

300627

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

UNIVERSIDAD LA SALLE

"EVALUACION DE LOS PROGRAMAS DE LIMPIEZA
PARA EQUIPOS DE PROCESO DE UNA PLANTA
PRODUCTORA DE LECHE PASTEURIZADA"

TRABAJO ESCRITO
VIA EDUCACION CONTINUA
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICA FARMACEUTICA BIOLOGA
P R E S E N T A :
LUZ MARIA KARG BARROSO

DIRECTOR DE TESIS,
M. EN C. ZOILA NIETO VILLALOBOS

México, D.F.

1994

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

JURADO ASIGNADO

Presidente	Prof.:	<u>ZOILA NIETO VILLALOBOS (ASESOR)</u>	<i>Zoila Nieto V.</i>
Vocal	Prof.:	<u>MARTA ELENA CARIZO SUAREZ</u>	<i>M. Carizo</i>
Secretario	Prof.:	<u>FRANCISCO JAVIER CASILLAS GOMEZ</u>	<i>F. Casillas</i>
1er. Suplente	Prof.:	<u>MIGUEL ANGEL HIDALGO TORRES</u>	<i>M. Hidalgo</i>
2do. Suplente	Prof.:	<u>BEBBY BRAUN ZAVOZNIK</u>	<i>B. Braun</i>

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: **Planta pasteurizadora de leche**
(Empresa privada)

ASESOR DE TEMA: Zoila Nieto Villalobos

Zoila Nieto V.

SUSTENTANTE: Luz María Karg Barroso

Luz María Karg Barroso

**A MIS PADRES MARTIN Y LUZ MARIA,
POR HABERME ENSEÑADO A AMAR LA VIDA
Y A TENER GRANDES SUEÑOS.....
Y CON SU EJEMPLO DE LUCHA Y
TENACIDAD A REALIZARLOS.**

**A MI AMADO ESPOSO FRANCISCO....
POR TU DESINTERESADA AYUDA
Y EL CONSTANTE APOYO,
GRACIAS POR TU AMOR.**

**A MIS HIJOS.....
JUAN FRANCISCO Y JOSE MARIA
POR SER MI MAYOR FUENTE DE
INSPIRACION.**

**A MI HERMANA ALICIA, TODO MI CARIÑO
Y EL MAS PROFUNDO AGRADECIMIENTO POR
SU AYUDA EN LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO**

A MI HERMANO MARTIN CON TODO MI CARIÑO

**A UD. SRA JOSE, POR SU GRAN AYUDA
Y APOYO INCONDICIONAL.**

A MIS AMIGAS...

CARINA, LOURDES, PAMELA,

CARMEN Y GUADALUPE,

CON MUCHO CARIÑO.

A LA FAMILIA TORNEL IBAÑEZ

POR SU DESINTERESADA AYUDA

A MIS MAESTROS.....

CON GRATITUD Y PROFUNDO RESPETO

A LA UNIVERSIDAD LA SALLE

A LA MAESTRA ZOILA NIETO,

POR SU DEDICACION

A LA FACULTAD DE QUIMICA DE

LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

INDICE

CAPITULO 1.	INTRODUCCION.	1
CAPITULO 2.	DESCRIPCION DEL EQUIPO DE PROCESO.	3
CAPITULO 3.	EVALUACION DEL SISTEMA DE LIMPIEZA ACTUAL.	14
3.1	Antecedentes.	14
3.2	Descripción del Sistema de Limpieza Actual.	18
3.3	Evaluación de los productos químicos que se utilizan actualmente.	30
3.4	Evaluación de la temperatura en las operaciones de limpieza actuales.	35
3.5	Evaluación de la acción mecánica en las operaciones de limpieza actuales.	40
3.6	Evaluación de las secuencias de los programas de limpieza actuales.	44
CAPITULO 4.	PROPUESTA REALIZADA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE LIMPIEZA DEL EQUIPO DE PROCESO	57
4.1	Propuesta sobre los productos químicos a utilizar.	57
4.2	Propuesta sobre el control y las temperaturas de limpieza.	66
4.3	Propuesta sobre la acción mecánica en la limpieza.	68
4.4	Propuesta sobre las secuencias de los programas de limpieza.	71
CAPITULO 5.	RESULTADOS	79
CAPITULO 6.	CONCLUSIONES	87
CAPITULO 7.	BIBLIOGRAFIA	89

CAPITULO 1. INTRODUCCION

CAPITULO 1. INTRODUCCION

Las necesidades de limpieza en una planta productora de leche pasteurizada, aunque evidentemente sean de la mayor importancia, terminan por ser consideradas un mal necesario que, además de limitar el tiempo destinado al proceso, constituye un renglón de gastos fijos que disminuyen la utilidad neta en el ya castigado precio de la leche pasteurizada. No hay que olvidar, que este precio esta controlado por el gobierno, ya que la leche pasteurizada como producto de consumo, esta clasificada de primera necesidad.

Esta es la primera limitante que se encuentra el especialista en limpieza, y con la que hay que luchar, en busca de un sistema que cumpla con las expectativas de excelente limpieza y adecuada operación al mejor costo.

Existen algunas referencias al respecto de normas sanitarias para los productores y procesadores de leche desde 1857, cuando epidemias de tifoidea, escarlatina y difteria fueron atribuidas a la distribución de leche en malas condiciones. Las primeras regulaciones referentes a la leche se dieron en Inglaterra en 1879.

La búsqueda de los Industriales de Alimentos por encontrar sistemas de limpieza confiables y económicos, los ha conducido a desarrollar sistemas de limpieza de equipo "en el lugar", en inglés Cleaning in Place o CIP. Este sistema consiste en la limpieza del equipo de proceso en condiciones de operación.

Las características del mercado actual en referencia a la creciente demanda de productos de buena calidad, ha obligado a los productores a modificar sus líneas de proceso de tal manera que las prácticas continuas tienen preferencia sobre las de lotes. Estas líneas continuas tienen como finalidad producir cantidades mayores de producto, con la mayor eficiencia posible, para de esta manera obtener mejores ganancias y proveer al consumidor, que con toda seguridad estará esperando por el producto, al final de la cadena de distribución.

Las características que impone un sistema bien controlado de este tipo son, una calidad buena y constante que garantice la permanencia de el producto en el mercado durante un tiempo de vida útil, regido otra vez por la situación de demanda, que dicta el consumidor.

Como parte del proceso, la limpieza del equipo no se puede separar del sistema de producción, y es por esta razón que se tiene interés en hacerla a intervalos adecuados utilizando el menor tiempo y obteniendo los mejores resultados. La limpieza del equipo en condiciones de operación (es decir sin ser desmontado para esto), cumple con las expectativas antes mencionadas, y todo proceso que se considere rentable en todos sentidos incluye además, el equipo requerido para llevar a cabo este tipo de limpiezas en el lugar o CIP, como lo veremos posteriormente.

En el presente estudio se evalúan solamente el desempeño de los programas de limpieza sobre la superficie del equipo que tiene contacto con el producto.

Es importante mencionar que la limpieza del interior del equipo de proceso es sólo una parte de las consideraciones que se deben hacer al pensar en esta actividad, ya que la limpieza del entorno, el cual incluye exterior del equipo, instalaciones, medio ambiente, personal operativo etc. tienen influencia sobre la calidad de el producto final y no se evalúan en este caso.

CAPITULO 2.
DESCRIPCION DEL EQUIPO DE PROCESO.

CAPITULO 2. DESCRIPCION DEL EQUIPO DE PROCESO.

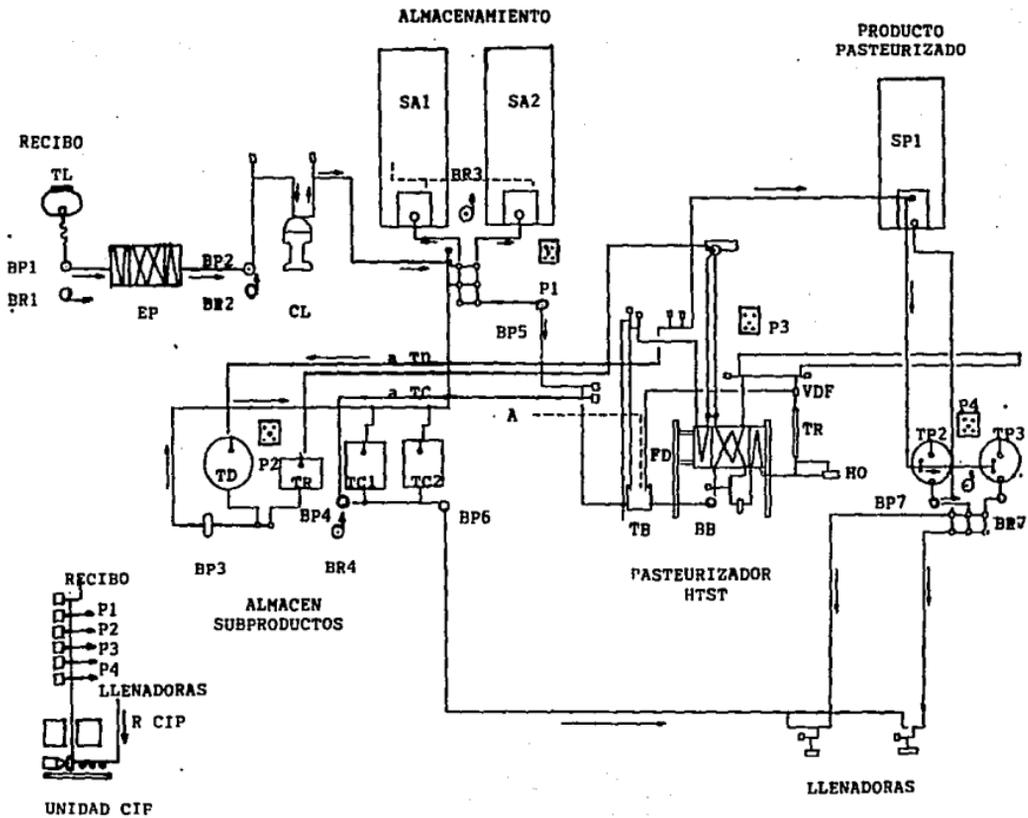
El presente capítulo, pretende dar una breve explicación del equipo de proceso de la planta, para de esta manera involucrarnos en sus características durante la limpieza, y las condiciones sanitarias que se requieren para el arranque antes de procesar.

El equipo de proceso de la planta productora de leche pasteurizada a la cual nos referiremos, tiene la finalidad de producir un volumen diario de 300 a 350 mil litros de leche, los cuales son envasados en unidades de un litro de capacidad y llevados a los centros distribuidores correspondientes.

Podríamos dividir a la planta en cuatro áreas diferentes, estas son, el área de recibo, la cual incluye el puerto de descarga y el sistema de bombeo hacia el interior, las placas de enfriamiento, la clarificación. El área de leche no pasteurizada, que comprende el almacenamiento, estandarización de la leche fluida y el almacenamiento de subproductos. El área de leche pasteurizada, la cual comprende el pasteurizador, los tanques de almacenamiento de leche pasteurizada y las líneas de distribución a las llenadoras, y por último el área de empaque, la cual considera las llenadoras, las empacadoras y el almacén de producto terminado.

En la siguiente página se encuentra un diagrama donde se muestra el área y distribución del equipo de la planta .

Figura 1. Diagrama de la planta de proceso de leche pasteurizada.



Explicación del diagrama de la planta de proceso de leche pasteurizada:

AREA DE RECIBO

<i>TL</i>	Transporte de Leche
<i>BP1</i>	Bomba de proceso 1
<i>BR1</i>	Bomba de retorno 1
<i>EP</i>	Enfriador de placas
<i>BP2</i>	Bomba de proceso 2
<i>BR2</i>	Bomba de retorno 2
<i>CL</i>	Clarificador

AREA DE LECHE NO PASTEURIZADA Y SUBPRODUCTOS

<i>SA1</i>	Silo de almacenamiento y estandarización 1
<i>SA2</i>	Silo de almacenamiento y estandarización 2
<i>BR3</i>	Bomba de retorno 3
<i>P1</i>	Placa distribuidora 1
<i>BP5</i>	Bomba de proceso 5
<i>TD</i>	Tanque almacenamiento leche descremada
<i>TC1</i>	Tanque almacenamiento crema 1
<i>TC2</i>	Tanque almacenamiento crema 2
<i>TR</i>	Tanque de leche reconstituida
<i>BP3</i>	Bomba de proceso 3
<i>BP4</i>	Bomba de proceso 4
<i>BR4</i>	Bomba de retorno 4
<i>BP6</i>	Bomba de proceso 6
<i>SE</i>	Separador
<i>CR</i>	Línea de crema
<i>LD</i>	Línea leche descremada

AREA DE LECHE PASTEURIZADA

<i>A</i>	Alimentación agua
<i>HO</i>	Homogenizador
<i>VDF</i>	Valv diversora flujo
<i>TR</i>	Tubería retención
<i>BB</i>	Bomba booster
<i>TB</i>	Tina de balance
<i>FD</i>	Flujo desviado por VDF
<i>P3</i>	Placa 3
<i>SP1</i>	Silo pasteurizada 1
<i>TP2</i>	Tanque pasteurizada 2
<i>TR3</i>	Tanque pasteurizada 3
<i>P4</i>	Placa 4
<i>BP7</i>	Bomba de proceso 7
<i>BR7</i>	Bomba de retorno 7

UNIDAD CIP

<i>R CIP</i>	Retorno unidad CIP
<i>RECIBO</i>	Circuito 1
<i>P1</i>	Circuitos 2 y 3
<i>P2</i>	Circuito 4
<i>P3</i>	Circuitos 5 y 6
<i>P4</i>	Circuitos 7 y 8
<i>LLENADO</i>	Circuito 9

AREA DE RECIBO.

El área de recibo consta de un puerto de descarga, en donde al llegar la pipa, se conecta a una línea denominada de recibo, que incluye una bomba de descarga. Esta línea distribuye la entrada de producto a los 2 silos de almacenamiento de leche fresca, cada uno tiene capacidad de 70 mil litros.

CLARIFICACION Y ENFRIAMIENTO.

El paso siguiente al recibo es el almacenamiento del producto, no sin antes verificar la calidad de el producto que se pretende recibir. Antes de la entrada de la leche fresca a los silos de almacenamiento, se condiciona su recepción al cumplimiento de una serie de requisitos, la ejecución de los análisis correspondientes indicarán si se encuentra dentro del estándar considerado como adecuado para su aceptación.

En caso positivo la línea de recibo pasa por un sistema de enfriamiento, el cual baja la temperatura a 4°C para su almacenamiento y estandarización.

