



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI

INSTALACION OPERACION Y EVALUACION  
DE UN PASTEURIZADOR APV JUNIOR

TESIS PROFESIONAL  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO EN ALIMENTOS

PRESENTAN

*Rebeca Jiménez Herrera*  
*José Juan Padilla Salazar*

SAN LUIS POTOSI, S. L. P. - 1985



259

1

Q 54 012 115  
115 115



1080077102



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI  
ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

INSTALACION OPERACION Y EVALUACION  
DE UN PASTEURIZADOR APV JUNIOR

TESIS PROFESIONAL

*Rebeca Jiménez Herrera*  
*José Juan Padilla Salazar*

SAN LUIS POTOSI, S. L. P. - 1985



T  
S.F.259  
S.S



'' CONSERVAR AUN ENMEDIO DE LAS  
CIRCUNSTANCIAS MAS ADVERSAS,  
UNA CIEGA FE EN EL EXITO FINAL''

AL CREADOR :

QUE NOS GUIO POR EL  
CAMINO DEL ESTUDIO,  
Y NOS DIO FUERZA PARA  
LOGRAR NUESTRA META

A NUESTROS ASESORES:

M.C. ALFREDO J. VILLALBA MORENO

M.C. LUIS ALONSO M. GONZALEZ DE ALBA

A NUESTROS AMIGOS:

M.C. J. FERNANDO TORO VAZQUEZ

I.A. FRANCISCO V. VILLAGRAN IZAGUIRRE  
POR SU INCONDICIONAL AYUDA PARA LA REA-  
LIZACION DE ESTE TRABAJO:

A NUESTROS PROFESORES,  
AMIGOS Y COMPAÑEROS DE  
LA ESCUELA:

QUE FORMARON PARTE DE UNA ETAPA MAS EN NUESTRA VIDA.

" I N S T A L A C I O N   O P E R A C I O N   Y   E V A L U A C I O N  
D E   U N   P A S T E U R I Z A D O R   A P V   J U N I O R "

# I N D I C E

	PAGS.
INTRODUCCION . . . . .	1
I. ESTRUCTURA GENERAL DEL PASTEURIZADOR . . . . .	3
II. INSTALACION . . . . .	8
III. DESCRIPCION DEL PROCESO DE PASTEURIZACION. . . . .	10
IV. ARRANQUE Y PARO DEL SISTEMA . . . . .	13
V. AJUSTES SOBRE LA MARCHA . . . . .	14
VI. MANTENIMIENTO . . . . .	22
VII. MATERIAL Y METODOS . . . . .	25
VII.A. DETERMINACION DE LA EFICIENCIA TERMICA . . . . .	26
VII.B. DETERMINACION DE LA EFICIENCIA MICROBIOLOGICA. . . . .	26
VIII. EFICIENCIA TERMICA DEL EQUIPO . . . . .	29
Cálculos . . . . .	34
Nomenclatura . . . . .	44
Resultados . . . . .	45
Interpretación de resultados . . . . .	46
IX. EFICIENCIA MICROBIOLOGICA DEL PROCESO . . . . .	48
Resultados . . . . .	48
Interpretación de resultados . . . . .	50
CONCLUSIONES . . . . .	51
BIBLIOGRAFIA . . . . .	52

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

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

La leche es uno de los principales alimentos de consumo humano - debido a su alto contenido nutricional, por ello es necesario que se encuentre en condiciones óptimas para su consumo. Para esto se precisa, por muchas razones, el estricto control y dirección efectiva del proceso de pasteurización.

Los fines de la pasteurización son hacer que la leche se encuentre en condiciones adecuadas para el consumo humano destruyendo todas las bacterias que pueden ser peligrosas para la salud y mejorar la ca lidad de la conservación de la leche de forma que no se altere. Estos dos objetivos son bastantes distintos y ligados conjuntamente en la - práctica, ya que los tiempos y temperaturas necesarios para destruir las bacterias patógenas, también son efectivos para los microorganismos que se hallan más activamente relacionados con la deterioración - de la leche.

La pasteurización moderna está proyectada para exponer cada partícula de leche a un definido y cuidadoso control de tiempo y temperatura, y posteriormente para enfriarla inmediatamente a una temperatura suficientemente baja para retardar el crecimiento de las bacterias supervivientes que, sin ser peligrosas para la salud pueden determinar su deterioro; existen muchas combinaciones posibles efectivas de tiempo y temperatura. (6)

La pasteurización lenta ( 63°C durante 30 minutos ) ha sido muy empleada; el tratamiento es suave, da origen a pocas modificaciones ; en particular el sabor y olor permanecen invariables y la separación de la crema no se retrasa. Este procedimiento exige una instalación - voluminosa y puede provocar la multiplicación de las bacterias termófilas; en efecto si no se toman precauciones especiales, la leche así tratada se enriquece en gérmenes a medida que la operación progresa.

Solamente puede tratarse leche con escasa carga bacteriana. Por otro lado, es necesario evitar la formación de espuma que favorece la supervivencia de los gérmenes termoresistentes, la temperatura de la espuma es siempre un poco más baja que la de la leche.

La pasteurización rápida ( 72°C durante 15 segundos ) es la más difundida y ha sustituido a la antigua pasteurización a alta temperatura - en la que la leche se calentaba a 85°C durante un tiempo variable, en aparatos abiertos. La pasteurización rápida, al abrigo del aire no tiene los inconvenientes del procedimiento antiguo, a este tipo de pasteurización se le designa H.T.S.T.

El tratamiento por ultra alta temperatura ( llamado también U.H.T.) permite obtener leche esterilizada sin mayores modificaciones en lo que se refiere a las propiedades bioquímicas y organolépticas. Esta esterilización se obtiene entre los 130-150°C durante 3 segundos. (1)

El presente trabajo esta enfocado a:

- La instalación adecuada de un pasteurizador APV junior, así como la mejor selección de tuberías, conexiones y accesorios del equipo.
- El arranque y los ajustes necesarios del sistema.
- La selección de una técnica satisfactoria para la operación eficiente del pasteurizador.
- El mantenimiento del equipo en buenas condiciones para su mejor funcionamiento.
- La evaluación térmica y microbiológica del equipo, así como del proceso, con el fin de reafirmar los conocimientos del alumno.

Dicho pasteurizador esta diseñado para el método H.T.S.T. y es un - pequeño intercambiador de calor de placas que ofrece las mismas ventajas operacionales de alta transferencia de calor, que las de un equipo similar de mayor capacidad.

Se encuentra localizado en el laboratorio de Ingeniería de Alimentos de la Escuela de Ciencias Químicas de la U.A.S.L.P.

E S T R U C T U R A   G E N E R A L  
D E L   P A S T E U R I Z A D O R

# I. ESTRUCTURA GENERAL DEL PASTEURIZADOR

La estructura general del pasteurizador se muestra en la figura 1 y a continuación la descripción de cada una de sus partes:

## 1. Intercambiador de calor (8,13)

El Intercambiador de calor es del tipo de placas. Se compone de un banco de placas de acero inoxidable aisladas mediante juntas de goma para formar una cámara cerrada entre cada par de placas. Las placas se agrupan en secciones de intercambio de calor regenerativo, calentamiento y enfriamiento. Cada sección aislada se ordena de forma que los líquidos fluyan por una o más placas en paralelo, denominándose un "PASO" al transporte de una placa a otra. La leche fluye siempre a través de cámaras alternas, alternando el medio calentador ó refrigerante con ella y marchando generalmente en dirección opuesta (flujo en contracorriente) con el objeto de aumentar el coeficiente de transferencia de calor.

## 2. Bomba de desplazamiento positivo (8,13)

La bomba de desplazamiento positivo es del tipo rotatorio, con una pareja de lóbulos o rotores enfrentados dentados, dicha bomba es de acero inoxidable. Esta transmite una cantidad determinada de líquido en cada revolución y así la cantidad de líquido impulsado se afecta únicamente por la velocidad de rotación. Cuando lleva cierto tiempo de uso, puede producirse una ligera disminución en la cantidad impulsada y aumentará en correspondencia el tiempo de retención, para compensar esto puede ajustarse la velocidad de la bomba.

### 3. Bomba centrífuga (8,13)

La bomba centrífuga consiste en un impulsor que gira dentro de una caja circular. El agua caliente entra a la bomba cerca del centro del impulsor rotatorio y es llevada hacia arriba por acción centrífuga. La energía cinética del fluido aumenta desde el centro del impulsor hasta los extremos de las aletas impulsoras. Esta carga de velocidad se convierte en carga de presión cuando el fluido sale de la bomba.

### 4. Indicadores de presión (8,13)

Los indicadores de presión utilizados en el pasteurizador son del tipo de Bourdon. En él se localizan tres indicadores, de los cuales, uno se encuentra a la salida de la bomba de la leche para registrar la presión de la misma; otro se encuentra en seguida de la válvula de diafragma para registrar la presión del vapor, el cual es utilizado para el calentamiento del agua que a su vez calienta la leche hasta la temperatura de pasteurización; y el tercero se localiza en la parte posterior del tanque calentador para registrar la presión del mismo.

### 5. Válvula de desviación de flujo ó válvula de divergencia(13)

La válvula de desviación de flujo esta situada al final del tubo de sostenimiento. El funcionamiento de esta válvula se halla gobernado por un instrumento de control que obedece a la temperatura de la leche que deja la sección de retención. Si esta temperatura se halla por debajo de lo establecido el regulador abre la válvula de desviación de flujo, de manera que la leche regresa al tanque alimentador regulador, y como un suplemento de seguridad, esta operación es acompañada por el cierre positivo de la conducción desde la parte externa del tubo de sostenimiento al punto de enfriamiento de la sección de regeneración que es el camino normalmente tomado por la leche si la temperatura del tubo de sostenimiento se halla a la temperatura prescrita o por encima de ella.

6. Tanque regulador alimentador (8,13)

En este tanque se alimenta la leche por medio de gravedad, ya que tiene un flotador para este fin, el material es de acero inoxidable para no afectar la calidad del producto.

7. Válvula de diafragma (4,13)

La temperatura del agua caliente se mantiene mediante la inyección de vapor y la cantidad de él que se inyecta se regula mediante una válvula de diafragma. El controlador registrador de temperatura, regula el suministro de aire a la válvula de diafragma en la conducción de vapor del sistema de agua caliente. Esta provisto de una válvula reductora de presión entre la tubería principal de la caldera de vapor y la válvula de diafragma, para tener la seguridad de que el vapor se halle a la presión normalmente deseada.

8. Termómetros indicadores (13)

En el pasteurizador se localizan tres termómetros indicadores que son del tipo de varilla de mercurio. Uno de ellos se localiza al final del tubo de sostenimiento y su función es indicar la temperatura de pasteurización; otro se localiza en la salida de la sección de enfriamiento y su función es indicar la temperatura de la leche enfriada y lista para embolsarse; y el último se localiza enseguida de la bomba de agua caliente y su función es registrar la temperatura del agua caliente, que es requerida en la sección de calentamiento.

9. Válvula de tres vías (13)

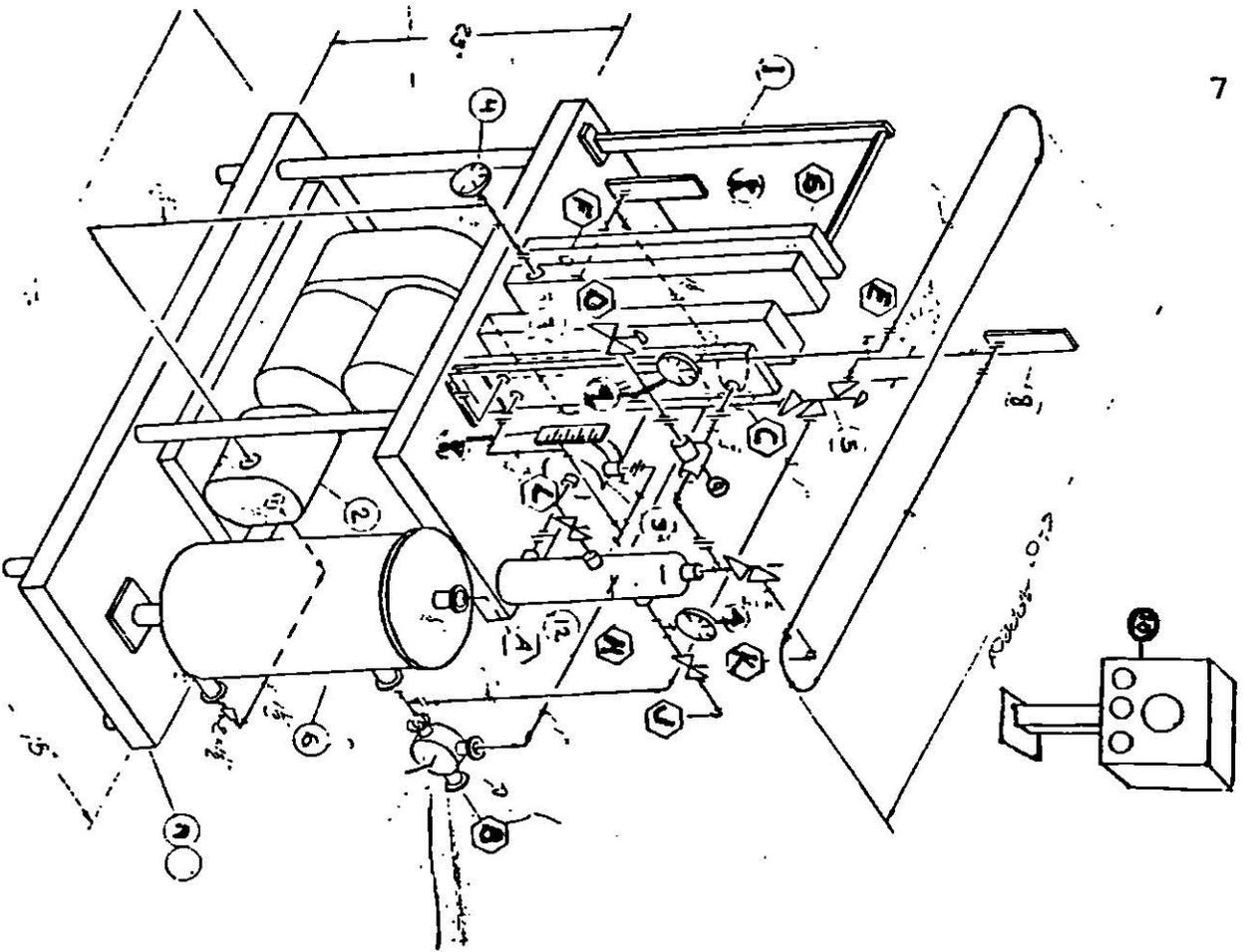
Esta válvula se localiza en la parte posterior del pasteurizador, su función es ayudar al acondicionamiento del pasteurizador, de tal manera que la leche puede ser desviada al drenaje o al tanque regulador alimentador.

