

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción

“Diseño de banco experimental de prensado óleo hidráulico para
la extracción de manteca a partir de licor de cacao”

PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

JUAN CARLOS SALAZAR NÚÑEZ

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2015

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por brindarme su confianza hasta la culminación de esta empresa. Al Ingeniero Ernesto Martínez, quien estuvo siempre presto y preciso en el ejercicio de la guianza. Al padre Antonio Polo y a la comunidad de Salinas de Guaranda, por permitirnos conocer la realidad y el éxito de la empresa comunitaria.

A todos mis amigos, quienes aportaron con ánimo y conocimiento.

DEDICATORIA

A quienes con sacrificio y constancia entregaron sus mejores momentos para brindarme formación humana y educación, mis padres. A mi novia Pamela, porque tus palabras y ejemplo de amor, ímpetu, constancia y paciencia, vigorizaron el camino hasta posicionarme en día tan feliz. A mis hermanos: Gaby, Pato y Sole.
A mi tía Beatriz.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Jorge Duque R.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Ernesto Martínez L.
DIRECTOR DEL TFG

Ing. Gonzalo Zabala O.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Juan Carlos Salazar Núñez

RESUMEN

El aprovechamiento de los recursos naturales, para la elaboración de productos de consumo, es en definitiva uno de los objetivos que persigue la técnica y consecuentemente la industria de bienes, a fin de generar réditos que dinamicen la economía nacional.

Consciente del potencial, natural, agrícola y turístico del país, el presente trabajo final de graduación, se ha enfocado en un área tradicional de la agroindustria, el sector cacaotero nacional. A pesar de ser uno de los productos agrícolas que mayores divisas ha generado al país durante más de un siglo, nuestra industria, en la mayoría de casos, se ha mantenido de acopio y tránsito de materia prima hacia ese minúsculo pero privilegiado grupo de naciones chocolateras del mundo.

El presente, proporciona el diseño de un banco experimental para extracción de manteca de cacao, en beneficio del sector agrícola, turístico y de la industria incipiente del país, con el cual se pueda evaluar el comportamiento al prensado

óleo hidráulico del cacao CCN51 y del cacao nacional o fino de aroma, principalmente, considerando que son los de mayor presencia agrícola en el país.

Es importante además mencionar, que en el país no existe un equipo de prensado óleo hidráulico al alcance de los sectores antes descritos, que esté enfocado al estudio del rendimiento de la productividad en cuanto a manteca de cacao.

El diseño del banco experimental, incluye sistemas de regulación de presión, temperatura e inclusive de variación de componentes mecánicos, como el caso del plato de extracción de manteca de cacao, a fin de combinar las distintas variables, de tal manera que se logre obtener los resultados más óptimos en aspecto costo-producción, rendimiento y calidad. Se entrega además, los planos de construcción y los costos de construcción del equipo diseñado.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ABREVIATURAS.....	vii
SIMBOLOGÍA.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE PLANOS.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE MANTECA DE CACAO... ..	3
1.1 Etapas agroindustriales del proceso de obtención de licor de cacao.	3
1.2 Propiedades físicas óptimas del licor de cacao previo al prensado óleo hidráulico.....	26

1.3	Métodos de obtención de manteca de cacao	28
1.4	Beneficio de un banco experimental para la extracción de manteca de cacao.....	37

CAPÍTULO 2

2.	DISEÑO DE BANCO EXPERIMENTAL PARA EXTRACCIÓN DE MANTECA DE CACAO.....	45
2.1	Diseño de forma.	45
2.2	Identificación de parámetros de diseño	48
2.3	Diseño de componentes principales	49
2.4	Selección de componentes complementarios.....	104
2.5	Diseño de sistema de calentamiento de licor de cacao.	110
2.6	Selección de componentes del sistema óleo hidráulico.....	117
2.7	Esquema de control de operación	122

CAPÍTULO 3

3.	REPRESENTACIÓN VIRTUAL DEL BANCO EXPERIMENTAL MEDIANTE SOFTWARE AUTODESK® INVENTOR®.....	130
----	--	-----

3.1 Simulación bajo carga de los elementos constitutivos del banco experimental para prensado óleo hidráulico.....	130
3.2 Análisis de resultados.....	153
3.3 Análisis de costos.....	155

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	162
--	-----

APÉNDICE

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

ABREVIATURA

A/C	Alternating Current
AISI	American Iron and Steel Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWS	American Welding Society
cm	Centímetros
cm³	Centímetro cúbico
cm⁴	Centímetro a la cuarta
ρ_{lc}	Densidad del licor de cacao
ρ_{mc}	Densidad de manteca de cacao
GLP	Gas licuado de petróleo
GPa	Gigapascal
°C	Grados centígrados
g/cm³	Gramo por centímetro cúbico.
INEN	Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización.
IOCCC	International Office of Cocoa, Chocolate and Confectionery
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
kg	Kilogramo
kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado
kJ/kg °C	Kilojoule por kilogramo grado centígrado
kJ/s	Kilojoule por segundo.
kN	Kilonewton.
l	Litro
Max.	Máximo.
MPa	Megapascal
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
m/s²	Metro por segundo cuadrado
μm	Micrómetro.
mm	Milímetro

NPTF	National Pipe Taper Fuel
N	Newton
Nm	Newton por metro
N/m²	Newton por metro cuadrado
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana.
PTFE	Politetrafluoroetileno
P	Potencia
pH	Potencial hidrógeno
psi	Pounds-force per square inch
in	Pulgada
SMAW	Shielded Metal Arc Welding
3P	Tres polos
ufc/g	Unidad formadora de colonias por gramo
V	Voltio
W	Watts

SIMBOLOGÍA

a	Aceleración.
HCl	Ácido Clorhídrico
h	altura
w	Ancho de pierna de soldadura
A	Área.
Aw	Área de garganta
Q	Calor.
Cp	Calor específico
f_s	Carga por longitud de garganta de soldadura sometida a cortante
f_b	Carga por longitud de garganta de soldadura sometida a flexión
NaCl	Cloruro de sodio.
ν	Coefficiente de Poisson
σ_{flexión (t)}	Componente en tensión del esfuerzo de flexión
d	Diámetro.
d_i	Diámetro interior
D_N	Diámetro nominal
y_c	Deflexión vertical
ΔT	Delta de temperatura
Exx	Denominación de número de electrodo
W_{max}	Desplazamiento vertical máximo
c	Distancia al eje neutro
CO₂	Dióxido de carbono
σ	Esfuerzo
σ₁	Esfuerzo anular o tangencial
τ	Esfuerzo cortante
σ_d	Esfuerzo de diseño
S_y	Esfuerzo de fluencia
σ_r	Esfuerzo radial
σ_t	Esfuerzo tangencial
S_{ut}	Esfuerzo último a la tensión
n	Factor de seguridad

P₂O₅	Fosfato
F	Fuerza
V	Fuerza cortante
F_R	Fuerza resultante
L	Longitud
t	Longitud de la garganta de soldadura
m	Masa
E	Módulo de Young
Z	Módulo de sección
S_w	Módulo de sección bajo flexión
M	Momento
K₂O	Óxido de potasio
π	Pi
%	Porcentaje
P	Presión
Q̇	Razón promedio de transferencia de calor
S_{sys}	Resistencia a la fluencia de corte
I	Segundo momento de área
I_x	Segundo momento de área con respecto al eje x
t	Tiempo
∇	Volumen.

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág
Figura 1.1	Proceso agroindustrial empleado en el cacao..... 4
Figura 1.2	Cosecha de cacao 5
Figura 1.3	Mazorca madura de cacao..... 6
Figura 1.4	Métodos de fermentación... 8
Figura 1.5	Secado al sol del cacao 9
Figura 1.6	Quemador, ventilador centrífugo y campana conducto... 11
Figura 1.7	Prueba del corte 12
Figura 1.8	Esquema representativo del proceso de limpieza de los granos de cacao 14
Figura 1.9	Equipo de micronización..... 17
Figura 1.10	Radiadores de placas infrarrojas..... 17
Figura 1.11	Fragmentador tipo martillo rotatorio (crusher)..... 18
Figura 1.12	Esquema de un equipo de venteo (winnowing)..... 19
Figura 1.13	Equipo tostador tipo tornado 21
Figura 1.14	Representación de molino de discos marca Lehmann..... 23
Figura 1.15	Molino de pines de acero..... 24
Figura 1.16	Molino de bolas tipo Wieneroto..... 25
Figura 1.17	Prensa vertical de extracción de manteca de cacao..... 31
Figura 1.18	Esquema típico del sistema de prensado de licor de cacao 32
Figura 1.19	Equipo de prensado mediante expelido..... 36
Figura 1.20	Evolución de exportaciones ecuatorianas de cacao y semielaborados 39
Figura 1.21	Destinos de exportaciones, precio de cacao y semielaborados 40
Figura 1.22	Distribución de toneladas exportadas entre enero a abril de 2014..... 42
Figura 1.23	Distribución porcentual (USD/ton) de cada subpartida exportada 43
Figura 1.24	Participación del Ecuador en la producción mundial de cacao..... 44
Figura 2.1	Identificación de componentes estructurales de prensa óleo hidráulica..... 46
Figura 2.2	Identificación de componentes de la cámara de extracción de manteca de cacao..... 47
Figura 2.3	Fuerzas ejercidas en el cilindro hidráulico..... 53
Figura 2.4	Representación y diagrama de cuerpo libre de perfil 1.... 54
Figura 2.5	Diagramas de cortante, momento y deflexión de perfil 1.. 55
Figura 2.6	Límite de deflexión recomendados..... 61
Figura 2.7	Diagrama de cuerpo libre de perfil 2..... 63

Figura 2.8	Representación de componentes de tensión, flexión y resultante.....	68
Figura 2.9	Representación de estructura sin rigidizadores.Esfuerzo excesivo en inmediciones ala - alma	71
Figura 2.10	Representación de estructura sin rigidizadores. deflexión excedida del límite teórico	71
Figura 2.11	Representación de la garganta y ancho de pierna en cordón de soldadura tipo filete en T	78
Figura 2.12	Presentación comercial de retenedores de teflón ® utilizados en prensas de extracción de manteca de cacao.....	82
Figura 2.13	Representación de las dimensiones necesarias para ranura de sello	84
Figura 2.14	Acción mutua vástago – pistón bajo esfuerzo de compresión y cortante.....	87
Figura 2.15	Nomenclatura empleada para dimensiones de cilindro de pared delgada	90
Figura 2.16	Nomenclatura empleada para dimensiones de cilindro de pared gruesa.....	94
Figura 2.17	Malla de 200 mesh posicionada en agujero de Ø3/32” con empotramiento en los bordes.....	107
Figura 2.18	Pictograma de esfuerzo en malla de 200 mesh posicionada en agujero de Ø3/32” con empotramiento en los bordes.....	108
Figura 2.19	Pictograma de desplazamiento vertical en malla de 200 mesh posicionada en agujero de Ø3/32” con empotramiento en los bordes	109
Figura 2.20	Equipo óleo hidráulico de 50 toneladas y resistencia 10000 psi.....	119
Figura 2.21	Fuente de poder, reóstato tipo deslizante y bombillo.....	124
Figura 2.22	Abrazadera térmica aislada con fibras de cerámica.....	125
Figura 2.23	Ciclo de histéresis de controlador de temperatura.....	128
Figura 2.24	Circuito de fuerza y control.....	128
Figura 3.1	Ubicación de vectores fuerza y gravedad.....	134
Figura 3.2	Representación pictográfica del esfuerzo de flexión en estructura.....	135
Figura 3.3	Representación pictográfica de deflexión.....	136
Figura 3.4	Representación pictográfica del factor de seguridad.....	137
Figura 3.5	Representación pictográfica del esfuerzo máximo en el conjunto de extracción	140
Figura 3.6	Representación de superficie donde actúa la presión...	141
Figura 3.7	Representación de superficie donde actúa la presión...	142
Figura 3.8	Representación pictográfica del esfuerzo anular/tangencial...	143

Figura 3.9	Representación pictográfica de desplazamiento radial.....	144
Figura 3.10	Representación pictográfica del factor de seguridad.....	145
Figura 3.11	Representación de superficie donde actúa la presión...	146
Figura 3.12	Representación pictográfica del esfuerzo radial/tangencial.	147
Figura 3.13	Representación pictográfica de deflexión.....	148
Figura 3.14	Representación pictográfica del factor de seguridad.....	149
Figura 3.15	Representación de superficie donde actúa la presión....	150
Figura 3.16	Representación pictográfica del esfuerzo normal de compresión....	151
Figura 3.17	Representación pictográfica de deformación por compresión.....	152
Figura 3.18	Representación pictográfica del factor de seguridad.....	153
Figura 3.19	Distribución de costos de construcción.....	161

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Parámetros de calidad del licor de cacao.....	28
Tabla 2	Comportamiento de la manteca vs temperatura.....	33
Tabla 3	Parámetros de calidad de manteca de cacao.....	33
Tabla 4	Parámetros de la composición del polvo de cacao.....	35
Tabla 5	Densidad del licor y manteca de cacao.....	80
Tabla 6	Relación entre presión del cilindro hidráulico y cámara de extracción.....	121
Tabla 7	Valores de regulación del reóstato.....	129
Tabla 8	Ajustes de malla en estructura de prensa.....	131
Tabla 9	Propiedades mecánicas del material de estructura de prensa.....	132
Tabla 10	Condiciones de operación para estructura de prensa.....	133
Tabla 11	Resumen de resultados de la simulación de estructura de prensa.....	134
Tabla 12	Ajustes de malla en el conjunto de la cámara de extracción.....	138
Tabla 13	Propiedades mecánicas del material del conjunto de la cámara de extracción.....	138
Tabla 14	Resumen de resultados de la simulación del conjunto de la cámara de extracción.....	139
Tabla 15	Condiciones de operación para el vaso de extracción de manteca de cacao.....	141
Tabla 16	Condiciones de operación para la base perforada.....	145
Tabla 17	Condiciones de operación para el receptor de manteca de cacao.....	149
Tabla 18	Costo de materiales para estructura de prensa.....	156
Tabla 19	Costo de materiales para cámara de extracción.....	157
Tabla 20	Costo de equipo eléctrico.....	158
Tabla 21	Costo de equipo óleo hidráulico.....	159
Tabla 22	Costo de mano de obra.....	160

ÍNDICE DE PLANOS

Plano No.1	Estructura de prensa
Plano No.2	Pistón
Plano No.3	Vaso de extracción
Plano No.4	Tapa perforada de sellado
Plano No.5	Receptáculo de manteca

INTRODUCCIÓN

Depender de una industria extractivista y agropecuaria de nivel primario, vuelve la economía del país muy vulnerable a las condiciones fluctuantes de oferta y demanda que determina la economía capitalista de mercado. Contar con productos que resulten atractivos y sean muy bien cotizados en los mercados mundiales, es una alternativa de generación de recursos que propendan a palear las condiciones adversas que se transmiten, generalmente, dentro del sistema económico.

Este trabajo, tiene como objetivo entregar el diseño de un banco de pruebas para la extracción de manteca de cacao, a partir del prensado de licor de cacao. El banco de pruebas tendrá una capacidad de extracción de alrededor 0.5 kg de manteca de cacao, por cada ciclo de prensado de un volumen aproximado de 1 litro de licor de cacao. De esta manera se contará con el diseño de una herramienta que permita experimentar con un producto muypreciado para la producción de chocolates y que a su vez representa uno de los más costosos de obtener, la manteca de cacao.

El capítulo 1, describe brevemente las etapas agrícolas e industriales empleadas para la obtención de licor y manteca de cacao. Además, incluye gráficas de la evolución de la producción cacaotera en el país durante los últimos tres años, así

como la importancia para la economía de contar con mayor producción de manteca de cacao.

El capítulo 2, se concentra en presentar el diseño analítico y selección, de cada uno de los componentes del banco experimental que intervienen en este trabajo.

En el capítulo 3, se realizará la verificación del diseño analítico de cada componente del banco de experimentación; para ello se empleará el software AUTODESK® INVENTOR®. Además se realizará la simulación dinámica virtual del banco de experimentación ensamblado. Finalmente se presenta el análisis de costos referenciales para su fabricación.

CAPÍTULO 1

1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE MANTECA DE CACAO.

1.1. Etapas agroindustriales del proceso de obtención de licor de cacao.

Como se detallará más adelante, el licor de cacao constituye la materia prima para la obtención de la manteca, por tanto, es necesario señalar brevemente los procedimientos agrícolas e industriales por los que se somete al cacao, desde su recolección hasta la obtención del licor, que junto con la manteca, son altamente comercializados en los más diversos mercados nacionales e internacionales.

Muchos de estos procesos han permanecido invariables por muchas décadas manteniendo buenos resultados, otros han sido perfeccionados

de acuerdo a los avances tecnológicos proporcionando un producto final con mejor sabor, aroma y textura.

En la figura 1.1 se presenta el esquema del proceso agroindustrial de la elaboración de derivados de cacao y confitería (este último no será analizado en el presente estudio).

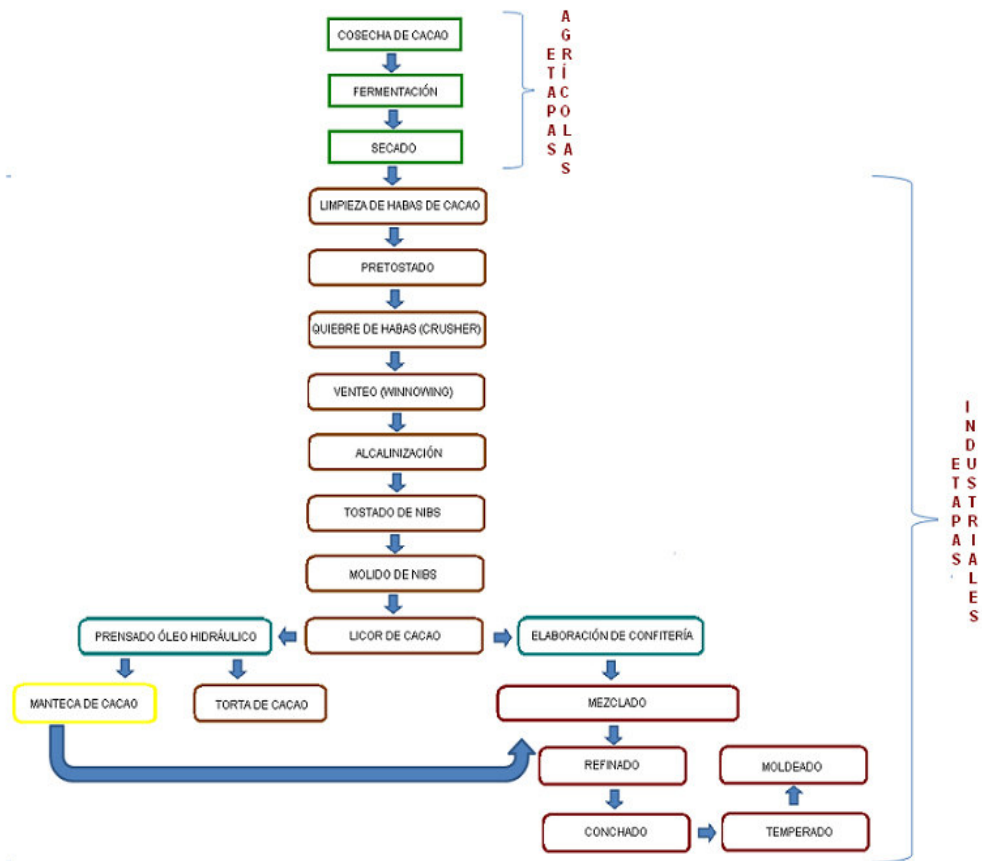


FIGURA 1.1 PROCESO AGROINDUSTRIAL EMPLEADO EN EL CACAO

- **Cosecha de cacao.**

Las mazorcas de cacao se recogen una vez maduras cortando el péndulo leñoso, como se indica en la figura 1.2. Las mazorcas generalmente cambian de color al madurar, las verdes se colorean de amarillo oro, mientras que las mazorcas inmaduras rojas de otra variedad se colorean en amarillo naranja [1].



FIGURA 1.2 COSECHA DE CACAO

Fuente: [2]

Para liberar las semillas, se abren las mazorcas cortándolas con un cuchillo o cascándolas con un simple mazo de madera. Cada mazorca contiene entre 30 a 40 semillas. En la figura 1.3 se observa la disposición y estado natural de las habas dentro de la mazorca de cacao.



FIGURA 1.3 MAZORCA MADURA DE CACAO

Fuente: [3]

- **Fermentación.**

Esta etapa consiste en retirar de la mazorca las habas que en estado natural se encuentran rodeadas de pulpa, con el objetivo de dejarlas al ambiente unos días, de esta manera las levaduras y bacterias se desarrollan produciendo la fermentación y degradación de los azúcares y mucílagos de la pulpa (goma vegetal), los mismos que se separan en forma líquida. La fermentación se lleva a cabo de diversas formas, pero todas dependen de apilar una cantidad de habas frescas con la pulpa suficiente para que los microorganismos produzcan calor, elevando la temperatura a la vez que se permite un limitado acceso de aire entre las habas.

El procedimiento más común de fermentación, utilizado principalmente por pequeños agricultores, consiste en agrupar las habas de cacao en montones, que se cubren con hojas de plátano durante la noche; otros métodos consisten en colocar las habas en sacos de yute o baldes plásticos para conseguir la fermentación. Cualquiera que sea el procedimiento empleado, las habas deben voltearse diariamente con el fin de mejorar la aireación y contribuir a una homogénea fermentación; este proceso dura entre 5 y 6 días [4].

El segundo método y particularmente empleado por medianos y grandes agricultores, es utilizar cajas de madera de aproximadamente 1 a 1,5 metros de lado, dispuestas a modo de cascada, en las cuales se almacenan las habas de cacao; estas cajas deben ser construidas por un suelo de tablillas separadas unos 6 mm o por un fondo con orificios pequeños, con el fin de promover la aireación, el drenaje y sudoración de la pulpa. Comúnmente se realiza el volteo de las habas diariamente, por un lapso de 6 a 7 días. En la figura 1.4 se aprecia las alternativas de fermentación antes descritas [5].



FIGURA 1.4 MÉTODOS DE FERMENTACIÓN

Fuente: [6]

- **Secado.**

Terminada la fermentación, se retiran las habas de las cajas y se trasladan para su secado; en esta etapa las habas se encuentran razonablemente libres de pulpa adherente, pero tienen todavía cierto contenido de humedad y están algo blandas. En los lugares en que el clima es relativamente seco, en el momento de la recolección, se suelen secar las habas esparciéndolas durante el día en capas de unas cuantas pulgadas de espesor sobre bandejas o camillas que se exponen al sol. Se necesita aproximadamente

6 m² de tendal por cada quintal de cacao húmedo. Las capas de las semillas se rastrillan a intervalos y generalmente se apilan por la noche y se protegen cuando llueve [7]. Aproximadamente toma de 5 a 8 días de tiempo soleado para secar a menos de 7 u 8% de humedad. Este es el valor necesario para impedir que crezcan los mohos durante el almacenamiento [8]. En la figura 1.5 se aprecia un hombre ejecutando el procedimiento tradicional de secado.



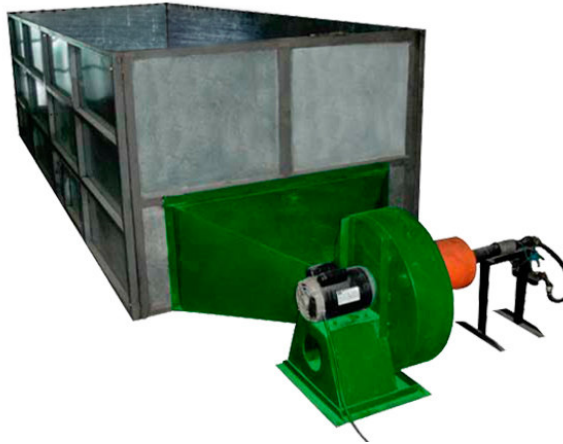
FIGURA 1.5 SECADO AL SOL DEL CACAO

Fuente: [9]

En los lugares donde el clima durante la recolección es de mediana o alta humedad, o cuando el volumen de cosecha sobrepasa la capacidad para secarlo naturalmente, se emplea métodos artificiales. El método

comúnmente utilizado es el que emplea los secadores estacionarios o de lecho fijo. Este método consiste en esparcir las habas sobre una superficie metálica perforada y, mediante el empleo de una fuente de calor (generalmente quemadores de GLP), en acción conjunta con un ventilador centrífugo, se produce la convección forzada, que pone en contacto el aire seco con las habas de cacao húmedas. Con este tipo de equipos el secado tarda unas 12 horas aproximadamente (según la humedad contenida por las habas) a una temperatura máxima, entre 50°C a 60°C. Para simular condiciones naturales se recomienda ciclos de dos horas de calor y una a dos horas de ventilación [7].

En la figura 1.6 se aprecia la ubicación de los equipos de secado; el quemador ubicado ortogonalmente a la aspiración del ventilador centrífugo y éste antecediendo la campana de conducción de aire.



**FIGURA 1.6 QUEMADOR, VENTILADOR CENTRÍFUGO
Y CAMPANA CONDUCTO**

Fuente: [10]

- **Prueba del corte.**

La prueba del corte es un procedimiento que ha quedado establecido como un estándar internacional de calidad del cacao en grano. El procedimiento inicia con la selección al azar de varias muestras de granos, la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 176, establece la clasificación y requisitos de calidad que debe cumplir el cacao en grano beneficiado. Una vez seleccionado, se secciona longitudinalmente cada haba, para revelar la sección media y apreciar con claridad los cotiledones, con el objetivo de examinar individualmente y determinar el porcentaje de habas de distintas categorías, aquellas con defectos en la fermentación, contaminación de

plagas, habas mohosas, lesionadas por insectos, habas germinadas, entre otras causas [11]. En la figura 1.7 se aprecia el procedimiento selectivo en la prueba del corte, para la determinación de la calidad de los lotes de cacao.



FIGURA 1.7 PRUEBA DEL CORTE

Fuente: [12]

- **Limpieza de las habas de cacao.**

Para obtener un producto de alta calidad, las habas han de proceder, en primer lugar, de mazorcas de cacao completamente maduras y, por otra parte, han de encontrarse correctamente fermentadas y secas. Posteriormente, el producto debe ser sometido a un proceso de limpieza; los métodos utilizados en la industria para remoción de elementos ajenos

al cacao, como piedras, fragmentos metálicos, polvo, vidrio, etc., son significativamente importantes, ya que evitan el desgaste y daño de la maquinaria en los procesos subsecuentes.

La figura 1.8 ilustra el proceso clásico de limpieza utilizado en la industria de cacao. Entre las etapas de remoción de impurezas comúnmente llevadas a cabo en la industria se encuentran las siguientes:

- Eliminación por tamizado de impurezas finas y gruesas.
- Eliminación de material ferroso mediante el uso de magnetos.
- Desempedrado y remoción de partículas de alta densidad; y
- Colectado de polvo mediante varios pasos de limpieza.

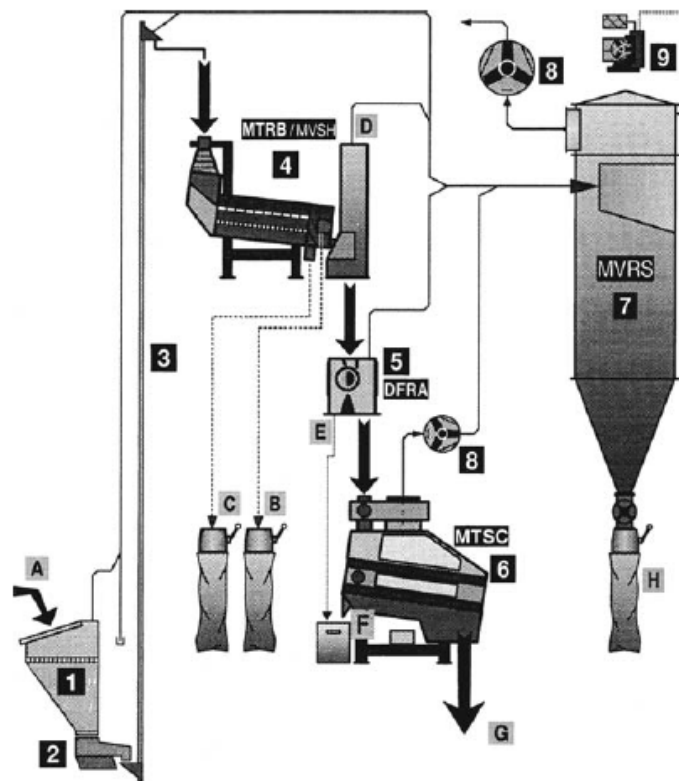


FIGURA 1.8 ESQUEMA REPRESENTATIVO DEL PROCESO DE LIMPIEZA DE LOS GRANOS DE CACAO

(1) Tolva de alimentación; (2) Alimentador vibratorio; (3) Elevador de cangilones; (4) Separador con sistema de aspiración; (5) Magneto rotatorio; (6) Equipo de desempedrado; (7) Ciclón; (8) Extractor; (9) Ventilador; (A) Semillas sin tratar; (B) Impurezas gruesas/ásperas (madera y fibras de tela); (C) Impurezas finas (arena, etc.); (D) Impurezas ligeras (polvo, cáscaras, etc.); (E) Partículas ferromagnéticas; (F) Impurezas pesadas (piedras y vidrio); (G) Producto limpio; (H) Filtro de partículas.

Fuente: [8]

- **Remoción de cáscaras.**

El proceso de remoción de cáscaras de las habas de cacao, corresponde a una etapa previa muy importante en la elaboración del licor. Como aspectos más relevantes que justifican esta actividad se citan los siguientes:

- Las cáscaras, por su acción de proteger a los cotiledones y al estar expuestas al medio natural, se encuentran cargadas de elementos contaminantes indeseables para la producción de licor.
- Las cáscaras no contribuyen positivamente al aroma del producto final.
- Por ser un material fibroso y relativamente duro, actúa como elemento abrasivo para los componentes mecánicos de los equipos de molienda.

La remoción de las cáscaras de las habas de cacao se simplifica en tres etapas: el pre-tostado, el quiebre y venteo de las habas.

- **Pre-tostado.**

El objetivo principal de esta etapa es aflojar las cáscaras de las habas para su posterior remoción. La industria moderna ha desarrollado maquinaria que permite llevar a cabo el pre-tostado en pocos segundos. Probablemente la tecnología que mejor desempeña esta actividad es la

realizada por los equipos de micronización, que emplean la energía infrarroja para llevar a cabo su objetivo. Destacables por su fiabilidad y sus bajísimos costos de mantenimiento, el proceso de infrarrojos garantiza la limpieza, una separación óptima de las cáscaras (con menos de un 0,3% de pérdidas de grano en las cáscaras), mayores granos, menos polvo, ninguna migración de grasa ni pérdida apreciable de manteca de cacao [13].

Estos equipos pueden generar temperaturas superficiales en las habas de cacao de hasta 115 °C en 60 segundos, con un contenido de humedad de alrededor del 5% al final de la etapa de exposición infrarroja. La energía de infrarrojos absorbida por el haba provoca un rápido aumento de la presión del vapor de agua en la superficie, ocasionando que la cáscara se parta y libere el cotiledón [14]. Otras alternativas en la industria son los pre-tostadores de llama directa, pre-tostadores con aire insuflado, entre otros. En la figura 1.9 se aprecia el diseño de un equipo típico de micronización; del mismo modo, la figura 1.10 destaca los radiadores de energía infrarroja de estos equipos, cuya fuente generalmente se origina al quemar GLP.

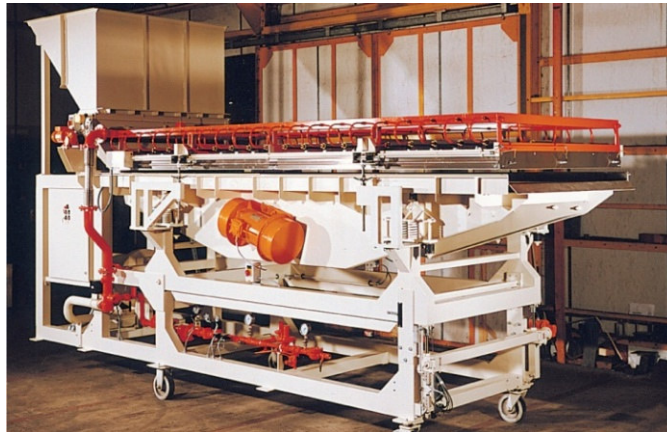


FIGURA 1.9 EQUIPO DE MICRONIZACIÓN

Fuente: [15]

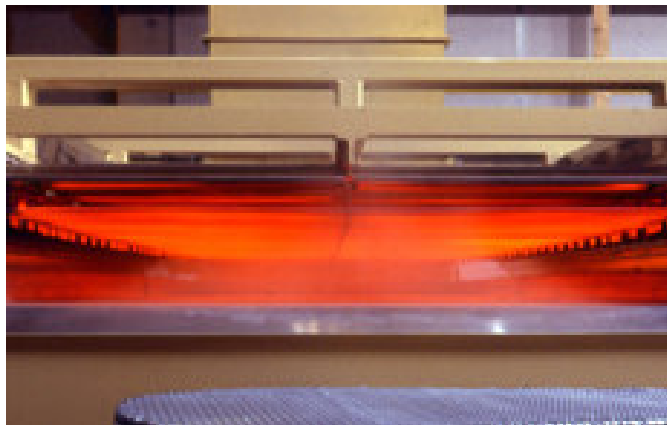


FIGURA 1.10 RADIADORES DE PLACAS INFRARROJAS

Fuente: [15]

- **Quiebre del haba de cacao.**

Posteriormente, se dirigen las habas hacia fragmentadores tipo martillos rotatorios, que utilizan la fuerza centrífuga para dirigir las semillas hacia platos de impacto ubicados periféricamente en la cámara trituradora del

equipo, de esta manera, las semillas que aún mantienen cáscara se rompen, liberando los nibs (fragmentos de cotiledones de cacao), provocando que caigan por gravedad hacia los separadores de venteo. En la industria generalmente se conoce a estos dos equipos como crusher y winnower respectivamente [8]. En las figuras 1.11 y 1.12, se aprecia la representación de los equipos antes descritos.

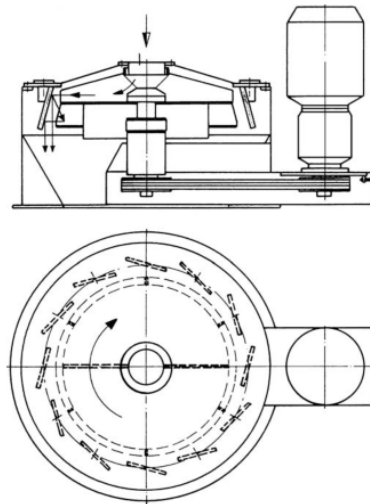


FIGURA 1.11 FRAGMENTADOR TIPO MARTILLO ROTATORIO (CRUSHER)

Fuente: [8]

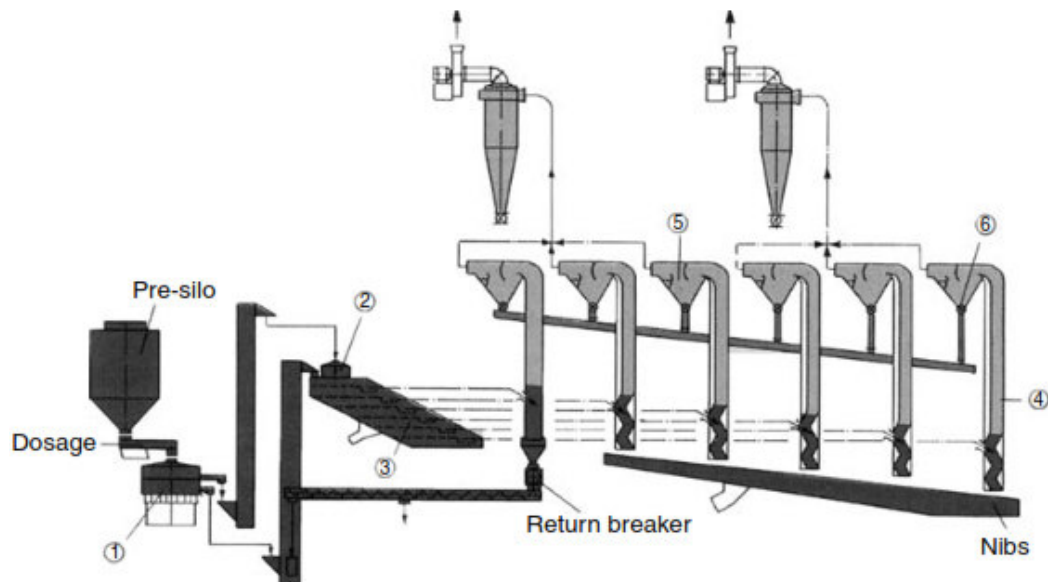


FIGURA 1.12 ESQUEMA DE UN EQUIPO DE VENDEO (WINNOWING)

(1) Pre-criba; (2) Equipo fragmentador principal; (3) Criba principal; (4) Cedazos verticales; (5) Separador de cáscaras; (6) canalón de conducción para cáscaras.

