



Universidad Tecnica Particular de Loja
BIBLIOTECA GENERAL

Recibido el XII-16-86

Valor q. 200⁰⁰

Nº Clasificación 1986 R173 IA28



338
maquina en la industria
queso de pasta fundida

338.1773

338

338.1773
6



Universidad Técnica Particular de Loja

FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA
MAQUINA PARA ELABORAR QUESO DE
PASTA FUNDIDA**

*TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL
TITULO DE INGENIERO EN
INDUSTRIAS AGROPECUARIAS*

José A. Ramírez Romero

Manuel Nagua Carrión

Director: Ing. José Bonilla M.

LOJA - ECUADOR

1986



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NC-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2017

Ing. JOSE ANIBAL BONILLA, cate-
drático de la Universidad
Técnica Particular de Loja,
Director de Tesis.

CERTIFICA :

Que, los señores José A. Ramírez
Romero y Manuel Nagua Carrión,
egresados de la Facultad de
Ingeniería en Industrias Agrope-
cuarias, en cumplimiento al
reglamento para la obtención del
Grado y Título de Ingeniero en
Industrias Agropecuarias presen-
tan el informe de tesis "Diseño
y Construcción de una Máquina
para Elaborar Queso de Pasta
Fundida", el mismo que revisado
en forma ciudadosa e íntegra se
autoriza su PRESENTACION Y
SUSTENTACION.



Ing. José A. Bonilla

C O N T E N I D O G E N E R A L

Agradecimiento

Dedicatoria

Introducción

Indice

CAPITULO I: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE ELABORACION DE QUESO DE PASTA FUNDIDA.

1.1 Diagrama general.

1.2 Diagrama de fundición de pasta.

CAPITULO II: DISEÑO DE LA MÁQUINA PARA FUNDIR PASTA.

2.1 Capacidad de la máquina.

2.2 Elementos de la máquina.

2.3 Esquema de la máquina.

2.4.1 Entrada de vapor.

2.4.2 Salida de condensado y purga de vapor.

2.4.3 Olla de doble camisa hermética.

2.4.4 Tapa de la olla.

2.4.5 Empaque.

2.4.6 Agitador.

2.4.7 Bomba de vacío.

2.4.8 Motor para el agitador.

2.4.9 Termómetro.

2.4.10 Vacuómetro.

- 2.4.11 Tripode.
 - 2.4.12 Eje oscilante.
 - 2.4.13 Cojinetes.
 - 2.4.14 Tiraderas.
- 2.5 Planos de la máquina.

CAPITULO III: CONSTRUCCION DE LA MAQUINA.

- 3.1 Introducción.
- 3.2 Volúmenes y costos de materiales.
- 3.3 Cronograma de actividades.
- 3.4 Diagrama valorado de trabajo.
- 3.5 Construcción de los elementos de la máquina y control de calidad.
- 3.6 Montaje de la máquina.

CAPITULO IV: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y CALIBRACION.

- 4.1 Introducción.
- 4.2 Comprobación de los aparatos de medición.
- 4.3 Regulación del agitador.
- 4.4 Regulación de la bomba de vacío.

CAPITULO V: TECNOLOGIA DE FABRICACION DE QUESO DE PASTA FUNDIDA.

- 5.1 La materia prima.- Generalidades.
- 5.2 Proceso de elaboración del queso.
 - 5.2.1 Troceado de la materia prima.



- 5.2.2 Maceración o ablandado de la pasta prima.
- 5.2.3 Escurrido.
- 5.2.4 Fundido de la pasta.
- 5.2.5 Moldeado y enfriado.
- 5.2.6 Empaquetado.
- 5.3 Análisis del producto terminado.
 - 5.3.1 Determinación de humedad.
 - 5.3.2 Determinación de proteína.
 - 5.3.3 Determinación de grasa.
 - 5.3.4 Determinación de sales (cenizas).
- 5.4 Rendimiento.

CAPITULO VI: COSTOS DE FABRICACION DEL PRODUCTO.

- 6.1 Gastos de materia prima.
- 6.2 Gastos en aditivos.
- 6.3 Gastos en maquinaria y mano de obra.
- 6.4 Otros gastos de fabricación.
- 6.5 Costo total.

CAPITULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

APENDICE.

BIBLIOGRAFIA.

ANEXOS.

A G R A D E C I M I E N T O :

Agradecemos muy debidamente a todos los profesores de la facultad que contribuyeron a nuestra formación académica y de manera especial a los Ingenieros José A. Bonilla y Fernando Saraguro, quienes contribuyeron con sus valiosos conocimientos en el transcurso de este trabajo.

D E D I C A T O R I A :

A nuestros padres y hermanos por su esfuerzo y sacrificio, quienes nos apoyaron moral y económicamente en el duro tragar de nuestra vida estudiantil, dándonos valiosas sugerencias para vencer los escollos a menudo presentados.

I N T R O D U C C I O N

Los múltiples problemas que actualmente afronta el país en su desarrollo industrial, específicamente dentro del campo agropecuario crea la necesidad en los estudiantes universitarios de aportar con alternativas a la solución de los mismos.

Concientes de ésta realidad nos hemos propuesto el presente trabajo de tesis. Creemos que el mismo constituye un aporte concreto en el campo de tecnología aplicada dirigido a solucionar problemas que se presentan en la producción industrial.

Los objetivos de éste proyecto es el diseño y construcción de una máquina para elaborar quesos de pasta fundida y la elaboración de un tipo de queso fundido, en el desarrollo del mismo enfocamos el aspecto técnico-científico.

La parte tecnológica hace referencia al diseño de la máquina y sus elementos, considerando una capacidad teórica adecuada para ser utilizada también como un medio de enseñanza-aprendizaje dándole un uso práctico a la misma. Así mismo a la construcción de los elementos de la máquina en base al diseño, que en éste caso es específico para utilizarla en la recuperación de quesos de larga maduración con defectos parciales, la cual ha sido realizada en acero inoxidable, dadas las

características y comportamiento de este material en diferentes condiciones de operación frente a distintos productos alimenticios y en especial a la leche y queso, ya que es bien conocido que estos son alimentos que deben ser tratados en materiales que muestren gran estabilidad.

Por otro lado la parte tecnológica también comprende las pruebas de funcionamiento realizadas, en las que se procedió a regular la velocidad del agitador, dado que ésta tiene influencia en el tiempo de fusión y mezclado homogéneo de la pasta y demás ingredientes utilizados en la elaboración de queso de pasta fundida. Así mismo es necesario tener en cuenta las condiciones de la materia prima para trabajar a presión normal o con vacío parcial, ya que esto presenta ventajas como ser la temperatura de fusión es más baja, por lo tanto menor degradación de principios nutritivos; y, también inconvenientes como ser el efecto del calor sobre la carga bacteriana de la pasta es menor y la pérdida de aromas, afectando el sabor del producto.

El aspecto científico de este trabajo está relacionado con las pruebas de laboratorio para llegar a establecer parámetros que intervienen en la elaboración de quesos de pasta fundida; y, la obtención del producto final en base a estos ensayos, utilizando como materia prima queso producido en la planta de lácteos y aditivos complementarios, dándonos como resultado un producto de

características físicas y químicas determinadas, puede comercializarse con facilidad en el mercado.



La elaboración de éste tipo de queso reviste gran importancia dadas las ventajas de aumentar el tiempo de conservación, facilitar su transporte y almacenamiento; y, desde el punto de vista higiénico es importante destacar el hecho de que cualquier microorganismo patógeno que pudiera estar presente en la materia prima es destruido durante el calentamiento.

Finalmente nos referimos a la importancia que el queso tiene en la nutrición humana, dado que en nuestro país existe un déficit en el consumo per cápita de proteína. Creemos que es factible la utilización de éste producto en programas de alimentación popular impulsados por el gobierno.

I N D I C E

Pag.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE ELABORACION DE QUESO DE PASTA FUNDIDA.

Diagrama general	2
Diagrama de fundición de pasta	3

DISEÑO DE LA MAQUINA PARA FUNDIR PASTA.

Capacidad de la máquina	5
Elementos de la máquina	6
Esquema de la máquina	6
Diseño de los elementos de la máquina	6
Entrada de vapor	6
Salida de condensado y purga de vapor	7
Olla de doble camisa hermética	7
Tapa de olla	10
Empaque	10
Agitador	10
Bomba de vacío	10
Motor	10
Termómetro	11
Vacuómetro	11
Trípode	11
Eje oscilante	11
Cojinetes	11
Tiraderas	12
Planos de la Máquina	12

CONSTRUCCION DE LA MAQUINA

Introducción	14
Volúmenes y costos de materiales	15
Cronograma de actividades	15
Diagrama valorado de trabajo	17
Construcción de los elementos de la máquina y control de calidad	17
Montaje de la máquina	18

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y CALIBRACION

Introducción	20
Comprobación de los aparatos de medición	22
Regulación del agitador	22
Regulación de la bomba de vacío	23

TECNOLOGIA DE FABRICACION DE QUESO DE PASTA FUNDIDA

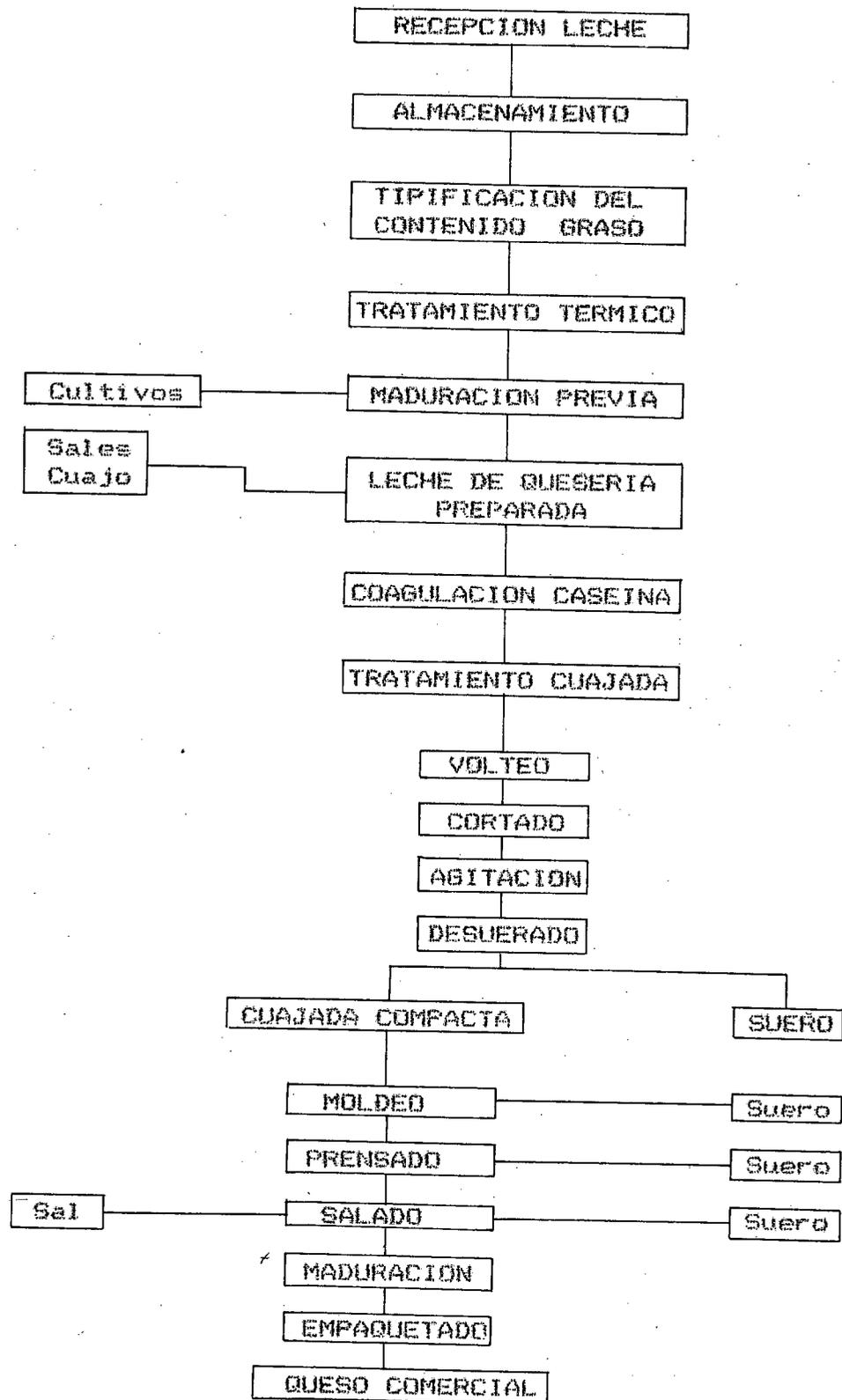
La materia prima.- Generalidades	25
Almacenamiento y tratamiento de la materia prima..	26
Salas fundentes	28
Aditivos	29
Proceso de elaboración del queso	30
Troceado de la materia prima	31
Maceración o ablandado de la materia prima	31
Escurrido	31

C A P I T U L O I

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE ELABORACION DE QUESO DE
PASTA FUNDIDA