10. Controlador registrador de temperatura (9)

Es un instrumento en el cual esta contenido un registro permanente de la temperatura del producto, así como la temperatura del agua caliente, por medio de plumas registradoras; también en él se encuentran los botones de arranque de las bombas alimentadoras de leche y agua caliente, así como también aquí se controla el aire suministrado a las válvulas de diafragma y de desviación de flujo.

11. Calentador de agua (13)

Es un pequeño tanque en el cual se mezcla el agua y el vapor con el fin de calentarla para posteriormente pasar a la sección de calentamiento.



- |                                                |                                            |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| A. Entrada de la leche cruda                   | 1. Intercambiador de calor                 |
| B. Drenaje                                     | 2. Bomba de desplazamiento positivo        |
| C. Desviación del producto pasteurizado        | 3. Bomba centrífuga                        |
| D. Entrada de vapor                            | 4. Indicadores de presión                  |
| E. Bulbo controlador de la leche pasteurizada  | 5. Válvula de divergencia                  |
| F. Entrada del agua fría                       | 6. Tanque regulador alimentador            |
| G. Salida del agua fría                        | 7. Válvula de diafragma                    |
| H. Bulbo controlador del agua de calentamiento | 8. Termómetros indicadores                 |
| J. Válvula de presión de regulación            | 9. Válvula de tres vías                    |
| L. Entrada del agua para su calentamiento      | 10. Controlador registrador de temperatura |
| K. Válvula de seguridad                        | 11. Calentador de agua                     |

FIG. 1 Estructura general del pasteurizador.

I N S T A L A C I O N

## II. I N S T A L A C I O N

Inicialmente para llevarse a cabo la instalación del equipo, este debe ser fijado para evitar vibraciones y movimientos que puedan provocar el desajuste del aparato.

Una vez realizado lo anterior se procede a la instalación de las diversas líneas.

### 1. Línea de aire

Para poder llevarse a cabo esta instalación primeramente se analizan los puntos en donde es requerida.

Así, tenemos líneas de aire:

- Del compresor al controlador de tiempo y temperatura.
- Del controlador de tiempo y temperatura a la válvula de diafragma y válvula de desviación de flujo.

Para la instalación de la línea que va desde el compresor hasta el controlador, se seleccionó tubería de fierro galvanizado de cédula 40 debido a que el aire es seco y no se presenta peligro de corrosión. Para dicha línea se utilizaron 3.30 mt., con un diámetro nominal de 1/2 pulgada y diámetro interno de 1.58 cm., y 8.90 mt, con un diámetro nominal de 3/4 de pulgada, y un diámetro interno de 2.093 cm, requiriéndose además de cuatro codos de 90° y dos "T".

Para las líneas que van del controlador a las válvulas se utilizó tubería de PVC, por la facilidad de uso que presenta y por su economía. La longitud requerida fue de 7 mt, con un diámetro de 1/4 de pulgada para cada válvula.

### 2. Línea de vapor

Para poder instalar esta línea primeramente se deben analizar las diferentes clases de tuberías existentes y ver cual es la más conveniente.

Para la instalación de dicha línea que se localiza desde la toma de vapor hasta la válvula de diafragma, se seleccionó tubería de fierro negro, debido a que el vapor sale a temperaturas y presiones elevadas, y por consiguiente en otra tubería que no fuera la anterior ocasionaría

problemas en dicha línea y además pérdidas económicas.

Para esta línea se utilizaron 3 mt, con un diámetro nominal de 1/2 - pulgada y un diámetro interno de 1.58 cm y 0.17 mt, con un diámetro nominal de 1/4 de pulgada, requiriéndose además de 3 codos de 90°, - una válvula globo y un cople campana.

### 3. Línea de agua

Dentro de esta instalación se prefirió tubería de cobre, debido a que esta tubería es de fácil y rápida instalación. Además de que es más resistente a las incrustaciones que la de fierro galvanizado.

En esta línea se utilizaron 2.80 mt, con un diámetro de 1/2 pulgada requiriéndose además de un cople campana y una tuerca unión.

DESCRIPCION DEL PROCESO  
DE PASTEURIZACION

### III. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN

El trabajo eficiente del pasteurizador depende de cinco factores principales: (14)

- a. El empleo de personal consciente y perfectamente adiestrado.
- b. La limpieza del equipo inmediatamente antes de su puesta en -  
marcha.
- c. La exactitud de los instrumentos.
- d. El suministro adecuado de vapor, agua y servicios complementa-  
rios.
- e. La adopción de una técnica satisfactoria .

El intercambiador de calor del pasteurizador consta de tres secciones; Regeneración, Calentamiento y Enfriamiento. ( Fig. 2 ) (12)

La sucesión de las operaciones es:

1. La leche cruda inicialmente penetra en el tanque regulador alimenta-  
dor aproximadamente a 4°C.
2. De aquí pasa a la bomba de leche y entonces a la sección de regeneración  
en donde se precalienta.
3. En esta sección la leche cruda fría recibe calor de la leche ( en -  
contracorriente ) que ya ha sido calentada y mantenida a la tempera-  
tura máxima del proceso ( 72°C ). Aquí la leche se lleva aproximada-  
mente a 57°C .
4. Después de que ha sido calentada por regeneración pasa entonces a la  
sección de calentamiento, en donde la leche alcanza la temperatura -  
final de 72°C.
5. La leche entra al tubo de sostenimiento donde se mantiene a la tem-  
peratura de pasteurización durante un tiempo de 15 segundos.
6. La válvula de desviación de flujo está situada al final del tubo de  
retención; el funcionamiento de ésta válvula se halla gobernado por -  
el controlador registrador de temperatura de la leche en el tubo de  
sostenimiento.

Si esta temperatura se halla por debajo de la requerida, el regulador abre la válvula de manera que la leche se devuelva al tanque regulador alimentador.

7. La leche a la temperatura correcta es llevada a la sección de regeneración donde calienta a la leche cruda fría y es simultáneamente enfriada a 26°C.
8. La leche parcialmente enfriada pasa a la sección de enfriamiento, opuesta a la de calentamiento, donde se enfria hasta 4°C.
9. El enfriamiento puede ser por agua refrigerada, o bien por propilen-glicol en grado alimenticio, o una combinación de ambos.
10. La leche pasteurizada fría pasa posteriormente a tanques de almacenamiento o se envasa enseguida.

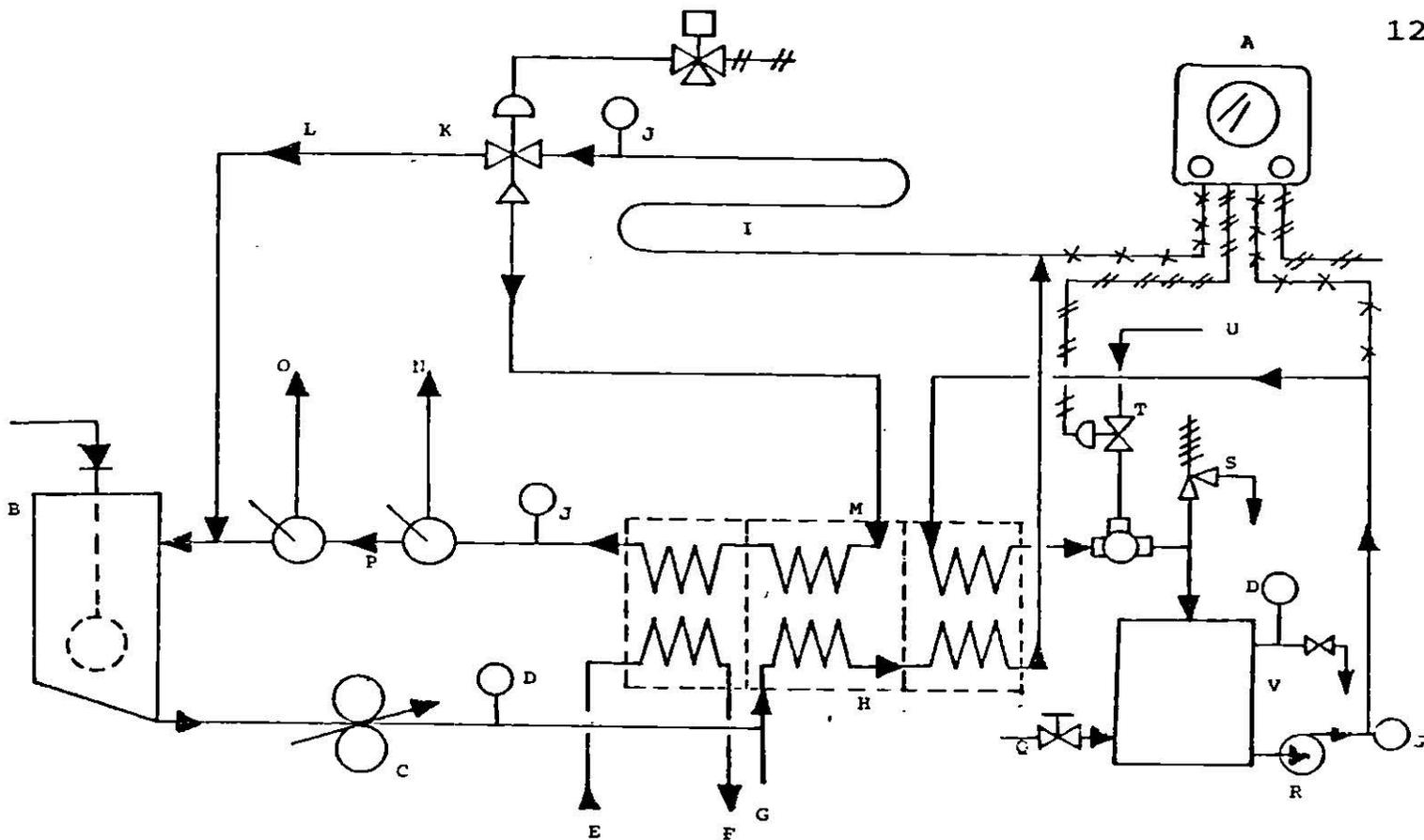


FIG. 2. Diagrama que muestra el proceso de pasteurización.

- |                                                                   |                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| A. Controlador registrador de temperatura                         | L. Línea de retorno para la leche que no ha tenido su temperatura de pasteurización |
| B. Tanque alimentador                                             | M. Entrada de la leche pasteurizada a la sección de regeneración                    |
| C. Bomba rotatoria positiva                                       | N. Salida del producto pasteurizado                                                 |
| D. Indicador de presión                                           | O. Drenaje                                                                          |
| E. Entrada del agua fría                                          | P. Válvula divergente de 3 vías                                                     |
| F. Salida del agua fría                                           | Q. Entrada del agua al calentador                                                   |
| G. Entrada de la leche cruda, a la sección de regeneración        | R. Bomba del agua caliente                                                          |
| H. Entrada de la leche precalentada a la sección de calentamiento | S. Válvula de seguridad                                                             |
| I. Tubo de sostenimiento                                          | T. Válvula de vapor                                                                 |
| J. Indicador de temperatura                                       | U. Entrada de vapor                                                                 |
| K. Válvula de desviación de flujo                                 | V. Calentador de agua                                                               |

A R R A N Q U E   Y   P A R O   D E L   S I S T E M A

#### IV. ARRANQUE Y PARO DEL SISTEMA

##### 1. Arranque (7,14)

El pasteurizador debe hallarse totalmente montado y ajustado para la operación de pasteurización, con las tuberías correspondientes conectadas y los termómetros junto con los termógrafos en su posición. Para el arranque se procede de la siguiente manera:

- a. Colocar el interruptor principal en la posición en "marcha".
- b. Volver a poner en marcha el compresor si es necesario, y dejar -- que se eleve la presión de aire.
- c. Poner en marcha la bomba de agua caliente .
- d. Poner en marcha la bomba de la leche.
- e. Conectar el vapor al agua caliente y ajustar el termógrafo a la temperatura al valor requerido.
- f. Cerrar todas las aberturas de escurrido y purga tan pronto como la -- leche comience a salir por ellos. De esta forma se eliminarán toda -- el agua y el aire.
- g. Cuando vaya a producirse la corriente hacia adelante como mostrará -- el termógrafo, conectar el circuito de agua fría.
- h. Tomar muestras para el exámen de la primera leche a la salida del -- pasteurizador.