La clarificación, es una operación que tiene doble finalidad, la de una homogeneización parcial y una remoción de material indeseable de la leche fresca.

El clarificador es una centrífuga de platos, su funcionamiento es semejante al de una descremadora, sólo que en el clarificador la crema que se separa en la primera cámara de discos es bombeado hacia afuera. Los discos tienen tal forma que se lleva a cabo una separación parcial de la crema. Esta se conduce de nuevo a el distribuidor en donde se mezcla con la alimentación de leche.

Cuando la mezcla de crema/leche pasa por un juego de discos separadores, se dividen principalmente los glóbulos de grasa grandes, mientras que los pequeños quedan en la leche regresando a la cámara reductora. Una cierta cantidad de crema se mantiene en recirculación en el tazón, y no es sino hasta que los glóbulos alcanzan un tamaño tan pequeño que salen del tazón junto con la leche.

Cuando se alcanza el equilibrio un minuto o dos después de que comenzó la operación, la leche que sale del clarificador lleva el mismo contenido de grasa que la leche que entra. El tamaño del glóbulo de grasa se reduce considerablemente. De esta

manera la leche es clarificada eficientemente.

La materia indeseable que se acumula en el tazón del clarificador consiste en proteínas, grasa, fosfato de calcio y otros minerales, leucocitos y bacterias. La cantidad de materia extraña varía según el estado de lactación, la acidez de la leche, la temperatura de clarificación, la velocidad de rotación del tazón y el tiempo de permanencia.

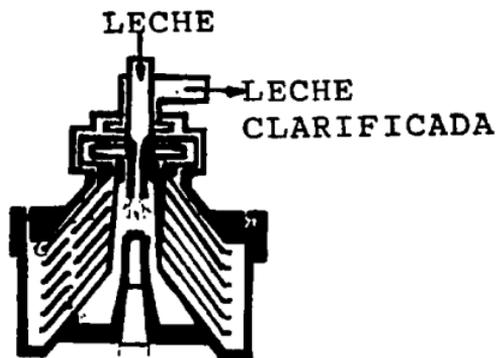


Figura 2. Diagrama de el tazón de una clarificadora.

ALMACENAMIENTO Y ESTANDARIZACION.

El área de almacenamiento y estandarización, tiene como finalidad la de mantener la materia prima que recibe la planta en buenas condiciones mediante una baja temperatura hasta que sea necesario su estandarización a los contenidos de sólidos, y sobre todo de grasa establecidos. Una vez que la leche se encuentre en condiciones estándar de composición, se procederá a pasteurizar.

El área de estandarización de la planta consta de 2 silos con capacidad para 30 mil litros cada uno. Ambos silos, están contruidos de acero inoxidable y enchaquetados para mantener la leche a baja temperatura. Su configuración cuenta con una entrada hombre colocada en el primer tercio del cuerpo, a esta altura se encuentra también la entrada de la línea de alimentación de producto. El silo, cuenta con un agitador tipo propela colocado en el extremo opuesto a la entrada hombre.

El mecanismo de limpieza de los silos cuenta con una línea de alimentación de los productos químicos, la cual se divide conectándose una parte a la entrada de producto del tanque y la otra sube y alimenta al plato distribuidor en la parte superior del cono o tapa del silo. El piso, tiene una inclinación de 30 grados, y desemboca a la línea de salida de producto, o entrada a la línea de retorno, en donde una bomba empuja las soluciones de limpieza de vuelta a la unidad CIP.

SEPARADOR CENTRIFUGO.

El separador centrífugo tiene como finalidad la estandarización de la leche al porcentaje de grasa permitido, en este equipo la leche cruda se separa para producir leche descremada y crema. Este separador centrífugo de discos, emplea fuerza de entre cinco y diez mil veces la fuerza de gravedad, podemos decir, que la eficiencia en la separación de un glóbulo de grasa es directamente proporcional a la diferencia en densidad, al radio promedio del glóbulo y a la fuerza centrífuga en si. Igualmente, la separación resulta inversamente proporcional a la viscosidad del producto, a las fuerzas de arrastre sobre el glóbulo y al incremento en la velocidad a través del separador.

La mayor eficiencia debe ser atribuida a mayor tiempo de residencia, esto es el volúmen de la centrifuga dividido por el flujo volumétrico, y a un corto espacio entre los discos. A pesar de que la velocidad de desplazamiento es mucho mayor en el campo centrífugo, los glóbulos sólo pueden viajar distancias pequeñas al tiempo en

que la leche se encuentra en el tazón del separador. La crema viaja a través del centro, y descarga hacia el orificio destinado a ésta, mientras que la capa descremada viaja a través de el espacio exterior en el tazón. El glóbulo de grasa requiere viajar tan sólo la distancia de entre los discos para así formar parte de la capa grasa.

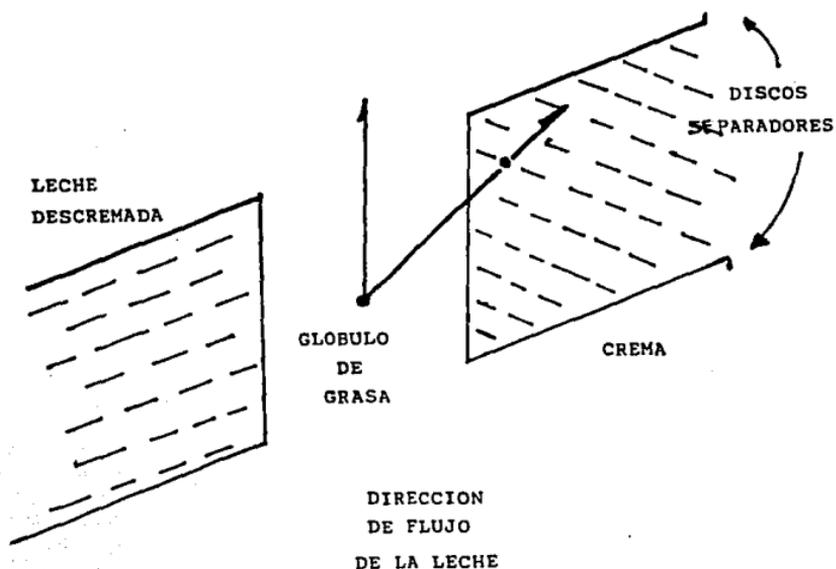


Figura 3. Representación de la separación de grasa en un separador centrífugo.

SISTEMA DE PASTEURIZACION.

Existen dos métodos generales para la pasteurización de leche fluida, el método de pasteurización lenta y el método HTST o alta temperatura tiempo corto. Ambas son aceptadas por el U.S. Public Health Service. La pasteurización lenta consiste en calentar la leche a 63 °C por lo menos 30 minutos.

Dadas las características de automatización de la planta en estudio, el sistema utilizado de pasteurización es el sistema continuo o sistema de temperatura alta y tiempo corto denominado HTST, por sus siglas en inglés.

La pasteurización HTST de la leche, consiste en la operación de aumentar la temperatura a cada partícula componente a una temperatura de 72° C, y mantenerla constante al menos durante 15 segundos, todo esto dentro de un equipo propiamente operado y aprobado.

Las ventajas del sistema rápido sobre lento son una mayor eficiencia en la destrucción bacteriana y una mayor vida útil del producto. Además de ser más versátil en el tratamiento de otros productos lácteos como leches con mayor contenido graso, con adición de edulcorantes o saborizantes como chocolate.

El flujo de la leche a través de un sistema básico de pasteurización HTST se describe a continuación:

La leche fresca se encuentra inicialmente en el tanque de alimentación a una temperatura aproximada de 4.5°C, se bombea a la sección de regeneración del pasteurizador. En este punto la leche fría se precalienta contra corriente por conducción.

Siendo succionada la leche, pasa a través de una bomba de desplazamiento positivo que la alimenta bajo presión a través del resto del sistema de pasteurización. La leche, es forzada hacia la sección de calentamiento en donde, por el lado opuesto de las placas pasa agua caliente o vapor, mediante estas placas se llega a la temperatura de 72°C.

La leche, a temperatura de pasteurización y bajo presión, fluye por el tubo de

sostenimiento, en donde deben mantenerse por lo menos 15 segundos. La velocidad máxima de la leche al fluir por este tubo esta gobernada por la velocidad de la bomba de desplazamiento positivo, el diámetro y largo de la tubería y la fricción superficial.

Una vez que la leche pasa los sensores de un termómetro indicador y un controlador gráfico, se encuentra la válvula de diversión, que automáticamente asume una posición de paso hacia el frente, si la leche pasa a temperatura mínima de 72°C. En el caso en que no alcance la temperatura, la válvula regresa el producto. La leche que no ha sido calentada propiamente regresa a el tanque de alimentación de leche fresca.

La leche que si pasa con el mínimo de temperatura fluye por la línea de paso de frente hacia la sección de regeneración, en donde cede calor al producto fresco perdiendo temperatura.

Una vez templada la leche, pasa por la sección de enfriamiento, en donde por medio de un refrigerante, circula por el lado opuesto de las placas de acero inoxidable. En esta sección se consigue bajar la temperatura de la leche hasta 4 o 5 °C.

La leche fría y pasteurizada, pasa entonces a un tanque de almacenamiento y posteriormente a el proceso de empaque.

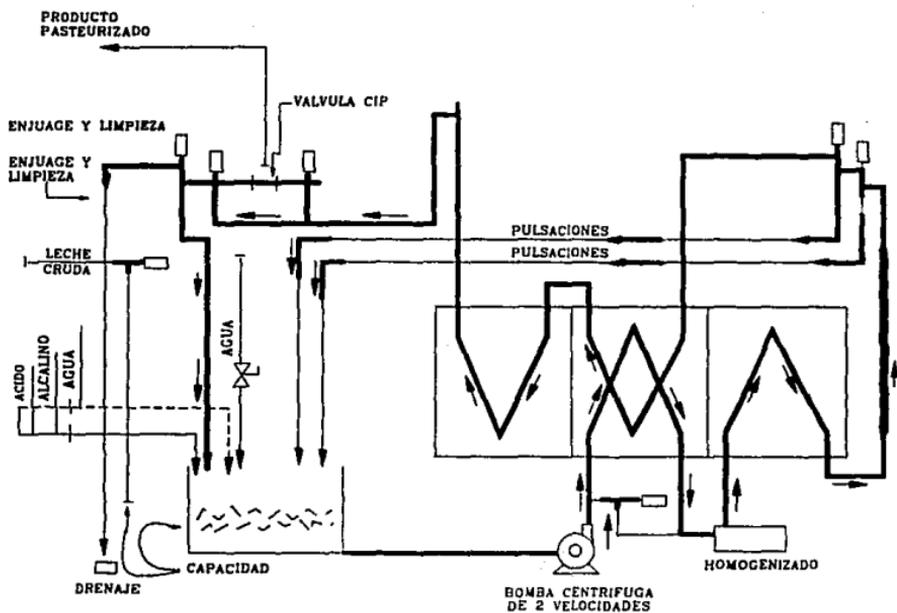


Figura 4. Flujo básico de un Sistema de Pasteurización HTST.

A continuación se describe con detalle el funcionamiento y operación de los componentes del equipo HTST.

El tanque de balance o tanque de alimentación a nivel constante, tiene las funciones de proveer una alimentación constante de leche, para mantener la operación continua, también sirve para el almacenamiento de la leche que regresa de la sección de calentamiento debido a que no alcanzó la temperatura mínima de 72°C al final del tubo de sostenimiento. Se puede establecer una recirculación momentánea con este tanque, para el caso de que alguna dificultad en el sistema impida el paso momentáneo de la leche.

Durante la limpieza, este tanque tiene la función de servir como reservorio y alimentación de las soluciones de limpieza utilizadas en la recirculación del sistema. La bomba de desplazamiento positivo, puede operarse a velocidad variable. El punto de máxima velocidad asegura un tiempo de permanencia mínima en el tubo de sostenimiento.

El tubo de sostenimiento como se mencionó anteriormente tiene el propósito de que a su paso se cumple el tiempo mínimo a la temperatura de pasteurización. Debe tener un diseño sanitario, lo cual comprende una curvatura tal que no permita almacenar aire y un calibre uniforme a todo lo largo. El tipo de soportes debe ser permanente para asegurar el alineamiento y las curvas.

El termómetro indicador es de mercurio y deberá dar una lectura directa de la temperatura del producto y en su caso de las soluciones de limpieza, debe estar colocado lo mas cerca al sensor del controlador gráfico.

La válvula diversificadora de flujo es esencialmente una válvula de tres vías diseñada para controlar automáticamente la dirección de flujo del producto. Esta válvula es accionada por aire sobre un diafragma. Cuando se admite aire comprimido sobre el diafragma, la fuente de flujo se presiona, asentándose las porciones inferiores de los sellos de la válvula de la línea de flujo. De esta manera también el desasiento de la parte superior de la válvula provoca un flujo hacia adelante. El aire sobre el diafragma sólo puede ser admitido a través de una válvula solenoide operada con aire. Esta solenoide es energizada por un microswitch del controlador gráfico a una temperatura posteriormente establecida de 72°C. Cualquier pérdida de energía eléctrica o presión de aire regresa a la válvula a su posición original.

**CAPITULO 3.
EVALUACION DEL SISTEMA DE LIMPIEZA
ACTUAL.**

3.1 ANTECEDENTES.

El término limpieza en una planta de alimentos, engloba el cuidado y mantenimiento que se dá a todas las superficies de contacto del producto, seguidamente de un período de producción. Esto tiene la finalidad de eliminar cualquier evidencia física de producto. Una vez limpio, se procederá a aplicar un tratamiento bactericida para dejar libre de microorganismos la superficie, que nuevamente entrará en contacto con el producto.

Existen tres elementos básicos involucrados en un proceso de limpieza, estos son, el tipo de superficie o substrato, la naturaleza de la suciedad a remover y la solución química que se pretende aplicar. (11)

Para los fines de este estudio, el substrato lo constituye la superficie del equipo, que está construido de acero inoxidable tipo 304 con una superficie que ofrece un pulido sanitario, todo de acuerdo a las normas propias de equipo de proceso de alimentos.