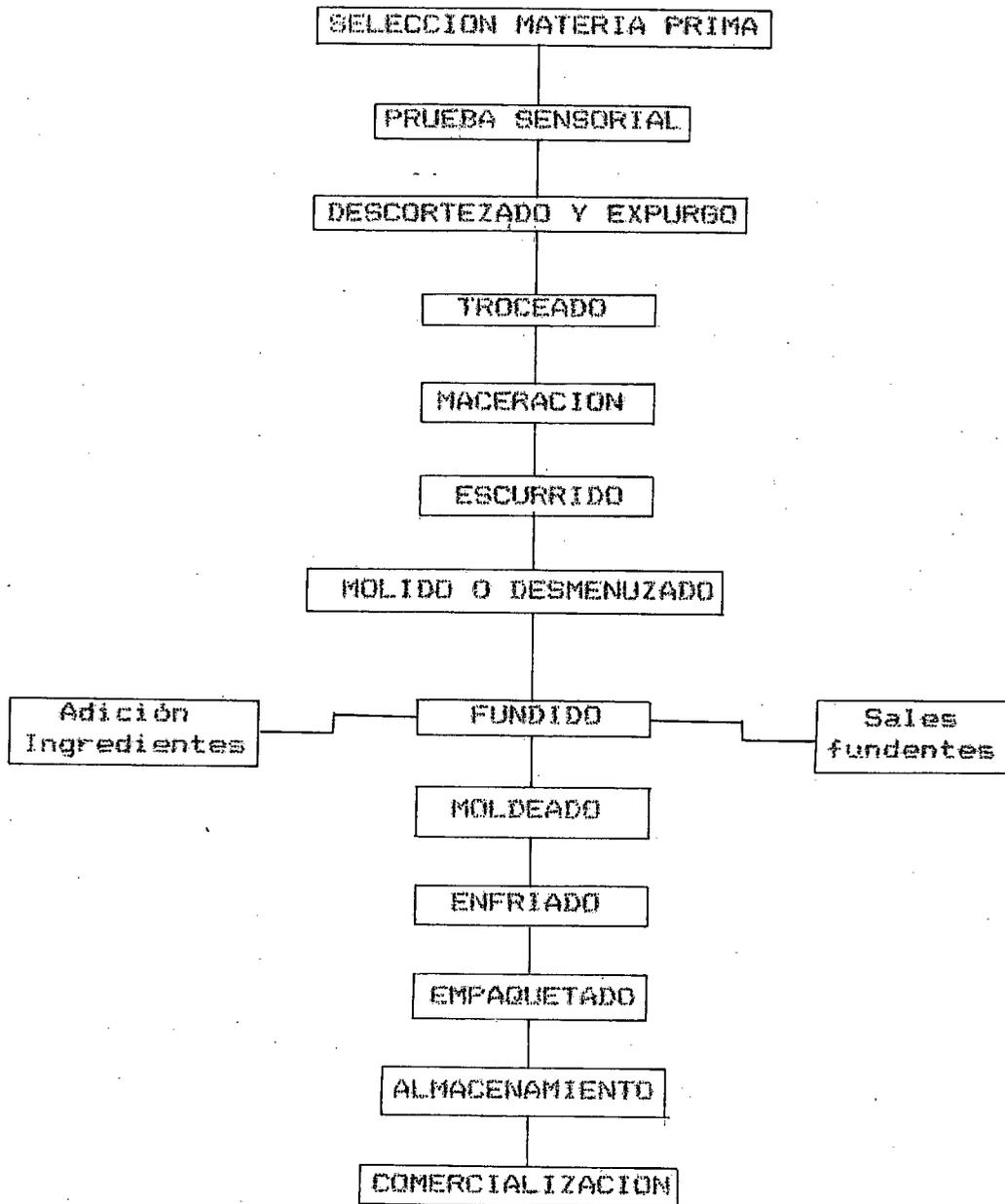
1.1 DIAGRAMA GENERAL.

Diagrama de Flujo 1: Proceso de elaboración de queso



1.2 DIAGRAMA DE FUNDICION DE PASTA.

Diagrama de flujo 2: Elaboración de queso fundido.





C A P I T U L O I I
DISEÑO DE LA MAQUINA PARA FUNDIR PASTA

2.1 CAPACIDAD DE LA MÁQUINA.

La capacidad teórica de la máquina construida para la elaboración de quesos de pasta fundida es de 33.6 litros. La cual se determinó de la siguiente forma:

Volumen de la parte esférica.

$$R = 160 \text{ mm}$$

$$V_e = \frac{4}{3} \pi R^3$$

$$V_e = \frac{4}{3} \times 3.1416 \times (160)^3 \text{ mm}^3$$

$$V_e = 17157285 \text{ mm}^3$$

$$V_s = 8578642.3 \text{ mm}^3 \text{ (semiesfera)}$$

Volumen del cilindro.

$$R = 160 \text{ mm}$$

$$H = 311 \text{ mm}$$

$$V_c = \pi R^2 \cdot H$$

$$V_c = 3.1416 (160)^2 311 \text{ mm}^3$$

$$V_c = 25012104 \text{ mm}^3$$

Volumen total

$$V_t = V_s + V_c$$

$$V_t = 33590746 \text{ mm}^3$$

$$V_t = 33.61$$

A partir de la capacidad teórica deducimos la capacidad real equivalente a las 3/4 partes de la teórica, siendo igual a 25.2 litros.

2.2. ELEMENTOS DE LA MAQUINA

Los elementos que conforman la máquina para la elaboración de queso de pasta fundida son los siguientes:

Entrada de vapor

Salida de condensado y purga de vapor

Olla de doble camisa hermética

Tapa

Empaque

Agitador

Bomba de vacío

Motor

Termómetro

Vacuómetro

Tripode

Eje oscilante

Cojinetes

Tiraderas

2.3 ESQUEMA DE LA MAQUINA

En este esquema indicamos las partes que componen esta máquina, el cual se muestra en el anexo 1.

2.4 DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DE LA MAQUINA

2.4.1 ENTRADA DE VAPOR

El espesor y diámetro del tubo de entrada de vapor fue seleccionado tomando en cuenta la presión a la cual sale el vapor del caldero. Las características de este tubo permiten trabajar con una presión de 1 a 8 atmósferas, con lo cual consideramos un margen de seguridad adecuado para evitar que el tubo se abra lateralmente.

2.4.2 SALIDA DE CONDENSADO Y PURGA DE VAPOR

La tubería utilizada para la salida de condensado y purga de vapor es de características similares a la anterior, aunque no existe presión por parte del vapor en las paredes de la misma, solamente ejerce rozamiento el agua al fluir.

2.4.3 OLLA DE DOBLE CAMISA HERMETICA

En el diseño de la olla de doble camisa hermética se trata de determinar el espesor de las láminas de acero tanto interna como externa para lo cual se ha considerado la tensión transversal y longitudinal ejercida en las paredes de la misma. En base a la capacidad de carga que una superficie cilíndrica puede soportar transversal y longitudinalmente se determinó el espesor a emplearse de la siguiente manera:

$$D_i = 32 \text{ cm}$$

$$D_e = 42 \text{ cm}$$

$$Gt = 1400 \text{ Kg/cm}^2$$

$$G1 = 700 \text{ Kg/cm}^2$$

$$p = 3 \text{ at.}$$

$$pv = -1 \text{ at.}$$

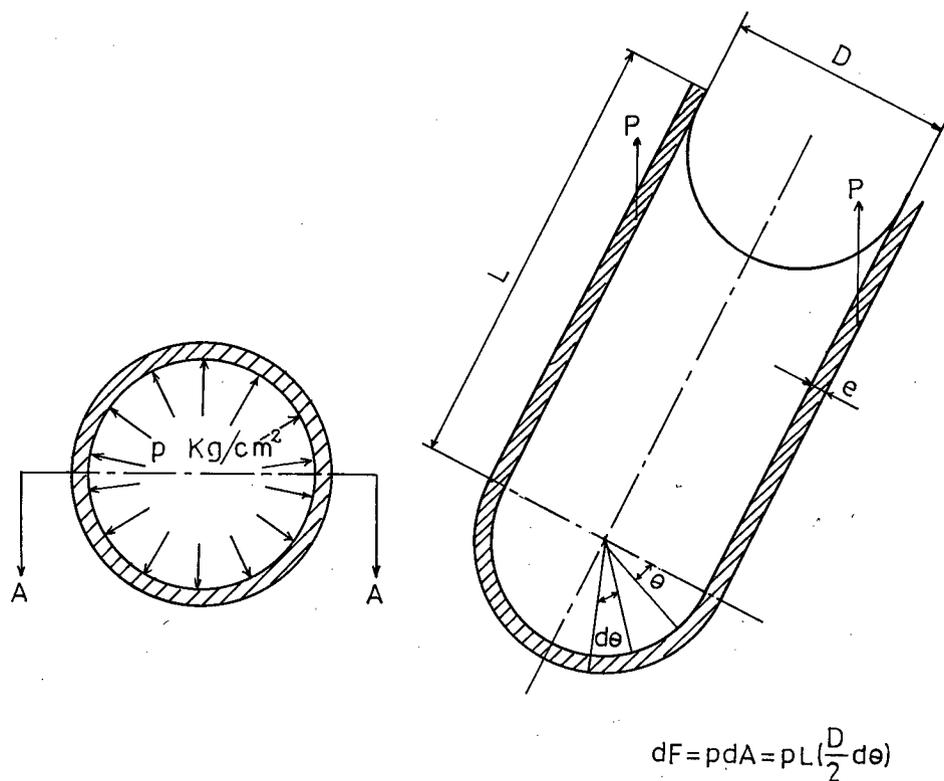


Fig. 1 : Determinación analítica de la fuerza F que tiende a separar las dos partes del cilindro.

$$dF = p dA = pL \left(\frac{D}{2} d\theta \right)$$

$$Gt = \frac{pD}{2e}$$

$$e = \frac{pD}{2Gt}$$

$$e = \frac{4 \times 1.033 \text{ kg/cm}^2 \times 32 \text{ cm}}{2 \times 1400 \text{ kg/cm}^2}$$

$$e = 0.047 \text{ cm}$$

$$G1 = \frac{pD}{4e}$$

$$e = \frac{pD}{4G1}$$

$$e = \frac{4 \times 1.033 \text{ Kg/cm}^2 \times 32 \text{ cm}}{4 \times 700 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$e = 0.047 \text{ cm.}$$

El espesor determinado para la lámina de acero interna es de 0.47 mm considerando una presión de vapor de 3 at. y una presión de vacío de 1 at. Así mismo se llegó a determinar siguiendo el procedimiento anterior el espesor para la lámina externa, lo cual da un valor de 0.46 mm.

Con estos valores se eligió un espesor comercial de 1 mm. para las láminas de acero. Dado que este espesor representaba dificultad para realizar el soldado de las piezas se optó por espesores de tres mm. y 2 mm. para las láminas interna y externa respectivamente.

2.4.4 TAPA DE LA OLLA

El diseño de la tapa de la olla se lo realizó considerando una presión de trabajo de 3 atmósferas. Se eligió un espesor de 3 mm. con la finalidad de poder acoplar en su parte superior el motor y también evitar que un vacío fuerte cause deformación a la misma.

2.4.5 EMPAQUE

El diseño del empaque se hizo en base al diámetro de la olla interna y el espesor se eligió para asegurarnos un buen vacío en la cámara de cocción.

2.4.6 AGITADOR

La forma elegida para el agitador se lo realizó con la finalidad de conseguir un buen mezclado de la pasta y para coadyugar a la fusión de la misma. El espesor del eje se eligió considerando la resistencia que la pasta ofrece a la rotación del mismo.

2.4.7 BOMBA DE VACIO

La bomba de vacío utilizada para el funcionamiento de este aparato fue la que se encuentra acoplada al centritherm.

2.4.8 MOTOR



El motor utilizado para la rotación del eje tiene las siguientes características;

Voltaje = 220

Potencia = 0.5 HP

rpm = 30

2.4.9 TERMOMETRO

Se utilizó un termómetro con escala centigrada.

2.4.10 VACUOMETRO

Para registrar el vacío en la cámara de cocción de la máquina, utilizamos el vacuómetro que mide la presión de vacío en la cámara de concentración del centritherm.

2.4.11 TRIPODE

Para su diseño se consideró una carga de 90 Kg.

2.4.12 EJE OSCILANTE

Para elegir el diámetro del eje oscilante se consideró la carga anterior; y éste es de 3/4 de pulgada.

2.4.13 COJINETES

Para determinar su espesor se consideró la carga de la máquina.

2.4.14 TIRADERAS

Su diseño se realizó considerando la facilidad para levantar la tapa y así mismo tomando en cuenta su peso.

2.5 PLANOS DE LA MÁQUINA.

Los planos de la máquina y su desarrollo, así como especificaciones se encuentran en el anexo 2.

C A P I T U L O I I I

CONSTRUCCION DE LA MAQUINA

3.1 INTRODUCCION

La construcción de esta máquina se realizó en acero inoxidable, en base al cálculo de la distribución de fuerzas de presión y compresión ejercidas en las paredes tanto interna como externa se llegó a determinar el espesor de las láminas de acero empleadas para el efecto. Con la finalidad de evitar deformaciones por la acción de estas fuerzas y para conseguir un margen de seguridad superior se utilizó láminas de acero con un espesor mayor al determinado matemáticamente, el espesor de la lámina interna es de 3 mm. y el de la externa es de 2 mm.

Así mismo para evitar posibles deformaciones de la máquina fue conveniente colocar bridas de hierro de 10 mm. de espesor por 50 mm. de ancho tanto en la parte superior de la olla como en la tapa, lo cual también sirve como medio de asegurar la tapa.

Por otra parte para la adaptación del eje de la máquina se construyó una prensa stopa, teniendo su base en la tapa para poder lograr el vacío. Esta prensa stopa está construida en acero inoxidable cuyas características se indican en el anexo 2.

Los instrumentos de medición, así como motor y bomba no se diseñaron por cuanto existen en el mercado.

3.2 VOLUMENES Y COSTOS DE MATERIALES

Nombre	Cant.	Material	Volumen (mm ³)	Costo
Olla interna	1	acero inox.	1187583.1	4987,85
Olla externa	1	acero inox.	1569098.1	6590,21
Tapa	1	acero inox.	423021.74	1776.69
Agitador	1	acero inox.	228357.24	959.10
Prensa stops	1	acero inox.	119225.22	500.74
Brida	2	hierro	1101505.3	550.75
Soporte	2	hierro	2041200	1020.06
Entrada y purga de vapor	2	acero inox.	19077	80.12
Tubo del termómetro	1	acero inox.	23218.72	97.52
Total S/				16563.65

El cálculo de los volúmenes y costos de materiales se encuentra detallado en el anexo 3

3.3 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.

