	3.75	1111	4.26
12	9-3248-21	21.5	648	3.00	776	3.60	970	4.50	1105	5.13		
2 1/2	1 1/2	3	9-4012-21	174	1304	0.75	1565	0.90	1956	1.13	2113	1.22
		3 1/2	9-4014-21	143	1249	0.88	1499	1.05	1874	1.31	2056	1.44
		4	9-4016-21	121	1211	1.00	1453	1.20	1816	1.50	2016	1.66
		4 1/2	9-4018-21	106	1195	1.13	1434	1.35	1793	1.69	2051	1.91
		5	9-4020-21	93.7	1172	1.25	1408	1.50	1758	1.88	2003	2.14
		6	9-4024-21	75.0	1139	1.50	1388	1.80	1708	2.25	1963	2.59
		7	9-4028-21	63.6	1116	1.75	1339	2.10	1674	2.63	1935	3.04
		8	9-4032-21	55.0	1089	2.00	1319	2.40	1649	3.00	1916	3.48
		9	9-4036-21	48.8	1099	2.25	1318	2.70	1648	3.38	1944	3.98
		10	9-4040-21	43.9	1097	2.50	1316	3.00	1646	3.75	1964	4.48
		12	9-4048-21	36.2	1087	3.00	1305	3.60	1631	4.50	1966	5.42

Anexo 4: Catalogo de resortes Raymond Pettibon (Hoja 2)

DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE TAMIZ PARA HARINA DE YUCA DE LA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

ACEROS ELINOX C.A.
STAINLESS STEEL
ACEROS INOXIDABLES

TELAS METALICAS (WIRE CLOTH) DE ACERO INOXIDABLE AISI 304. TEJIDO LISO
 1,00 Mts. DE ANCHO. LARGO APROX. DE 30 Mts.

MESH	DIAM. HILO MM	LUZ DE MALLA MM	SUP. UTIL %
1	3,00	24,77	79,50
2	1,60	12,28	78,27
2	2,00	11,88	73,25
* 3	1,30	7,95	73,86
4	1,10	5,84	70,61
5	1,00	4,55	67,21
* 6	0,90	3,72	64,83
8	0,70	2,77	63,72
8	1,30	2,17	39,10
10	0,60	2,17	61,37
12	0,50	1,52	58,33
14	0,50	1,31	52,38
* 14	0,65	1,33	45,00
16	0,43	1,15	55,18
18	0,42	1,12	52,89
20	0,40	0,87	47,05
25	0,30	0,78	46,30
30	0,30	0,62	32,66
35	0,28	0,51	41,67
40	0,17	0,47	53,83
40	0,24	0,45	45,95
50	0,20	0,31	36,75
60	0,17	0,25	45,77
70	0,16	0,20	30,86
80	0,13	0,18	33,74
90	0,11	0,19	33,00
100	0,10	0,17	36,35
120	0,09	0,14	37,25
140	0,07	0,13	44,79
150	0,06	0,10	39,00
160	0,06	0,11	42,66
165	0,05	0,10	43,40
180	0,05	0,10	45,60
200	0,05	0,09	40,66
250	0,05	0,06	35,98
300	0,04	0,04	16,60
325	0,03	0,04	28,60
350	0,04	0,03	25,00

TELA METALICA DE ACERO INOXIDABLE AISI 304. TIPO PEPS. 1,00 Mts. DE ANCHO. LARGOS APROXIMADOS DE 30 Mts.

MESH	DIAM. HILO MM	AREA NOMINAL Micrones	POROSIDAD Geométrica
20 X 110	0,35 X 0,25	160	59%

15

Anexo 5: Catalogo de ACEROS ELINOX C.A. para telas metálicas

ANEXOS B:

PLANOS