##### 2. Paro (14)

Una vez terminada la operación de pasteurización, para poder llevar a cabo el paro del sistema, se procede de la siguiente manera;

- a. Poner en posición "alto" el interruptor de la bomba de la leche.
- b. Cerrar la válvula de vapor que se localiza antes de la válvula de -- diafragma.
- c. Poner en posición "alto" los interruptores de la bomba de agua ca--- liente y de agua fría.
- d. Cerrar la válvula del aire, la cual se encuentra atras del controlador del pasteurizador.

AJUSTES    SOBRE    LA    MARCHA

## V. AJUSTES SOBRE LA MARCHA

Una vez que se ha puesto en marcha el pasteurizador, se checan las temperaturas tanto de la leche como del agua caliente, si estas no tienen la temperatura correcta, a continuación se dan los ajustes necesarios.

### MECANISMO DE LA MANO DERECHA (5)

1. Abrir la cubierta del controlador registrador de temperatura y sacar la carta que esta sujeta por un botón.
2. En la parte inferior de la carta se observa el mecanismo de la mano derecha.
3. Nótese un mango hexagonal J y un tornillo S (Fig.3)

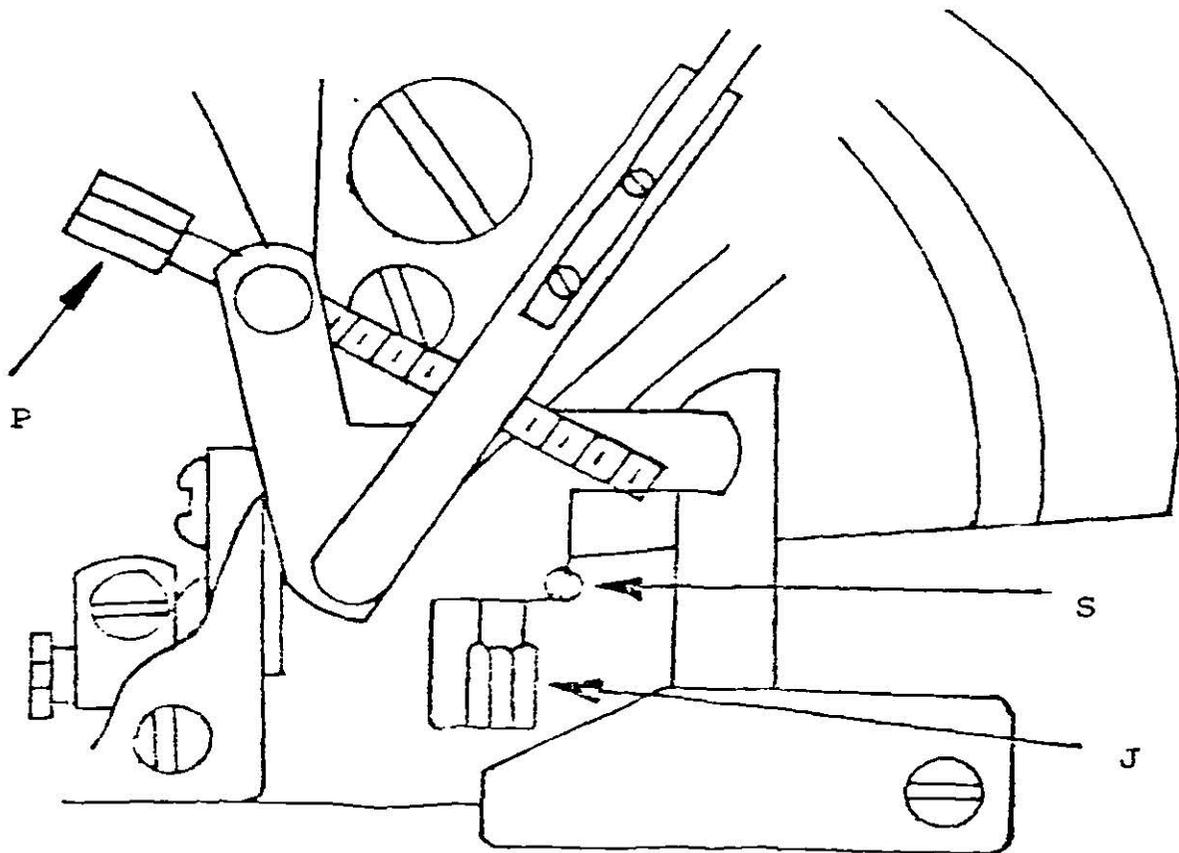


FIG. 3. Esquema que muestra el mecanismo de la mano derecha, en el cual se observan 3 tornillos ( J, P y S ) para regular la temperatura de la leche pasteurizada.

4. Aflojar por completo el tornillo S.
5. Si se encuentra el foco verde encendido, que indica el flujo adelante, lease en el termómetro indicador la temperatura del producto, si esta temperatura se encuentra por debajo de la requerida dar vuelta al mango hexagonal J lentamente en sentido de las manecillas del reloj hasta que el producto sea desviado ( el foco rojo se enciende automáticamente ). En caso contrario, si el producto es desviado - ( el foco rojo encendido ), y la temperatura del termómetro es mas alta que la requerida, entonces girar el mango J en dirección contraria de las manecillas del reloj, hasta que aparesca la luz verde de flujo adelante.

Nota:

No hacer caso de la pluma registradora hasta el final de los ajustes que se hayan hecho.

6. Apretar el tornillo S.
7. Repetir los pasos 4,5 y 6 cuantas veces sea requerido hasta que a la entrada y a la salida se tome la temperatura adecuada. El mango J debe ser ajustado cuantas veces sea necesario.
8. Con la temperatura ya estable checar la lectura de la pluma para verificar si concuerda con la temperatura indicada por el termómetro. Si no, volver a ajustar la pluma con el tornillo P, para que la posición de la pluma concuerde con la indicación del termómetro.
9. Colocar nuevamente la carta, ajustarla y cerrar la cubierta del controlador registrador de temperatura.

#### AJUSTES DE LA PLUMA REGISTRADORA (5)

La pluma registradora debe ser checada diariamente, para verificar que concuerde la temperatura con la lectura del termómetro indicador.

La pluma registradora no debe de marcar temperaturas mas altas que la del termómetro indicador; si la pluma registradora no esta ajustada, proceder como sigue:

1. Abrir la cubierta del controlador registrador de temperatura.
2. Asegurarse de que la temperatura se encuentra estable.
3. Asegurarse de que la pluma registradora se encuentre ajustada por el tornillo P.
4. Usando el dedo índice, girar el tornillo P en dirección de las manecillas del reloj hasta que la posición de la pluma registradora concuerde con la lectura del termómetro indicador.
5. Cerrar la cubierta del controlador.

#### AJUSTES DEL MECANISMO DE LA MANO IZQUIERDA (5)

El mecanismo de la mano izquierda debe ser checado y reajustado a cero, si es necesario, antes de que el instrumento sea puesto en servicio. Checar la temperatura del mecanismo de la mano izquierda en el controlador, permitiendo un tiempo adecuado para su estabilización, y comparando la temperatura indicada con la manecilla negra y la lectura del termómetro indicador.

Nota:

Si la lectura indicada por la manecilla negra del controlador no concuerda con la temperatura del termómetro indicador, reajustar a cero:

1. Abrir la cubierta del controlador registrador de temperatura.
2. Asegurarse de que la temperatura se encuentre estable.
3. Identificar el mango hexagonal J y el tornillo S en el mecanismo de la mano izquierda. ( Fig. 4 )

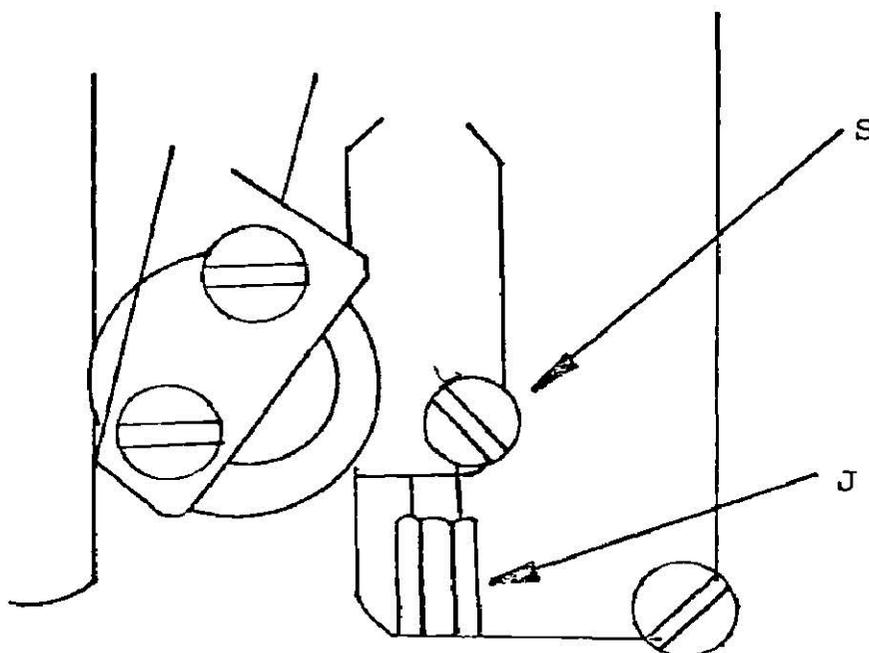


FIG. 4. Esquema que nos muestra el ajuste de la temperatura de pasteurización por medio del tornillo J, siendo S el tornillo sujetador.

4. Aflojar el tornillo S.
5. Usando una llave inglesa, girar en sentido de las manecillas del reloj ( para disminuir la lectura de la manecilla registradora ), o en sentido contrario de las manecillas del reloj ( para aumentar la lectura ), esto se hace según como sea necesario, hasta que la manecilla registradora coincida con la lectura del termómetro indicador de temperatura del agua caliente (  $78^{\circ}\text{C}$  ), apretar el tornillo S.
6. Dejar un tiempo suficiente para que la temperatura se estabilice; checar nuevamente la temperatura. Si es necesario repetir los pasos 4,5 hasta que se ajuste.
7. Cerrar la cubierta del controlador.

Si se necesita un incremento en la presión de aire, girar en la parte saliente o ranura E. (Fig. 5 )

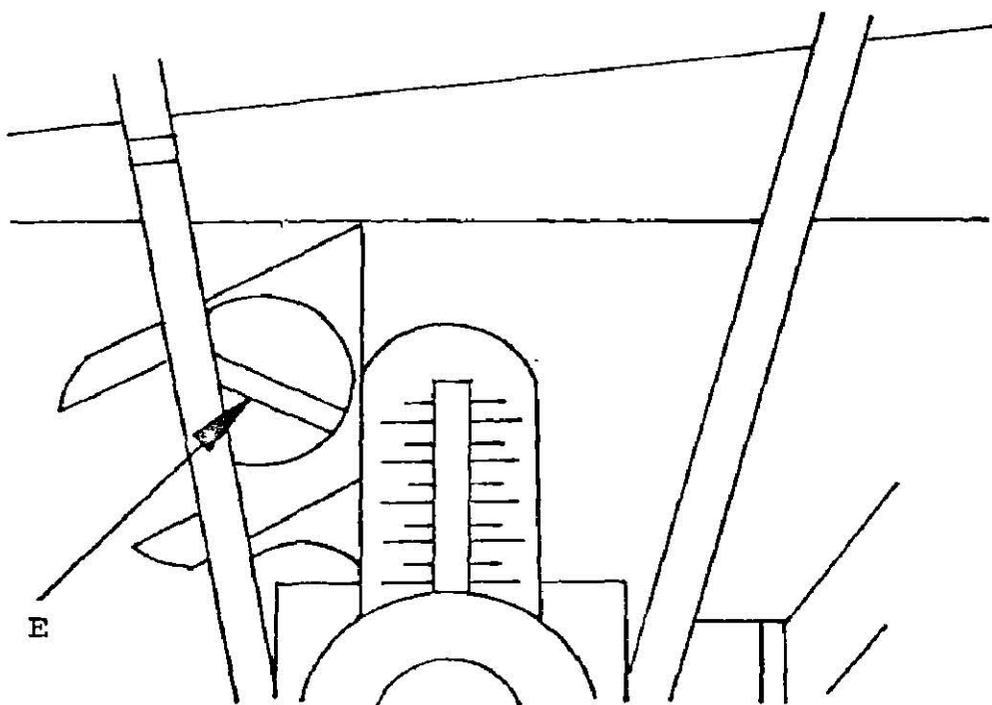


FIG. 5. Esquema que muestra la variación de la presión de aire por medio del tornillo E.