Fuente: [8]

- **Alcalinización (aportación de color).**

El objetivo principal de la alcalinización es la aportación de color en la producción de cacao. La alcalinización ha dado mejores resultados al ser ejecutada sobre los nibs de cacao, por sobre el tratamiento en el licor o en la torta de cacao. Básicamente los nibs son mezclados con una solución alcalina, usualmente carbonato de potasio o carbonato de sodio y agua. Esta mezcla se calienta el tiempo suficiente hasta obtener un cambio de color uniforme [8]

- **Tostado de los nibs.**

Posteriormente los nibs son sometidos al tostado, con el empleo generalmente de tostadores tipo rotatorios, cuyo esquema se aprecia en la figura 1.13. Estos equipos calientan los nibs en dos etapas. La primera de ellas a una temperatura por debajo de 100°C durante 10 minutos aproximadamente, logrando reducir la humedad del producto desde un 7 a 6% hasta un 3 a 2%. En la segunda etapa del tostado, la temperatura es elevada de acuerdo a los requerimientos en el desarrollo del sabor y aroma, alcanzando temperaturas hasta de 130°C en un lapso de tiempo de entre 15 a 20 minutos [13]. Es necesario tomar muestras periódicas del producto una vez concluido este proceso, con el fin de realizar pruebas microbiológicas que permitan verificar la eliminación de todo organismo patógeno y bacteriano, como por ejemplo la salmonella [8].

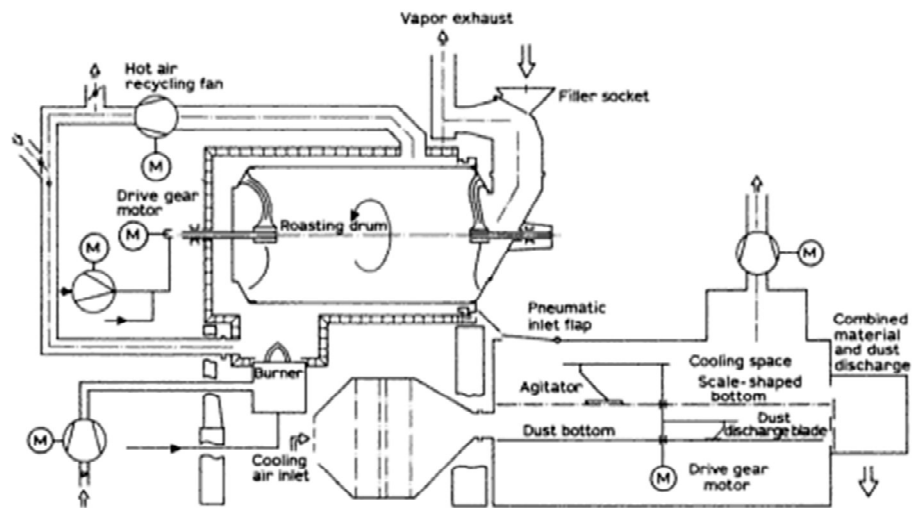


Fig. 2.8. Tornado Roaster—2600RS

G. W. Barth, Ludwigsburg, W. Germany

FIGURA 1.13 EQUIPO TOSTADOR TIPO TORNADO

Fuente: [13]

- **Molido de los nibs.**

El nib de cacao se transforma, mediante la acción del molido, a licor de cacao para una eficiente remoción de la manteca. La masa del nib es aproximadamente 53 a 55% de manteca contenida dentro de una célula cuyo tamaño bordea los 20 a 30 μm ($8-12 \times 10^{-4}$ pulg.). El tamaño final de las partículas de licor durante el molido es de aproximadamente 15 a 50 μm ($6-20 \times 10^{-4}$ pulg.) y está determinado por el proceso subsecuente al cual será sometido, es decir, el licor con partículas más finas para la elaboración de confitería y el más grueso para la extracción de manteca.

Cabe señalar que las partículas cuyo tamaño sea menor a $20\mu\text{m}$ (8×10^{-4} pulg.) reducirán la eficiencia del prensado, taponando los filtros, permitiendo la acumulación de partículas minúsculas en la estructura del material filtrante absorbiendo excesiva cantidad de grasa [8].

Rápidamente se describirán alguno de los métodos de molienda más utilizados en la industria:

- Molino de discos de roca: Por muchos años el proceso de molido se lo realizaba por la acción del contacto entre rocas en forma de discos. Los primeros equipos de esta clase se constituían de tres pares de discos dispuestos verticalmente y ubicados en niveles. Cada par mantenía el disco inferior estacionario mientras que el otro rotaba sobre el primero; de esta manera, la finura del licor molido dependía de la separación con la que se calibraban los discos. Posteriormente se incorporaron mejoras en estos equipos, tales como la adaptación de piedras de óxido de aluminio que sufrían menos desgastes que las rocas minerales, pero aquello era el paso previo para llegar a los discos ranurados de acero, con lo que este equipo pasó a llamarse molino de licor. Los molinos modernos pueden producir licor muy fino, de hasta un 99% de finura a través de cernideros con 325

mesh (0,044 mm de agujero en malla) [13]. La figura 1.14 ilustra la composición de los molinos de licor utilizados por la industria moderna.

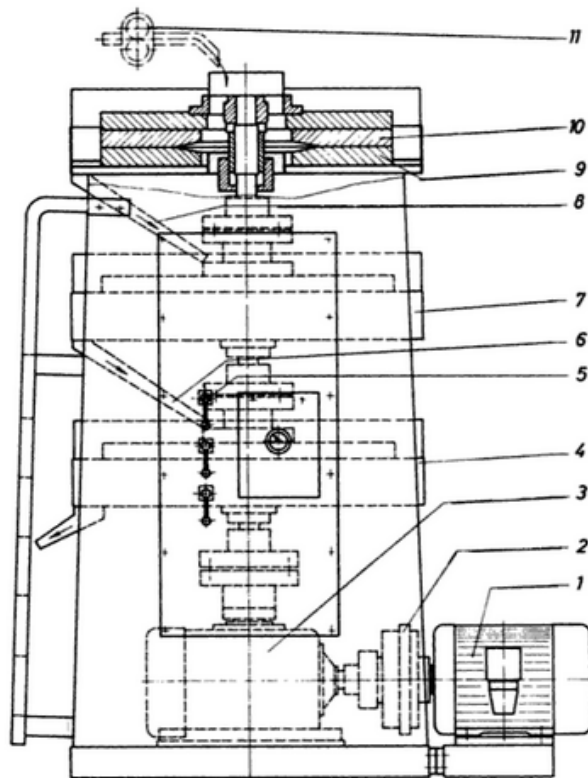


FIGURA 1.14 REPRESENTACIÓN DE MOLINO DE DISCOS - MARCA LEHMANN

(1) Motor impulsor; (2) Acople; (3) Reductor de engranajes; (4) Par inferior de discos de molido; (5) Mecanismo neumático de espaciamiento; (6) Canal de salida de la masa; (7) Par central de discos de molido; (8) Canal de salida de la masa; (9) Molino de disco inferior (estator); (10) Molino de disco superior (rotor).

Fuente: [5].

- Molino de pines: Este equipo está constituido por dos discos, cada uno equipado con pines de acero. Estos discos rotan en direcciones opuestas y son alimentados con nibs mediante transportadores de tornillos a través

de un conducto ubicado en su parte superior. La tolva de alimentación al tornillo debe ser equipada con imanes a fin de impedir el ingreso de material ferroso junto con los nibs. La velocidad de los discos y la distribución de los pines, son tales que permiten que las partículas de nibs queden pulverizadas y reducidas a una pasta fluida con un tamaño de partícula del orden de 90 a 120 μm [13]. En la figura. 1.15 se aprecia un molino de pines típico para la producción de licor de cacao.



FIGURA 1.15 MOLINO DE PINES DE ACERO

Fuente: [16]

- Molino vertical de bolas: Este equipo básicamente se compone de un cilindro vertical que contiene un rotor agitador y bolas de acero que serán los medios de molienda. La materia prima de alimentación al equipo deberá ser previamente sometida a uno de los procesos de molido anteriormente

mencionados, a fin de tener pasta fluida de cacao que será bombeada hacia el interior del cilindro. La figura 1.16 muestra la configuración del modelo Wieneroto, una de las variedades de este tipo de molinos. Estos equipos son empleados principalmente para moler cacao que será utilizado para la fabricación de licor, manteca y torta. Uno de los inconvenientes que muy a menudo presenta el empleo de estos equipos, es la presencia de limallas metálicas en el licor, provenientes tanto de las bolas, del brazo agitador y de la pared del tanque, por ello se instalan magnetos a la descarga del licor a fin de atrapar el material férreo [13].

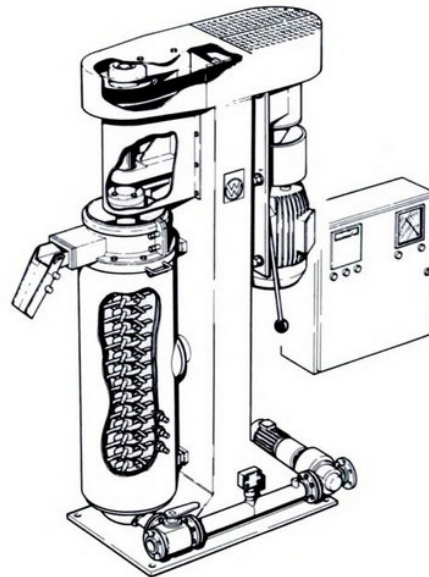


FIGURA 1.16 MOLINO DE BOLAS TIPO WIENEROTO

Fuente: [13]

1.2. Propiedades físicas óptimas del licor de cacao previo al prensado óleo hidráulico.

Las propiedades físicas óptimas para que el licor de cacao sea sometido a prensado óleo hidráulico, se refieren a las condiciones, tanto de tamaño de partícula, temperatura y demás características organolépticas que contribuyen a obtener un producto de buenas cualidades y que hacen eficiente el proceso de prensado en los equipos destinados a esta aplicación.

- Una de las propiedades más importante proviene del tamaño de partícula, el cual debe situarse en valores inferiores o iguales a los 50 μ m, considerando además que partículas menores a las 20 μ m reducirán la eficiencia del prensado, ya que éstas pasarán a través del filtro, tapándolo al absorber excesivas cantidades de manteca [8]. Un método práctico empleado para determinar o controlar la finura óptima del licor previo al prensado es obtener al menos un 98 a 99% de finura al utilizar cernideros de 200 mesh [13].

- La temperatura óptima del licor de cacao debe situarse entre los 95 y 110 °C. Temperaturas superiores perjudicarán el aroma final de la manteca de cacao [13].
- Uno de los aspectos más importantes que deben considerarse. es el contenido de humedad en el licor de cacao, el cual debe situarse entre el 0,8 y 1,8 % de su masa [13].
- Aunque no sea considerada como una propiedad física propiamente dicha, la calidad microbiológica del licor de cacao es un parámetro muy importante para la industria cacaotera. Si existiera un alto conteo de placa, es decir, de agentes microbiológicos aerobios ($>1 \times 10^6$ ufc/g) y la presencia de Salmonella en los granos de cacao, se recomienda que el licor sea sometido a un tratamiento térmico a fin de obtener un producto que cumpla con las especificaciones microbiológicas mínimas para el consumo humano [8].

En la Tabla 1, mostrada a continuación, se puede apreciar otros parámetros cualitativos del licor de cacao de referencia en la industria:

TABLA 1
PARÁMETROS DE CALIDAD DEL LICOR DE CACAO

REQUISITOS	UNIDAD	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉTODO DE ENSAYO
<i>Grasa</i>	%	48	54	INEN 535
<i>Humedad</i>	%	-	3	INEN 1 676
<i>Almidón natural de cacao</i>	%	8,5	9,0	INEN 636
<i>Fibra Cruda</i>	%	-	4,7	INEN 534
<i>Cenizas totales</i>	%	-	7,5	INEN 533
			Alcalinizada 5 normal	
<i>Moho y levaduras</i>	u.f.c*/g	-	100	INEN 1 529
<i>Coliformes</i>	u.f.c*/g	-	10	INEN 1 529
<i>E. Coli</i>	u.f.c*/g	-	1	INEN 1 529
<i>Salmonella</i>	u.f.c*/g	-	0	INEN 1 529

u.f.c.= unidades formadoras de colonias

Fuente: [17]

1.3. Métodos de obtención de manteca de cacao.

El método comúnmente utilizado por la industria nacional para la obtención de manteca de cacao, es aquel que utiliza la energía óleo hidráulica; sin embargo, se describirán brevemente otros métodos utilizados por la

industria, con el objeto de establecer las diferencias, sobre todo cualitativas, entre ellos.

Entre los principales métodos industriales para obtención de manteca de cacao se citan los siguientes:

- Extracción mediante prensado óleo hidráulico.
- Extracción mediante expelido.
- Extracción mediante solventes.

- Extracción de manteca de cacao mediante prensado óleo hidráulico.

Este es el principal método de obtención de manteca de cacao empleado por la industria nacional e internacional; no obstante, el alto costo de estos equipos se ha convertido en un obstáculo para el incremento de producción de manteca, reduciendo esta actividad a un minúsculo sector de grandes compañías procesadoras de cacao, en nuestro país asentadas principalmente en las ciudades de Guayaquil y Durán.

Las primeras prensas para extracción de manteca de cacao estaban orientadas en sentido vertical, y estaban provistas de cuatro a seis cámaras

ubicadas una por sobre la otra. Cada cámara estaba fabricada en acero inoxidable grado alimenticio con perforaciones en la base, sobre la cual se colocaba un filtro de almohadilla, usualmente paño, entonces se llenaba la cámara con licor de cacao y se colocaba un filtro adicional en la parte superior. Un émbolo aplicaba presión sobre cada cámara, y la manteca era extraída a través de los filtros de paño hacia canales alrededor de las cámaras y luego hacia los contenedores.

La presión generada en aquellas prensas, podían alcanzar los 6000 psi con capacidades de procesar hasta 250 libras de licor, en los modelos más grandes. El control de la cantidad de manteca contenida en las tortas resultantes, estaba en gran parte determinado por el tiempo de prensado, alrededor de 15 minutos de prensado se requería para reducir la torta a un 22% de manteca y alrededor de 30 minutos para reducirla a un 14% [13]. En la figura 1.17 se aprecia el diseño de las primeras prensas utilizadas en la industria incipiente del cacao.

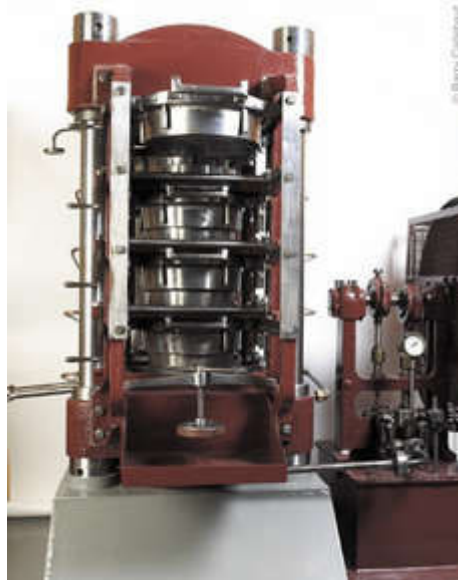


FIGURA 1.17 PRENSA VERTICAL DE EXTRACCIÓN DE MANTECA DE CACAO

Fuente: [18]

Actualmente, la manteca de cacao es obtenida mediante el empleo de prensas oleo hidráulicas horizontales, las mismas que son alimentadas por licor de cacao precalentado en el proceso de molido previo. La presión necesaria para la extracción de manteca está en el orden de los 540 bares. El producto resultante del prensado es una torta de cacao con un porcentaje de manteca de alrededor del 10 al 12%, sometida a dicha presión durante un promedio de 15 minutos [8]. En la figura 1.18 se aprecia los componentes comunes del sistema de extracción de manteca de cacao utilizados en las prensas óleo hidráulicas.

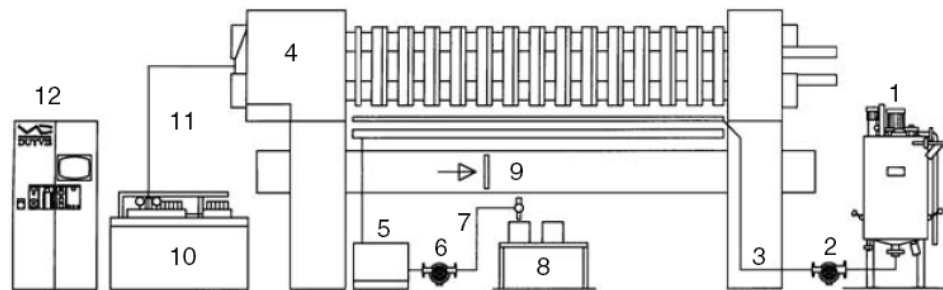


FIGURA 1.18 ESQUEMA TÍPICO DEL SISTEMA DE PRENSADO DE LICOR DE CACAO

(1) Tanque de almacenamiento de licor de cacao; (2) bomba de licor de cacao; (3) Cañería de conducción de licor de cacao; (4) Prensa óleo hidráulica de extracción de manteca de cacao; (5) Receptor de manteca de cacao; (6) Bomba de manteca de cacao; (7) Cañería de conducción de manteca de cacao; (8) Filtros para manteca; (9); Transportador de torta de cacao.

Fuente: [8]

Una vez concluido el prensado óleo hidráulico se obtienen dos sub productos del licor: la manteca de cacao y la torta, esta última, útil en la producción de cocoa. Cada uno de estos sub productos ha sido calificado cuantitativa y cualitativamente en base a su composición química, propiedades físicas y comportamiento frente a condiciones ambientales.

La Tabla 2, indica el comportamiento de la manteca de cacao obtenida por prensado óleo hidráulico, frente a distintas temperaturas establecidas como estándares de calidad.

TABLA 2
COMPORTAMIENTO DE LA MANTECA VS TEMPERATURA

PARÁMETRO	VALOR
<i>Temperatura de fractura</i>	Por debajo de 20°C
<i>Temperatura de fusión</i>	32,8 - 35°C
<i>Temperatura de ablandamiento (fusión incipiente)</i>	30 – 32°C

Fuente: [19]

Los parámetros indicados en la Tabla 3, se refieren a pruebas de laboratorio que determinan la calidad de la manteca de cacao.

TABLA 3
PARÁMETROS DE CALIDAD DE MANTECA DE CACAO

PARÁMETRO	VALOR	MÉTODO
<i>Ácidos grasos libre</i>	1,75%	IUPAC 2.201, 1987
<i>Valor yódico</i>	33-42	IUPAC 2.205, 1987
<i>Índice refractivo a 40°C</i>	1,456–1,459	IUPAC 2102, 1987
<i>Contenido de humedad</i>	Máx. 0,1%	IOCCC 26, 1988
<i>Materia no-saponificada</i>	Máx. 0,35%	IOCCC 23, 1988

Fuente: [8].

Por su parte las tortas se trituran para formar el polvo de cacao. El procesamiento puede ser alterado para producir polvos de cacao de diferente composición y con diferentes niveles de grasa.

En la Tabla 4, se puede apreciar los distintos parámetros y valores referenciales utilizados por la industria para evaluar la calidad del polvo de cacao. Los valores mostrados pueden variar dependiendo de la calcinación, la alcalinización y procesos de prensado realizados:

TABLA 4
PARÁMETROS DE LA COMPOSICIÓN DEL POLVO DE CACAO

PARÁMETRO	VALOR
<i>Humedad</i>	3,0%
<i>Manteca de cacao</i>	11,0%
<i>pH (10% en suspensión)</i>	5,7%
<i>Ceniza</i>	5,5%
<i>Ceniza soluble en agua</i>	2,2%
<i>La alcalinidad de las cenizas solubles en agua como K₂O en cacaos originales</i>	0,8%
<i>Fosfatos (como P₂O₅)</i>	1,9%
<i>Cloruro (como NaCl)</i>	0,04%
<i>Ceniza insoluble en 50% de HCl</i>	0,08%
<i>Cáscara (calculado para nib no alcalinizado)</i>	1,4%
<i>Nitrógeno total</i>	4,3
<i>Nitrógeno (corregido para alcaloides)</i>	3,4%
<i>Proteínas</i>	
<i>Nitrógeno (corregido para alcaloides x 6,25)</i>	21,2
<i>Teobromina</i>	2,8%

Fuente: [13].

- Extracción de manteca de cacao mediante expelido.

En el método de expelido, extrusión o prensado con tornillo, prevalecen ligeras variaciones en las condiciones previas a la extracción de manteca, si se compara con el método de prensado óleo hidráulico; es decir, por citar uno de ellos, los nibs deben ser precalentados aplicando vapor para coadyuvar a la separación de la manteca de cacao, la misma que químicamente es la misma que la obtenida mediante prensado óleo hidráulico [13]. El expelido

es también utilizado para extraer manteca desde las habas enteras o de aquellas inmaduras. Cabe señalar que el aroma de la manteca de cacao obtenida mediante este proceso es diferente al de la manteca obtenida mediante prensado óleo hidráulico, el cual puede ser muy ligero y floral si se utilizan habas crudas. La manteca de cacao obtenida mediante expelido es usualmente sometida a un proceso de refinado [8]. En la figura. 1.19 se aprecia el diseño de un equipo de expelido de manteca de cacao.

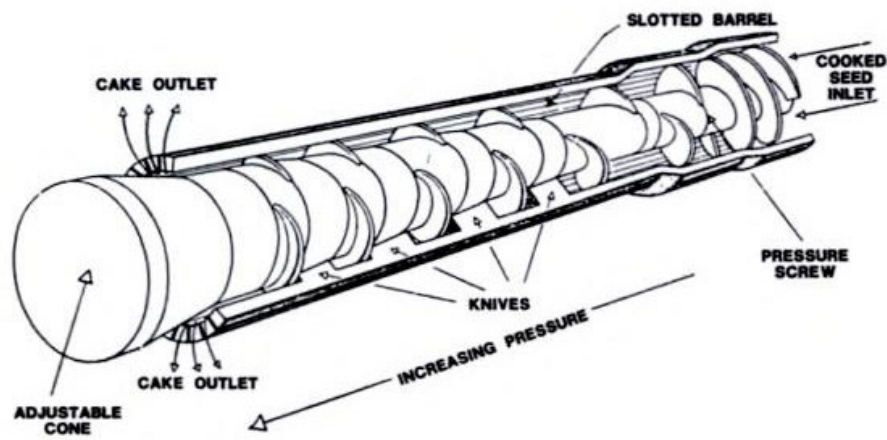


FIGURA 1.19 EQUIPO DE PRENSADO MEDIANTE EXPELIDO

Fuente: [13].

- Extracción de manteca de cacao mediante solventes.

Este proceso se lo utiliza generalmente para la obtención de manteca a partir de tortas de cacao resultantes del proceso de expelido; generalmente se lo usa para obtener tortas de cacao con un porcentaje de manteca menor al 10%, empleando para ello solventes como CO₂ o hexano. Luego de la extracción de la manteca, una vez evaporado el solvente, se la somete al proceso de refinación, blanqueamiento y desodorización, para que pueda ser utilizada como ingrediente en la fabricación de chocolates [13].

1.4. Beneficio de un banco experimental para la extracción de manteca de cacao.

La aplicación de la ciencia enfocada al desarrollo tecnológico del sector industrial del país, es probablemente la herramienta más confiable y duradera que determinará el desarrollo o no de nuestra economía, conjuntamente con políticas que aseguren el acceso equitativo de la población a los recursos de la nación; en esta hipótesis, muy personal, radica específicamente la practicidad en la ejecución de este proyecto de graduación, ya que tal y como la historia de la economía del país lo ha

demostrado, el desarrollo económico, específicamente en el campo cacaotero, no ha involucrado sustancialmente a los productores directos de la materia prima, sino más bien, a aquellos que contaron con los recursos suficientes para transformarlos en bienes de consumo.

La puesta en ejecución de este trabajo, busca impulsar la creación de pequeños sectores industriales, con un enfoque particular en pequeños sectores agrícolas, llámense cooperativas agrícolas o sectores artesanales chocolateros, comunidades o poblaciones dedicados al turismo ecológico y demás sectores que puedan aprovechar el resultado de la experimentación de las diferentes variedades de cacao que obtengan de sus parcelas.

El análisis de los resultados individuales, les proporcionará la mejor combinación a fin de obtener manteca de cacao de buena calidad y a bajo costo, en función de sus requerimientos de producción y realidad operativa. De esta manera, uno de los productos de mayor cuantía en el mercado del cacao estará en las manos de pequeños productores nacionales, en pos de la masificación de la muy rentable industria de chocolates.

Para contar con una idea clara de la magnitud de las exportaciones nacionales de cacao, tanto en grano como semielaborados, es decir, pasta de cacao sin desgrasar, manteca de cacao y torta de cacao, se presenta información estadística actualizada de ANECACAO, para ello hacemos uso de la figura 1.20, la misma que pone de manifiesto el constante incremento de las exportaciones año tras año, a partir del 2003.



FIGURA 1.20 EVOLUCIÓN DE EXPORTACIONES ECUATORIANAS DE CACAO Y SEMIELABORADOS

Fuente: [20]

La figura 1.21, presenta información acerca de los principales mercados internacionales de nuestro cacao y semielaborados, además muestra una comparación del precio internacional de cada uno de ellos, durante los meses de enero a abril del 2012 al 2014.

PRINCIPALES PRODUCTOS Y DESTINOS CACAO Y ELABORADOS

Destinos	Unidades	Ene-Abr			Variación		Part. 2013
		2012	2013	2014	2012 - 2013	2013 - 2014	
ESTADOS UNIDOS	Fob Miles USD	45,399	45,445	66,004	0.10%	45.24%	27.29%
	Toneladas	20,050	20,552	21,874	2.50%	6.44%	29.02%
MALASIA	Fob Miles USD	15,174	24,357	13,426	61%	-44.88%	14.63%
	Toneladas	6,830	11,515	4,750	69%	-58.75%	16.26%
ALEMANIA	Fob Miles USD	20,059	19,456	14,462	-3.00%	-25.67%	11.68%
	Toneladas	8,235	8,102	4,975	-1.61%	-38.60%	11.44%
HOLANDA (PAÍSES BAJOS)	Fob Miles USD	21,624	16,984	26,187	-21.48%	54.19%	10.20%
	Toneladas	9,007	7,437	8,752	-17.44%	17.69%	10.50%
MÉXICO	Fob Miles USD	10,878	15,748	18,503	44.77%	17.49%	9.46%
	Toneladas	4,771	7,486	6,441	56.51%	-13.73%	10.54%
OTROS PAÍSES	Fob Miles USD	45,666	44,538	58,131	-2.47%	30.52%	26.75%
	Toneladas	14,272	15,735	17,662	10.25%	12.24%	22.22%
TOTAL	Fob Miles USD	158,800	166,528	196,712	4.87%	18.13%	100%
	Toneladas	63,164	70,807	64,454	12.10%	-8.97%	100%

Principales Subpartidas		Unidades	Ene-Abr			Variación		Part. 2013
			2012	2013	2014	2012 - 2013	2013 - 2014	
1801.00.19.00 CACAO EN GRANO CRUDO, LOS DEMAS EXCEPTO PARA SIEMBRA	Fob Miles USD	126,693	137,776	160,576	8.75%	16.55%	82.73%	
	Toneladas	55,354	63,348	56,113	14.44%	-11.42%	89.47%	
1803.10.00.00 PASTA DE CACAO SIN DESGRASAR	Fob Miles USD	6,559	7,624	8,000	16.24%	4.94%	4.58%	
	Toneladas	2,095	2,707	2,351	29.24%	-13.17%	3.82%	
1806.90.00.00 LOS DEMAS CHOCOLATES Y PREPARACIONES ALIMENTICIAS QUE CONTENGAN CACAO	Fob Miles USD	5,823	5,779	4,892	-0.76%	-15.34%	3.47%	
	Toneladas	263	273	216	3.67%	-20.84%	0.39%	
1805.00.00.00 CACAO EN POLVO SIN ADICION DE AZUCAR NI OTRO EDULCORANTE	Fob Miles USD	9,876	5,705	3,848	-42.24%	-32.55%	3.43%	
	Toneladas	2,141	1,411	1,492	-34.10%	5.71%	1.99%	
1804.00.12.00 MANTECA DE CACAO CON UN INDICE DE ACIDEZ EXPRESADO EN ACIDO OLEICO ENTRE 1% Y 1.65%	Fob Miles USD	5,361	5,125	8,938	-4.41%	74.40%	3.08%	
	Toneladas	1,900	1,448	1,353	-23.79%	-6.58%	2.04%	
OTROS PRODUCTOS	Fob Miles USD	4,488	4,519	10,459	0.69%	131.42%	2.71%	
	Toneladas	1,411	1,619	2,930	14.71%	80.98%	2.29%	
TOTAL	Fob Miles USD	158,800	166,528	196,712	4.87%	18.13%	100.00%	
	Toneladas	63,164	70,807	64,454	12.10%	-8.97%	100.00%	

El sector cacao y elaborados está conformado por 22 subpartidas según la clasificación de PRO ECUADOR



Ministerio de
Comercio Exterior



PRO ECUADOR
INSTITUTO NACIONAL DE PROMOCIÓN

FIGURA 1.21 DESTINOS DE EXPORTACIONES, PRECIO DE CACAO Y SEMIELABORADOS

Fuente: [21]

A continuación, se utilizan los datos de exportaciones durante el período enero/abril 2014, a fin de representar mediante dos pasteles estadísticos la incidencia y distribución de cada producto frente al total exportado.

El primero de ellos, mostrado la figura 1.22, ilustra la distribución de las toneladas exportadas de cada subpartida referente a cacao. Se puede notar que las exportaciones de cacao en grano son las que ocupan el primer lugar en esta escala, con un 87% del total exportado y, aquellas correspondientes a “chocolates y productos alimenticios que contengan cacao”, se encuentra en el último lugar, con menos del 1% del total exportado.

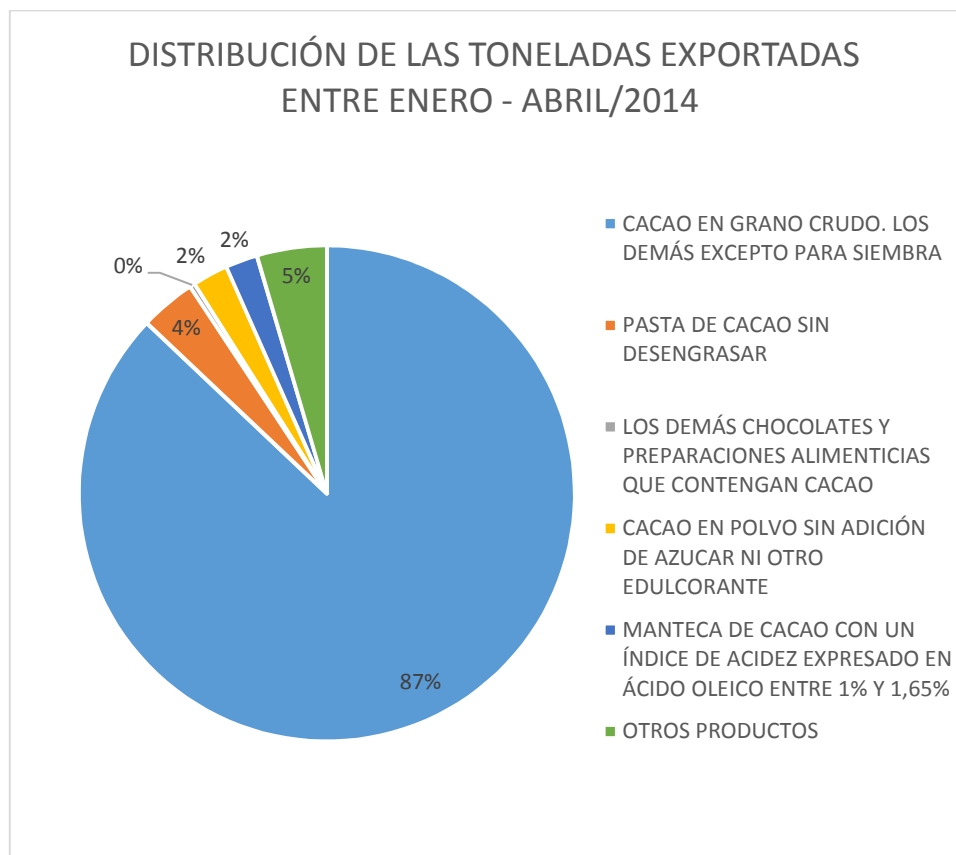


FIGURA 1.22 DISTRIBUCIÓN DE TONELADAS EXPORTADAS ENTRE ENERO A ABRIL DE 2014

Fuente: [21]

En la figura 1.23, se muestra la distribución porcentual del ingreso en dólares generado por cada tonelada exportada de las distintas subpartidas.

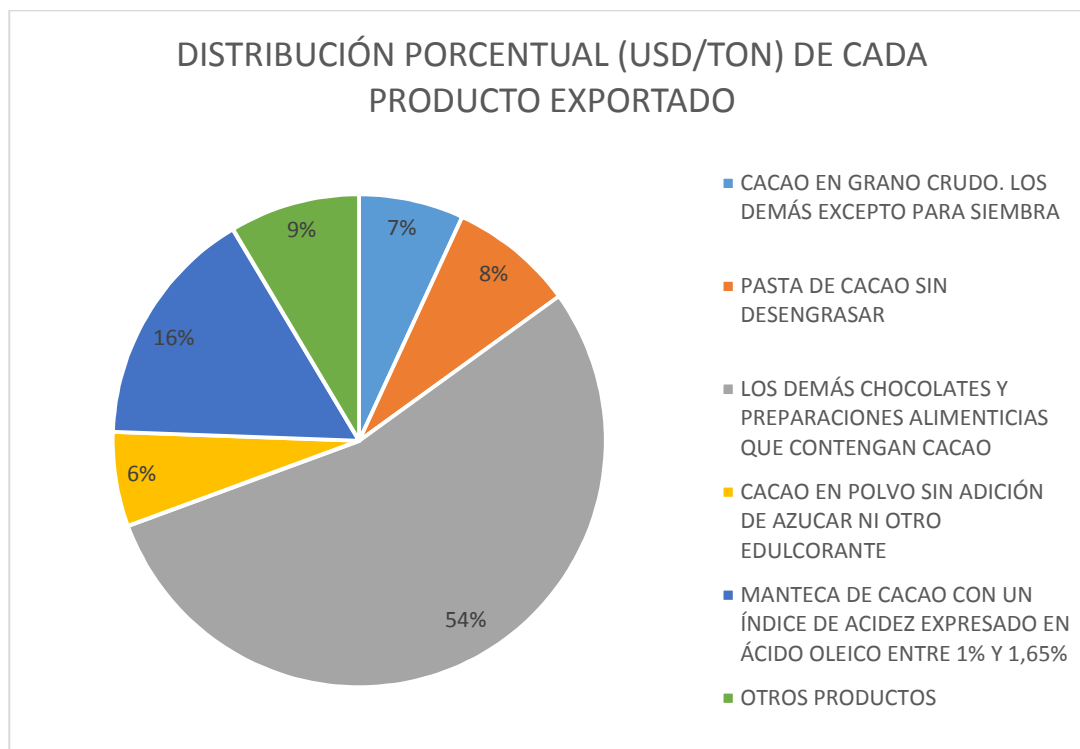


FIGURA 1.23 DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL (USD/TON) DE CADA SUBPARTIDA EXPORTADA

Fuente: [21]

En dicha figura se observa que los mayores ingresos por tonelada exportada corresponden a las generadas por “chocolates y productos alimenticios que contengan cacao”, seguido del cacao en grano crudo. De esta manera, se puede demostrar que la generación sustancial de ingresos se encuentra en la exportación de subproductos de cacao, en especial de chocolates terminados y no de materia prima. Cabe señalar, que para

generar productos de mayor cuantía, ingrediente fundamental para lograrlo es la manteca de cacao.

