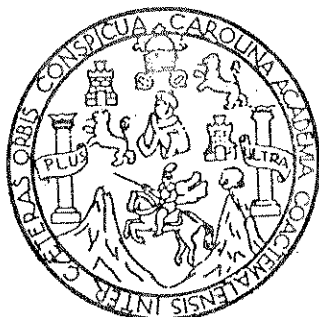


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Facultad de Ingeniería

Proceso aséptico para la elaboración de puré de banano

Tesis

Presentada a la Junta Directiva de la
Facultad de Ingeniería
por

Edgar Lenin Tischler Visquerra

al conferírsele el título de

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

Guatemala, septiembre de 1,995

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

08

T(3669)

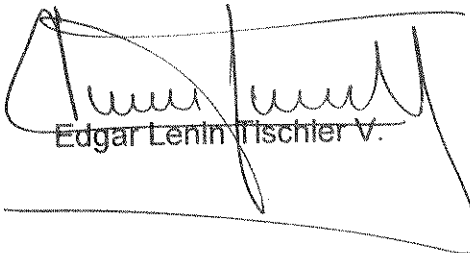
C.4

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los conceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

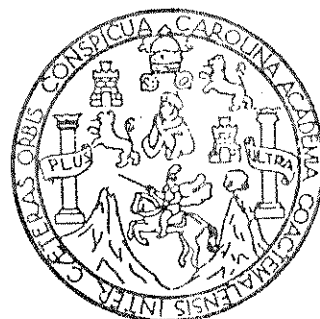
PROCESO ASÉPTICO PARA LA ELABORACIÓN DE PURÉ DE BANANO

tema que me fuera asignado por la Comisión de Tesis de la Dirección de Escuela de INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL, con fecha 29 de noviembre de 1,993.



Edgar Lenin Fischer V.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

Decano:	Ing. Julio Ismael González Podszueck
Vocal 1o.:	Ing. Miguel Ángel Sánchez Guerra
Vocal 2o.:	Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
Vocal 3o.:	Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez
Vocal 4o.:	Br. Fernando Waldemar De León Contreras
Vocal 5o.:	Br. Pedro Ignacio Escalante Pastor
Secretario:	Ing. Francisco Javier González López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN PRIVADO

Decano:	Ing. Jorge Mario Morales González
Examinador:	Ing. Hernán Leonardo Cortéz Urioste
Examinador:	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
Examinador:	Ing. José Francisco Gómez Rivera
Secretario:	Ing. Edgar José Bravatti Castro

Guatemala,
12 de septiembre de 1995

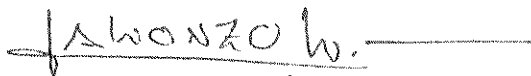
Ingeniero
Jorge Peález Castellanos
Director Escuela Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos
Ciudad

Ingeniero Peález:

Por este medio hago de su conocimiento, que de conformidad con el reglamento de tesis de la Facultad de Ingeniería, y por disposiciones emitidas por su dirección, he asesorado a Edgar Lenin Tischler Visquerria en el desarrollo del trabajo de tesis titulado PROCESO ASEPTICO PARA LA ELABORACION DE PURE DE BANANO, previo a optar al título de Ingeniero Mecánico-Industrial.

Al presente estudio se le ha dado el seguimiento correspondiente del punto presentado y aprobado por su dirección, hasta obtener el contenido y objetivos propuestos.

Atentamente,



Ing. Julio Alonzo Lara
Mecánico Industrial
Colegiado 2672





FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Coordinador del Área de Producción de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, al contenido y la presentación del trabajo de tesis titulado PROCESO ASEPTICO PARA LA ELABORACION DE PURE DE BANANO, presentada por el estudiante universitario Edgar Lenin Tischler Visquerria recomienda la aprobación del presente trabajo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Inga. Guisela Gaitán Garavito
COORDINADORA

Guatemala, septiembre de 1,995.

/emds



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-gradó de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Coordinador General de Tesis de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y del Licenciado en Letras, con el Visto Bueno del Coordinador de Area, así como el contenido y la presentación del trabajo de tesis titulado **PROCESO ASEPTICO PARA LA ELABORACION DE PURE DE BANANO**, presentado por el estudiante **Edgar Lenin Tischler Visquera**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Fernando Alvarez Paz
COORDINADOR GENERAL DE TESIS
INGENIERÍA MECANICA INDUSTRIAL

Guatemala, octubre de 1,995.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Coordinador de Area y del Coordinador General de Revisión de Tesis, al trabajo de tesis titulado **PROCESO ASEPTICO PARA LA ELABORACION DE PURE DE BANANO** presentado por el estudiante universitario **Edgar Lenin Tischler Visquerria** prueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Jorge Peláez Castellanos
DIRECTOR
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL

Guatemala, octubre de 1,995.

emds

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

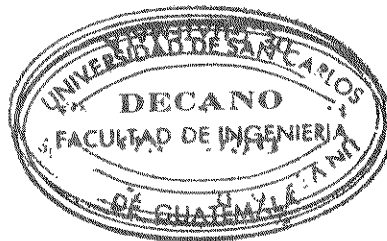
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de tesis titulado **PROCESO ASEPTICO PARA LA ELABORACION DE PURE DE BANANO** presentado por el estudiante universitario **Edgar Lenin Tischler Visquerra** procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Julio Ismael González Podszueck
DECANO



Guatemala, octubre de 1,935.

emds

DEDICATORIA

A las personas que con su esfuerzo diario hacen posible la educación formal, la cual en alto porcentaje no es accesible para ellos mismos.

A mi hijo Lenin.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	I
OBJETIVOS	III
CAPÍTULO I	
1. Generalidades	1
2. Etapas previas al proceso aséptico	2
2.1 Recepción de la fruta	2
2.2 Maduración de la fruta	2
2.3 Lavado y selección	3
2.4 Pelado del banano	4
2.5 Despulpado del banano	4
2.6 Concentración del puré (evaporadores)	7
3. Proceso aséptico	9
3.1 Alimentación y homogeneización del puré	12
3.2 Unidad de calentamiento	12
3.2.1 Cálculo del intercambiador	12
3.3 Unidad de sostenimiento	15
3.3.1 Cálculo de la unidad de sostenimiento	16
3.4 Unidad de enfriamiento	18
3.4.1 Cálculo del enfriador	20
3.5 Unidad de llenado	21
4. Limpieza interna del sistema	23
5. Esterilización del sistema	24
6. Características finales del puré de banano	25
7. Instrumentación básica del sistema	25
7.1 Sensores RTD (detectores resistivos de temperatura)	28
7.2 Válvulas de tres y dos vías	29
7.3 Válvula para vapor	30
7.4 Medidor magnético de flujo	30

CAPÍTULO II

1. Modificación al sistema de maduración 34
2. Modificación al equipo de despulpado 34
3. Modificación al sistema de agua de calentamiento 37

CAPÍTULO III

1. Estudio del cambio de pelado del banano, de manual a mecánico 39
2. Peladora mecánica de bananos 40

CAPÍTULO IV

1. Aspectos a considerar para el mantenimiento preventivo 46
2. Plan de mantenimiento preventivo 48

CAPÍTULO V

- Estudio de mercado 54
1. Descripción del producto 54
 - 1.1 Productos principales 54
 - 1.2 Productos sustitutos 54
 2. Descripción de los insumos 55
 3. Análisis de la demanda 55
 4. Análisis de la oferta 56
 5. Análisis del precio 56
 6. Comercialización 57

CAPÍTULO VI

1.	Estudio económico	58
1.1	Análisis macroeconómico	58
1.2	Análisis microeconómico	59
2.	Estudio financiero para el proyecto	59
2.1	Recursos financieros	59
2.2	Análisis y proyecciones financieras	60
2.3	Programa de financiamiento	61
2.4	Evaluación financiera	62
2.4.1	Tasa interna de rendimiento (TIR)	62
2.4.2	Valor actual neto (VAN)	62
2.4.3	Relación beneficio costo (B/C)	62
2.4.4	Período de recuperación (PR)	63
	CONCLUSIONES	64
	RECOMENDACIONES	66
	REFERENCIAS	67
	BIBLIOGRAFIA	69
	ANEXO	70

INTRODUCCIÓN

Mediante el uso de técnicas de procesamiento y llenado aséptico, se pueden producir jugos, purés y concentrados de frutas y vegetales con un alto estándar de calidad, manteniendo dichos estándares por un período prolongado de tiempo y haciéndolos, a su vez, disponibles durante toda la época del año. El procedimiento y llenado aséptico implica las siguientes condiciones: esterilización del producto, esterilización del material de envase, un ambiente estéril durante el envasado y producción de envases perfectamente selladas para prevenir una reinfección.

La palabra esterilización, implica un término absoluto, el cual supone la destrucción de todos los microorganismos vivos, no importando el volumen que se maneja, ni la cantidad de éstos. Debido a que la acción de destrucción microbiana, ya sea por tratamientos térmicos o químicos, se comporta de manera logarítmica, por consiguiente, la esterilidad (cero supervivientes) no puede ser conseguida sino de forma aproximada. Por lo tanto, se ha introducido el término esterilidad comercial, el cual es más realista.

La esterilidad comercial de un alimento es la condición que se alcanza por la aplicación de calor, el cual nos da como resultado un alimento libre de microorganismos de significancia para la salud pública (patógenos) así como de aquellos microorganismos que aunque carezcan de significancia para la salud, sean capaces de reproducirse en el alimento a las condiciones de almacenamiento y distribución (tiempo y temperatura).

En la fabricación de productos de larga duración, el proceso de esterilización del producto consiste en tratamiento de tiempo/temperatura. Mediante el calentamiento de un producto a una temperatura predeterminada y manteniendo esa temperatura durante un tiempo específico, se consigue el efecto de destrucción de microorganismos.

En productos de alta acidez o acidificados, como el caso del puré de banano, la destrucción de microorganismos causantes de los estropeos más importantes, se logra con un tratamiento a temperaturas relativamente bajas; la eficacia de destrucción se incrementa rápidamente con el aumento de la temperatura.

La comercialización de productos conseguidos mediante procesos asépticos, tiene gran aceptación a nivel mundial, siendo, por ende, la comercialización de estos productos la opción más importante para las economías latinoamericanas. La opción

aunada a procesos de fabricación más eficientes y parámetros de calidad más rígidos, presupone un desafío a las actuales normas de producción latina significa cambios, significa esfuerzo, los cuales es tiempo de llevar a cabo en beneficio de la economía y del bienestar común de los latinos.

OBJETIVOS

GENERAL

Proporcionar un compendio de la tendencia tecnológica más avanzada para el procesamiento de productos de larga duración, es decir, productos asépticamente concebidos; haciendo énfasis en las etapas básicas indispensables y los requerimientos mínimos necesarios para su consecución.

ESPECÍFICOS

Implementar un sistema mecánico que permita sustituir con eficiencia el trabajo efectuado manualmente.

Reducir los costos directos de producción.

Obtener parámetros de calidad acordes a las exigencias de los normativos internacionales, adoptados por los mercados nacientes de los actuales bloques económicos.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

El banano es una fruta que para iniciar su maduración segrega etileno¹, el cual se esparce a toda la fruta a consecuencia de una reacción en cadena, con lo cual se consigue la maduración; en este proceso se libera una cantidad considerable de calor latente (BTU).

El banano es una fruta de baja acidez ($\text{pH} > 4.6$) por lo que para procesarlo es necesario acidificarlo, es decir, agregarle uno o más ácidos para llevarlo a un pH final máximo de 4.6 o menos, para evitar el crecimiento de la bacteria² botulinum que degrada el producto. (ref. 14,15 p.p.)

El término pH es una forma de designar el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa. El pH está directamente relacionado a la razón de iones hidrógeno (H^+) mientras más iones hidrógeno estén presentes en la solución, más ácida será; $\text{pH} = -\log (\text{H}^+)$. (ref. 14,10 p.p.)

El agua pura que es neutra, tiene una concentración de 7, la escala va de 0 a 14, números menores de 7 indican un aumento en la concentración de iones hidrógeno (más ácidos).

El límite entre los productos alimenticios de alta y baja acidez, normalmente, es definido por un pH de 4.6; productos de larga duración son aquellos que mediante un tratamiento térmico en flujo continuo han sido esterilizados y a continuación envasados, aplicando un proceso aséptico para mantener un elevado nivel de calidad microbiológica. Los productos de esta forma obtenidos son comercialmente estériles (libres de: toxinas, microorganismos patógenos y de microorganismos que en condiciones normales son capaces de multiplicarse). (ref. 17, 2.2 p.p)

¹ *El etileno es un gas hidrocarburo, incoloro, de sabor dulce y olor agradable, inflamable; se obtiene de la separación de hidrógeno.*

² *Las bacterias son organismos unicelulares que se multiplican, principalmente, por división binaria o partición; durante este fenómeno se forma una pared de partición a partir de la célula madre y ambas mitades crecen hasta que se separan formando dos nuevas células.*

El tratamiento UHT (tratamiento a temperaturas ultra elevadas) se utiliza para productos de baja acidez, se refiere, normalmente, a un tratamiento térmico entre 135°C - 150°C, durante un tiempo de unos segundos, seguido por un enfriamiento rápido a temperatura ambiente. (ref. 17,5.4 p.p)

Para productos de alta acidez o acidificados, que es el caso particular que nos compete respecto del puré de banano, estos productos se pasteurizan a temperaturas entre los 85°C - 100°C, con tiempos de sostenimiento de 15 a 30 segundos.

La combinación tiempo/temperatura necesaria varía en dependencia del producto y de su pH. Algunos productos necesitan mayores temperaturas. (ref. 17,5.5 p.p)

La misión objetiva de los métodos de envasado aséptico es mantener la elevada calidad microbiológica del producto comercialmente estéril, que se introduce en el sistema de envasado y prolongarla durante todo el período de caducidad estimado. (ref. 17,5,2 p.p)

En una instalación de envasado aséptico deben cumplirse las siguientes funciones: creación de ambiente estéril durante la formación, llenado y sellado de los envases; esterilización de las superficies del material de envase en contacto con los alimentos y producción de envases, lo suficientemente herméticos para evitar reinfecciones.

2. ETAPAS PREVIAS AL PROCESO ASÉPTICO

2.1 RECEPCIÓN DE LA FRUTA

Los bananos son trasladados de los lugares de cultivo a la fábrica, en camiones; ya en la planta, la fruta es trasegada del camión a canastas plásticas, éstas son colocadas sobre tarimas para, posteriormente, ser llevadas al cuarto frío para su maduración. Los bananos llegan de color verde por su alto contenido de almidón.

2.2 MADURACIÓN DE LA FRUTA

Las tarimas con bananos se introducen a un cuarto refrigerado, se colocan en forma ordenada para permitir una adecuada circulación de

aire.

Para acelerar la maduración del banano, se hace circular etileno en forma de gas dentro del cuarto, el etileno al tener contacto con el banano, provoca que la fruta segregue su propio etileno con lo que se logra su maduración. Se usa una mezcla de 95.5% de nitrógeno y 5.5% de etileno, a razón de 10 a 40 Lts./Mt.³, llamada Azetyl, a temperaturas de 18°C a 24°C por 24 a 72 horas. (ref. 16,145 p.p) La temperatura del cuarto debe haberse estabilizado, previamente, en 20°C - 21°C antes de aplicar el etileno. Si la temperatura es menor, el gas no reaccionará y la maduración no se inicia, si la temperatura es mayor sí habrá reacción, pero, a los pocos días (2 a 3) se tendrán temperaturas demasiado altas dentro del cuarto (29°C - 30°C) las cuales provocarán que la fruta se oscurezca y su consistencia sea muy blanda.

La inyección de etileno gaseoso se prolonga por 24 horas, para lograr una maduración homogénea en toda la fruta. Posteriormente, el cuarto se abre por una hora para permitir que ingrese aire puro, para oxigenar de nuevo la atmósfera interna (el oxígeno es importante para permitir la maduración) se elimina la inyección de etileno artificial y de nuevo se cierra el cuarto.

Por espacio de 4 a 5 días se continúa abriendo el cuarto por una hora, cada 24 horas, para oxigenar el ambiente, ya que la fruta segregará etileno por sí misma hasta alcanzar su maduración, lo que, seguirá segregando hasta descomponerse. La maduración torna el color del banano en amarillo, debido a que todo el contenido de almidón se ha transformado en azúcares.

El cuarto frío debe mantener una temperatura interna de 24°C para que la maduración sea óptima, mayores temperaturas también provocan el oscurecimiento de la fruta.

2.3 LAVADO Y SELECCIÓN

Las canastas con banano se voltean sobre un tanque con agua clorinada para su lavado, el agua es constantemente recirculada por medio de una bomba centrífuga que succiona el agua en un extremo y la inyecta en el extremo opuesto, provocando turbulencia y

desplazamiento del agua, con lo que se logra lavar el banano y dirigirlo hacia una banda sanitaria con cangilones, inclinada, que sube el banano hacia otra banda sanitaria horizontal donde es eliminada la fruta dañada y de color oscuro, antes de caer en el canal que llevará la fruta para ser pelada. (Fig. 1)

2.4 PELADO DEL BANANO

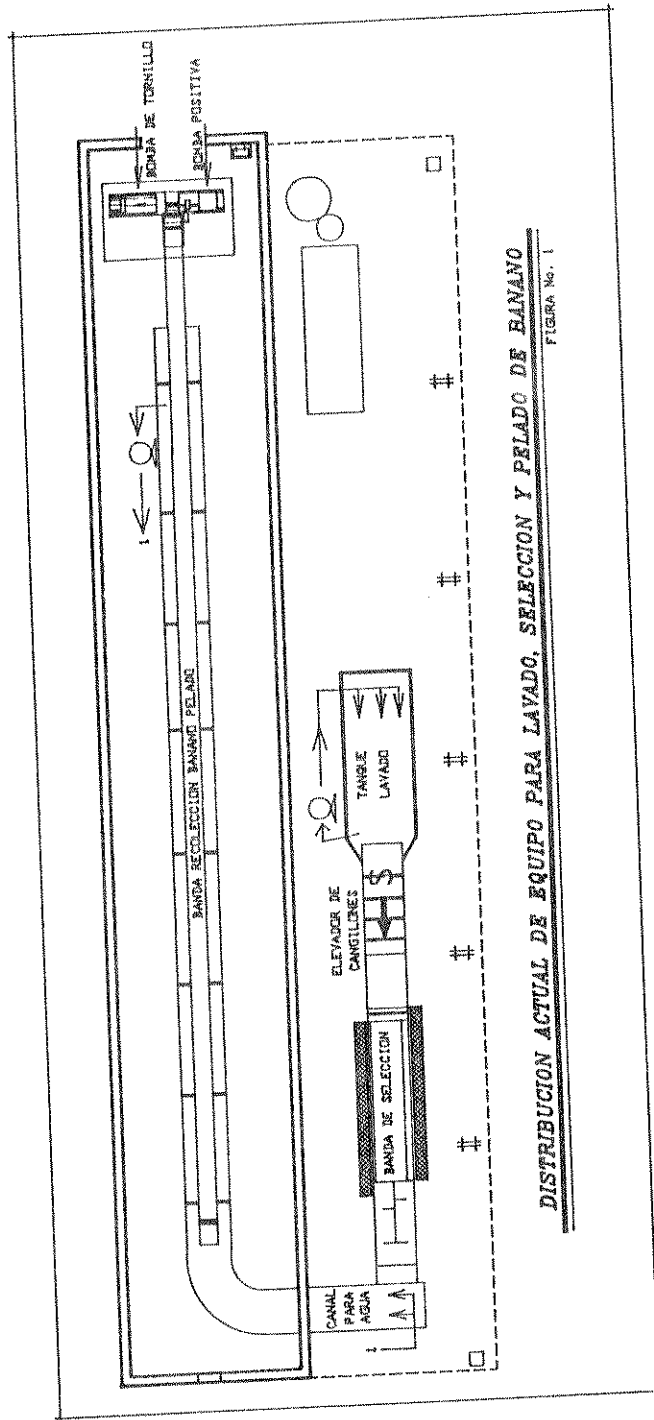
Un canal que contiene agua clorinada en constante circulación, gracias a una bomba centrífuga que succiona en el extremo final del canal y la inyecta en el otro extremo, permite la conducción del banano a lo largo del canal, donde es recogida para su pelado por el personal encargado de esta labor. El banano ya pelado es depositado en una banda sanitaria, ubicada sobre el canal a todo lo largo del mismo, la banda (Fig. 1) conduce el banano hacia un tornillo sin fin de acero inoxidable, que lo vuelve masa e introduce a una bomba positiva, la cual lo enviará hacia los pulperos (Fig. 2).