En la programación de las actividades de este trabajo se hace uso de las técnicas del CPM, el cual nos permite planificar el tiempo de las actividades, así como el camino crítico de las mismas a través de un gráfico de captación inmediata, por lo tanto a este

programa de trabajo lo consideramos como una herramienta de dirección y coordinación en el desarrollo del mismo. El procedimiento seguido para determinar el camino crítico en la red es el siguiente:

Actividades	tiempo duración
A. Búsqueda de información	2 (semanas)
B. Diseño y elaboración planos	8 (semanas)
C. Pedido de cotizaciones	3 (semanas)
D. Construcción de elementos	8 (semanas)
E. Pruebas preliminares de elaboración de queso fundido	2 (semanas)
F. Control de calidad de los elementos	2 (semanas)
G. Montaje de la máquina	4 (semanas)
H. Pruebas de funcionamiento	2 (semanas)
I. Elaboración queso fundido	1 (semana)
J. Análisis del producto	2 (semanas)
K. Redacción del informe	3 (semanas)
L. Revisión del informe	4 (semanas)
M. Publicación del informe	4 (semanas)

El diagrama de la red de actividades se encuentra en el anexo 4, así como el cuadro de resultados de los cálculos para determinar el camino crítico.

3.4 DIAGRAMA VALORADO DE TRABAJO.

El diagrama valorado de trabajo se encuentra detallado en el anexo 5.

3.5 CONSTRUCCION DE LOS ELEMENTOS DE LA MAQUINA Y CONTROL DE CALIDAD.

Los elementos de la máquina como olla, tapa y agitador fueron construidos en la ciudad de Quito en una fábrica de aceros inoxidable, dado que en la localidad no existen los medios necesarios para trabajar con este material y darle la forma requerida a las láminas de acero, ya que su resistencia para adquirir una forma determinada es elevada y se requiere de suelda especial para unir sus componentes. La suelda utilizada es de argón con el propósito de evitar la oxidación de este material al emplear otro tipo de suelda.

Los demás elementos que conforman la máquina tales como soporte, cojinetes, base para el motor y tiraderas fueron construidos en el taller de mecánica de la U.T.P.L.

Una vez construidos los elementos se procedió a controlar su calidad con el objeto de que se ajusten a las especificaciones técnicas del diseño, para lograr que los mismos se acoplen en forma adecuada y permitan el funcionamiento correcto de la máquina.



3.6 MONTAJE DE LA MAQUINA.

Construidas las piezas y realizado su respectivo control de calidad se procedió al montaje de la máquina efectuándose en el taller de mecánica de la U.T.P.L.

Se acopló en primer lugar el agitador a la tapa y después el motor al eje del agitador.

Así mismo se adaptó la bomba de vacío del centritherm mediante un acople de manguera y abrazadera, para después hacer la conexión de la manguera de entrada de vapor.

Los aparatos (instrumentos) como el vacuómetro, se encuentra registrando el vacío producido por la bomba, razón por la cual no se adquirió.

El termómetro se acopló en el tubo previsto para el efecto, utilizando como medio de transmisión de calor la glicerina y se lo aseguró con un tapón de goma con orificio.

C A P I T U L O I V

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y CALIBRACION

4.1 INTRODUCCION

Previo al funcionamiento de la máquina se realizaron pruebas preliminares para la obtención de queso de pasta fundida, utilizando como materia prima cuajada enzimática (quesillo) adquirida en el mercado, la cual es elaborada en forma casera. A continuación detallamos las pruebas realizadas:

Prueba No 1

peso de cuajada = 500g.
mezcla de fundente = 40g.
composición de la mezcla:
ácido cítrico = 55g.
carbonato sódico = 35g.
agua = 130 ml.

Prueba No 2

peso de cuajada = 523g.
mezcla de fundente = 41.84g
composición de la mezcla:
ácido cítrico = 57.53g.
carbonato sódico = 36.61g.
agua = 135.98 ml.
condimento de jamón 0.5% = 2.6g.
sal al 1% = 5.23g.

Estas pruebas se efectuaron utilizando como medio de calor baño maría, con tiempo de fusión de 8 y 10

minutos respectivamente, alcanzando una temperatura de fusión de 68°C se obtuvo productos con textura y sabor similar a los que se expenden en el mercado.

Las pruebas de funcionamiento de la máquina son para la obtención del producto final. Para esto utilizamos como materia prima queso cheddar con defectos de oquedades en su interior, con una maduración de 4 meses aproximadamente. A continuación describimos esta prueba:

Prueba en la máquina

peso de queso = 2.8Kg.

mezcla fundente = 224g.

composición de la mezcla:

ácido cítrico = 56 g.

carbonato sódico = 35g.

agua = 132ml.

Una vez preparada la materia prima y mezclada con las sales fundentes, se colocan en la máquina y se somete a proceso de fusión en las siguientes condiciones de operación:

temperatura de fusión = 65°C

tiempo de fusión = 10 min.

velocidad del agitador = 30 rpm.

vacío en la cámara = -0.4Kg/cm²

Alcanzados el tiempo y temperatura deseados la masa presenta uniformidad y se da por terminado el proceso.

4.2. COMPROBACION DE LOS APARATOS DE MEDICION

Los aparatos como el termómetro y vacuómetro son contruidos por casas especializadas en la fabricación de equipos e instrumentos de medición. La comprobación en el caso del termómetro utilizado en este equipo se la realizó comparando la temperatura registrada por éste con la temperatura registrada por otro, el cual sirvió como un patrón de comprobación que nos permitió cerciorarnos de su funcionamiento correcto.

En el caso del vacuómetro no fue necesaria su comprobación por cuanto se encuentra acoplado al centritherm registrando la presión de vacío en la cámara de concentración del mismo.

4.3. REGULACION DEL AGITADOR.

La velocidad del agitador viene dada por el número de revoluciones del eje del motor, y en este caso alcanza una velocidad de 30 rpm la cual es adecuada para mezclar la pasta del queso con las sales fundentes y obtener queso fundido firme al corte que es el objeto de este trabajo.

4.4. REGULACION DE LA BOMBA DE VACIO.

La bomba de vacío utilizada para producir un vacío parcial en la cámara de fusión fue la adaptada en el centritherm, por tanto no fue necesario regularla ya que la misma se encuentra acondicionada para producir un vacío determinado, el cual es el adecuado para la elaboración de quesos de pasta fundida cuando las condiciones de las materias primas así lo exijan.

C A P I T U L O V

TECNOLOGIA DE FABRICACION DE QUESO DE PASTA FUNDIDA

5.1. LA MATERIA PRIMA.- GENERALIDADES.



Como materia prima en la elaboración de los quesos de pasta fundida se utiliza los quesos de cuajada enzimática, que han perdido su presentación comercial por defectos no marcados para el consumo directo, rotos o dañados de algún modo, que previo expurgo permiten aprovechar la mayor parte de su masa la cual no podría ser librada al mercado de otra manera. Casi siempre se trata de quesos de pasta dura y firmes por reunir las mejores condiciones para la fusión; los de pasta blanda no dan tan buenos resultados a causa de la riqueza en bacterias y mohos de la pasta del queso y también a la debilidad de su aroma, que desaparece en parte en el curso del calentamiento. Mediante la mezcla de quesos básicos de diferentes edades, permiten obtener un producto de características uniformes de un lote a otro. Dos o más variedades pueden ser combinadas para obtener un número de mezclas casi ilimitadas. Por otra parte pueden añadirse al tiempo de la fabricación otros productos lácteos tales como leche en polvo, crema, mantequilla, caseína, suero en polvo, requesón y queso de leche ácida y las más variadas sustancias nutritivas como frutas, verduras, carnes, jamón, embutidos o sazonar con especias, humo y cosas similares para incrementar las numerosas variantes de aroma y consistencia.

Los quesos de reciente fabricación deben mezclarse con quesos viejos, pues solos funden mal y dan un sabor

raro. Desde el punto de vista económico es interesante utilizar en este tipo de fabricación subproductos en la proporción conveniente, tales como leche en polvo descremada y lactosuero, aunque tienen el inconveniente de aportar lactosa, que puede servir de alimento a las bacterias de contaminación.

Para que un queso sea adecuado para fundir se debe considerar el contenido acuoso o el extracto seco, el valor del pH, las propiedades organolépticas y el grado de maduración. El pH del queso debe estar comprendido entre 5.6 a 5.7 con el objeto de mantener la emulsión de la materia grasa dentro de la pasta. A pH superior a 5.7, aumenta la proliferación de microorganismos en el queso durante su conservación, produciendo diversas alteraciones, putrefacción, inchamiento, etc.

El grado de maduración de la materia prima ejerce una influencia particular sobre el proceso de fusión, como se deduce del cuadro sinóptico 1. El contenido relativo de caseína (relación cuantitativa entre las proteínas no disociadas y las totales) pueden expresar dicho grado.

ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA

Los quesos se almacenan agrupados por clases y calidades a temperaturas de 10° a 14° C. El reblandecimiento de la corteza es necesario para una

Cuadro sinóptico 1. Influencia del grado de maduración de la materia prima sobre el proceso de fusión.

Grado de maduración	Ventajas	Inconvenientes
Queso reciente (poco madurado)	Buena dispersión, que facilite la emulsión de la grasa de la manteca y prolongue la vida útil; elevada capacidad de hidratación; buena estabilidad de la emulsión del producto fundido.	El desdoblamiento que requiere un tratamiento inerte y prolongado; la fusión demasiado breve puede dar lugar a una pasta dura y correosa; propensión a que al ser hervido resulte un poco ácido; el producto se pega fácilmente a la envoltura; el pH tiene que ser corregido.
Queso viejo (muy madurado)	Dispersión rápida del aroma pronunciado y persistente.	Producto fundido esponjoso y sin cohesión, de aspecto mate espaguetado; propenso a expulsar grasa; escasa capacidad de hidratación.

fusión homogénea. La superficie de los quesos se limpian

con cepillo y agua caliente. Las partes defectuosas de la corteza se eliminan.

Cuando se descortezan los quesos totalmente y en forma mecánica pueden producirse grandes pérdidas.

SALES FUNDENTES. Sirven para dispersar los componentes durante el proceso de fusión y confieren estabilidad a la emulsión. Así se evita que el queso se disocie en sus componentes principales (proteína, grasa y agua) al calentarse.

Estas sales fijan además el pH del queso de pasta fundida. Si el pH no llega a los valores señalados en el cuadro sinóptico 2, la masa se dispersa con demasiada lentitud resultando un queso frágil y quebradizo de aspecto mate. La superación del pH óptimo hace que la fusión se produzca demasiado rápido, dando lugar a menudo a una masa esponjosa semejante al flan, que es difícil de envasar.

Generalmente se utilizan dos clases de sales fundentes: citratos y fosfatos. La dosis de fundente es variable según se trate de conseguir los llamados quesos fundidos "para cortar" (quesos algo más duros) o los quesos "para untar", cuya consistencia es más blanda y que se consume en forma análoga a la mantequilla. Gratz recomienda como cantidades medias de fundente las de 80

g. de mezcla constituida por 1.1 Kg. de ácido cítrico cristalizado puro, 700 g. de carbonato sódico anhidro y 2.6 Kg. de agua. Esta mezcla de 80 g es la cantidad de fundente necesaria para agregarse a 1 Kg. de queso que se va a fundir.

Los citratos originan un queso firme al corte con una pasta poco inchada.

Los fosfatos tienen un buen poder de dispersión, de tal manera que los procesos de hidratación se desarrollan con relativa rapidez y uniformemente. Originan una pasta homogénea y apta para untarse. Generalmente se emplean mezclas de citratos y fosfatos. La concentración máxima de fundente es del 3%

ADITIVOS. Se pueden utilizar los siguientes productos como aditivos: mantequilla, manteca derretida, nata, lactosa, pasta y crema de suero, suero en polvo, proteínas séricas, especias (pimentón, pimienta, comino, etc.), derivados cárnicos y del pescado (en proporción máxima del 10%), derivados del cacao, azúcar blanca y vino.

La sal común mejora el sabor y el colorante confiere un aspecto agradable al producto.

Con el agua se ajustan los extractos secos exigidos por la norma.

La adición de mantequilla o nata permite ajustar el valor graso.

Los otros aditivos deben dar al queso un sabor típico.

5.2 PROCESO DE ELABORACION DEL QUESO.

Las operaciones que intervienen en la elaboración de quesos de pasta fundida están indicados en el diagrama de flujo 2.

Para su elaboración es necesario seleccionar las materias primas y a la vez realizar una prueba sensorial de las mismas. La prueba sensorial se realiza con la finalidad de mezclar y compensar las buenas cualidades de unos con las deficiencias de otros.

Se eliminan la corteza de los quesos duros o semi blandos y también aquellas partes defectuosas de la fabricación básica.

El tipo de queso utilizado para este trabajo es el cheddar, cuyas características son las siguientes:

Tiempo de maduración = 4 meses aproximadamente

Proteína = 24.5%

Grasa = 29.5%

Humedad = 41%

Cenizas = 4.7%

pH = 5.68.

5.2.1. TROCEADO DE LA MATERIA PRIHA.

Es una operación en la cual el queso o los quesos son partidos en trozos adecuados, examinados y controlados en cuanto a su idoneidad.

El troceado del queso cheddar se efectuó manualmente tratando de obtener cubitos lo más uniforme posible, con la finalidad de que el proceso de fusión se realice homogéneamente.

5.2.2. MACERACION O ABLANDADO DE LA MATERIA PRIHA.

La maceración del queso picado o troceado se realiza en agua a temperatura ambiente por un lapso de tiempo adecuado hasta que la corteza se ablanda, quedando toda la masa en condiciones favorables a la fusión completa de la materia. El agua caliente no se utiliza por cuanto puede producir una extracción de grasa con la consiguiente pérdida del rendimiento y alteración de la calidad del producto.