En la figura 1.24 se muestra la participación del país frente a otras naciones productoras de cacao. Al analizarla queda claro, que el país cuenta con todo el potencial para convertirse en un centro chocolatero muy competitivo para naciones europeas y anglosajonas, que se reparten este valioso mercado.

Production of cocoa beans
(thousand tonnes)

	2011/12		Estimates 2012/13		Forecasts 2013/14	
Africa	2919	71.5%	2823	71.9%	2981	71.6%
Cameroon	207		225		205	
Côte d'Ivoire	1486		1449		1610	
Ghana	879		835		850	
Nigeria	235		225		230	
Others	113		89		86	
America	655	16.0%	622	15.8%	676	16.2%
Brazil	220		185		210	
Ecuador	198		192		210	
Others	237		245		256	
Asia & Oceania	511	12.5%	484	12.3%	505	12.1%
Indonesia	440		410		425	
Papua New Guinea	39		37		40	
Others	32		37		40	
World total	4085	100.0%	3929	100.0%	4162	100.0%

FIGURA 1.24 PARTICIPACIÓN DEL ECUADOR EN LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CACAO

Fuente: [22]

CAPÍTULO 2

2. DISEÑO DE BANCO EXPERIMENTAL PARA EXTRACCIÓN DE MANTECA DE CACAO.

2.1. Diseño de forma.

El banco experimental estará conformado por dos grupos principales:

El primero de ellos, definido como la estructura de la prensa óleo hidráulica, la cual estará constituida principalmente por perfiles estructurales y placas de acero ASTM A36 laminados en caliente. En la figura 2.1 se identifican sus componentes principales:

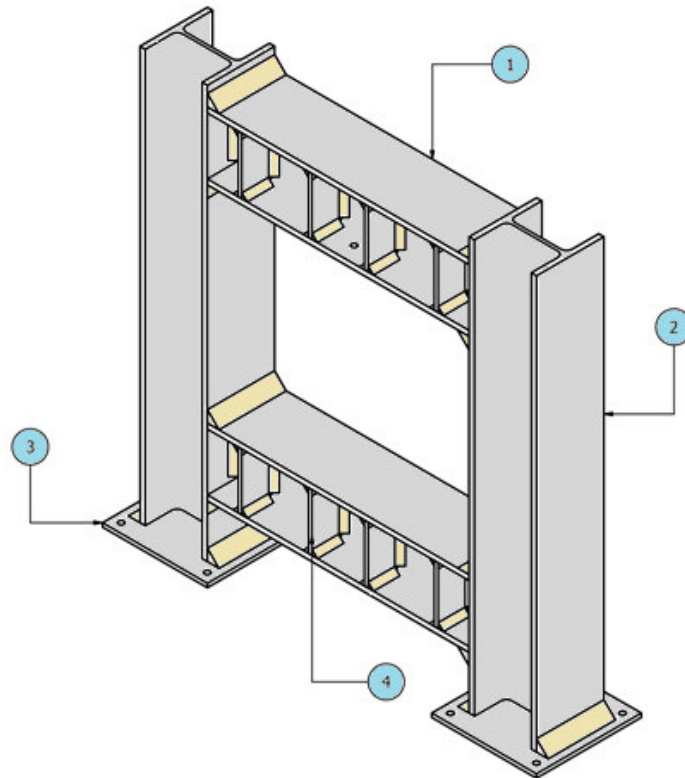


FIGURA 2.1 IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES ESTRUCTURALES DE PRENSA ÓLEO HIDRÁULICA

(1) Viga: Perfil H de acero ASTM A36, longitud 700 mm para soporte de cilindro hidráulico/vaso de extracción de manteca de cacao. (2) Columna: Perfil H de acero ASTM A36, longitud 1100 mm. (3) Placa estabilizadora de acero ASTM A36 para sujeción, (4) Rigidizadores de acero ASTM A36

El segundo grupo, está constituido por los componentes que actúan directamente en el ensamblaje de la cámara de extracción de manteca de cacao. En La figura 2.2, identificados cardinalmente, se ubican los elementos que serán diseñados en función de los parámetros mostrados

más adelante en el subcapítulo 2.2; a su vez, identificados con letras se encuentran los elementos que serán seleccionados, en base a información bibliográfica o consideraciones similares a los de la industria de cacao.

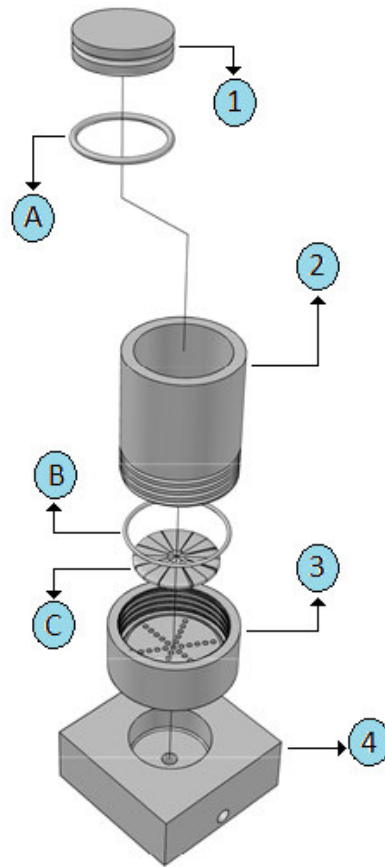


FIGURA 2.2 IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES DE LA CÁMARA DE EXTRACCIÓN DE MANTECA DE CACAO

(1) Pistón, (2) Vaso de extracción, (3) Base perforada de sellado de cámara de extracción, (4) Receptáculo de manteca de cacao. (A) Retenedor de pistón, (B) Retenedor de vaso (C) Malla de separación polvo/manteca de cacao.

2.2. Identificación de parámetros de diseño.

Los parámetros de diseño del banco experimental, serán establecidos, de acuerdo a la información obtenida bibliográficamente y por las condiciones de trabajo empleadas en la industria para la producción de manteca de cacao. Así pues, los parámetros de diseño considerados serán los siguientes:

- Presión: La presión de operación considerada en la industria es de 540 bares aproximadamente, tal como se lo mencionó en el apartado referente a prensas óleo hidráulicas de extracción de manteca de cacao. El banco experimental será diseñado para que soporte una presión máxima de 600 bares a fin de verificar variación significativa o no en el rendimiento final.
- Temperatura: El banco de pruebas permitirá regular la temperatura del licor de cacao almacenado en el vaso de prensado previo a la extracción de manteca. La temperatura podrá situarse mediante un sistema de control dentro del rango considerado como recomendable y descrito en el capítulo anterior, es decir entre 95 y 110°C.

- Plato separador: El interés de considerar este componente como una variable del proceso, radica en evaluar si el área efectiva es determinante en el rendimiento de extracción de la manteca, en relación a las limitaciones que representa el tamaño de malla sugerido para efectivizar la separación de manteca y torta de cacao. Cabe mencionar que la malla más fina considerada será de 200 mesh (0,074 mm) [13]. El equipo de experimentación permitirá la fácil remoción del plato a fin de reemplazarlo con uno de distinta configuración de agujeros o tamaño, a más de facilitar su limpieza y mantenimiento periódico.

2.3. Diseño de componentes principales.

De acuerdo a la clasificación descrita en el subcapítulo 2.1 se presentan los cálculos del diseño. Es importante señalar que los cálculos serán realizados en base al diseño estático, dado que el equipo propuesto tendrá fines experimentales, y su empleo será de ciclos bajos, es decir, no se considerarán efectos de fatiga.

- **Estructura de prensa óleo hidráulica.**

Para el diseño de este componente, se analizará individualmente sus miembros, los mismos que se describen a continuación:

Viga de sujeción de cilindro óleo hidráulico – perfil 1.

El diseño de forma mostrado anteriormente, permite visualizar que existe un miembro similar al perfil 1, el cual corresponde a la viga donde se asentará la cámara de extracción de manteca de cacao, ambos miembros soportarán una carga similar pero en sentido opuesto y manteniendo idénticas restricciones en los extremos, por ello, los cálculos presentados a continuación son válidos para ambos perfiles.

En vista de que la fuerza generada por la cara del vástago del cilindro durante la extracción de manteca, produce una fuerza de reacción en sentido opuesto y de igual magnitud, se asumirá que esta carga estará presente de forma puntual contra la línea de simetría longitudinal del perfil 1.

La fuerza transmitida contra la viga, será aquella necesaria para generar una presión de 600 bares dentro de la cámara de extracción, tal y como se definió en el subcapítulo 2.2.

Para determinar la fuerza necesaria, se asumirá que el pistón de la cámara de extracción (elemento 1 de la figura 2.2), contará con un diámetro de 10 cm. Para el cálculo se utilizará el principio de Pascal, el cual se resume en la ecuación (2.1).

$$F_{pistón} = P_{diseño} A_{pistón} \quad (2.1)$$

Dónde:

$F_{pistón}$: Fuerza producida por el pistón de la cámara de extracción.

$P_{diseño}$: Presión máxima generada en la cámara de extracción, 600 bar.

A_{piston} : Área circunferencial del pistón de la cámara de extracción.

$$A_{pistón} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{(0,1 \text{ m})^2 \pi}{4} = 7,853 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$P_{diseño} = 600 \text{ bares} = 60 \text{ MPa}$$

$$F_{pistón} = (60 \text{ MPa})(7,85 \times 10^{-3} \text{ m}^2)$$

$$F_{pistón} = (60 \times 10^6 \text{ N/m}^2)(7,85 \times 10^{-3} \text{ m}^2)$$

$$F_{pistón} = 471,23 \text{ kN}$$

Dado que la fuerza sobre el pistón será proporcionada por el vástago del cilindro hidráulico, y por efecto de acción-reacción de la tercera ley de Newton, se definen ambas de igual magnitud.

$$F_{pistón} = F_{vástago} = 471,23 \text{ kN}$$

La figura 2.3 esquematiza la fuerza del vástago y su fuerza de reacción asumida como puntual, en la superficie superior del cilindro.

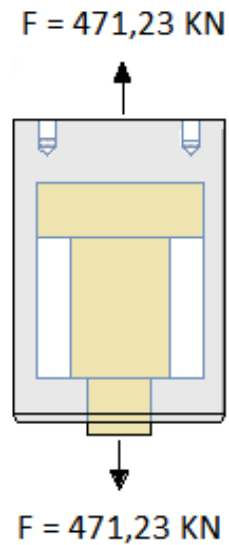


FIGURA 2.3 FUERZAS EJERCIDAS EN EL CILINDRO HIDRÁULICO

La figura 2.4 muestra la representación esquemática y el diagrama de cuerpo libre del perfil 1; de igual manera, en la figura 2.5 se aprecia las magnitudes y diagramas de cortante, momento flector y deflexión del mismo. Para dicho análisis se ha utilizado el software libre DT Beam 1.0, donde se han definido las siguientes restricciones, solicitadas por el mismo.

- Los extremos de la viga se encuentran empotrados. Se empleará soldadura para su ensamble.
- Material: Acero ASTM A36
- Longitud de viga: 700 mm.

- $I_x = 3830 \text{ cm}^4$, correspondiente al perfil HEB 180. Más adelante se presenta la justificación para su selección. El Apéndice A presenta la ficha técnica de la viga seleccionada
- $E = 2100000 \text{ kg/cm}^2$

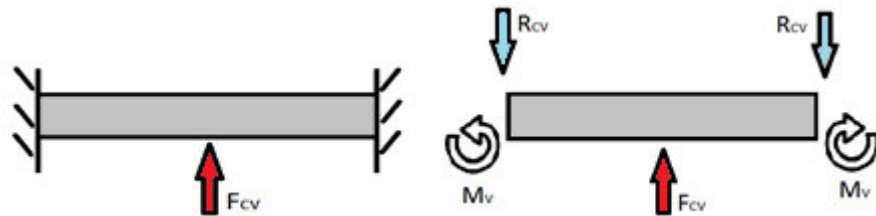


FIGURA 2.4 REPRESENTACIÓN Y DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE PERFIL 1

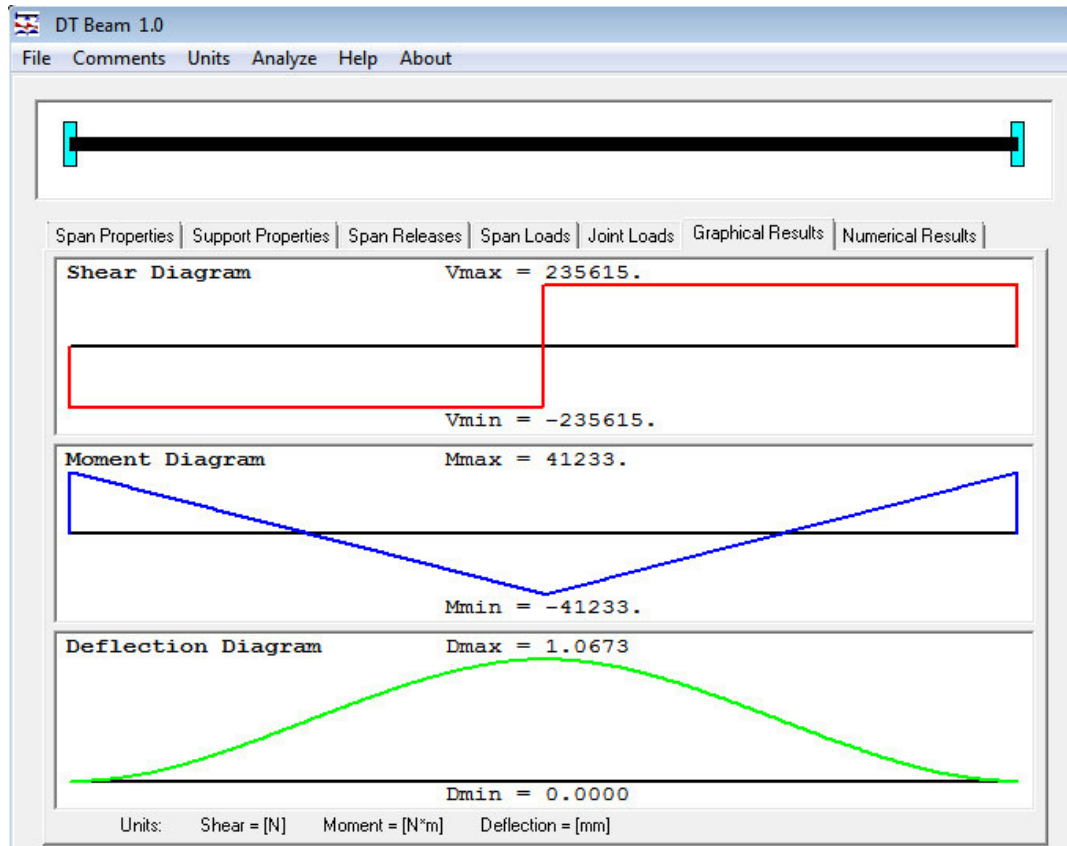


FIGURA 2.5 DIAGRAMAS DE CORTANTE, MOMENTO Y DEFLEXIÓN DE PERFIL 1.

En resumen, las magnitudes de fuerza cortante y momento flector se presentan a continuación:

$$V_{max} = R_{cv} = 235,615 \text{ kN}$$

$$M_{max} = M_v = 41,233 \text{ kNm}$$

Dónde:

F_{cv} : Fuerza del cilindro sobre la viga.

V_{max} : Fuerza cortante máxima.

R_{cv} : Reacción de columna sobre viga.

M_{max} : Momento máximo

M_v : Momento en la viga

A continuación, se procede a calcular el esfuerzo de flexión del perfil 1, utilizando para ello la magnitud del momento flector máximo mostrado en la figura 2.5, es decir $M_{max} = 41,233$ kN. Para el análisis se emplean la ecuación (2.2).

$$\sigma = \frac{M c}{I} \quad (2.2).$$

Donde:

M : momento flector.

c : distancia al eje neutro.

I : segundo momento de área con respecto al eje x .

La ecuación (2.3), referida al módulo de sección, también será de utilidad en este cálculo.

$$Z = \frac{I}{c} \quad (2.3)$$

Posteriormente, se reemplaza la ecuación (2.3) en la ecuación (2.2), obteniendo:

$$\sigma = \frac{M}{Z} \quad (2.4)$$

Definiendo el esfuerzo permisible como en la ecuación (2.5), se tiene:

$$\sigma = \frac{Sy}{n} \quad (2.5)$$

Despejando en la ecuación (2.4) y reemplazando con la ecuación (2.5), se tiene:

$$Z = \frac{M}{\sigma} = \frac{n \cdot M}{Sy} \quad (2.6)$$

Asumiendo un factor de seguridad para el diseño de $n = 2$ y reemplazando todos los datos conocidos en la ecuación (2.6), se obtiene:

$$Z = \frac{(2) (41,233 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{m})}{(248 \times 10^6 \text{ N/m}^2)}$$

$$Z = 3,325 \times 10^{-4} \text{ m}^3 = 332,5 \text{ cm}^3$$

Al revisar la ficha técnica de los perfiles estructurales del Apéndice A, se selecciona el perfil cuyo módulo de sección se aproxime al calculado anteriormente. El perfil que cumple de mejor forma dicha cualidad es el HEB 180. Para corroborar esta premisa, se emplea la ecuación (2.3) ajustada a las características geométricas del perfil seleccionado, obteniendo:

$$Z_{HEB\ 180} = \frac{I_x}{c}$$

$$Z_{HEB\ 180} = \frac{3830\ cm^4}{9\ cm}$$

$$Z_{HEB\ 180} = 425,55\ cm^3 \therefore$$

$$Z_{HEB\ 180} > Z$$

De esta manera se garantiza que el perfil HEB 180 resistirá el esfuerzo de flexión ejercido sobre las vigas de sujeción del cilindro hidráulico y de soporte de cámara de extracción.

Otro parámetro que definirá si el perfil es el adecuado para trabajar a flexión, es su deflexión o desplazamiento vertical máximo. Para ello se

empleará el método de la fórmula para una viga cargada puntualmente en su centro y empotrada en los extremos, tal como se esquematizó en la figura 2.4. La ecuación (2.7) representa la deflexión del perfil bajo las condiciones antes descritas:

$$y_c = \frac{FL^3}{192 EI} \quad (2.7)$$

Donde:

F: Fuerza aplicada transversalmente.

L: Longitud del perfil.

E: Módulo de Young del acero ASTM A36.

I: Segundo momento de área respecto al eje x

Reemplazando con los datos conocidos en la ecuación (2.7), se tiene:

$$y_c = \frac{(471,23 \times 10^3 N)(0,7 m)^3}{192 (20593950 \times 10^3 N/m^2)(3,83 \times 10^{-5} m^4)}$$

$$y_c = 1,067 \times 10^{-3} m$$

$$y_c = 1,067 mm$$

El resultado corresponde a la deflexión teórica máxima, la cual coincide con la obtenida gráficamente con el software libre DT Beam 1.0, mostrada en la figura 2.5.

La deflexión obtenida se compara con los valores mostrados en la figura 2.6, y se determina si satisface con los requerimientos mínimos de diseño.

Límites de deflexión recomendados. Es responsabilidad del diseñador especificar la máxima deflexión permisible de una viga de máquina, chasis o estructura. El conocimiento de la aplicación debe servir de guía. En ausencia de esta guía, en las referencias 2 y 3 se sugieren los límites siguientes:

Pieza general de máquina:	$y_{\text{máx}} = 0.0005$ a 0.003 plg/plg o mm/mm de longitud de viga.
Precisión moderada:	$y_{\text{máx}} = 0.00001$ a 0.0005 plg/plg o mm/mm de longitud de viga.
Alta precisión:	$y_{\text{máx}} = 0.000001$ a 0.00001 plg/plg o mm/mm de longitud de viga.

FIGURA 2.6 LÍMITE DE DEFLEXIÓN RECOMENDADOS

Fuente: [23]

Para el diseño en análisis, se empleará el criterio de máxima deflexión permisible correspondiente para pieza general de máquina; es decir, que para las vigas de la estructura de la prensa, la deflexión máxima permisible debe encontrarse dentro del rango expresado en la ecuación (2.8):

$$0,0005 \leq \frac{y_c}{L} \leq 0,003 \quad (2.8)$$

Multiplicando por la longitud de la viga en cada término de la ecuación (2.8), se tiene:

$$0,0005(700 \text{ mm}) \leq \frac{y_c}{L} x L \leq 0,003(700 \text{ mm})$$

$$0,35 \text{ mm} \leq y_c \leq 2,1 \text{ mm}$$

Con el resultado obtenido, se puede concluir que la deflexión teórica obtenida con la ecuación (2.8), $y_c = 1,06 \text{ mm}$, se encuentra dentro del rango establecido anteriormente y satisface el requerimiento de diseño, por ende el perfil seleccionado es el adecuado.

Columnas de prensa óleo hidráulica – perfil 2.

El análisis de resistencia de las columnas se lo realiza considerando el perfil HEB 180, a fin de mantener uniformidad en el diseño y maximizar el empleo de este tipo de perfil empleado para las vigas. En la figura 2.7 se presenta el diagrama de cuerpo libre de la columna.

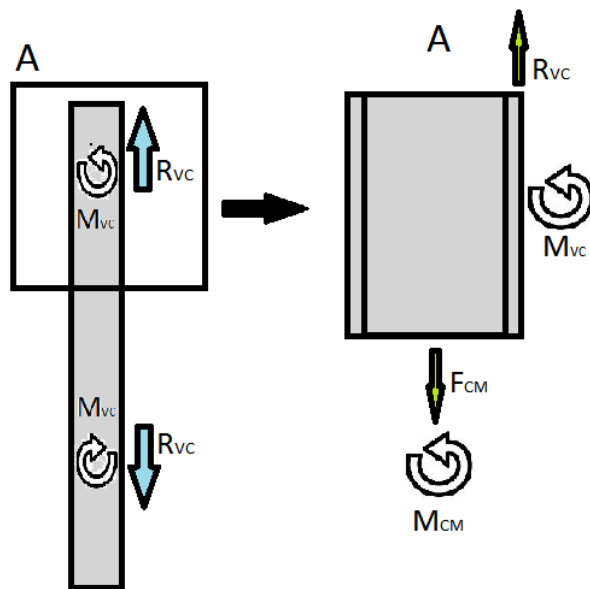


FIGURA 2.7 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE PERFIL 2

Analizando la sección ampliada del perfil, se puede verificar que intervienen en ella la fuerza, F_{cm} y el momento M_{cm} , que actúan en el centro de masa de la columna.

Aplicando las ecuaciones de equilibrio, (2.9) y (2.10), y reemplazando con los datos conocidos, se obtiene la fuerza F_{cm} y el momento resultante M_R .

$$\sum F_y = 0 \quad (\uparrow \rightarrow, +) \quad (2.9)$$

$$R_{VC} - F_{CM} = 0$$

$$R_{VC} = F_{CM}$$

$$F_{CM} = 235,61 \text{ kN}$$

Donde:

R_{VC} : Reacción de la viga contra la columna.

F_{CM} : Fuerza actuando en centro de masa.

$$\sum M = 0 \quad (\text{Sentido horario } +) \quad (2.10)$$

$$M_R - M_{CM} - M_V = 0$$

$$M_R = M_{CM} + M_V$$

$$M_R = (F_{CM})(d) - M_V$$

$$M_R = (-235,61 \text{ KN})(0,09\text{m}) - 41,23 \text{ KNm}$$

$$M_R = -21,20 \text{ KNm} - 41,23 \text{ KNm}$$

$$M_R = -62,43 \text{ KNm}$$

Donde:

M_R : momento resultante.

M_{CM} : momento en centro de masa.

M_V : momento reacción por la viga.

El esfuerzo resultante generado en la sección estará compuesto por las componentes correspondientes del esfuerzo normal producido por la fuerza $F_{CM} = 235,61 \text{ kN}$, cuya dirección ocasiona tensión en las fibras, y por el esfuerzo de flexión producido por el momento flector resultante $M_R = -62,43 \text{ kNm}$

A continuación se procede a obtener el esfuerzo normal de tensión, aplicando para ello la ecuación (2.11). Posteriormente se calcula el esfuerzo de flexión presentes en la sección de la columna.

$$\sigma_{normal} = \frac{F_{CM}}{A} \quad (2.11)$$

El área de la sección del perfil HEB 180 se lo obtiene del Apéndice A.

Reemplazando en la ecuación (2.11) se tiene:

$$\sigma_{normal} = \frac{235,61 \text{ kN}}{6,53 \times 10^{-3} \text{ m}} = 36,08 \text{ MPa}$$

Aplicando la ecuación (2.4) ajustada a la viga HEB 180 se tiene:

$$\sigma_{flexión} = \frac{M c}{I_x} = \frac{M}{Z}$$

$$\sigma_{flexión} = \frac{62,43 \text{ kNm}}{4,255 \times 10^{-4} \text{ m}^3} = 146,72 \text{ MPa}$$

Una vez obtenidas las magnitudes del esfuerzo normal de tensión y del esfuerzo de flexión, se realiza la superposición mediante la suma algebraica de las magnitudes correspondientes a tensión y compresión en la sección del perfil. Para ello se emplea la ecuación (2.12).

$$\sigma_{total} = \sigma_{normal} + \sigma_{flexión} \quad (2.12)$$

En primer lugar se determina la componente en tensión del esfuerzo total; cabe señalar que el esfuerzo de flexión posee componentes en tensión y compresión. La componente en tensión del esfuerzo total, denotado por la ecuación (2.13) se la deduce de la ecuación (2.12).

$$\sigma_{total\ tensión} = \sigma_{normal\ tensión} + \sigma_{flexión\ (t)} \quad (2.13)$$

Reemplazando los datos conocidos en la ecuación (2.13) se tiene:

$$\sigma_{total\ en\ tensión} = 36,08\ MPa + 146,72\ MPa$$

$$\sigma_{total\ en\ tensión} = 182,80\ MPa$$

Conjuntamente se determina la componente en compresión del esfuerzo total, denotado mediante la ecuación (2.14):

$$\sigma_{total\ compresión} = \sigma_{flexión\ (c)} \quad (2.14)$$

Reemplazando los datos conocidos en la ecuación (2.14) se tiene:

$$\sigma_{total\ compresión} = -146,72\ MPa$$

En la figura 2.8 se representa gráficamente los resultados numéricos obtenidos; en ella se denota que la fibra A de la sección en análisis posee el mayor esfuerzo, el cual es de tensión. En contraposición la fibra B presenta menor componente y corresponde a compresión.

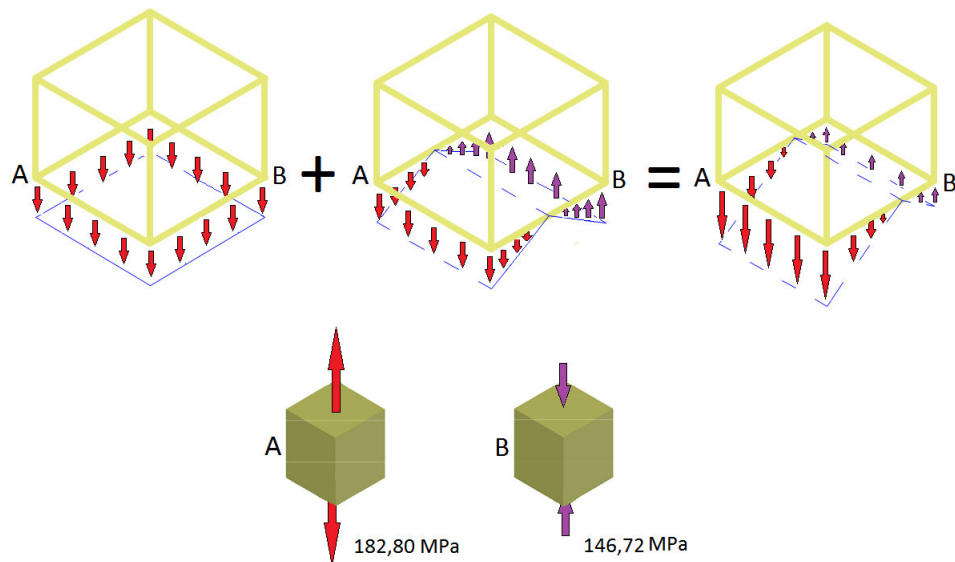


FIGURA 2.8 REPRESENTACIÓN DE COMPONENTES DE TENSIÓN, FLEXIÓN Y RESULTANTE

Una vez obtenidas las componentes de tensión y compresión del esfuerzo total que actúa en la sección de la columna, se determina el factor de seguridad que proporciona este perfil para el mayor esfuerzo generado en la sección, es decir, el esfuerzo total de tensión, Para ello se ajusta la ecuación (2.5) al perfil en análisis y se reemplaza con los datos conocidos.

$$\sigma_{total \text{ en tensión}} = \frac{S_y}{n}$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{total \text{ en tensión}}}$$

$$n = \frac{248 \text{ MPa}}{182,80 \text{ Mpa}}$$

$$n = 1,35$$

Placas estabilizadoras – elemento 3.

En la base de cada columna se ha considerado la instalación de una placa de acero ASTM A36, cuadrada de 280 mm de lado por 10 mm de espesor. Para su anclaje, se ha incluido 4 orificios para pernos de expansión con diámetro nominal de 1/2" y longitud 2 3/4", disponibles en el mercado local. Cabe señalar, que dado que estos componentes únicamente soportan el esfuerzo normal producto del peso de la estructura, se ha prescindido de los cálculos por ser numéricamente insignificantes. El Apéndice B, muestra las características de los pernos seleccionados, así como el procedimiento para su correcta instalación.

Rigidizadores – elemento 4.

Si bien es cierto que el perfil HEB 180 seleccionado para las vigas de la prensa, cumplen las restricciones teóricas concernientes al esfuerzo de flexión y al desplazamiento vertical máximo, calculados anteriormente, se considerará la inclusión de rigidizadores transversales en el alma de cada una de ellas. Su justificación parte del hecho de que la carga puntual, aplicada en el centro de la viga podría ocasionar esfuerzos locales que superen el límite de fluencia del material, colocándolo dentro de la zona plástica, ocasionando deformación en la estructura y deflexión excesiva, que supere a la teórica permisible.

Esta situación fue corroborada al realizar la simulación mediante el software AUTODESK® INVENTOR®, constatando efectivamente, que el tercer esfuerzo principal, es decir el esfuerzo normal que actúa en el plano principal, se incrementa por encima del esfuerzo de fluencia, y que la deflexión experimenta incremento por encima del máximo permisible. En la figura 2.9 se aprecian las zonas de la viga en donde el esfuerzo superaría el límite elástico del acero; a su vez, en la figura 2.10 se aprecia la deflexión máxima y el lugar donde se produce.

3rd Principal Stress

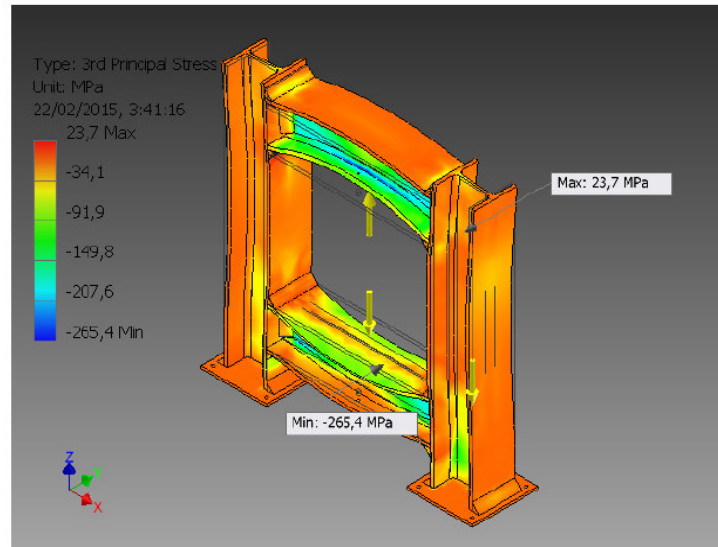


FIGURA 2.9 REPRESENTACIÓN DE ESTRUCTURA SIN RIGIDIZADORES. ESFUERZO EXCESIVO EN INMEDIACIONES ALA – ALMA

Displacement

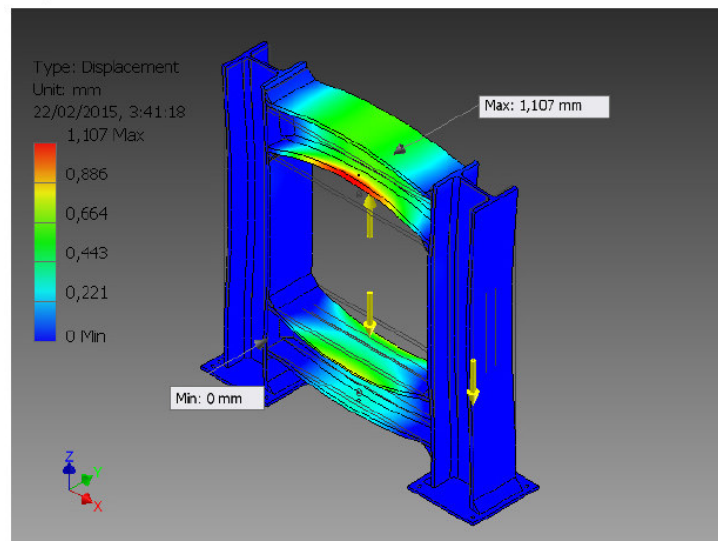


FIGURA 2.10 REPRESENTACIÓN DE ESTRUCTURA SIN RIGIDIZADORES. DEFLEXIÓN EXCEDIDA DEL LÍMITE TEÓRICO

Cálculo de soldadura

Dada que las dimensiones del banco experimental son relativamente pequeñas, lo que facilitará su movilidad en caso de que sea necesario, se ha considera su ensamble aplicando procedimientos de soldadura SMAW, (soldadura de arco eléctrico con electrodo revestido).

Analizando el diseño de forma planteado para la estructura de la prensa, se puede constatar que existe únicamente un área de interés para la cual debe realizarse el diseño del cordón, corresponde al área de contacto entre vigas y columnas.

Para el análisis, se considerará el método del cordón de soldadura asumido como línea y se utilizará la información del área de garganta A_w y el módulo de sección S_w dado en el Apéndice C; particularmente se utilizará el factor geométrico indicado en el numeral 8 del mencionado Apéndice.