A la entrada del tornillo sin fin están colocados dos inyectores regulados por bombas dosificadoras, uno inyecta ácido ascórbico (vitamina C) como antioxidante (evita que el banano se oscurezca) y, el otro, inyecta ácido cítrico para acidificar el puré (bajar el pH).

2.5 DESPULPADO DEL BANANO

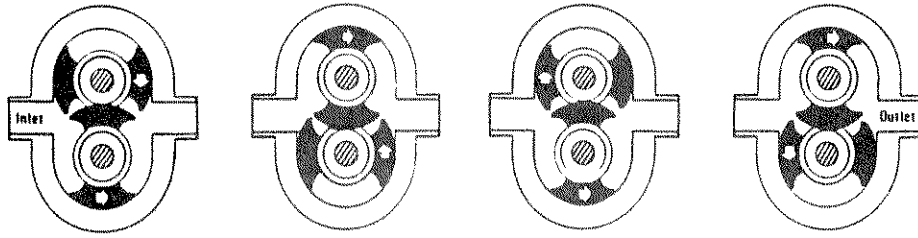
Los pulperos son cilindros que en su interior contienen una malla estática con agujeros de 0.02" de diámetro, también de forma cilíndrica, en el centro de la malla en sentido longitudinal, gira un eje provisto de 3 raspadores paralelos a él; entre los raspadores y la malla existe una pequeña separación, la que impide que se deterioren una con el otro.

La masa de banano ingresa al pulpero y se deposita en el interior de la malla, la rotación del eje y sus raspadores provoca que la masa sea expulsada contra la malla, donde es tamizada por centrifugación; la porción de masa que atraviesa la malla es la que continuará dentro del proceso, ya que contiene la cantidad de pulpa y semillas especificadas, la otra porción que queda atrapada dentro de la malla es expulsada hacia el frente, por donde sale y es desechada. El producto es trasegado hacia los evaporadores. (Fig 3)



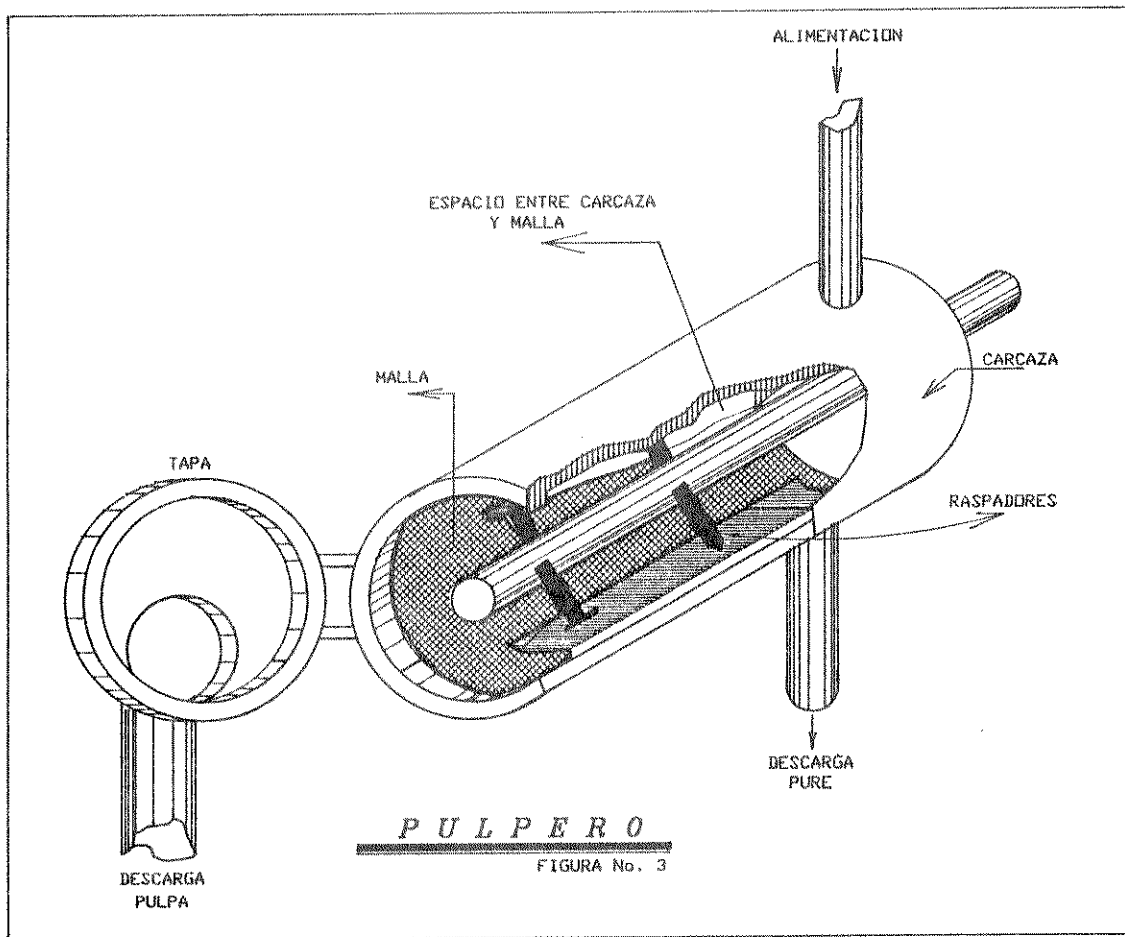
DISTRIBUCION ACTUAL DE EQUIPO PARA LAVADO, SELECCION Y PELADO DE BANANO

FIGURA No. 1



BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO DE ALABES

FIGURA No. 2



2.6 CONCENTRACIÓN DEL PURÉ (EVAPORADORES)

Los evaporadores consisten en tanques herméticos para contener el producto, una bomba centrífuga succiona el puré del tanque y lo hace pasar por un par de intercambiadores de calor (colocados a un costado del tanque) de donde regresa nuevamente al tanque; este ciclo se repite hasta que el puré alcanza los grados Brix³ deseados en cada etapa de evaporación.

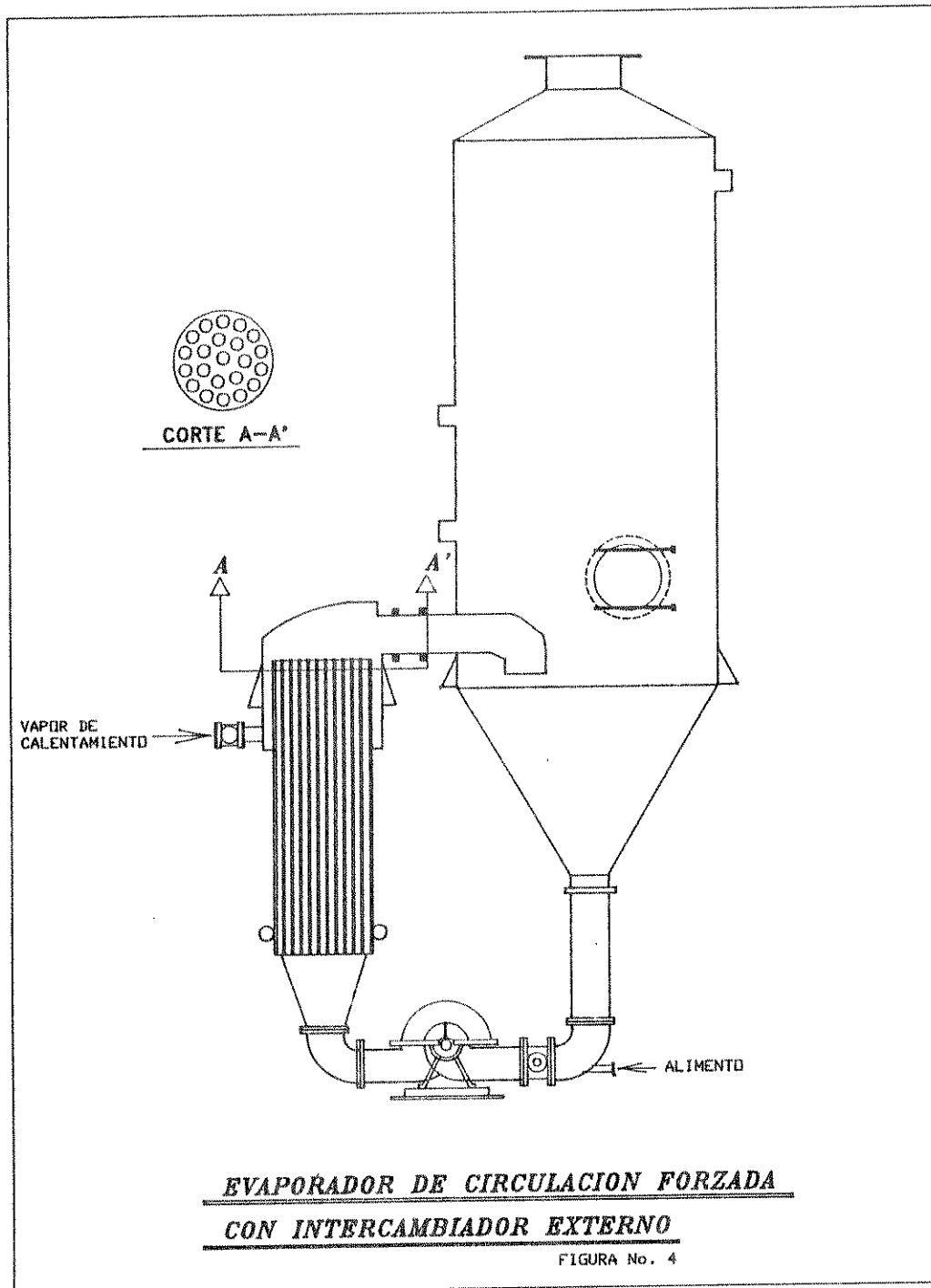
Los intercambiadores consisten en una serie tubos paralelos por donde circula el producto, rodeados de una concha (todo esto hermético) en cuyo interior circula vapor, con los que se logra calentar el producto y la consecuente evaporación de un porcentaje del agua contenida en el mismo. (Fig. 4)

Los tanques que contienen el producto son sometidos a una presión negativa (vacío) de 0.70 bares, con lo que se logra evaporar el agua del producto, utilizando menores temperaturas y, por ende, menores cantidades de vapor.

El vacío se consigue parcialmente por condensación, ya que el volumen del vapor a presiones negativas es bastante grande (399.2 pie³/Lb. a 2 pul. Hg. abs.) y la reducción de este volumen puede lograrse usando un condensador barométrico. El condensador barométrico está provisto de una entrada de agua y un eyector, de manera que el agua que entra, forme una cortina sobre el vapor que entra del evaporador y elimina gran parte del vapor del proceso condensado. Después de la compresión sufrida en la cortina de agua, la presión parcial del vapor remanente aumenta y ésta es eliminada por un contacto directo de este vapor con un colchón de agua fría. (ref. 10,459 p.p.)

Para remover el agua y el condensado sin perder el vacío es necesario mantener una columna del líquido (pierna barométrica) con una carga hidrostática, igual a la diferencia entre el vacío y la presión atmosférica, por lo que es muy importante el nivel constante del agua en esta pierna.

³ *Concentración de sólidos solubles en una solución acuosa o el porcentaje de azúcar, en gramos/100 gramos de solución.*



De manera, que, la superficie superior del agua está a una presión correspondiente al vacío y el agua en la parte inferior de la pierna barométrica está a presión atmosférica debido al peso de la carga hidrostática. Por lo tanto, a la pierna barométrica le entra continuamente líquido que está sometido al vacío y descarga líquido a presión atmosférica por la parte inferior. (ref. 10,460 p.p.) (Fig. 5)

El producto con la concentración de 23 grados Brix, es enviado a un tanque hermético, de donde iniciará el proceso aséptico.

3. PROCESO ASÉPTICO

En el procesamiento aséptico, el empaque y el alimento son esterilizados en sistemas separados. El empaque estéril es luego llenado con producto estéril, cerrado y sellado en una cámara (ambiente) estéril y en un proceso continuo.

Aséptico significa, una condición en la cual hay ausencia de microorganismos⁴, incluyendo esporas vivas⁵.

Sistema aséptico se refiere al sistema completo necesario para producir un producto comercialmente estéril, contenido en un envase herméticamente sellado, el término incluye los sistemas de procesamiento y de empaque.

Sistemas de procesamiento aséptico se refiere sólo al sistema que procesa el producto y los lleva al sistema de envasado aséptico.

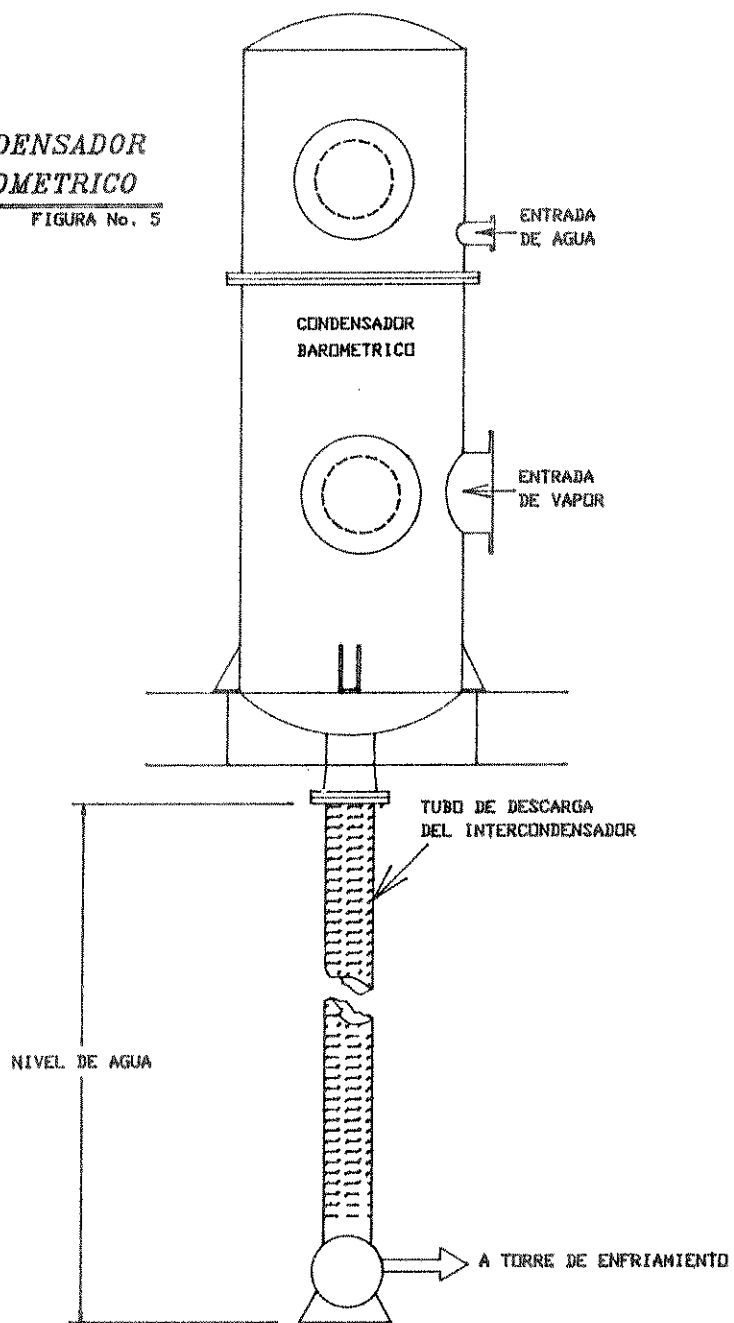
En la mayoría de los casos, la tasa de destrucción de microorganismos, en general, y, la destrucción de esporas bacterianas, en particular, sigue un orden semilogarítmico. Por consiguiente, la esterilidad (cero supervivientes)

⁴ *Microorganismo es un término muy amplio aplicado a todos los seres vivos de tamaño pequeño. La etimología de la palabra proviene del griego micro = pequeño, bis = vida y logos = estudio. La unidad de medida de los microorganismos es el micrómetro, donde 1 micrómetro = 0.001 milímetros, de aquí que para observarlos, es necesaria la ayuda de un microscopio, aunque cabe recordar que algunos microorganismos pueden ser vistos a simple vista y reciben el nombre de seres macroscópicos.*

⁵ *La espora es el elemento reproductor típicamente unicelular, capaz de desarrollar un individuo sin previa unión con otra célula. En general, son microscópicas y hay gran diversidad de tipos y modos de formación.*

**CONDENSADOR
BAROMETRICO**

FIGURA No. 5



no puede ser conseguida sino de forma aproximada. Los procesos de esterilización constituyen, por tanto, una reducción del número de microorganismos supervivientes y puede expresarse como el número de reducciones decimales (logarítmicas) conseguidas por el proceso. Esto, a su vez, define la eficacia o efecto de esterilización del proceso en cuestión. (ref. 17,5.10 p.p)

De aquí que el resultado microbiológico logrado por una línea de producción aséptica, pueda expresarse mediante la siguiente ecuación:

Tasa de inesterilidad = $\frac{\text{microorganismos supervivientes del proceso} + \text{reinfeción}}{\text{microorganismos supervivientes del proceso} + \text{reinfeción}}$

(Tasa de inesterilidad > 0)
(ref. 16,1.7 p.p)

Los sistemas asépticos comprenden, básicamente, tres unidades, la unidad de calentamiento del producto, la unidad de sostenimiento del producto a temperaturas y tiempos predeterminados, y, la unidad de enfriamiento. Algunos diseños, agregan una unidad de regeneración, en la cual se aprovecha hasta un 80% del calor del producto ya esterilizado, para precalentar el producto que es conducido a la unidad de calentamiento. (ref. 5,3 p.p)

Todas estas unidades son totalmente herméticas para permitir que el producto y el agua que circulan en su interior no se evaporen a altas temperaturas, y, evitar cualquier contacto con el exterior; y, lo suficientemente fuertes para soportar las presiones que en su interior se generan.