El tiempo de maceración del queso cheddar es de 20 minutos aproximadamente.

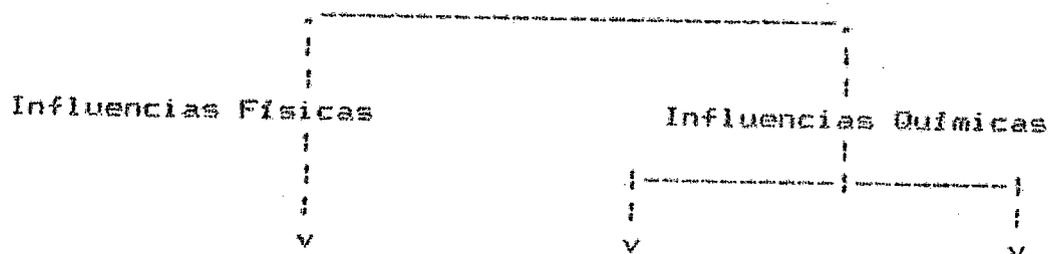
5.2.3 ESCURRIDO

Una vez transcurrido el tiempo de maceración, el queso picado es separado del agua y a la vez colocado sobre una malla para permitir el escurrido del agua adherida al mismo, con la finalidad de evitar que la excesiva humedad sea un factor de proliferación de microorganismos que pueden repercutir en la calidad y conservación del producto terminado.

5.2.4. FUSION.

Este proceso tiene como finalidad proporcionar una consistencia homogénea a la mezcla de materias primas por medio del calor, el tratamiento mecánico y las sales fundentes.

Modificaciones que experimenta la masa del queso durante el proceso de fusión en virtud de las



Temperatura de fusión Influencia del a Sales Fundentes
 Presión (vacío, sobre- gua (imbibición) Intercambio ió-

Tratamiento mecánico
(agitación)

nico
Peptización

PROCESOS FISICO - QUIMICO

El armazón de paracaseinato cálcico originado en la coagulación enzimática y conservado en gran parte en el queso, es parcialmente fragmentado en el picado. Durante la fusión es necesario que este armazón quede fraccionado en partículas dispersables que pueden transformarse en la emulsión estable del queso fundido.

El calor y la agitación contribuyen a este fraccionamiento.

El calor contrae la caseína, lo cual origina desprendimiento de grasa y agua. Pero las sales fundentes interrumpen esta separación de fases, ejercen una acción proteolítica y peptizante (reconversión de un gel en una solución coloidal, un sol). La peptización relaja la estructura del paracaseinato cálcico hasta tal punto que las sales fundentes admiten iones de calcio y ceden iones de sodio. Estos se incorporan al paracaseinato, de modo que el intercambio iónico origina paracaseinato sódico disociado más intensamente. El cambio de carga que lleva consigo este proceso reduce la tensión superficial e intensifica la formación de capas hidratadas sobre la superficie de las partículas

coloidales.

El paracaseinato sódico peptizado, junto con los iones de las sales fundentes y los aminoácidos liberados durante la maduración y la fusión, es capaz de conservar la grasa en emulsión o de volverla a emulsionar.

Una vez que las partículas de paracaseinato sódico han sido dispersadas y peptizadas en el curso del proceso de fusión, comienza una imbibición de la masa fundida. Como la imbibición es un proceso exotérmico, su efecto tiene valor principalmente durante la refrigeración del producto.

La imbibición óptima es importante para que el producto elaborado goce de la debida consistencia y de aptitud para untarse, así como para que la estructura de la pasta sea homogénea y lisa.

La transformación de la pasta tenaz y elástica de un queso crudo en la estructura pastosa del producto apto para untarse se denomina "conversión en crema". Este proceso se desarrolla tanto durante la dispersión como después de ella y es la consecuencia de la hidratación de la estructura interna de la masa proteica dividida, por parte de las sales fundentes. Las partículas proteicas se disocian cada vez más originándose la estructura pastosa de referencia. La velocidad de la conversión en crema depende de las

sales fundentes y del grado de maduración o de la textura de la materia prima. El proceso de fusión se verifica solamente a las temperaturas de fusión. Queda interrumpido por tanto al terminar el calentamiento o por la refrigeración.

TECNOLOGIA DE LA FUSION.

Las materias primas previamente tratadas son transportadas a la máquina fundidora. Esta es de acero inoxidable y cuerpo calentable.

El proceso de fusión termina en cuanto la masa adquiere homogeneidad y una suavidad uniforme.

Cuando se trata de quesos fundidos de consistencia firme, la masa terminada debe colgar en largas tiras del mecanismo agitador, un poco desgarradas si aquella corresponde a un queso para untarse.

En el cuadro sinóptico 2 están resumidos los factores tecnológicos más importantes que intervienen en el proceso de fusión. Según la naturaleza de las materias primas y la calidad que deba tener el queso fundido, se observarán las siguientes reglas tecnológicas:

Queso fundido ----> Tratamiento cuidadoso en la caldera
 de consistencia de fusión.
 firme Temperaturas moderadamente altas.
 Tiempos de fusión breves.
 Agitación lenta.
 Sales fundentes que no favorezcan la
 conversión en crema.
 Materias primas de fabricación
 reciente y de dispersión lenta.
 Producto prefundido escaso o nulo.

Queso fundido ----> Tratamiento energético en la caldera
 apto para untarse de fusión.
 Temperaturas de fusión altas.
 Tiempos de fusión largos.
 Agitación rápida.
 Sales fundentes muy disgregables y
 dispersables.
 Grandes cantidades de producto
 prefundido. Materias primas semima-
 duradas o viejas.
 Cantidad de agua añadida en dos o
 tres proporciones.

Cuadro sinóptico 2. Factores tecnológicos del proceso de
 fusión.

Factor	Magnitud	Observaciones
Temperatura de fusión	85-95 °C (condiciones normales y al vacío) 105-120 °C (bajo presión)	Temperaturas a 90 °C en quesos que contienen lactosa abundante para evitar reacciones de caramelización. Materias primas muy dispersables (quesos pasta blanda, crincheados, viejos, de consistencia firme); temperaturas de 85°C.
Duración de la fusión	4-5 min. (quesos con consistencia firme al corte) 2-3 min. (quesos aptos para untarse)	El punto crítico de separación de la grasa (85 °C) debe alcanzarse con rapidez.
Revoluciones agitador ph	60 - 140 rpm 5,4 - 5,6 5,6 - 5,7	Generalmente, 3 velocidades. Queso de pasta firme al corte queso apto para untarse
Vacío de la fundidora	250 - 450 torres	La fusión se efectúa moderadamente. Existe peligro de sustrair sustancias aromáticas.



La mezcla de fundente utilizado para la elaboración del queso de pasta fundida tiene la siguiente composición:

Acido Cítrico	= 40 g.
Carbonato sódico anhidro	= 24 g.
Agua	= 94 ml.

Esta mezcla se preparó para 2 Kg. de materia prima. La fusión de la pasta se realizó por inyección de vapor en la cámara, determinándose los siguientes parámetros:

Temperatura de fusión	= 66 °C
Tiempo de fusión	= 10 min.
Vacio en la cámara de cocción	= -0.4 Kg/cm ²

5.2.5 MOLDEADO Y ENFRIADO

La pasta fluida conseguida en el proceso anterior se moldea y se enfría para endurecer. En esta etapa la pasta que fue recogida en un recipiente de plástico se mantuvo a temperatura ambiente por 30 minutos y luego fue colocada en la cámara de frío, para después dividir en porciones de 100 g.

5.2.6 ENPAQUETADO

Para el empaquetado del queso se utilizó papel

aluminio, el cual fue limpiado cuidadosamente y luego colocado en una estufa a 60 °C por un tiempo de 2 horas. El queso debe envolverse para que pueda ser transportado y para protegerlo de las influencias externas (polvo, suciedad, oscilaciones térmicas).

El empaquetado debe ser correcto desde el punto de vista higiénico, no influirá sobre el sabor y el olor del producto y éste no deteriorará la envoltura.

5.3 ANALISIS DEL PRODUCTO TERMINADO

El análisis del producto terminado se lo ha realizado con la finalidad de determinar los porcentajes de humedad, proteína, grasa y cenizas; y, cuyos datos pueden tomarse como referencia en la elaboración posterior de productos similares.

5.3.1 DETERMINACION DE HUMEDAD

Poner en una cápsula cerca de 20 g. de arena o perlas de vidrio y una pequeña varilla de vidrio y pesar; debe ser previamente secado hasta peso constante a una temperatura de 105 °C.

Poner en la cápsula cerca de 3 g. de muestra finamente triturada y pesada.

Mezclar la muestra con la arena y secar en la

estufa a 105 °C por 4 horas.

Enfriar en un desecador y pesar.

Repetir el secado, enfriado y pesado, hasta tener peso constante, dejando en la estufa al menos media hora.

Resultados:

m1 = 79.37017 g

m2 = 77.92123 g

m3 = 3.00017 g

$$\begin{aligned} & \frac{(m1 - m2) 100}{m3} \\ \% \text{ humedad} &= \frac{79.37017 - 77.92123}{3.00017} \times 100 \\ \% \text{ humedad} &= 48.2 \end{aligned}$$

5.3.2. DETERMINACION DE PROTEINA.

Mezcle 22.13 g de producto con 22 ml de hidróxido de sodio al 2% en un mezclador por 3 minutos o hasta que esté homogéneo. Para queso duro, mezcle con solución bien caliente.

Añada una gota de alcohol octílico, luego mezcle

por 2 segundos. Pese 4.616 g de muestra preparada en un tubo reactor. Añada 40 ml de reactivo concentrado colorante y agite por espacio de 15 segundos.

Programa el computador de color para el queso con las constantes $K_1 = -0.23$ y $K_2 = 1.70$. Después que los valores K_1 y K_2 son fijados presione el switch de 0-100 proteína para leer directamente el porcentaje de proteína en la mirilla.

Resultado:

% proteína = 22%

5.3.3. DETERMINACION DE GRASA.

Pesar 3 g de queso, previamente eliminado la costra y finamente triturado, en el propio vasito de vidrio y colocar en el butirómetro Van Gulik.

Adicionar por la parte superior ácido sulfúrico (densidad 1.50 - 1.53) hasta que cubra la muestra y poner en baño maría a 70° C hasta que se disuelva toda la muestra, la misma que se logra en 30 a 60 minutos según el tipo. Tener presente que durante toda esta operación debe agitarse de vez en cuando para permitir una mejor disolución del queso.

Añadir 1 ml de alcohol amílico, el mismo que debe caer sobre la mezcla ácida y no sobre la grasa y ácido

hasta que ocupe las 4/5 partes de la escala graduada. Volver al baño maría por 5 minutos y centrifugar a 1200 rpm., de 5 a 10 minutos. Colocar nuevamente en baño maría a 65° C para la lectura.

El porcentaje de grasa del queso viene siempre referido sobre la sustancia seca, el cual se calcula así:

$$\% \text{grasa/s.s} = \frac{\% \text{grasa} \times 100}{100 - \% \text{ humedad}}$$

Resultados:

% grasa = 25.6 g
 % humedad = 48
 % grasa/s.s = 49.23

5.3.4. DETERMINACION DE SALES (CENIZAS)

La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.

Calentar el crisol de porcelana vacío en la mufia ajustada a 550 °C durante 30 minutos. Enfriar en el desecador y pesar con aproximación a 0.1 mg. Transferir al crisol y pesar, con aproximación a 0,1 mg una cantidad equivalente a 2-5 g de muestra bien homogenizada. Colocar el crisol con su contenido sobre

una plancha caliente hasta incineración sin que se formen llamas. Una combustión demasiado activa puede ocasionar pérdidas de cenizas o conducir a que se fundan y formen inclusiones de carbono que no se incineren.

Introducir el crisol en la mufla a 550 °C hasta obtener cenizas de un color blanco o grisáceo. Sacar de la mufla el crisol con la muestra, se deja enfriar en el desecador y pesar tan pronto haya alcanzado la temperatura ambiente.

Resultados:

$$m = 9.72849 \text{ g}$$

$$M1 = 12.2807 \text{ g}$$

$$M2 = 9.83552 \text{ g}$$

$$M2 - m$$

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{\quad}{M1 - m} \times 100$$

$$M1 - m$$

$$9.83552 - 9.72849$$

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{\quad}{12.2807 - 9.72849} \times 100$$

$$12.2807 - 9.72849$$

$$\% \text{ Cenizas} = 4.19$$

5.4. RENDIMIENTO.

Para calcular el rendimiento del queso en pasta

fundida se consideró la cantidad de materia prima y la mezcla de fundente utilizado. Después del proceso tecnológico para obtener queso de pasta fundida se determinó un peso de 2192g. Este aumento de peso se debe a la absorción de agua por parte de la pasta durante el proceso de maceración la cual es imbibida por la pasta en el curso de la fusión.