En primer lugar se realiza el análisis del cordón en flexión para obtener la carga por longitud de la garganta de soldadura, para ello se emplea la ecuación (2.15).

$$f_b = \frac{M}{S_w} \quad (2.15)$$

Reemplazando en la ecuación (2.15) la equivalencia descrita en el Apéndice C, se obtiene la relación (2.16):

$$f_b = \frac{Pa}{bd + \frac{d^2}{3}} \quad (2.16)$$

Se considerará que la carga P corresponderá a la mitad de la fuerza F_{cv} , ya que la carga se distribuirá simétricamente a través de los dos cordones de soldadura de las caras frontales de las vigas. Reemplazado en la ecuación (2.16) la magnitud obtenida anteriormente y las medidas del perfil, se tiene:

$$f_b = \frac{(F_{CV}/2) (a)}{bd + \frac{d^2}{3}}$$

$$f_b = \frac{(471,23 \text{ kN}/2)(0,35\text{m})}{(0,14 \text{ m} \times 0,14 \text{ m}) + (0,14 \text{ m})^2/3}$$

$$f_b = \frac{82,46 \text{ kNm}}{0,026 \text{ m}^2}$$

$$f_b = 3155,55 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Posteriormente se realiza el análisis del cordón por cortante para obtener la carga por longitud de la garganta de soldadura, para ello se emplea la ecuación (2.17):

$$f_s = \frac{V}{A_w} \tag{2.17}$$

Reemplazando en la ecuación (2.17) la equivalencia descrita en el Apéndice C, se obtiene la relación (2.18):

$$f_s = \frac{R_{CV}}{2b + 2d} \quad (2.18)$$

Reemplazado en la ecuación (2.18) la magnitud obtenida anteriormente y las medidas del perfil, se tiene:

$$f_s = \frac{235,61 \text{ kN}}{0,56 \text{ m}}$$

$$f_s = 420,73 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

A continuación se calcula la magnitud de la fuerza resultante en el cordón de soldadura, reemplazando las magnitudes, de carga por longitud en la garganta tanto de flexión como de cortante directo. Para ello se emplea la ecuación (2.19)

$$|F_R| = \sqrt{f_b^2 + f_s^2} \quad (2.19)$$

$$|F_R| = \sqrt{(3155,55 \text{ kN/m})^2 + (420,73 \text{ kN/m})^2}$$

$$|F_R| = 3183,47 \frac{kN}{m}$$

A continuación, se procede a utilizar la relación de esfuerzo cortante permisible en soldaduras de filete y con PJP cargadas estáticamente, incluido en el código de la AWS D1.1 [24], el cual está representado mediante la ecuación (2.20).

$$\tau_{permisible} = 0,30 E_{xx} \quad (2.20)$$

Se considera utilizar una clase de electrodo E7018 y se procede a reemplazar en la ecuación (2.20).

$$\tau_{permisible} = 0,30 (70000 \text{ psi})$$

$$\tau_{permisible} = 21000 \text{ psi}$$

$$\tau_{permisible} = 144,79 \text{ MPa}$$

Posteriormente, se calcula la longitud mínima de la garganta t y ancho de pierna w del cordón de soldadura, empleando las ecuaciones (2.21) y (2.22) respectivamente. En la figura 2.11 se representa la ubicación de cada una de las variables de interés.

$$t = \frac{|F_R|}{\tau_{permisible}} \quad (2.21)$$

Reemplazando con los datos calculados anteriormente se tiene:

$$t = \frac{3183,47 \text{ kN/m}}{144,79 \times 10^6 \text{ N/m}^2}$$

$$t = 0,022 \text{ m}$$

$$t = 22 \text{ mm}$$

$$w = \frac{t}{\cos 45} \quad (2.22)$$

Reemplazando la dimensión de la garganta en la ecuación (2.22) se tiene:

$$w = \frac{22 \text{ mm}}{0,707}$$

$$w = 31,11 \text{ mm}$$

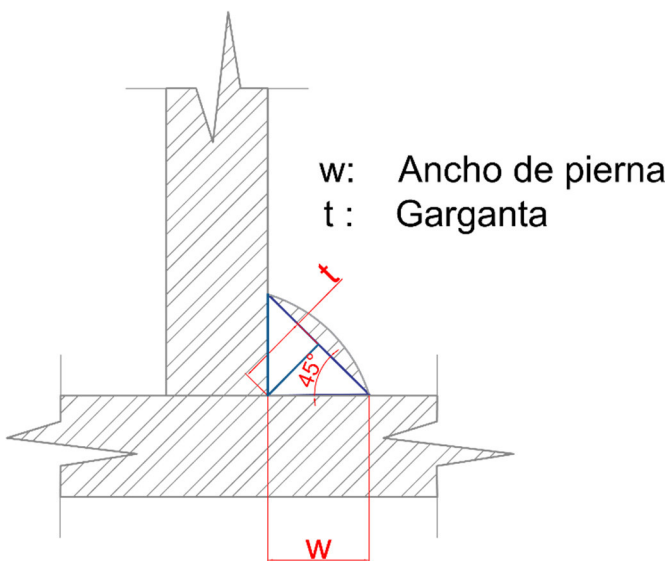


FIGURA 2.11 REPRESENTACIÓN DE LA GARGANTA Y ANCHO DE PIERNA EN CORDÓN DE SOLDADURA TIPO FILETE EN T

- **Diseño de cámara de extracción de manteca de cacao.**

Utilizando el mismo criterio, con el que se realizaron los cálculos de la estructura de la prensa óleo hidráulica; es decir, en base al tipo de carga y la aplicación destinada del equipo, se procederá al diseño de los componentes

de la cámara de extracción de manteca de cacao, en el orden mostrado en la figura 2.2.

Para empezar con el diseño, es necesario establecer las dimensiones básicas de la cámara de extracción, las cuales estarán en función de los requerimientos de obtención en cuanto a polvo y manteca de cacao por cada ciclo de prensado. Para el diseño en cuestión, se dimensionará una cámara con capacidad aproximada de 1 kilogramo de licor de cacao, con lo cual, se podrá extraer hasta un 53% de manteca de la masa total del licor de cacao, según los datos mostrados en la Tabla 1.

Capacidad de llenado de cámara de extracción de manteca de cacao

Para determinar la capacidad interna de la cámara de extracción, se utilizarán los datos proporcionados en el Apéndice D, cuyos datos de interés se resumen mediante la Tabla 5.

TABLA 5
DENSIDAD DEL LICOR Y MANTECA DE CACAO

	Mínimo	Máximo	Promedio
ρ_{lc}	1.06 g/cm ³	1.1 g/cm ³	1.08 g/cm ³
ρ_{mc} (a 20°C)	0.90 g/cm ³	0.93 g/cm ³	0.915 g/cm ³

Fuente: [25]

Para determinar el volumen interno del vaso se emplea la ecuación (2.23).

$$\forall_{int. vaso} = \frac{m_{lc}}{\rho_{lc}} \quad (2.23)$$

Reemplazando los valores conocidos en la ecuación (2.23) se tiene:

$$\forall_{int. vaso} = \frac{1000 g}{1,08 g/cm^3} = 925,92 cm^3 \times \frac{1 l}{1000 cm^3} = 0.925 l$$

El volumen interior de la cámara se aproximará a 1 litro, con la finalidad de estandarizar la capacidad de prensado. La altura del vaso se determinará con la ecuación (2.24)

$$\forall_{int. \text{ vaso}} = \frac{\pi d_i^2}{4} \times h \quad (2.24)$$

Como se mencionó en el subcapítulo 2.3, se asumió que el diámetro nominal del pistón es de 10 cm, a continuación se realiza la corrección del diámetro de este componente, con el propósito de que la holgura entre vaso y pistón, permita el desplazamiento del segundo con la adaptación de una faja retenedora (elementos A y B, de la figura 2.2), cuyo material será similar al utilizado por los fabricantes de prensas de cacao, es decir, cordones de PTFE cuyo nombre comercial es Teflón®. El Apéndice E incluye la ficha técnica del fabricante de este producto con sus características físicas, químicas y mecánicas. En la figura 2.12 se muestra la presentación comercial de los retenedores empleados por el fabricante italiano de prensas Vitali & Caucia.



FIGURA 2.12 PRESENTACIÓN COMERCIAL DE RETENEDORES DE TEFLÓN® UTILIZADOS EN PRENSAS DE EXTRACCIÓN DE MANTECA DE CACAO

Fuente: [26]

Para el dimensionamiento de la ranura de alojamiento del retenedor, se considera las recomendaciones del fabricante de retenedores, sellos y rascadores hidráulicos TRELLEBORG® que se adjunta en el Apéndice F. Para ello se considera las variables de presión y temperatura similares a las del caso en análisis.

Según las recomendaciones del fabricante, la relación de ajuste y tolerancia entre el pistón y la camisa interior del cilindro para presiones hasta los 60 MPa debe ser de H8/f8.

Por lo tanto, y para proceder con los cálculos, el diámetro interior del cilindro se lo asumirá prácticamente igual al del pistón.

Despejando y remplazando en la ecuación (2.24) se tiene:

$$h = \frac{4 \nabla_{int.vaso}}{\pi d_i^2} = \frac{4 \times (1000 cm^3)}{\pi \times (10 cm)^2} = \frac{4000 cm^3}{314,16 cm^2} = 12,73 cm$$

Con la geometría básica del vaso de extracción de cacao, se procede a diseñar los componentes que intervienen en la cámara de prensado.

Diseño de pistón - elemento 1.

En la figura 2.13 se representan las dimensiones necesarias, para la fabricación de la ranura de alojamiento del sello, según las recomendaciones de TRELLEBORG®. En la sección PLANOS, se incluirá con mayor detalle las características concernientes al ajuste y tolerancia del pistón.

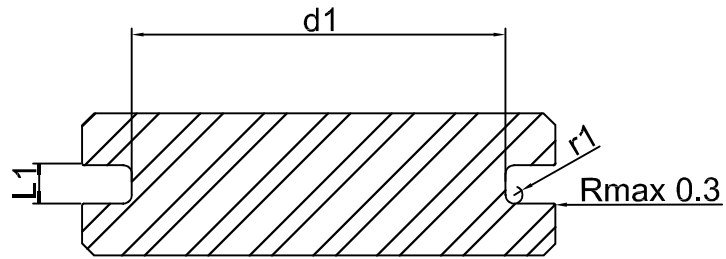


FIGURA 2.13 REPRESENTACIÓN DE LAS DIMENSIONES NECESARIAS PARA RANURA DE SELLO

Fuente: [27].

Al ingresar a la tabla XIV del Apéndice F, utilizando la dimensión nominal del diámetro interior de la cámara de prensado, en conjunto con la selección de aplicación para alto desempeño (heavy duty), se obtienen los valores de las variables señaladas en la figura antes mostrada:

$$D_N = 100 \text{ mm}$$

$$d1 = D_N - 21 \text{ mm} = 79 \text{ mm}$$

$$L1+0,2 = 8,1 \text{ mm}$$

$$r1 = 1,8 \text{ mm}$$

En el diseño del pistón se determinará el esfuerzo normal de compresión y la altura mínima del elemento que soportará, el esfuerzo cortante máximo, por acción de la fuerza del vástago.

Aplicando la ecuación (2.11) ajustada a los requerimientos del pistón, se calcula el esfuerzo nominal de compresión. Cabe señalar que la información concerniente a las dimensiones del cilindro hidráulico se encuentra en el Apéndice H.

$$\sigma_{nom.comp.} = \frac{F_{vástago}}{A_{vástago}}$$

$$A_{vástago} = \frac{\pi d_{vástago}^2}{4} = \frac{\pi(0,0,713 \text{ m})^2}{4} = 3,992 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\sigma_{nom.comp.} = \frac{471,23 \text{ kN}}{3,992 \times 10^{-3} \text{ m}^2}$$

$$\sigma_{nom.comp.} = 118,02 \text{ MPa}$$

Aplicando la ecuación (2.5), se obtiene el factor de seguridad de este componente bajo esfuerzo de compresión. Cabe mencionar que se

seleccionará un acero AISI 304 laminado en caliente, con esfuerzo de fluencia (S_y) de 225,5 MPa. Su ficha técnica se adjunta en Apéndice G.

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{nom.comp.}} = \frac{225,5 \text{ MPa}}{118,02 \text{ MPa}} = 1,91$$

A continuación se procede a calcular la altura del pistón de la cámara de extracción, el mismo que deberá contar con un área seccional que soporte el esfuerzo cortante generado por la cara de vástago del cilindro hidráulico, para ello se emplea la ecuación (2.25). La figura 2.14 representa la acción que ejerce el vástago contra el pistón y la periferia que ejerce esfuerzo cortante.

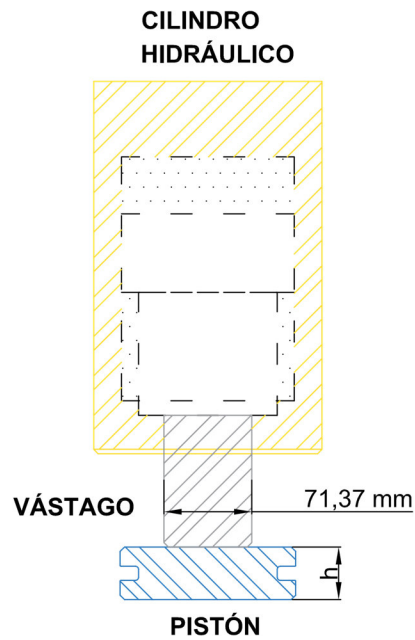


FIGURA 2.14 ACCIÓN MUTUA VÁSTAGO PISTÓN BAJO ESFUERZO DE COMPRESIÓN Y CORTANTE

$$\tau = \frac{F_{vástago}}{A_{cortante}} \quad (2.25)$$

Donde:

d: diámetro de pistón

h: altura del pistón.

El cálculo del área sometida a cortante se la desarrolla empleando la ecuación (2.26).

$$A_{cortante} = \pi dh \quad (2.26)$$

Reemplazando con los datos conocidos en la ecuación (2.26) se tiene:

$$A_{cortante} = \pi(0,0713 \text{ m})h$$

$$A_{cortante} = 0,22m \cdot h$$

Reemplazando en la ecuación (2.25), los datos obtenidos de las ecuaciones (2.1) y (2.26) se obtiene la relación (2.27):

$$\tau = \frac{471,23 \text{ kN}}{0,22m \cdot h} \quad (2.27)$$

Considerando la teoría de esfuerzo cortante máximo, dónde $s_{ys} = 0.577s_y$ [28] y, relacionándola con la ecuación (2.27) se tiene:

$$\frac{0.577 s_y}{n} = \frac{471,23 \text{ kN}}{0,22 \text{ m} \cdot h}$$

$$h = \frac{(471,23 \text{ kN})(n)}{(0.577 s_y)(0,22 \text{ m})}$$

$$h = \frac{(471,23 \times 10^3 \text{ N})(2)}{(0.577 \times 225,5 \times 10^6 \text{ N/m}^2)(0,22 \text{ m})}$$

$$h = 0,033 \text{ m} = 3,3 \text{ cm}$$

Vaso de extracción de manteca de cacao – elemento 2

A más del diámetro interno y la altura del vaso de extracción de manteca de cacao, el espesor de la pared es quizás la dimensión de mayor relevancia en cuanto a la resistencia y nivel de seguridad que presta este elemento para su empleo.

En primer lugar, se definirá que el vaso estará sometido a dos esfuerzos que determinarán el espesor de su chapa, el esfuerzo radial y el esfuerzo anular o tangencial, σ_t . El esfuerzo longitudinal será igual a cero ya que se trata de un cilindro abierto [29].

Ya que se deberá determinar en primer lugar si este elemento está constituido por una pared delgada o gruesa, es importante denotar algunas variables de interés, las mismas que intervendrán en los cálculos y que se muestran en la figura 2.15.

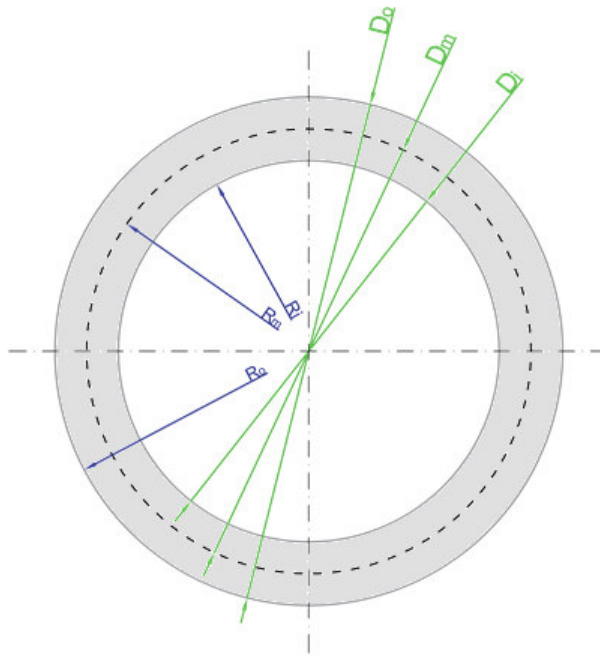


FIGURA 2.15 NOMENCLATURA EMPLEADA PARA DIMENSIONES DE CILINDRO DE PARED DELGADA

Debido a la incertidumbre del espesor del vaso, los cálculos inician asumiendo que el cilindro es de pared delgada, es decir, en base a la relación de diámetro y espesor denotada en la ecuación (2.28):

$$\frac{D_m}{t} \geq 20 \quad (2.28)$$

Donde:

D_m : diámetro medio.

t : espesor de la pared del cilindro.

El diámetro medio, está representado por la ecuación (2.29).

$$D_m = \frac{D_o + D_i}{2} \quad (2.29)$$

Donde:

D_o : diámetro exterior.

D_i : diámetro interior.

Como dato de entrada se conoce además la presión interna en el cilindro, $P_i = 60 \text{ MPa}$.

Establecida la asunción de cilindro de pared delgada, se considera además que $D_m \approx D_i$, dicha aproximación mantiene un error menor del 5% en la obtención de los resultados relacionados a su geometría final y esfuerzos máximos permisibles [29].

Utilizando la ecuación (2.30) se determina el esfuerzo anular o tangencial.

$$\sigma_t = \frac{PD_m}{2t} \quad (2.30)$$

En vista de que no se cuenta con un reglamento de seguridad en donde se recomiende el empleo de un factor de diseño, “n”, para la aplicación en análisis, se sugiere limitar la presión del recipiente a no más de 1/4 de la presión de ruptura pronosticada [29]; la ecuación (2.31) denota dicha condición. Considerando un acero austenítico AISI 304, según Apéndice G, el cual cuenta con una resistencia última a la tensión $S_{ut} = 505 \text{ MPa}$, se tiene que:

$$\sigma_d = \frac{S_{ut}}{n} \quad (2.31)$$
$$\sigma_d = \frac{505 \text{ MPa}}{4} = 126,25 \text{ MPa}$$

Despejando el espesor, t , de la ecuación (2.30), y sustituyendo con la ecuación (2.31), se obtiene:

$$t = \frac{4P_i D_m}{2S_u}$$

$$t = \frac{4 \left(60 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \right) (0,1 \text{ m})}{2 \left(505 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \right)}$$

$$t = 0,0237 \text{ m} \approx 2,4 \text{ cm}$$

A continuación se realiza la primera comparación, mediante el empleo de la ecuación (2.28) para determinar si el vaso corresponde a un cilindro de pared delgada y cumple las asunciones iniciales:

En primer lugar se determinan el diámetro medio, D_m , como sigue:

$$D_i = 0,1 \text{ m}$$

$$t = 0,024 \text{ m}$$

$$D_o = D_i + 2t = 0,148 \text{ m}$$

$$D_m = D_i + t = 0,124 \text{ m}$$

Posteriormente se reemplaza en (2.28) obteniendo:

$$\frac{D_m}{t} = \frac{0,124 \text{ m}}{0,024 \text{ m}} = 5,16 < 20$$

El resultado no cumple la relación de pared delgada, por lo tanto, bajo las condiciones de diseño planteadas, se deberá someter al vaso de extracción de manteca de cacao a las consideraciones para cilindros de pared gruesa.

Para ello, en la figura 2.16 se describen las dimensiones requeridas para dicho análisis.

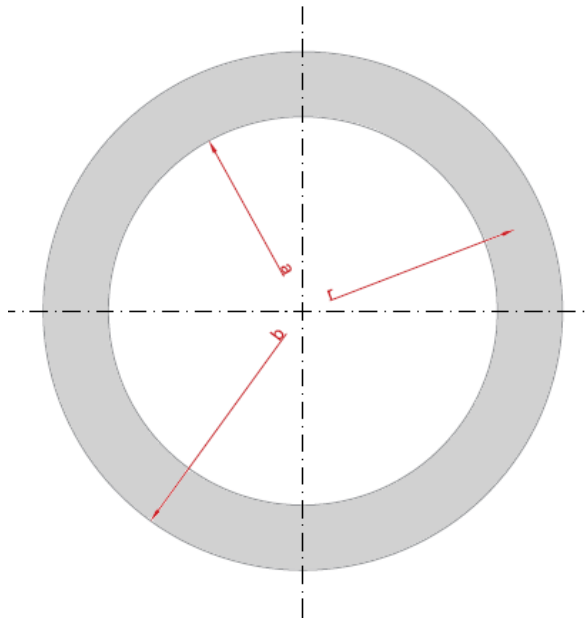


FIGURA 2.16 NOMENCLATURA EMPLEADA PARA DIMENSIONES DE CILINDRO DE PARED GRUESA

Donde:

a: radio interior.

b: radio exterior.

r: radio en cualquier punto del espesor.

En primer lugar, se efectuará el análisis del cilindro calculando su esfuerzo anular o tangencial, σ_1 , con las dimensiones anteriormente obtenidas y posteriormente compararlo con el esfuerzo de diseño obtenido mediante la ecuación (2.31). Para ello se aplica la ecuación (2.32).

$$\sigma_1 = \frac{Pa^2(b^2 + r^2)}{r^2(b^2 - a^2)} \quad (2.32)$$

Se procede a calcular para la condición más crítica, es decir cuando $r = a$, es decir en el interior del vaso Cabe mencionar que P es igual a 60 MPa, obteniendo así la ecuación (2.33):

$$\sigma_1 = \frac{P(b^2 + a^2)}{(b^2 - a^2)} \quad (2.33)$$

Reemplazado con las dimensiones obtenidas para cilindro de pared delgada, se tiene:

$$a = \frac{D_i}{2} = \frac{0,1 \text{ m}}{2} = 0,05 \text{ m}$$

$$b = \frac{D_o}{2} = \frac{0,148 \text{ m}}{2} = 0,074 \text{ m}$$

Entonces, reemplazando los radios obtenidos en la ecuación (2.33) se tiene:

$$\sigma_1 = \frac{(60 \times 10^6 \text{ N/m}^2) [(0,074 \text{ m})^2 + (0,05 \text{ m})^2]}{((0,074 \text{ m})^2 - (0,05 \text{ m})^2)} = \frac{478560 \text{ N}}{2,976 \times 10^{-3} \text{ m}^2}$$

$$\sigma_1 = 160,81 \text{ MPa}$$

$$\therefore \sigma_1 > \sigma_d$$

Por cuanto se puede concluir que el vaso de extracción con espesor $t = 2,4 \text{ cm}$, de pared gruesa, no soporta el esfuerzo de diseño establecido anteriormente.

En vista del resultado obtenido, se realiza una segunda iteración, asumiendo un espesor de pared de 3.6 cm.

En primer lugar se obtienen los radios interior y exterior:

$$a = \frac{D_i}{2} = \frac{0,1 \text{ m}}{2} = 0,05 \text{ m}$$

$$b = \frac{D_o}{2} = \frac{0,172 \text{ m}}{2} = 0,086 \text{ m}$$

Entonces:

$$\sigma_1 = \frac{(60 \times 10^6 \text{ N/m}^2) [(0,086 \text{ m})^2 + (0,05 \text{ m})^2]}{((0,086 \text{ m})^2 - (0,05 \text{ m})^2)} = \frac{593760 \text{ N}}{4,896 \times 10^{-3} \text{ m}^2}$$

$$\sigma_1 = 121,27 \text{ MPa}$$

$$\therefore \sigma_1 < \sigma_d$$

Por cuanto se puede concluir que el vaso de extracción con espesor $t = 3,6 \text{ cm}$, es de pared gruesa y soporta el esfuerzo de diseño establecido anteriormente.

Adicionalmente, el vaso cuenta con una rosca helicoidal ISO de serie gruesa en su base, M190x3, que coadyuvará en el rápido y frecuente despiece para la remoción de la torta de cacao posterior al prensado.

Base perforada para sellado de cámara de extracción – elemento 3

Para determinar las dimensiones de este componente, se utilizaron las ecuaciones para el análisis de los esfuerzos y deformaciones de placas y cascarones, plateados por Timoshenko y Woinowsky-Krieger en su publicación Teoría de placas y cascarones [30].

La placa de soporte, por donde escurrirá la manteca de cacao, cuenta con 57 agujeros, con un diámetro pasante de 5/64". Con el objeto de reducir la concentración de esfuerzo en los bordes de los mismos se ha considerado aplicar un biselado con un diámetro de 3/32". El área total de la placa que estará sometida a flexión, será aquella correspondiente al diámetro interior del vaso, es decir, la denotada por la ecuación (2.34):

$$A_{\text{contacto de pasta de cacao}} = \pi r^2 \quad (2.34)$$

Reemplazando con las dimensiones internas del vaso en la ecuación (2.34), se obtiene:

$$A_{\text{contacto de pasta de cacao}} = \pi(0,1)^2$$

$$A_{\text{contacto de pasta de cacao}} = 0,031 \text{ m}^2$$

A su vez, el área efectiva por donde escurrirá la manteca será la sumatoria del área de los 57 agujeros, es decir el área denotada por la ecuación (2.35).

$$A_{\text{efectiva escurrimiento}} = 57 (\pi r^2) \tag{2.35}$$

Reemplazando en la ecuación (2.35) se tiene:

$$A_{\text{efectiva escurrimiento}} = 57 \left[\pi \left(\frac{5}{64} \text{ pulg} * \frac{0.0254 \text{ m}}{1 \text{ pulg}} \right)^2 \right]$$

$$A_{\text{efectiva escurrimiento}} = 0,0007 \text{ m}^2$$

Al comparar los resultados, de las dos áreas calculadas, se puede constatar que el área perforada corresponde apenas el 2,2% del área total efectiva en flexión, por lo cual se asumirá despreciable el efecto de los agujeros para los cálculos de interés.

La ecuación (2.36), describe el esfuerzo radial y tangencial máximo que existe en una placa circular, con carga uniformemente distribuida sobre su superficie y sus bordes simplemente apoyados.

$$(\sigma_r)_{max} = (\sigma_t)_{max} = \frac{6M_r}{h^2} = \frac{3(3 + \nu)qa^2}{8h^2} \quad (2.36)$$

Donde:

ν : coeficiente de Poisson, que para el acero inoxidable en su zona plástica corresponde a 0.3. Apéndice G.

q : carga por unidad de área.

a : radio de la placa.

h : espesor de la placa.

De esta manera, se obtiene el esfuerzo en función del espesor de la placa, para ello se reemplaza en la ecuación (2.36)

$$(\sigma_r)_{max} = (\sigma_t)_{max} = \frac{3(3 + 0,3)(60 \times 10^6 \text{ N/m}^2)(0,1 \text{ m})^2}{8h^2}$$

$$(\sigma_r)_{max} = (\sigma_t)_{max} = \frac{185,62 \times 10^3}{h^2}$$

Definiendo un esfuerzo de diseño admisible igual o menor a la mitad del esfuerzo de fluencia del acero inoxidable AISI 304, determinamos el espesor de la placa, para ello se emplea la ecuación (2.5) antes planteada:

$$\sigma_d = \frac{S_y}{2}$$

$$\sigma_d = \frac{225,5 \text{ MPa}}{2}$$

$$\sigma_d = 112,75 \text{ MPa}$$

Relacionando las ecuaciones del esfuerzo máximo radial/tangencial, ecuación (2.36), con la del esfuerzo de diseño se obtiene el espesor del disco, esta relación se denota mediante la ecuación (2.37):

$$(\sigma_r)_{max} = (\sigma_t)_{max} = \sigma_d \quad (2.37)$$

$$\frac{185,62 \times 10^3 N}{h^2} = 112,75 \text{ MPa}$$

$$h = \sqrt{\frac{185,62 \times 10^3 N}{112,75 \times 10^6 \text{ N/m}^2}}$$

$$h = 0,0405 \text{ m} = 40,57 \text{ mm}$$

Otro dato de importancia, es conocer el desplazamiento vertical máximo de la placa, para ello se recurre la ecuación (2.38):

$$W_{max} = \frac{(5 + \nu)qa^4}{64(1 + \nu)D} \quad (2.38)$$

Dónde:

D: Rigidez flexional de placa. Denotada en la ecuación (2.39)

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \quad (2.39)$$

$$D = \frac{(193 \times 10^6 \text{ N/m}^2)(0,0405 \text{ m})^3}{12(1-0,3^2)}$$

$$D = 1174,08 \text{ Nm}$$

Reemplazando los datos conocidos en la ecuación (2.38), se tiene:

$$W_{\max} = \frac{(5 + 0,3)(60 \times 10^6 \text{ N/m}^2 * (0,05 \text{ m})^4)}{64(1 + 0,3) * 1174,08 \text{ Nm}}$$

$$W_{\max} = \frac{1987,5 \text{ Nm}^2}{9,76 \times 10^4 \text{ Nm}}$$

$$W_{\max} = 0,02 \text{ m}$$

Receptáculo de manteca de cacao – elemento 4.

Las dimensiones de este componente, han sido seleccionados con el propósito de satisfacer la geometría del apoyo del conjunto base perforada-vaso de extracción, para ello se ha utilizado dos secciones

de plancha de acero inoxidable AISI 304, la primera de 240x240x24 (mm) y la segunda con 220x220x24 (mm), las cuales estarán soldadas, con el objeto de configurar un cuenco en el centro de 22 cm de profundidad, con un desfogue circular de 1/2" conducido por una cañería AISI 304 de 1/4" cédula 40.

2.4. Selección de componentes complementarios.

Retenedores de pistón y vaso – elemento A y B

Como se mencionó anteriormente en el ítem 2.3, concerniente al diseño del pistón, el tipo de retenedor seleccionado para esta aplicación será de las mismas características, en cuanto a forma y material, a aquellos utilizados por fabricantes de prensas óleo hidráulicas para extracción de manteca de cacao, en función de la presión y temperatura de operación. El banco de pruebas, cuenta con dos retenedores, uno de ellos ubicado como faja retenedora en el pistón y el otro en la sección base del vaso de extracción, el cual, en acción conjunta con la tapa perforada sellarán la cámara de prensado. Las dimensiones de las ranuras que contendrán los retenedores se muestran en la sección PLANOS.

Malla de separación polvo/manteca de cacao – elemento C

Como se señaló anteriormente, el diámetro de los agujeros por donde escurrirá la manteca de cacao en la base perforada será de 3/32", y es en dicho claro en el cual se producirá el mayor esfuerzo flector en la malla de 200 mesh. El comportamiento de la malla, bajo la influencia de la carga distribuida, se la realizó calculando la magnitud de la aceleración que se encuentra actuando sobre su masa, en un área circunferencial de 3/32" de diámetro, a fin de estimar con mayor precisión el esfuerzo presente en la masa de la malla, y no sobre el área circunferencial. Este procedimiento entrega resultados con mayor exactitud que aquel que considerara el esfuerzo de la malla en acción de una carga por unidad de área, ya que no es un área que corresponda a un sólido homogéneo. Para el cálculo mostrado a continuación, es de gran utilidad el valor concerniente a la masa por unidad de área de la malla, el cual es igual a 0,292 kg/m² y ha sido tomado del Apéndice I, que muestra las características de la malla en análisis. Aplicando la segunda ley de Newton, se determina la aceleración sobre el cuerpo de la malla, para ello se emplea la ecuación (2.40)

$$F = ma \quad (2.40)$$

Dividiendo ambos miembros para el área circunferencial de la cámara de extracción y, despejando la aceleración se tiene:

$$\frac{F}{A} = \frac{ma}{A}$$

$$a = \frac{P}{m/A}$$

$$a = \frac{60 \times 10^6 \text{ N/m}^2}{0,292 \text{ kg/m}^2}$$

$$a = 2,05 \times 10^8 \frac{m}{s^2}$$

En la figura 2.17 utilizando una captura del software AUTODESK® INVENTOR®, se aprecia el entramado de la malla de 200 mesh empotrado en sus bordes, con la intención de simular el comportamiento de la misma en un agujero de 3/32" de diámetro.

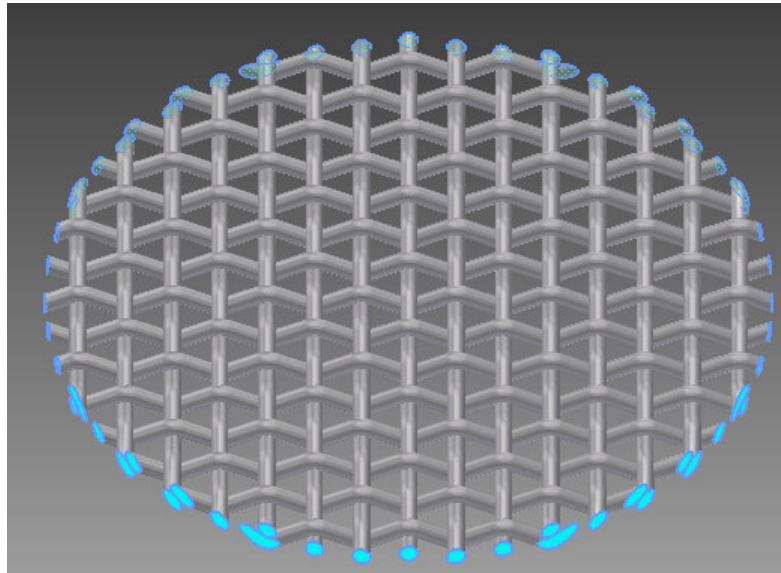


FIGURA 2.17 MALLA DE 200 MESH POSICIONADA EN AGUJERO DE Ø3/32" CON EMPOTRAMIENTO EN LOS BORDES

Del mismo modo, en las figuras 2.18 y 2.19 se puede constatar las zonas en donde se presentan los mayores esfuerzos flectores y deflexión respectivamente.

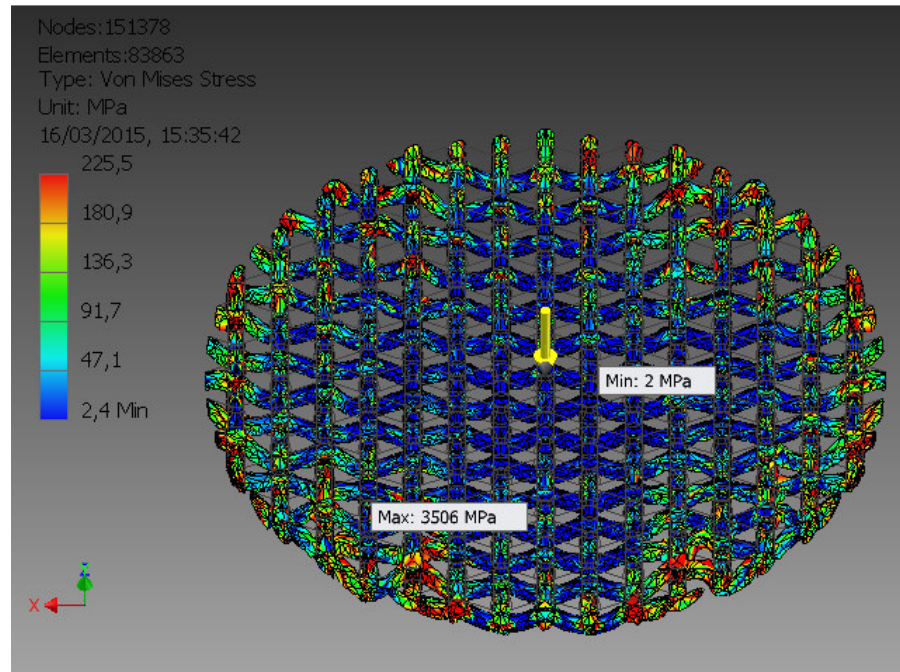


FIGURA 2.18 PICTOGRAMA DE ESFUERZO EN MALLA DE 200 MESH POSICIONADA EN AGUJERO DE Ø 3/32" CON EMPOTRAMIENTO EN LOS BORDES

En la figura 2.18, se puede apreciar que el esfuerzo máximo presente en la malla, supera el esfuerzo de fluencia del acero AISI 304, inclusive la simulación señala que el esfuerzo máximo que experimentaría la malla es de 3506 MPa, ubicado principalmente en los bordes de la misma. Sin embargo, el modelo físico más recomendable para su análisis, no correspondería a una malla empotrada, sino más bien al de una malla simplemente apoyada en su borde, configuración que no

es posible simular en el software, ya que lo considera como un cuerpo sin condiciones de borde. Cabe señalar, que los fabricantes de prensas superponen mallas en combinación con la de 200 mesh, con el objeto de brindar rigidez al conjunto de mallas posicionadas sobre los agujero. El fabricante italiano de prensas, Vitali&Cauci utiliza en sus equipos un kit de 3 mallas, de 20, 30 y 200 mesh para alcanzar este propósito. [30].