La naturaleza de la suciedad, corresponde a la composición del producto a procesar que en este caso es leche fluida con un contenido promedio de grasa del 3%, y cuyas características serán descritas a continuación. La leche se compone por un 87% de agua con algunas sales minerales, lactosa y vitaminas A, B₁, B₂, niacina, y ácido ascórbico. El contenido mineral que promedia el 0.725% está compuesto de calcio, potasio, fósforo, cloro, sodio, iones de magnesio y trasas de algunos otros como el HCO₃ (-). El contenido proteínico de la leche está constituido por 2.8 de caseína y 0.8% de proteínas del suero. La caseína se encuentra como dispersión coloidal, mientras que la albúmina se encuentra soluble. La grasa se encuentra en forma de emulsión, los glóbulos promedian en tamaño de 0.01 mm de diámetro. (18)

Los componentes de la leche son diferentes desde el punto de vista de su solubilidad, tolerancia a la temperatura y resistencia a los productos químicos. La elección del sistema de limpieza dependerá de la naturaleza de los residuos a limpiar y de la superficie. La siguiente tabla muestra las diferentes características de algunos residuos de leche sobre el equipo. (19)

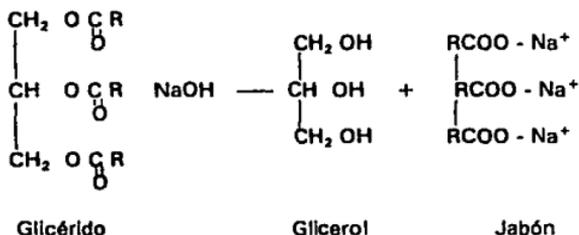
Naturaleza del residuo	Solubilidad	Facilidad de eliminación	Cambios provocados calentando una superficie sucia
Azúcares	Solubles en agua	Fáciles	Caramelización, más difícil de limpiar
Materias grasas	Insolubles en el agua Dispersables en álcali	Difíciles	Polimerización, más difícil de limpiar
Proteínas	Insolubles en agua - Solubles en ácido - Solubles en álcali	Muy difíciles	Desnaturalización, mucho más difíciles de limpiar
Minerales	Insolubles en agua - Solubles en ácido	Difíciles	Interacción con los otros componentes, se vuelven más difíciles de limpiar

Tabla 1. Características de algunos residuos de leche.

Los productos que se utilizan en los programas de limpieza son, agua, productos alcalinos y productos ácidos. Las principales funciones de estos son:

- Acarrear las sustancias químicas a la interfase sustrato-suciedad,
- Proveer un medio de solubilización,
- Proveer un medio de transporte para eliminar la suciedad,
- Prevenir la redeposición de la suciedad sobre la superficie.

Específicamente, los productos alcalinos reaccionan sobre las grasas formando jabones solubles en agua, este proceso es conocido como saponificación. Los productos de esta reacción son sales de ácidos carboxílicos y glicerol. (20)



La reacción de los productos alcalinos sobre carbohidratos, consiste en una hidrólisis, esto significa que su acción los convierte en productos más simples y por lo tanto más solubles (11). Sobre las proteínas, actúan causando una ionización y la consecuente repulsión electrostática intramolecular, el rechazo entre grupos vecinos cargados hace que el polímero se desdoble y pierda sus estructuras. De la fuerza iónica también dependen directamente la solubilidad y estabilidad de la proteína. (21)

Los productos ácidos reaccionan liberando iones hidrógeno el cual actúa sobre los depósitos minerales principalmente de carbonato de calcio originando su disolución (11). Al igual que los productos alcalinos, los productos ácidos tienen acción sobre la estructura de las proteínas causando su desnaturalización (21). La hidrólisis ácida de la lactosa convierte (+)-lactosa en cantidades iguales de D-(+)-glucosa y D-(+)-galactosa. (20)

Teniendo conocimiento de las interacciones producto químico-depósito de suciedad, la formulación de los productos químicos deberá contener los elementos necesarios para asegurarse de que al estar en contacto dentro del equipo actuarán adecuadamente eliminando estos depósitos.

Existen cuatro factores determinantes durante el proceso de limpieza, estos son:

- **Concentración de la solución de limpieza, generalmente, las reacciones químicas que se describen en párrafos anteriores, dependen de la concentración de los ingredientes químicos. Se requiere de una mínima cantidad de estos, para que la limpieza se pueda llevar a cabo.**
- **Temperatura de la solución de limpieza, esta es particularmente importante cuando se requiere de procesos químicos para que se lleve a cabo la limpieza. La mayoría de estas reacciones duplica la velocidad de reacción por cada 10°C de temperatura.**
- **Tiempo de contacto, existe una relación inversa entre el tiempo de contacto y la temperatura.**
- **Acción mecánica, generalmente los procesos de limpieza son acelerados cuando se incrementa la acción mecánica sobre la suciedad. Podemos decir que la acción mecánica tiene una relación inversa a la concentración y a la temperatura.(11)**

La estructura del presente estudio se basa en la importancia de los cuatro factores descritos y sus relaciones, tanto en la situación que opera actualmente, como una vez que se hayan aplicado las propuestas derivadas de la evaluación.

3.2 DESCRIPCION DEL SISTEMA DE LIMPIEZA ACTUAL.

Los procedimientos para limpiar equipo en las plantas de leche varían considerablemente. Sin embargo la mayoría de este se limpia en su lugar (CLEANING IN PLACE, o CIP). Este sistema de limpieza, tiene gran aceptación en la Industria de Alimentos, y es capaz de lavar prácticamente todo el equipo que tiene contacto con la leche, el cual consiste en líneas, tanques de almacenamiento, pipas de transporte y equipo de proceso, como el pasteurizador.

El período normal de proceso de pasteurización en la planta de leche de este estudio, es de 16 horas. Esto quiere decir que al menos una vez cada 24 horas se limpia completamente el equipo. Existen algunas circunstancias especiales en donde cierta parte del equipo como líneas de distribución o silos se vacían y se limpian, con una frecuencia mas reducida, aproximadamente una vez cada tercer día.

La importancia de contar con un sistema de limpieza que tenga la habilidad de asegurar la calidad de la operación por medios mecánicos/químicos ha llevado al desarrollo de un nuevo concepto que ha influido profundamente en el diseño del proceso. Estos nuevos conceptos incluyen tuberías completamente soldadas, válvulas neumáticas, y todo esto trae apreciable beneficio en la operación de una planta promedio, ya que el flujo de producción se puede incrementar y por lo tanto la capacidad de almacenamiento y de empaque, sin olvidar las considerables mejoras que se obtienen en la calidad del producto final.

Todo esto, significa la oportunidad de tener un proceso continuo automatizado de alta sofisticación. Algunos autores consideran que los siguientes conceptos básicos permiten la aplicación de estos avances tecnológicos, (8) y son:

1. Reducción de los requerimientos de mano de obra,
2. Reducción del factor de error humano,
3. Reducción de la pérdida de producto,
4. Reducción del consumo de energía, tanto para el proceso como para las operaciones de limpieza y
5. La implementación de un control de supervisión de datos de producción como conjunto del sistema de control de procesos.

La limpieza en el lugar o CIP, por sus siglas en inglés, es esencialmente química por naturaleza. Tanto los equipos de proceso como los sistemas CIP, están diseñados para permitir que la solución de limpieza entre en contacto íntimo con las superficies sucias, y además que este contacto se continúe en cuanto sea necesario. Ya que esto implica que un alto volumen de solución sea aplicado a las superficies sucias durante tiempos que varían entre 5 minutos y una hora, la recirculación de un volumen constante de solución es esencial para mantener la operación económica y ecológica.

Se encuentran en la práctica sistemas CIP diseñados bajo diversos principios. Existen unidades multitanque en donde las soluciones de limpieza se reutilizan, esto es, un mismo volumen de solución se utiliza para varias operaciones adicionando producto concentrado para mantener constantes las condiciones de concentración. Existe otra corriente de diseño que se utiliza principalmente en EUA, en donde se tiene un sólo tanque, y se preparan pequeños volúmenes a bajas concentraciones, las cuales se desechan después de cada ciclo de limpieza. Actualmente estos sistemas han sufrido algunas modificaciones a fin de disminuir el desperdicio al efluente y el excesivo gasto de agua, por lo que se recuperan los enjuagues finales y se utilizan en el siguiente ciclo como agua de preparación.

Ambos diseños tienen sistemas de control similares. El sistema multitanque requiere de un mayor espacio y utiliza mayor cantidad de equipo tal como tanques, válvulas, controles de nivel, temperatura y concentración. El sistema unitanque ocupa un espacio menor, y su diseño es más simple, como consecuencia la inversión inicial es menor y su aplicación se considera más flexible.

Algunas instalaciones recientes involucran los dos tipos de sistema, combinando las ventajas de ambos, flexibilidad y seguridad. Este sistema mixto, cuenta con procedimientos de recuperación de agua y productos de limpieza que reducen la cantidad total de agua que se requiere para un sistema de limpieza dado. También recuperan el exceso de las soluciones de limpieza y de agua en los enjuagues finales, almacenándola por un corto tiempo y volviéndola a usar como enjuagues después de aplicadas las soluciones o enjuagues iniciales para el siguiente ciclo de limpieza.

Este concepto ha logrado reducir el requerimiento total de agua en algunas operaciones en un 25 a 30% comparado con operaciones alternativas. El consumo de vapor se ha reducido entre el 12 y 15%, y el consumo de productos químicos entre el 10 y 12%, ambos referidos a el hecho de que el enjuague inicial con el agua de reuso tiene una temperatura de 35 a 40 °C, lo que resulta provechoso para remover la suciedad.

El sistema de limpieza de la planta en estudio tiene que acoplarse a los principios

de producción que en este caso enfrenta los retos de la automatización.

En referencia a el sistema CIP que se tiene en esta planta, podemos decir que es un sistema multitanque de soluciones de reuso, posee un control automático que alimenta la secuencia de productos predeterminada.

Para describir este sistema, lo dividiremos en dos partes principales, por un lado la unidad multitanque con todos sus componentes y por el otro los circuitos de equipo a limpiar a partir de la bomba de alimentación, tocando al equipo y de vuelta a la unidad multitanque.

UNIDAD CIP

En la siguiente figura, se muestra la unidad del sistema CIP, que como ya mencionamos se trata de un sistema multitanque.

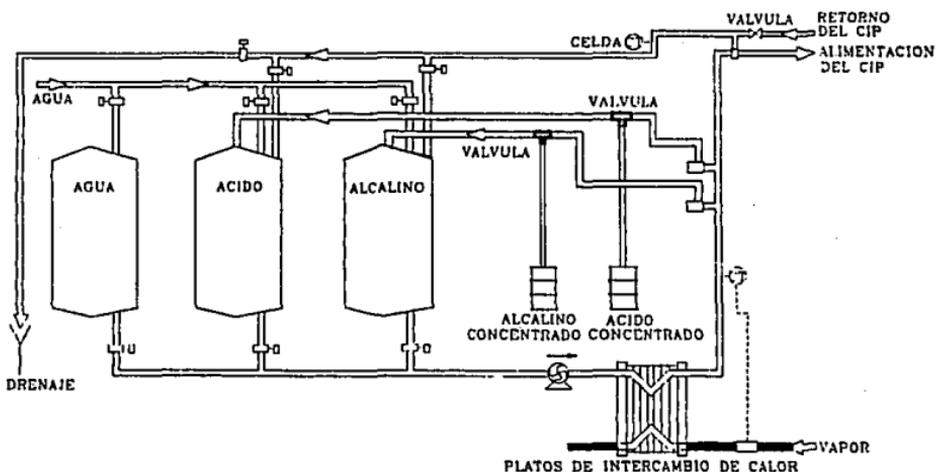


Figura 5. Diagrama que muestra la unidad multitanque del sistema CIP.

La planta recibe los productos químicos para la limpieza a granel, estos se surten mediante pipas y son almacenados en tanques especialmente diseñados. Estos tanques se encuentran fuera de la planta en una instalación que provee todos los medios de seguridad tales como una fosa de neutralización con drenaje controlado para neutralizar cualquier derrame o fuga, conexiones de seguridad para evitar que el operador de la pipa al descargar los productos, corra el riesgo de un accidente y evite la posibilidad de fugas, y el equipo básico de regadera y lavaojos colocados en un lugar apropiado, el cual debe existir en donde se manejen productos químicos y se tenga el riesgo de ser salpicado.

Así pues, los productos químicos almacenados son bombeados hasta la unidad CIP mediante una bomba centrífuga. Las líneas de distribución para el caso del producto alcalino están construidas de acero inoxidable y en el caso del ácido, están construidas de fibra de vidrio.

La unidad CIP esta constituida por tres tanques:

1. Tanque de Solución Alcalina Capacidad 2000lt
2. Tanque de Solución Acida Capacidad 2000lt
3. Tanque de Agua de Reuso Capacidad 1500lt

Las líneas de alimentación de producto químico concentrado llegan al tanque correspondiente. El mecanismo de alimentación parte del panel de control en donde el operador, al conocer los datos de concentración proporcionados por el laboratorio de control de calidad, adiciona el producto al tanque.

Cada tanque de solución cuenta con un control de nivel superior y un mecanismo de transferencia de calor en donde se hace pasar la solución de tal manera que se mantiene el rango de temperatura determinado, y que en ambas soluciones es de 80°C.

La salida de las soluciones de limpieza, está controlada por una válvula neumática, la cual esta conectada a un distribuidor cuyas salidas corresponden al número de circuitos diferentes que requieren ser lavados.

El tanque de agua de reuso almacena el agua de los últimos enjuagues para utilizarla posteriormente en el primer enjuague de la línea o equipo y arrastrar el producto que todavía se encuentra adentro. Este tanque cuenta con control de nivel superior y no tiene sistema de calentamiento ya que no se requiere temperatura para efectuar el primer enjuague.

El proceso de limpieza comienza, cuando el operador selecciona el circuito a ser lavado. El panel de control deberá indicar que la pieza de equipo seleccionada, se encuentra libre de producto.

El primer paso consiste en un enjuague con agua de reuso. Se abre la válvula del tanque y deja salir la solución la cual se envía mediante una bomba al circuito. Cuando este se completa, el agua no regresa al tanque de la unidad CIP, se tira al drenaje.

El siguiente paso lo constituye la limpieza alcalina, terminado el tiempo de enjuague se cierra la salida de reuso y se abre la salida del tanque de solución alcalina, una vez establecida la recirculación se deja transcurrir el tiempo de limpieza.

En el retorno existe un sensor que mide la conductividad de la solución y automáticamente abre las válvulas de alimentación del tanque de solución alcalina, ácida reuso y del drenaje. De tal manera que selecciona según el rango de conductividad en que se encuentre, a que tanque se debe regresar la solución en flujo.

Después de la solución alcalina se hace un enjuague. Existen dos tipos de programas, los primeros solamente hacen un lavado alcalino y se hacen diariamente y los segundos incluyen después del lavado alcalino, un lavado ácido y se practican con una frecuencia semanal.

TIPOS DE BOMBA.