El rendimiento se calculó de la siguiente forma:

Cantidad de materia prima = 2000 g

Cantidad de fundente = 160 g

2160 g ----- 100 %

2192 g ----- x.

x = 101.4 %

Rendimiento = 101.4 %

C A P I T U L O VI

COSTOS DE FABRICACION DEL PRODUCTO

6.1 GASTOS DE MATERIA PRIMA

Nombre	Cant.g.	Precio Unit.	Precio Total
Queso cheddar	2000	s/. 0.5	s/.1000

6.2 GASTOS EN ADITIVOS

Nombre	Cant.g.	Precio Unit.	Precio Total
Acido Cítrico	40	s/ 1.41	s/. 56.4
Carbonato Sódico	25	1.14	28.5
Total			s/. 84.9

6.3 GASTOS EN MAQUINARIA Y MANO DE OBRA

Nombre	Cant.h.	Precio Unit.	Precio Total
Maquinaria	0.5	s/. 0.85	s/. 0.425
Mano de obra	3	62.5	187.5
Total			s/. 187.925

6.4 OTROS GASTOS DE FABRICACION.

Como otros gastos de fabricación están considerados el combustible, electricidad, papel para envoltura, agua y detergente; que sumados dan un total de S/. 79,00

6.5 COSTO TOTAL

Nombre	Gastos
Materia prima	1000
Aditivos	84.9
Maquinaria y mano de obra	187.9
Otros	79
Total ..s/ 1351.8	

Del costo hemos deducido el costo unitario referido a 1 gramo de producto, en base a la cantidad obtenida del mismo.

$$\begin{aligned} & \text{Costo total} \\ \text{Costo unitario} &= \frac{\text{Costo total}}{\text{Cantidad}} \\ &= \frac{1351.8}{2192} \\ \text{Costo unitario} &= 0.61 \text{ (sucres/gramo)}. \end{aligned}$$

C A P I T U L O V I I

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al concluir el presente trabajo no solamente queremos interpretarlo como un requisito dentro de la carrera, sino enfocarlo de una manera crítica a la actual situación en la que la universidad desarrolla sus actividades, dado que ella no constituye ente aparte del convivir social del país, por cuanto los problemas se reflejan en cierta forma en su seno.

La consecución de los objetivos planteados nos deja la satisfacción del deber cumplido por dos razones:

1. Porque el diseño y construcción de la máquina para elaborar queso de pasta fundida se realizó en base al cronograma de actividades elaborado para el efecto, ejecutando cada una de las actividades como el diseño, elaboración de planos, construcción de los elementos y su control de calidad, montaje y pruebas de funcionamiento. Así mismo se procedió a la elaboración del producto en la máquina, en base a los ensayos de laboratorio y a las pruebas realizadas en la misma, lo cual nos dió como resultado queso fundido firme al corte, de características similares al elaborado en el país.

2. Por cuanto es un trabajo eminentemente práctico en el cual se encuentra el proceso tecnológico para la elaboración de este tipo de quesos, teniendo uso en la recuperación de quesos que han sufrido deterioro durante el proceso de maduración o que tienen un defecto parcial.

Esto constituye un aporte concreto en la preservación de un alimento tan importante como es el queso, lo cual puede tener derivaciones económicas y sociales.

Como recomendaciones de este trabajo anotamos que es necesario mantener una higiene adecuada en el picado, maceración y escurrido de la materia prima; y, darle un tratamiento térmico adecuado a la pasta con la finalidad de obtener un buen producto. Así mismo cuando la envoltura del producto se realice en papel aluminio, éste debe limpiarse cuidadosamente y calentarlo a 60 °C en estufa por un tiempo de 15 a 20 minutos.

También recomendamos que la limpieza del aparato se la realice inmediatamente al vaciado, por cuanto el enfriamiento de la pasta fluida hace que se adhiera firmemente en las paredes del mismo, dificultando su lavado.

Así mismo estamos convencidos en la necesidad de proyectar la Facultad fuera del campus Universitario, como un medio idóneo de profesionalización de los estudiantes y egresados en esta rama, por dos razones:

1. Por cuanto creemos que las actividades académicas no deben limitarse solamente a las aulas universitarias, se hace necesario una labor de extensión universitaria como un aporte a la solución de los graves problemas que agobian a nuestras colectividades.

2. Porque es menester un conocimiento objetivo de los problemas que el país afronta en el aspecto agroindustrial, para el planteamiento de soluciones concretas a los mismos.



APENDICE:

NOMENCLATURA DE LAS FORMULAS UTILIZADAS

dF	=	diferencial de la fuerza F.
θ	=	distantcia angular.
D	=	diámetro
DTij	=	disponibilidad total de tiempo
e	=	espesor
Eij	=	exceso de tiempo
h	=	altura del cilindro
H	=	altura del rectángulo
Hi	=	holgura
IRi	=	tiempo de inicio más rápido
L	=	longitud
m	=	masa del crisol vacío
m1	=	peso inicial (cápsula + arena + varilla + muestra)
m2	=	peso final (después de secar la muestra)
m3	=	peso de la muestra
M1	=	peso del crisol con la muestra
M2	=	peso del crisol con cenizas
p	=	presión
R	=	radio
Tij	=	duración de la actividad
TTi	=	terminación más tardía
V	=	volumen
Va	=	volumen de la paleta
Vc	=	volumen del cilindro

- V_e = Volumen de la esfera
- V_f = Volumen del fondo
- V_i = Volumen de la parte inferior
- V_p = Volumen de la pared
- V_s = Volumen de la parte superior
- V_1 = Volumen de la parte vertical
- V_2 = Volumen de la parte horizontal
- G_l = Esfuerzo longitudinal
- G_t = Esfuerzo transversal

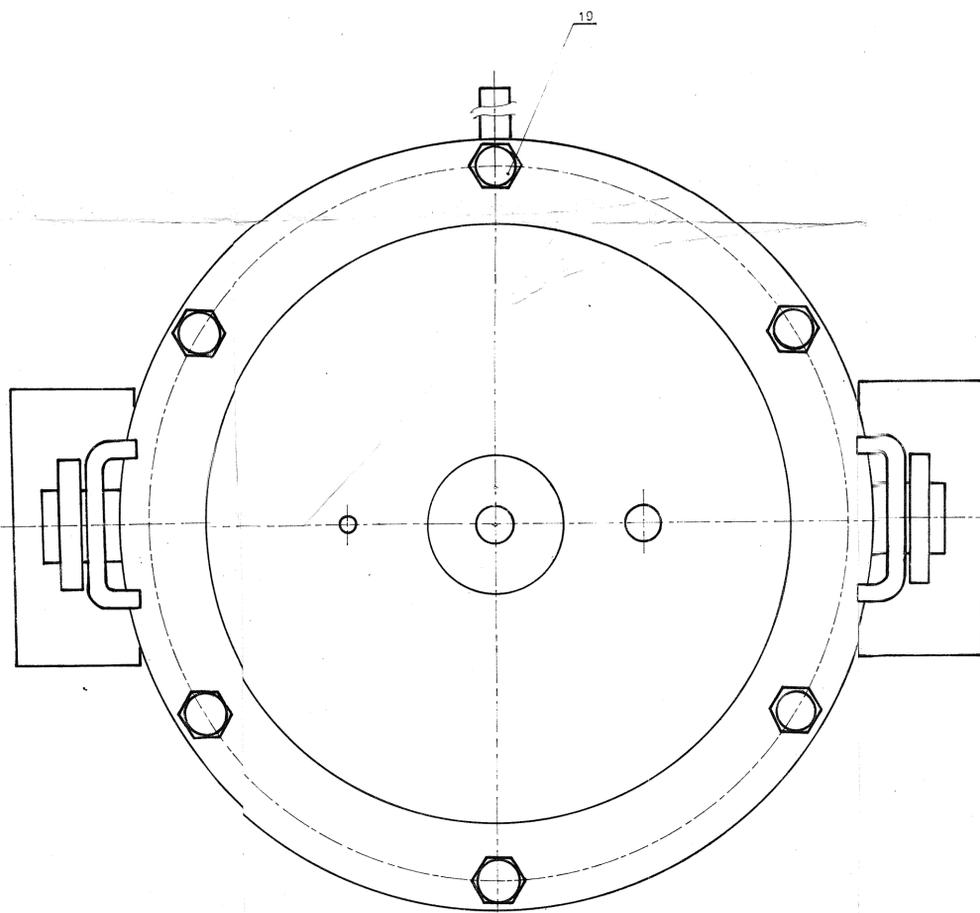
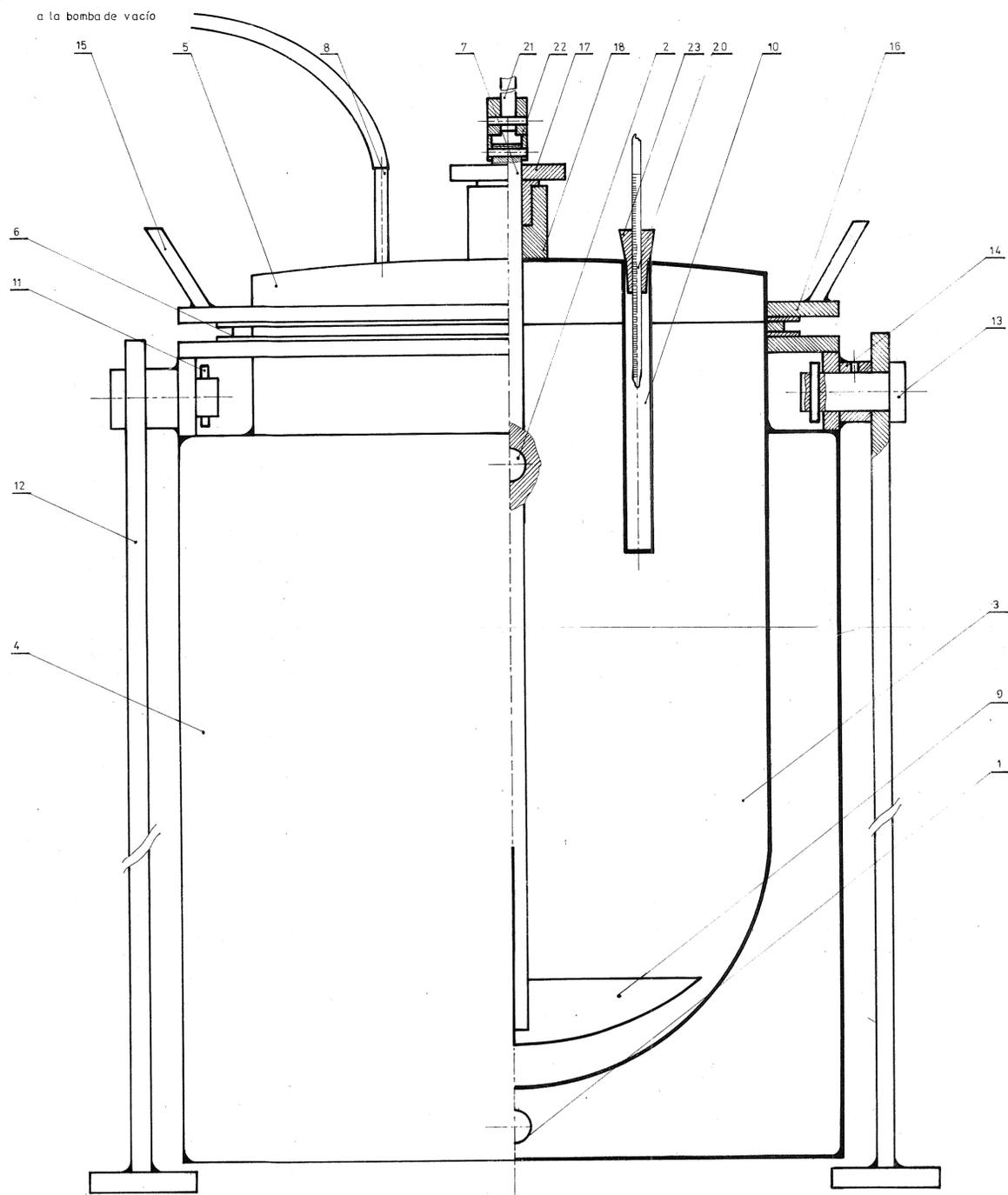
B I B L I O G R A F I A

- AJENJO C., Enciclopedia de la leche. Editorial Espasa Calpe S.A., Madrid, 1956.
- AJENJO C., Industrias lácteas. Editorial Espasa Calpe S.A., Madrid, 1948.
- COMPAIRE FERNANDEZ C., Quesos tecnología y control de calidad. Segunda edición. Publicaciones de Extención Agraria, Madrid, 1976.
- DILANJAN SAVEN CH., Fundamentos de la elaboración del queso. Editorial Acribia-Zaragoza (España), 1976.
- FARRAL ARTHUR W., Ingeniería para la industria lechera. Traducido al español por Jack M. Verrey. Segunda edición. Editorial Herrero S.A., México, 1976.
- HODDSON R.E. y REED O.E., La industria lechera en América. Quinta edición. Editorial Pax-México, 1964.
- MUNOZ JOSE E., La leche y sus derivados. Editorial Casa de la Cultura Ecuatoriana. Quito.
- REVILLA A.R., Tecnología de la leche. Tercera edición. Impreso en México, Abril 1971.
- SINGER FERDINAND, Resistencia de materiales. "Traducido por Gaspar Raimundo y Gutiérrez Angel. Ediciones del Castillo S.A., Madrid, 1971.
- SPREER E., Lactología Industrial. Traducido de la segunda edición alemana. Editorial Acribia-Zaragoza (España), 1972
- VEISEYRE R., Lactología Técnica. Traducción de la segunda edición francesa por los Drs. Gonzales y

Heredia José. Editorial Acribia-Zaragoza (España)
1972.

SHONHERR W., Manual práctico de análisis de leche,
Editorial. Acribia-Zaragoza (España).