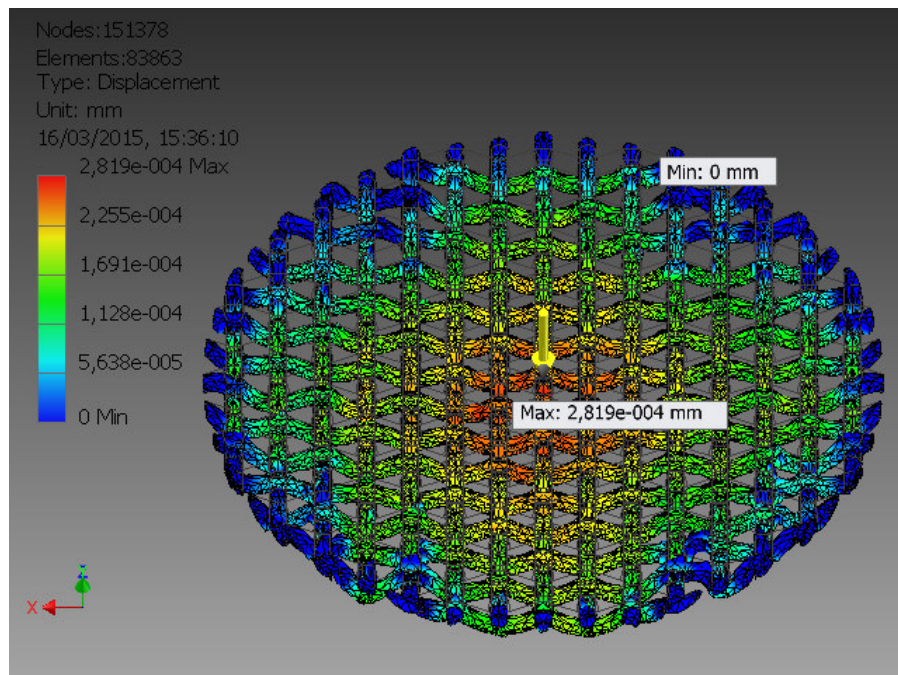


FIGURA 2.19 PICTOGRAMA DE DESPLAZAMIENTO VERTICAL EN MALLA DE 200 MESH POSICIONADA EN AGUJERO DE Ø3/32” CON EMPOTRAMIENTO EN LOS BORDES

2.5. Diseño de sistema de calentamiento de licor de cacao.

Para poder seleccionar el dispositivo, que entregará calor al licor de cacao almacenado en el vaso de extracción durante el prensado, se asumirá en primer lugar que dicho producto ha sido esterilizado en la etapa de tueste y que ingresará a la cámara de prensado a temperatura ambiental de 30 °C. En vista de que el objeto de este proyecto de graduación, es establecer condiciones propicias para efectuar extracciones de manteca bajo distintas condiciones de presión y temperatura, el calentamiento del licor se lo realizará empleando un calentador eléctrico de abrazadera en conjunto con un circuito de control, mediante los cuales, el operador deberá establecer a través de un procedimiento de prueba-error las condiciones deseadas de trabajo. Sin embargo, se deberá determinar la energía aproximada que necesita el vaso de extracción y el contenido de licor para elevar su temperatura hasta 110°C, que es la condición más crítica establecida en el proceso de prensado.

El calor específico del licor de cacao, C_p , se determina mediante el modelo matemático propuesto por Chois y Okos (1985) y mostrado a continuación mediante la ecuación (2.41), cuya utilidad se centra en

alimentos por encima del punto de congelación o sin congelar. Para el reemplazo de las variables se utiliza los datos de la Tabla 1.

$$C_p = \sum_{i=1}^n C_{p_i} X_i$$

$$C_p = C_{p_{H_2O}} X_{H_2O} + C_{p_{SS}} X_{SS} + C_{p_{FAT}} X_{FAT} \quad (2.41)$$

Donde:

$C_{p_{H_2O}}$: Calor específico de agua..

$C_{p_{SS}}$: Calor específico de fracción sólida.

$C_{p_{FAT}}$: Calor específico de grasa.

X_{H_2O} : Fracción de agua.

X_{SS} : Fracción de sustancia sólida.

X_{FAT} : Fracción de grasa.

Reemplazando en la ecuación (2.41) con los datos de la Tabla 1, se tiene:

$$C_p = 4,18 \frac{kJ}{kg \text{ } ^\circ C} (0,03) + 1,4 \frac{kJ}{kg \text{ } ^\circ C} (0,43) + 1,9 \frac{kJ}{kg \text{ } ^\circ C} (0,54)$$

$$C_p = 1,75 \frac{kJ}{kg \text{ } ^\circ C}$$

A continuación se determina el calor transferido hacia el licor de cacao para su calentamiento con el empleo de la ecuación (2.42)

$$Q = mC_p\Delta T \quad (2.42)$$

$$Q_{licor} = m_{licor}C_{p_{licor}}\Delta T$$

$$Q_{licor} = (1 \text{ kg})\left(1,75 \frac{KJ}{kg \text{ } ^\circ C}\right)(110^\circ C - 30^\circ C)$$

$$Q_{licor} = 140 \text{ kJ}$$

Para la selección de la resistencia, se asumirá que la energía requerida para elevar la temperatura a 110 °C se suministrará en 10 minutos.

Para ello se aplica la ecuación (2.43) la cual define la razón promedio de transferencia de calor hacia el licor:

$$\dot{Q} = \frac{Q}{\Delta t} \quad (2.43)$$

$$Q_{licor} = \frac{Q_{licor}}{t}$$

$$Q_{licor} = \frac{140 \text{ kJ}}{600 \text{ s}} = 0,233 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} \times \frac{1000 \text{ W}}{1 \text{ kJ/s}} = 233 \text{ W}$$

De igual forma, se calcula la transferencia de calor hacia en vaso de extracción, ya que éste, al menos deberá alcanzar la temperatura deseada de calentamiento. Dado que el vaso de extracción de manteca no tiene forma uniforme, se debe calcular la masa de los dos tramos que lo conforman. Su masa total está representada por la ecuación (2.44)

$$m_{vaso} = m_{tramo \text{ liso}} + m_{tramo \text{ roscado}} \quad (2.44)$$

En primer lugar se calcula el volumen y la masa del tramo liso del vaso, mediante las ecuaciones (2.45) y (2.46). Cabe mencionar que la dimensión de este componente se encuentra en la sección PLANOS.

$$V = \frac{\pi(d_e^2 - d_i^2)l}{4} \quad (2.45)$$

$$V = \frac{\pi((0,172 \text{ m})^2 - (0,1 \text{ m})^2)(0,1019 \text{ m})}{4}$$

$$V = 0,015 \text{ m}^3$$

$$m_{\text{tramo liso}} = V\rho_{\text{acero 304}} \quad (2.46)$$

Reemplazado en los datos correspondientes en la ecuación (2.46) se tiene:

$$m_{\text{tramo liso}} = (0,015 \text{ m}^3)(7900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})$$

$$m_{\text{tramo liso}} = 12,38 \text{ kg.}$$

Procediendo de la misma manera, se calcula el volumen del tramo roscado del vaso y su masa, empleando la ecuación (2.45) y (2.47).

$$V = \frac{\pi(d_e^2 - d_i^2)l}{4} \quad (2.45)$$

$$V = \frac{\pi((0,188 \text{ m})^2 - (0,1 \text{ m})^2)(0,0254 \text{ m})}{4}$$

$$V = 0,005 \text{ m}^3$$

$$m_{\text{tramo roscado}} = V\rho_{\text{acero 304}} \quad (2.47)$$

Reemplazado con los datos correspondientes en la ecuación (2.47) se tiene:

$$m_{\text{tramo roscado}} = (0,005 \text{ m}^3)(7900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})$$

$$m_{\text{tramo roscado}} = 3,99 \text{ kg}.$$

Reemplazando en la ecuación (2.44), se tiene:

$$m_{vaso} = m_{tramo\ liso} + m_{tramo\ roscado}$$

$$m_{vaso} = 12,38\ kg + 3,99\ kg$$

$$m_{vaso} = 16,37\ kg$$

Se emplea la ecuación (2.42) ajustándola a los datos del vaso de acero AISI 304.

$$Q_{vaso} = m_{vaso} C_{p\ acero\ 304} \Delta T$$

$$Q_{vaso} = (16,37\ kg) \left(0,5 \frac{kJ}{kg^{\circ}C}\right) (110^{\circ}C - 30^{\circ}C)$$

$$Q_{vaso} = 654,8\ kJ$$

Se determina la razón de transferencia de calor hacia el vaso, mediante la ecuación (2.43)

$$\dot{Q}_{vaso} = \frac{Q_{vaso}}{t}$$

$$\dot{Q}_{vaso} = \frac{654,8\ kJ}{600\ s} = 1,09 \frac{kJ}{s} \times \frac{1000\ W}{1\ kJ/s} = 1090\ W$$

Al comparar la energía requerida por el licor y por el vaso de extracción individualmente, se observa que la mayor demanda es la requerida por el segundo, motivada principalmente por su significativa masa frente a la del licor de cacao.

En la cuantificación de la potencia seleccionada, se considerará un factor de corrección que adicione un 25%, con el objeto de prever emigración de calor a los alrededores.

2.6. Selección de componentes del sistema óleo hidráulico.

Los componentes del sistema óleo hidráulico, para poder llevar a cabo la extracción de la manteca de cacao, han sido seleccionados de acuerdo a su disponibilidad en el mercado nacional. En el Apéndice H se muestran las fichas técnicas de estos componentes, y se describe brevemente a continuación sus características principales:

Cilindro óleo hidráulico:

Cilindro de simple efecto con capacidad de 50 toneladas. Desplazamiento de pistón máximo de 6,25". Retorno mediante resorte interior. Dispone de acople rápido para mangueras de mando/retorno.

Además cuenta con válvula de seguridad que evita el retorno del vástago en eventos de sobrepresión.

Bomba hidráulica manual:

Bomba manual con válvula de alivio integrada, Resistencia máxima 10000 psi. Incluye reservorio de aceite hidráulico.

Mangueras hidráulicas:

La manguera será de material termo plástico, con una resistencia máxima de 10000 psi, de al menos 3 pies de longitud, con camisa exterior de poliuretano. Contará con acople roscado NPTF 3/8 y acople rápido de conexión al cilindro”.

Manómetro y adaptador:

El manómetro seleccionado contendrá glicerina y tendrá escala de lectura de al menos 10000 psi; de igual manera, el adaptador del manómetro deberá contar con acoples NPTF de 3/8” y de 1/2” para adaptarse a los demás componentes del circuito seleccionados.

En la figura 2.20 se aprecia la configuración del sistema óleo hidráulico.



FIGURA 2.20 EQUIPO ÓLEO HIDRÁULICO DE 50 TONELADAS Y RESISTENCIA 10000 PSI

Fuente: [31]

Cabe mencionar que la presión mostrada en el manómetro, será la generada por la fuerza que ejerce el aceite hidráulico contra la cara del vástago del cilindro y, de ninguna manera se la deberá confundir con la presión generada en el interior de la cámara de extracción. Con el objeto de poder controlar la presión en el vaso de extracción, se presenta la Tabla 6, en la cual se encuentra tabulada la relación entre la presión que existe dentro del cilindro hidráulico y en el interior de la cámara de extracción. Con esta información se podrá realizar las pruebas experimentales de manera más precisa.

Información importante para la elaboración de la Tabla 6, es la adjuntada en el Apéndice H, en la cual se detalla las dimensiones generales del cilindro óleo hidráulico seleccionado.

La relación de presiones se determina analíticamente utilizando la expresión descrita en la ecuación (2.48):

$$F_{\text{cilindro hidráulico}} = F_{\text{cámara de extracción}} \quad (2.48)$$

$$P_{\text{cilindro hidráulico}} A_1 = P_{\text{cámara de extracción}} A_2$$

$$\frac{P_{\text{cilindro hidráulico}}}{P_{\text{cámara de extracción}}} = \frac{A_2}{A_1}$$

$$\frac{P_{\text{cilindro hidráulico}}}{P_{\text{cámara de extracción}}} = \frac{\pi d_2^2 / 4}{\pi d_1^2 / 4}$$

$$\frac{P_{\text{cilindro hidráulico}}}{P_{\text{cámara de extracción}}} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$$

$$\frac{P_{\text{cilindro hidráulico}}}{P_{\text{cámara de extracción}}} = \frac{(0,1 \text{ m})^2}{(0,095 \text{ m})^2}$$

$$\frac{P_{\text{cilindro hidráulico}}}{P_{\text{cámara de extracción}}} = 1,108$$

Donde:

A_1 : Área de la cara interior del vástago del cilindro hidráulico.

A_2 : Área de la cara del pistón de la cámara de extracción.

d_1 : diámetro de la cara interior del vástago del cilindro hidráulico.

d_2 : diámetro de la cara del pistón de la cámara de extracción.

TABLA 6
RELACIÓN ENTRE PRESIÓN DEL CILINDRO HIDRÁULICO Y
CÁMARA DE EXTRACCIÓN

P cil. hid. (man) [Bar]	P cám. extracción [Bar]
100	90,25
150	135,38
200	180,51
250	225,63
300	270,76
350	315,88
400	361,01
450	406,14
500	451,26
550	496,39
600	541,52
650	586,64
665	600,18

2.7. Esquema de control y operación.

Dado que el presente diseño tiene como propósito realizar pruebas experimentales, combinando las variables mencionadas en el subcapítulo 2.2, en busca de obtener mejores resultados en cuanto rendimiento, sabor, textura, etc., se describirá brevemente el procedimiento y los componentes eléctricos de fuerza y de control que intervendrán en la calibración de la temperatura de operación.

- Fuente de poder.

La fuente de energía empleada será básicamente el suministro eléctrico de 120 voltios A/C.

- Contactor.

Este dispositivo electromecánico será el encargado de permitir o interrumpir el flujo de corriente, tanto al circuito de control o de fuerza, una vez que la bobina es energizada o no con tensión suministrada por la fuente de poder. Para el caso en análisis, se empleará un contactor 3P-15 Amp con bobina de 120 V.

- Reóstato:

Llamado también resistencia variable. Tiene como objeto regular la intensidad de corriente de alimentación a la carga; de esta manera se controla y se dispone únicamente de la potencia requerida, disipando como calor la energía no utilizada. Para el banco de pruebas se ha seleccionado un reóstato de 1000 vatios. En la figura 2.21 se aprecia un reóstato de laboratorio tipo deslizante que se ajusta a los requerimientos del diseño.

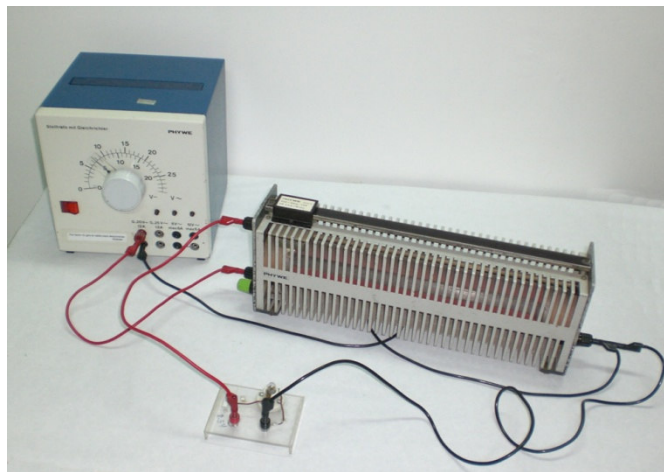


FIGURA 2.21 FUENTE DE PODER, REÓSTATO TIPO DESLIZANTE Y BOMBILLO
Fuente: [32]

- Amperímetro

Este dispositivo de medición proporcionará el amperaje suministrado por el reóstato, el cual servirá para obtener la potencia de servicio en la abrazadera térmica.

- Dispositivo de calentamiento:

Para efectuar el calentamiento del licor de cacao, se ha seleccionado una resistencia de abrazadera con doble recubrimiento de fibra de esteatita (cerámico), que contribuirá a disminuir las pérdidas de calor por radiación, principalmente. La resistencia seleccionada deberá ser capaz de generar 1500 W. La temperatura máxima de operación de este dispositivo es 500 °C. En la figura 2.22 se observa la configuración de la resistencia seleccionada. El Apéndice J presenta las características técnicas del equipo seleccionado.

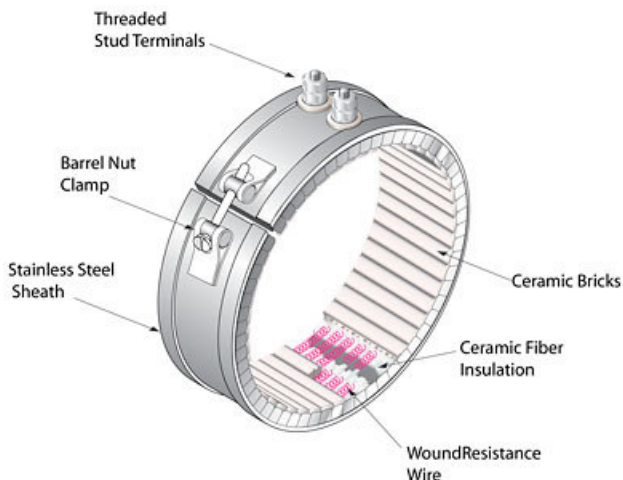


FIGURA 2.22 ABRAZADERA TÉRMICA AISLADA CON FIBRAS DE CERÁMICA

Fuente: [33]

- Termocupla.

La termocupla es un sensor de temperatura, el cual genera una caída de voltaje en la unión de los dos componentes metálicos que la conforman. Esta caída de voltaje, en el orden de los milivoltios aumenta directamente al incrementarse la temperatura. La termocupla seleccionada será de tipo K, la misma que es una aleación de níquel-cromo.

- Controlador de temperatura.

El objetivo de este dispositivo es traducir la señal eléctrica enviada por la termocupla en señal de temperatura, mediante un visor digital o analógico. La señal de temperatura puede generar una señal 1 ó 0 receptada por el contactor para desactivar, según la calibración, el actuador que en este caso es la abrazadera térmica.

A continuación se describirá brevemente el procedimiento de control, que enlazará el funcionamiento en conjunto de los dispositivos antes descritos.

- Inicialmente se vierte al interior del vaso de extracción el licor de cacao a temperatura ambiente, aproximadamente a 30°C. Conjuntamente se enciende el circuito de fuerza y control y, se coloca el variador del reóstato en una posición, tal que el amperaje de salida señalado en el amperímetro genere una potencia de 1100 W, para ello se emplea la relación $P = VI$. De esta manera se intentará calentar el interior del vaso a una temperatura de 110 °C, en un tiempo teórico de 10 minutos. Cabe señalar, que inicialmente el control de temperatura para esta calibración, se lo realizará con un termómetro manual

sumergido en el licor de cacao y ubicado en las proximidades de la superficie interna del vaso.

- Una vez alcanzada la temperatura requerida, la termocupla deberá también establecer contacto con el licor, a fin de enviar su señal eléctrica al controlador de temperatura, el cual estará regulado en un rango de entre 100 °C a 105 °C, que a su vez enviará una señal al contactor para cerrar o abrir el flujo de corriente respectivamente, hacia el reóstato. Posteriormente las lecturas se las realizarán sobre la manteca de cacao, la cual se dirigirá hacia el receptáculo ubicado en la parte inferior, una vez empezado el prensado.

La figura 2.23, representa, mediante un ciclo de histéresis, el proceso que realiza el actuador, de acuerdo al rango de temperatura señalado anteriormente. Conjuntamente en la figura 2.24, se aprecia la disposición de los componentes en el circuito de fuerza y control.

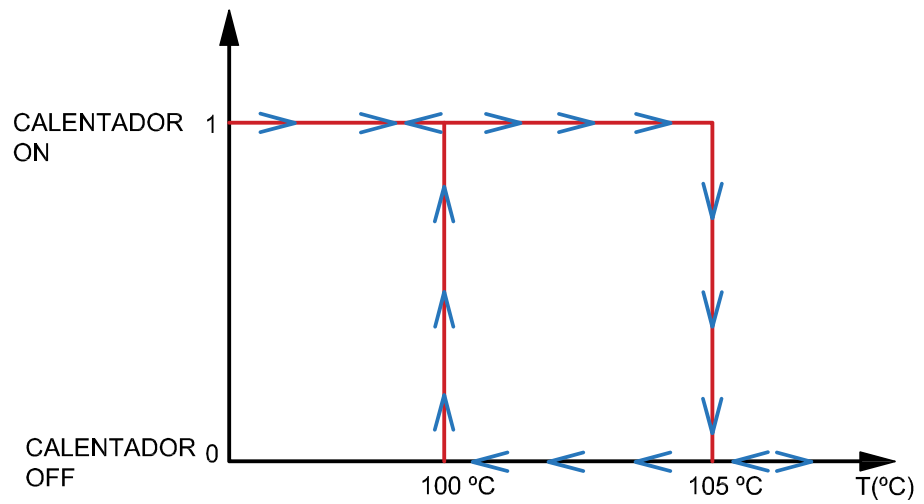


FIGURA 2.23 CICLO DE HISTÉRESIS DE CONTROLADOR DE TEMPERATURA

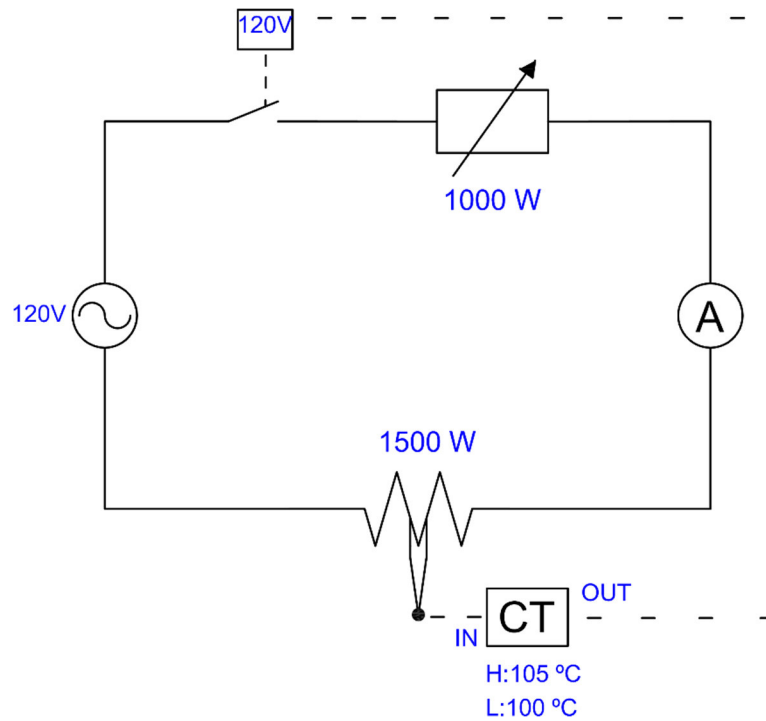


FIGURA 2.24 CIRCUITO DE FUERZA Y CONTROL

Con el propósito de aproximar y facilitar el control de temperatura en la cámara de extracción, se presenta la Tabla 7, en la cual se muestra el amperaje que deberá fluir por la resistencia térmica a fin de obtener la potencia necesaria para ejecutar las pruebas experimentales. Cabe señalar que la calibración del flujo de corriente deberá efectuarse sobre el reóstato.

TABLA 7
VALORES DE REGULACIÓN DEL REÓSTATO

To (°C)	Tf (°C)	ΔT	°Q [W]	I [amp]
30	110	80	1091,33	9,09
30	105	75	1023,13	8,53
30	100	70	954,92	7,96
30	95	65	886,71	7,39
30	90	60	818,50	6,82
30	85	55	750,29	6,25

CAPÍTULO 3

3. REPRESENTACIÓN VIRTUAL DEL BANCO EXPERIMENTAL MEDIANTE SOFTWARE AUTODESK® INVENTOR®.

A continuación se revisarán los resultados obtenidos de la simulación realizada con el software Autodesk® Inventor®, a partir de los cálculos analíticos realizados en el capítulo 2, con los cuales se dimensionó y seleccionó los materiales de cada uno de los componentes del banco de extracción de manteca de cacao.

3.1 Simulación bajo carga de los elementos constitutivos del banco experimental para prensado óleo hidráulico.

Manteniendo el orden en el que se presentaron los cálculos en el capítulo 2, se presenta el informe con los datos de mayor relevancia que entrega el

software; de igual manera, se muestran gráficas de la simulación en donde se visualiza las zonas de mayor o menor esfuerzo, factor de seguridad y desplazamiento. Cabe mencionar que los resultados presentados se ajustan a los requerimientos del análisis estático.

Reporte de análisis virtual en estructura de prensa de extracción de manteca de cacao.

La Tabla 8 muestra las características de la estructura de malla empleada por el software para efectuar el análisis computarizado de FEA.

TABLA 8
AJUSTES DE MALLA EN ESTRUCTURA DE PRENSA.

Simulation Type	Static Analysis
Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0,1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0,2
Grading Factor	1,5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	No
Use part based measure for Assembly mesh	Yes

	Rigidizador 10 mm
	Rigidizador 10 mm
	Rigidizador 10 mm
	Rigidizador 10 mm

La Tabla 10 muestra la magnitud y dirección de la carga aplicada en la estructura de la prensa.

TABLA 10
CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA ESTRUCTURA DE PRENSA

Force: 1	
Load Type	Force
Magnitude	471230.000 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	0.000 N
Vector Z	-471230.000 N
Force:2	
Load Type	Force
Magnitude	471230.000 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	0.000 N
Vector Z	471230.000 N

La figura 3.1 presenta la ubicación y dirección en que actúan las fuerzas que intervendrán en el proceso de prensado.

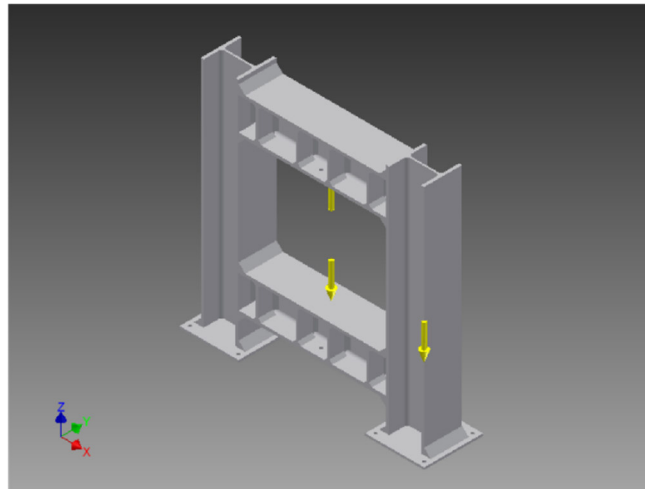


FIGURA 3.1 UBICACIÓN DE VECTORES FUERZA Y GRAVEDAD

La Tabla 11 presenta propiedades físicas de la estructura, así como resultados de esfuerzos, factor de seguridad y desplazamientos.

TABLA 11

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE PRENSA

Name	Minimum	Maximum
Volume	29447500 mm ³	
Mass	231,163 kg	
Von Mises Stress	0,00096818 MPa	235,163 MPa
1st Principal Stress	-26,4249 MPa	139,961 MPa
3rd Principal Stress	-187,9 MPa	21,0804 MPa
Displacement	0 mm	0,725466 mm
Safety Factor	1,06309 ul	15 ul

La figura 3.2 presenta el pictograma del esfuerzo de flexión máximo y mínimo para la estructura de la prensa.

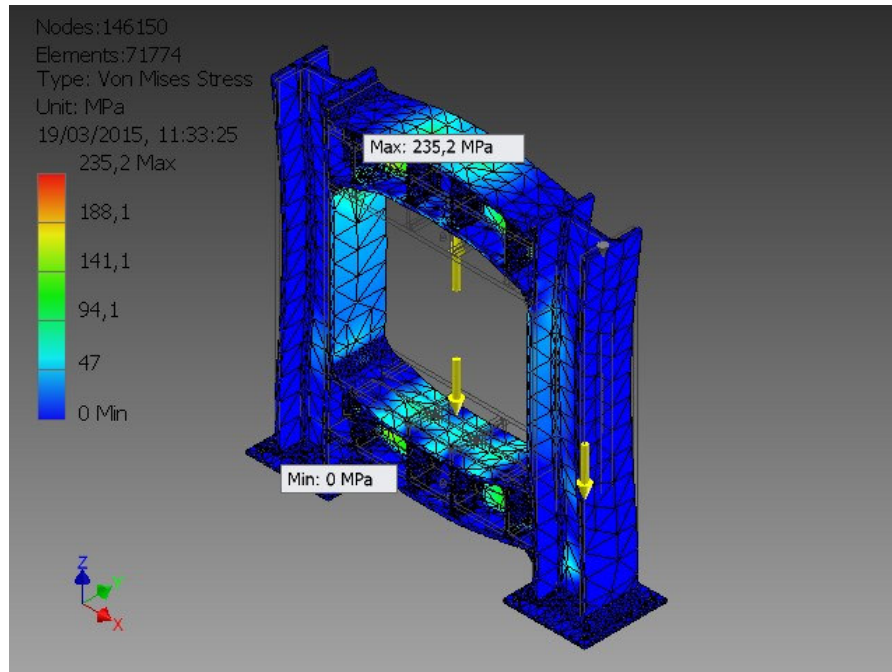


FIGURA 3.2 REPRESENTACIÓN PICTOGRÁFICA DEL ESFUERZO DE FLEXIÓN EN ESTRUCTURA

La figura 3.3 presenta el pictograma de la deflexión máxima y mínima de las vigas de la prensa.

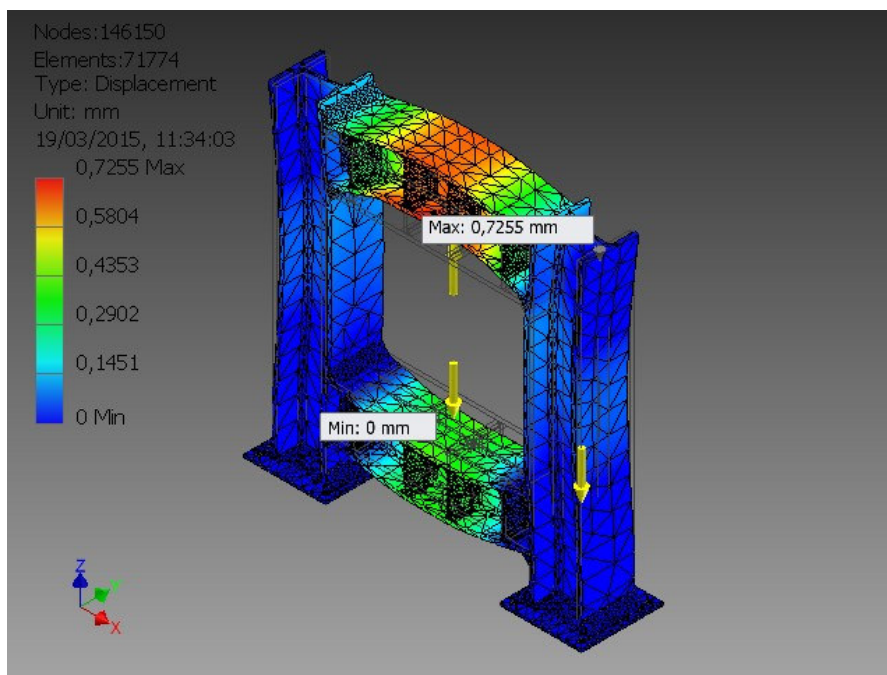


FIGURA 3.3 REPRESENTACIÓN PICTOGRÁFICA DE DEFLEXIÓN

La figura 3.4 presenta el pictograma del factor de seguridad máximo y mínimo de la estructura de la prensa.

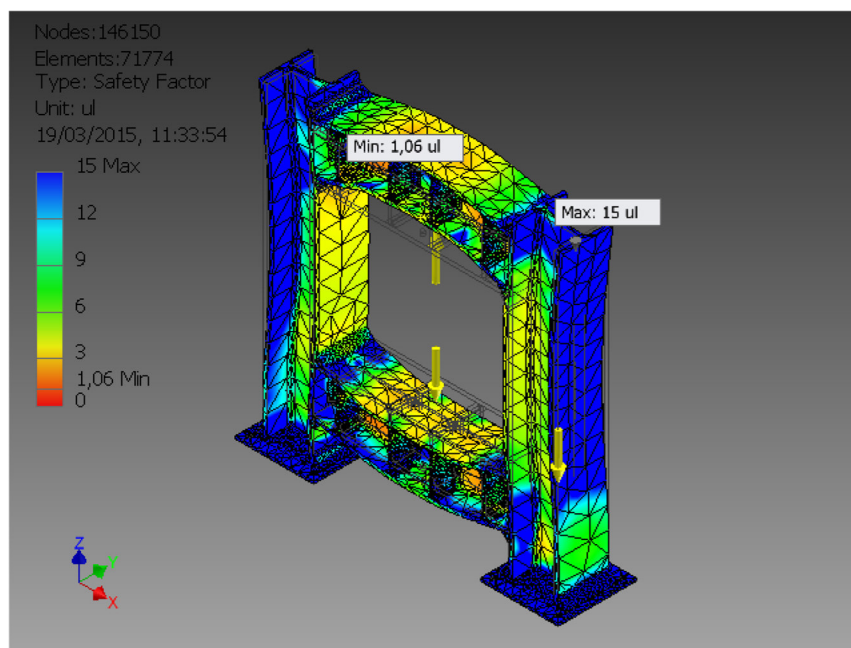


FIGURA 3.4 REPRESENTACIÓN PICTOGRÁFICA DEL FACTOR DE SEGURIDAD

Continuando con el orden planteado inicialmente, se presenta el resumen de resultados del análisis estático de los componentes de la cámara de prensado:

Reporte de análisis de esfuerzos del conjunto de la cámara de extracción.

La Tabla 12 muestra las características de la estructura de malla empleada por el software para efectuar el análisis computarizado de FEA.

TABLA 12
AJUSTES DE MALLA EN EL CONJUNTO DE LA CÁMARA DE EXTRACCIÓN

Simulation Type	Static Analysis
Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0,1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0,2
Grading Factor	1,5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	No
Use part based measure for Assembly mesh	Yes

La Tabla 13 muestra las propiedades mecánicas del material utilizado en la cámara de extracción.

TABLA 13
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL DEL CONJUNTO DE LA CÁMARA DE EXTRACCIÓN

Name	Stainless Steel, Austenitic	
General	Mass Density	8,03 g/cm ³
	Yield Strength	228 MPa
	Ultimate Tensile Strength	540 MPa

Stress	Young's Modulus	190,3 GPa
	Poisson's Ratio	0,305 ul
	Shear Modulus	72,9119 GPa
Part Name(s)	BASE PERFORADA BOQUILLA VASO DE EXTRACCIÓN BASE CONTENEDORA TAPA INFERIOR BASE CONTENEDORA TAPA SUPERIOR	

La Tabla 14 presenta propiedades físicas de la cámara de extracción, así como resultados de esfuerzos, factor de seguridad y desplazamientos.