Para la Industria Alimentaria se utilizan dos tipos de bombas, las de desplazamiento positivo y las centrífugas. Las bombas de desplazamiento positivo utilizan cavidades alternativas o una cavidad rotativa entre dos lóbulos o engranes. El fluido entra a la cavidad por gravedad y en algunos casos por diferencias en presión. El fluido mismo forma el sello entre las partes giratorias.

En las bombas centrífugas el fluido entra en la cavidad giratoria como en las anteriores, pero es acelerado centrífugamente hasta que alcanza una velocidad tangencial cercana a la de la cuchilla de la salida. La energía cinética impartida al fluido es convertida en cabeza de presión, al tiempo que el fluido descarga en una espiral alrededor del exterior de la bomba centrífuga. Esta espiral descarga en el puerto de salida de la bomba.(16)

Las bombas usadas para operaciones sanitarias difieren de aquellas utilizadas en

muchos procesos de transferencia industriales de fluidos de baja viscosidad. Para obtener una conversión eficiente en una bomba centrífuga de la energía mecánica en cabeza de descarga, es necesario cerrar el impulsor con un plato por el frente y por detrás. Esto previene las fugas del impulsor.

Los sellos giratorios son aspectos importantes en la construcción de una bomba. Los sellos escogidos deberán ser compatibles con su aplicación en alimentos. Si se usan deberán ser colocados de tal manera que la diferencia de las presiones hidráulica interna y atmosférica externa mantenga la bomba sellada. Si la bomba se lava sin ser desmantelada, tanto el impulsor como la flecha deberán ser diseñados para flujo directo en el área del sello para propósitos de limpieza, y el sello deberá ser drenado durante los ciclos de limpieza para permitir enjuague, lavado y enjuague final.(16)

VALVULAS NEUMATICAS.

El sistema de limpieza CIP, está provisto de válvulas de compresión con un disco de hule moldeado o un sello de teflón sobre un disco de acero inoxidable. Los sellos de teflón son utilizados para la superficie de contacto de la válvula con vapor. El secuenciador de válvulas, tiene la finalidad de hacerlas operar en combinaciones adecuadas al programa de limpieza, de tal manera que el agua y las soluciones pasen por el circuito. Cada válvula deberá operarse 2 o 3 veces durante cada paso del programa. Todas las partes de la válvula deberán ser expuestas al tratamiento mecánico/químico del CIP.

Las válvulas descritas están instaladas en sistemas de cabezales, lo cual trae consigo las siguientes ventajas: las unidades de varias válvulas se fabrican sobre pedido, lo que permite acomodos adecuados que proveen y mantienen un alineamiento apropiado. Los servicios de conexiones eléctricas y de aire están concentrados en conductos reduciendo los costos de instalación y facilitando el mantenimiento.

El arreglo de válvulas es especialmente importante, ya que muchos requerimientos de operación, se basan en el hecho de que se necesita una programación específica para limpiar, llenar o vaciar líneas de manera separada. En los cabezales de válvulas se debe evitar que alguna porción del cabezal quede lleno de leche y sirva como un punto muerto, ya que el producto que no se elimina, sufrirá deterioro causando probablemente problemas de calidad. Se usa un sistema de tubería doble para llenar o vaciar un tanque que forma parte de un grupo. Aunque el cabezal esté completamente lleno de producto, el sistema permite que se purge por completo.(14)

SISTEMA DE TUBERIAS.

En el diseño de un sistema CIP se debe tomar en cuenta el flujo del producto y el arreglo del equipo. Para esto se pone atención sobre los siguientes puntos:

1. El arreglo del equipo debe permitir el mínimo de distancia entre las tuberías para producción y retorno a la unidad CIP.
2. La tubería debe ser de soldadura permanente y la instalación deberá tener las inclinaciones adecuadas para su drenaje, lo cual es requisito para un sistema automatizado. El diseño deberá eliminar todas las desviaciones no necesarias y las conexiones a las líneas de retorno.
3. Todos los circuitos de proceso se completan para establecer retornos.

Para la construcción de los sistemas CIP se emplean tres tipos diferentes de conexiones, estos son:

- Soldadura con gas inerte para conexiones permanentes,
- Uniones tipo clamp, para conexiones semi permanentes,
- Roscas hexagonales con empaques, para aquellas conexiones que se abren diariamente para procedimientos de limpieza.

El sistema de soporte es de construcción sólida para mantener la alineación, y debe ser diseñada para impedir acción electrolítica entre el soporte y la tubería.(14)

Un sistema completo se limpia en un sólo circuito, pero normalmente se divide en uno o más subcircuitos compatibles con los mismos mecanismos de arranque y paro.

La velocidad mínima aceptada para operaciones de CIP es de 5 pies/seg. Se debe controlar la distancia del circuito para alcanzar esta velocidad con las bombas de alimentación CIP y con las limitaciones de presión impuestas por algunos equipos.

Puntos muertos, tales como conexiones tipo "t" oclúdas son indeseables. Las ramificaciones de las conexiones tipo "t" se deberán localizar horizontalmente, y

se deberá limitar su longitud a no más de 1 1/2" el diámetro de la tubería. Los puntos muertos verticales, también son indeseables porque se corre el riesgo de que queda atrapado aire y evite que las soluciones de limpieza alcancen la porción superior de la conexión.

CONCEPTOS DE CONTROL.

El control de las válvulas neumáticas tiene como finalidad, las siguientes operaciones; la operación de válvulas individuales, la transferencia de producto a través de una tubería mediante la operación de varias válvulas simultáneamente. El planteamiento mas común es de naturaleza funcional ya que se requiere determinar de donde viene el producto, como se está moviendo y hacia donde se dirige. Un sólo switch de alimentación o descarga opera el número de válvulas requeridas para establecer el patrón de control de flujo de producto deseado. Este concepto de diseño permite de una manera relativamente fácil llevar acabo modificaciones al proceso para incluir tanques o líneas adicionales y sus válvulas asociadas. Este proceso se consigue con el sólo hecho de activar los switches correspondientes localizados en el panel de control.

CIRCUITOS DE LIMPIEZA.

La limpieza se realiza en varios circuitos que aíslan líneas o piezas de equipo para ser lavadas independientemente del flujo de producción, lo que dá gran versatilidad a la operación total resultando que tanto líneas como tanques estén disponibles para seguir operando en condiciones óptimas.

A continuación se enumeran los circuitos en los que se divide la limpieza;

Circuito No.1 Circuito de Recibo.

Circuito No.2 Circuito Silos de Almacenamiento.

Circuito No.3 Circuito líneas de alimentación al separador y del separador a tanques.

Circuito No.4 Circuito tanques crema y leche descremada.

- Círculo No.5** **Círculo líneas de alimentación al pasteurizador HTST.**
- Círculo No.6** **Círculo pasteurizador HTST.**
- Círculo No.7** **Círculo líneas pasteurizador a almacén de producto pasteurizado.**
- Círculo No.8** **Círculo tanques de producto pasteurizado.**
- Círculo No.9** **Círculo de líneas de alimentación a llenadoras.**

Una vez separado por secciones el equipo de proceso, el sistema de limpieza deberá incluir como ya se ha mencionado por cada círculo, una bomba de alimentación, una secuencia de válvulas de entrada al equipo de proceso, una secuencia de válvulas de salida, una bomba de retorno para las soluciones de limpieza, una línea de retorno que cierre el círculo con la unidad CIP. Esta descripción corresponde al complemento del sistema necesario para alimentar las soluciones de limpieza y enjuagues al equipo sucio y permitir el regreso a la estación multitanque y en su caso establecer recirculación.

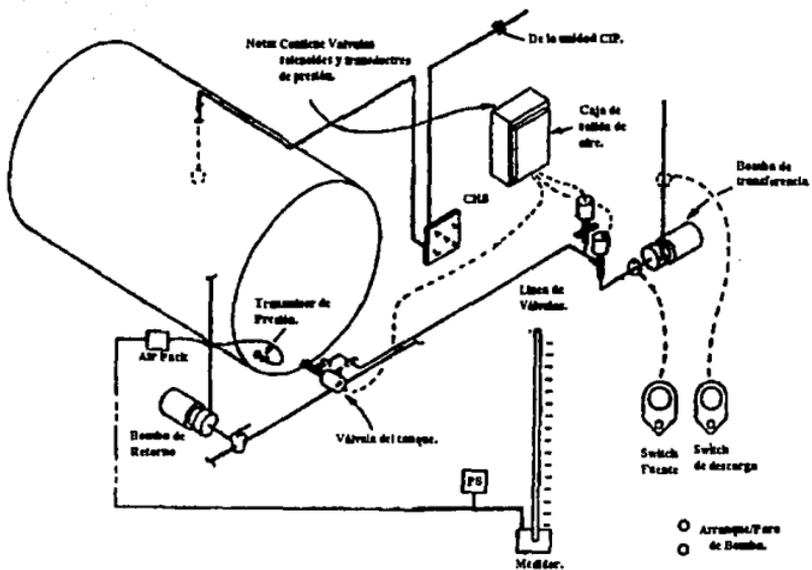


Figura 6. Componentes del sistema de limpieza de un tanque de proceso.

LIMPIEZA DEL PASTEURIZADOR HTST.

Un sistema de limpieza CIP para un pasteurizador, consiste en un circuito de recirculación, un tanque que pueda contener las soluciones de limpieza, una bomba, equipo de calentamiento y control de temperatura. El circuito del que se habla esta formado por la interconexión de tubería desde el tanque de nivel constante a la salida del enfriador, e incluye líneas de y para la bomba booster, el homogenizador el tubo de sostenimiento, la válvula de diversión etc.

A pesar de que el equipo en si cuenta con todo lo necesario para una limpieza CIP, podemos decir que la bomba que forma parte del pasteurizador no es adecuada para la función CIP. Por esta razón se recomienda proveer la bomba adecuada para la limpieza, y localizarla de manera adecuada. Se deben hacer algunas modificaciones, tales como, remover los engranes de la bomba de tiempo, instalar un by pass al homogenizador y hacer los arreglos correspondientes a los sistemas de válvulas para que drenen cuando es necesario y mantengan una recirculación cuando se requiere.

La figura 7 muestra el diagrama del sistema HTST, así como el flujo de limpieza desde el tanque de nivel constante hasta la salida de la sección de enfriamiento.

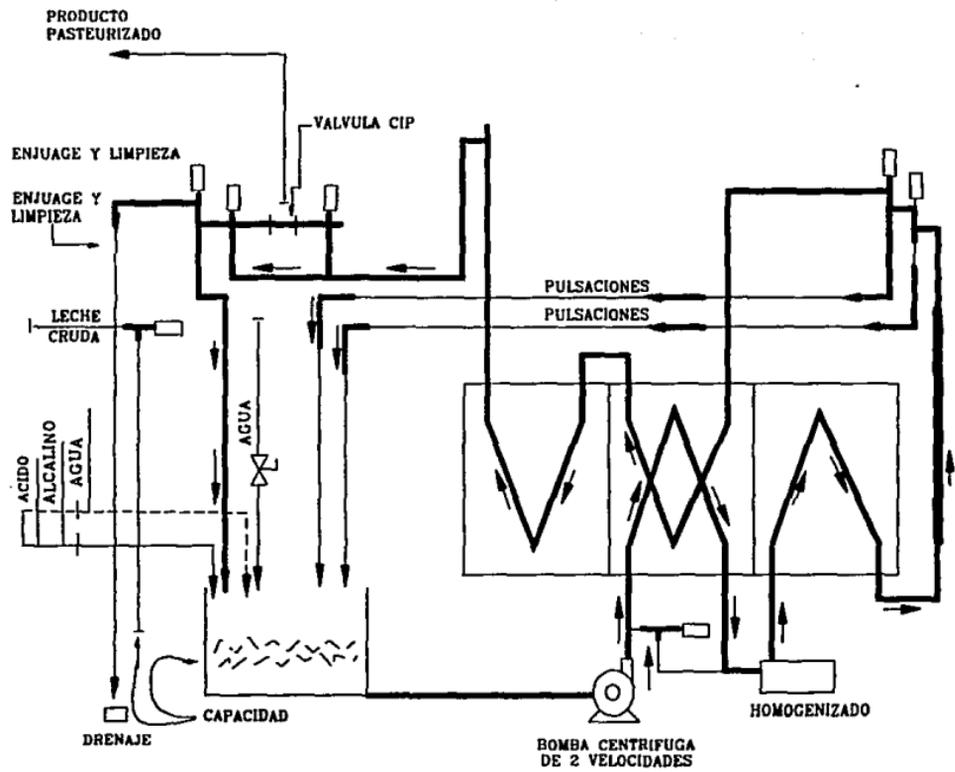


Figura 7. Diagrama del sistema HTST y el flujo de limpieza.

3.3. EVALUACION DE LOS PRODUCTOS QUIMICOS QUE SE UTILIZAN ACTUALMENTE.

Hasta ahora, solamente se ha hablado del equipo de proceso que se tiene que lavar y del sistema que se tiene para hacer llegar las soluciones de limpieza a este equipo. No se ha hablado del tipo de productos químicos que se utilizan y las condiciones bajo las cuales se pretende actúen sobre las superficies sucias.

Las condiciones en las que se encontró el sistema, en referencia a los productos químicos que se utilizan en la limpieza CIP, se describen a continuación:

El producto químico que se destina a la limpieza alcalina es sosa grado rayón (NaOH), se adquiere a una concentración de 48 % y se utiliza para la limpieza a concentraciones entre 1.5 y 3.0 %.

Para el caso de la limpieza ácida se utiliza ácido fosfórico (H_3PO_4), este producto se adquiere a una concentración del 85 %, la concentración de uso para la limpieza es entre 1.0 y 1.5 %. Estos dos productos químicos son los únicos que se utilizan para la limpieza del equipo que procesa leche, con el sistema CIP.

Las soluciones químicas se preparan de la siguiente manera, tanto la sosa como el ácido se reciben en la planta a granel, esto es se entrega semanal o quincenalmente el consumo y se almacena en tanques debidamente acondicionados para esto. El operador de limpieza alimenta los productos químicos concentrados a los tanques de la unidad CIP mediante una bomba centrífuga.