Una vez que se ha girado, aparece una pequeña letra D que es visible sobre un pequeño disco giratorio. En dirección opuesta la letra no es visible.

Después de este cambio, ajustar nuevamente si es necesario.

#### AJUSTE DEL RANGO DE LA TEMPERATURA (5)

El rango de la temperatura - es ajustado por el movimiento de la perilla K a lo largo de la escala vertical. (Fig. 6) El límite del rango se encuentra en la parte alta de la escala. Para ajustar, separar la perilla K ( girar en el sentido contrario de las manecillas del reloj ), deslizar la perilla subiendo o bajando la escala según como se requiera, hasta el rango conveniente ( hasta que la temperatura sea estable ), y apretar la perilla.

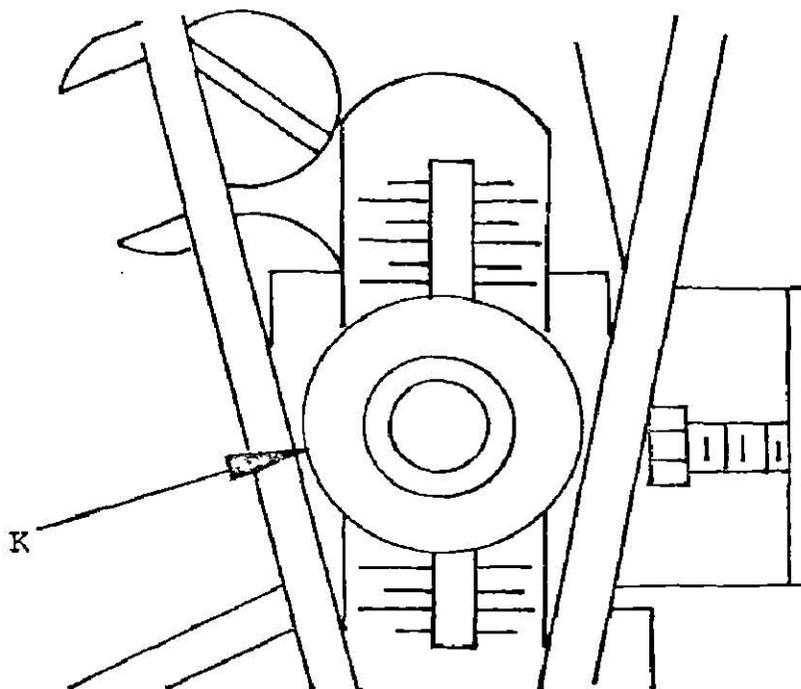


FIG. 6. Esquema que muestra el ajuste de la temperatura optima del agua caliente para la pasteurización de la leche, por medio de la perilla K.

Para el control del mecanismo de la mano izquierda, del sistema de la temperatura del agua caliente y el control neumático de la válvula de diafragma, se debe evitar el error, por esto la manecilla indicadora se fija perfectamente al colocarla.

En la cabeza hexagonal del tornillo M se utiliza para fijar de la mejor manera con el fin de que no se vea afectado por las vibraciones. (Fig. 7).

Si la manecilla negra se encuentra cerca o debajo del punto fijado, sacar ligeramente el tornillo M ( girando en sentido contrario de las manecillas del reloj ). La válvula se restablecerá de esta manera. y será registrado en el controlador. Si la manecilla se encuentra arriba, se gira lentamente el tornillo M en el sentido de las manecillas del reloj. Después de cada ajuste se deja un tiempo adecuado para que la manecilla se estabilice.

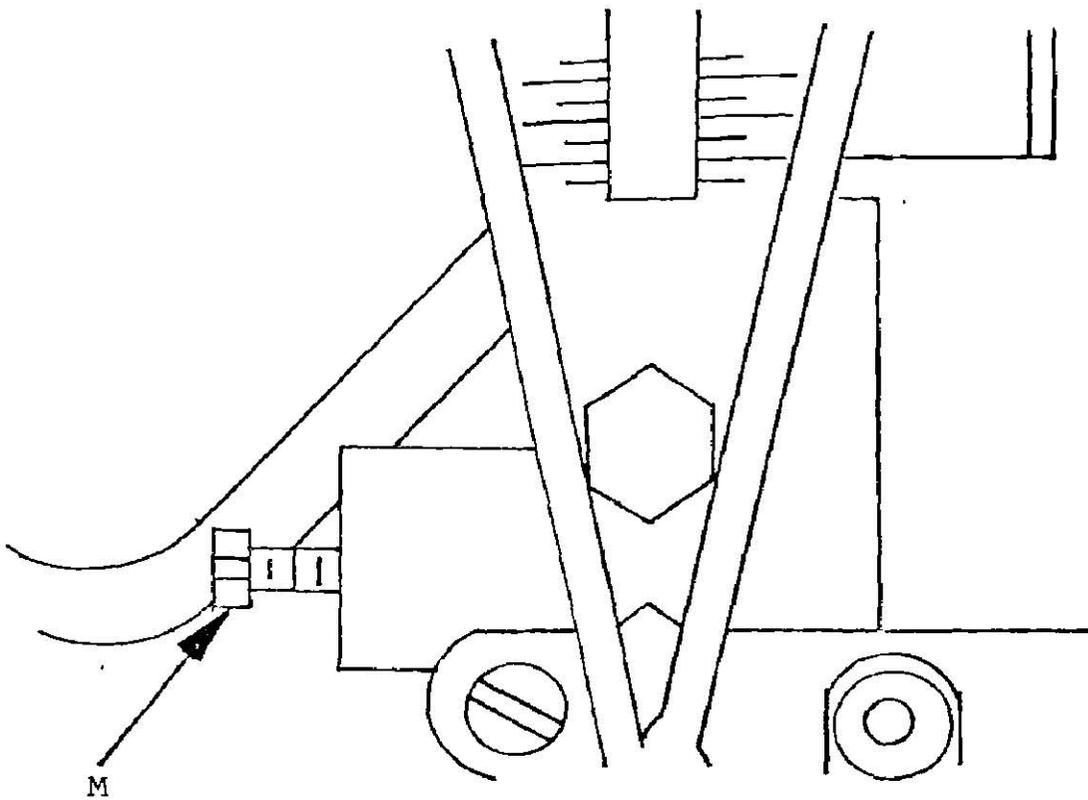


FIG. 7. El tornillo M se utiliza para fijar la manecilla negra de la temperatura del agua caliente y evitar las vibraciones.

#### FIJACION DEL TORNILLO AJUSTADOR

Se requiere del ajuste del freno del tornillo, si el tornillo esta flojo, se debe mover por encima de la manecilla negra ejerciendo una presión de manera que la manecilla se coloque arriba de su posición. Para apretar el freno, ajustar el tornillo U en el sentido de las manecillas del reloj. (Fig. 8)

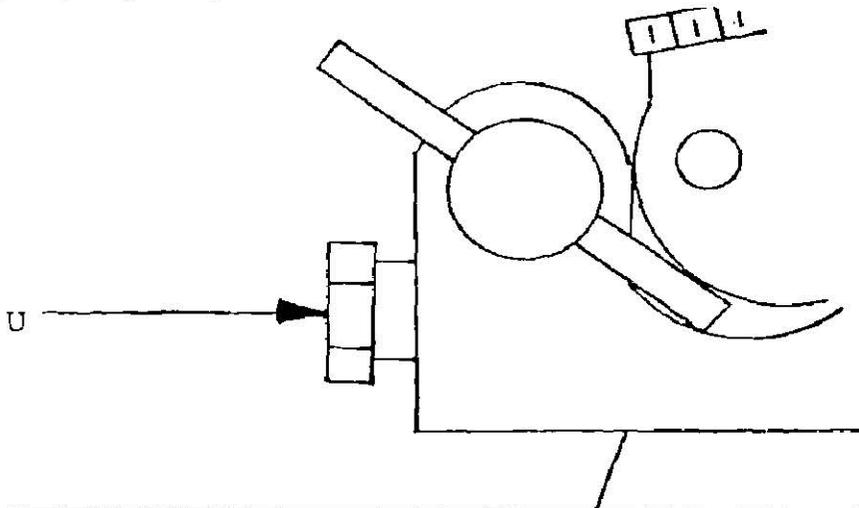


FIG. 8. Una vez que se ajusta la temperatura del agua de calentamiento, apretar el tornillo U para fijar totalmente el mecanismo de la mano izquierda.

## REPOSICION DEL ELEMENTO (5)

Para cambiar el termostato:

1. Remover la montadura del tornillo D ( Fig. 9).
2. Separar el tornillo D y desprender el elemento del tornillo.
3. Instalar de nuevo el elemento, fijar el tornillo D y sellarlo.

## Nota:

Despues del reemplazamiento del elemento las temperaturas deben checarse.

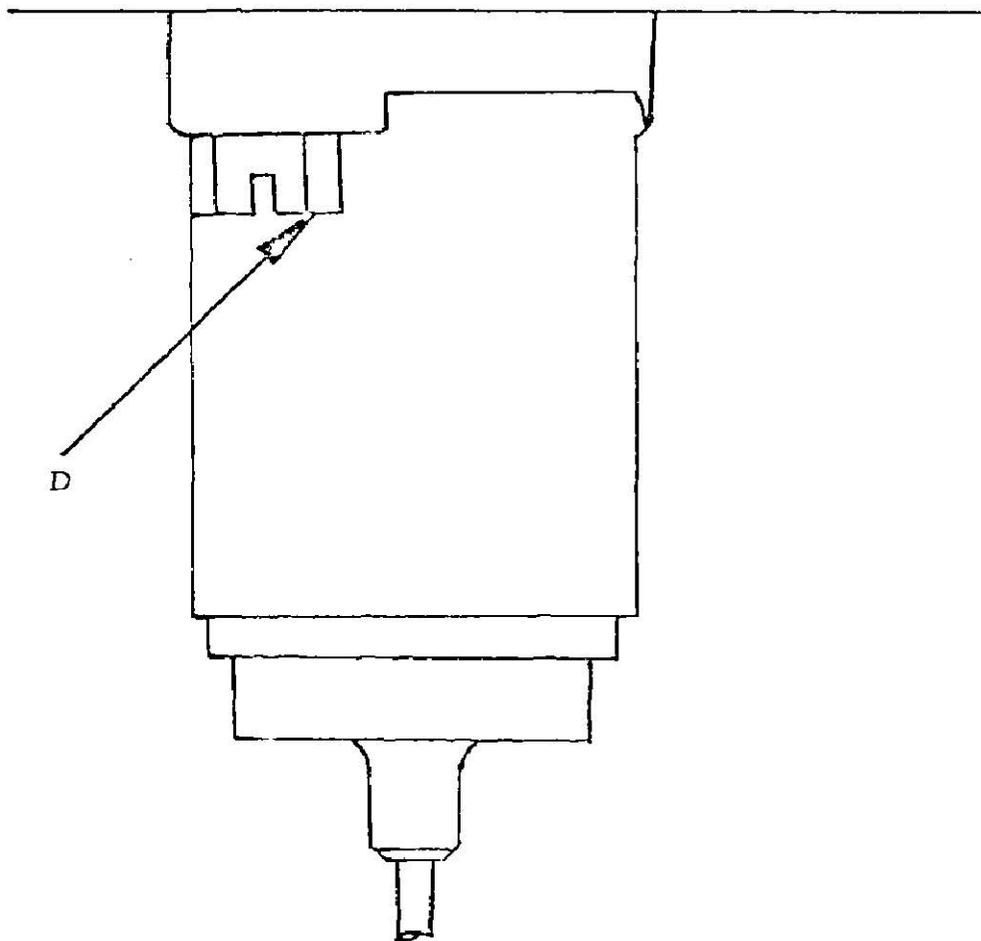


FIG. 9. Esquema que muestra como quitar el elemento por medio del tornillo D en caso de que sea necesario su reposición.

M A N T E N I M I E N T O

El adecuado cuidado del equipo y una buena inspección, son esenciales - para mantener el equipo en buenas condiciones y para evitar interrupciones en el funcionamiento.

De primera importancia en la inspección y cuidado del equipo, es la necesidad de pulcritud y limpieza general en el area de operación como conjunto, - puesto que un medio ambiente limpio y ordenado para el operador le ayuda a - mantener los estándares de higiene necesarios en el procesado de la leche. (10)

#### 1. Intercambiador de calor (15)

Las partes más importantes del intercambiador de calor, necesitan una inspección periódica, son las juntas de goma que separan cada placa. Solamente con que una goma del intercambiador de calor se encuentre - mal colocada, aflojada o deformada; todo el intercambiador precisará apretarse más de lo normal para impedir el goteo. Ello dará lugar a - presiones innecesarias sobre las restantes gomas y acortarán su vida útil.