Las unidades están conectadas entre sí por medio de vueltas "U", en su recorrido existen válvulas, desniveles, etc., lo que provoca pérdidas de presión dentro del sistema, estas pérdidas son fácilmente compensadas al tener un homogenizador.

Todas las unidades anteriores deben ser debidamente lavadas y esterilizadas, para que pueda circularse producto para su esterilización y llenado aséptico (se describen más adelante).

3.1 ALIMENTACIÓN Y HOMOGENEIZADO DEL PURÉ

El puré de banano es alimentado del tanque, por medio de una bomba de tornillo hacia el homogeneizador, éste es un sistema que acciona una bomba de pistones, los cuales succionan el puré, lo comprimen para eliminar burbujas de aire y hacer la masa más homogénea, y, finalmente, los envía hacia el intercambiador de calor tubular.

3.2 UNIDAD DE CALENTAMIENTO

En productos de alta acidez o acidificados (puré de banano) la destrucción de microorganismos causantes de los estropeos más importantes (levaduras y mohos) comienza a partir de temperaturas de 80°C y la eficacia se incrementa rápidamente con el aumento de temperatura. (ref. 17,2.7 p.p)

La función de la unidad de calentamiento durante la producción es la de calentar el producto que ingresa hasta la temperatura de esterilización (109°C) lo que se consigue con un sistema de intercambiadores de calor tubulares de tres tubos concéntricos; el producto fluye en el tubo de en medio y agua caliente en los dos restantes en contraflujo, para obtener mayores temperaturas en el producto.

El agua para calentar el producto se consigue en un intercambiador de calor de tubos (circula agua) dentro de una concha hermética (circula vapor) una bomba centrífuga hace circular constantemente agua caliente del intercambiador (externo) vapor-agua hacia el intercambiador (parte del sistema aséptico) agua-producto.

El producto al salir del tubo de intercambiador ingresa al tubo de sostenimiento directamente. (Fig. 6)

3.2.1 Cálculo del intercambiador:

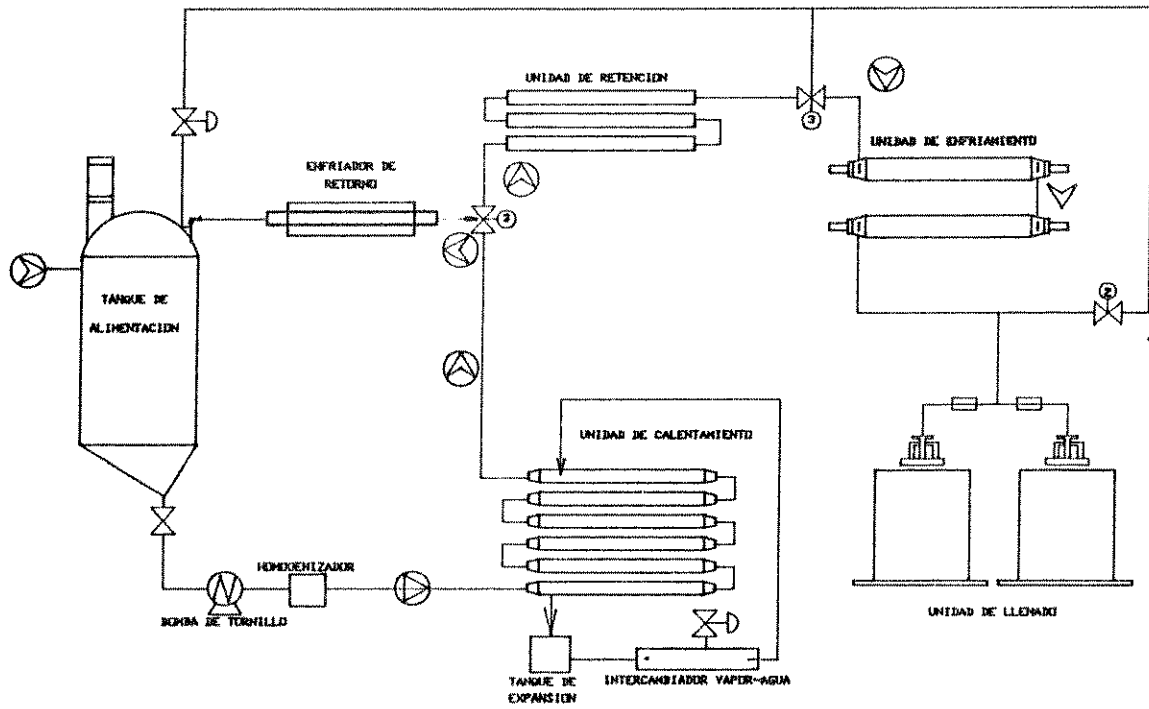
Flujo del puré (W): 7,557 Lbs./hora.

Flujo de calor (Q):

$Q = W \times C_p \times (T_2 - T_1)$ (ref. 10,141 p.p.)

DIAGRAMA DE DISTRIBUCION DEL SISTEMA ASEPTICO

FIGURA No. 6



Donde:

- Cp: calor específico del puré: 0.45 BTU/Lb.°F (ref. 9,704 p.p.)
- T2: temperatura final 228°F.
- T1: temperatura inicial 77°F.

$$\text{Flujo calor "Q"} = 7,557 \times 0.45 \times (228-77) = 513,498 \text{ BTU/h}$$

Flujo de calor a través de tuberías:

$$q = U \times A \times \Delta T \text{ (ref. 9,141 p.p.)}$$

Donde:

U: coeficiente de transferencia de calor, para el diseño se usa 60 BTU/(h x pie² x F) con una obstrucción de 0.003 y una pérdida de presión permisible de 5 a 10 Lb./pul². (ref. 10,945 p.p.)

A: área de transferencia de calor de tubos,
 tubo interno: 2.16"/12" x PI x L = 0.566L (pies)
 tubo medio: 3.5 "/12" x PI x L = 0.92 L (pies)
 área total: 1.49 L (pies)

ΔT :

PURE DE BANANO		AGUA CALIENTE	DIFERENCIA	
240°F	Alta temperatura	244°F	-4°F	ΔT_2
77°F	Baja temperatura	240°F	-163°F	ΔT_1
			-159°F	$\Delta T_2 - \Delta T_1$

$$\Delta t = \Delta T_2 - \Delta T_1 / (\ln \Delta T_2 / \Delta T_1) = 42.88^\circ\text{F}$$

$$q = 40 \times 58.67 \times 1.49 \text{ L}$$

$$513,498 = 60 \times 42.88 \times 1.49 \text{ L,}$$

de donde $L = 133.95 \text{ pies} = 40.84 \text{ metros}$.

El equipo tiene una unidad de 8 tubos de 6 metros cada uno, es decir, un total de 48 metros de tubos para intercambio de calor.

3.3 UNIDAD DE SOSTENIMIENTO

Una vez que el puré ha sido llevado a la temperatura de esterilización en la unidad de calentamiento, éste fluye a un tubo de retención o sostenimiento.

El tiempo requerido para que la partícula más rápida fluya a través del tubo se conoce como tiempo de residencia. El tiempo de residencia debe ser equivalente o mayor que el tiempo necesario a una temperatura dada para esterilizar el producto.

El tiempo medio de sostenimiento del producto en un esterilizador está determinado por:

- la capacidad (cantidad de paso) del esterilizador,
- el volumen (longitud por diámetro interno) de la cámara de sostenimiento, y,
- características del flujo.

La cámara de retención, es un tubo a través del cual la velocidad del flujo no es la misma para todo el puré. Algunas partículas se mueven con más rapidez que otras, de forma que su tiempo de sostenimiento es más corto que el resto del producto.

La capacidad (cantidad de paso) del tubo de sostenimiento es constante, debido a que el sistema incorpora una bomba de desplazamiento positivo, el homogenizador.

En el caso del puré de banano, el flujo se puede considerar como laminar, se determina que las partículas más rápidas tienen un tiempo de residencia de, aproximadamente, $2/3$ del tiempo medio de mantenimiento. (ref. 17,4.11 p.p.)

El tubo de retención es esencial para asegurar que el producto se mantiene a la temperatura de esterilización por el tiempo adecuado, su

diseño es esencial y de sus características dependerán las demás unidades.

Es importante que el tubo de retención tenga una inclinación hacia arriba en la dirección del flujo del puré (0.25"/pie) para eliminar bolsas de aire y evitar que se autovacíe. (ref. 14,58 p.p.)

La temperatura del puré en el tubo de sostenimiento debe ser monitoriada en la entrada y en la salida del mismo. De la salida del tubo de retención hasta las cabezas de llenado, la tubería es unida por medio de flanges con sello de vapor, para evitar reinfeción (ingreso de microorganismos del exterior). (Fig. 7) El producto al salir del tubo de retención, pasa a la unidad de enfriamiento. (Fig. 6)

3.3.1 Cálculo de la unidad de sostenimiento.

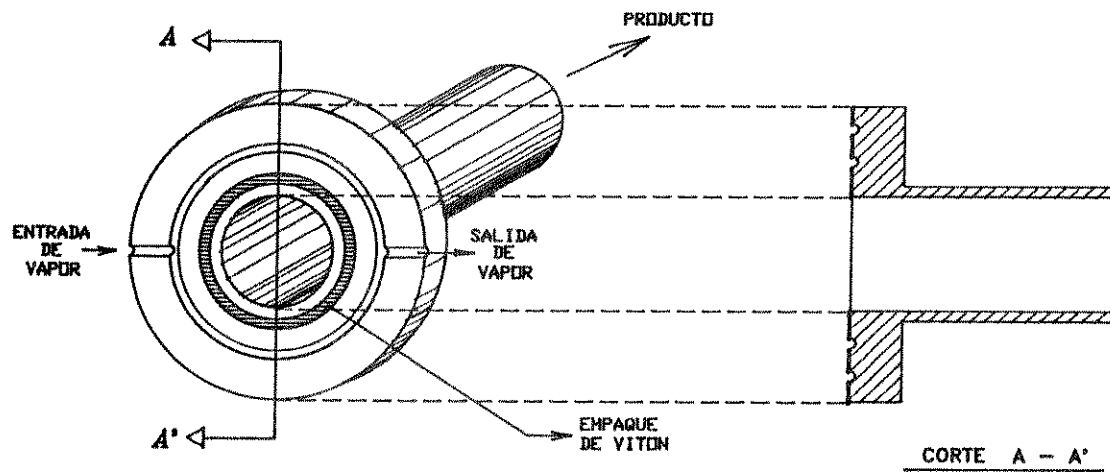
La esterilización de productos de alta acidez o acidificados, se alcanza a temperaturas entre los 85°C a 100°C, con tiempos de sostenimiento de 15 a 30 segundos. (ref. 17,5.4 p.p)

$$L = V_{max} * F * 10(121-T)/z \text{ (ref. 14,52 p.p)}$$

Donde:

$$\begin{aligned} L &= \text{longitud del tubo de sostenimiento (mts.)} \\ V_{max} &= \text{velocidad máxima del fluido (mts/min)} \\ z &= \text{pendiente de la curva TMT}^{\circ} \end{aligned}$$

⁶ La medida de la resistencia térmica de un microorganismo es su valor "D", el cual se calcula a partir de la curva de sobrevivientes. El valor D es el tiempo de reducción decimal a una temperatura constante y letal necesaria para destruir el 90% de los microorganismos presentes. $D = (t_a - t_b) / (\log a - \log b)$; siendo: (t_a - t_b) el tiempo de calentamiento, "a" y "b" el número inicial y final de microorganismos, respectivamente. Mientras más termo-resistente sea un microorganismo más elevado será el valor D. Cuando los valores de D se grafican en una escala logarítmica contra la temperatura en escala lineal, la mejor línea que se pueda trazar (por regresión) se conoce como la TMT (tiempo de muerte térmica) que muestra el efecto de la temperatura en el valor D. El parámetro que caracteriza a la pendiente de curva TMT es el valor "z".



FLANGE CON SELLO DE VAPOR

FIGURA No. 7

$$F = \text{valor de esterilización de un proceso (min.)}^7$$

$$V = W / (\rho \cdot A) \text{ (ref. 14,51 p.p.)}$$

Donde:

$$W = \text{flujo del puré (gramos/min)}$$

$$\rho = \text{masa específica (gramos/cm}^3\text{)}$$

$$A = \text{área interna del tubo (cms}^2\text{)}$$

$$V = 57,130.92 / (1.6 \cdot 45.603) = 782.99 \text{ cms/min}$$

$$V = 7.83 \text{ mts/min}$$

$$V_{\text{max}} = 1.79 V, \text{ para flujo laminar (ref. 14,51 p.p.)}$$

$$V_{\text{max}} = 1.79 \cdot 7.83 = 14.0157 \text{ mts/min}$$

$$L = 14.015 \cdot 0.30 \cdot 10(121-114) / 18 = 17.16 \text{ mts.}$$

El sistema cuenta con una unidad de sostenimiento compuesta por 4 tubos de 6 metros cada uno.

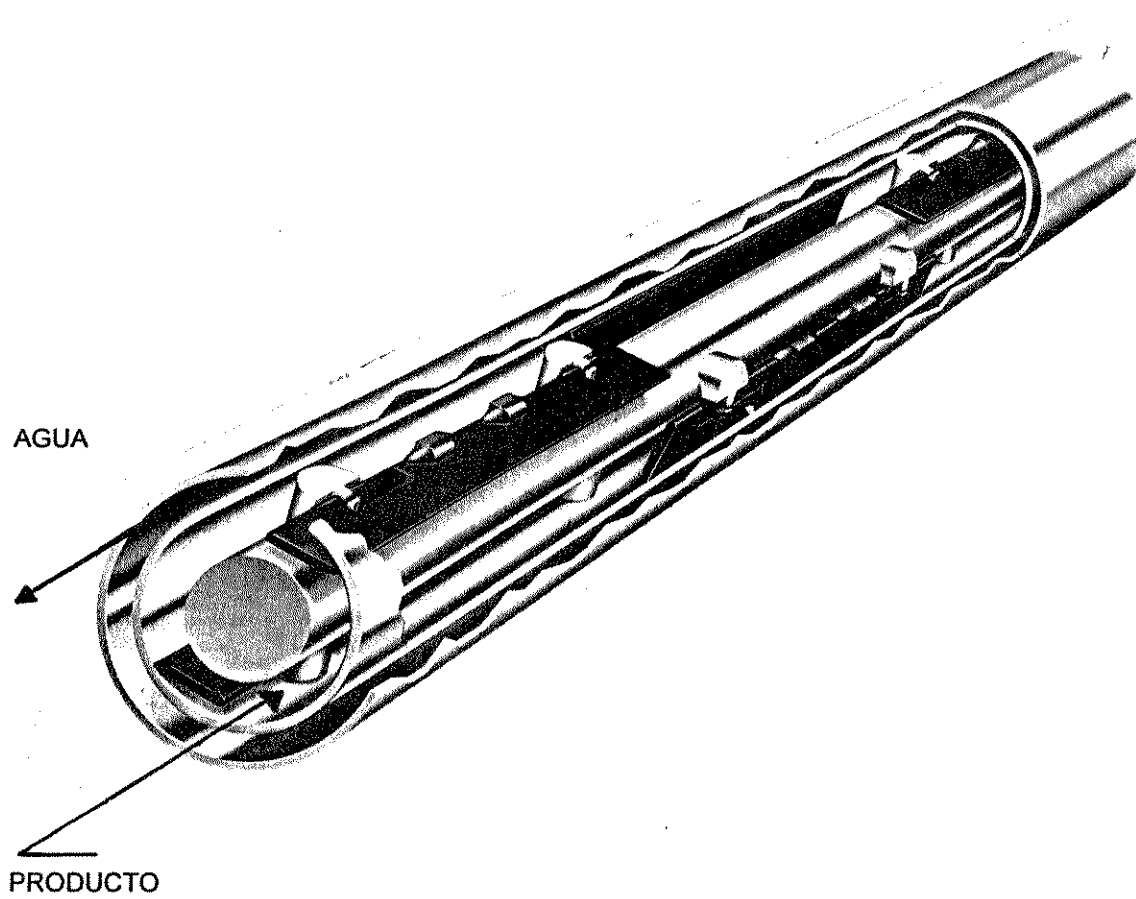
3.4 UNIDAD DE ENFRIAMIENTO

El puré de banano, debe ser enfriado para evitar cambios organolépticos (cambio de color, olor, aroma, etc.) al ser envasado, pues, al permitir su enfriamiento a temperatura ambiente puede sufrir variaciones organolépticas.

El enfriamiento del puré se lleva a cabo en dos enfriadores de tubos concéntricos, en el tubo externo circula agua fría y en el tubo interior el producto. El tubo interior está provisto de un eje giratorio con raspadores, para evitar que el puré se adhiera a las paredes del tubo y dificulte la transferencia del calor. (Fig. 8)

Al salir de los enfriadores, el puré fluye hacia la unidad de llenado.

⁷ Al considerar cualquier ciclo tiempo-temperatura se debe tener en cuenta que hay una acción bacteriana, la cual puede ser descrita por el valor $F = D \cdot (\log a - \log b)$. Para determinar F es necesario obtener primero el valor D para el microorganismo más resistente y la concentración más alta probable de este microorganismo en el alimento. El valor F expresa la destrucción térmica que se lleva a cabo en un proceso en términos de las concentraciones inicial y final de esporas y el tiempo-temperatura del proceso.



INTERCAMBIADOR DE CALOR CON RASPADORES (agua fría-producto)
FIGURA No. 8

3.4.1 Cálculo del enfriador:

$$\text{Flujo de Calor (Q)} = W \times C_p \times (T_2 - T_1)$$

Donde: W y C_p son los mismos usados en el cálculo del intercambiador.