TABLA 14

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DEL CONJUNTO DE LA CÁMARA DE EXTRACCIÓN

Name	Minimum	Maximum
Volume	5814640 mm ³	
Mass	46,6916 kg	
Von Mises Stress	0,0000313601 MPa	210,851 MPa
1st Principal Stress	-63,455 MPa	195,589 MPa
3rd Principal Stress	-190,938 MPa	28,3109 MPa
Displacement	0 mm	0,0459766 mm
Safety Factor	1,08133 ul	15 ul

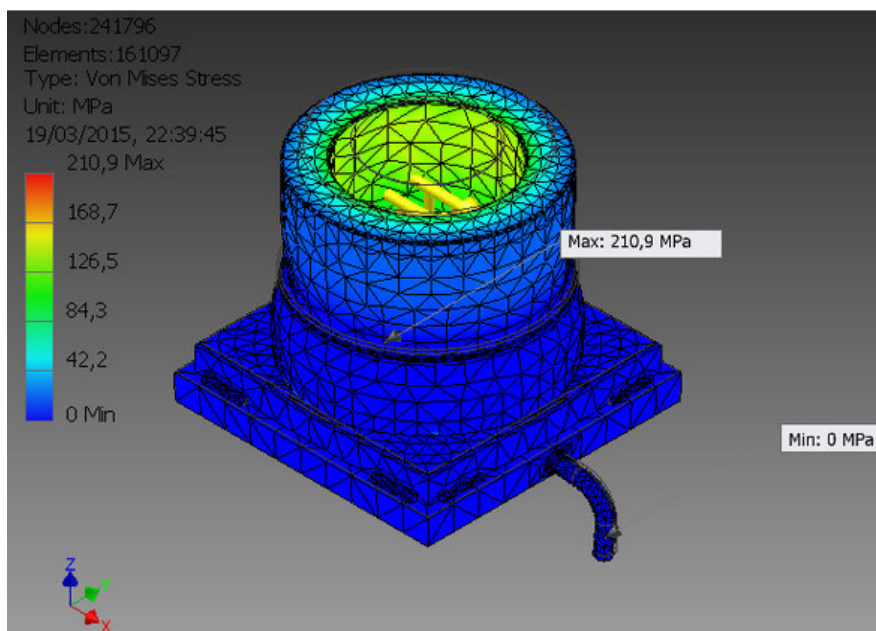


FIGURA 3.5 REPRESENTACIÓN PICTOGRÁFICA DEL ESFUERZO MÁXIMO EN EL CONJUNTO DE EXTRACCIÓN

Con el objeto de evaluar con mayor precisión los componentes que conforman la cámara de extracción, se presentará individualmente la simulación bajo carga de cada elemento que la constituye.

Vaso de extracción de manteca de cacao.

La Tabla 15 muestra la magnitud de la presión aplicada en el interior del vaso de extracción.

TABLA 15
CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA EL VASO DE EXTRACCIÓN DE
MANTECA DE CACAO

Pressure:1	
Load Type	Pressure
Magnitude	60,000 MPa
Pressure:2	
Load Type	Pressure
Magnitude	60,000 MPa

Las figuras 3.6 y 3.7 representan la superficie donde actúa la presión.

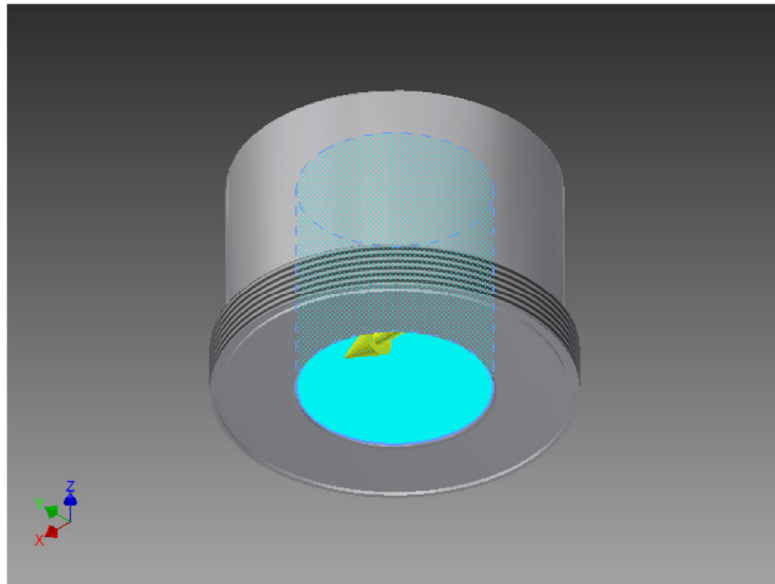


FIGURA 3.6 REPRESENTACIÓN DE SUPERFICIE DONDE ACTÚA LA PRESIÓN

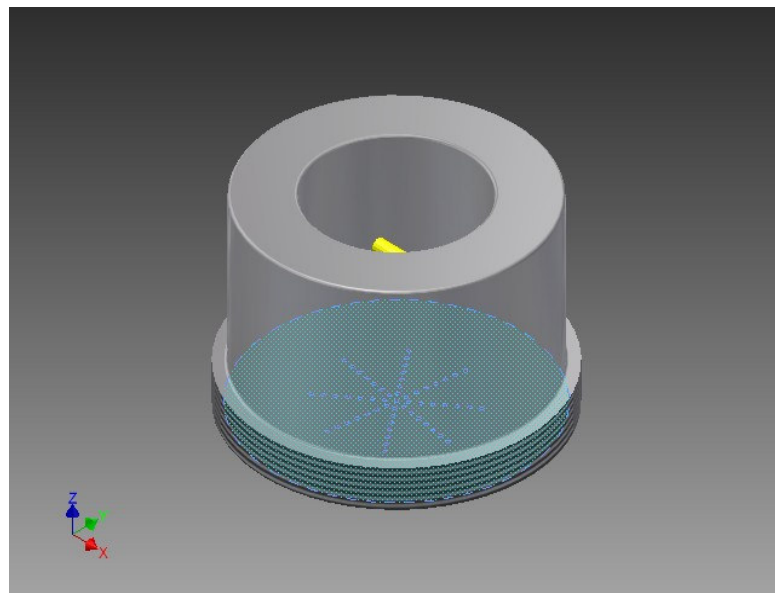


FIGURA 3.7 REPRESENTACIÓN DE SUPERFICIE DONDE ACTÚA LA PRESIÓN

La figura 3.8 presenta el pictograma del esfuerzo anular/tangencial generado en el vaso de extracción.

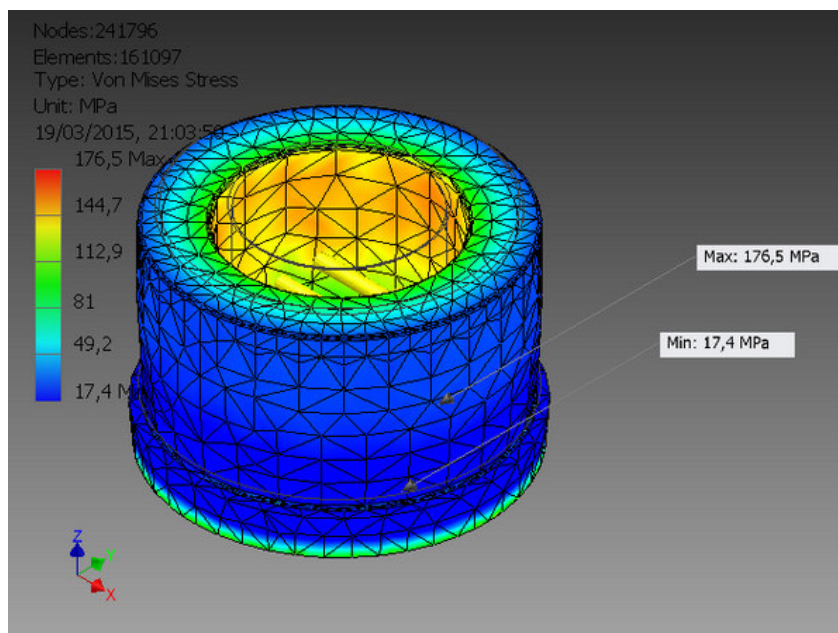


FIGURA 3.8 REPRESENTACIÓN PICTOGRÁFICA DEL ESFUERZO ANULAR/TANGENCIAL

La figura 3.9 representa las zonas donde se generó mayor desplazamiento radial.

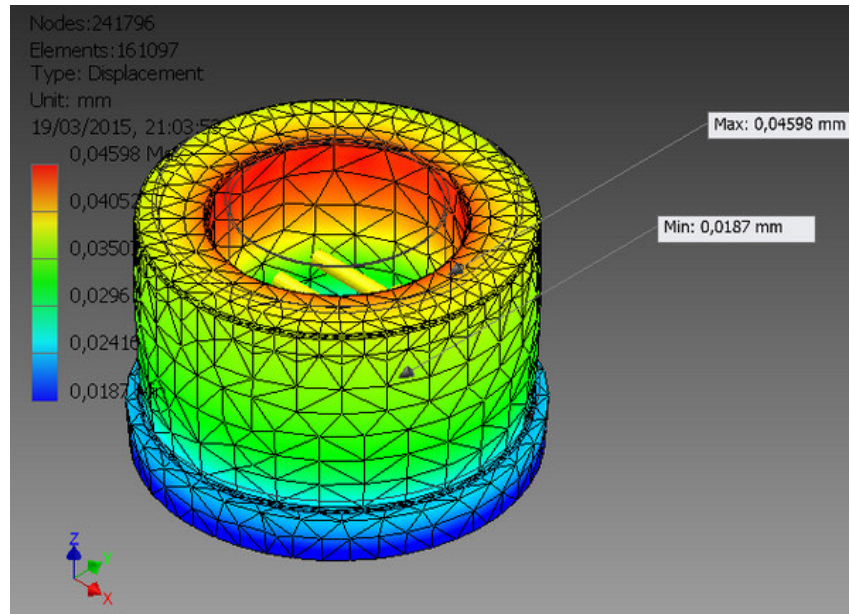


FIGURA 3.9 REPRESENTACIÓN PICTOGRÁFICA DE DESPLAZAMIENTO RADIAL

La figura 3.10 representa el factor de seguridad del vaso de extracción.

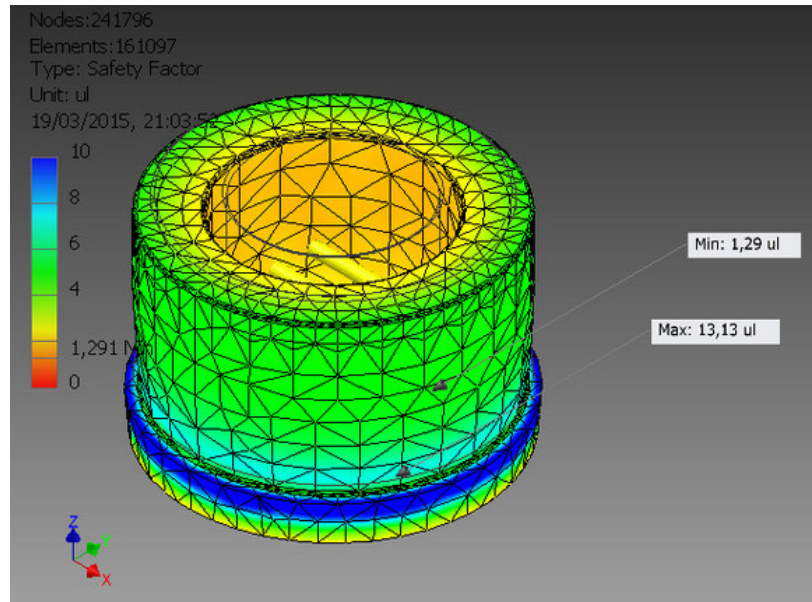


FIGURA 3.10 REPRESENTACIÓN PICTOGRÁFICA DEL FACTOR DE SEGURIDAD

- Base perforada de sellado de cámara de extracción.

La Tabla 16 presenta la magnitud de la presión que actúa en la base perforada de la cámara de extracción.

TABLA 16
CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA LA BASE PERFORADA

Pressure: 2	
Load Type	Pressure
Magnitude	60,000 MPa

La figura 3.11 representa la superficie donde actúa la presión en la tapa perforada.

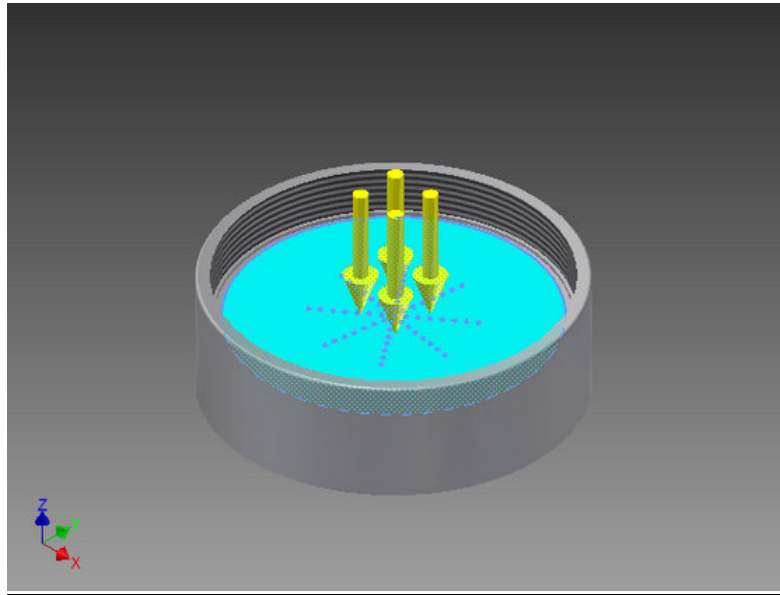


FIGURA 3.11 REPRESENTACIÓN DE SUPERFICIE DONDE ACTÚA LA PRESIÓN.

La figura 3.12, representa el esfuerzo radial/tangencia en la tapa de la cámara de extracción.

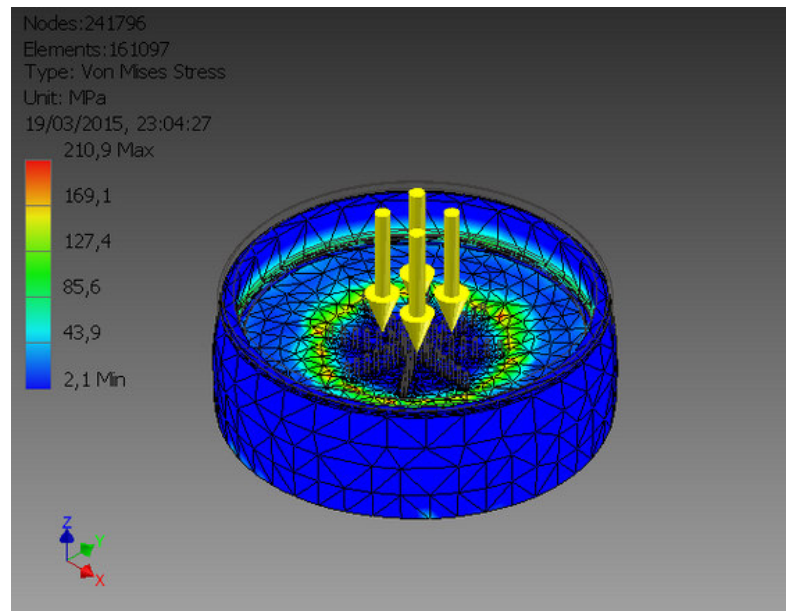


FIGURA 3.12 REPRESENTACIÓN PICTOGRÁFICA DEL ESFUERZO RADIAL/TANGENCIAL

La figura 3.13 representa el desplazamiento vertical máximo de la tapa de la cámara de extracción.

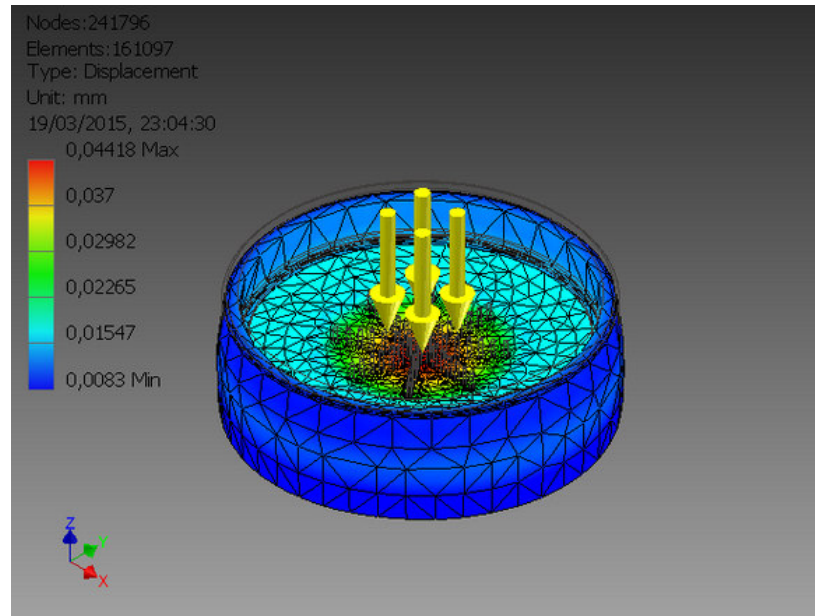


FIGURA 3.13 REPRESENTACIÓN PICTOGRÁFICA DE DEFLEXIÓN

La figura 3.14 representa el factor de seguridad de la tapa perforada.

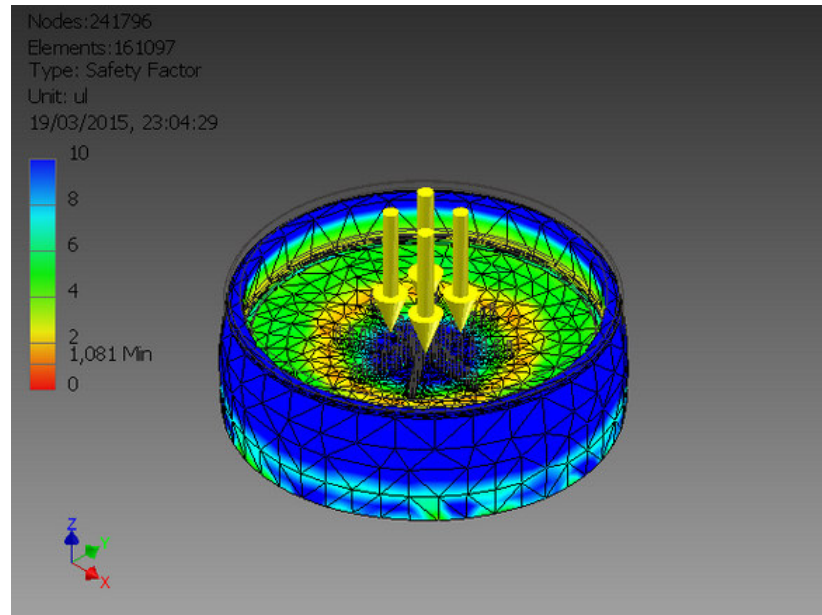


FIGURA 3.14 REPRESENTACIÓN PICTOGRÁFICA DEL FACTOR DE SEGURIDAD

- Receptor de manteca de cacao.

La Tabla 17 muestra la magnitud de la presión que actúa contra el receptor de manteca.

TABLA 17

CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA EL RECEPTOR DE MANTECA DE CACAO

Pressure: 2	
Load Type	Pressure
Magnitude	60,000 MPa

La figura 3.15 representa el área del receptor de manteca que soporta la presión durante la extracción.

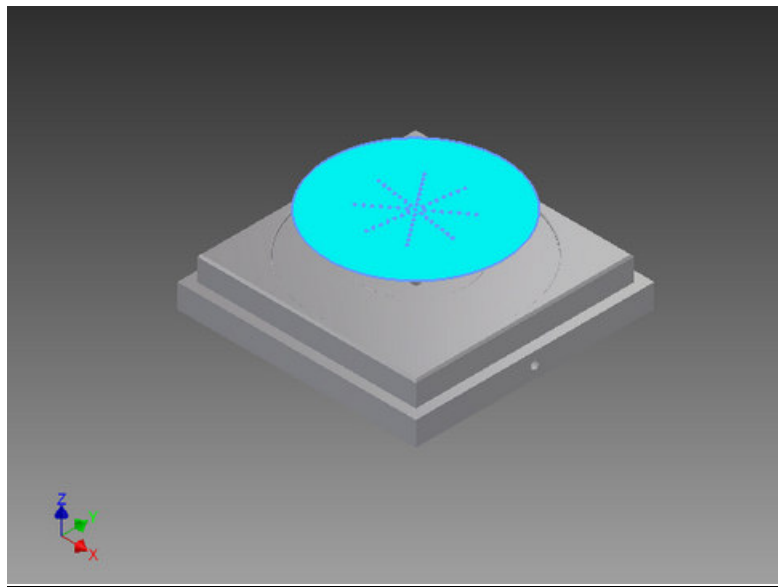


FIGURA 3.15 REPRESENTACIÓN DE SUPERFICIE DONDE ACTÚA LA PRESIÓN

La figura 3.16 representa el esfuerzo normal de compresión.

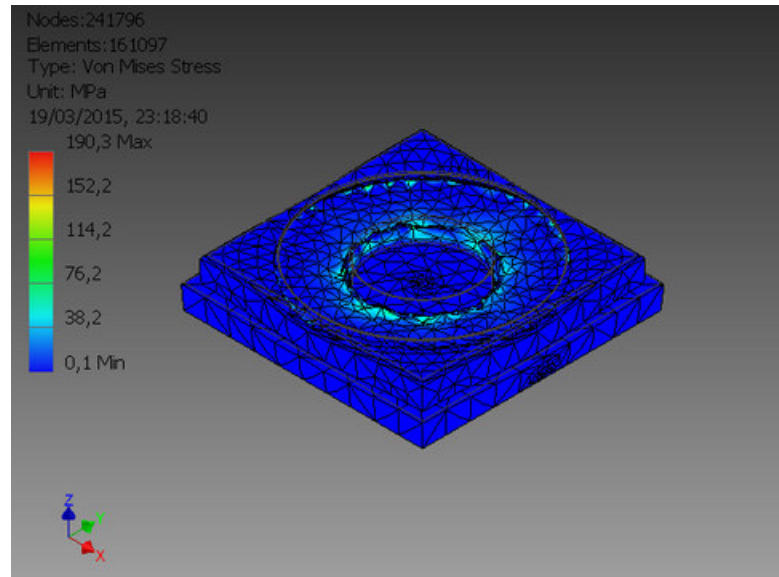


FIGURA 3.16 REPRESENTACIÓN PICTOGRÁFICA DEL ESFUERZO NORMAL DE COMPRESIÓN

La figura 3.17 representa el desplazamiento producido por el esfuerzo de compresión

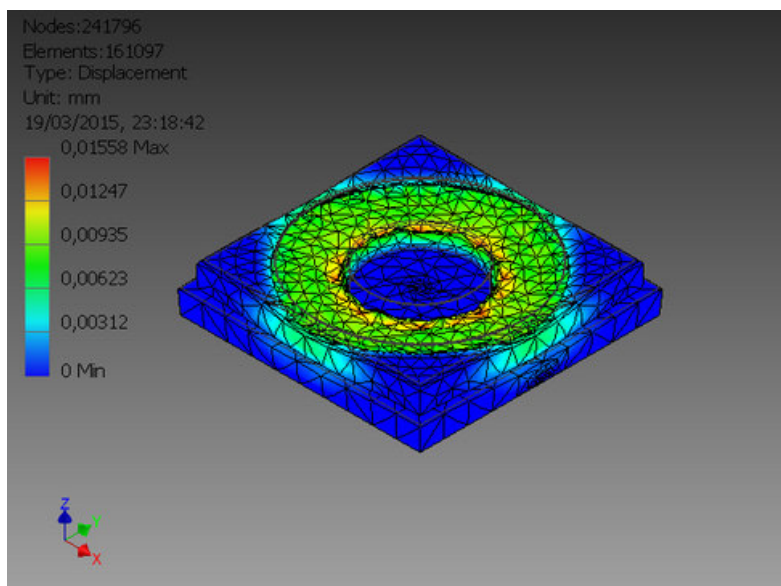


FIGURA 3.17 REPRESENTACIÓN PICTOGRÁFICA DE DEFORMACIÓN POR COMPRESION

La figura 3.18 representa el factor de seguridad del receptor de manteca de cacao.

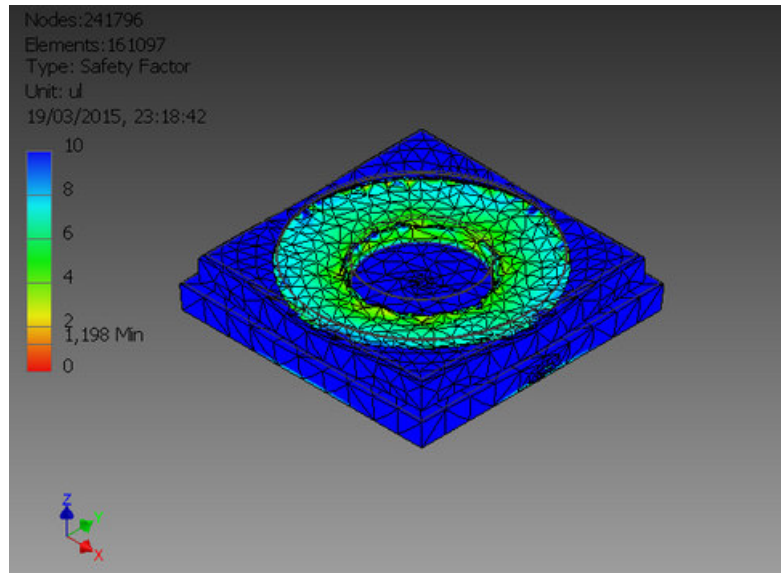


FIGURA 3.18 REPRESENTACIÓN PICTOGRÁFICA DEL FACTOR DE SEGURIDAD.

3.2 Análisis de resultados.

Una vez realizados los cálculos analíticos de cada componente del diseño, tanto de la estructura de la prensa como de la cámara de extracción de manteca de cacao, y a partir de ello establecer dimensiones y seleccionar materiales, se puede inferir, al comparar con los resultados obtenidos virtualmente, que los elementos constitutivos, satisfacen los requerimientos de diseño estático, y que

en ningún caso los esfuerzos respectivos superan al esfuerzo de fluencia de los materiales seleccionados.

En el caso de la estructura de la prensa, los resultados analíticos utilizando un factor de seguridad $N=2$, se ajustaron a un perfil HEB 180; dicha selección es aceptada por el simulador, el mismo que muestra un factor mínimo de seguridad de 1,063, el cual se puede apreciar en la figura 3.4. De igual manera su deflexión máxima permisible calculada analíticamente, $y_c= 1,067$ mm, no supera a la deflexión máxima obtenida en el simulador, $y_c= 0,725$ mm, el cual se representa en la figura 3.3.

En el caso del vaso de extracción, los mayores esfuerzos se concentraron inicialmente en las aristas superior e inferior del diámetro interno del vaso, por ello se consideró realizar un filete de 2mm en cada arista, consiguiendo resultados favorables, con esfuerzos por debajo del límite de fluencia del acero AISI 304. En las figuras 3.8 y 3.10, se puede apreciar claramente las zonas de mayor esfuerzo en el componente.

Al analizar la base perforada de sellado de la cámara de extracción, se puede visualizar claramente que existe un incremento de esfuerzo en la periferia del grupo de perforaciones. Esta situación pudo ser motivada, a causa de que dicha superficie de la base permanece apoyada en su borde (periferia) por encima de la hendidura del receptáculo de manteca. Cabe mencionar que la condición de borde correcta de este componente, es la de un apoyo simple, ya que no cuenta con ningún medio de sujeción al receptáculo de manteca; sin embargo, al ejecutar el software, éste lo considera empotrado, dado que es un requerimiento inevitable para realizar la simulación.

Esta consideración podría ser una de las causas por la que los esfuerzos en el borde de apoyo se incrementen, aunque sin mayores inconvenientes ya que se encuentra por debajo del límite de fluencia del material seleccionado. La figura 3.12, muestra con claridad la superficie de la base que se encuentra sometida al mayor esfuerzo.

3.3 Análisis de costos.

A continuación se detallará el costo de los materiales y mano de obra requeridos para la construcción del banco experimental. Cabe mencionar que los valores mostrados han sido tomados de proveedores locales.

Costo de materiales:

En la Tabla 18 se muestra el costo concerniente a los materiales de la estructura metálica de la prensa de extracción de manteca de cacao.

TABLA 18**COSTO DE MATERIALES PARA ESTRUCTURA DE PRENSA.**

ESTRUCTURA DE PRENSA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (USD).	Costo Total (USD).
Perfil estructural HEB 180 laminado en caliente en acero AISI A36.	kg.	184,32	\$ 1,20	\$ 221,18
Plancha de acero AISI A36 laminada en caliente de 8 mm.	kg.	16,37	\$ 1,20	\$ 19,64
Electrodo AWS 7018	kg.	10,85	\$ 4,91	\$ 53,27
Perno hexagonal M12x1.25, clase 5	un.	2	\$ 0,51	\$ 1,02
Perno de expansión Ø1/2" x 2 3/4"	un.	4	\$ 1,15	\$ 4,60
Pintura anticorrosiva	l.	2	\$ 7,00	\$ 14,00
			Subtotal	\$ 313,72
			IVA 12%	\$ 37,65
			TOTAL	\$ 351,37

La Tabla 19, detalla el costo concerniente a los materiales para la construcción de la cámara de extracción de manteca de cacao.

TABLA 19
COSTO DE MATERIALES PARA CÁMARA DE EXTRACCIÓN.

MATERIALES PARA CÁMARA DE PRENSADO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (USD).	Costo Total (USD).
Barra cilíndrica de acero AISI 304 rolada en caliente Ø 203x200 mm	kg.	58,14	\$ 3,85	\$ 223,84
Plancha de acero AISI 304 laminada en caliente e = 24 mm	kg.	23,11	\$ 3,85	\$ 88,97
Malla 200 mesh de acero AISI 304	m2	1	\$ 24,87	\$ 24,87
Malla 30 mesh de acero AISI 304	m2	1	\$ 21,32	\$ 21,32
Malla 20 mesh de acero AISI 304	m2	1	\$ 19,29	\$ 19,29
Electrodo AWS E308	kg.	0,64	\$ 15,71	\$ 10,05
Tubo Ø 1/4" ced 40	m.	0,25	\$ 8,46	\$ 2,12
Oring de teflón de Ø8 mm	m.	1	\$ 2,15	\$ 2,15
Oring de teflón de Ø5 mm	m.	1	\$ 1,28	\$ 1,28
			Subtotal	\$ 393,89
			IVA 12%	\$ 47,27
			TOTAL	\$ 441,16

Las Tablas 20 y 21 presentan los valores correspondientes al equipo eléctrico de fuerza/control y del equipo óleo hidráulico respectivamente.

TABLA 20
COSTO DE EQUIPO ELÉCTRICO

EQUIPO ELÉCTRICO DE FUERZA Y CONTROL				
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (USD).	Costo Total (USD).
Contactor 3P-15 Amp con bobina de 120 V	un.	1	\$ 17,66	\$ 17,66
Reóstato de 1000W - 120 V	un.	1	\$ 104,37	\$ 104,37
Amperímetro análogo de 0 - 50 Amp. 96x96 (mm)	un.	1	\$ 15,10	\$ 15,10
Abrazadera térmica de 1500 W - 120 V	un.	1	\$ 245,00	\$ 245,00
Termocupla tipo K	m.	1	\$ 57,25	\$ 57,25
Controlador de temperatura	m.	1	\$ 82,00	\$ 82,00
Global (cable, terminales, cinta aislante)	Gb.	1	\$ 100,00	\$ 100,00
			Subtotal	\$ 621,38
			IVA 12%	\$ 74,57
			TOTAL	\$ 695,95

TABLA 21
COSTO DE EQUIPO ÓLEO HIDRÁULICO.

EQUIPO ÓLEO HIDRÁULICO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (USD).	Costo Total (USD).
Kit óleo hidráulico incluye: *Cilindro de simple efecto 50 toneladas. Stroke 159 mm. *Bomba manual con válvula de alivio. Tanque incorporado de 134 in3. *Manguera con chaqueta de poliuretano con dos capas interiores de alambre de acero, longitud 1m. *Manómetro con glicerina. Rango sensitivo: 10000 psi. *Adaptador de manómetro. Todos los dispositivos resisten Pmax = 10000 psi.	un.	1	\$2.860,00	\$ 2.860,00
			Subtotal	\$ 2.860,00
			IVA 12%	\$ 343,20
			TOTAL	\$ 3.203,20

Costo de mano de obra

A continuación, se detalla los costos de las actividades constructivas del banco de experimental, en las cuales intervienen procedimientos de mecanización, soldadura, pintura, electricidad entre otros. Los montos de estas actividades están en función del costo aproximado hora-hombre que se describen en la Tabla 22.

TABLA 22
COSTO DE MANO DE OBRA

SERVICIO	Horas Hombre invertidas	Costo unitario (USD/hora- H)	Costo Total (USD)
Descripción			
Corte de metales mediante plasma	3	\$ 15,00	\$ 45,00
Soldadura SMAW	2	\$ 15,00	\$ 30,00
Torno	8	\$ 20,00	\$ 160,00
Fresa	7	\$ 20,00	\$ 140,00
Pintura	1	\$ 12,00	\$ 12,00
Instalación equipo óleo hidráulico	1	\$ 12,00	\$ 12,00
Instalación equipo eléctrico de fuerza y control	2	\$ 12,00	\$ 24,00
Ajuste y prueba de funcionamiento	2	\$ 25,00	\$ 50,00
Dirección técnica	26	\$ 7,00	\$ 182,00
Diseño			\$ 1.500,00
		TOTAL	\$ 2.155,00

En la figura 3.19 se aprecia la incidencia de cada uno de los rubros que intervienen en el proyecto frente a la representación total del mismo

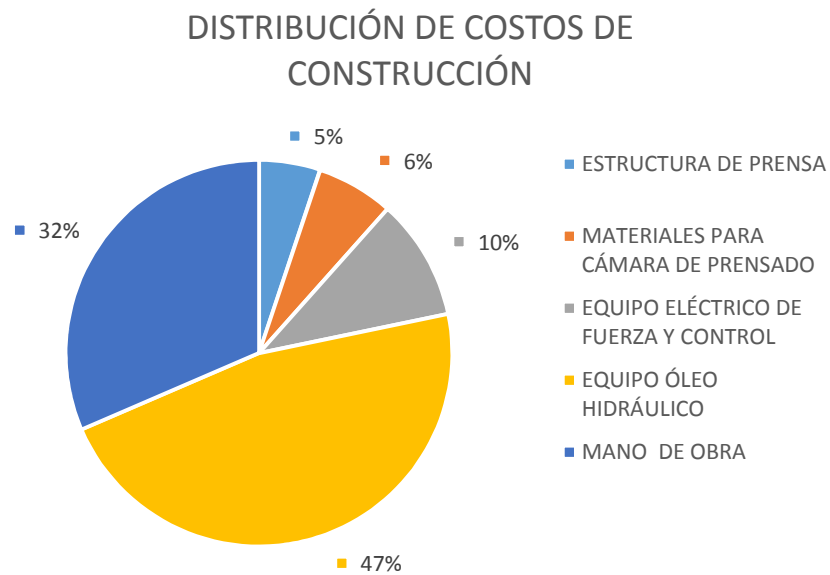


FIGURA 3.19 DISTRIBUCIÓN DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El equipo diseñado cuenta con toda la capacidad para realizar las pruebas experimentales. Dado que el enfoque del mismo persigue fines investigativos, el análisis estático satisface a plenitud el requerimiento de su objeto y no los de producción cíclica, los cuales se enmarcarían en un diseño dinámico bajo fatiga.
- El empleo de componentes importados, tal es el caso del cilindro o la bomba manual óleo hidráulica, elevan significativamente el costo de fabricación de la prensa. Emplear componentes remanufacturados o contruidos localmente, bajo normas internacionales, contribuiría a la

- generación de nuevas plazas de empleo y disminuiría la salida de capitales al exterior.
- El rendimiento en la extracción de manteca, está directamente ligado a una óptima etapa previa de molienda. La experimentación permitirá determinar cuál es el límite inferior en cuanto a finura del licor, que un equipo de prensado puede ser capaz de fraccionar en sus componentes.
- Durante la simulación bajo carga empleando el software, las condiciones de borde en los componentes pertenecientes a la cámara de extracción, principalmente, fueron considerados como empotrados, ya que la condición de simplemente apoyado evita generar los resultados deseados. Esta situación genera esfuerzos excesivos, por lo que se evidencia las limitaciones del software para todo el espectro de configuraciones analizadas.

Recomendaciones

- Una lectura más precisa de la temperatura durante la extracción, sería la entregada por la termocupla en contacto con el licor. Esta configuración sería factible, realizando el análisis de concentración de esfuerzo en la pared del cilindro, al efectuar una perforación para la introducción de la sonda.
- Una vez efectuada la extracción de manteca, es muy probable que la torta de cacao quede adherida a las paredes del cilindro; por ello se recomienda considerar un mecanismo de extracción de la torta, o a su vez un cilindro compuesto que permita separarse y liberar el contenido, facilitando además la limpieza interior.
- Aun cuando la malla de separación de 200 mesh, facilita la remoción de la manteca, es recomendable realizar un filtrado de la misma a fin de eliminar las partículas de polvo de cacao que pudieran atravesar la malla.