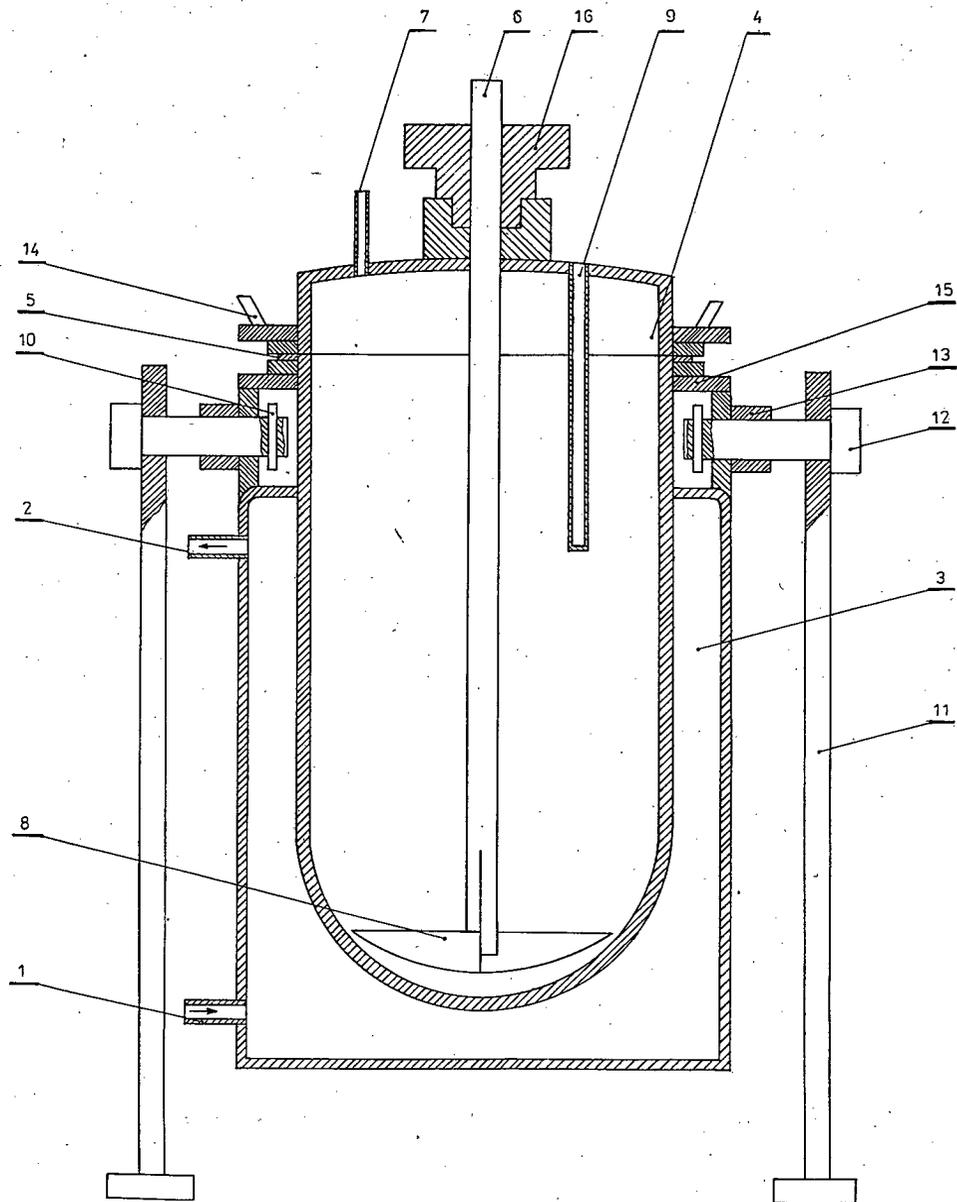
A N E X O S



- 23 Tapón de goma
- 22 Acople del motor
- 21 Eje del motor
- 20 Termómetro
- 19 Perno de sujeción
- 18 Parte inferior de la prensa stopa
- 17 Parte superior de la prensa stopa
- 16 Brida
- 15 Tiradera
- 14 Cajinete
- 13 Eje oscilante
- 12 Soporte
- 11 Pasador
- 10 Tubo para termómetro
- 9 Paleta del agitador
- 8 Tubo para conectar la bomba de vacío
- 7 Eje del agitador
- 6 Empaque
- 5 Tapa
- 4 Olla externa
- 3 Olla interna
- 2 Salida de condensado y purga de vapor
- 1 Entrada de vapor

ESCALA 1:2	CANT. 1	MATERIAL:	ANEXO 2
contiene: planos de la máquina			

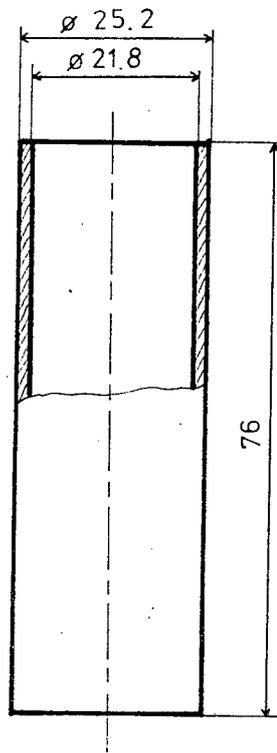




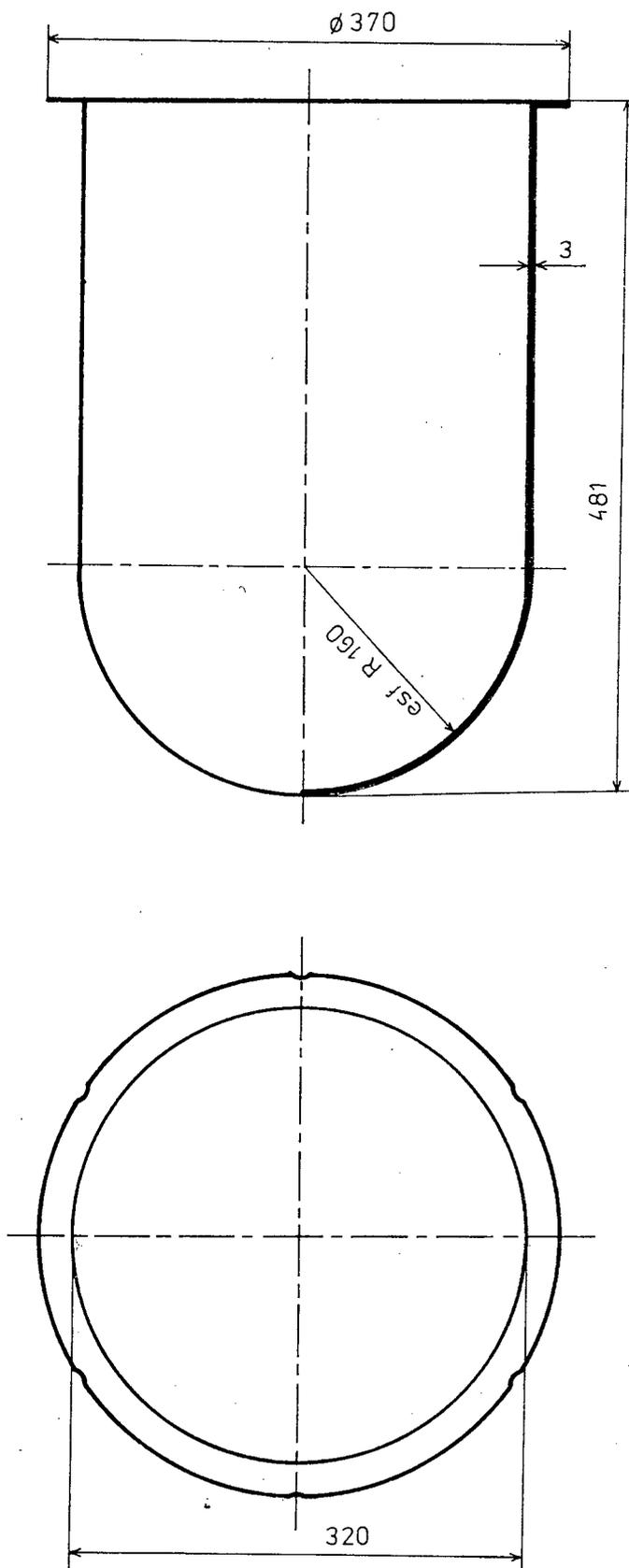
- 16 Prensa stopa
- 15 Brida
- 14 Tiradera
- 13 Cojinete
- 12 Eje oscilante
- 11 Soporte
- 10 Pasador
- 9 Tubo para termómetro
- 8 Paleta del agitador
- 7 Tubo para conectar la bomba de vacío
- 6 Eje del agitador
- 5 Empaque
- 4 Tapa
- 3 Olla de doble camisa
- 2 Salida de condensado y purga de vapor
- 1 Entrada de vapor

ANEXO 1

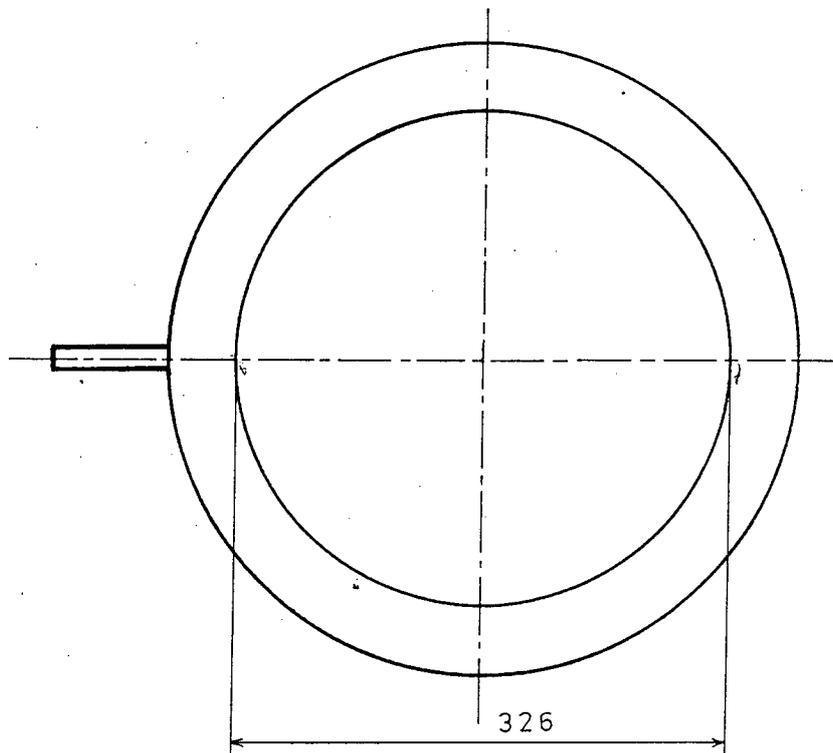
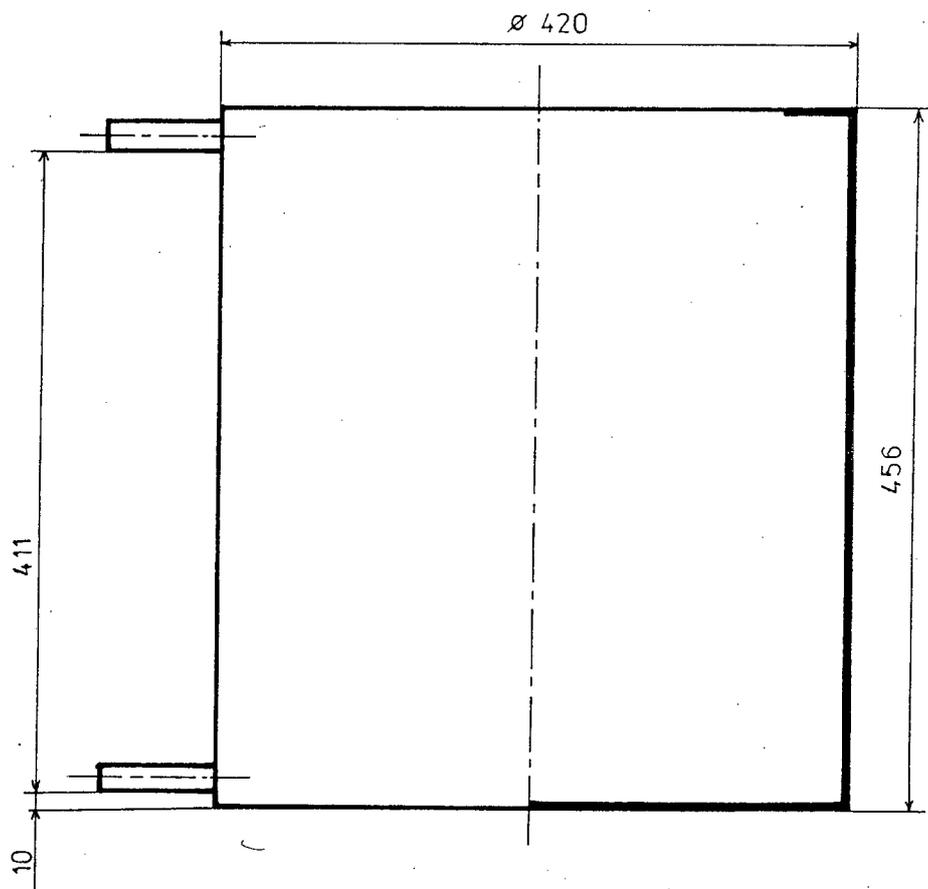
contiene:
esquema de la máquina