Parte de nuestro interés por corroborar la concentración de las soluciones de limpieza consiste en saber si hay continuidad en los rangos recomendados a lo largo del día. Se hicieron mediciones de las concentraciones de las soluciones de limpieza en los tanques de dilución, cada 6 horas durante 42 horas, encontrando los siguientes resultados:

DIA 1		
	Solución Alcalina Tanque No. 1	Solución Ácida Tanque No. 2
	Concentración recomendada 1.5-3.0%	Concentración recomendada 1.0 - 2.0%
Hora	Concentración (%)	Concentración (%)
8:00	2.7	0.3
14:00	7.8	0.3
20:00	4.7	1.8
2:00	3.6	1.7

DIA 2		
Hora	Concentración (%)	Concentración (%)
8:00	5.4	6.4
14:00	6.2	5.6
20:00	4.3	4.3
2:00	3.0	2.1

DIA 3		
Hora	Concentración (%)	Concentración (%)
8:00	1.2	2.0
14:00	0.8	3.4
20:00	3.2	2.7
2:00	0.4	1.3

Tabla 2. Datos de concentración de las soluciones alcalina y ácida en los tanques de la unidad CIP.

Además de las observaciones en cuanto a la concentración de los tanques de la unidad CIP, se hicieron revisiones del equipo una vez aplicada la limpieza, esto para observar el efecto de la concentración de las soluciones en los resultados del equipo.

Es importante mencionar que existen dos tipos de programas y las principales diferencias consisten en que en unos solamente se hace un lavado alcalino. Estos programas son los que se practican diariamente. El otro tipo de programa incluye además del lavado alcalino, un lavado ácido, estos programas se aplican con una frecuencia semanal.

Los resultados observados se detallan en la siguiente Tabla:

Solución Alcalina Conc. (%)	Solución Ácida Conc. (%)	Temperatura (°C)	Equipo Lavado	Resultado
7.8	-	78	LINEA	NA Depósitos Minerales
3.6	-	78	LINEA	NA Depósitos Grasos
5.4	6.4	79	LINEA	A Sin Depósitos
6.2	5.6	80	LINEA	NA Depósitos Grasos
6.2	-	79	SILO	A Sin Depósitos
3.0	-	78	SILO	NA Depósitos Minerales
1.2	2.0	77	SILO	NA Depósitos Grasos
0.8	3.4	78	SILO	NA Depósitos Proteína
3.2	-	80	TANQUE	NA Depósitos Proteína
0.4	-	81	TANQUE	NA Depósitos Proteína
4.7	1.8	80	TANQUE	A Sin Depósitos
5.4	6.4	80	TANQUE	NA Depósitos Proteína
3.0	2.1	75	PAST	NA Depósitos Minerales
0.4	1.3	78	PAST	NA Depósitos Minerales

Tabla 3. Resultados de limpieza obtenidos Vs. concentración de las soluciones de limpieza.

Nota: A Resultado de limpieza aceptable
 NA Resultado de limpieza no aceptable.

Es importante mencionar que el criterio de evaluación al calificar el equipo como limpio o sucio se basa en una mera observación de el interior de tanques, silos y líneas. Esta observación se realiza con una lámpara de luz ultravioleta la cual hace resaltar los depósitos minerales en la oscuridad. También se utiliza el tacto para detectar rastros de grasa sobre la superficie. En algunos casos no se requiere de la luz ultravioleta ya que la suciedad resulta evidente a la vista.

Cuando se califica un equipo como limpio es por que no se encontraron evidencias de depósitos de suciedad sobre las superficies observadas.

En base a los datos mostrados en las Tablas 2 y 3, podemos llegar a los siguientes puntos:

- No existe un control de las concentraciones en los tanques de la unidad CIP.
- La falta de control y el hecho de que nunca se tiene la concentración dentro de los rangos recomendados, los cuales son del 1.5 a el 3.0 % para la sosa, y del 1.0 al 1.5 % para el ácido fosfórico trae como consecuencia la aparición de los siguientes problemas:
 1. La aplicación de un programa de limpieza similar, esto es secuencia de soluciones, tiempos de contacto etc., nunca dá los mismos resultados si las concentraciones de los productos químicos no son las mismas, por lo que no se puede esperar que estos sean repetitivos.
 2. Al no tener los mismos resultados, siempre se correrá el riesgo de no tener control sobre la misma operación de limpieza.
 3. Cuando las soluciones tienen concentraciones mayores a las recomendadas, causan daño al equipo por corrosión. Se sabe que una solución de ácido fosfórico, a una concentración mayor del 3% y a temperaturas de 75°C causa una corrosión mayor a 1.0 mm por año. En el caso del hidróxido de sodio, concentraciones de 10 % a 80 - 90 °C causan una corrosión menor a 0.1 mm por año.(17)

4. A pesar de observar limpiezas con concentraciones altas tanto de hidróxido de sodio como de ácido fosfórico, los resultados de limpieza no fueron adecuados. Esto quiere decir que el resultado no depende únicamente de las concentraciones de los químicos y que existen otros factores que la afectan directamente.
5. En el caso de los programas que sólo aplican el producto alcalino se observa una suciedad formada por minerales, esto se sabe porque al aplicar unas gotas de ácido sobre esta, se desbarata produciendo gas.
6. El mecanismo de alimentación de productos concentrados a los tanques de la unidad CIP no es adecuado. Se observó que cuando el operador oprime el botón que activa la bomba de alimentación, la cantidad de producto químico concentrado que entra es muy grande. Esto no permite mucha exactitud para recuperar la concentración, y el operador continuamente dosifica cantidades mucho mayores que las necesarias para llegar a la concentración.
7. Es excesivo el gasto de productos químicos además de afectar al equipo, y por supuesto a la economía de la operación de limpieza, afecta en gran medida al efluente de la planta. A pesar de que se tiene un tanque de neutralización las altas concentraciones de hidróxido de sodio debidas a la preparación de las soluciones de limpieza y a el hecho de que durante la semana sólo se hagan lavados alcalinos, hacen este proceso de neutralización muy deficiente, tirando al drenaje agua con un pH alcalino. Este tipo de descarga es penalizada por las autoridades, ya que contamina los mantos acuíferos destruyendo tanto la fauna como la flora.

3.4. EVALUACION DE LA TEMPERATURA DE LAS OPERACIONES DE LIMPIEZA ACTUALES.

La temperatura es otro factor determinante para el desempeño de un programa de limpieza. Durante el desarrollo de la secuencia del programa podemos observar como en algunos casos es deseable una temperatura alta y en algunos otros no, de tal manera que en cada punto se obtengan los mejores resultados.

En un esquema general de limpieza, las temperaturas se deben manejar como lo muestra la siguiente tabla:

PASO	SECUENCIA	TEMPERATURA INICIAL (°C)
1	ENJUAGUE INICIAL	MAXIMO 35-40
2	LAVADO ALCALINO	75-85
3	ENJUAGUE INTERMEDIO	20-25
4	LAVADO ACIDO	70-80
5	ENJUAGUE FINAL	20-25

Tabla 4. Manejo de temperaturas óptimas en una secuencia general de limpieza.

El primer enjuague, se hace con agua de reuso, esta agua proviene de enjuagues finales anteriores y generalmente viene a una temperatura de 35 a 40°C. No es deseable llevar acabo este enjuague a mayor temperatura, ya que la finalidad de este es remover el grueso de la suciedad, una vez que el producto a procesar, en este caso la leche ha sido drenada del equipo. La razón principal para hacer el enjuague en este rango es que a mayor temperatura y con tal concentración de suciedad, sólo se lograría una redeposición sobre la superficie, esto significa que en vez de solubilizar la suciedad, se ha observado que se afianza a la superficie.

En el caso del lavado alcalino, se requiere un mínimo de 45°C, temperatura a la cual la mayoría del material graso ya ha alcanzado su punto de fusión.(9)

Los enjuagues intermedios se hacen con agua fresca y no requieren temperatura. En el caso de la desinfección, tampoco se recomienda utilizar temperatura mayor a la del medio ambiente, ya que la mayoría de los compuestos bactericidas son afectados con el aumento de temperatura.

Se tomaron temperaturas en los tanques de la unidad CIP durante 3 días seguidos, encontrando los siguientes datos, los cuales se exponen en la tabla 5:

TEMPERATURA OPTIMA	Solución Alcalina 75- 85°C	Solución Ácida 75-80°C
DIA 1		
	Solución Alcalina Tanque No. 1	Solución Ácida Tanque No. 2
Hora	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)
08:00	78	80
14:00	78	79
20:00	77	78
2:00	79	78
DIA 2		
	Solución Alcalina Tanque No. 1	Solución Ácida Tanque No. 2
Hora	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)
8:00	79	77
14:00	79	79
20:00	78	80
2:00	79	80
DIA 3		
	Solución Alcalina Tanque No. 1	Solución Ácida Tanque No. 2
Hora	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)
8:00	78	80
14:00	79	77
20:00	79	79
2:00	78	80

Tabla 5. Datos de temperatura de las soluciones de limpieza en el interior de los tanques de la unidad CIP.

Una vez conociendo que las temperaturas se mantienen en los tanques de la unidad con una variación de más menos 3°C, podemos pensar que el control es adecuado. La razón de tener este rango de temperatura obedece a lineamientos internos de la planta.

Sabiendo que las temperaturas no varían significativamente, se propuso otra serie de mediciones, esta vez en el equipo de proceso para investigar si existe una caída de temperatura de las soluciones de limpieza al llegar al equipo de proceso lo cual puede afectar el desempeño del programa de limpieza.

A continuación se muestran las mediciones de temperatura durante el lavado alcalino y al mismo tiempo, en el tanque de la unidad CIP.

SOLUCION ALCALINA TANQUE No. 1 TEMPERATURA (°C)	EQUIPO DE PROCESO	TEMPERATURA DE LA SOLUCION EN EL EQUIPO DE PROCESO (°C)	RANGO ESPERADO (°C)
79	LINEA	77	75-85
79	LINEA	78	75-85
80	LINEA	78	75-85
79	SILO	75	75-85
78	SILO	76	75-85
80	SILO	76	75-85
80	TANQUE	78	75-85
78	TANQUE	77	75-85
78	TANQUE	76	75-85

Tabla 6. Diferencias de temperatura de la solución alcalina entre el tanque de la unidad CIP, y el equipo que esta siendo lavado al mismo tiempo.

Se puede observar que la caída de temperatura varía entre 2 y 4° C en algunos casos. La diferencia de temperatura se dá en la limpieza de silos, ya que la superficie de contacto es mayor que en el caso de una línea.

Podemos decir que tanto el control de temperatura en los tanques de la unidad CIP, como la temperatura de llegada de las soluciones al equipo de proceso son adecuados a los propósitos de limpieza.

3.5. EVALUACION DE LA ACCION MECANICA EN LAS OPERACIONES DE LIMPIEZA ACTUALES.

El efecto de la acción mecánica de las soluciones de limpieza sobre la superficie sucia es determinante en la obtención de los resultados deseados.

En este apartado podríamos hablar de dos situaciones, en primer lugar el que no existan interferencias de tipo mecánico para que las soluciones de limpieza entren en contacto con la superficie sucia, y por otro lado el hecho de que, al entrar en contacto lo hagan con el efecto de turbulencia adecuado actuando sinérgicamente con el poder químico de la solución a fin de remover dicha suciedad.

En referencia al primer punto se realizó una inspección minuciosa del equipo de proceso para determinar si se encontraba en condiciones de ser "limpiado". Existen situaciones de tipo mecánico que impiden que un buen programa de limpieza actúe como se espera, ya que como se mencionó en párrafos anteriores, las soluciones de limpieza deben entrar en contacto íntimo con la superficie del equipo, ejemplo de esto lo encontramos en la inclinación de las líneas para provocar un drenaje adecuado, otro ejemplo puede ser la presencia de puntos muertos a donde es casi imposible que lleguen las soluciones de limpieza o simplemente partes de tubería que actúan como bados, causando que se pierda el efecto de turbulencia y por lo tanto la eficiencia del lavado.

Otro caso se da cuando al efectuar la limpieza en partes del equipo en donde se lava mediante una esprea, el diseño interior del tanque o silo en cuestión no permite que se pueda lavar adecuadamente. Así también, es necesario que el diseño de la esprea sea el apropiado para las características del equipo que se pretende lavar.

Algunas de las observaciones realizadas en este aspecto, se enlistan en la siguiente tabla:

EQUIPO	OBSERVACION
LINEAS DE PROCESO	<p>Existen líneas en donde se encuentra vencida la estructura que soporta la tubería, corregir la inclinación y fijar adecuadamente.</p> <p>Algunos tramos importantes tienen exceso de conexiones, las cuales pueden ser suplidas por soldadura permanente.</p> <p>Existen algunas conexiones "t" mal colocadas que ocasionan puntos muertos.</p> <p>En algunas secciones de tubería la soldadura no fué pulida grado sanitario y ofrece puntos de posible contaminación.</p>
VALVULAS NEUMATICAS	<p>Por falta de mantenimiento, algunas válvulas no operan durante la limpieza.</p>
SILOS	<p>En dos silos se observan costuras de parches que no fueron pulidas después de la soldadura.</p> <p>No se dá mantenimiento a los platos distribuidores, se encontraron empaques y basura atorados, lo que no permitía una distribución adecuada del flujo de limpieza.</p> <p>No se activan los agitadores durante la limpieza, por lo que no se limpian en su totalidad.</p>
TANQUES	<p>La falta de mantenimiento a las espreas permite que se ensucien obstruyendo el flujo adecuado.</p> <p>El sistema de venteo no es sanitario, por lo que acumula suciedad, se deberá cambiar.</p> <p>Las válvulas de muestreo tampoco son del tipo sanitario, por lo que no se autolavan, se deben desarmar durante cada limpieza y lavarse aparte con un cepillo adecuado.</p> <p>Se observó inundación en el fondo, durante la limpieza, se deberán equilibrar la alimentación y salida del tanque para evitar que se mezclen las diferentes soluciones en el fondo y se pierda el efecto de arrastre.</p>

Tabla 7. Resultados de la inspección mecánica practicada a equipo de proceso.

Se requiere que las modificaciones a los puntos anteriormente indicados sean canalizados y resueltos por el departamento de mantenimiento de la planta. Es indispensable poner remedio a este tipo de problemas ya que de lo contrario no se podrán esperar resultados satisfactorios.

El otro punto a evaluar se basa en las características de flujo que se deben tener para que el efecto turbulento del flujo haga un arrastre. Se sabe que un flujo mínimo de 5 pies/min, dá el efecto turbulento conveniente para que las soluciones de limpieza actuen de manera adecuada.(14)

Para evaluar este factor se hicieron mediciones en varios puntos de la línea con un equipo capaz de medir el flujo mediante ultrasonido. El sensor, que se conecta exteriormente a la tubería, mide el flujo de líquidos con 25 ppm de sólidos suspendidos (FD-603 Ultrasonic Flowmeter, Omega Enngineering, Inc.). Los resultados obtenidos en las alimentaciones y retornos se muestran en la siguiente tabla :

CIRCUITO	ALIMENTACION FLUJO (pies/min)	RETORNO FLUJO (pies/min)
RECIBO	6	6
SILOS ALMACEN	7	4
LINEAS SILOS	6	6
TANQUES CREMA, DESCREMADA, RECONSTRUIDA	5	5
ENTRADA PASTEURIZADOR	5	5
SALIDA PASTEURIZADOR	4	4
LINEAS LLENAJE	7	5

Tabla 8. Mediciones de flujo en varios puntos de la línea de producción.