Los métodos de recambio de gomas varían ampliamente con el tipo de - pasteurizador. Si las gomas se han deformado durante un largo período de uso normal, es mejor recambiar las gomas del intercambiador, o por lo menos, de la totalidad del grupo de las placas entre las secciones conectadas. La sustitución de una goma puede alterar la alineación de todas las gomas de una sección y puede producir más alteraciones. La sustitución individual se usará solamente si una goma perfectamente nueva se ha alterado de manera no corriente, aun cuando la deformación general sea ligera.

Las placas no deben apretarse más que lo suficiente para impedir los derrames y no más de lo que indiquen las especificaciones del equipo. La presión excesiva acortará la duración de las gomas; cuando las placas se hayan quitado de la maquina, deben colocarse en posiciones correctas para que no se produzcan trastornos.

#### 2. Compresor de aire (15)

Es esencial que todos los instrumentos que funcionan con aire, dispongan de aire limpio y seco. La humedad, el aceite son llevados con el - aire hasta los instrumentos que pueden afectar a su funcionamiento en - un grado considerable. En tal caso, deben inspeccionarse los filtros, - limpiarse y cambiarse cuando sea necesario. Deben seguirse cuidadosamente las instrucciones del fabricante en relación con la lubricación y manteni

miento del compresor.

3. Válvula de desviación de flujo y sus mecanismos asociados deben - mantenerse en perfectas condiciones de trabajo. Todas las gomas de- ben examinarse con regularidad y sustituirse cuando sea necesario. La válvula de desviación de flujo trabaja neumáticamente debe preci- sarse una revisión regular del diafragma de aire y, si es necesario su sustitución o perfecta colocación. (15)

4. Instrumentos de temperatura (15)

Los instrumentos relacionados con el pasteurizador, deben tratarse con cuidado especial, ya que sus partes funcionales son delicadas - y, con todo, deben trabajar con exactitud durante largos periodos. Si se precisa por alguna razón quitar algún instrumento parte de él deben evitarse las manipulaciones violentas.

Esto se debe a que el pasteurizador cuenta con un par de capilares flexibles, para conectar los bulbos termosensibles al controlador - registrador de temperatura. Estos capilares precisan un cuidado es- pecial en colocarlos, evitando lesionarlos todo lo posible y du- rante su manipulación al desmontarlos o montarlos en el equipo.

También deben precisarse la comprobación de los termómetros indica- dores, que son del tipo de varilla de mercurio. Es muy importante - que cada termómetro se coloque de manera que indique la temperatura verdadera del líquido.

5. Bombas (15)

En todos los tipos de bombas, tanto de leche como de trabajo general, requieren de un cuidado especial. Las bombas pueden dar un excelente servicio si se presta una atención regular a los retenes cerrados o cierres rotatorios. Debe cuidarse la cuestión de piezas de repuesto o mantenimiento y cuando sea posible, se recomienda la instalación - de duplicados con tuberías interconectadas para proporcionar el cam- bio inmediato si se produce una avería.

6. Válvulas (15)

Las válvulas son piezas importantes y cualquier derrame de líquido - puede causar graves efectos sobre el coste del funcionamiento. Las válvulas deben mantenerse en excelentes condiciones.

### 7. Observación de diferencias de temperaturas (15)

Deben hacerse observaciones periódicas de las diferencias de temperaturas entre la leche y los medios de calentamiento y de refrigeración. Para tener seguridad de que estas observaciones son exactas, deben comprobarse, los termómetros mismos y aplicar las correcciones necesarias.

M A T E R I A L   Y   M E T O D O S   P A R A  
D E T E R M I N A R   L A   E F I C I E N C I A  
T E R M I C A   Y   M I C R O B I O L O G I C A

## M A T E R I A L

Agar bilis rojo violeta  
Agar para métodos standard (SPC)  
Balanza granataria  
Cajas de Petri  
Cuenta colonias Quebec  
Espátula  
Estufa de incubación  
Intercambiador de calor de placas tipo APV JUNIOR  
Leche  
Mechero de Bunsen  
Pipetas  
Probetas  
Solución diluyente de peptona al 2%  
Termopares  
Tubos de ensaye  
Vasos de precipitado

## M E T O D O S

## A. DETERMINACION DE LA EFICIENCIA TERMICA

## 1. Determinación de los flujos masicos (M)

Para cada una de las secciones del pasteurizador (regeneración, calentamiento y enfriamiento) se varían los flujos masicos de la entrada de la leche por medio de un regulador de velocidad que está integrado en la bomba rotatoria de desplazamiento positivo.

Los flujos masicos del agua de calentamiento y de enfriamiento, respectivamente, son constantes.

## 2. Determinación de temperaturas de entrada y salida de los fluidos.

Por medio de la variación del flujo masico (M), se obtienen datos experimentales, en cada una de las secciones del pasteurizador, para cada temperatura:

- Temperatura del fluido caliente a la entrada ( $T_{ec}$ )
- Temperatura del fluido caliente a la salida ( $T_{sc}$ )
- Temperatura del fluido frío a la entrada ( $T_{ef}$ )
- Temperatura del fluido frío a la salida ( $T_{sf}$ )

## B. DETERMINACION DE LA EFICIENCIA MICROBIOLOGICA

## 1. Determinación de microorganismos en agar cuenta standard

## a. Hacer las diluciones de la muestra en la forma siguiente: (2)

- Agitar la muestra firmemente hasta homogenizar.
- Agregar 90 mililitros de solución diluyente una vez que se transfiera la muestra a un vaso de licuadora estéril.
- Licuar durante uno o dos minutos hasta obtener una suspensión completa y homogénea.
- Dejar en reposo la mezcla durante 10 o 15 minutos a temperatura ambiente para permitir la reactivación de los microorganismos; lo anterior constituye la primera dilución de la muestra.

- Continuar las diluciones de la muestra con el mismo diluyente, siguiendo los pasos que se indican en la Fig. 10.

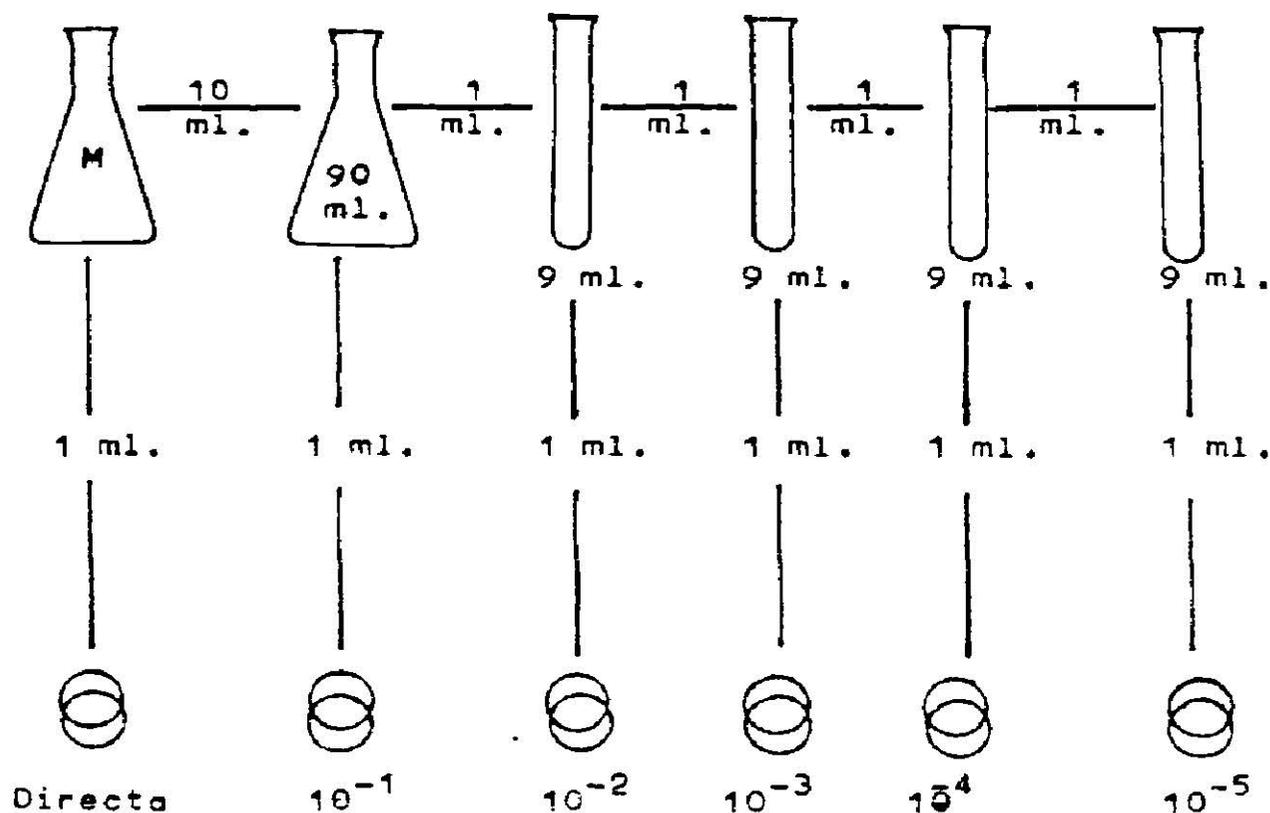


FIG. 10. Dilución de las muestras con peptona al 2% para el análisis microbiológico de la leche.

- b. Transferir un ml. de cada una de las diluciones a las cajas de Petri, utilizando 2 cajas por cada dilución.
- c. Añadir de 10 a 12 ml. del medio SPC, previamente enfriado a 40-46°C a cada caja.
- d. Mezclar la muestra con el medio inclinando y haciendo rotar la caja suavemente, dejando enfriar hasta que solidifique el medio.
- e. Invertir e incubar las placas a 32°C durante 48 hrs.
- f. Hacer un recuento con la ayuda del cuenta colonias - Quebec.

2. Determinación de organismos coliformes (2)

- a. Hacer las diluciones de la muestra en la misma forma anterior.
- b. Inocular 1 ml. de cada dilución en cajas de Petri estériles, utilizando 2 cajas por cada dilución.
- c. Adicionar a cada caja de Petri de 12 a 15 ml. del medio de cultivo manteniendolo a 44°C.
- d. Incorporar el inóculo al medio por rotación de la caja.
- e. Dejar solidificar, cubrir la superficie del medio con 4 ml. aproximadamente del medio utilizado.
- f. Dejar solidificar e incubar a 35°C por 24 hrs.
- g. Inocular 1 ml. de la dilución de 1 a 100 en 2 cajas de Petri y repetir los pasos del 3 al 6.

3. Determinación de organismos termófilos (2)

Para la determinación de termófilos se sigue el mismo método que en agar cuenta standard, con la diferencia de que el medio debe contener un 2% de Agar-Agar para evitar licuefacción a la temperatura de incubación.

Incubar de 45-50°C, de 24 a 48 hrs.

4. Determinación de organismos Psicrotróficos (2)

Para la determinación de organismos psicrotróficos se sigue el mismo método que para agar cuenta standard, con la diferencia de que la incubación se hace a 7°C durante 10 días.

5. Determinación de organismos esporulados (2)

Calentar la muestra en un tubo de ensaye con tapón de rosca en baño maría a la temperatura de 80°C durante 30 minutos.

Resembrar en agar cuenta standard e incubar de 45-50°C durante 48 hrs.