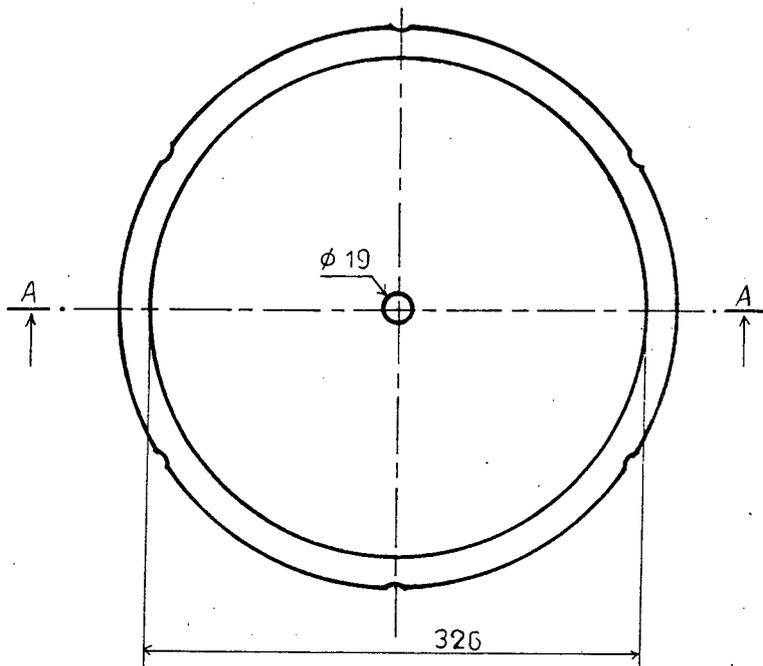
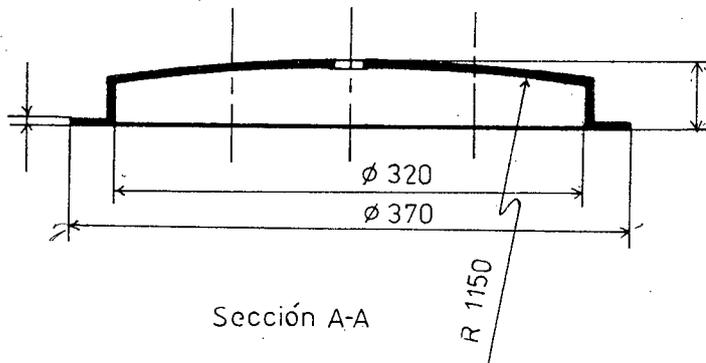
ESCALA: 1	CANT. 2	MATERIAL: acero inox.	UTP FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS
		Volumen: 9538.50	
contiene: entrada y purga de vapor y salida de condensado		DIABUJADO POR:	HOJA: N°
		FECHA:	



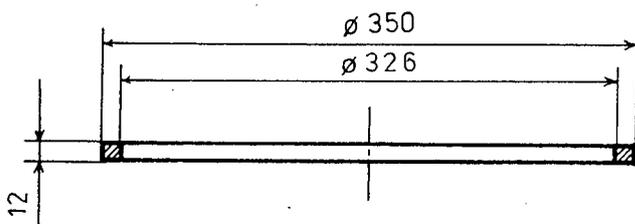
ESCALA:	CANT. 1	MATERIAL: acero inox.		FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS
		Volumen 1187583.1		
contiene: olla interna			DIBUJADO POR:	HOJA-Nº
			FECHA:	



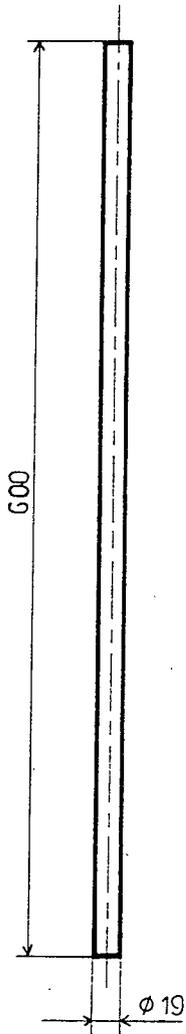
ESCALA: 15	CANT. 1	MATERIAL: acero inox.	
		Volumen: 1588175.1	
contiene: olla externa y tubos de entrada de vapor y salida de condensado			DIBUJADO POR: FECHA:
			HOJA N°



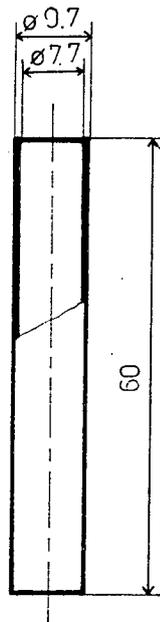
ESCALA: 1:5	CANT. 1	MATERIAL: acero inox.		FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS
		Volumen: 423021.74		
CONTIENE: tapa			DIBUJADO POR:	HOJA: N°
			FECHA:	



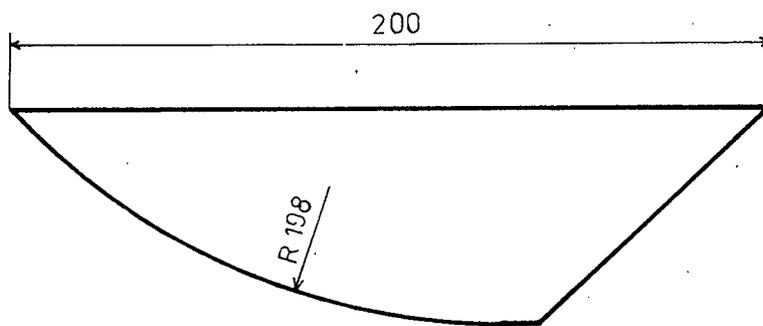
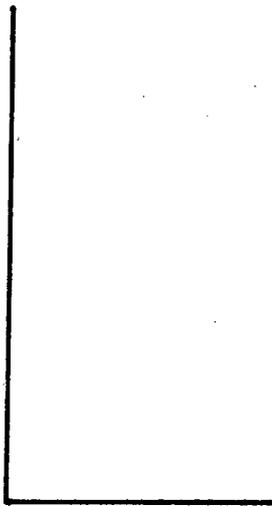
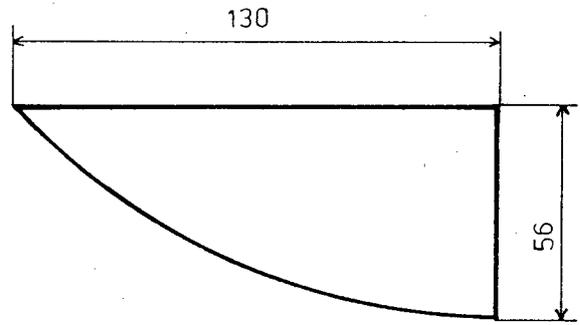
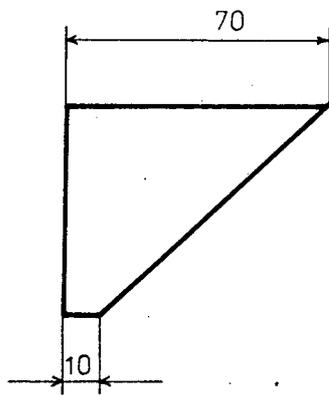
ESCALA: 1:5	CANT. 1	MATERIAL: caucho	FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS
contiene: empaques			
			HOJA-Nº



ESCALA: 1:5	CANT. 1	MATERIAL: acero inox.	 FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS
		Volumen 170117.24	
contiene: eje del agitador		DIBUJADO POR:	HOJA-Nº
		FECHA:	

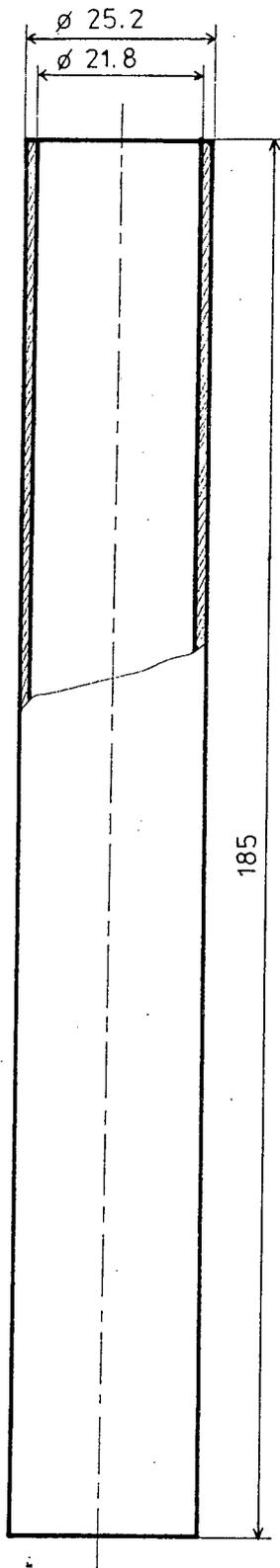


ESCALA: 1	CANT. 1	MATERIAL: acero inox.		HOJA N°
		Volumen 1639.91		
contiene: tubo para conexión de vacío			DIBUJADO POR:	
			FECHA:	

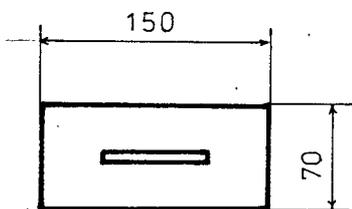
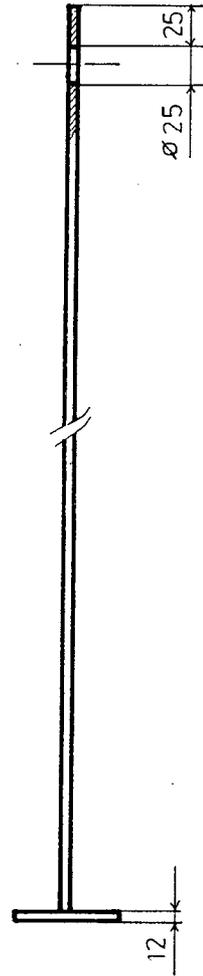
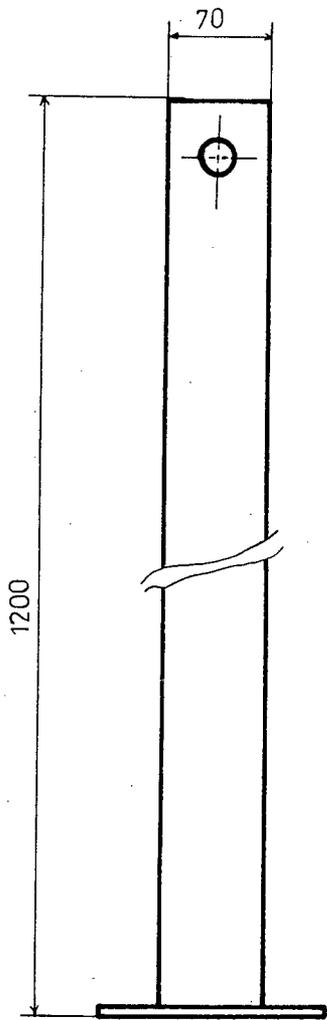


desarrollo del agitador

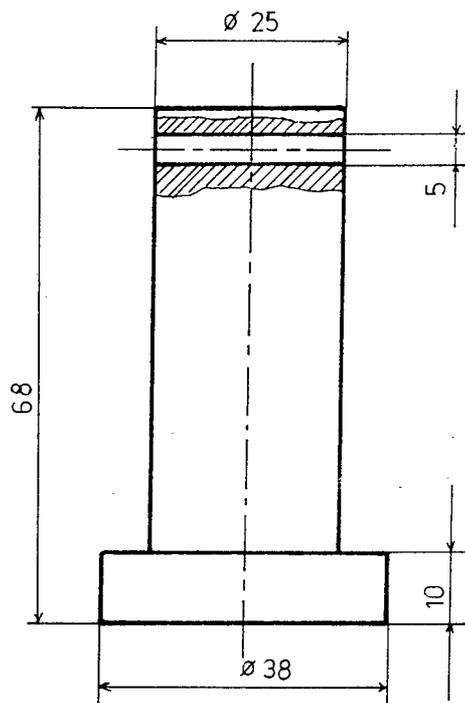
ESCALA: 1:5	CANT. 1	MATERIAL: acero inox.		HOJA: N°
		Volumen 20120		
contiene: agitador			DIBUJADO POR:	
			FECHA:	



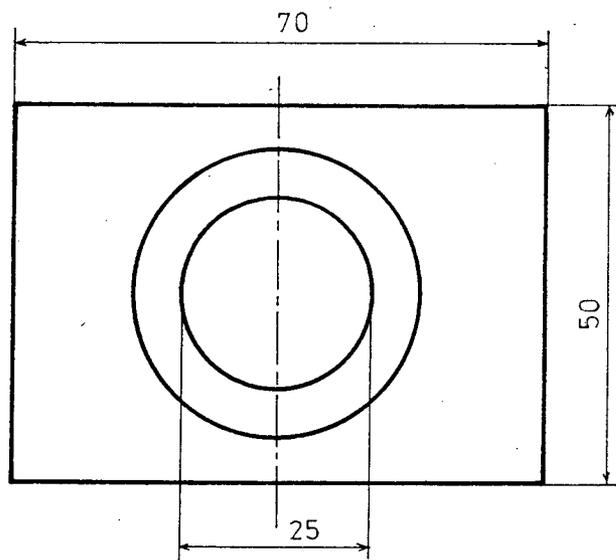
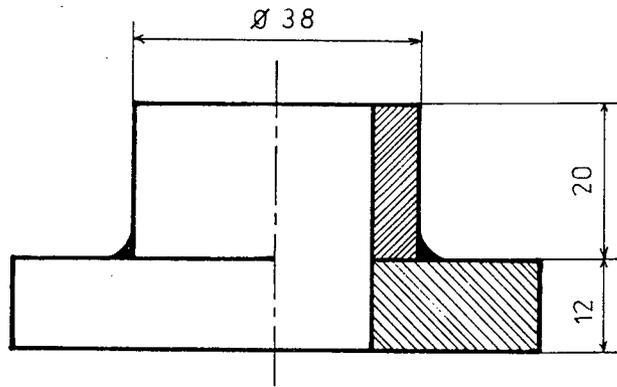
ESCALA: 1	CANT. 1	MATERIAL: acero inox.	 FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS
		Volumen: 23218.72	
contiene: tubo para termómetro		DIBUJADO POR:	HOJA-Nº
		FECHA:	