Los resultados que se muestran en las tablas 7 y 8 nos permiten concluir que la acción mecánica de las soluciones se encuentra dentro de los límites aceptables para obtener resultados de limpieza adecuados. Esto quiere decir que las bombas CIP cubren adecuadamente la demanda de flujo y presión, también podemos decir que se encuentran equilibradas con las bombas de retorno de solución teniendo como resultado una recirculación apropiada.

3.6. EVALUACION DE LAS SECUENCIAS DE LOS PROGRAMAS DE LIMPIEZA ACTUALES

En este apartado se toca la parte medular del trabajo realizado, y es que todos los factores analizados anteriormente son antecedente, o forman parte de la secuencia del programa de limpieza y de alguna u otra forma, como se analizará posteriormente afectan directamente el resultado final.

Se cuenta con un microprocesador, que controla el sistema CIP. El control consiste en ordenar la secuencia deseada de productos químicos. También se tiene control sobre el tiempo de permanencia de cada paso y la dirección de los retornos. Este sistema controla los juegos de válvulas necesarios para que la solución en turno llegue a el punto predestinado, y regrese ya sea a los tanques de soluciones, al tanque de agua de reuso, o en su defecto al drenaje.

Existe una limitante que no pudo ser resuelta durante el estudio. La limitante consiste en que se tiene una misma secuencia para hacer todas las limpiezas, lo único que se puede cambiar es el tiempo de cada paso. La secuencia básica para todos los circuitos es la siguiente:

Programa Diario:

1. Enjuague inicial
2. Lavado alcalino
3. Enjuague final

Programa Semanal:

1. Enjuague inicial
2. Lavado alcalino
3. Enjuague intermedio
4. Lavado ácido
5. Enjuague final.

A continuación se describe la secuencia de limpieza que corresponde a cada Circuito de equipo. Estas secuencias indican el número del paso como referencia, la acción ejecutada, el tiempo que tarda y el destino de la solución. Existen cuatro destinos al retorno estos son:

1. Drenaje
2. Tanque No. 1, Tanque de Solución Alcalina
3. Tanque No. 2, Tanque de Solución ácida
4. Tanque No. 3, Tanque de agua de reuso

Se observó el desempeño de los programas descritos en condiciones controladas. El control consistió en mantener las concentraciones de los productos químicos dentro de los rangos sugeridos (1.5 a 3% en la solución de sosa, y 1 a 2% en la solución de ácido), y las temperaturas se mantuvieron entre 78 y 80°C.

Fué necesario controlar los parámetros ya que cualquier desviación en el resultado final sería atribuido al cambio de condiciones y no al desempeño del programa en sí.

Se observó cada pieza de equipo después de ser lavada. Se hicieron tres observaciones en condiciones controladas llegando a los siguientes resultados. Es importante mencionar que una vez más los criterios de evaluación, se basaron en observaciones a simple vista y con luz ultravioleta.

Además de las evaluaciones realizadas, se hicieron algunas otras mediciones que nos ayudarán a hacer recomendaciones necesarias para reducir o aumentar tiempos de contacto, recomendar otros productos químicos, canalizar de manera diferente los retornos, y ahorrar agua.

Estas observaciones se resumen a continuación:

- Se utilizan los mismos tiempos para la limpieza de todos los circuitos de líneas, sin importar la longitud de estas.

- Se utilizan los mismos tiempos para la limpieza de todo tipo de tanques sin importar sus diferentes capacidades y diseños.
- Se observaron los retornos a drenaje del primer enjuague, observando en algunos casos que el agua salía clara en un tiempo menor que el destinado a este paso.
- Se considera que el tiempo destinado al lavado alcalino es mucho mayor al requerido.
- Se observó que el contenido del tanque de agua de reuso se encuentra muy turbia, con muchos sólidos en suspensión.
- Se hicieron mediciones a través del tiempo del enjuague intermedio encontrando que se llega a pH de 7 en un tiempo menor al predestinado.
- Se considera que el tiempo destinado al lavado ácido es mucho mayor al requerido.
- Al igual que en los enjuagues intermedios se hicieron mediciones de pH a través del tiempo destinado al enjuague, encontrando que por lo general se llega a pH de 7 en un tiempo menor.
- De la mayor importancia resulta mencionar que la mayoría de las limpiezas diarias son deficientes. Después de dos o tres limpiezas diarias deficientes se observan formaciones de piedra de leche sobre la superficie.
- El tanque de sosa presenta una cantidad muy alta de sólidos en suspensión.
- La única razón para hacer lavados diarios, sobre lavados semanales es de ahorro en tiempo.

En las siguientes tablas se muestran las secuencias diaria y semanal utilizadas en la planta.

Tabla 9.
Descripción de los programas diario y semanal de los circuitos de limpieza de la planta de leche pasteurizada.

CIRCUITO 1 LINEAS DE RECIBO			
PASO	PROGRAMA DIARIO Tiempo min	PROGRAMA SEMANAL Tiempo min	DESTINO
1 Enjuague Inicial	8	6	Drenaje
2 Lavado Alcalino	20	20	Tanque 1
3 Enjuague Intermedio	-	6	Tanque 3
4 Lavado Acido	-	15	Tanque 2
5 Enjuague Final	10	8	Tanque 3
TOTAL	38 min	57 min	

CIRCUITO 2 SILOS DE ALMACENAMIENTO			
PASO	PROGRAMA DIARIO Tiempo min	PROGRAMA SEMANAL Tiempo min	DESTINO
1 Enjuague Inicial	8	6	Drenaje
2 Lavado Alcalino	25	25	Tanque 1
3 Enjuague Intermedio	-	8	Tanque 3
4 Lavado Acido	-	15	Tanque 2
5 Enjuague Final	10	6	Tanque 3
TOTAL	43 min	60 min	

CIRCUITO 3 LINEAS SEPARADOR

PASO	PROGRAMA DIARIO Tiempo min	PROGRAMA SEMANAL Tiempo min	DESTINO
1 Enjuague Inicial	8	6	Drenaje
2 Lavado Alcalino	20	20	Tanque 1
3 Enjuague Intermedio	-	8	Tanque 3
4 Lavado Acido	-	15	Tanque 2
5 Enjuague Final	10	8	Tanque 3
TOTAL	38 min	57 min	

CIRCUITO 4 TANQUES DE CREMA, LECHE RECONSTRUIDA, LECHE DESCREMADA

PASO	PROGRAMA DIARIO Tiempo min	PROGRAMA SEMANAL Tiempo min	DESTINO
1 Enjuague Inicial	8	6	Drenaje
2 Lavado Alcalino	25	25	Tanque 1
3 Enjuague Intermedio	-	8	Tanque 3
5 Lavado Acido	-	15	Tanque 2
6 Enjuague Final	10	6	Tanque 3
TOTAL	43 min	60 min	

CIRCUITO 5 LINEAS PASTEURIZADOR

PASO	PROGRAMA DIARIO Tiempo min	PROGRAMA SEMANAL Tiempo min	DESTINO
1 Enjuague Inicial	8	6	Drenaje
2 Lavado Alcalino	20	20	Tanque 1
3 Enjuague Intermedio	-	8	Tanque 3
4 Lavado Acido	-	15	Tanque 2
5 Enjuague Final	10	8	Tanque 3
TOTAL	38 min	57 min	

CIRCUITO 6 PASTEURIZADOR HTST			
PASO	PROGRAMA DIARIO Tiempo min	PROGRAMA SEMANAL Tiempo min	DESTINO
1 Enjuague Inicial	15	10	Drenaje
2 Lavado Alcalino	35	35	Tanque 1
3 Enjuague Intermedio	-	10	Tanque 3
4 Lavado Acido	-	25	Tanque 2
5 Enjuague Final	10	10	Tanque 3
TOTAL	60 min	90 min	

CIRCUITO 7 LINEAS DE LECHE PASTEURIZADA

PASO	PROGRAMA DIARIO Tiempo min	PROGRAMA SEMANAL Tiempo min	DESTINO
1 Enjuague Inicial	8	6	Drenaje
2 Lavado Alcalino	20	20	Tanque 1
3 Enjuague Intermedio	-	8	Tanque 3
4 Lavado Acido	-	15	Tanque 2
5 Enjuague Final	10	8	Tanque 3
TOTAL	38 min	57 min	

CIRCUITO 8 TANQUE DE PRODUCTO PASTEURIZADO			
PASO	PROGRAMA DIARIO Tiempo min	PROGRAMA SEMANAL Tiempo min	DESTINO
1 Enjuague Inicial	8	6	Drenaje
2 Lavado Alcalino	25	25	Tanque 1
3 Enjuague Intermedio	-	8	Tanque 3
4 Lavado Acido	-	15	Tanque 2
5 Enjuague Final	10	6	Tanque 3
TOTAL	43 min	60 min	

CIRCUITO 9 LINEAS DE ALIMENTACION A LLENADORAS			
PASO	PROGRAMA DIARIO Tiempo min	PROGRAMA SEMANAL Tiempo min	DESTINO
1 Enjuague Inicial	8	6	Drenaje
2 Lavado Alcallno	25	25	Tanque 1
3 Enjuague Intermedio	-	8	Tanque 3
5 Lavado Acido	-	15	Tanque 2
6 Enjuague Final	10	6	Tanque 3
TOTAL	43 min	60 min	

Tabla 10.
Comparativo del tiempo de limpieza por circuito.

	PROGRAMA DIARIO	PROGRAMA SEMANTAL
CIRCUITO 1	38 min	57 min
CIRCUITO 2	43 min	60 min
CIRCUITO 3	43 min	60 min
CIRCUITO 4	43 min	60 min
CIRCUITO 5	38 min	57 min
CIRCUITO 6	60 min	90 min
CIRCUITO 7	30 min	57 min
CIRCUITO 8	43 min	60 min
CIRCUITO 9	43 min	60 min

**CAPITULO 4.
PROPUESTA REALIZADA PARA EL MEJORAMIENTO
DEL SISTEMA DE LIMPIEZA DEL EQUIPO DE
PROCESO.**

4.1 PROPUESTA SOBRE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS A UTILIZAR

Los productos químicos concentrados que utiliza la planta en estudio para la limpieza de sus sistemas de producción son hidróxido de sodio al 48 % y ácido fosfórico al 85%. El uso de estos productos químicos como única fuente de limpieza, obedece a que la dirección de la planta considera que el uso de productos comerciales especialmente formulados, incrementará el costo de la operación de limpieza, sin ser evaluadas las deficiencias que trae consigo la falta de agentes químicos que complementen su acción. La experiencia comercial indica que el uso de productos formulados trae consigo ventajas como mejores resultados, una disminución en las concentraciones de uso, menor gasto de enjuague y en general disminución de los tiempos destinados para la limpieza, lo que incrementa el tiempo de producción. La conjunción de estos puntos en la generalidad tienen mayor peso que el comparativo de precio de ambos tipos de productos.

En el mercado actual de especialidades químicas para limpieza de plantas de alimentos, encontramos una gran variedad de detergentes formulados, esto es que contienen una diversidad de componentes. Esta multiplicidad es una fuerte evidencia de que existe una variedad de factores que hay que considerar al escoger en particular un detergente para remover un tipo de suciedad específica de un sustrato específico (9).

Entre las propiedades que requiere tener el detergente adecuado mencionaremos las siguientes:

PROPIEDADES DE ACONDICIONAMIENTO.

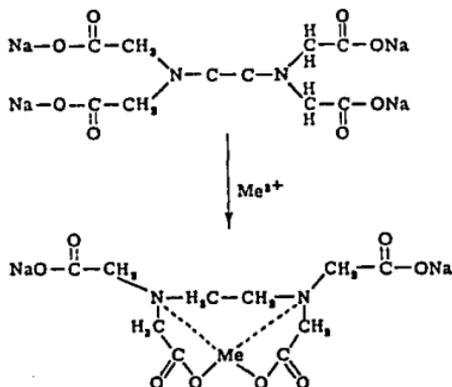
Las propiedades de acondicionamiento de agua son importantes durante los procesos de limpieza ya que generalmente encontramos impurezas en el agua como sales minerales, que generalmente son sales de calcio, magnesio y en menor relación hierro y aluminio, estos forman precipitados insolubles al reaccionar con fosfatos y álcalis, interviniendo en la acción de los jabones de ácidos carboxílicos al igual que en la acción de los agentes tensoactivos aniónicos. Estos precipitados forman películas blancas sobre superficies duras, y a menos de que sean controladas en solución, se requieren productos ácidos para remover los depósitos calcáreos que se forman. Estos depósitos no sólo dan mal aspecto, sino que afectan la transferencia de calor y ofrecen protección a posibles crecimientos bacterianos tanto del calor como de los

El calcio y magnesio disueltos, interfieren en la eficiencia de la mayoría de los agentes tensoactivos aniónicos. Los polifosfatos forman complejos solubles con calcio y magnesio y la disociación de estos complejos se encuentra debajo del producto de la relación de solubilidad de sales insolubles de calcio y magnesio, estos materiales han encontrado amplia aceptación en la formulación de detergentes. En la actualidad se utilizan productos como tripolifosfato de sodio, pirofosfato de tetrasodio, fosfatos amorfos como tetrafosfato de sodio. El pirofosfato de tetrapotasio es usado en algunos detergentes líquidos. (9)

La mayoría de estos tienen funciones detergentes además de funciones dispersantes defloculantes y peptonizantes de sólidos finos divididos, también aportan alcalinidad de reserva.

Los agentes secuestrantes orgánicos tienen la ventaja de formar complejos estables al calor, estos incluyen ácido glucónico, cítrico, glucurónico y etilendiamino tetracético y sus sales. Estos inactivan el ion metal incorporándose en la estructura del anillo interior, donde el metal formará parte de este anillo. Estas estructuras se conocen como quelatos.

La reacción generalizada entre el EDTA y un metal se muestra a continuación: (9)



El poder secuestrante relativo de varios agentes se muestra en la siguiente tabla:

AGENTE	mg DE CaCO ₃
EDTA sal sodica	201
hexametrafosfato	74
fosfato glacial	45
tripolifosfato de sodio	36
tetrafosfato de sodio	57
pirofosfato de tetrasodio	7
gluconato de sodio	25

Tabla 11. Poder secuestrante relativo de varias sustancias.