T2: temperatura inicial 228°F

T1: temperatura final 86°F.

$$Q = 7,557 \times 0.45 \times (228 - 86) = 482,892 \text{ Btu/h.}$$

$$Q = U \times A \times \Delta T$$

Donde:

U es coeficiente de transferencia para el diseño, 100 BTU/(h x pie² x ° F) según referencia 16, en página 945 para enfriadores.

$$\text{Área: } 12.5"/12" \times \text{PI} \times L = 3.273 \text{ L}$$

ΔT :

PURÉ DE BANANO		AGUA FRÍA	DIFERENCIA	
228°F	Alta temperatura	68°F	160°F	ΔT_2
86°F	Baja temperatura	41°F	45°F	ΔT_1
			115°F	$\Delta T_2 - \Delta T_1$

$$\Delta T = (160-45)/\ln(160/45) = 90.66^\circ\text{F}$$

$$Q = 75 \times 3.237 \text{ L} \times 90.66$$

$$482,892 = 100 \times 3.237 \text{ L} \times 90.66 \text{ L}$$

de donde L = 16.45 pies = 5.01 metros.

La unidad de enfriamiento está compuesta por 2 enfriadores de 3 Mts. de largo cada uno, su rendimiento es bastante mayor, debido a los raspadores interiores. (ref. 5,45 p.p.)

3.5 UNIDAD DE LLENADO

La unidad de llenado la componen dos cabezas, las cuales envasan el puré en bolsas de aluminio-polietileno, las cuales vienen herméticamente selladas por un tapón plástico adherido a ella, las bolsas se proveen previamente esterilizadas.

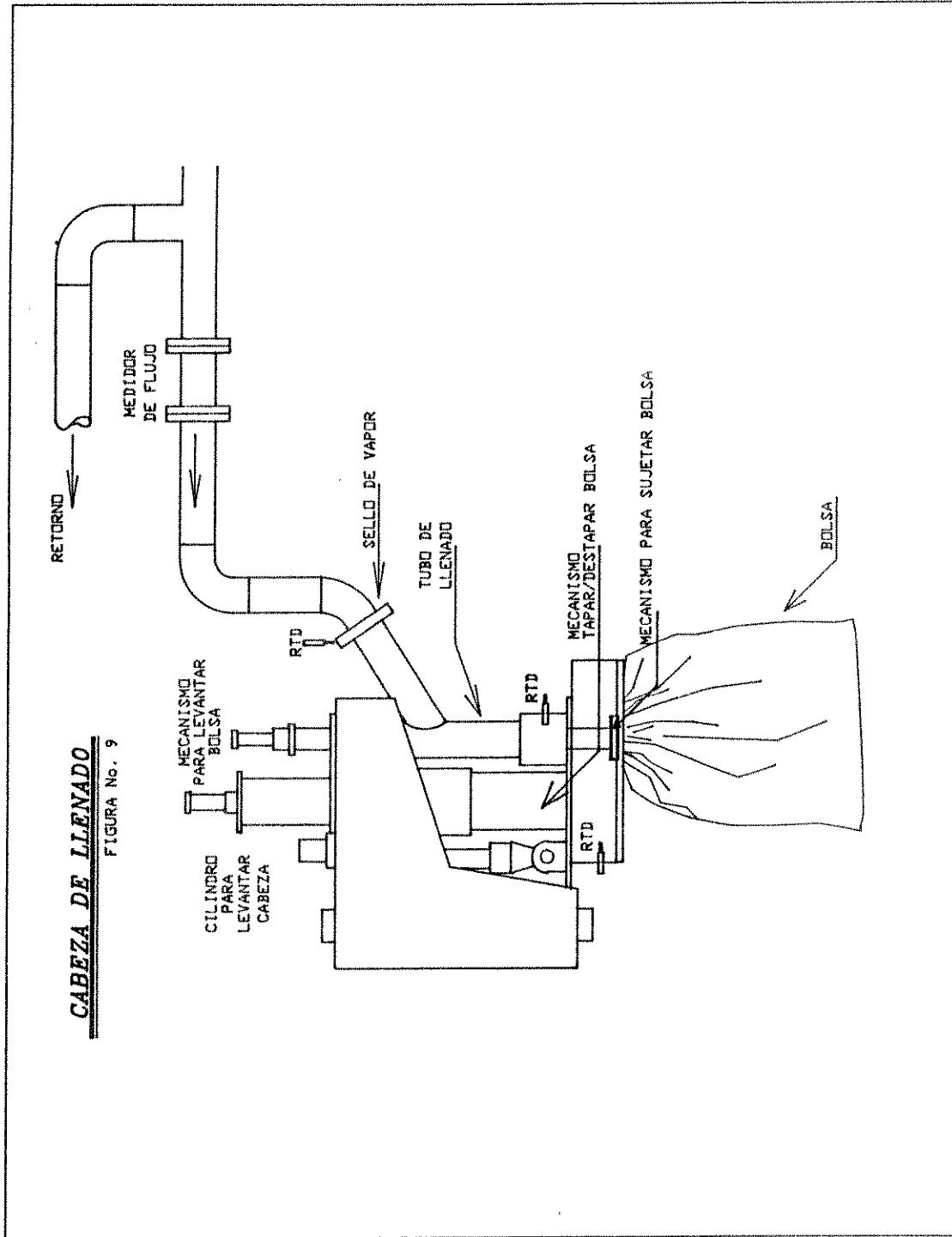
Cada cabeza de llenado está compuesta de dos mecanismos básicos provistos de microswitch fuera de la cabeza; y, un sensor magnético de flujo (se describe más adelante) que regula la cantidad de producto a envasar.

Al colocar la bolsa en la boca de la cabeza de llenado y oprimir un botón, se acciona el mecanismo de pinzas de sujeción, el cual atrapa el cuello de la bolsa con sus pinzas al cerrarse, éstas activan otro mecanismo que sujeta el tapón, sube unos milímetros con lo que desprende el tapón y, seguidamente, gira unos grados, para permitir que el cuello de la bolsa pueda ser elevado por el mecanismo de pinzas de sujeción hasta el tubo de llenado, activando, en esta posición, un sensor que abre una válvula que permite que el puré fluya hacia la bolsa. El producto que fluye hacia la bolsa es detectado por el sensor magnético de flujo, el cual al registrar el volumen predeterminado envía una señal para cerrar la válvula y revertir la secuencia de los dos mecanismos; con lo cual, la bolsa es bajada, el tapón colocado y, luego, soltada hacia el exterior.

Un porcentaje del 5% del producto es necesario que retorne desde la cabeza hacia el tanque de almacenamiento para que la válvula de contrapresión mantenga constante la presión en las cabezas. (ref. 5,12 p.p.)

Cuando por alguna causa el producto no es envasado, éste retorna al tanque; en este caso, la válvula se abrirá automáticamente para mantener la presión constante en las llenadoras. (Fig. 9)

Para permitir el ingreso del cuello de bolsa del exterior y permanecer estéril, el interior de las cabezas de llenados son inyectadas con nitrógeno (gas inerte) bajo presión, lo que permite una atmósfera de presión mayor que la exterior, para evitar el ingreso del aire.



CABEZA DE LLENADO

FIGURA No. 9

Cada vez que se coloca una nueva bolsa dentro del sistema, éste inyecta cloro concentrado, para esterilizar el tapón que viene del exterior y no está estéril.

Finalmente, las bolsas llenas de puré son introducidas dentro de toneles metálicos, para evitar que se dañen durante el almacenamiento y posterior traslado.

4. LIMPIEZA INTERNA DEL SISTEMA

La finalidad de un procedimiento de limpieza es conseguir superficies, físicamente, limpias. Las partes más difíciles de limpiar en un circuito de limpieza, tales como terminaciones muertas, bombas, válvulas, partes superiores de depósitos, etc., deberían, periódicamente, inspeccionarse.

Los procedimientos de limpieza tienen importancia en cuanto a:

- la corrosión de los equipos,
- el resultado del saneamiento de los equipos o de los procesos de esterilización,
- los aspectos generales de calidad del producto, y,
- el medio ambiente.

Los accesorios y tuberías por donde circula el producto son limpiados por un sistema de limpieza in situ (CIP).

El sistema de limpieza es un procedimiento sistemático que involucra tiempos, temperaturas y agentes para llevar a cabo la limpieza del sistema aséptico. Esta operación requiere considerar lo siguiente:

- la correcta selección del agente de limpieza,
- una adecuada calidad del agua,
- la correcta concentración de los agentes de limpieza,
- correctas temperaturas durante los ciclos de limpieza,
- suficientes caudales de las soluciones de limpieza y
- un adecuado tiempo de circulación (tiempo de contacto).

La selección de los agentes de limpieza, es de vital importancia en cuanto a manipulación, costos, estabilidad y, sobre todo, en cuanto a corrosión del equipo. Los más apropiados en nuestro medio son el ácido nítrico (HNO_3) o

fosfórico (H_3PO_4) para el lavado ácido; y, la soda cáustica (NaOH) para el lavado alcalino. Son necesarios lavados independientes con cada agente, para lograr la pasivación de las tuberías (estabilizarlas a un pH neutro). (ref. 17,4.8 p.p.)

Regularmente, la secuencia es como sigue: un enjuague con agua caliente para remover partículas de producto, un lavado con el agente a una temperatura adecuada, seguido de un lavado final con agua fría para remover totalmente el agente anterior. Cada fase del lavado dura entre 30 y 40 minutos.

Concentraciones y temperaturas recomendadas por los fabricantes:

- soda cáustica: 1 a 2 % a $80^{\circ}C$ o más (a elevadas temperaturas los problemas de corrosión son mínimos en el caso de aceros inoxidable)
- ácidos: 0.6 a 1.5 % de $50^{\circ}C$ a $80^{\circ}C$ (los ácidos a elevadas temperaturas dañan las juntas de goma y pueden producir corrosión en el acero inoxidable). (ref. 17,8.9 p.p.)

Para el transporte mecánico de partículas desprendidas de los depósitos o de los restos de producto se requiere un flujo turbulento, éste se consigue en el interior de los tubos si la velocidad del flujo es mayor de 1.5 m/seg. Debe tomarse en cuenta la capacidad de la bomba y la pérdida de presión dentro del circuito. (ref. 17,3.15 p.p.)

Es indispensable una adecuada limpieza del sistema, para obtener después una buena esterilización del mismo y, finalmente, por ende, la calidad necesaria en el proceso de producción.

5. ESTERILIZACIÓN DEL SISTEMA

Para lograr la esterilización del sistema, se hace circular agua por el circuito de producto, el agua es calentada en el intercambiador de calor con agua caliente. El agua de calentamiento para esterilización circula a mayor temperatura que para el llenado ($140^{\circ}C$) para calentar el agua dentro del circuito a $137^{\circ}C$, ya que, el agua del circuito deberá llegar hasta las cabezas de llenado a una temperatura mínima de $124^{\circ}C$, durante 30 minutos como mínimo, para garantizar que el sistema está totalmente estéril.

Durante el proceso de esterilización el agua caliente retorna de las cabezas de llenado hasta el tanque de alimentación, para ser recirculado de nuevo por todo el sistema. En este proceso no se hace uso del agua de enfriamiento en la unidad respectiva.

Cuando finaliza el proceso de esterilización, el sistema está apto para iniciar el proceso de llenado. En un sistema aséptico el flujo debe ser continuo, por lo que, el agua que sirvió previamente para esterilizar el producto, es empujada fuera del sistema al hacer circular por el sistema el producto a envasar. Después de que ha salido toda el agua, se elimina la porción de producto que se mezcló con el agua al empujarla, al tener únicamente producto, puede iniciarse el envasado.

6. CARACTERISTICAS FINALES DEL PURÉ DE BANANO

Las características que al finalizar el proceso deben estar presentes en el puré de banano, para cumplir las normas europeas de calidad para el puré de banano (Wilson, 1975, ref. 16, 153 p.p.) son las siguientes:

- color debe ser amarillo,
- vitamina "C" (antioxidante): 60 - 80 mg. %,
- pH: 4.4 a 4.5 (acidez: 0.21 - 0.25 %),
- viscosidad: 4.5 - 8.5 SSU,
- grados Brix: 21 a 25 gms. (sólidos solubles) / 100 gms. del producto.
- contenido de almidón: 2.5% máximo,
- contenido de estaño: 50 ppm máximo,
- hongos: máximo del 4% de campos positivos, según el conteo Howard,
- fragmentos de insectos: 5 en 200 gramos máximo,
- microorganismos termofílicos: 50 en 10 miligramos después de calentar a 109°C. máximo,
- bacteria que produce sabor agrio sin hinchar el envase (flat sour) 20 en 10 miligramos máximo.

El peso final de la bolsa que contiene el puré de banano, debe ser de 228.8 Kgs.

7. INSTRUMENTACIÓN BÁSICA DEL SISTEMA

En un sistema aséptico, los elementos de instrumentación desempeñan un

papel vital para la consecución de un producto que tenga las características de calidad, requeridas.

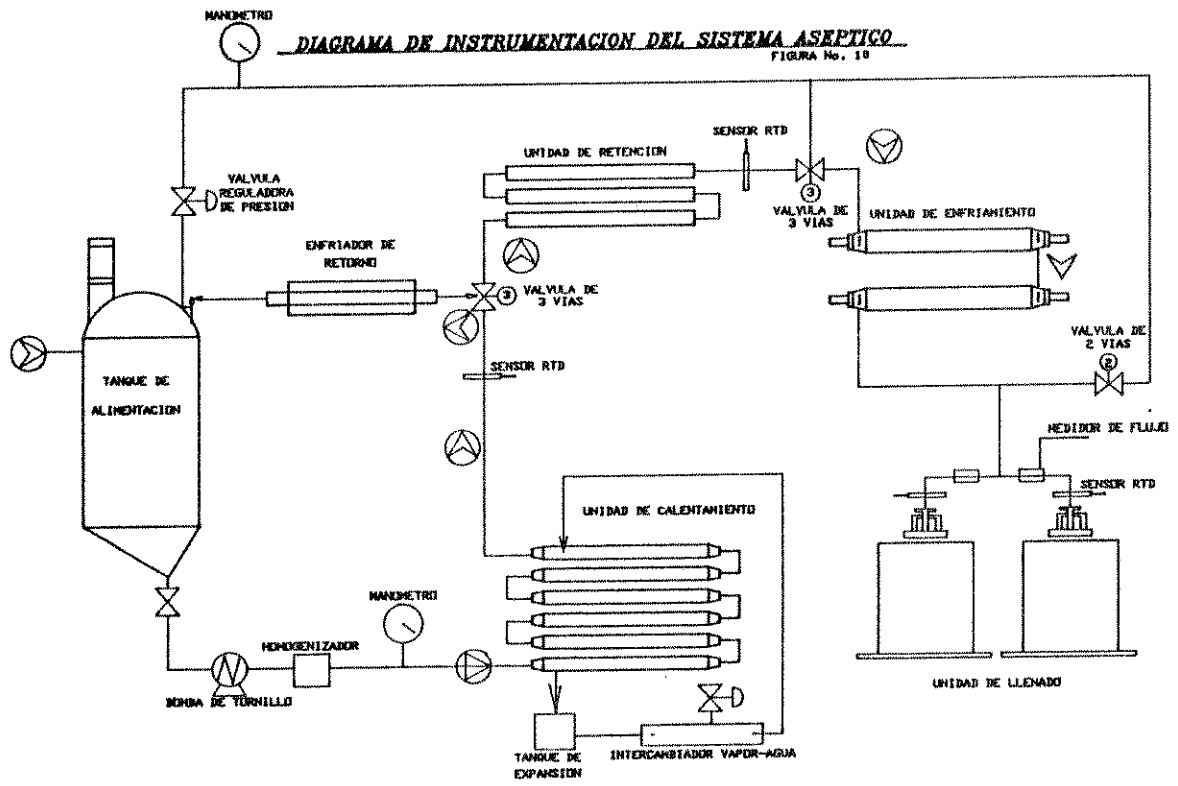
En un sistema de este tipo, la función principal recae en elementos sensores de temperatura, ya que ellos son los encargados de transmitir al autómeta, señales que lo mantendrán informado de lo que sucede dentro del sistema y, éste, envíe las señales necesarias a otros elementos actuadores (válvulas, relés, temporizadores, etc.) garantizando de esta manera, por ejemplo, que el producto que sale de la unidad de sostenimiento lo hizo a la temperatura necesaria para la esterilización.

Los sensores de temperatura utilizados son del tipo RTD, la unidad de sostenimiento tiene uno a la entrada y otro a la salida, para monitorear básicamente, la temperatura de salida del producto. Si la temperatura de salida del producto fuese menor a la requerida, el autómeta enviará una señal para que la válvula (3 vías) cambie su posición y retorne este producto al tanque de alimentación.

Las cabezas de llenado tienen 3 sensores cada una, para sentir que la temperatura en los sellos de vapor es la adecuada, tanto en producción como en esterilización; si las temperaturas son menores, el autómeta no permitirá seguir llenando e indicará que se esterilice de nuevo, y, durante la esterilización no iniciaría el conteo de los 30 minutos necesarios. El tubo de alimentación de producto de cada cabeza de llenado, así como el de retorno, tienen sensores que garantizan la adecuada temperatura, durante el proceso de esterilización del sistema. De ser menores no se iniciará el conteo de 30 minutos respectivo.

Finalmente, el sistema de agua caliente cuenta con otro sensor para monitorear la temperatura del agua, además, si la diferencia de temperaturas entre el producto y el agua caliente es mayor de 8°C , se puede detectar una posible incrustación en los tubos del sistema de agua caliente. Esta unidad tiene una válvula neumática para regular el ingreso de vapor, el grado de apertura de la misma depende de la presión del aire enviado, y, esta presión, a su vez, depende de la temperatura sensada en el agua de calentamiento. (Fig. 10)

En la tubería que alimenta a las cabezas de llenado, se tiene una válvula de 3 vías, la cual en forma intermitente cambia de posición durante la esterilización, para permitir que los fluidos de limpieza circulen hacia las cabezas, así como por el tubo de recirculación.



Al final del tubo de recirculación, está ubicada una válvula de 2 vías, la cual se mantiene en posición cerrada para mantener una presión constante dentro del sistema, al aumentar la presión dentro del mismo, ésta vence la presión que mantiene la válvula cerrada, permitiendo la recirculación del producto. La válvula permanece abierta durante el lavado, para garantizar su adecuada limpieza. (Fig. 10)

A la entrada del sistema, luego del homogenizador, como en el retorno hacia el tanque de alimentación, existen sensores de presión (manómetros) para monitorear la presión en el sistema. La unidad de agua de calentamiento también está provista de un sensor de presión, que garantiza que el agua no se evaporará. Estos sensores no envían señales, únicamente son de referencia para la operación.