APÉNDICES

APÉNDICE A

DIMENSIONES Y PROPIEDADES GEOMÉTRICAS DE PERFIL ESTRUCTURAL HEB

DENOMINACION	DIMENSIONES							SECCION PESOS				TIPOS		
	h mm	b mm	s mm	t mm	r mm	cm ²	Kg/mt	ix cm ⁴	Iy cm ⁴	Wx cm ³	Wy cm ³			
HEB 100	100	100	6.00	10.00	12	26.00	20.40	450	167	89	33.50			
HEB 120	120	120	6.50	11.00	12	34.00	26.70	864	318	144	52.90			
HEB 140	140	140	7.00	12.00	12	43.00	33.70	1510	550	216	78.50			
HEB 160	160	160	8.00	13.00	15	54.30	42.60	2490	889	311	111.00			
HEB 180	180	180	8.50	14.00	15	65.30	51.20	3830	1360	426	151.00			
HEB 200	200	200	9.00	15.00	18	78.10	61.30	5700	2000	570	200.00			
HEB 220	220	220	9.50	16.00	18	91.00	71.50	8090	2840	736	258.00			
HEB 240	240	240	10.00	17.00	21	106.00	83.20	11260	3920	938	327.00			
HEB 260	260	260	10.00	17.50	24	118.00	93.00	14920	5130	1150	395.00			
HEB 280	280	280	10.50	18.00	24	131.00	103.00	19270	6590	1380	471.00			
HEB 300	300	300	11.00	19.00	27	149.00	117.00	25170	8560	1680	571.00			
HEB 320	320	300	11.50	20.50	27	161.00	127.00	30820	9240	1930	616.00			

APÉNDICE B

INFORMACIÓN TÉCNICA DE FABRICANTE DE PERNOS DE ANCLAJE



Power-Stud+™ SD2

INSTALLATION SPECIFICATIONS

Installation Table for Power-Stud+ SD2¹

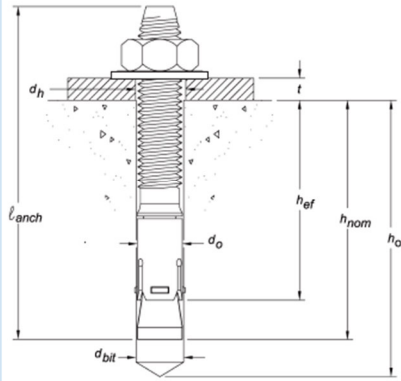
Anchor Property/Setting Information	Notation	Units	Nominal Anchor Size							
			3/8"		1/2"		5/8"		3/4"	
Anchor diameter	d_o	in. (mm)	0.375 (9.5)		0.500 (12.7)		0.625 (15.9)		0.750 (19.1)	
Minimum diameter of hole clearance in fixture	d_h	in. (mm)	7/16 (11.1)		9/16 (14.3)		11/16 (17.5)		13/16 (20.6)	
Nominal drill bit diameter	d_{bit}	in. ANSI	3/8 ANSI		1/2 ANSI		5/8 ANSI		3/4 ANSI	
Minimum nominal embedment depth	h_{nom}	in. (mm)	2 3/8 (60)	2 1/2 (64)	3 3/4 (95)	3 7/8 (98)	4 7/8 (124)	4 1/2 (114)	5 3/4 (146)	
Effective embedment	h_{ef}	in. (mm)	2 (51)	2 (51)	3 1/4 (83)	3 1/4 (83)	4 1/4 (108)	3 3/4 (95)	5 (127)	
Minimum hole depth ¹	h_o	in. (mm)	2 5/8 (67)	2 3/4 (70)	4 (102)	4 1/4 (108)	5 1/4 (133)	4 3/4 (121)	6 (152)	
Minimum concrete member thickness ¹	h_{min}	in. (mm)	4 (102)	4 1/2 (114)	6 (152)	5 3/4 (146)	5 3/4 (146)	6 1/2 (165)	8 (203)	7 (178)
Minimum overall anchor length	L_{anch}	in. (mm)	3 (76.2)	3 3/4 (95)	4 1/2 (114)	4 3/4 (121)	6 (152)	6 1/4 (159)	7 (178)	
Minimum edge distance ¹	c_{min}	in. (mm)	2 1/2 (63.5)	4 (102)	2 3/4 (70)	4 (102)	2 3/4 (70)	4 1/4 (108)	4 1/4 (108)	5 (127)
Minimum spacing distance ¹	s_{min}	in. (mm)	3 1/2 (88.9)	6 (152)	6 (152)	4 (102)	6 (152)	4 1/4 (108)	6 (152)	6 (152)
Critical edge distance ¹	c_{ac}	in. (mm)	6 1/2 (165.1)	8 (203)	10 (254)	8 (203)	15 3/4 (400)	10 (254)	12 (305)	12 (305)
Installation torque	T_{inst}	ft.-lb. (N-m)	20 (27)	40 (54)			60 (81)		110 (149)	
Torque wrench socket size	-	in.	9/16	3/4			15/16		1 1/8	
Nut height	-	in.	21/64	7/16			35/64		41/64	

MECHANICAL ANCHORS

1. For installations through the soffit of steel deck into concrete, see the installation detail. Anchors in the lower flute may be installed with a maximum 1-inch offset in either direction

from center of the flute. In addition, anchors shall have an axial spacing along the flute equal to the greater of $3h_{ef}$ or 1.5 times the flute width.

Power-Stud+ SD2 Anchor Detail



Head Marking



Legend

Letter Code = Length Identification Mark

'+' Symbol = Strength Design Compliant Anchor

Number Code = Carbon Steel Body and Stainless Steel Expansion Clip

Length Identification

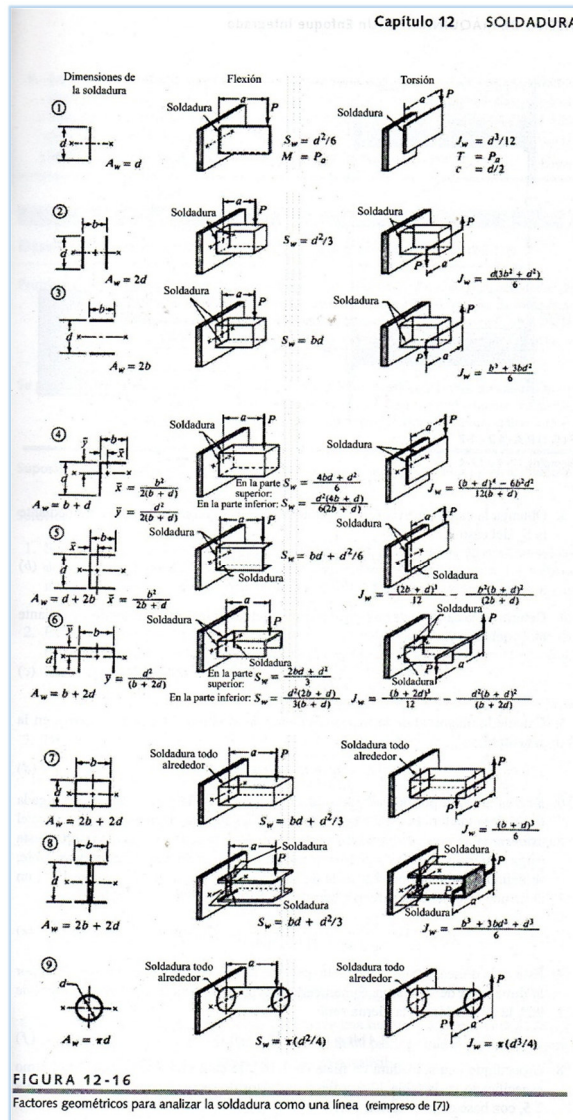
Mark	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
From	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"	3-1/2"	4"	4-1/2"	5"	5-1/2"	6"
Up to but not including	2"	2-1/2"	3"	3-1/2"	4"	4-1/2"	5"	5-1/2"	6"	6-1/2"

Mark	K	L	M	N	O
From	6-1/2"	7"	7-1/2"	8"	8-1/2"
Up to but not including	7"	7-1/2"	8"	8-1/2"	9"

Length identification mark indicates overall length of anchor.

APÉNDICE C

FACTORES GEOMÉTRICOS PARA ANALIZAR LA SOLDADURA COMO LÍNEA



APÉNDICE D

FICHA TÉCNICA DE MANTECA DE CACAO

Gustav Heess

Oleochemische Erzeugnisse | Seit 1897

MANTECA DE CACAO REFINADA

7. Manipulación y Almacenamiento :

Manipulación : Las precauciones habituales para manipular sustancias químicas, deben ser observadas. No caliente el producto en el microondas. Manténgalo lejos de las fuentes de ignición.

Almacenamiento : Mantenga el contenedor bien cerrado. Evite la luz solar directa, fuentes de calor y agentes de oxidación fuertes. → Almacénelo a 5 – 10 °C. Cuanto más baja sea la temperatura en almacén mejor estabilidad tendrá el almacenamiento.

Prevención de fuego y explosión : Evite el contacto con agentes oxidantes.

8. Controles de la exposición / Protección personal :

Medidas de control de ingeniería : Las precauciones habituales para manipular sustancias químicas, deben ser observadas.

Normas de exposición ocupacionales :

Nombre componente	Tipo límite	Valor/Unidad	Más información
Indíquese en el exterior del envase			

Protección respiratoria : ninguna

Protección manos : guantes de goma

Protección ojos : gafas de seguridad

Protección cuerpo : ninguna

9. Propiedades Físicas y Químicas :

Forma : sólida

Color : de blanco a amarillo pálido

Olor : a cacao

Cambio de estado físico :

Área de fusión :

Punto de ebullición :

Punto de humo :

Punto de inflamación :

Punto de ignición :

Propiedades explosivas :

Densidad : a 20 °C

Presión del vapor :

Viscosidad : a 37 °C

Solubilidad en :

agua :

Valor	Unidad	Método
31 - 35	°C	
> 300	°C	
150 - 200	°C	
> 250	°C	
> 300		
desconocidas		
ca. 0,90 – 0,93	g/cm ³	
< 0,001	mm Hg	
40 - 50	mPa s	
insoluble		

APÉNDICE E

FICHA TÉCNICA DE PTFE - TEFLON®

Property	ASTM Method	Unit	Teflon® PTFE Granular Resin	Fine Powder
Tensile Strength, 23°C (73°F)	D4894/4895	MPa (psi)	31.0 (4,500)	20.7 min. (3,000 min.)
Elongation, 23°C (73°F)	D4894/4895	%	400	200 min.
MIT Flex, 2 kg load, 10 mil	D2176		Did not break at 10 ⁶ cycles	
Flex Modulus, 23°C (73°F)	D790	MPa (psi)	345–620 (50,000–90,000)	275–620 (40,000–90,000)
Stretching Void Index	D4895		—	15–200+
Impact Strength, Izod	D256	J/m (ft-lb/in)		
–40°C (–40°F)			80 (1.5)	133–267 (2.5–5)
21°C (70°F)			106 (2)	—
24°C (75°F)			160 (3)	—
77°C (170°F)			>320 (>6)	—
204°C (400°F)			No break	No break
Hardness, Durometer	D2240	Shore D	55	50–65
Coefficient of Linear Thermal Expansion per °C (°F), 23–60°C (73–140°F)	E228	mm/mm-°C (in/in-°F)	10 x 10 ⁻⁴ (7 x 10 ⁻⁴)	—
Thermal Conductivity, 4.6 mm (0.18 in)	D435*	W/m-K (Btu-in/h-ft ² -°F)	0.25 (1.7)	—
Specific Heat	D4591	kJ/kg-K (Btu/lb-°F)		
20°C (68°F)			1.4 (0.33)	1.5 (0.35)
40°C (104°F)			1.2 (0.29)	1.2 (0.29)
150°C (302°F)			1.3 (0.31)	1.3 (0.31)
260°C (500°F)			1.5 (0.37)	1.4 (0.33)
Thermal Instability Index	D4894/4895		50 max.	50 max.
Deformation Under Load, 23°C (73°F)	D621	%		
3.4 MPa (500 psi)			<0.5	<0.5
6.9 MPa (1000 psi)			2	2
14 MPa (2000 psi)			10	5
Heat Deflection Temperature	D648	°C (°F)		
450 kPa (66 psi)			73 (160)	140 (280)
1800 kPa (264 psi)			45 (115)	55 (130)
Dielectric Strength, Short Time, 2.03 mm (0.080 in)	D149	kV/mm (V/mil)	24 (600)	24 (600)
Surface Arc-Resistance ^b	D495	sec	>300	>300
Volume Resistivity	D257	ohm-cm	>10 ¹⁸	>10 ¹⁸
Surface Resistivity	D257	ohm-sq	>10 ¹⁸	—
Dielectric Constant, 60 to 2 x 10 ⁹ Hz	D150		2.1	2.1
Dissipation Factor, 60 to 2 x 10 ⁹ Hz	D150		<0.0001	—
Water Absorption, 24 hr	D570	%	<0.01	<0.01
UL 94 Flame Rating ^c			94 V-0	94 V-0
Resistance to Weathering			Excellent	Excellent
Static Coefficient of Friction Against Polished Steel ^d			0.05–0.08	—
Specific Gravity	D4894/4895		2.16	2.1–2.3

^aThis standard is no longer in use.
^bDoes not track
^cThese numerical flame spread ratings are not intended to reflect hazards presented by this or any other material under actual fire conditions.
^dVarious methods used

APÉNDICE F

FICHA TÉCNICA DE RETENEDORES TRELLEBORG®



Turcon® Glyd Ring® T

■ Installation Recommendation

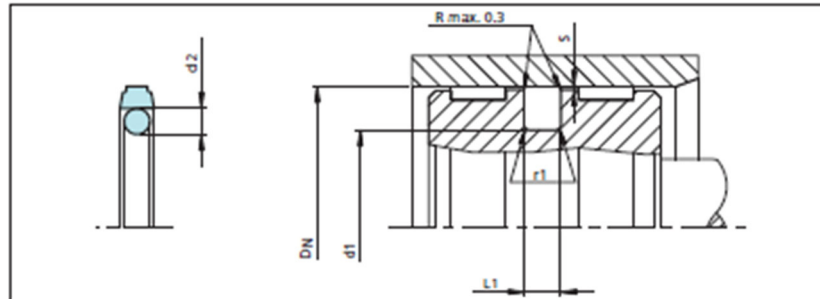


Figure 17 Installation drawing

Table XIV Installation Dimensions – Standard recommendations

Series- No.	Bore Diameter D_h H9			Groove Diameter d_1 h9	Groove Width $L_1 +0.2$	Radius r_1	Radial Clearance S max.*			O-Ring Cross- Sec. d_2
	Standard Application	Light Application	Heavy Duty Application				10 MPa	20 MPa	40 MPa	
PT00	8 - 14.9	15 - 39.9	—	$D_h - 4.9$	2.2	0.4	0.40	0.30	0.20	1.78
PT01	15 - 39.9	40 - 79.9	—	$D_h - 7.5$	3.2	0.6	0.60	0.50	0.30	2.62
PT02	40 - 79.9	80 - 132.9	15 - 39.9	$D_h - 11.0$	4.2	1.0	0.70	0.50	0.30	3.53
PT03	80 - 132.9	133 - 329.9	40 - 79.9	$D_h - 15.5$	6.3	1.3	0.80	0.60	0.40	5.33
PT04	133 - 329.9	330 - 669.9	80 - 132.9	$D_h - 21.0$	8.1	1.8	0.80	0.60	0.40	7.00
PT08	330 - 669.9	670 - 999.9	133 - 329.9	$D_h - 24.5$	8.1	1.8	0.90	0.70	0.50	7.00
PT05	670 - 999.9	—	310 - 669.9	$D_h - 28.0$	9.5	2.5	1.00	0.80	0.60	8.40
PT05X	—	1000 - 1200	—	$D_h - 28.0$	9.5	2.5	1.00	0.80	0.60	8.40
PT06**	—	—	670 - 999.9	$D_h - 38.0$	13.8	3.0	1.20	0.90	0.70	12.00
PT06X**	1000 - 2700	—	—	$D_h - 38.0$	13.8	3.0	1.20	0.90	0.70	12.00

* At pressures > 40 MPa use diameter tolerance H8/f8 (bore/piston) in area of the seal or consult TSS for alternative material or profiles. TSS Slidring® / Wear Rings are not applicable at very small radial clearance S. Please consult the Slidring® catalog.
 ** O-Rings with 12 mm cross section are delivered as special profiling.

APÉNDICE G

FICHA TÉCNICA DE ACERO AISI 304

IVAN BOHMAN C.A.

IVAN BOHMAN C.A. maneja las siguientes calidades de acero inoxidable:

COMPOSICIÓN QUÍMICA

AISI	% C	% Si	% Mn	% P Max.	% S	% Cr	% Ni	% Mo
304	≤ 0.08	≤ 1.00	≤ 2.00	≤ 0.045	≤ 0.015	18.0-20.0	8.0-10.5	--
316 L	≤ 0.03	≤ 1.00	≤ 2.00	≤ 0.045	≤ 0.015	16.0-18.0	10.0-14.0	2.0-3.0
430	≤ 0.08	≤ 1.00	≤ 1.00	≤ 0.040	≤ 0.015	16.0-18.0	--	--

EQUIVALENCIAS Y PROPIEDADES

AISI	Resistencia a la tracción (kg/mm ²)	Resistencia a la tracción mín. (kg/mm ²)	Elongación %	Dureza HB (max)	W. Nr	AF NOR	Europeas Designación	SS
304	54-75	23	40-50	190	1.4301	Z7C N18-09	X5CrNi18-10	2332
316 L	53-68	24	40-50	200	1.4404	Z3CND17-11-02	X2CrNiMo17-12-2	2343
430	45-60	26	20	180	1.4016	Z8C17	X6Cr 17	2320

Aceros con L: 304-L y 316-L tienen ventajas sobre los aceros inoxidables 304 y 316, en cuanto a su mejor soldabilidad. Al tener los aceros con L menor contenido de carbono, disminuye su capacidad de precipitación de carburos al ser soldados, por lo que las zonas afectadas por el calor tienen mejor resistencia a la corrosión que los aceros convencionales 304 y 316. Esto es sumamente importante, cuando el medio corrosivo es crítico, como en el caso de alimentos y ácidos.

TABLAS DE CORROSIÓN

Tabla de corrosión del acero inoxidable Tipo 304 y 316 frente a diferentes actores.

SUSTANCIA	Temperatura		Condición	Tipo	
	°C	°F		304	316
Acetato de etilo	21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
Acetileno	21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
Acetona	21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
Ácido acético	Solución al 10%	21	70	Agitado	Muy resistente
	Vapor al 20%	-	-	Caliente	Mediano
Ácido benzoico	-	-	-	No resistente	Mediano
	Vapor al 100%	-	-	Caliente	Muy resistente
Ácido carbónico seco	21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
Ácido fosforico	10%	-	-	Agitado	Muy resistente
	10%	-	-	Ebullición	Muy resistente
	25%	-	-	Ebullición	Resistente
Ácido hidrociorhídrico	40%	-	-	Ebullición	Resistente
	21	70	-	Poco resistente	Resistente
Ácido láctico	5%	21	70	-	No resistente
	10%	21	70	-	Muy resistente
	Concentrado	-	-	Ebullición	Muy resistente
Ácido muriático	21	70	-	Mediano	Resistente
	21	70	-	No resistente	No resistente
Ácido nítrico	5%	21	70	-	Muy resistente
	5%	-	-	Ebullición	Muy resistente
	65%	-	-	Ebullición	Muy resistente
	Concentrado	-	-	Ebullición	Resistente
Ácido nítrico al 5%	Concentrado	-	-	Vaporización	Resistente
	Poco resistente	Poco resistente			
Ácido oxálico	5%	21	70	-	Muy resistente
	10%	21	70	-	Muy resistente
Ácido sulfúrico	50%	-	-	Ebullición	Poco resistente
	5%	21	70	-	Mediano
	5%	-	-	Ebullición	Resistente
	10%	21	70	-	No resistente
	10%	-	-	Ebullición	Mediano
	10%	21	70	-	Poco resistente
	50%	-	-	Ebullición	Poco resistente
	50%	21	70	-	No resistente
Concentrado	-	-	Ebullición	Poco resistente	
Concentrado	-	-	Ebullición	Muy resistente	
Humeante	-	-	-	Poco resistente	
Agua clorinada saturada	21	70	-	Mediano	Resistente
Agua de mar	21	70	-	Riesgo de pitting	Resistente
Agua oxigenada	21	70	-	Muy resistente	Resistente
Alcohol etílico	21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
Alcohol metílico	-	-	-	Ebullición	Muy resistente
	21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
Amoníaco	En general	21 - 100	70 - 212	Ebullición	Muy resistente
	Anhidrido	43+	109+	Ventilado	Muy resistente
	Hidruído	-	-	Ebullición	No resistente
Anhidrido acético	90% anhidrido	21	70	-	Muy resistente
	90% anhidrido	82	180	Ventilado	Muy resistente
				Poco resistente	Mediano

PLANCHAS DE ACERO INOXIDABLE
ASTM A240/A480

(ESPESOR) mm	ANCHO X LONGITUD mm	PESO APROX. (kg)	304	316-L	430	ACABADO
0.4	1220x2440	9.4			*	2B o Nº 4
0.5	1220x2440	11.8	*		*	2B o Nº 4
0.6	1220x2440	14.2	*			2B
0.7	1220x2440	17.0	*		*	2B o Nº 4
0.8	1220x2440	18.7	*			2B
0.9	1220x2440	21.03	*			2B
1.0	1220x2440	24.0	*			2B o Nº 4
1.2	1220x2440	28.2	*		*	2B o Nº 4
1.5	1220x2440	35.0	*			2B o Nº 4
2.0	1220x2440	48.0	*	*		2B o Nº 4
2.5	1220x2440	60.0	*	*		2B
3.0	1220x2440	71.0	*	*		2B
4.0	1220x2440	97.0	*	*		Nº1
5.0	1220x2440	118.0	*	*		Nº1
6.0	1220x2440	144.0	*	*		Nº1
8.0	1220x2440	187.0	*	*		Nº1
10.0	1220x2440	234.0	*			Nº1
12.0	1220x2440	282.0	*			Nº1

Acabado 2B: Planchas laminadas en frío, tratadas térmicamente, decapadas químicamente y tenue paso final en cilindros brillantes. Para acero 430, acabado 2B es brillante.
Acabado Nº 1: Planchas laminadas en caliente, tratadas térmicamente, decapadas química y mecánicamente.
Acabado Nº 4: Planchas esmeriladas con grit 180-220 por una cara, la otra cara en acabado 2B. LA cara esmerilada viene protegida con film de PVC.

BARRAS DE ACERO INOXIDABLE

Barras trefiladas, torneadas o pulidas. Tolerancia h9-h11

BARRAS 304

REDONDO

Díámetro (pulg)	Peso (kg/m)
3/16	0.1
1/4	0.2
5/16	0.4
3/8	0.6
1/2	1.0
5/8	1.6
3/4	2.2
7/8	3.0
1	4.0
1 1/8	5.0
1 1/4	6.2
1 1/2	8.9
1 3/4	12.2

Díámetro (pulg)	Peso (kg/m)
2	15.9
2 1/4	20.1
2 1/2	24.9
2 3/4	30.1
3	35.8
3 1/2	48.7
4	63.6
4 1/2	80.5
5	99.4
5 1/2	126.3
6	143.2
8	234.6

BARRAS 316-L

REDONDO

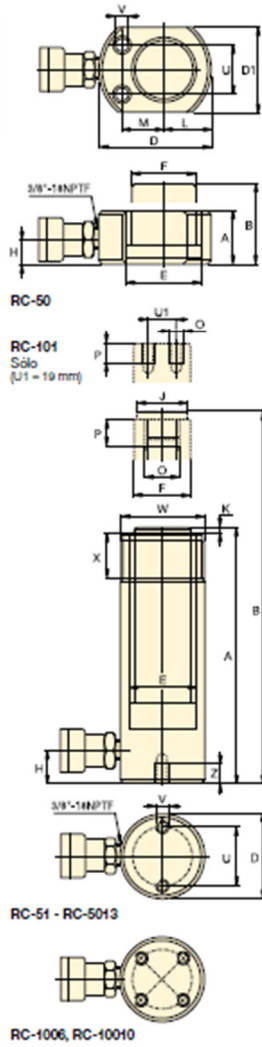
Díámetro (mm)	Peso (kg/m)
2 1/2	24.9
2	15.9
3 1/2	48.7
3	35.8
4	63.6

Tensile Strength, Ultimate	<u>505 MPa</u>	73200 psi	
Tensile Strength, Yield	<u>215 MPa</u>	31200 psi	at 0.2% offset
Elongation at Break	<u>70 %</u>	70 %	in 50 mm
Modulus of Elasticity	193 - 200 GPa	28000 - 29000 ksi	
Poisson's Ratio	0.29	0.29	
Charpy Impact	<u>325 J</u>	240 ft-lb	
Shear Modulus	<u>86 GPa</u>	12500 ksi	
Electrical Properties			
Electrical Resistivity	<u>7.2e-005 ohm-cm</u>	7.2e-005 ohm-cm	at 20°C (68°F); 1.16E-04 at 650°C (1200°F)
Magnetic Permeability	1.008	1.008	at RT
Thermal Properties			
CTE, linear 20°C	<u>17.3 µm/m-°C</u>	9.61 µin/in-°F	from from 0-100°C
CTE, linear 250°C	<u>17.8 µm/m-°C</u>	9.89 µin/in-°F	at 0-315°C (32-600°F)
CTE, linear 500°C	<u>18.7 µm/m-°C</u>	10.4 µin/in-°F	at 0-650°C
Specific Heat Capacity	<u>0.5 J/g-°C</u>	0.12 BTU/lb-°F	from 0-100°C (32-212°F)
Thermal Conductivity	<u>16.2 W/m-K</u>	112 BTU-in/hr-ft²-°F	at 0-100°C, 21.5 W/m²C at 500°C
Melting Point	1400 - 1455 °C	2550 - 2650 °F	
Solidus	<u>1400 °C</u>	2550 °F	
Liquidus	<u>1455 °C</u>	2650 °F	
References for this datasheet.			

APÉNDICE H

EQUIPO ÓLEO HIDRÁULICO

Cilindros de simple efecto, serie RC



i **Tabla de velocidades**
 Consulte las Tablas de velocidades de los cilindros de Enerpac en nuestras 'Páginas Amarillas' para determinar/conocer la velocidad aproximada de su cilindro.
 Página: 249

◀ Para una descripción completa, vea la página anterior.

Fuerza del cilindro ton. (kN)	Camara (mm)	Modelo	Area efectiva del cilindro (cm ²)	Capacidad de aceite (cm ³)	Altura retraído A (mm)	Altura extendido B (mm)	Diámetro exterior D (mm)	
5 (45)	16	RC-50**	0,5	10	41	57	58***	
	25	RC-51	0,5	16	110	135	38	
	70	RC-53	0,5	50	160	241	38	
	127	RC-55*	0,5	83	215	342	38	
	177	RC-57	0,5	115	273	450	38	
	232	RC-59	0,5	151	323	555	38	
10 (101)	20	RC-101	14,5	38	89	115	57	
	54	RC-102*	14,5	78	121	175	57	
	105	RC-104	14,5	152	171	276	57	
	156	RC-106*	14,5	226	247	403	57	
	203	RC-108	14,5	294	296	501	57	
	257	RC-1010*	14,5	373	349	606	57	
	304	RC-1012	14,5	441	400	704	57	
	356	RC-1014	14,5	516	450	806	57	
	15 (142)	25	RC-151	20,3	51	124	149	89
		51	RC-152	20,3	104	149	200	89
101		RC-154*	20,3	205	200	301	89	
152		RC-156*	20,3	308	271	423	89	
203		RC-158	20,3	411	322	525	89	
254		RC-1510	20,3	516	373	627	89	
305		RC-1512	20,3	619	423	728	89	
356		RC-1514	20,3	723	474	830	89	
25 (232)		20	RC-251	33,2	80	139	165	85
	50	RC-252*	33,2	166	166	215	85	
	102	RC-254*	33,2	339	215	317	85	
	158	RC-256*	33,2	525	273	431	85	
	210	RC-258	33,2	697	323	533	85	
	261	RC-2510	33,2	867	374	635	85	
	311	RC-2512	33,2	1033	425	736	85	
	362	RC-2514*	33,2	1202	476	836	85	
	30(295)	209	RC-308	42,1	880	387	596	101
		51	RC-502	71,2	362	176	227	127
50 (498)		101	RC-504	71,2	719	227	328	127
		159	RC-506*	71,2	1131	282	441	127
	337	RC-5013	71,2	2399	460	797	127	
75 (718)	150	RC-756	102,6	1601	285	441	146	
	333	RC-7513	102,6	3417	492	825	146	
	95 (933)	166	RC-1006	133,3	2239	357	525	177
260		RC-10010	133,3	3466	449	709	177	

* Disponibles como conjunto, vea la nota en esta página.
 ** El cilindro RC-50 no lleva sifilista desmontable ni rosca del collarín.
 *** D1 = 41 mm, L = 20 mm, M = 25 mm.

Cilindros de uso general, de simple efecto



¡Racores incluidos!
se han incluido racores CR-400 en todos los modelos. Apropriados para cualquier manguera de la serie HC.

Fuerza:
5 - 95 ton.

Carrera:
16 - 362 mm

Presión máxima:
700 bar

Serie
RC



Dím. interior E (mm)	Dím. del vástago F (mm)	Base a conector H (mm)	Dím. de la silleta J (mm)	Salto de la silleta al vástago K (mm)	Rosca interna del vástago O	Longit. de rosca del vástago P (mm)	Rosca de montaje del cilindro			Rosca de collarín W	Longit. de rosca collarín X (mm)	Modelo	
							Dím. círculo U (mm)	Rosca V	Profund. de rosca Z (mm)				
28,7	25,4	19	25	0	1/2" - 16	14	25	1/2" - 20UN	14	1 1/2" - 16	28	1,0	RC-50**
28,7	25,4	19	25	0	1/2" - 16	14	25	1/2" - 20UN	14	1 1/2" - 16	28	1,0	RC-51
28,7	25,4	19	25	0	1/2" - 16	14	25	1/2" - 20UN	14	1 1/2" - 16	28	1,5	RC-53
28,7	25,4	19	25	0	1/2" - 16	14	25	1/2" - 20UN	14	1 1/2" - 16	28	1,9	RC-55*
28,7	25,4	19	25	0	1/2" - 16	10	25	1/2" - 20UN	14	1 1/2" - 16	28	2,4	RC-57
28,7	25,4	19	25	0	1/2" - 16	16	25	1/2" - 20UN	14	1 1/2" - 16	28	2,8	RC-59
42,9	38,1	19	35	0	#10 - 24UN	6	39	1/2" - 18UN	12	2 1/2" - 14	26	1,8	RC-101
42,9	38,1	19	35	0	1" - 8	19	39	1/2" - 18UN	12	2 1/2" - 14	26	2,3	RC-102*
42,9	38,1	19	35	0	1" - 8	19	39	1/2" - 18UN	12	2 1/2" - 14	26	3,3	RC-104
42,9	38,1	19	35	0	1" - 8	19	39	1/2" - 18UN	12	2 1/2" - 14	26	4,4	RC-106*
42,9	38,1	19	35	0	1" - 8	19	39	1/2" - 18UN	12	2 1/2" - 14	26	5,4	RC-108
42,9	38,1	19	35	0	1" - 8	19	39	1/2" - 18UN	12	2 1/2" - 14	26	6,4	RC-1010*
42,9	38,1	19	35	0	1" - 8	19	39	1/2" - 18UN	12	2 1/2" - 14	26	6,8	RC-1012
42,9	38,1	19	35	0	1" - 8	19	39	1/2" - 18UN	12	2 1/2" - 14	26	8,2	RC-1014
50,8	41,4	19	38	9	1" - 8	25	48	1/2" - 16UN	12	2 1/2" - 16	30	3,3	RC-151
50,8	41,4	19	38	9	1" - 8	25	48	1/2" - 16UN	12	2 1/2" - 16	30	4,1	RC-152
50,8	41,4	19	38	9	1" - 8	25	48	1/2" - 16UN	12	2 1/2" - 16	30	5,0	RC-154*
50,8	41,4	25	38	9	1" - 8	25	48	1/2" - 16UN	12	2 1/2" - 16	30	6,8	RC-156*
50,8	41,4	25	38	9	1" - 8	25	48	1/2" - 16UN	12	2 1/2" - 16	30	8,2	RC-158
50,8	41,4	25	38	9	1" - 8	25	48	1/2" - 16UN	12	2 1/2" - 16	30	9,5	RC-1510
50,8	41,4	25	38	9	1" - 8	25	48	1/2" - 16UN	12	2 1/2" - 16	30	10,9	RC-1512
50,8	41,4	25	38	9	1" - 8	25	48	1/2" - 16UN	12	2 1/2" - 16	30	11,8	RC-1514
65,0	57,2	25	50	10	1 1/2" - 16	25	58	1/2" - 13UN	19	3 1/2" - 12	49	9,9	RC-251
65,0	57,2	25	50	10	1 1/2" - 16	25	58	1/2" - 13UN	19	3 1/2" - 12	49	6,4	RC-252*
65,0	57,2	25	50	10	1 1/2" - 16	25	58	1/2" - 13UN	19	3 1/2" - 12	49	8,2	RC-254*
65,0	57,2	25	50	10	1 1/2" - 16	25	58	1/2" - 13UN	19	3 1/2" - 12	49	10,0	RC-256*
65,0	57,2	25	50	10	1 1/2" - 16	25	58	1/2" - 13UN	19	3 1/2" - 12	49	12,2	RC-258
65,0	57,2	25	50	10	1 1/2" - 16	25	58	1/2" - 13UN	19	3 1/2" - 12	49	14,1	RC-2510
65,0	57,2	25	50	10	1 1/2" - 16	25	58	1/2" - 13UN	19	3 1/2" - 12	49	16,3	RC-2512
65,0	57,2	25	50	10	1 1/2" - 16	25	58	1/2" - 13UN	19	3 1/2" - 12	49	17,7	RC-2514*
73,2	57,2	57	50	10	1 1/2" - 16	25	—	—	—	3 1/2" - 12	49	18,1	RC-308
95,2	79,5	33	71	2	—	—	—	95 1/2" - 13UN	19	5" - 12	55	15,0	RC-502
95,2	79,5	33	71	2	—	—	—	95 1/2" - 13UN	19	5" - 12	55	19,1	RC-504
95,2	79,5	35	71	2	—	—	—	95 1/2" - 13UN	19	5" - 12	55	23,1	RC-506*
95,2	79,5	35	71	2	—	—	—	95 1/2" - 13UN	19	5" - 12	55	37,8	RC-5013
114,3	95,2	30	71	5	—	—	—	—	—	5 1/2" - 12	44	29,5	RC-756
114,3	95,2	30	71	5	—	—	—	—	—	5 1/2" - 12	44	59,0	RC-7513
130,3	104,9	41	71	2	—	—	—	140 1/2" - 10UN	25	6 1/2" - 12	44	59,0	RC-1006
130,3	104,9	41	71	2	—	—	—	140 1/2" - 10UN	25	6 1/2" - 12	44	72,8	RC-10010

Equipos de bomba y cilindro, de simple efecto

SELECCION DE EQUIPO:

- 1 Seleccione el cilindro
- 2 Seleccione la bomba
- 3 Busque el número de modelo del equipo en las celdas azules

EJEMPLO DE SELECCION DE UN EQUIPO

Cilindro seleccionado:

- Cilindro RC-100 de simple efecto, con carrera de 156 mm

Bomba seleccionada:

- Bomba manual ligera P-392

Modelo del equipo:

- SCR-100H

Incluye:

- Manguera HC-7206
- Manómetro GF-10B
- Adaptador de manómetro GA-2

Serie
SC



Fuerza:

5 - 95 ton.