PRODUCTOS ALCALINOS FUERTES.

Arbitrariamente podemos limitar esta denominación, a productos cuya solución al 1% tenga un pH de 12. Los más fuertes son hidróxido de sodio e hidróxido de potasio. Tomando en cuenta el costo y las restricciones de uso, su aplicación es especializada. El metasilicato de sodio y el ortosilicato de sodio, pertenecientes al mismo grupo de productos químicos al igual que el sesquisilicato de sodio. El uso primario es como detergentes y son fuente de alcalinidad. Otros productos que son utilizados para estos propósitos son el amoníaco y otras aminas.(14)

Son corrosivos sobre materiales como aluminio, zinc fierro galvanizado etc. En general el poder de disolución es relativamente alto y esto hace que sean agentes defloculantes razonables. Difieren en propiedades humectantes y de enjuague y su capacidad de acondicionar agua varia, de no existente a poca. Son efectivos en la remoción de los depósitos orgánicos incluyendo grasa, aceite y materiales proteínicos. Combinaciones de hidróxido de sodio y de ácido etilén diamino tetra acético, son particularmente efectivos para la remoción de piedra de leche de intercambiadores de calor. Los álcalis fuertes tienen malas cualidades de enjuague, el hidróxido de sodio es altamente higroscópico y en presencia de calcio y magnesio se presenta la siguiente reacción (14):



Esto provoca compuestos insolubles que se precipitan sobre el equipo. Algunos agentes secuestrantes se adicionan a las fórmulas para prevenir estas reacciones. (9)

PRODUCTOS ACIDOS.

Algunos depósitos no son susceptibles a la acción de productos alcalinos y requieren el uso de productos secuestrantes o productos ácidos. El ácido aumenta el poder detergente de la solución generando un ion H^{1+} . Desafortunadamente esta misma sustancia es responsable de la acción corrosiva de los ácidos. Consecuentemente, al escoger un ácido se adquiere un compromiso entre la eficiencia de limpieza, su actividad sobre la suciedad y la corrosión o su actividad en el sustrato. El grado de eficiencia y la capacidad de corrosión son directamente proporcionales, ya que ambos son portadores del ion $H(+)$ concentrado.(9) Algunas sustancias pueden ser adicionadas como inhibidores de ácidos ya que efectivamente disminuyen la corrosión, estos son nitrógeno heterocíclico y ariltiureas. Funcionan siendo atraídos por la superficie limpia del metal en la interfase de la solución sucia. Ya que la suciedad es eliminada dejando el metal limpio, el inhibidor provee una protección parcial contra el ácido que continúa atacando. Los inhibidores no son completamente efectivos pero reducen la corrosión. (10)

Los ácidos minerales fuertes como ácido sulfúrico, muriático, nítrico y fosfórico por su poder corrosivo difícilmente serán recomendados para una tarea de limpieza. Se debe reconocer que aunque tengan inhibidores son corrosivos, en su caso deberán ser utilizados por una persona competente. Los ácidos orgánicos débiles como el levulínico, sacárido, glucónico, sulfámico etc., dan mejores y más seguros resultados, para la limpieza del equipo de proceso y para el manejo de los operadores. (9)

AGENTES DISPERSANTES Y DEFLOCULANTES.

Debido a la actividad que presentan entre interfases resultando partículas con cargas similares, los agentes surfactantes juegan un papel muy importante en actividades dispersantes y defloculantes. En la práctica se utilizan específicamente polifosfatos. Las partículas sólidas absorben los iones de polifosfatos de las soluciones acuosas, proporcionándoles carga negativa. De esta manera cuando los sólidos suspendidos de suciedad adquieren la misma carga, se repelen entre sí y entre el sustrato, de tal manera que la mutua repulsión evita la aglomeración y la deposición. (9 y 14)

OTROS ADITIVOS.

Se adicionan también materiales como carbonato o fosfato de sodio como fuente de reserva de alcalinidad. En el caso de los silicatos se agregan con una doble función, limitar la corrosión y como agentes dispersantes, ya que son adsorbidos por algunas superficies. El sulfato de sodio y otras sales neutras se adicionan como acarreadores de ingredientes líquidos o grasos, para minimizar la higroscopicidad y proveer estabilidad. (9)

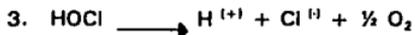
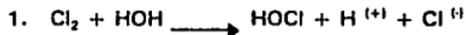
AGENTES DESINFECTANTES.

La efectividad de los desinfectantes químicos, puede estar influenciada por factores tales como concentración, pH, limpieza del equipo, temperatura etc.

A continuación se describirán brevemente las principales características de algunos agentes desinfectantes que se utilizan en la industria láctea.

Agentes desinfectantes con base Cloro:

Estos están caracterizados por el hecho de que en solución, liberan cloro Cl_2 , iniciando de esta manera una serie de reacciones, que a continuación se representan:



Charlton y Levine (9), demostraron que ácido hipocloroso no disociado es la especie responsable de la destrucción bacteriana y que el pH de la solución es probablemente la variable más importante que afecta la cantidad de cloro presente como HOCl. Mercer y Somers (9), indican que el HOCl es el agente bactericida y que el mecanismo incluye la penetración a la célula y su posterior reacción con algunos constituyentes celulares.

El ácido hipocloroso es un agente oxidante poderoso. Al entrar en contacto con equipo sucio, el cloro reacciona rápidamente con la suciedad oxidable, de tal manera que la cantidad de cloro disponible para una acción bactericida se ve ampliamente reducido. Las soluciones con alto contenido en cloro a pH altamente ácidos, son considerados altamente corrosivos.

Algunos materiales comúnmente utilizados como fuente de cloro en la desinfección de equipo propio de alimentos son; cloro gas, hipoclorito de calcio, hipoclorito de sodio, cloramina T, dicloro metil hidantoina. El gas cloro y los clorinadores son utilizados principalmente para el suministro de agua de la planta, para preparar soluciones más concentradas, normalmente se utilizan compuestos clorinados.(13)

Los hipocloritos se consiguen como polvos o soluciones. El hipoclorito de calcio es más estable que la sal sódica, pero ambos son susceptibles a descomponerse debido a luz, calor o humedad. La adición de agentes que aportan reservas de alcalinidad incrementan su estabilidad pero dan por resultado una solución con mayor pH y menor actividad microbiana.(10)

Por ser sales los hipocloritos, se disocian rápida y completamente, por lo que su fuerza se desarrolla inmediatamente dando iones de OCl^- .

En los desinfectantes clorados orgánicos, el cloro está unido mediante un enlace covalente. La hidrólisis es una reacción más lenta, por lo que la liberación de cloro es paulatina y se da a través de un período de tiempo. La velocidad de la hidrólisis, así como la actividad bactericida de la cloramina T es sumamente dependiente del pH.

Los desinfectantes clorados propiamente usados proveen resultados satisfactorios a pesar de el peligro potencial de corrosión que se evita vigilando estrechamente la concentración y temperatura de las soluciones. Las concentraciones recomendadas para limpieza de equipo son de 200 ppm y un tiempo de contacto de 2 a 3 minutos. (10)

Agentes desinfectantes con base Yodo:

La eficiencia bactericida se atribuye a la especie diatómica del yodo. Se sabe que también está influenciada por el pH de la solución y el rango en el que se presenta mayor actividad bactericida es de 3.0 a 5.0. A pesar de que sus cualidades como

desinfectante son reconocidas, el uso de yodo trae algunas desventajas las cuales son superadas por combinaciones con agentes surfactantes formando compuestos llamados yodóforos. Estos surfactantes no iónicos forman complejos con el yodo que resultan ser solubles en agua, aumentando el poder bactericida reduciendo la tendencia a corrosión y a manchar diversos materiales. La mayoría de las preparaciones comerciales están mezcladas con ácido fosfórico a fin de proveer en solución el pH adecuado para su acción. Las concentraciones recomendadas y permitidas para llevar a cabo una desinfección con yodóforos sin un posterior enjuague son de 12.5 a 25 ppm. Por la tendencia a volatilizarse se recomienda utilizarlo a temperaturas menores a los 47° C. (10)

Como se ha podido observar a lo largo de estas breves descripciones, muchos aditivos tienen una multiplicidad de funciones en el proceso de limpieza. Van Wazer (9), comenta que en un proceso global de limpieza es difícil asignar funciones aisladas a cada constituyente de una formulación dada.

La formulación que se recomienda deberá llenar las expectativas de limpieza desde el punto de vista operacional, económico y que contribuya de la manera más positiva a la calidad del agua del efluente.

PLANTEAMIENTO DEL PROGRAMA Y FORMULACION DE LOS PRODUCTOS QUIMICOS.

Como se mencionó en el apartado 3.6, existe una limitante del sistema de control para cambiar la secuencia del programa, por lo que se tiene que respetar el mismo orden, para la limpieza de todo el equipo. Tomando como base esta situación la cual se discute ampliamente en el apartado 4.4, el esquema del programa de limpieza se presenta a continuación reiterando que se tiene que respetar el orden y la secuencia de pasos. Este aspecto es determinante al escoger las formulaciones que se recomendarán.

1. Enjuague Inicial
2. Limpieza Alcalina
3. Enjuague Intermedio
4. Limpieza Ácida
5. Enjuague Intermedio
6. Desinfección.

Para la limpieza alcalina, se recomienda aplicar un producto que tenga como base hidróxido de sodio, además que incluya en su formulación agentes condicionadores de agua, como factor de prevención ante las diferentes calidades de dureza de el agua que se pueden encontrar. Además se requiere de agentes humectantes que proporcionen a la solución de hidróxido de sodio mayor facilidad de enjuague. Otro punto importante es la inclusión de un agente tensoactivo adecuado que mantenga la suciedad desprendida en solución y evite la redeposición en el equipo que se pretende limpiar, este componente, deberá también contribuir a la baja formación de espuma, ya que en una limpieza por recirculación no es deseable.

Una formulación propuesta es la siguiente: (11)

COMPONENTE	FUNCION	%
HIDROXIDO DE SODIO	Detergente , peptizante, saponificante	32.0
GLUCONATO DE SODIO	Acondicionador de agua	1.2
TRIPOLIFOSFATO DE SODIO	Acondicionador de agua	4.0
MEZCLA DE SECUESTRANTES DE SALES DE SODIO Y ACIDOS SACARIDOS	Acondicionador de agua	1.6
CONDENSADOS DE POLIETOXI-POLI PROPOXI BENCILADOS	Tensoactivo	1.2
INGREDIENTES INERTES	Disolvente, acarreador	60.0

La aplicación del producto alcalino deberá ser a una concentración de 1.3 ml/l, lo cual provee un 0.75 % de alcalinidad activa como Na_2O .

Se recomienda para llevar acabo la limpieza ácida un producto con base de ácido fosfórico, como componentes de la formulación se requiere un agente inhibidor de corrosión como una Aril Tiourea.

La formulación del producto propuesto, es la siguiente: (11)

COMPONENTE	FUNCION	%
ACIDO FOSFORICO	Reacción con minerales	40.5
ARIL TIOUREA	Inhibidor de corrosión	0.8
ALCHOL ALIFATICO	Tensoactivo no iónico	2.6
INGREDIENTES INERTES	Disolvente y acarreador	56.1

Este producto se deberá aplicar a una concentración del 1% en volumen.

El producto desinfectante recomendado tiene como base Yodo, su formulación es la siguiente: (11)

COMPONENTE	FUNCION	%
BUTOXI, POLIPROPOXI, POLIETOXIETANOL-YODO	Germicida	1.7
ACIDO FOSFORICO	Proveedor de acidez	6.5
ETER MONOBUTILICO DE ETILEN GLICOL	Tensoactivo no iónico	1.8
JABON DE COCO	Tensoactivo aniónico	0.2
INGREDIENTES INERTES	Disolvente, acarreador	89.8

La concentración permitida de uso para evitar un posterior enjuague es de 12 ppm de yodo titulable, esto es 0.75 ml de producto, por litro de agua.

4.2. PROPUESTA SOBRE EL CONTROL Y LAS TEMPERATURAS DE LIMPIEZA.

Existen opiniones encontradas al respecto del efecto de la temperatura en el desempeño de las soluciones de limpieza. Algunos indican que una temperatura alta en la solución, incrementa el efecto de "cocer" la suciedad sobre la superficie, por el contrario hay quien afirma que altas temperaturas mejoran la solubilidad de algunos tipos de suciedad.(9)

Es importante tener en cuenta que equipo se requiere limpiar, es decir si se trata de una línea de leche fría o un intercambiador de calor. En ambos casos el tipo de suciedad a eliminar será diferente. En la generalidad se recomienda utilizar mayor temperatura para el equipo que procesa leche a alta temperatura como es el caso del intercambiador. La diferencia de temperatura para la limpieza de una línea fría a un intercambiador puede ser de hasta 30°C.(10)

Recordemos que el sistema de limpieza de la planta en estudio tiene como característica mantener en los tanques de solución de la unidad CIP, la temperatura mediante un sensor que al detectar variaciones controla la entrada de vapor a la chaqueta y de este modo se mantiene la temperatura en el rango establecido. Esta situación implica el no poder variar para el caso de las soluciones, la temperatura de limpieza de los diferentes programas, por lo que se tendrá que escoger la temperatura más alta para cubrir los requerimientos críticos.

Jennings (9) reporta que la temperatura tiene poco efecto en el poder detergente entre los 45°C y antes de la temperatura de ebullición de el agua. Debajo de los 45°C se espera una baja eficiencia, ya que es difícil eliminar el material graso debajo de su punto de fusión. En el otro extremo, algunos detergentes resultan ser termolábiles, y la alta temperatura afecta la concentración y por lo tanto su eficiencia. Es interesante conocer el efecto de la temperatura en una solución de hidróxido de sodio. Sabiendo que el material activo es el ion hidróxido y que su concentración es independiente de la temperatura podríamos suponer que no tiene efecto sobre la eficiencia de la limpieza. Sin embargo es de aceptación general que los detergentes tensoactivos son más activos en su forma micelar y esta si depende de la temperatura.(9)

Además de las consideraciones descritas, se requiere someter cada paso del programa a un rango adecuado de temperatura para que junto con los demás factores se obtengan los mejores resultados.

El primer paso es un enjuague, que tiene la finalidad de arrastrar el grueso de la suciedad una vez drenada la leche. El enjuague se hace con agua de reuso, la cual proviene de los enjuagues intermedios, y tiene la característica de un pH ligeramente alcalino y una temperatura de 35 a 40°C. Esta temperatura es ideal para solubilizar la suciedad y arrastrarla mejor, al mismo tiempo no promueve la redeposición habiendo una concentración tan alta de suciedad.