Cada una de las tuberías de alimentación de producto, tiene instalado un medidor de flujo magnético, los que dosifican la cantidad de producto a ser envasado.

Es importante hacer mención, de que todas las partes de los dispositivos anteriores, que tienen contacto con el alimento son rigurosamente de acero inoxidable.

A continuación se describe con detalle en funcionamiento de los sensores (RTD) válvulas y medidor de flujo que se emplean en el equipo.

7.1 Sensores RTD (detectores resistivos de temperatura)

Los transductores termorresistivos, se basan en la dependencia con respecto a la temperatura de la relación volt-amperio de los materiales conductores y semiconductores. Éstos son transductores pasivos que requieren una fuente externa de energía eléctrica y es necesario tener cuidado a fin de reducir el autocalentamiento debido a la pérdida i^2R del transductor.

Los sensores RTD se elaboran con material conductor metálico. Las sondas RTD presentan la forma de bobinas de alambre o películas metálicas. Los materiales más comunes son el platino, níquel y aleaciones de níquel. Los metales presentan una característica positiva de la resistencia en función de la temperatura, que es bastante lineal en un gran intervalo: los coeficientes de temperatura (térmicos)

son del orden del 0.4 %/°C.

La relación teórica es bien conocida y, en consecuencia, del detector resistivo de temperatura de platino (PRTD, de platinum resistance temperature detector) se emplea como el patrón estándar para la interpolación entre puntos fijos. Para mediciones prácticas la relación teórica no lineal se aproxima por medio de una serie de potencias.

Las sondas RTD de alambre arrollado, deben construirse cuidadosamente a fin de evitar cambios en la resistencia, inducidos por deformación y la captación electromagnética. Tales sondas tienden a ser bastante frágiles, voluminosas y de respuesta lenta. El RTD de película es más resistente, pequeño y rápido, pero menos estable que los RTD de alambre arrollado. (ref. 2,468 p.p)

La señal (milivoltios) del sensor es enviada al PLC (programa lógico de control) éste la procesa, de la forma siguiente: compara la señal que recibe en milivoltios, con otro valor también en milivoltios, que equivale a la cantidad de grados centígrados que le hemos programado (setpoint). Si la señal recibida es menor que la programada, el PLC enviará una salida en miliamperios proporcional a la diferencia entre las dos señales. La señal del PLC pasa por un transductor electrónico, el que convierte la señal de miliamperios en una señal neumática equivalente, la que regulará la apertura o cierre gradual de la válvula. (fig. 11)

7.2 Válvulas de tres y dos vías

Las válvulas de 3 vías, tienen como función sellar totalmente una de las dos vías de salida (la tercera vía es de ingreso) para dejar pasar el flujo en una u otra dirección, el desplazamiento del vástago con los asientos para sellar debe ser total, por lo que la señal neumática es del tipo ON-OFF.

La válvula posee una recámara a donde ingresa la señal de aire, la cual acciona un pistón que vence la resistencia de un resorte y hace descender el vástago para sellar una de las 2 vías de salida, la otra es sellada al eliminar la señal de aire, lo que permite el regreso del vástago por la acción del resorte.

El funcionamiento de la válvula de 2 vías es similar a la de 3 vías, con la variante de que el vástago, únicamente, tiene un asiento para sellar la única salida.

Para estas válvulas una señal neumática de 15 psi. es suficiente para accionarlas, ya que el diámetro del pistón es de 4 pulgadas, por lo que la fuerza ejercida es suficiente ($Fuerza = Presión \times \text{Área}$). (ref.11,15.3 p.p) (Fig. 12 y 13)

7.3 Válvula para vapor

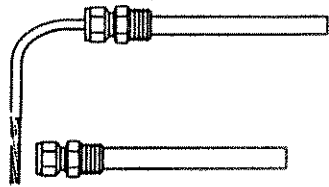
La válvula para vapor, regula la presión del vapor de ingreso, así como el caudal del mismo. Ésta se compone de un diafragma de material flexible, asegurado por dos cuerpos de fundición; en la parte superior ingresa presión de aire para actuar el diafragma, el que acciona un vástago que vence un resorte para permitir que la válvula abra. La apertura es proporcional a la presión de aire que recibe. (Fig. 14)

7.4 Medidor magnético de flujo

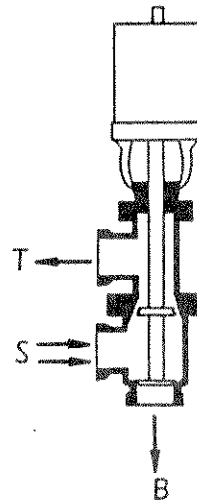
El medidor magnético se compone de una sección de tubería por donde circula el flujo, un juego de bobinas electromagnéticas y un par de electrodos en contacto con el fluido. Las bobinas producen un campo magnético perpendicular al flujo. Los electrodos están localizados en ángulo recto respecto del flujo.

El principio de operación se basa en la ley de Faraday (Ley de Inducción Electromagnética) que dice:

la fuerza electromotriz induce un voltaje en un conductor en movimiento, al estar dentro de un campo magnético y ésta será proporcional al tiempo que duren los cambios del flujo magnético.

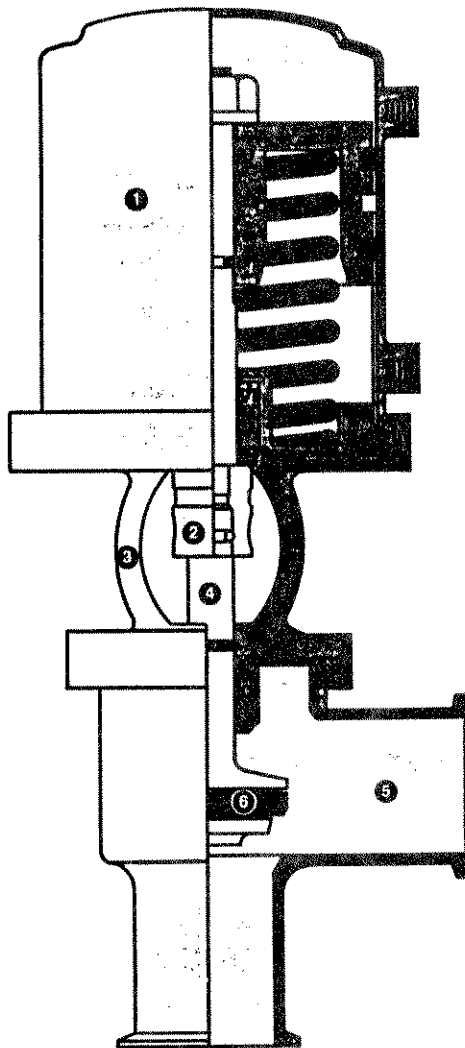


SENSORES RTD
FIGURA No. 11



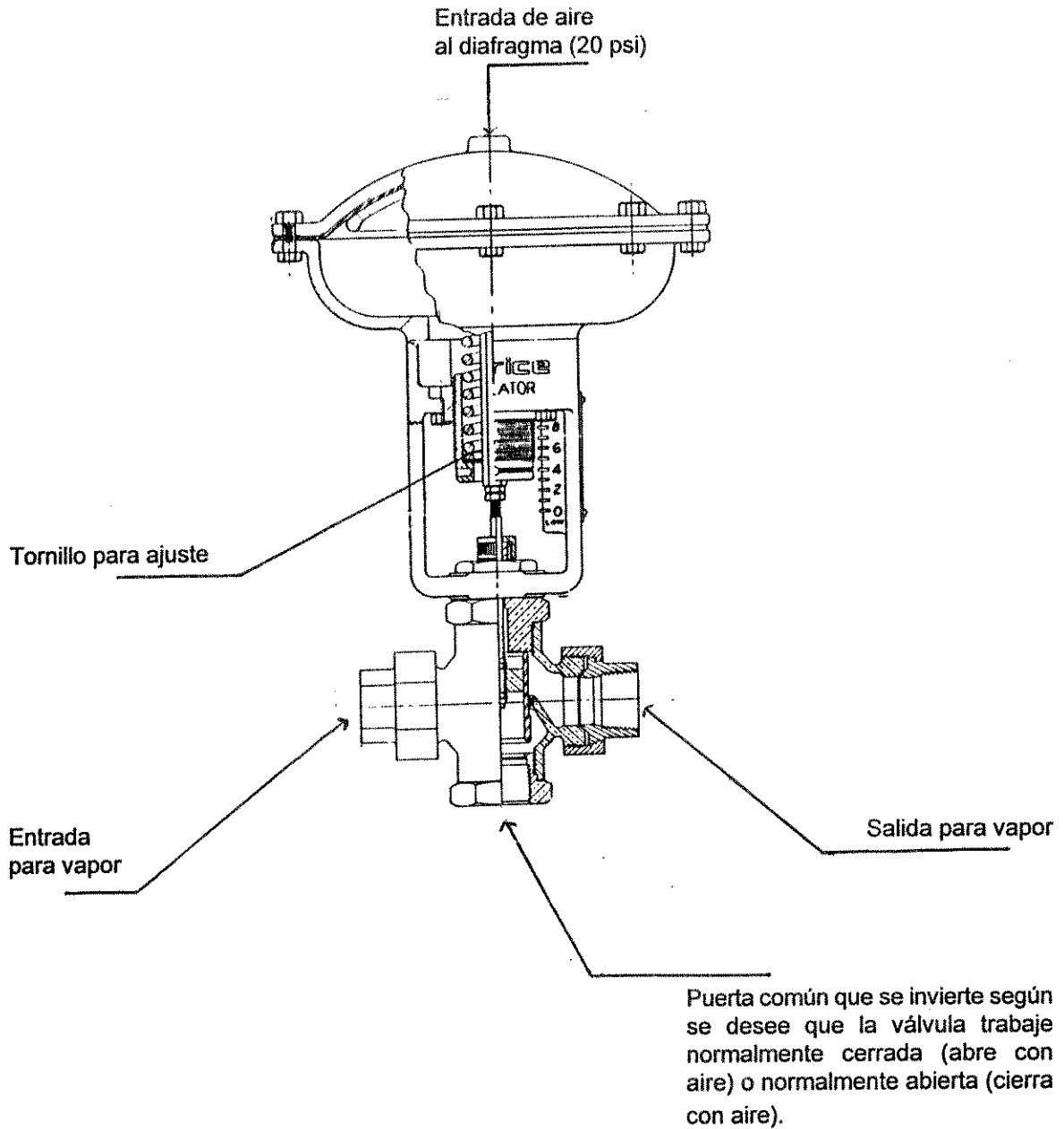
S: ENTRADA
T,B: SALIDAS

VÁLVULA DE TRES VÍAS
FIGURA No. 12



1. Actuador neumático: pistón, eje y resorte, conectores para aire y carcaza.
2. Acople.
3. Base de la válvula.
4. Soporte para el sello.
5. Conducto de entrada.
6. Sello de teflón.

VÁLVULA DE DOS VÍAS
FIGURA No. 13



VALVULA NEUMÁTICA PARA VAPOR
FIGURA No. 14

Las bobinas y los electrodos son fijos y, geoméricamente, permanecen constantes, por lo que el cambio en el flujo magnético es debido a la velocidad del conductor a través del campo. El fluido actúa como conductor, por lo que es aplicable sólo a flujos conductores.

La fuerza electromotriz proporcional a la velocidad, aparece como un potencial generado entre los dos electrodos, ese potencial es:

$$e = B \times d \times V,$$

donde:

B es la inducción del flujo electromagnético,
d es la distancia entre los electrodos y
V es la velocidad promedio del fluido.

La única variable en la ecuación anterior es la velocidad.

Esta relación es aplicable a fluidos laminares, turbulentos o en transición.

La magnitud del voltaje generado en estos equipos es de 3 voltios por cada 10 pies por segundo de velocidad del flujo. (ref. 2,458 p.p) (Fig. 15)

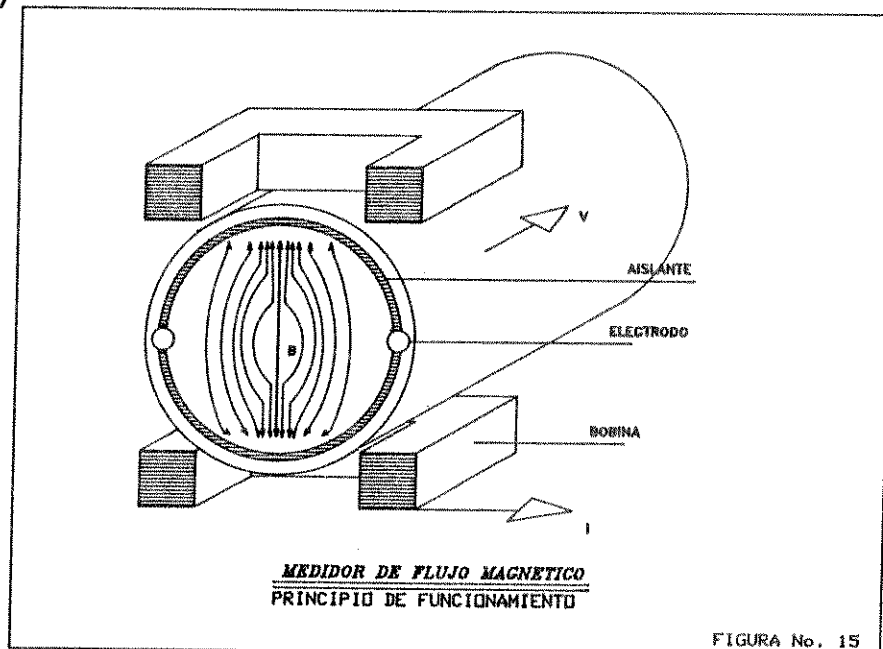


FIGURA No. 15

CAPÍTULO II

1. MODIFICACIÓN AL SISTEMA DE MADURACIÓN

Para que el banano inicie su maduración, es necesario inyectarle etileno gaseoso, éste debe ser distribuido dentro del cuarto refrigerado en la forma más homogénea posible. Por lo que se hizo necesario, utilizar canastas plásticas ranuradas y ordenarlas, adecuadamente.

Para que el etileno disuelto en el aire dentro del cuarto tenga una mejor circulación, se colocó un ventilador de tipo axial en una de las paredes del cuarto, con el que se consigue una circulación forzada del aire, la que permite que éste circule y tenga contacto con la fruta de una manera más homogénea, lográndose de esta manera que la fruta obtenga su color amarillo, signo de su maduración completa, por haber eliminado, adecuadamente, el almidón (que lo torna de color verde).

Cuando se abre la puerta del cuarto, cada 24 horas, por espacio de una hora, para extraer el aire viciado de su interior (sin oxígeno) e inyectarle aire nuevo (con oxígeno) el proceso se lleva a cabo de manera más rápida, pues, el ventilador obliga al aire viciado a salir y permite el ingreso del aire nuevo.

Todo lo anterior conlleva a una textura para la producción de puré de mejor calidad, es decir, obtener una textura de 0.18 a 0.30 Kgf/cm², que es cuando el banano tiene su sabor propio, cuando es dulce y no se detecta el sabor a almidón. (ref. 16,45 p.p.)

2. MODIFICACIÓN AL EQUIPO DE DESPULPADO

El banano ya pelado es muy susceptible a oscurecerse (oxidarse) al tener contacto con el aire que lo rodea, reacción ésta que no es deseable; esto se puede evitar si se rodea al banano de una atmósfera de vapor de agua.

El equipo que permite el contacto de aire con el puré de banano es el pulpero, por lo que se le adicionó un sistema que le inyecta vapor para formar una atmósfera con presión positiva que impide el ingreso del aire del exterior.

A un pequeño tanque de acero inoxidable, que contiene agua, se le inyecta

vapor para calentar el agua, el vapor del agua circula por los pulperos creando la atmósfera de presión positiva. El agua es mantenida a un nivel constante con la ayuda de un flote.

La tubería que conecta el tanque con los pulperos, impide que el sistema sea totalmente hermético, con lo que se consigue un vapor a baja presión y baja temperatura. (fig. 16)

Cálculo.

Con la inyección de 1 Lb. de vapor en agua, se obtiene 0.9 Lbs. de vapor de agua destilada. (ref. 10,448 p.p.)

Suminsitro de vapor: 230°F.

Evaporación del agua: 212°F.

Flujo necesario: 40 Lbs./hora.