Camera:

38 - 362 mm

Presión máxima:

700 bar

2 Seleccione la bomba ¹					Accesorios incluidos		
Bomba manual P-142	Bomba manual P-392	Bomba manual P-80	Bomba de pló P-302FP	Bomba neumática XA-11	Manguera	Manómetro	Adaptador de manómetro
SCR-55H	-	-	-	-	HC-7206	GP-10S	GA-4
-	SCR-102H	-	SCR-102FP	SCR-102XA	HC-7206	GF-10B	GA-2
-	SCR-106H	-	SCR-106FP	SCR-106XA	HC-7206	GF-10B	GA-2
-	SCR-1010H	-	SCR-1010FP	SCR-1010XA	HC-7206	GF-10B	GA-2
-	SCR-154H	-	SCR-154FP	SCR-154XA	HC-7206	GP-10S	GA-2
-	SCR-156H	-	SCR-156FP	SCR-156XA	HC-7206	GP-10S	GA-2
-	SCR-252H	-	SCR-252FP	SCR-252XA	HC-7206	GF-20B	GA-2
-	SCR-254H	-	SCR-254FP	SCR-254XA	HC-7206	GF-20B	GA-2
-	SCR-256H	-	SCR-256FP	SCR-256XA	HC-7206	GF-20B	GA-2
-	-	SCR-2514H	-	SCR-2514XA ¹	HC-7206	GF-20B	GA-2
-	-	SCR-506H	-	SCR-506XA ¹	HC-7206	GF-50B	GA-2
-	SCL-101H	-	SCL-101FP	SCL-101XA	HC-7206	GF-10B	GA-2
-	SCL-201H	-	SCL-201FP	SCL-201XA	HC-7206	GF-230B	GA-2
-	SCL-302H	-	SCL-302FP	SCL-302XA	HC-7206	GF-230B	GA-2
-	SCL-502H	-	SCL-502FP	SCL-502XA	HC-7206	GF-510B	GA-2
-	-	SCL-1002H	-	-	HC-7206	GF-510B	GA-2
SCH-121H	-	-	-	-	HB-7206	GF-120B	GA-4
-	SCH-202H	-	SCH-202FP	SCH-202XA	HC-7206	GF-613B	GA-3
-	SCH-302H	-	SCH-302FP	SCH-302XA	HC-7206	GF-613B	GA-3
-	-	SCH-603H	-	SCH-603XA ¹	HC-7206	GF-613B	GA-3
-	-	SCH-1003H	-	-	HC-7206	GP-10S	GA-2
-	SCP-106CH	-	SCP-106CFP	-	HC-7206	GP-10S	GA-2
-	SCP-106LH	-	SCP-106LFP	-	HC-7206	GP-10S	GA-2
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	SCP-306H	-	-	HC-7206	GP-10S	GA-2
-	-	SCP-606H	-	-	HC-7206	GP-10S	GA-2

¹ Con bomba neumática XA-12

www.enerpac.com

ENERPAC 63

APÉNDICE I

FICHA TÉCNICA DE MALLA DE ACERO AISI 304



TWP INC 2831 Tenth St. Berkeley, CA 94710 USA
phone: 510-548-4434 / 800-227-1570 | fax: 510-548-3073 | website: www.twplnc.com

200 Mesh T304 Stainless .0021 48" Wide



© twplnc.com 2014

Name	200 Mesh T304 Stainless .0021 48" Wide
Part Number	200X200S0021W48T
Material	Stainless Steel T304

Mesh	200 x 200 per inch (per 2.54 cm)	Wire Diameter	0.0021 inches 0.0533 mm
Opening Size	0.0029 inches 0.07 mm	Opening Area Percentage	33.6%
Overall Thickness	0.0042 inches 0.10668 mm	Weight	0.06 lb/sq foot 0.29 kg/sq meter
Full Roll Length	100 feet / 30.49 meters	Standard Widths	48 inches
Weave Type	PSW	Surface Finish Coating	Mill Finish
Purchasing UOM	Square Foot, Full Roll	Link to Product Page	Click here
Typical Uses	Filtering and laboratories		
Comments	Bends easily by hand and cuts with scissors		

APÉNDICE J

FICHA TÉCNICA DE ABRAZADERA TÉRMICA



Backer Alpe S de RL de CV
www.backeralpe.com

Resistencias Eléctricas



Banda Cerámica

Construcción

CARACTERÍSTICAS

Estas Resistencias aportan, por su construcción acorazada, una mayor concentración de calor hacia el interior de la resistencia y permiten acrecentar la capacidad ó densidad de calor debido a que a diferencia de las BANDAS MICA, las BANDAS CERÁMICA son calentadas por resistencias en espiral; además por su gran flexibilidad permiten una fácil instalación en la maquinaria a calentar.



Labels in diagram: Coraza, Cerámica, Aislante, Resistencias, Terminales de cerámica.



ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS

Tolerancia de la Resistencia	+10% - 5%
Tolerancia en el Wataje	+5% -10%
Voltaje máximo	440 Volts
Amperaje máximo	25 Amperes
Densidad máxima	7 W/cm ²
Temperatura máxima	875° C

ESPECIFICACIONES MECÁNICAS

Espesor total con cerámica de	
1/2" y aislante	3/4"
Ancho mínimo	1"
Incremento en el ancho	1/2"
Tolerancia en el ancho	+ - 1/8"
Diámetro mínimo	1 1/2"
Abertura del cierre	3/8" + - 1/8"

Copyright 2010 por Backer Alpe S de RL de CV



Backer Alpe S de RL de CV
www.backeralpe.com



Resistencias Eléctricas

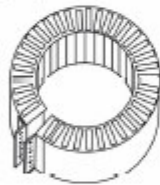
Banda Sellada

Características

BC-1

CIERRE CEJA

Este tipo de cierre es recomendable para resistencias con diámetros pequeños, ya que abarcan toda la longitud de la resistencia. El cierre no presenta uniformidad con precisión, sin embargo es muy fácil su colocación y la herramienta que se utiliza es accesible (destornillador plano).



TIPOS DE CIERRE



BC-2

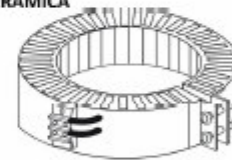
CIERRE CON CINTURON

Cierre de cinturón separado de la banda, fabricado en Acero Inoxidable con ajuste de barriles y tornillos alien. Limitaciones: Diámetro mínimo 1 1/2", Ancho mínimo 1 1/2".



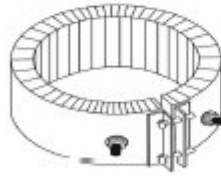
TIPOS DE TERMINALES

BT-3 TERMINALES CON BLOCK DE CERÁMICA



BT-1

TERMINALES DE TORNILLO



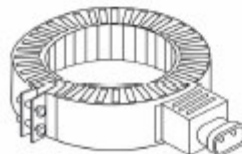
BT-2 TERMINALES FLEXIBLES



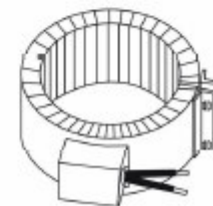
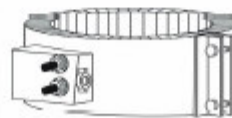
BT-6 TERMINALES FLEXIBLES CON CAJA DE USO RUDO

BT-4

ENCHUFE DE PLANCHA CON CAJA DE CONEXIONES



BT-5 TERMINAL DE TORNILLOS CON CAJA DE USO RUDO



BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- [1] Curso sobre el cultivo de cacao. Gustavo A. Enríquez. Costa Rica. 1985.
- [2] <http://www.codeso.info/TurismoEcuador/FotosAgroA07.html>.
- [3] <http://visit.ecuador.travel/chocolate/feria.php>.
- [4] Efecto del tipo y tiempo de fermentación en la calidad física y química del cacao. ARTÍCULO CIENTÍFICO en Ciencia y Tecnología. 2012. 5(1): 7-12. Rubén Rivera Fernández, Freddy Mecías Gallo, Ángel Guzmán Cedeño, Mayra Peñas Galeas, Hugo Medina Quintero, Lola Casanova Ferrín, Alexandra Barrea Alvarez, Pedro Nivelá Morante.
- [5] Fermentadores para cacao usados por los productores de la localidad de Cumboto, Venezuela. ARTÍCULO CIENTÍFICO. Agronomía Trop. 54(2):219-232.2004. Contreras, Ortíz, Grazziani y Parra.
- [6] <http://www.fundesyram.info/biblioteca/displayFicha.php?fichaID=3175>.
- [7] La calidad del cacao. Programa de capacitación a facilitadores y agricultores en la cadena de cacao. CAMAREN Quito – Ecuador. 2009. Rosa Pérez Pisa.
- [8] Fabricación y utilización industrial del chocolate. 4ta. Edición. S.T. Beckett.

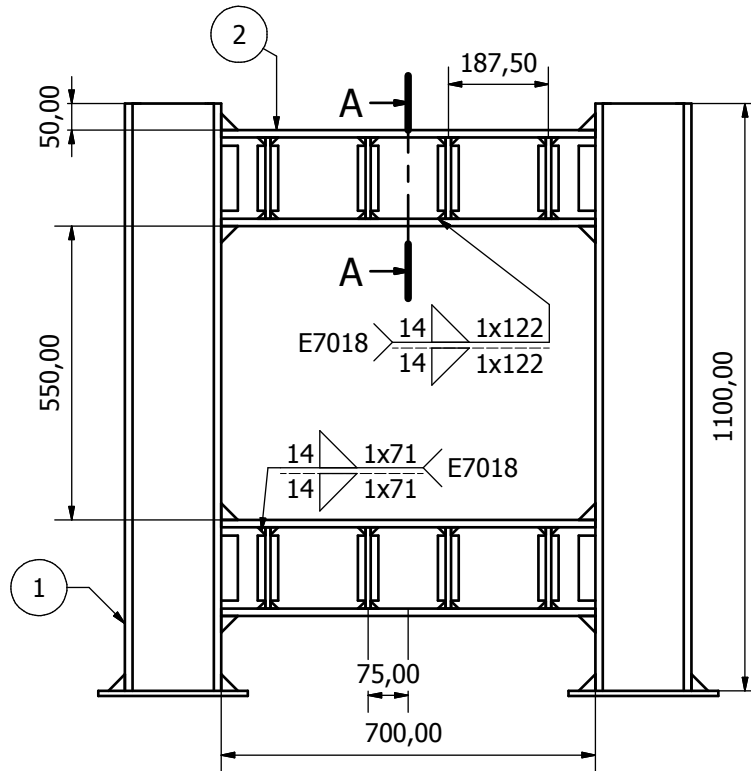
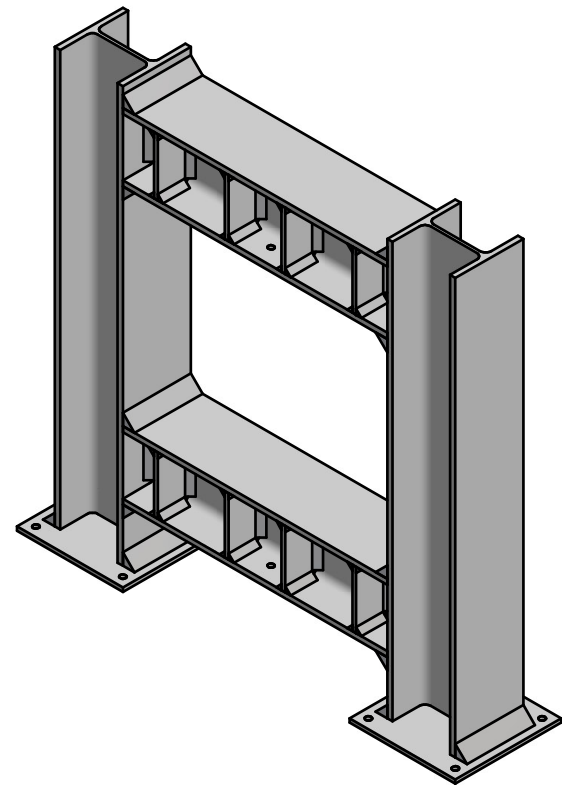
- [9] <http://ecocacao.ec/productos/>.
- [10] <http://www.sircaecuador.com/index.php/productos/secadoras-pequenas>
- [11] ICCO. How is the quality of cocoa checked - by hand, by machine?, 27 de marzo de 2012. International Cocoa Organization.
- [12] <https://www.flickr.com/photos/agrocalidad/sanidadvegetal/>
- [13] Chocolate, cocoa and confectionery, Science and technology, Third Edition, New York, 1989. Minifie Bernard.
- [14] http://www.micronizing.com/?page_id=93
- [15] http://www.micronizing.com/?page_id=106&lang=es
- [16] <http://www.munsonmachinery.com/>
- [17] <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0623.1988.pdf>
- [18] <http://www.barry-callebaut.com/1591>
- [19] <http://www.icco.org/faq/61-physical-and-chemical-information-on-cocoa/106-physical-and-chemical-information-on-cocoa-beans-butter-mass-and-powder.html>

- [20] Asociación Nacional de Exportadores de Cacao, ANECACAO, <http://www.anecacao.com/es/wp-content/uploads/2013/09/2014-exportsANE.png>
- [21] Instituto de Promoción de Exportación e Inversiones y Ministerio de Comercio Exterior, http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2013/08/PROEC_AS2013_CACAO.pdf
- [22] Boletín trimestral estadístico del sector cacaotero, ICCO, Vol. XL, No. 2, Año del cacao 2013/14. Publicado: 30-05-2014. file:///D:/Downloads/Production_QBCS%20XL%20No.%202.pdf
- [23] Resistencia de materiales aplicada, Robert L. Mott, Tercera edición
- [24] Código de soldadura estructural AWS D1.1
- [25] http://www.gustavheess.com/pdf_esp/1604seg.pdf
- [26] <http://www.vitaliecaucia.com/en/presses/35-products/accessories-and-replacements/presses/124-presses-teflon>.
- [27] www.trelleborg.com
- [28] Diseño de máquinas. Robert L. Norton. Cuarta edición.
- [29] Resistencia de materiales aplicada. Robert L. Mott. Tercera edición.
- [30] Teoría de placas y cascarones. S Timoshenko y S. Woinowsky-Krieger. Segunda edición.

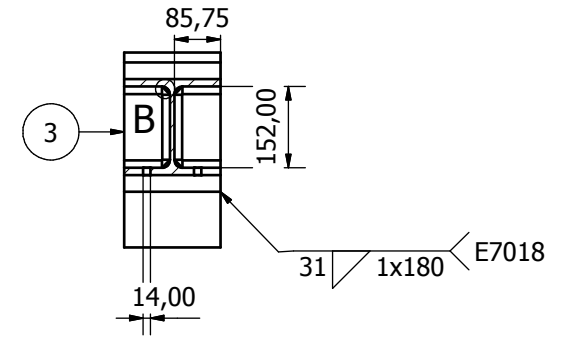
[31] http://www.acerocomercial.com/109bombas_hidr%C3%A1ulicas_enerpac

[32] http://www.grincef.nurr.ula.ve/manual_interactivo_laboratorio/electricidad/

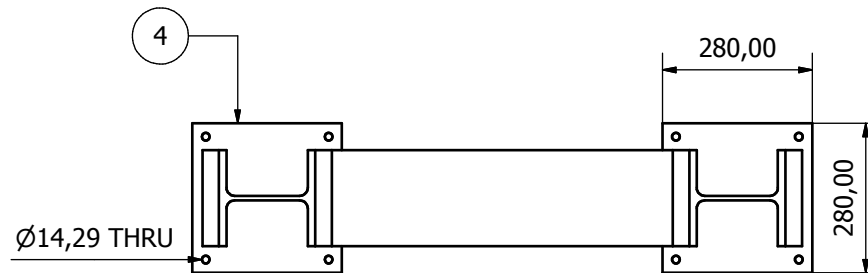
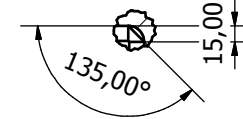
[33] http://www.asbheat.com/01_html/products/09_ceramic_band_



A-A (1 : 10)



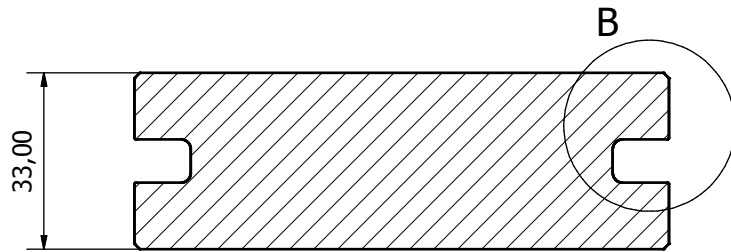
B (1 : 5)



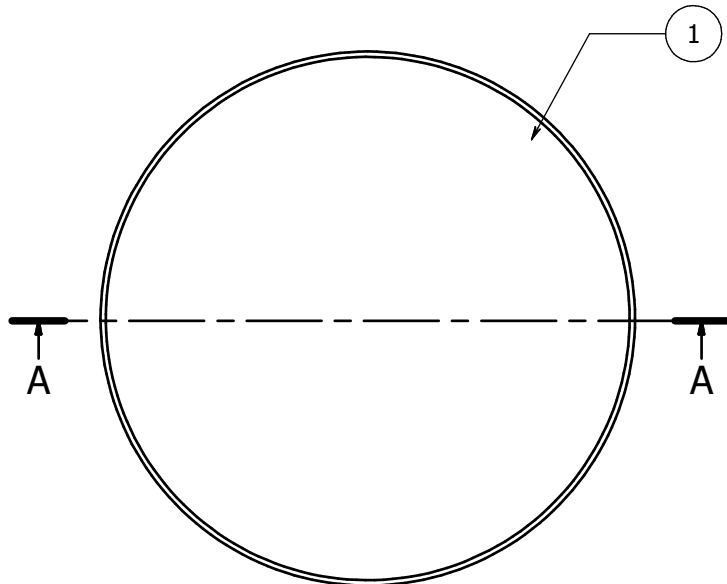
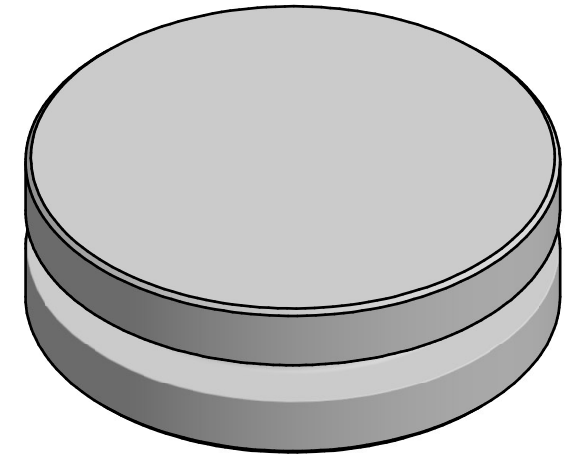
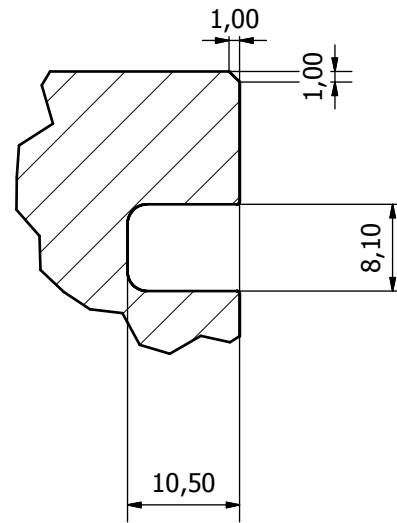
PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	2	VIGA HEB 180	
2	2	VIGA HEB 180	
3	16	RIGIDIZADOR	e = 10 mm
4	2	PLACA BASE	e = 10 mm

Designed by JUAN SALAZAR N.	Checked by ING. MARTÍNEZ	Approved by FIMCP	Date PLANO 1	Date 29/03/2015	ESCALA 1:10
ESPOL			DISEÑO DE BANCO DE PRUEBAS PARA EXTRACCIÓN DE MANTECA DE CACAO		
			ESTRUCTURA PRENSA		Edition 1

A-A (1 : 1)

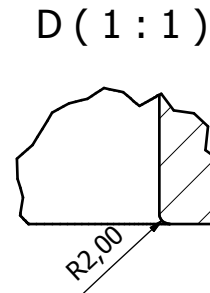
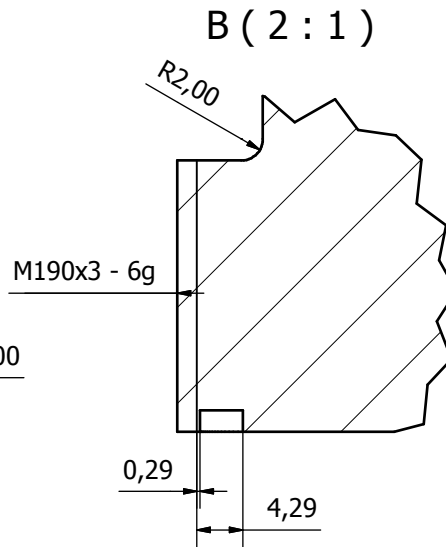
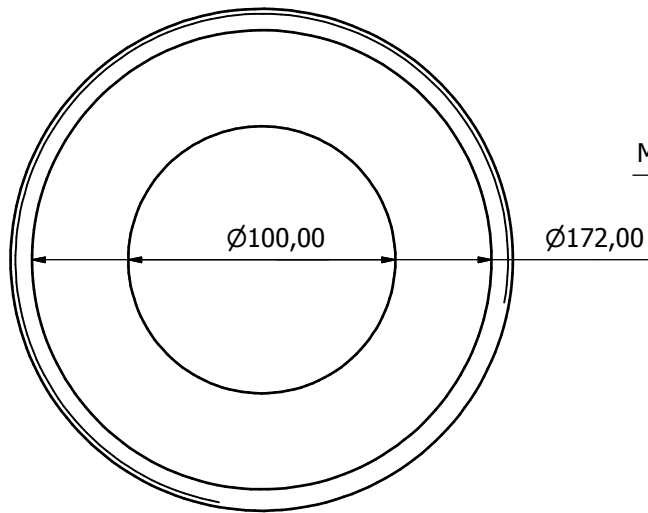
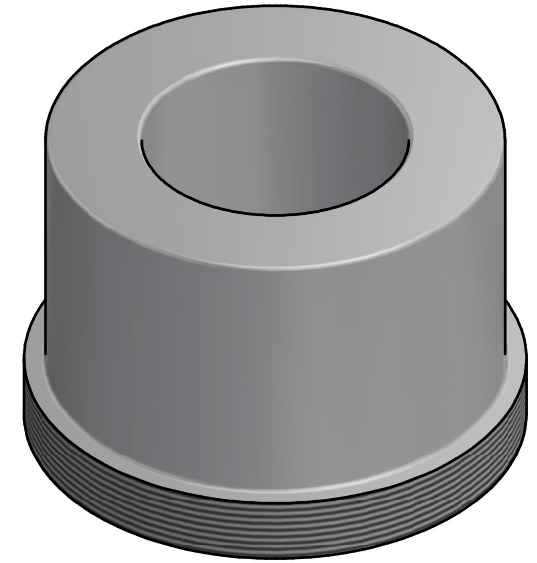
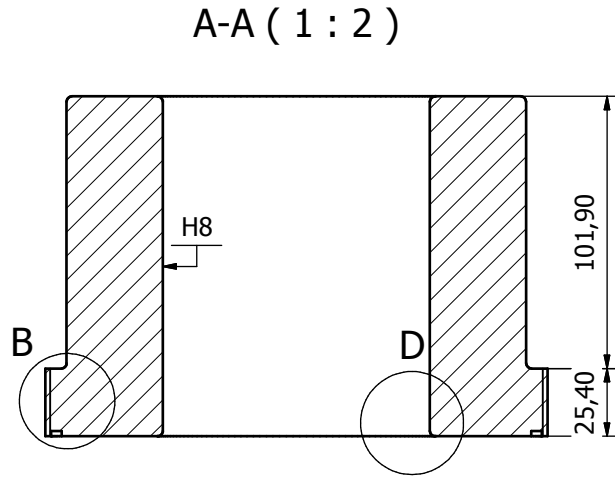
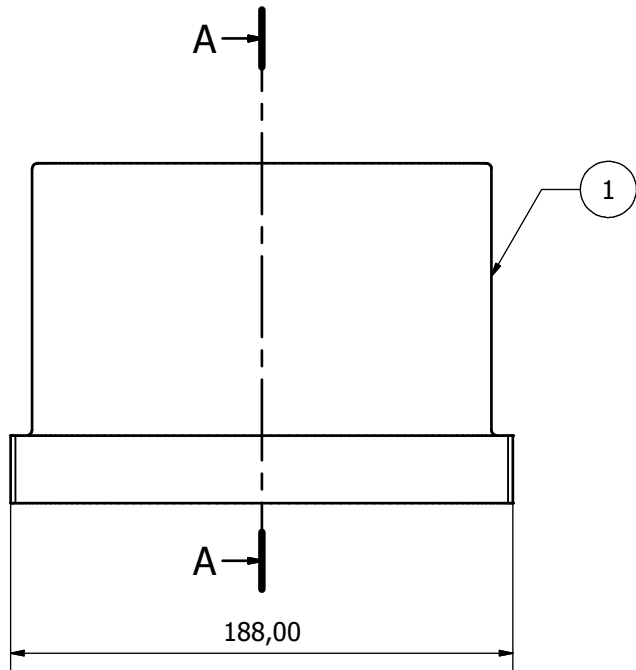


B (2 : 1)



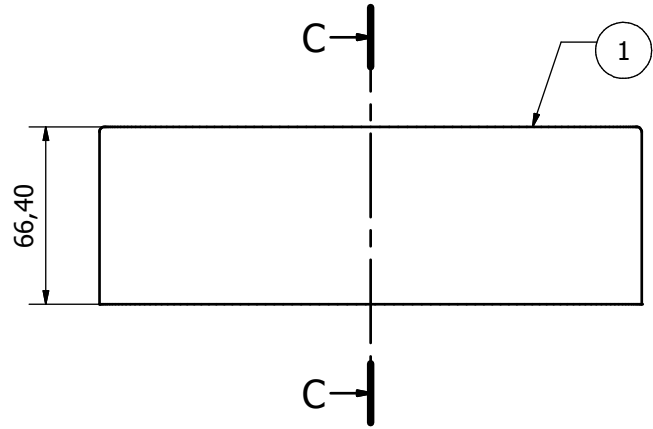
PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	PISTÓN	ACERO AISI 304 LAMINADO EN CALIENTE

Designed by JUAN SALAZAR N.	Checked by ING. MARTÍNEZ	Approved by FIMCP	Date PLANO 2	Date 29/03/2015	ESCALA 1:1
ESPOL			DISEÑO DE BANCO EXPERIMENTAL PARA EXTRACCIÓN DE MANTECA DE CACAO.		
			PISTÓN	Edition 1	Sheet 1 / 1

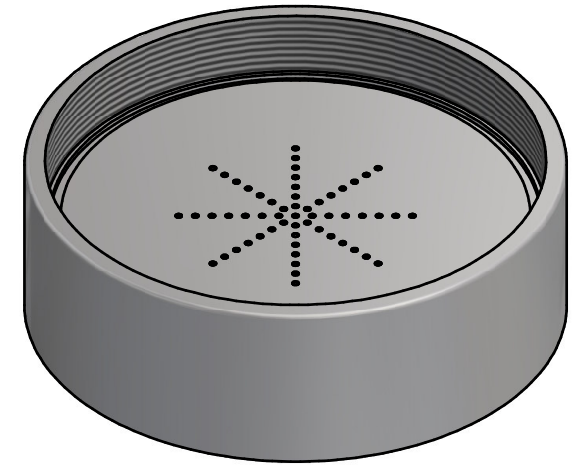
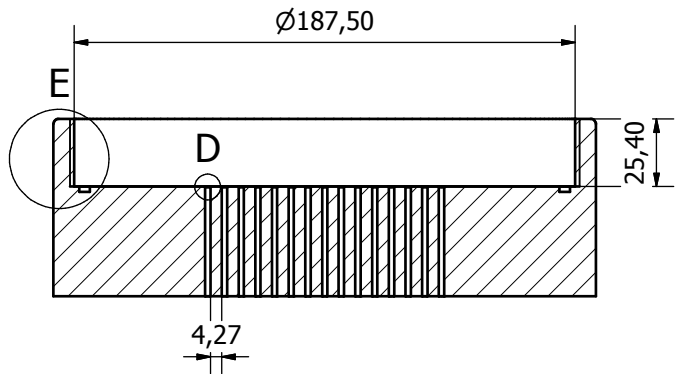


PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	VASO DE EXTRACCIÓN	ACERO AISI 304 LAMINADO EN CALIENTE

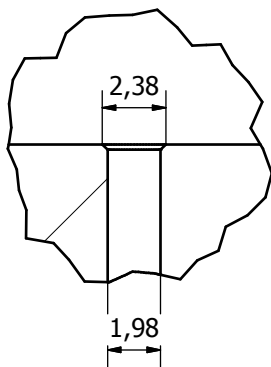
Designed by JUAN SALAZAR N.	Checked by ING. MARTÍNEZ	Approved by FIMCP	Date PLANO 3	Date 29/03/2015	ESCALA 1:2
ESPOL			DISEÑO DE BANCO EXPERIMENTAL PARA EXTRACCIÓN DE MANTECA DE CACAO		
			VASO DE EXTRACCIÓN	Edition 1	Sheet 1 / 1



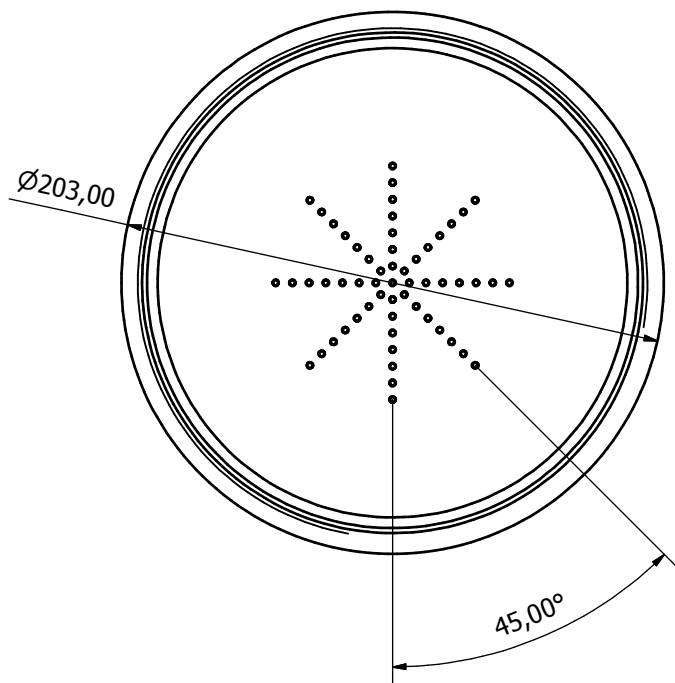
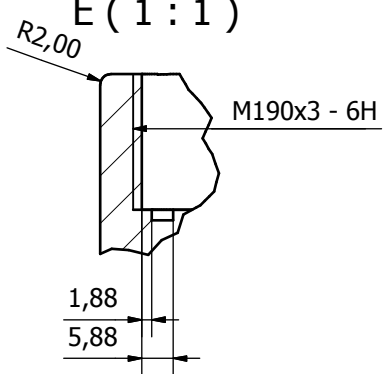
C-C (1 : 2)



D (5 : 1)

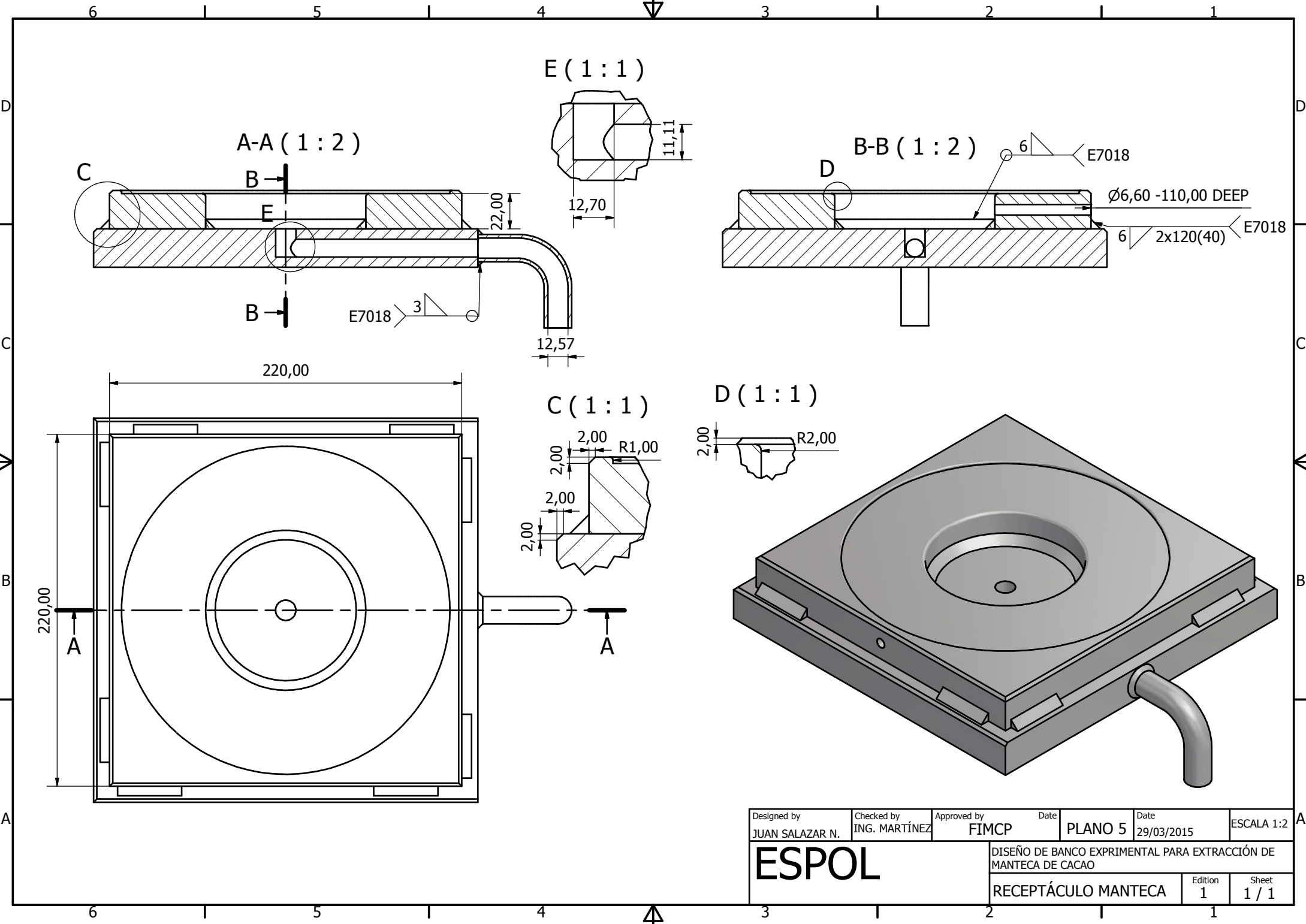


E (1 : 1)



PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	BASE PERFORADA	ACERO AISI 304 LAMINADO EN CALIENTE - 57 AGUJEROS

Designed by JUAN SALAZAR N.	Checked by ING. MARTÍNEZ	Approved by FIMCP	Date PLANO 4	Date 29/03/2015	ESCALA 1:2
ESPOL			DISEÑO DE BANCO EXPERIMENTAL PARA EXTRACCIÓN DE MANTECA DE CACAO		
			BASE PERFORADA	Edition 1	Sheet 1 / 1



Designed by JUAN SALAZAR N.	Checked by ING. MARTÍNEZ	Approved by FIMCP	Date PLANO 5	Date 29/03/2015	ESCALA 1:2
ESPOL			DISEÑO DE BANCO EXPERIMENTAL PARA EXTRACCIÓN DE MANTECA DE CACAO		
			RECEPTÁCULO MANTECA	Edition 1	Sheet 1 / 1