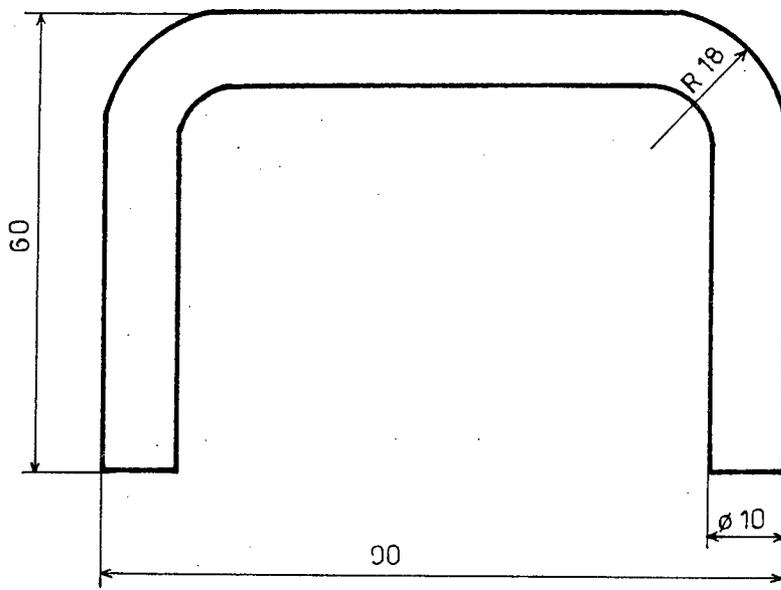
ESCALA:	CANT. 2	MATERIAL: hierro		HOJA: N°
1:				
contiene: soporte			DIBUJADO POR:	
			FECHA:	



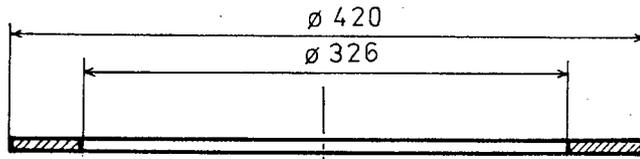
ESCALA: 1	CANT. 2	MATERIAL: acero inox.		FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS
contiene: eje oscilante				DIBUJADO POR: FECHA:



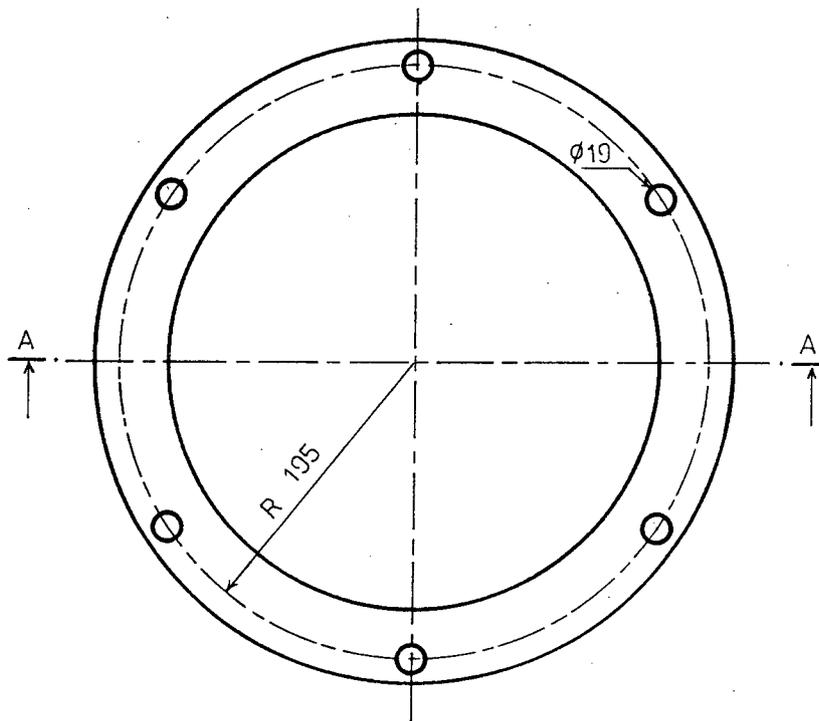
ESCALA: 1	CANT. 2	MATERIAL: acero	 FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS
contiene: cojinete			
			HOJA-Nº



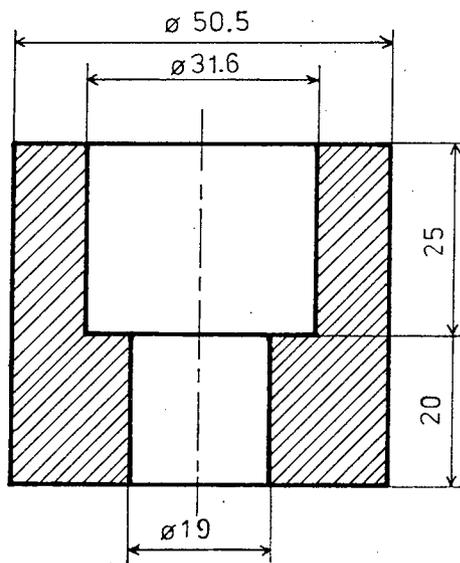
ESCALA: 1	CANT. 2	MATERIAL: acero	TP FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS
contiene: tiradera			
			HOJA-N°



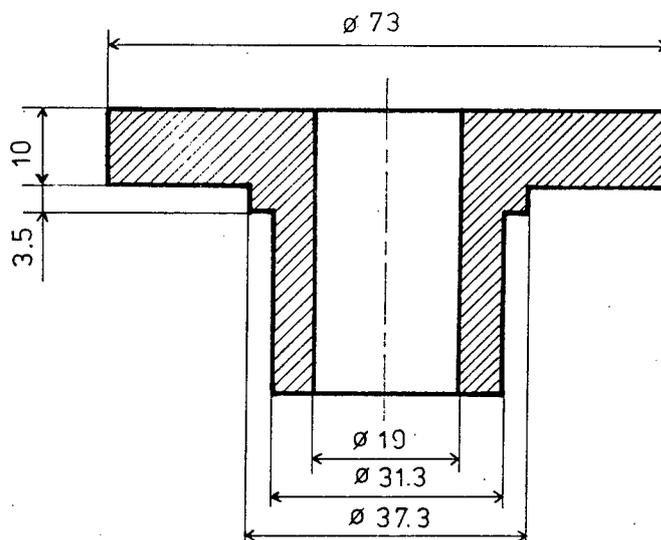
Sección A-A



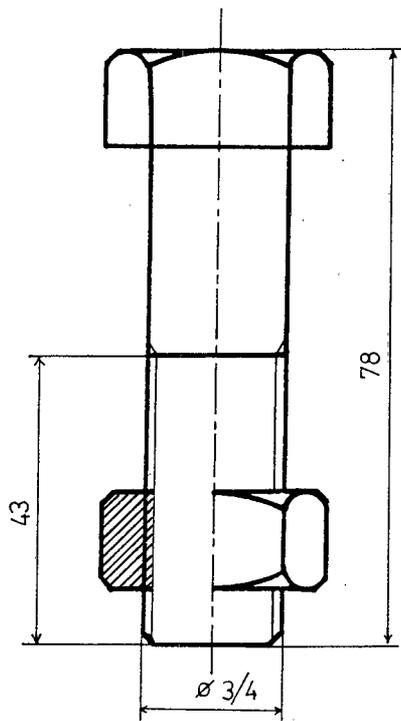
ESCALA: 1:5	CANT. 2	MATERIAL: hierro		HOJA-N°
		Volumen: 550752.65		
contiene: brida			DIBUJADO POR:	
			FECHA:	



ESCALA: 1	CANT. 1	MATERIAL: acero inox.		HOJA N°
		Volumen: 64856.021		
contiene: parte inferior de la prensa stopa			DIBUJADO POR:	
			FECHA:	



ESCALA: 1	CANT. 1	MATERIAL: acero inox.		FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS
		Volumen: 54312.75		
contiene: parte superior de la prensa stopa			DIBUJADO POR:	HOJA-Nº
			FECHA:	



ESCALA: 1:	CANT. 6	MATERIAL: hierro	UP FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS
contiene: perno de sujeción			
			FECHA:

ANEXO 3

Cálculo de los volúmenes y costos de materiales

V_e

$$\text{Olla interna : } V = V_c + \frac{\quad}{2} + V_s$$

$$V_c = \pi (R^2) H$$

$$V_c = 3.1416 [(163)^2 - (160)^2] 315$$

$$V_c = 958929.03 \text{ mm}^3$$

4

$$V_e = \frac{\quad}{3} \pi R^3$$

3

$$V_e = 1.333 \times 3.1416 [(163)^3 - (160)^3]$$

$$V_e = 312996 \text{ mm}^3$$

$$V_s = \pi (R)^2 H$$

$$V_s = 3.1416 \times [(185)^2 - (163)^2] 3$$

$$V_s = 72156.1 \text{ mm}^3$$

$$V = 958929.03 + 156498 + 72156.1$$

$$V = 1187119.9$$

$$\text{Olla externa : } V = V_c + V_s + V_f$$

$$V_c = 3.1416 [(210)^2 - (208)^2] 452$$

$$V_c = 1187119.9$$

$$V_s = 3.1416 [(208)^2 - (163)^2] 12$$

$$V_s = 104897.78 \text{ mm}^3$$

$$V_f = 3.1416 (210)^2 2$$

$$V_f = 270080.47 \text{ mm}^3$$

$$V = 1187119.9 + 104897.78 + 270080.47$$

$$V = 1569098.1 \text{ mm}^3$$

$$\text{Volumen de la tapa : } V = V_s + V_p + V_i$$

$$V_s = 3.1416 (163)^2 \cdot 3$$

$$V_s = 250406.93 \text{ mm}^3$$

$$V_p = 3.1416 [(163)^2 - (160)^2] \cdot 30$$

$$V_p = 91326.098 \text{ mm}^3$$

$$V_i = 3.1416 [(185)^2 - (160)^2] \cdot 3$$

$$V_i = 81298.71 \text{ mm}^3$$

$$V = 250406.93 + 91326.098 + 81298.71$$

$$V = 423021.74 \text{ mm}^3$$

$$\text{Volumen del agitador : } V = V_c + 2V_a$$

$$V_c = 3.1416 (9.5)^2 \cdot 600$$

$$V_c = 170117.24 \text{ mm}^3$$

$$V_a = B \cdot H \cdot e$$

$$V_a = 130 (56) \cdot 4$$

$$V_a = 29120 \text{ mm}^3$$

$$V = 170117.24 + 2(29120)$$

$$V = 228357.24 \text{ mm}^3$$

Volumen de la prensa stopa :

$$V = 119225.22 \text{ mm}^3$$

Volumen de la brida :

$$V = 3.1416 [(210)^2 - (163)^2] 10$$

$$V = 550752.65$$

Volumen del soporte : $V = V1 + V2$

$$V1 = B.H.e$$

$$V1 = 70(1200)12$$

$$V1 = 1008000 \text{ mm}^3$$

$$V2 = 15(70)12$$

$$V2 = 12600 \text{ mm}^3$$

$$V = 1008000 + 12600$$

$$V = 1020600 \text{ mm}^3$$

Volumen de los tubos de entrada y purga de vapor :

$$V = 3.1416 [(12.6)^2 - (10.9)^2] 76$$

$$V = 9538.50 \text{ mm}^3$$

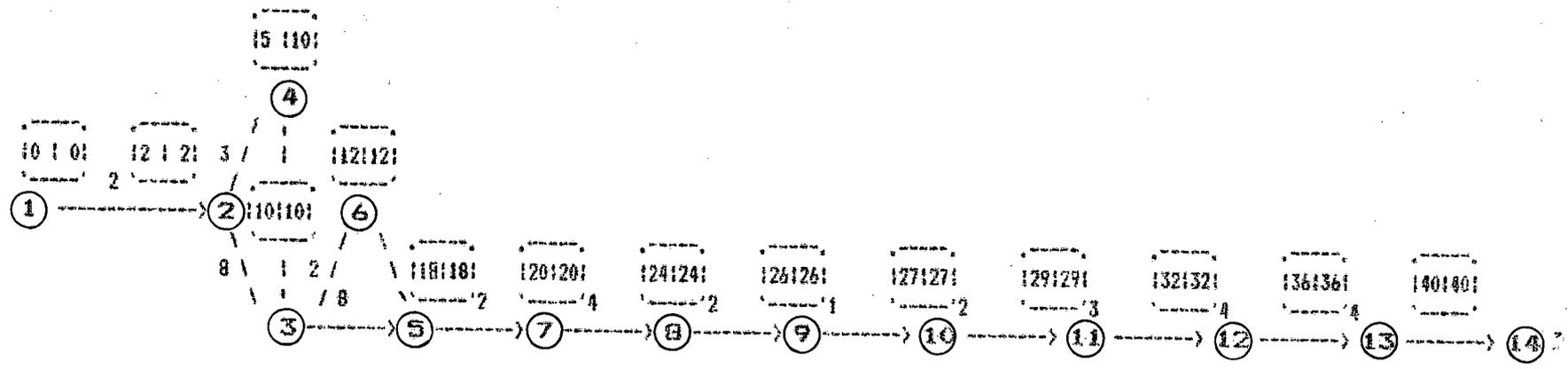
Volumen del tubo para el termómetro :

$$V = 3.1416 [(12.60)^2 - (10.9)^2] 185$$

$$V = 23218.72 \text{ mm}^3$$

Para determinar el costo de los materiales se consideró un valor unitario de 4.2×10^{-3} sucres por mm^3 para el acero inoxidable y 0.5×10^{-3} para el hierro.

ANEXO 4
 RED DE ACTIVIDADES Y CAMINO CRITICO



Resumen de los valores encontrados para la determinación del camino crítico.

Eventos	IRi	TTi	Hi	Actividades	Tij	DTij	Eij
1	0	0	0	A12	2	2	0
2	2	2	0	A23	8	8	0
3	10	10	0	A24	3	8	5
4	5	10	5	A35	8	8	0
5	18	18	0	A36	2	8	6
6	12	18	6	A43	0	5	5
7	20	20	0	A57	2	2	0
8	24	24	0	A65	0	6	6
9	26	26	0	A78	4	4	0
10	27	27	0	A89	2	2	0
11	29	29	0	A910	1	1	0
12	32	32	0	A1011	2	2	0
13	36	36	0	A1112	3	3	0
14	40	40	0	A1213	4	4	0
				A1314	4	4	0