Calor para la evaporación:

$$Q = \text{Flujo} \times \text{Entalpía de evaporación}$$

$$Q = 40 \text{ Lb./H} \times 970.3 \text{ BTU/Lb.} = 38,812 \text{ BTU/h.}$$

Carga térmica:

$$230^\circ\text{F} - 212^\circ\text{F} = 18^\circ\text{F}$$

Coefficiente para agua en evaporación comercial:

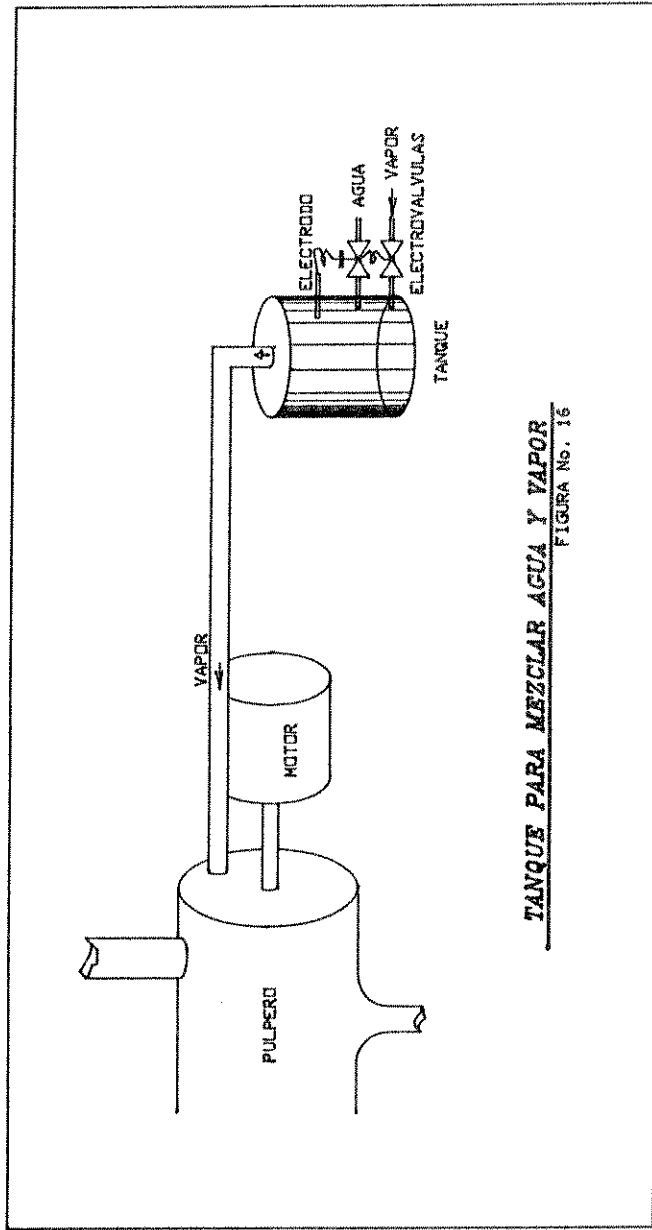
$$75\% \text{ (ref. 10,145 p.p.)}$$

Área del evaporador:

$$A = Q / (U \times \text{Coefic. evap.} \times \text{Carga térmica})$$

Q: calor para evaporación

U: coeficiente de diseño,



TANQUE PARA MEZCLAR AGUA Y VAPOR
FIGURA No. 16

C: coefic. evaporación

q: carga térmica

700 BTU/(h x pie x F) (ref.10,447 p.p.)

$$A = 38,812 / (521 * 0.75 * 18) = 4 \text{ pies}^2.$$

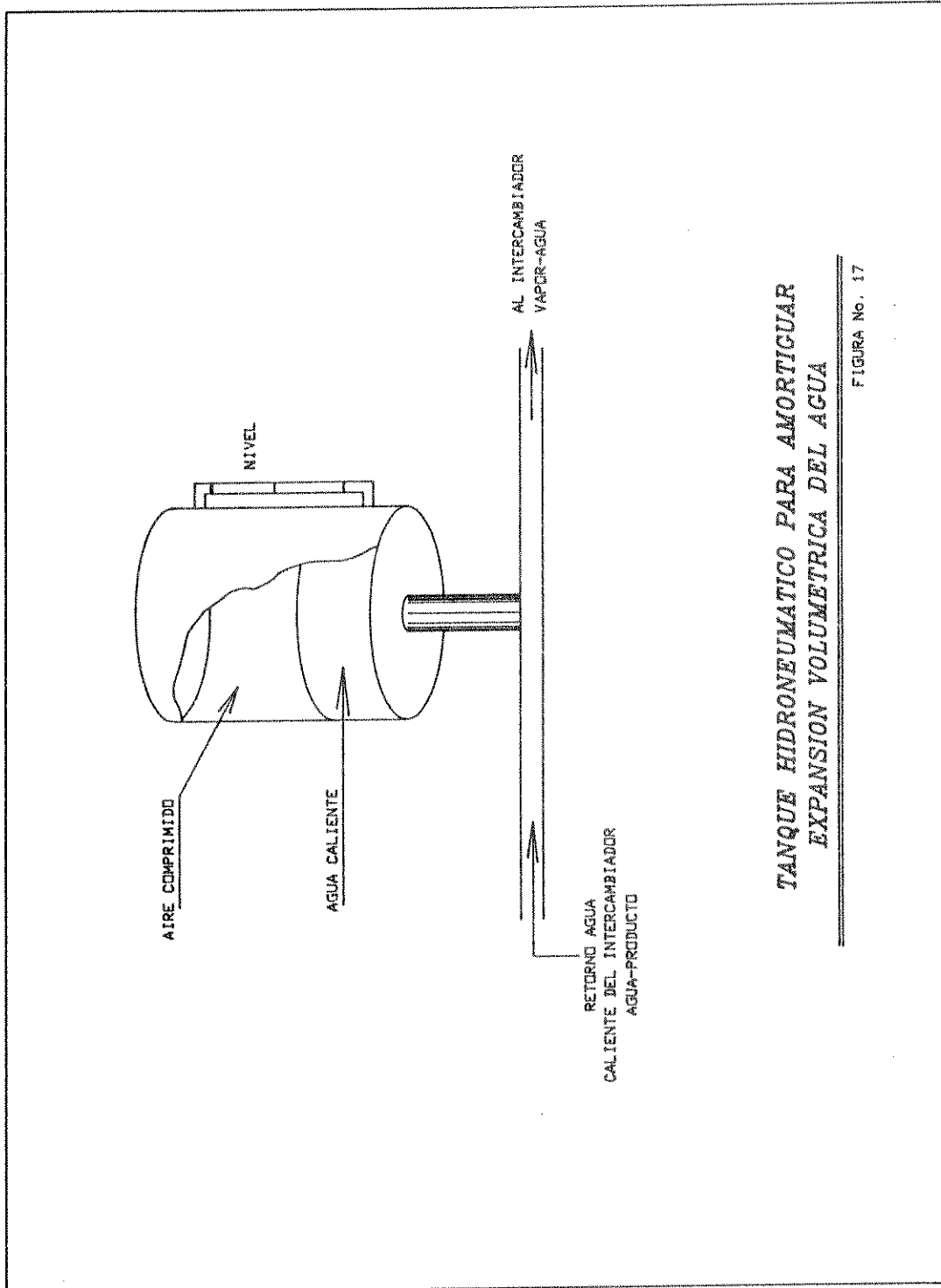
3. MODIFICACIÓN AL SISTEMA DE AGUA DE CALENTAMIENTO

Cuando se alimenta agua a los tubos de la unidad de calentamiento, ésta ingresa a temperatura ambiente, al abrir la válvula para vapor, el agua es calentada hasta alcanzar los 140°C, con lo que la presión interna de la unidad aumenta a 50 psi (ref. 5,55 p.p) lo que puede provocar que los tubos internos colapsen.

Para prevenir el daño a los tubos, en el tubo de retorno del agua caliente, entre la unidad de calentamiento y el intercambiador de calor (vapor-agua) se instaló un tanque hermético, el cual amortigua el efecto de la expansión volumétrica del agua al llegar a la temperatura y presión de trabajo.

El tanque mantiene aire en la sección superior, el cual es comprimido por el agua al aumentar de volumen, en la sección inferior siempre habrá agua, la cual impedirá que el aire sea arrastrado en la circulación del agua, ya que el aire reduce la transferencia de calor.

Además, en la tubería de salida del intercambiador de calor, se instaló una válvula de alivio que permite liberar la presión interna si ésta llegase a valores muy altos (70 psi). (Fig. 17)



**TANQUE HIDRONEUMÁTICO PARA AMORTIGUAR
EXPANSION VOLUMÉTRICA DEL AGUA**

FIGURA No. 17

CAPÍTULO III

1. ESTUDIO DEL CAMBIO DE PELADO DEL BANANO DE MANUAL A MECÁNICO

El pelado del banano en forma manual involucra a 46 personas para quitarle la cáscara a la fruta, actividad que realizan a razón de 12 bananos por minuto por persona.

La cantidad de bananos a procesar es de 1,000 quintales, los cuales representan 70 tarimas con 50 canastas cada una y una canasta contiene en promedio 90 bananos. Lo cual da un promedio de 315,000 bananos, con una capacidad de pelado de 552 bananos por minuto, el tiempo teórico necesario es de 9.5 horas. Al tiempo anterior hay que agregar: el tiempo de comida que es de 1 hora y 0.5 horas de tiempo para actividades biológicas básicas.

En resumen, son necesarias 11 horas de trabajo, a un promedio de Q 27.00 la jornada de 9 horas y Q 12.00 de 2 horas extras por persona, por lo que el costo de mano de obra del pelado de los 1,000 quintales de banano es de Q 1,702.00.

Para llevar a cabo la actividad, es necesario un canal y una banda transportadora de 25 Mts. de largo lo que implica que los bananos que fueron pelados en el extremo de entrada recorran los 25 Mts. en contacto con el aire circundante e inicien una oxidación no deseada, en promedio, cada banano pelado estará en contacto con el aire 13 metros, y, por la velocidad de la banda, el contacto dura 15 segundos.

Es necesario el auxilio de 5 personas adicionales, que su tarea consista en sacar las canastas con la cáscara que cada persona al pelar el banano ha ido depositando en las mismas. El uso de estas personas agrega un valor al costo de la tarea de Q 185.00, este costo es sin tomar en cuenta el pasivo laboral que ello conlleva.

Llevar a cabo el proceso de elaboración de puré de banano, por la cantidad de personal que se necesita, implica, además, parar algunas líneas de producción de la fábrica, con las consecuentes bajas en inventarios en las bodegas de estos productos.

El objetivo de crear la peladora mecánica, que realice la tarea de pelar el banano, es prescindir de cincuenta persona (pelado y extracción) necesarias para realizar la actividad, manualmente, lo cual reduce los costos de producción y elimina el problema de paralizar otras líneas de producción de la planta.

La máquina peladora, además del sistema de pelado, incluye un sistema de trituración de la cáscara, lo que permite que ésta se pueda canalizar directamente a un afluyente de la red de aguas industriales para su eliminación.

La peladora de banano, que es de diseño compacto, además, elimina casi en su totalidad, que el banano ya pelado tenga contacto con el aire circundante.

El costo de la energía eléctrica necesaria para accionar los motores de la máquina peladora, es compensado al eliminar del sistema manual, el motor de la banda transportadora y el de la bomba de recirculación de agua por el canal.

Por otro lado, el espacio necesario para albergar la línea manual, se reduce en un 50 %, lo que permite que todo el proceso se lleve a cabo en el área interna del cuarto, construido para albergar al personal y equipo en el pelado manual.

2. PELADORA MECÁNICA DE BANANOS

Como todo mecanismo nuevo, antes de lograr un diseño que consiga separar la cáscara del fruto del banano, fué necesario hacer varios prototipos que en teoría y en dibujos pronosticaban resultados positivos. No fué sino después de varios fracasos que se consiguió un mecanismo capaz de efectuar tal separación.

El primer sistema lo forman dos bandas sanitarias de 3" de ancho que se desplazan una a la par de la otra formando una V con ángulo de 90 grados, que es por donde se alimenta el banano que cae de la banda de selección al tiempo que es arrastrado por las bandas. Seguido al trayecto en V, ambas bandas cambian el ángulo gradualmente hasta permanecer paralelas lo que les permite aprisionar al banano, para que pueda ser cortada, longitudinalmente, la cáscara, por una cuchilla giratoria ubicada entre las dos bandas, mientras éstas lo conducen. El banano con la cáscara cortada,

longitudinalmente, en la parte inferior, sigue su recorrido sobre las bandas que lo introducen entre dos juegos de rodillos cóncavos (6" de radio) estos juegos de rodillos provocan que las bandas adquieran su forma ("V" invertida) con lo que se consigue que la cáscara del banano sea aprisionada en la parte superior por lo que en la parte inferior ésta se abre como una "V" invertida por la presión que se ejerce sobre la fruta lo que ocasiona que el banano se suelte de la cáscara. (Fig. 18)

El principio de funcionamiento es el mismo que se hace con las manos al pelarlo, pues, con una mano se le quita una tira, longitudinalmente, y, luego, con la otra, se comprime la fruta, lo que provoca que la cáscara quede en la mano y el banano sea expulsado de la misma.

El banano desprovisto de la cáscara cae a un colector que lo introduce a la bomba de tornillo, la cual alimenta a la bomba positiva que lo enviará a los pulperos.

Por otro lado, la cáscara del banano sale por la parte frontal de la peladora, donde se ubica un colector que las introduce a un molino de cuchillas giratorias que trituran la cáscara y la depositan en el canal de aguas industriales. (Fig. 19)

Este mecanismo tiene una capacidad de separar la cáscara en promedio a 90 bananos por minuto, por lo que es necesario construir una batería con 6 mecanismos en paralelo y colocarla seguido de la banda de selección actual. Con esta batería es posible el pelado de la misma cantidad de bananos que la que se logra manualmente, y, el molino elimina la necesidad de la gente que extrae la cáscara para su desecho.

Sustituir el pelado manual del banano por el pelado mecánico, conlleva la eliminación del canal de alimentación de fruta y de la banda colectora del banano pelado, por la peladora mecánica. Los equipos para realizar los pasos previos a la selección (tanque de lavado y banda elevadora de cangilones) y los posteriores (bombas de tornillo y positiva, pulperos, etc.) permanecen sin alteración funcional, salvo la reubicación física necesaria. (Fig. 20)

Para permitir que los bananos se depositen de uno en uno sobre las bandas sanitarias de la peladora, es necesario adicionar láminas espaciadoras (separadas 3" entre sí) a todo lo largo de la banda de selección, para que, finalmente, caigan sobre colectores individuales en forma de embudo sobre cada una de las 6 bandas de pelado.

La peladora es accionada por un motorreductor de 1 HP, que por medio de sprocket y cadena transmite el movimiento angular a un juego de engranajes cónicos que accionan los rodillos que hacen girar las bandas sanitarias. El molino es accionado por 2 motores de 1 HP cada uno, que por medio de poleas y fajas en V, con rotación inversa dan tracción a las cuchillas que trituran la cáscara; y, finalmente, un motor de 1/6 de HP, por medio de engranajes rectos hace girar la cuchilla para el corte. Es de hacer notar que estos motores darán tracción a la batería de 6 peladoras en paralelo.

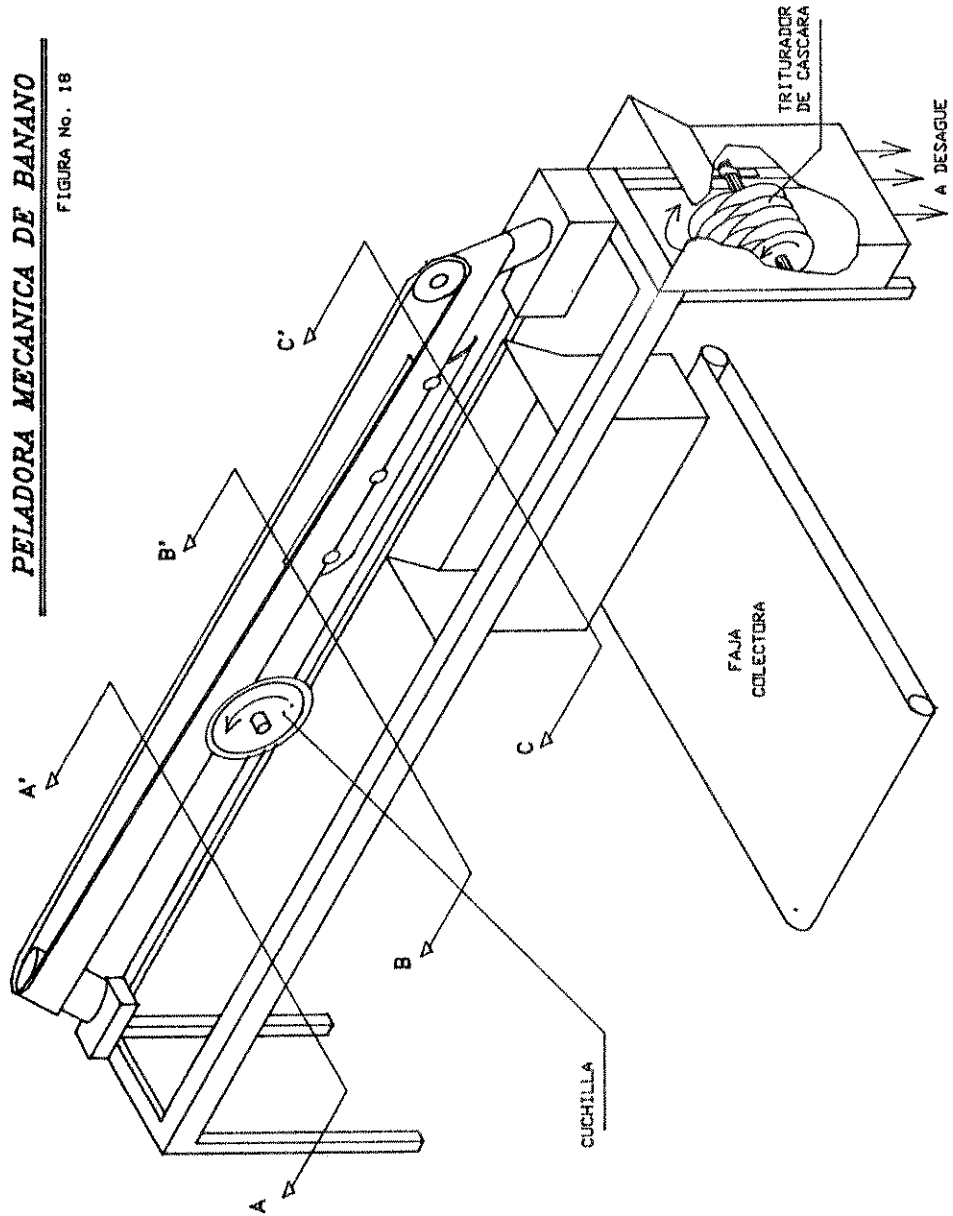
Cada peladora es de 1.60 Mts. de largo, 0.30 Mts. de ancho y 1.10 Mts. de alto, construida con angular de 1.5" x 1/8" de espesor. Rodillos de tracción y conducidos de 60 mm. de diámetro por 80 mm. de largo, elaborados con bronce. Rodillos para conseguir la "V" invertida que separan el banano y la cáscara de 36 mm. de diámetro por 80 mm. de largo, fabricados de teflón. La cuchilla de corte es de acero inoxidable con diámetro de 60 mm y las del molino son de 140 mm de diámetro, elaboradas de retazos de lámina de acero inoxidable.

La batería de peladoras tiene una dimensión final de 1.60 Mts. de largo, 1.80 Mts. de ancho y una altura de 1.10 Mts. ocupando, de esa manera, un espacio bastante menor al del necesario para el pelado manual.