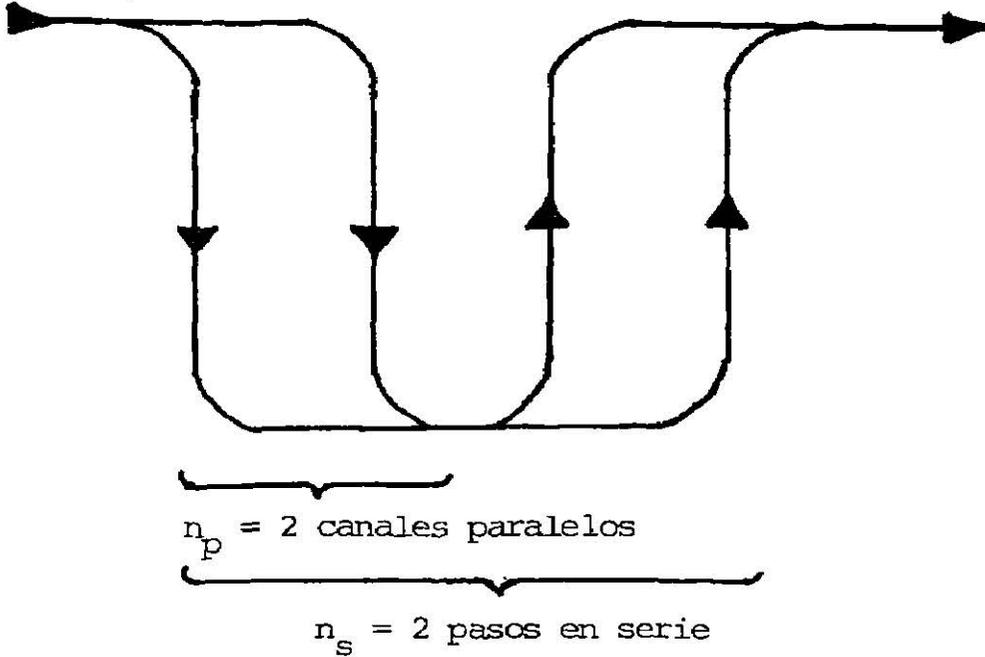
EFICIENCIA TERMICA  
DEL EQUIPO



SECCION DE CALENTAMIENTO:

$$n_s = 2$$

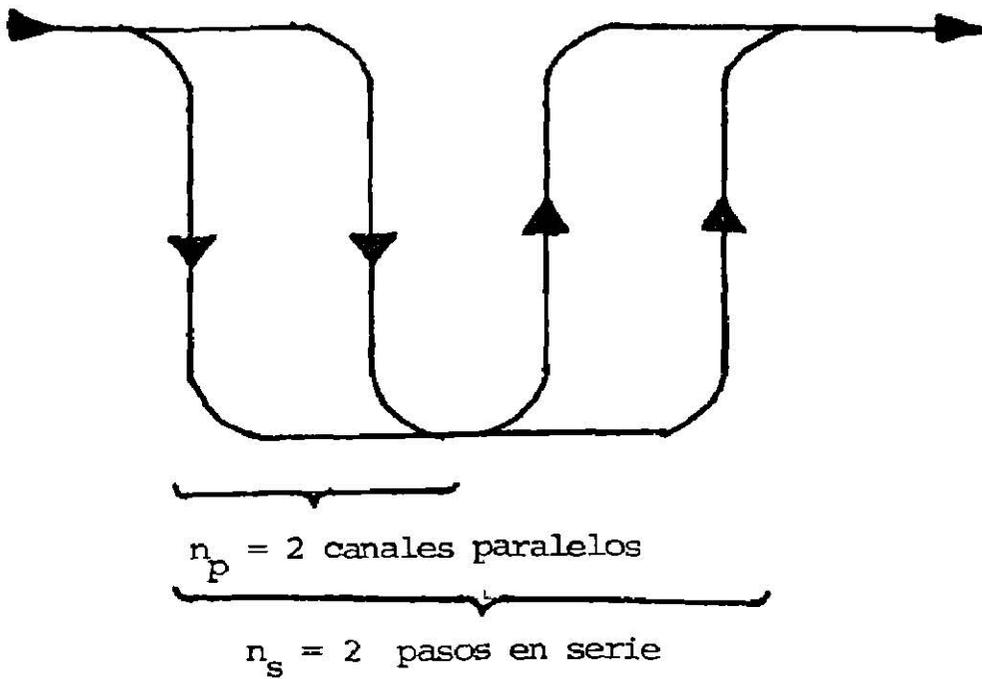
$$n_p = 2$$



SECCION DE ENFRIAMIENTO:

$$n_s = 2$$

$$n_p = 2$$



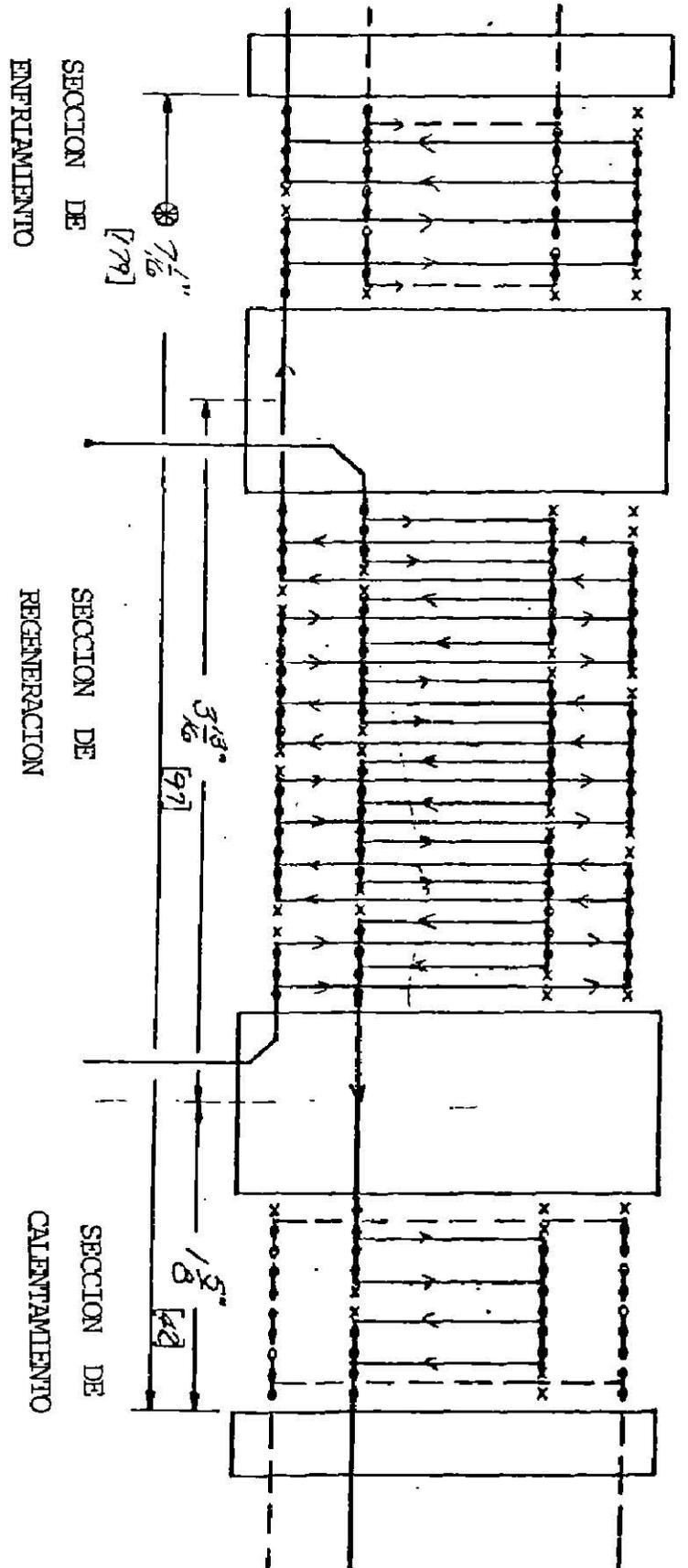


FIG. 11. Diagrama que muestra el arreglo de los canales en cada una de las secciones del pasteurizador.

El número total de placas en cada sección esta dado por:

$$n_{\text{total}} = 2 ( n_s n_p ) + 1$$

Sección de regeneración:

$$n_{\text{total}} = 2 ( 2 \times 6 ) + 1 = 25 \text{ placas}$$

Sección de calentamiento:

$$n_{\text{total}} = 2 ( 2 \times 2 ) + 1 = 9 \text{ placas}$$

Sección de enfriamiento:

$$n_{\text{total}} = 2 ( 2 \times 2 ) + 1 = 9 \text{ placas}$$

El area de transferencia de calor efectiva, se calcula de la siguiente manera:

$$A = ( n_{\text{total}} - 2 ) A_{\text{pl}}$$

$$A_{\text{pl}} = \text{area de una placa} = 0.029 \text{ m}^2$$

Sección de regeneración:

$$A = ( 25 - 2 ) 0.029 \text{ m}^2 = 0.667 \text{ m}^2$$

Sección de calentamiento:

$$A = ( 9 - 2 ) 0.029 \text{ m}^2 = 0.203 \text{ M}^2$$

Sección de enfriamiento:

$$A = ( 9 - 2 ) 0.029 \text{ m}^2 = 0.203 \text{ m}^2$$

Para la obtención de los datos que se muestran en las tablas 1 y 2 se realizaron 5 corridas para cada flujo masico, haciendo un total de 15 corridas, y posteriormente se calculó una media para cada flujo masico con sus respectivas temperaturas.

TABLA 1. Datos experimentales de flujos masicos en cada sección del -  
pasteurizador. Kg/hr.

SECCION DE REGENERACION		SECCION DE CALENTAMIENTO		SECCION DE ENFRIAMIENTO	
L. FRIA	L. CALIENTE	LECHE	AGUA	LECHE	AGUA
111	111	111	940	111	1006
150	150	150	940	150	1006
198	198	198	940	198	1006

TABLA 2. Datos experimentales de temperaturas en cada sección del pas-  
teurizador. (°C).

SECCION DE REGENERACION		SECCION DE CALENTAMIENTO		SECCION DE ENFRIAMIENTO	
L. FRIA	L. CALIENTE	LECHE	AGUA	LECHE	AGUA
E S	E S	E S	E S	E S	E S
4 56	72 22	56 72	78 74	22 4	3 5
4 56	72 22	56 72	78 74	22 5	4 6
4 55	72 22	55 72	78 74	22 7	6 8

## C A L C U L O S

El calor específico ( $C_p$ ) y la densidad ( $\rho$ ) de los fluidos, se obtuvieron de las referencias (3) y (16), respectivamente.

Para cada sección del pasteurizador se hicieron los cálculos correspondientes:

## SECCIÓN DE REGENERACION

## 1a. CORRIDA

a) Calor ganado y cedido por la leche fría y caliente:

$$- \text{Calor ganado: } I_f = M C_p \Delta T$$

$$I_f = (111 \text{ Kg/hr}) (0.91 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C}) (56 - 4) ^\circ\text{C}$$

$$I_f = 5252.52 \text{ Kcal/hr.}$$

$$- \text{Calor cedido: } I_c = M C_p \Delta T$$

$$I_c = (111 \text{ Kg/hr}) (0.95 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C}) (72 - 22) ^\circ\text{C}$$

$$I_c = 5272.5 \text{ Kcal/hr}$$

b) Eficiencia térmica:

$$e = I_f / I_c \times 100$$

$$e = \frac{5252.52 \text{ Kcal/hr}}{5272.5 \text{ Kcal/hr}} \times 100$$

$$e = 99.62\%$$

c) Coeficiente global experimental:

$$U_{\text{exp.}} = \frac{I_f}{A \Delta T_{\text{log}}}$$

$$\Delta T_{\text{log}} = \frac{(T_{\text{sc}} - T_{\text{ef}}) - (T_{\text{ec}} - T_{\text{sf}})}{\ln \left( \frac{T_{\text{sc}} - T_{\text{ef}}}{T_{\text{ec}} - T_{\text{sf}}} \right)}$$

$$\Delta T_{\text{log}} = \frac{(22 - 4) ^\circ\text{C} - (72 - 56) ^\circ\text{C}}{\ln \left( \frac{22 - 4}{72 - 56} \right)}$$

$$\Delta T_{\text{log}} = 16.98 ^\circ\text{C}$$

$$U_{\text{exp}} = \frac{5252.52 \text{ Kcal/hr}}{(0.667 \text{ M}^2) (16.98 ^\circ\text{C})}$$

$$U_{\text{exp}} = 463.77 \text{ Kcal/M}^2 \text{ hr } ^\circ\text{C}$$

d) Eficiencia del Intercambiador:

$$\eta_{\text{calentamiento}} = \frac{T_{sf} - T_{ef}}{T_{ec} - T_{ef}} \times 100$$

$$\eta_{\text{enfriamiento}} = \frac{T_{ec} - T_{sc}}{T_{ec} - T_{ef}} \times 100$$

$$\eta_{\text{calentamiento}} = \frac{(56 - 4) \text{ } ^\circ\text{C}}{(72 - 4) \text{ } ^\circ\text{C}} \times 100$$

$$\eta_{\text{calentamiento}} = 76.47 \%$$

$$\eta_{\text{enfriamiento}} = \frac{(72 - 22) \text{ } ^\circ\text{C}}{(72 - 4) \text{ } ^\circ\text{C}} \times 100$$

$$\eta_{\text{enfriamiento}} = 73.52 \%$$

## 2a. CORRIDA

## a) CALOR GANADO Y CEDIDO POR LA LECHE FRIA Y CALIENTE:

- Calor ganado:

$$I_f = (150 \text{ Kg/hr}) (0.91 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}) (56 - 4)^\circ\text{C}$$

$$I_f = 7\,098 \text{ Kcal/hr}$$

- Calor cedido:

$$I_c = (150 \text{ Kg/hr}) (0.95 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}) (72 - 22)^\circ\text{C}$$

$$I_c = 7125 \text{ Kcal/hr}$$

## b) Eficiencia térmica:

$$e = \frac{7\,098 \text{ Kcal/hr}}{7\,125 \text{ Kcal/hr}} \times 100$$

$$e = 99.62 \%$$

## c) Coeficiente global experimental:

$$\Delta T_{\log} = \frac{(22 - 4) - (72 - 56)}{\ln \left( \frac{22 - 4}{72 - 56} \right)}$$

$$\Delta T_{\log} = 16.98^\circ\text{C}$$

$$U_{\text{exp}} = \frac{7\,098 \text{ Kcal/hr}}{(0.667 \text{ M}^2)(16.98^\circ\text{C})}$$

$$U_{\text{exp}} = 626.71 \text{ Kcal/M}^2 \text{ hr}^\circ\text{C}$$

## d) Eficiencia del Intercambiador:

$$\eta_{\text{calentamiento}} = \frac{(56 - 4)^\circ\text{C}}{(72 - 4)^\circ\text{C}} \times 100$$

$$\eta_{\text{calentamiento}} = 76.47 \%$$

$$\eta_{\text{enfriamiento}} = \frac{(72 - 22)^\circ\text{C}}{(72 - 4)^\circ\text{C}} \times 100$$

$$\eta_{\text{enfriamiento}} = 73.52 \%$$

## 3a. CORRIDA

a) Calor ganado y cedido por la leche fría y caliente:

- Calor ganado:

$$I_f = ( 198 \text{ Kg/hr} ) ( 0.91 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C} ) ( 55 - 4 ) ^\circ\text{C}$$

$$I_f = 9\ 189.18 \text{ Kcal/hr}$$

- Calor cedido:

$$I_c = ( 198 \text{ Kg/hr} ) ( 0.95 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C} ) ( 72 - 22 ) ^\circ\text{C}$$

$$I_c = 9\ 405 \text{ Kcal/hr}$$

b) Eficiencia térmica:

$$e = \frac{9\ 189.18 \text{ Kcal/hr}}{9\ 405 \text{ Kcal/hr}} \times 100$$

$$e = 97.70 \%$$

c) Coeficiente global experimental:

$$\Delta T_{\log} = \frac{( 22 - 4 ) - ( 72 - 5 )}{\text{Ln} \left( \frac{22 - 4}{72 - 55} \right)}$$

$$\Delta T_{\log} = 17.49 ^\circ\text{C}$$

$$U_{\text{exp}} = \frac{9\ 189.18 \text{ Kcal/hr}}{( 0.667 \text{ M}^2 ) ( 17.49 ^\circ\text{C} )}$$

$$U_{\text{exp}} = 787.7 \text{ Kcal/ M}^2 \text{ hr } ^\circ\text{C}$$

d) Eficiencia del Intercambiador:

$$\eta_{\text{calentamiento}} = \frac{( 55 - 4 ) ^\circ\text{C}}{( 72 - 4 ) ^\circ\text{C}} \times 100$$

$$\eta_{\text{calentamiento}} = 75 \%$$

$$\eta_{\text{enfriamiento}} = \frac{( 72 - 22 ) ^\circ\text{C}}{( 72 - 4 ) ^\circ\text{C}} \times 100$$

$$\eta_{\text{enfriamiento}} = 73.52 \%$$

## SECCION DE CALENTAMIENTO

## 1a. CORRIDA

a) Calor ganado y cedido por la leche y el agua:

- Calor ganado:

$$I_f = ( 111 \text{ Kg/hr} ) ( 0.93 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C} ) ( 72 - 56 ) ^\circ\text{C}$$

$$I_f = 1\,651.68 \text{ Kcal/hr}$$

- Calor cedido:

$$I_c = ( 940 \text{ Kg/hr} ) ( 1 \text{ Kcal/ kg } ^\circ\text{C} ) ( 78 - 74 ) ^\circ\text{C}$$

$$I_c = 3\,760 \text{ Kcal/hr}$$

b) Eficiencia térmica:

$$e = \frac{1\,651.68 \text{ Kcal/hr}}{3\,760 \text{ Kcal/hr}} \times 100$$

$$e = 43.92 \%$$

c) Coeficiente global experimental:

$$\Delta T_{\log} = \frac{( 74 - 56 ) - ( 78 - 72 )}{\text{Ln} \left( \frac{74 - 56}{78 - 72} \right)}$$

$$\Delta T_{\log} = 10.92 ^\circ\text{C}$$

$$U_{\text{exp}} = \frac{1651.68 \text{ Kcal/hr}}{( 0.203 \text{ M}^2 ) ( 10.92 ^\circ\text{C} )}$$

$$U_{\text{exp}} = 745.08 \text{ Kcal/M}^2 \text{ hr } ^\circ\text{C}$$

d) Eficiencia de calentamiento:

$$\eta_{\text{calentamiento}} = \frac{( 72 - 56 ) ^\circ\text{C}}{( 78 - 56 ) ^\circ\text{C}} \times 100$$

$$\eta_{\text{calentamiento}} = 72.72 \%$$

$$\eta_{\text{enfriamiento}} = \frac{( 78 - 74 ) ^\circ\text{C}}{( 78 - 56 ) ^\circ\text{C}} \times 100 = 22.22 \%$$

## 2a. CORRIDA

a) Calor ganado y cedido por la leche y el agua:

- calor ganado:

$$I_f = ( 150 \text{ Kg/hr } ) ( 0.93 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C} ) ( 72 - 56 ) ^\circ\text{C}$$

$$I_f = 2\,232 \text{ Kcal/hr}$$

- Calor cedido:

$$I_c = ( 940 \text{ Kg /hr } ) ( 1 \text{ Kcal /Kg } ^\circ\text{C} ) ( 78 - 74 ) ^\circ\text{C}$$

$$I_c = 3\,760 \text{ Kcal/hr}$$

b) Eficiencia térmica:

$$e = \frac{2\,232 \text{ Kcal/hr}}{3\,760 \text{ Kcal/hr}} \times 100$$

$$e = 59.36 \%$$

c) Coeficiente global experimental:

$$\Delta T_{\log} = \frac{( 74 - 56 ) - ( 78 - 72 )}{\ln \left( \frac{74 - 56}{78 - 72} \right)}$$

$$\Delta T_{\log} = 10.92 ^\circ\text{C}$$

$$U_{\text{exp}} = \frac{2\,232 \text{ Kcal/hr}}{( 0.203 \text{ M}^2 ) ( 10.92 ^\circ\text{C} )}$$

$$U_{\text{exp}} = 1\,006.87 \text{ Kcal/M}^2 \text{ hr } ^\circ\text{C}$$

d) Eficiencia del Intercambiador:

$$\eta_{\text{calentamiento}} = \frac{( 72 - 56 ) ^\circ\text{C}}{( 78 - 56 ) ^\circ\text{C}} \times 100$$

$$\eta_{\text{calentamiento}} = 72.72 \%$$

$$\eta_{\text{enfriamiento}} = \frac{( 78 - 74 ) ^\circ\text{C}}{( 78 - 56 ) ^\circ\text{C}} \times 100$$

$$\eta_{\text{enfriamiento}} = 22.22 \%$$

## 3a. CORRIDA

a) Calor ganado y cedido por la leche y el agua:

- Calor ganado:

$$I_f = ( 198 \text{ Kg/hr} ) ( 0.93 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C} ) ( 72 - 55 ) ^\circ\text{C}$$

$$I_f = 3\,130.38 \text{ Kcal/hr}$$

- Calor cedido:

$$I_c = ( 940 \text{ Kg/hr} ) ( 1 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C} ) ( 78 - 74 ) ^\circ\text{C}$$

$$I_c = 3\,760 \text{ Kcal/hr}$$

b) Eficiencia térmica:

$$e = \frac{3\,130.38 \text{ Kcal/hr}}{3\,760 \text{ Kcal/hr}} \times 100$$

$$e = 83.25\%$$

c) Coeficiente global experimental:

$$\Delta T_{\log} = \frac{( 74 - 55 ) - ( 78 - 72 )}{\ln \left( \frac{74 - 55}{78 - 72} \right)}$$

$$\Delta T_{\log} = 12.71 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$U_{\text{exp}} = \frac{3130.38 \text{ Kcal/hr}}{( 0.203 \text{ M}^2 ) ( 12.71 \text{ } ^\circ\text{C} )}$$

$$U_{\text{exp}} = 1212.61 \text{ Kcal/ M}^2 \text{ hr } ^\circ\text{C}$$

d) Eficiencia del Intercambiador:

$$\eta_{\text{calentamiento}} = \frac{( 72 - 55 ) ^\circ\text{C}}{( 78 - 55 ) ^\circ\text{C}} \times 100$$

$$\eta_{\text{calentamiento}} = 73.91 \%$$

$$\eta_{\text{enfriamiento}} = \frac{( 78 - 74 ) ^\circ\text{C}}{( 78 - 55 ) ^\circ\text{C}} \times 100$$

$$\eta_{\text{enfriamiento}} = 17.39 \%$$

## SECCION DE ENFRIAMIENTO

## 1a. CORRIDA

a) Calor ganado y cedido por la leche y el agua:

- Calor ganado:

$$I_f = ( 900 \text{ Kg/hr } ) ( 1 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C} ) ( 5 - 3 ) ^\circ\text{C}$$

$$I_f = 1\,800 \text{ Kcal/hr}$$

- Calor cedido:

$$I_c = ( 111 \text{ Kg / hr } ) ( 0.94 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C} ) ( 22 - 4 ) ^\circ\text{C}$$

$$I_c = 1\,878.12 \text{ Kcal/hr}$$

b) Eficiencia térmica:

$$e = \frac{1\,800 \text{ Kcal/hr}}{1\,878.12 \text{ Kcal/hr}} \times 100$$

$$e = 95.84 \%$$

c) Coeficiente global experimental:

$$\Delta T_{\log} = \frac{( 4 - 3 ) - ( 22 - 5 )}{\text{Ln} \left( \frac{4 - 3}{22 - 5} \right)}$$

$$\Delta T_{\log} = 5.77 ^\circ\text{C}$$

$$U_{\text{exp}} = \frac{1\,800 \text{ Kcal/hr}}{(0.203 \text{ M}^2) ( 5.77 ^\circ\text{C} )}$$

$$U_{\text{exp}} = 1\,536.74 \text{ Kcal/M}^2 \text{ hr } ^\circ\text{C}$$

d) Eficiencia del Intercambiador:

$$\eta_{\text{calentamiento}} = \frac{( 5 - 3 ) ^\circ\text{C}}{( 22 - 3 ) ^\circ\text{C}} \times 100$$

$$\eta_{\text{calentamiento}} = 10.52 \%$$

$$\eta_{\text{enfriamiento}} = \frac{( 22 - 4 ) ^\circ\text{C}}{( 22 - 3 ) ^\circ\text{C}} \times 100$$

$$\eta_{\text{enfriamiento}} = 94.73 \%$$

## 2a. CORRIDA

a) Calor ganado y cedido por la leche y el agua:

- Calor ganado:

$$I_f = ( 900 \text{ Kg/hr} ) ( 1 \text{ Kcal/kg } ^\circ\text{C} ) ( 6 - 4 ) ^\circ\text{C}$$

$$I_f = 1\,800 \text{ Kcal/hr}$$

- Calor cedido :

$$I_c = ( 150 \text{ Kg/hr} ) ( 0.94 \text{ Kcal/ Kg } ^\circ\text{C} ) ( 22 - 5 ) ^\circ\text{C}$$

$$I_c = 2\,550 \text{ Kcal/hr}$$

b) Eficiencia térmica:

$$e = \frac{1\,800 \text{ Kcal/ hr}}{2\,550 \text{ Kcal/ hr}} \times 100$$

$$e = 70.58 \%$$

c) Coeficiente global experimental:

$$\Delta T_{\log} = \frac{( 5 - 4 ) - ( 22 - 6 )}{\text{Ln} \left( \frac{5 - 4}{22 - 6} \right)}$$

$$\Delta T_{\log} = 5.41 ^\circ\text{C}$$

$$U_{\text{exp}} = \frac{1\,800 \text{ Kcal/hr}}{( 0.203 \text{ M}^2 ) ( 5.41 ^\circ\text{C} )}$$

$$U_{\text{exp}} = 1\,638.96 \text{ Kcal/M}^2 \text{ hr } ^\circ\text{C}$$

d) Eficiencia del Intercambiador:

$$\eta_{\text{calentamiento}} = \frac{( 6 - 4 ) ^\circ\text{C}}{( 22 - 4 ) ^\circ\text{C}} \times 100$$

$$\eta_{\text{calentamiento}} = 11.11 \%$$

$$\eta_{\text{enfriamiento}} = \frac{( 22 - 5 ) ^\circ\text{C}}{( 22 - 4 ) ^\circ\text{C}} \times 100$$

$$\eta_{\text{enfriamiento}} = 94.44 \%$$

## 3a. CORRIDA

a) Calor ganado y cedido por la leche y el agua:

- Calor ganado:

$$I_f = ( 900 \text{ Kg/hr} ) ( 1 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C} ) ( 8 - 6 ) ^\circ\text{C}$$

$$I_f = 1\,800 \text{ Kcal/hr}$$

- Calor cedido:

$$I_c = ( 198 \text{ Kg/hr} ) ( 0.94 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C} ) ( 22 - 7 ) ^\circ\text{C}$$

$$I_c = 2\,971.8 \text{ Kcal/hr}$$

b) Eficiencia térmica:

$$e = \frac{1\,800 \text{ Kcal/hr}}{2\,971.8 \text{ Kcal/hr}} \times 100$$

$$e = 60.56 \%$$

c) Coeficiente global experimental:

$$\Delta T_{\log} = \frac{( 7 - 6 ) - ( 22 - 8 )}{\text{Ln} \left( \frac{7 - 6}{22 - 8} \right)}$$

$$\Delta T_{\log} = 4.92 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$U_{\text{exp}} = \frac{1\,800 \text{ Kcal/hr}}{( 0.203 \text{ M}^2 ) ( 4.92 \text{ } ^\circ\text{C} )}$$

$$U_{\text{exp}} = 1\,802.23 \text{ Kcal/M}^2 \text{ hr } ^\circ\text{C}$$

d) Eficiencia del Intercambiador:

$$\text{calentamiento} = \frac{( 8 - 6 ) ^\circ\text{C}}{( 22 - 6 ) ^\circ\text{C}} \times 100$$

$$\text{calentamiento} = 12.5 \%$$

$$\text{enfriamiento} = \frac{( 22 - 7 ) ^\circ\text{C}}{( 22 - 6 ) ^\circ\text{C}} \times 100$$

$$\text{enfriamiento} = 93.75 \%$$

## NOMENCLATURA

$n_s$  = número de pasos en serie

$n_p$  = número de pasos en paralelo

$A$  = área de transferencia de calor,  $m^2$

$A_{pl}$  = área de transferencia de calor de una placa,  $m^2$

$I_f$  = calor ganado, Kcal/hr.