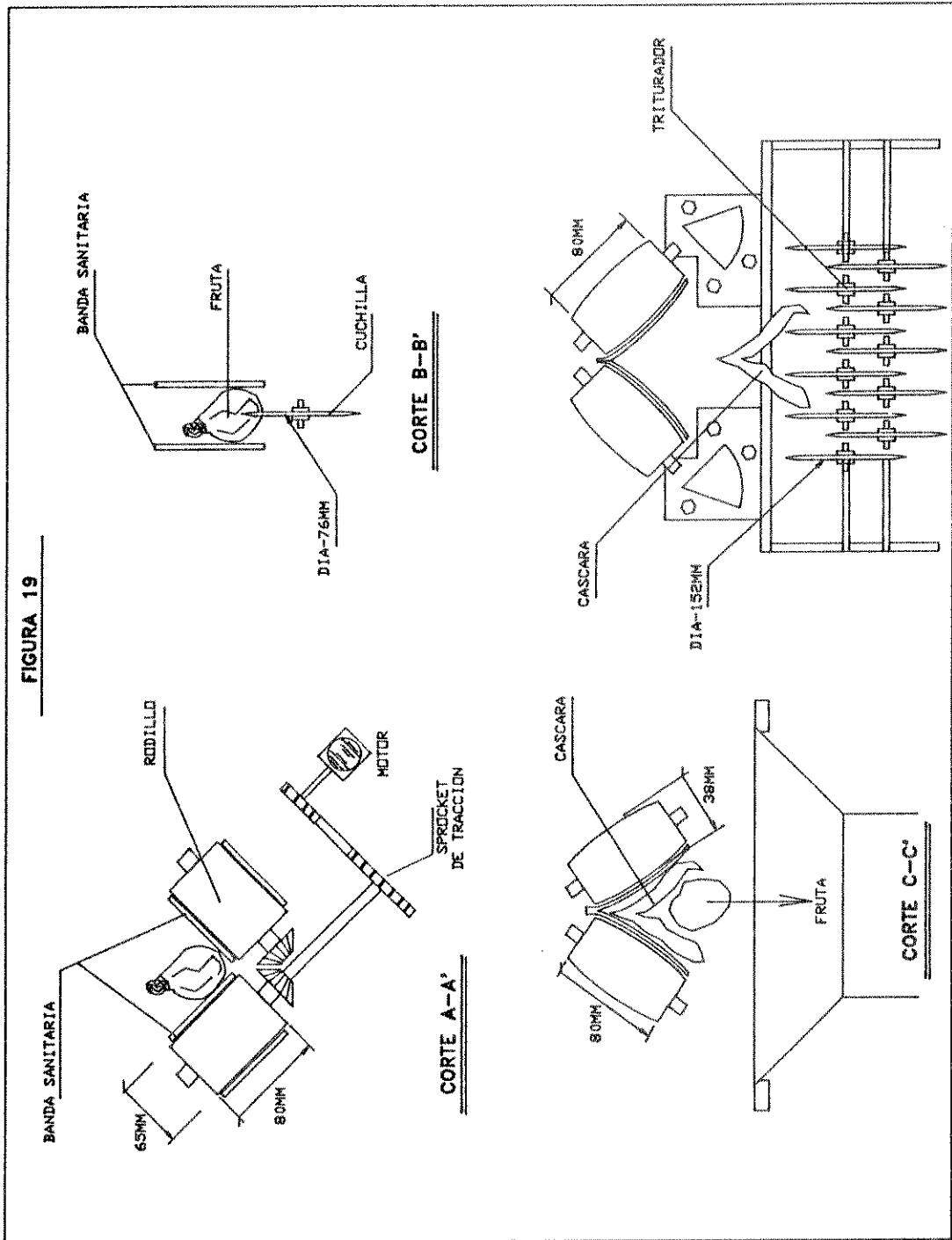
PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

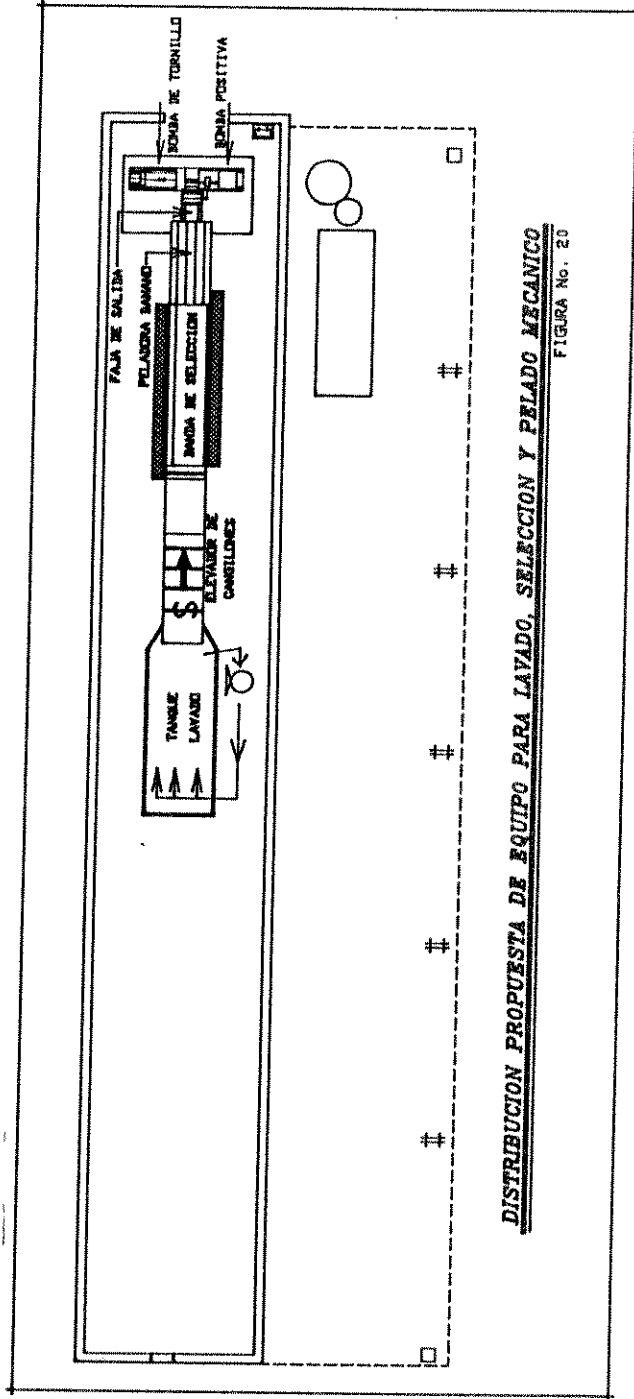
PELADORA MECANICA DE BANANO

FIGURA No. 18



PROYECTO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
BIBLIOTECA





DISTRIBUCION PROPUESTA DE EQUIPO PARA LAVADO, SELECCION Y PELADO MECANICO
 FIGURA No. 20

CAPÍTULO IV

1. ASPECTOS POR CONSIDERAR PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Para conseguir una calidad conveniente, es esencial un mantenimiento preventivo.

Los procedimientos para manejar el equipo y para el mantenimiento preventivo, deben ser aportados por escrito.

En colaboración con el proveedor del equipo, han de prepararse procesos controlados y programados de mantenimiento. Cualquier desviación de los valores, ajustes y/o parámetros prescritos deben anotarse en un registro de desviaciones del proceso.

Cada cierto período de tiempo se debe verificar el equipo sobre su nivel de funcionamiento. Para tal efecto, deben fijarse métodos apropiados de prueba y procedimientos, preferentemente, en colaboración con el proveedor del equipo.

El equipo de producción sólo puede considerarse como listo para la producción comercial cuando, en tal prueba, se ha comprobado que aquella puede funcionar conforme a los patrones de calidad especificados.

Las conexiones entre los elementos del equipo deben ser permanentes, debiendo evitarse, en la medida de lo posible, tubos flexibles de goma y/o de plástico. Igualmente, han de evitarse desniveles innecesarios. Se debe prestar atención a las terminales muertas (relación de longitud a diámetro no debe ser superior a 1.5).

Deben identificarse los llamados puntos de control (check point) en los que es necesario realizar una acción preventiva y/o de control, en forma rutinaria por los encargados de mantenimiento. Tratar que estos recorridos sean tan largos como sea necesario, pero, lo más corto posible.

Debe ponerse especial cuidado a los procedimientos de limpieza en cuanto a la posible corrosión del equipo, tomando en consideración lo siguiente: selección del agente de limpieza, calidad del agua, concentración de los agentes de limpieza, temperaturas durante los ciclos de limpieza, caudales

suficientes de las soluciones de limpieza, un adecuado tiempo de circulación.

El agua debe ser blanda (0 a 60 ppm de CaO) y si es necesario, desmineralizada y limpia para evitar la formación de depósitos en el sistema. No debe contener ni hierro ni manganeso. La presión de alimentación debe ser constante y, como mínimo, de 50 psi. Con pH superior a 7, contenido de cloro inferior a 0.2 ppm, cloruros inferiores a 30 ppm.

Los ácidos a elevadas temperaturas reducen la elasticidad (ajuste) de las juntas de goma, pudiendo producir a elevadas temperaturas corrosión en el acero inoxidable.

Las bolsas en los circuitos de limpieza pueden localizarse al medir la conductividad en la tubería de retorno, durante el enjuague final, la conductividad debería disminuir de forma rápida y continua. Los picos durante esta disminución indican la presencia de bolsas dentro del circuito, en las que pueden retenerse ácidos o álcalis.

Las partes más difíciles de limpiar en el sistema, tales como bombas, válvulas, partes superiores de depósitos, deben inspeccionarse, luego de cada limpieza.

Verificar el caudal de las bombas con frecuencia, para asegurar que el flujo en el sistema sea siempre mayor a 1.5 m/seg, para evitar las burbujas de aire, que es un medio poco eficiente de calentamiento, el cual puede interferir en la esterilización del equipo (cuando usamos agua sobrecalentada) al dificultar la consecución de las temperaturas deseadas o que éstas no puedan mantenerse el tiempo necesario.

Revisar las trampas de vapor, ya que las gotas de condensado dan lugar a una reducción de la transferencia de calor.

Han de revisarse, periódicamente, las tuberías y accesorios, para evitar el apareamiento de fugas en: juntas, membranas de válvulas, perforaciones en tubos, grietas, para evitar el riesgo de reinfección (contaminación de producto estéril) y la estanqueidad del sistema en general.

Se llevarán registros relativos a la calibración y comprobación de los sensores, graficadores y actuadores, los cuales deben contener: el tipo de instrumento calibrado o comprobado, la fecha, el resultado, el procedimiento a utilizar, las medidas tomadas y los ajustes realizados.

2.

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

LISTA DE SERVICIOS PREVENTIVOS

Máquina:	Intervalo: 250 horas	Página: 1/3
EQUIPO ASÉPTICO	Área: Aséptica	Línea: Banano

Acción: E=Reemplazar, R=Revisar, F=Calibrar		A=Satisf. B=Ajustado C=Cambiado, D=Calibrado, E=Ver notas					
Tiempo Promed	SECCIÓN/DESCRIPCIÓN	A	B	C	D	E	Medidas
UNIDADES: CALENTAMIENTO, SOSTENIMIENTO Y LLENADO							
F	Sensores RTD: sumergir en un depósito lleno de aceite, junto con un termómetro calibrado y calentar. Verificar lecturas						
R/E	Válvula de tres vías: revisar mangueras y conexiones para aire						
F	Válvula de tres vías: verificar presiones de apertura total (15 psi) y cierre (3 psi)						
R/E	Válvula para vapor: revisar mangueras y conexiones para aire						
F	Válvula para vapor: verificar presiones de apertura total (15 psi) y cierre (3 psi)						
F	Cabezas de llenado: verificar que los sensores eléctricos funcionen correctamente						
R/E	Cabezas de llenado: verificar que no haya obstrucciones y/o fugas en tuberías hacia sellos de vapor						
F	Cabezas de llenado: calibrar los RTD, sumergir en un depósito lleno de aceite, junto con un termómetro calibrado y calentar.						
R/E	Cabezas de llenado: verificar que no haya obstrucciones y/o fugas en tuberías hacia sellos de nitrógeno						
R/E	Cabezas de llenado: verificar mangueras y conexiones para aire de los cilindros neumáticos						
R/E	Bomba centrífuga: verificar mangueras y conexiones de lubricación						
E	Unidad de calentamiento y sostenimiento: reemplazar empaques en cada unión de tuberías						

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

LISTA DE SERVICIOS PREVENTIVOS

Máquina:	Intervalo: 250 horas	Página: 2/3
EQUIPO ASÉPTICO	Área: Aséptica	Línea: Banano

POSICIÓN No.	OBSERVACIONES

Fecha de inicio:	Fecha de finalización:	Horas totales de servicio:
Hora de inicio:	Hora de finalización:	Horas acumuladas producción:
Firma Supervisor:		Firma Ingeniero:

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

LISTA DE SERVICIOS PREVENTIVOS

Máquina:	Intervalo: 250 horas	Página: 3/3
EQUIPO ASÉPTICO	Área: Aséptica	Línea: Banano

VERIFICACIÓN DURANTE PRODUCCIÓN			
POS. No.	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN NORMAL	VER NOTAS
1	Unidad de calentamiento: verificar las temperaturas de las RTD		
2	Unidad de calentamiento: verificar el funcionamiento de la válvula para vapor		
3	Unidad de sostenimiento: verificar las temperaturas de las RTD		
4	Unidades de sostenimiento y calentamiento: verificar por fugas en empaques de tubos		
5	Cabezas de llenado: verificar el funcionamiento de los sensores eléctricos		
6	Cabezas de llenado: verificar por fugas de vapor y/o nitrógeno		
7	Bomba centrífuga: verificar la lubricación		
Pos. No.	OBSERVACIONES		
Firma Supervisor:		Firma Ingeniero:	

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

LISTA DE SERVICIOS PREVENTIVOS

Máquina:	Intervalo: 500 horas	Página: 1/3
EQUIPO ASÉPTICO	Area: Aséptica	Línea: Banano

Acción: E=Reemplazar, R=Revisar, F=Calibrar		A=Satisf. B=Ajustado C=Cambiado, D=Calibrado, E=Ver notas					
Tiempo Promedio	SECCIÓN/DESCRIPCIÓN	A	B	C	D	E	Medidas
UNIDAD DE ENFRIAMIENTO							
E	Retenedores y O'ring de las cubiertas frontal y posterior						
R/E	Verificar el estado de los raspadores y elementos de sujeción						
R/E	Extraer los rodamientos del eje central y verificar su condición						
R/E	Caja reductora: verificar el estado de la polea, el eje, la cuña y el cuñero, y las fajas de transmisión						
R/E	Caja reductora: verificar el estado del engrane, el tornillo sin fin, el eje y los rodamiento						
	Caja reductora: eliminar el aceite y sustituir por aceite nuevo hasta el nivel de la mirilla (SAE 140)						

El plan de mantenimiento preventivo contempla la revisión y/o el reemplazo de partes del sistema, sujetas a desgaste o deterioro cada 250 horas; el reemplazo o revisión de los componentes del sistema está determinado por catálogos de los fabricantes y, también, por estadísticas de deterioro o fallo reales de la planta. Es decir, que, algunas partes son reemplazadas cada 250 horas, otras partes, cada 500, etc. dependiendo de su vida útil; el plan contempla que, luego de realizados 20 servicios de 250 horas, con denominación ascendente en los listados, al equipo aséptico se le habrán reemplazado todos sus elementos, en cuyo caso se iniciará un nuevo ciclo de servicio, iniciando nuevamente con el de 250 horas.

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

LISTA DE SERVICIOS PREVENTIVOS

Máquina:	Intervalo: 500 horas	Página: 1/3
PELADORA DE BANANO	Área: Aséptica	Línea: Banano

Acción: E=Reemplazar, R=Revisar, F=Calibrar		A=Satisf. B=Ajustado C=Cambiado, D=Calibrado, E=Ver notas					
Tiempo Promedio	SECCIÓN/DESCRIPCIÓN	A	B	C	D	E	Medidas
MÁQUINA PELADORA DE BANANO							
R/E	Fajas sanitarias: verificar su estado físico, el empalme y la tensión						
R/E	Rodos laterales y superiores de faja: revisión por desgaste en el agujero p/eje.						
R/E	Rodos de bronce de tracción y conducido: revisar por desgaste en el eje y el bushing central.						
R	Chumaceras del eje del triturador: revisar castigadores, rodamiento y el eje.						
R	Cuchilla de corte: verificar el estado de los dientes y comprobar el soporte y engranes.						

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

LISTA DE SERVICIOS PREVENTIVOS

Máquina:	Intervalo: 250 horas	Página: 3/3
PELADORA DE BANANO	Área: Aséptica	Línea: Banano

VERIFICACIÓN DURANTE PRODUCCIÓN			
POS. No.	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN NORMAL	VER NOTAS
1	Fajas laterales: verificar que no se salgan de los rodos y que gire libremente.		
2	Rodos superiores y laterales: verificar que giren libremente y no tengan juego tangencial.		
3	Rodos bronce: verificar que giren libremente y sin juego axial.		
4	Triturador: verificar el libre movimiento de cuchillas, espaciadores y rodamientos.		
Pos. No.	OBSERVACIONES		
Firma Supervisor:		Firma Ingeniero:	

CAPÍTULO V

ESTUDIO DE MERCADO

1. Descripción del producto

El puré de banano, básicamente, es banano con un porcentaje bajo de agua, al agregársele el porcentaje de agua extraído en la evaporación, se obtendrán las características originales. El puré no es de consumo directo, sino, es, esencialmente, una materia prima, con la cual en procesos posteriores se elaborarán productos de consumo directo, por ejemplo: comidas para niños (compotas).

1.1 Productos principales

1.1.1 Concentrado de banano

Éste, difiere del puré, por tener mayor cantidad de grados Brix y un porcentaje menor de semillas por gramo. El concentrado también es una materia prima, y para su obtención se usa el mismo sistema del puré.

1.2 Productos sustitutos

1.2.1 Banano

El banano como fruta es el único que puede sustituir al puré, pero éste debe ser procesado para su utilización industrial.

El puré de banano es importado por países altamente industrializados, en donde la mano de obra tiene un valor bastante alto, por lo que estos países utilizan, preferentemente, materias primas de uso directo para sus procesos industriales.

2. Descripción de los insumos

Para la elaboración del puré, se utilizan bananos que se cosechan localmente. El puré es envasado en bolsas asépticas importadas, elaboradas de aluminio y polímeros. Las bolsas son, luego, embaladas en toneles de metal para salvaguardar su integridad física durante el almacenaje y posterior distribución.

3. Análisis de la demanda

El producto es exclusivamente para ser exportado a los países de la Comunidad Económica Europea, por lo que, es necesario describir sus índices macroeconómicos y el funcionamiento de bloques comerciales.

El ingresar bienes al mercado europeo, constituye un paso bastante grande para las economías latinas, dado que son bloques con índices de consumo altos y poblaciones con ingresos, per cápita, elevados. (ref. 8,1 p.p.)

La Comunidad Económica Europea la forman, actualmente, 12 países, con una población de 327.1 millones de habitantes, una tasa de crecimiento de 0.6% anual, con un producto interno bruto de 4,406.9 miles de millones de ECUS (Ecu es igual a 1,004 dolares). (ref. 8,1 p.p.)

Para el año de 1,996 está previsto el ingreso de otros países a la comunidad, como: Turquía, Chipre, Hungría, ex-repúblicas soviéticas, etc., con lo que el mercado de la comunidad se ampliará en grandes proporciones. (ref. 6, 45 p.p.)

El aumento estimado en la producción de las industrias alimenticias, necesario para cumplir con las expectativas del año 1,995, se estima en un 5%, y, para el año 1,996 en un 7.8%. (ref. 6, 97 p.p.) Estas proyecciones inciden en la actual demanda, por lo que, para el presente año es necesario duplicar la producción actual, y, para el año 1,996 triplicarla; éstos son los convenios a corto plazo con la compañía exportadora; de lo que se deduce que la tendencia de la demanda es de incrementarse, gradualmente con el crecimiento de la población del bloque económico europeo.

4. Análisis de la oferta

Los datos concretos de la oferta, a nivel latino y africano, son datos confidenciales de una compañía estadounidense que comercializa los productos.

En el ámbito nacional, la compañía bananera tiene, únicamente, la producción realizada en la planta estudiada, la que es de 1,532 toneladas al año, debido al aumento en la demanda a corto plazo y la tendencia de incremento gradual a mediano plazo, con el pelado manual, la empresa no puede incrementar la oferta del producto, debido a la necesidad de paralizar otras líneas de producción. La capacidad instalada de la planta con una batería de peladoras, cubre, únicamente, la demanda actual, sin embargo, para ofertar el doble y el triple, es necesario únicamente, adicionar nuevas baterías de peladoras y bandas de selección, o, trabajar una batería por mayor número de horas.

Muchos de los países centroamericanos no pueden afiliarse a NAFTA y eso puede afectar las exportaciones a Estados Unidos, por lo que, la alternativa para productos no tradicionales es el euromercado. (ref. 19,5 p.p.)

En la actualidad no hay vuelos directos a Europa y el envío a través de Estados Unidos aumenta los costos y los riesgos. Algunos productos no se pueden enviar, vía Estados Unidos, por motivos sanitarios. Ahora, existe una iniciativa de la Unión Europea de investigar el transporte de la región a Europa, para implementarla a muy corto plazo. (ref. 19,5 p.p.)

Esa necesidad de aumentar la oferta, es una coyuntura que plantea un reto a la tecnología nacional, dado que en la medida que se consigue reducir costos, los precios de venta, crean las condiciones necesarias para que, ese aumento en la oferta, sea canalizado hacia la empresa guatemalteca.

Es, además, una forma de exportar productos con un valor agregado mayor que los productos tradicionales, como el banano, que el año pasado tuvo una reducción del volumen de importación por parte de la comunidad europea. (ref. 15,22 p.p.)

5. Análisis del precio

La determinación del precio del producto, se basa en un porcentaje que proporciona un balance en cuanto a los costos de producción y los precios

internacionales de compra por parte de la compañía bananera transnacional, el precio promedio para el presente año es de Q 241.00 por tonel.

6. Comercialización

El puré de banano es un producto maquilado para una compañía transnacional de los Estados Unidos, la cual opera en muchos países de latinoamérica. Esta compañía es la que tiene los contactos directos de distribución y comercialización en Europa. El producto es enviado a las bodegas de la compañía en Guatemala; a partir de ellas, la compañía se encarga de comercializarlo con su propia marca y distribuirlo, internacionalmente.

CAPÍTULO VI

1. ESTUDIO ECONÓMICO

El estudio económico analiza más, específicamente, los índices microeconómicos del proyecto, debido a que su relación en cuanto a los índices macroeconómicos del país es poco significativa.

1.1 Análisis macroeconómico

En la medida que se logren reducir los costos de operación, se conseguirá aumentar el volumen de producción, lo que conlleva la necesidad de crear plazas fijas para la obtención de producciones continuas, así como el aumento del mercado nacional para los cultivadores de banano, que han visto reducido el mercado internacional con las barreras impuestas por la comunidad económica europea al banano, para consumo directo. Lo que en alguna medida coadyuvará a paliar el cada vez más agudo problema del desempleo nacional. (ref. 15,22 p.p.)

Se exponen, a continuación, los aspectos macroeconómicos más relevantes entre el proyecto y el ámbito nacional:

a. valor agregado anual a la economía del país por batch de producción (100 toneles):

-	costo de materia prima	Q 8,000.00
-	costo de mano de obra	392.00
-	costos de fabricación	191.00
-	impuestos	<u>828.57</u>

TOTAL Q 9,411.57

b. el inicio del rompimiento de las barreras hacia los productos de origen latinoamericano, por parte de la comunidad económica europea, permitirá en el corto plazo, que otros productos de manufactura nacional que cumplan los requisitos de calidad europea ingresen a ese gran mercado.

1.2 Análisis microeconómico

Para la empresa, los cambios en la forma de producción, representan una mejora económica sustancial respecto a la forma de producción manual.

Los efectos más importantes en la microeconomía de la empresa son los siguientes:

- a. la reducción de los costos de mano de obra le permiten obtener contratos de producción de mayor volumen y continuos, con el consecuente aumento de las utilidades,
- b. el trabajar de manera continua el sistema de evaporadores y llenado aséptico, le permite utilizar, a tiempo completo, a los operadores calificados que operan los sistemas anteriores, con lo que se logra una mayor absorción de los costos fijos de la empresa en cuanto a mano de obra y costos energéticos,
- c. permite trabajar, simultáneamente, otras líneas productivas, que son de vital importancia para mantener y/o aumentar el liderazgo en el mercado alimenticio nacional e internacional, y,
- d. la posibilidad de abrir la ventana al mercado europeo de las marcas propias de la empresa.

2. ESTUDIO FINANCIERO PARA EL PROYECTO

La modificación del sistema de producción requiere de una inversión inicial mínima, comparado con lo que reflejan los índices financieros, por otro lado, la empresa está en la capacidad de financiar el proyecto con capital propio.

2.1 Recursos financieros

Se muestra, a continuación, el valor de los gastos incurridos para la ejecución del proyecto.

a. Gastos totales de capital para implementar el proyecto:

-	motores eléctricos	Q	8,000.00
-	material para estructura		4,000.00
-	banda sanitaria		2,000.00
-	accesorios para tracción		1,500.00
-	material para rodos		1,000.00
-	cuchillas		500.00
-	mano de obra		2,500.00
-	otros		<u>500.00</u>
	TOTAL	Q	20,000.00

b. Capital disponible

El capital necesario, es decir, los Q 20,000.00 son proporcionados por la empresa estudiada, y, son cargados a la cuenta de mantenimiento.

2.2 Análisis y proyecciones financieras

Se proyectan los ingresos totales por ventas con los gastos de ejecución y de operación, tomando como parámetros comparativos, el proceso manual, versus el proceso mecánico de producción, elaborado para un año, en el cual se habrá pagado la inversión inicial.

El cuadro siguiente, muestra los gastos incurridos en la producción de un día, para producir 100 toneles de 503.8 libras cada uno (50,380 Libras en total) para la producción manual y la mecanizada.

EGRESOS POR PRODUCCIÓN DIARIA

	PRODUCCIÓN MANUAL	PRODUCCIÓN MECÁNICA
COSTO DEL VAPOR	Q 35.00	Q 35.00
COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	56.00	56.00
COSTO MANO OBRA DIRECTA	1,624.00	280.00
COSTO MANO OBRA INDIRECTA	112.00	112.00
COSTO INSUMOS ENVASE	17,400.00	17,400.00
COSTO REPUESTOS	100.00	100.00
COSTOS TOTALES	Q 19,327.00	Q 17,983.00

INGRESOS Y EGRESOS ANUALES PARA LA PRODUCCIÓN DE 4,400 TONELES

	PRODUCCIÓN MANUAL	PRODUCCIÓN MECÁNICA
EGRESOS ANUALES	Q 850,388.00	Q 811,252.00
INGRESOS ANUALES (Q 241.00/TONEL)	Q 1,064,025.60	Q 1,064,025.60
UTILIDAD	Q 213,637.60	Q 252,773.60

2.3 Programa de financiamiento

El programa se llevará a cabo en una etapa:

- a. Los gastos incurridos en las fases de prueba, así como los gastos del proyecto final, son cargados al presupuesto de gastos de mantenimiento en proporciones iguales durante 6 meses, para no afectar, drásticamente, lo presupuestado para un mes.

2.4 Evaluación financiera

Para la obtención de los índices financieros más relevantes, son necesarios los valores de ingresos y egresos de un año, ya que el proyecto se financiará, en muy poco tiempo, como se verá en el periodo de recuperación.

1. Tasa interna de rendimiento (TIR)

Es una medida de rentabilidad, la cual no depende del inversionista ni del evaluador, sino que es determinada por las características particulares dadas por el flujo financiero; es propia del proyecto.

TIR (proyecto mecánico) = 26.28%

TIR (producción manual) = 3.61%

2. Valor actual neto (VAN)

El cálculo del VAN definirá la bondad del proyecto, en la medida que sea mayor, igual o menor que cero; indicará si el proyecto es conveniente, indiferente o no atractivo, respectivamente.

Es necesario para su cálculo, la elección de una tasa de interés; que en este caso será la tasa de oportunidad en inversiones financieras, que oscila en 25% anual.

VAN (proyecto mecánico) = Q 416,437.76

VAN (producción manual) = Q 159,082.88

3. Relación beneficio/costo (B/C)

Este indicador financiero, al igual que el VAN define la bondad del proyecto, la modificación es que, éste, en lugar de hacer una diferencia de costos y beneficios, calcula el cociente.

B/C (proyecto mecánico) = 1.33

B/C (producción manual) = 1.25

4. Período de recuperación (PR)

Es el tiempo que demora en reponerse la inversión inicial.

PR (proyecto mecánico) = 3.22 semanas

= 322 toneles

PR (producción manual) = 9.54 semanas

= 954 toneles

Para el cálculo de la TIR, VAN, B/C y el PR de la producción manual, se ha tomado como monto de la inversión durante el período, la diferencia del costo de la mano de obra entre la producción manual y la mecanizada, esta diferencia también se ha restado de los costos totales de producción manual, con el fin de hacer una comparación de los índices, en cada caso.

Para el caso del período de recuperación, la cantidad de toneles necesarios para la recuperación de las inversiones, también representan el punto de equilibrio de cada caso en evaluación.

Las fórmulas y valores utilizados para el cálculo de los anteriores indicadores financieros, se muestran en el Anexo, en estudio financiero.

CONCLUSIONES

- 1) La misión objetiva de los procesos y métodos de envasado aséptico, es mantener una elevada calidad microbiológica del producto, comercialmente estéril, que se introdujo en el sistema de envasado y prolongarla durante todo el período de caducidad estimado.
- 2) La mayoría de la fruta segrega etileno en forma espontánea para su maduración y la prolongan hasta su descomposición; el adecuado control por medios artificiales de esa propiedad de la fruta, permite acelerar los procesos productivos sin alterar las características organolépticas de la misma.
- 3) Alcanzar el objetivo de la ingeniería de sustituir todo lo que existe, por la alternativa eficiente, conlleva a cambios en relación con los sistemas actuales de producción los cuales permiten obtener mejores costos de producción y la oportunidad de elevar los parámetros de calidad.
- 4) La sustitución de procesos manuales por mecanizados conlleva a un mejor aprovechamiento del recurso humano y, por ende, a mejorar la productividad del proceso.
- 5) La tasa de destrucción de microorganismos y, en particular, la de bacterias sigue un orden semilogarítmico, por lo que, la esterilidad absoluta (cero sobrevivientes) no puede conseguirse sino de manera aproximada; pero sí se logra la esterilidad comercial (cero microorganismos patógenos y los capaces de dañarlo).
- 6) Los procesos evaporativos más eficientes utilizan presiones inferiores a la atmosférica, por lo que, se economiza energía; se alcanzan estas presiones por el cambio drástico de volumen del vapor de agua al condensarse.
- 7) Programas de servicio preventivo realistas y por escrito son necesarios para reducir los paros y daños a la producción, en los sistemas asépticos estos servicios son vitales, principalmente en las unidades de sostenimiento, de enfriamiento y de llenado, por donde, circula producto estéril y las fallas en estas unidades pueden recontaminarlo.
- 8) El puré de banano es un producto no tradicional que aporta un valor agregado a la economía nacional, el cual ha penetrado el estricto mercado alimenticio

europeo con sus altos índices de calidad; por lo que, se puede afirmar que las buenas prácticas de manufactura, aunadas a parámetros adecuados de calidad representan el mecanismo para la conquista de nuevos, mayores y más estrictos mercados de consumo.

RECOMENDACIONES

- 1) Enfatizar, por todos los medios al alcance, la creación, ejecución y control de programas de mantenimiento preventivo, comprensibles, realistas y efectivos, base que permitirá, posteriormente, canalizar recursos y esfuerzos para la reconversión industrial.
- 2) La creación de bloques económicos traslada hacia el país un desafío que hay que enfrentar, oferentes de productos con costos e índices de calidad más atractivos; por lo que, es necesario dedicar tiempo y esfuerzo en la búsqueda de nuevos y más eficientes procesos de producción que proporcionen costos de producción y parámetros de calidad, altamente competitivos.
- 3) Se hace necesario un mejor control del proceso de maduración del banano para evitar la cantidad de fruta demasiado madura (oscurecida y blanda) que no se puede procesar y, por ende, se desperdicia; esto, debido al poco control (muestreo estadístico de los puntos poco ventilados) dedicado a esta etapa del proceso.
- 4) Es imprescindible una mejor y constante capacitación del recurso humano, tanto operativo como de mantenimiento, para que este elemento humano esté a la altura de la tecnología moderna y pueda desempeñar en la mejor forma posible su papel dentro del esquema de la productividad.
- 5) Para la economía nacional enmarcada dentro del ámbito latinoamericano, es de vital importancia canalizar recursos (técnicos, humanos, económicos, etc.) en investigaciones que evalúen proyectos acerca de nuevos mercados a nivel mundial, así como nuevos productos para los mercados nuevos y los actuales. Para ello es necesaria la participación de todas las directrices involucradas en el proceso (gerencias, mandos medios y personal operativo) para llevar a cabo una reingeniería aunada a una reconversión industrial para alcanzar una productividad total adecuada a las exigencias de los nuevos bloques económicos mundiales.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

REFERENCIAS

- 1) BANCO DE GUATEMALA, Principales estadísticas de comercio exterior. Enero a diciembre de 1994.
- 2) BELOVE, Charles, Enciclopedia de la electrónica. España: Grupo Editorial Océano.
- 3) CENTRO DE DESARROLLO INDUSTRIAL DE ECUADOR (CENDES), Banano deshidratado. Quito. 1,976.
- 4) CHAMPION, J., Le bananier. Francia: Saint Amand. 1,982.
- 5) CHERRY BURRELL CORPORATION, Transferencia de calor. Estados Unidos. 1,984.
- 6) COMUNIDAD EUROPEA. Proyecto de apoyo a la calidad de productos de exportación no tradicionales de la región centroamericana. Informe, 995.
- 7) ILPES. Guía para la preparación y evaluación de proyectos. Quinta edición. México: Editorial Siglo XXI, 1,975.
- 8) INSTITUTO ESPAÑOL DE COMERCIO EXTERIOR (ICEX). Comunidades europeas. Revista, 1,992.
- 9) JENNINGS, Burgess H. Aire acondicionado y refrigeración. Decimocuarta impresión. México: Compañía Continental, S. A. de C. V. 1,987.
- 10) KERN, Donald. Procesos de transferencia de calor. Vigésimocuarta edición. México: McGraw Hill Book Co. Inc. 1,992.
- 11) NACIF NARCHI, José. Ingeniería de control automático. México: Costa-Amic Editores, S.A. 1,981.
- 12) ROSSI, A. Manuales de instrumentación y mantenimiento de equipo aséptico. Parma,
- 13) TETRA LAVAL. Introducción a sistemas asépticos. Suecia: Tetra Pak, Central Technical Publications. 1,994.

- 14) TETRA LAVAL. Procesos de transferencia de calor. Suecia: Tetra Pak, Central Technical Publications. 1,994.
- 15) UNIÓN EUROPEA. Unificación europea. Revista. Luxemburgo: Oficina de publicaciones especiales. 1,991. 82 p.p.
- 16) UNION DE PAISES EXPORTADORES DE BANANO (UPEB), Proceso de transformación de banano. Panamá. 1,986.
- 17) VON BOCKELMANN, I. Buenas prácticas de manufactura. Edición 9301. Suecia: Tetra Laval Marketing Services AB, Central Technical Publications. 1,993.
- 18) VON LOESECHE, Harry. Bananas: Chemistry, physiology, technology. London: Interscience publishers LTD. 1,950.
- 19) WALKER, R. Proyecto de apoyo a la calidad de productos de exportación no tradicionales de la región centroamericana. Comunidad Europea. 1,995.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) JALL, HOLWENCO Y LAUGHLIN. Diseño de máquinas. México: Editorial Mc Graw-Hill, 1,971.
- 2) MAYNARD, H. B., editor-in-chief. Industrial engineering handbook. Third edition. New York: Mc Graw-Hill book company, 1,971. 1,910 pp.
- 3) MONKS, Joseph G. Administración de operaciones. Tercera edición. México: Impresiones editoriales, 1,987. 412 pp.
- 4) PYLE, WHITE Y LARSON. Principios fundamentales de Contabilidad. Novena edición. México: Compañía Editorial Continental, 1,990.
- 5) SCHELFLER, Xavier. Teoría económica. Décima edición. México: Editorial trillas, 1,982.
- 6) SPOTTS, M. F. Proyecto de elementos de máquina. Segunda edición. España: Editorial Reverté, S. A., 1,976. 684 pp.

ANEXO

ESTUDIO FINANCIERO

FORMULAS DE INDICADORES FINANCIEROS

1. Tasa interna de retorno (TIR)

$$\sum_{n=0}^{n=x} \frac{(I_n - E_n)}{(1+r)^n} - \sum_{n=0}^{n=x} \frac{K_n}{(1+r)^n} = 0$$

2. Valor actual neto (VAN)

$$VAN = \sum_{n=0}^{n=x} \frac{(I_n - E_n)}{(1+r)^n} - \sum_{n=0}^{n=x} \frac{K_n}{(1+r)^n}$$

3. Relación beneficio/costo (B/C)

$$B/C = \frac{\sum_{n=1}^{n=x} \frac{I_n}{(1+i)^n}}{\sum_{n=1}^{n=x} \frac{E_n}{(1+i)^n}}$$

NOMENCLATURA:

I	=	ingresos
E	=	egresos
x	=	vida útil del proyecto
K	=	monto de la inversión
r	=	tasa interna de retorno
i	=	interés en porcentaje
n	=	período

	PELADO MANUAL	PELADO MECANICO
Ingresos	Q 1,064,025.60	Q 2,128,051.20
Egresos	791,252.00	1,582,504.00
Vida útil del proyecto	1	1
Monto de la inversión	59,136.00	20,000.00
Interés en porcentaje	25%	25%
Período	1	1