$I_c$  = calor cedido, Kcal/hr.

$M$  = flujo másico, Kg/hr.

$C_p$  = calor específico, Kcal/Kg °C

$e$  = eficiencia térmica, %

$U_{exp.}$  = coeficiente de transferencia de calor experimental, Kcal/ $m^2$ hr °C

$\Delta T_{log.}$  = incremento de temperatura media logarítmica, °C

$\eta$  = eficiencia del intercambiador, %

$T_{sc}$  = temperatura del fluido caliente a la salida, °C

$T_{ef}$  = temperatura del fluido frío a la entrada, °C

$T_{ec}$  = temperatura del fluido caliente a la entrada, °C

$T_{sf}$  = temperatura del fluido frío a la salida, °C

## R E S U L T A D O S

TABLA 3. Tabla que muestra los resultados obtenidos en la sección de re-  
generación.

M (Kg/hr)	If (Kcal/hr)	Ic (Kcal/hr)	e %	Uexp <sub>2</sub> (Kcal/m <sup>2</sup> hr°C)	eficiencia cal. %	enf. %
111	5252.52	5272.5	99.62	463.77	76.47	73.52
150	7098.00	7125.00	99.62	626.71	76.47	73.52
198	9189.18	9405.00	97.70	787.7	75.00	73.52

TABLA 4. Tabla que muestra los resultados obtenidos en la sección de ca-  
lentamiento.

M (Kg/hr)	If (Kcal/hr)	Ic (Kcal/hr)	e %	Uexp <sub>2</sub> (Kcal/m <sup>2</sup> hr°C)	eficiencia cal. %	enf. %
111	1651.68	3760.00	49.9	745.08	72.72	22.22
150	2232.00	3760.00	59.3	1006.87	72.72	22.22
198	3130.38	3760.00	83.25	1212.61	73.91	17.39

TABLA 5. Tabla que muestra los resultados obtenidos en la sección de en-  
friamiento.

M (Kg/hr)	If (Kcal/hr)	Ic (Kcal/hr)	e %	Uexp <sub>2</sub> (Kcal/m <sup>2</sup> hr°C)	eficiencia cal. %	enf. %
111	1800.00	1878.12	95.84	1536.74	10.52	94.73
150	1800.00	2550.00	70.58	1638.38	11.11	94.44
198	1800.00	2971.8	60.56	1802.23	12.5	93.75

## INTERPRETACION DE RESULTADOS

De acuerdo a los resultados obtenidos en la sección de regeneración, se demuestra que a medida que aumenta el flujo másico ( $\dot{M}$ ), el coeficiente de transferencia de calor experimental ( $U_{exp.}$ ) también aumenta, por lo que es importante mantener la velocidad de fluido aproximadamente a 198 Kg/hr para lograr una mayor transferencia de calor; de esta manera se corroboran las especificaciones del proveedor.

Con respecto al calor ganado y cedido ( $I_f$ ,  $I_c$  respectivamente) en esta misma sección, es importante notar la similitud entre ambos, debido a que el flujo másico es el mismo para los dos fluidos en contracorriente y por la gran transferencia de calor que hay en ambos.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la sección de calentamiento también se observa que el coeficiente de transferencia de calor experimental ( $U_{exp.}$ ) es directamente proporcional al flujo másico ( $\dot{M}$ ) de la leche, siendo constante el flujo másico del agua de calentamiento (940 Kg/hr), ya que este último se encuentra entre 4.7 y 8.5 veces más que el de la leche.

El calor cedido ( $I_c$ ), es el mismo para las tres corridas debido a que el flujo másico del agua caliente es constante, así como también la diferencia de temperaturas y el calor específico del agua. El calor ganado ( $I_f$ ) aumenta en relación al flujo másico de la leche.

Se observa que la eficiencia térmica ( $e$ ) es mejor en la tercera corrida debido a que existe mayor turbulencia y en consecuencia el calor ganado es mayor.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la sección de enfriamiento el coeficiente de transferencia de calor experimental ( $U_{exp.}$ ) aumenta en relación a cada corrida el flujo másico ( $\dot{M}$ ) del agua de enfriamiento se mantiene constante en la misma relación que la sección de calentamiento.

El calor ganado (  $I_f$  ) por el agua fría es constante, mientras que el calor cedido va en aumento en relación a cada corrida.

La eficiencia térmica (  $e$  ) disminuye a medida que aumenta el flujo másico de la leche, indicando así una gran eficiencia de enfriamiento.

EFICIENCIA MICROBIOLOGICA  
DEL PROCESO

IX. EFICIENCIA MICROBIOLOGICA  
DEL PROCESO

El objetivo es evaluar la eficiencia microbiologica desde el punto de vista de muerte de los microorganismos deteriorativos para la leche en el pasteurizador, en base a los recuentos sobre la leche cruda y la leche pasteurizada.

Cada una de las pruebas se realizaron cinco veces por duplicado con el fin de obtener una mejor confiabilidad en los resultados obtenidos.

TABLA 6. Determinación de microorganismos en Agar cuenta standard.

DILUCION	LECHE CRUDA No. de colonias	LECHE PASTEURIZADA No. de colonias
DIRECTA	*	1200
10 <sup>-1</sup>	*	710
10 <sup>-2</sup>	*	126
10 <sup>-3</sup>	5600	58
10 <sup>-4</sup>	1200	8
10 <sup>-5</sup>	280	0

(\*) Debido a la gran cantidad de colonias no fue posible hacer el recuento.

TABLA 7. Determinación de organismos coliformes.

DILUCION	LECHE CRUDA No. de colonias	LECHE PASTEURIZADA No. de colonias
DIRECTA	5200	0
10 <sup>-1</sup>	2300	0
10 <sup>-2</sup>	940	0
10 <sup>-3</sup>	210	0
10 <sup>-4</sup>	98	0
10 <sup>-5</sup>	15	0

TABLA 8. Determinación de organismos termófilos.

DILUCION	LECHE CRUDA	LECHE PASTEURIZADA
	No. de colonias	No. de colonias
DIRECTA	0	0
10 <sup>-1</sup>	0	0
10 <sup>-2</sup>	0	0
10 <sup>-3</sup>	0	0
10 <sup>-4</sup>	0	0
10 <sup>-5</sup>	0	0

TABLA 9. Determinación de organismos psicrotrofos.

DILUCION	LECHE CRUDA	LECHE PASTEURIZADA
	No. de colonias	No. de colonias
DIRECTA	0	0
10 <sup>-1</sup>	0	0
10 <sup>-2</sup>	0	0
10 <sup>-3</sup>	0	0
10 <sup>-4</sup>	0	0
10 <sup>-5</sup>	0	0

TABLA 10. Determinación de organismos esporulados.

DILUCION	LECHE CRUDA	LECHE PASTEURIZADA
	No. de colonias	No. de colonias
DIRECTA	0	0
10 <sup>-1</sup>	0	0
10 <sup>-2</sup>	0	0
10 <sup>-3</sup>	0	0
10 <sup>-4</sup>	0	0
10 <sup>-5</sup>	0	0

## INTERPRETACION DE RESULTADOS

De acuerdo a los resultados obtenidos en la determinación de microorganismos en Agar cuenta estandar, se observó que tanto en el análisis - directo de la leche cruda, así como en las diluciones  $10^{-1}$  y  $10^{-2}$  de la - misma, era imposible hacer el recuento de las colonias debido a la gran - población microbiana.

Con respecto al análisis de la leche pasteurizada en la misma técnica se observó que disminuyó notablemente el número de colonias, debido a que el proceso es bueno, y el recuento se llevó a cabo en todas las dilu - ciones, observandose en la dilución  $10^{-5}$  que el desarrollo de microorganismos fué nulo.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la determinación de colifor mes, para la leche cruda hubo un gran número de colonias y con el trata-- miento de pasteurización, se observó la eliminación total de éste tipo de microorganismos; asegurando de esta manera una buena calidad en el pro - ducto final, comprobando a su vez que es de gran efectividad el tratamien - to térmico.

En lo que respecta a la determinación de termófilos, psicrotróficos y esporulados, en ninguno de los dos casos ( leche cruda y pasteurizada) se observó crecimiento.

## CONCLUSIONES

## CONCLUSIONES

De acuerdo al objetivo fundamental de este trabajo, se concluye que tanto la determinación de la eficiencia térmica como microbiológica, son de gran importancia para comprobar el buen funcionamiento de equipo, cabe señalar que la instalación debe ser adecuada para -- obtener un buen rendimiento del equipo y del proceso en si.

En lo que se refiere al equipo es importante destacar que la -- transferencia de calor en el mismo es efectiva, ya que los resultados en las corridas correspondientes a cada sección del pasteurizador así lo demuestran.

Como se observó en los resultados de la determinación de la eficiencia microbiológica, se puede afirmar que el proceso es el adecuado para destruir los microorganismos patógenos presentes en la leche cruda, de esta manera se asegura la buena calidad del producto pasteurizado.

Queda establecida la importancia de la necesidad de un plan de -- trabajo adecuado y secuencial, en lo que se refiere a la operación -- del proceso, que iniciaría en los suministros adecuados (aire, agua y vapor) y un control en los parámetros (temperatura, flujo másico y -- presión), para la obtención de un producto de buena calidad.

Se debe de proporcionar un buen mantenimiento al equipo y accesorios para obtener eficiencia alta y prolongar la duración del equipo.

Con los puntos antes mencionados se establece que el pasteurizador será de gran ayuda para reafirmar los conocimientos teóricos del alumno para su formación profesional.

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

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

- 1.- Alais Charles; 1980; Ciencia de la leche; 2a. Edición; C.E.C.S.A. México; 334-337.
- 2.- Días Infante Compéan M.T., González Suárez L.' Martínez Aguilar P.M. 1982; Manueal de prácticas de laboratorio de Microbiología; U.A.S.L.P. 90-93.
- 3.- Farral Arthur W; Engineering for dairy and food products; 2a. Edition; Robert E. Krieger publishing company Huntington; New York; 4.
- 4.- Instruction Manual; Research Control Valves; Badger Meter, Inc.
- 5.- Instructions High Temperature Short Time Controller for Pasteurization of Milk or Milk Products; The partlow Corporation.
- 6.- Manual de equipos para procesamiento de leche y líquidos alimentarios; APV Company; incorporated.
- 7.- Operarional Precautions; all paraflow plate heat exchanges; The APV Company Limited.
- 8.- Oregon Association of milk; Food and environmental sanitarias; 1979; H.T.S.T. Pasteurizer Operation Manual; 1a. Edition; O.S.U. Book stores Corvallis, Oregon, U.S.A. Cap. 1
- 9.- Oregon Association of Milk; Food and environmental sanitarias; 1979; H.T.S.T. Pasteurizer Operation Manual; 1a. Edition; O.S.U. Book stores Corvallis, Oregon, U.S.A. Cap. 2

- 10.- Oregon Association of milk; Food and environmental sanitarias; — 1979; H.T.S.T. Pasteurizer Operation Manual; 1a. Edition; O.S.U. - Book stores; Corvallis. Oregon, U.S.A. Cap. 5
- 11.- Ramos RAdA A. E; 1979; Manual de prácticas de Laboratorio de Ingeniería Química; U.A.S.L.P.; Vol. I; 193-215.
- 12.- The APV of dairy Engeenering; APV Holdings; 1981.
- 13.- The Society of Dairy Technology; 1971; Manual de plantas de pas--teurización; 3a. Edición; Acribia; España; Cap. 2.
- 14.- The society of Dairy Technology; 1971; Manual de plantas de pas--teurización; 3a. Edición; Acribia; España; Cap. 3.
- 15.- The society of Dairy Technology; 1971; Manual de plantas de pas--teurización; 3a. Edición; Acribia; España; Cap. 4.
- 16.- Urquiza Dr. Manuel; 1974; Experimentos de fisicoquímica; 1a. Edi--ción; Limusa; México; 131.