Tanto el lavado alcalino como el ácido, tienen como temperatura limitante la mayor requerida para limpiar en este caso el intercambiador de calor, esta temperatura esta establecida por la planta según su experiencia entre 75 a 85°C. En las pruebas realizadas se encontró que las soluciones se mantienen dentro del rango con una diferencial de 3°C. También se encontró que la caída de temperatura en el equipo es mínima y no afecta los resultados esperados. Los enjuagues intermedios no requieren calor y se utiliza agua limpia a temperatura ambiente.

Podríamos resumir para el caso de la temperatura que tanto el rango establecido (75 a 85°C) para las soluciones químicas como el mecanismo de control en la unidad CIP trabajan adecuadamente para los propósitos de limpieza.

4.3. PROPUESTA SOBRE LA ACCION MECANICA EN LA LIMPIEZA.

Como se explicó en el apartado 3.5, referente a la evaluación de la acción mecánica, en términos generales, esta se encuentra dentro de límites aceptables. Sin embargo, a pesar de que las lecturas promedio de velocidad de flujo son adecuadas, debemos considerar que existen puntos críticos en las líneas los cuales se enlustraron de manera general, y se señalan en el siguiente diagrama.

Entre las recomendaciones que se pueden hacer están:

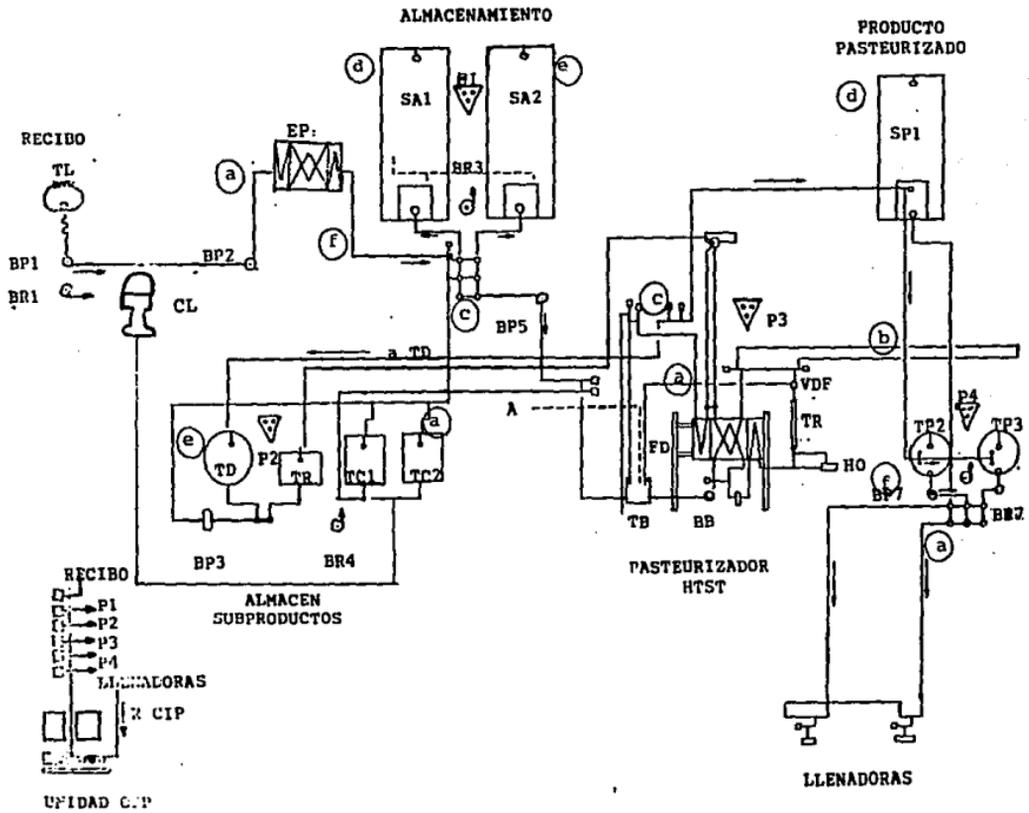
- Fijar con estructuras fijas, las líneas de proceso, para asegurarse que tienen la inclinación adecuada para drenar al 100% tanto el producto en proceso como las soluciones químicas y enjuagues. Es importante fijarlas permanentemente para que la inclinación no cambie en el transcurso del tiempo. (Líneas en General)
- Existe exceso de conexiones en algunos puntos en donde se pueden suplir por tramos soldados, estos evitan el riesgo de ser manipulados, convirtiéndose en puntos de posible contaminación. (a)
- En algunas secciones de tubería soldada encontramos costuras las cuales ofrecen protección a microorganismos las cuales deben ser eliminadas puliendo las superficies. (b)
- Las válvulas neumáticas resultan complicadas de lavarse si no se exponen todas las superficies al paso de las soluciones de limpieza. Por lo que se recomienda tener un buen programa de mantenimiento a las válvulas, para asegurarse de que durante la limpieza se abran y cierren correctamente, para de esta manera asegurar su limpieza. (c)
- La falta de mantenimiento a las espesas y platos distribuidores de flujo que están instalados tanto en silos de almacenamiento como en tanques de proceso origina que estos se encuentren en su mayoría obstruidos con suciedad y empaques de tal manera que no se permite la correcta salida de las soluciones de limpieza y como estos equipos se limpian por la formación de una cortina desde el techo hasta el fondo, la limpieza en la mayoría de los casos es deficiente. Se recomienda implementar un programa en el cual se de

mantenimiento a todas las espreas para asegurarse que cumplen su función. Es necesario también hacer trabajar a los agitadores durante las limpiezas para que estos se limpien por completo. (d)

- **El sistema de venteo de algunos tanques no tiene un diseño sanitario, esto quiere decir que no se pueden limpiar por el sistema CIP, se tiene que hacer una limpieza manual la cual no se hace. Se recomienda implementar el sistema adecuado para asegurarse que en este punto no se queden la suciedad y contaminación. (e)**
- **Durante el retorno de las soluciones de limpieza se observó que algunos tanques se inundan, sobre todo aquellos que se encuentran más lejos de la bomba de retorno. Se recomienda revisar la línea ya que se supone que no está bien sellada y atrapa aire, el cual afecta a la bomba evitando su correcto funcionamiento.(f)**

Se podrá asegurar una buena acción mecánica, una vez corregidos los puntos que anteriormente se describen. Es importante cerciorarse de que la velocidad del flujo sea superior a los 5 pies/min, lo cual proveerá un flujo turbulento y por consiguiente un efecto mecánico que permite remover la suciedad, en conjunto con los demás puntos tratados durante este trabajo, podremos asegurar una limpieza adecuada.

Fig 9. Diagrama de la planta indicando los puntos a corregir.



4.4. PROPUESTA SOBRE LAS SECUENCIAS DE LOS PROGRAMAS DE LIMPIEZA

Considerando la limitante en cuanto a la dificultad para proveer diferentes secuencias de limpieza a los diferentes circuitos que se tienen, se presentan las siguientes recomendaciones:

1. Se recomienda eliminar los programas de limpieza diarios, es decir aquellos que solo contemplan una limpieza alcalina. La razón de su existencia se basa en que consumen menos tiempo, y consideramos que los tiempos de las limpiezas completas llamadas en la planta semanales pueden disminuirse de manera considerable, para ser utilizados diariamente. Esta recomendación se basa en el hecho de que una limpieza sin lavado ácido por varios días no elimina los depósitos minerales, los cuales se van acumulando hasta proveer abrigo a la suciedad y a los microorganismos. Es importante eliminar este riesgo.
2. Al hacer limpiezas completas continuamente con las variables de temperatura y acción mecánica controladas se puede utilizar la concentración menor del rango de recomendación en los productos químicos. Esto además de traer un ahorro en costos directamente, repercute positivamente en la calidad del agua que desecha la planta.
3. Para plantear los tiempos destinados a cada paso en cada secuencia se tomo en cuenta la distancia a la cual se encuentran las bombas, la longitud de los circuitos, el tamaño de los tanques y silos etc. para dar los tiempos necesarios en cada caso y evitar la falta de tiempo de limpieza o el gasto excesivo de soluciones y agua en enjuagues.
4. Se probó disminuir los tiempos destinados a los lavados alcalinos y ácidos encontrando buenos resultados por lo que se disminuyeron en general estos tiempos en las secuencias sobre todo en las líneas que manejan la leche en frío.
5. Se hicieron mediciones de pH en los enjuagues intermedios encontrando en la mayoría de los casos que el tiempo que se requiere para llegar a un pH de 7 es menor que el destinado. Se hicieron repetidas mediciones para recomendar los tiempos adecuados en cada caso. El tiempo destinado al primer enjuague es el necesario para que el agua salga clara, es decir sin rastro aparente de producto. El tiempo del segundo enjuague es el necesario para obtener un pH de 7, por

lo general requiere mayor tiempo, ya que la solución de sosa es difícil de enjuagar. El tercer enjuague se da entre el lavado ácido y la desinfección, requiere menor tiempo que el anterior ya que es más fácil el enjuague de la solución ácida.

Es importante mencionar que los tiempos de enjuague se hacen intermitentes, es decir 20 seg de alimentación por 4.5 seg de paro. Esto aumenta la acción mecánica y disminuye el consumo de agua.

Tomando en cuenta los puntos anteriores, se estructuraron las secuencias de limpieza para cada circuito de la siguiente manera:

Tabla 12.
Secuencias propuesta por circuito.

CIRCUITO 1 LINEAS DE RECIBO		
PASO	TIEMPO	DESTINO
1 ENJUAGUE INICIAL	5	DRENAJE
2 LAVADO ALCALINO	15	TANQUE 1
3 ENJUAGUE INTERMEDIO	6	TANQUE 3
4 LAVADO ACIDO	10	TANQUE 2
5 ENJUAGUE FINAL	5	TANQUE 3
6 DESINFECCION	2	-
TOTAL	43 min	

CIRCUITO 2 SILOS DE ALMACENAMIENTO		
PASO	TIEMPO	DESTINO
1 ENJUAGUE INICIAL	5	DRENAJE
2 LAVADO ALCALINO	16	TANQUE 1
3 ENJUAGUE INTERMEDIO	5	TANQUE 3
4 LAVADO ACIDO	10	TANQUE 2
5 ENJUAGUE FINAL	5	TANQUE 3
6 DESINFECCION	1	-
TOTAL	42 min	

CIRCUITO 3 LINEAS SEPARADOR			
	PASO	TIEMPO	DESTINO
1	ENJUAGUE INICIAL	3	DRENAJE
2	LAVADO ALCALINO	10	TANQUE 1
3	ENJUAGUE INTERMEDIO	4	TANQUE 3
4	LAVADO ACIDO	6	TANQUE 2
5	ENJUAGUE FINAL	3	TANQUE 3
6	DESINFECCION	2	-
	TOTAL	28 min	

CIRCUITO 4 TANQUE DE CREMA, LECHE RECONSTRUIDA, LECHE DESCREMADA			
	PASO	TIEMPO	DESTINO
1	ENJUAGUE INICIAL	3	DRENAJE
2	LAVADO ALCALINO	10	TANQUE 1
3	ENJUAGUE INTERMEDIO	4	TANQUE 3
4	LAVADO ACIDO	7	TANQUE 2
5	ENJUAGUE FINAL	3	TANQUE 3
6	DESINFECCION	1	-
	TOTAL	28 min	

CIRCUITO 5 LINEAS PASTEURIZADOR			
PASO	TIEMPO	DESTINO	
1	ENJUAGUE INICIAL	5	DRENAJE
2	LAVADO ALCALINO	15	TANQUE 1
3	ENJUAGUE INTERMEDIO	6	TANQUE 3
4	LAVADO ACIDO	10	TANQUE 2
5	ENJUAGUE FINAL	5	TANQUE 3
6	DESINFECCION	2	-
TOTAL		43 min	

CIRCUITO 6 PASTEURIZADOR HTST			
PASO	TIEMPO	DESTINO	
1	ENJUAGUES INICIAL	10	DRENAJE
2	LAVADO ALCALINO	35	TANQUE 1
3	ENJUAGUE INTERMEDIO	10	TANQUE 3
4	LAVADO ACIDO	15	TANQUE 2
5	ENJUAGUE FINAL	5	TANQUE 3
TOTAL		75 min	

CIRCUITO 7 LINEAS LECHE PASTEURIZADA			
	PASO	TIEMPO	DESTINO
1	ENJUAGUE INICIAL	5	DRENAJE
2	LAVADO ALCALINO	15	TANQUE 1
3	ENJUAGUE INTERMEDIO	6	TANQUE 3
4	LAVADO ACIDO	10	TANQUE 2
5	ENJUAGUE FINAL	5	TANQUE 3
6	DESINFECCION	2	-
	TOTAL	43 min	

CIRCUITO 8 TANQUES DE PRODUCTO PASTEURIZADO			
	PASO	TIEMPO	DESTINO
1	ENJUAGUE INICIAL	5	DRENAJE
2	LAVADO ALCALINO	12	TANQUE 1
3	ENJUAGUE INTERMEDIO	5	TANQUE 3
4	LAVADO ACIDO	8	TANQUE 2
5	ENJUAGUE FINAL	5	TANQUE 3
6	DESINFECCION	1	-
	TOTAL	36 min	

CIRCUITO 9 LINEAS DE ALIMENTACION A LLENADORAS

	PASO	TIEMPO	DESTINO
1	ENJUAGUE INICIAL	5	DRENAJE
2	LAVADO ALCALINO	15	TANQUE 1
3	ENJUAGUE INTERMEDIO	6	TANQUE 3
4	LAVADO ACIDO	10	TANQUE 2
5	ENJUAGUE FINAL	5	TANQUE 3
6	DESINFECCION	2	-
	TOTAL	43 min	

Tabla 13.
Comparativo entre tiempos
de la secuencia actual
y la recomendada.

CIRCUITO	PROGRAMA ACTUAL min	PROGRAMA PROPUESTO min	Diferencia min	%
CIRCUITO 1	57	43	14	24.5
CIRCUITO 2	60	42	18	30.0
CIRCUITO 3	57	43	14	24.5
CIRCUITO 4	60	36	24	40.0
CIRCUITO 5	60	43	17	28.3
CIRCUITO 6	90	75	15	16.6
CIRCUITO 7	57	43	14	24.5
CIRCUITO 8	60	36	24	40.0
CIRCUITO 9	43	43	0	0
TOTAL	544	404	140	25.7

CAPITULO 5. RESULTADOS.

CAPITULO 5. RESULTADOS

En el presente capítulo se describirán los resultados obtenidos después de aplicar las propuestas del capítulo cuatro. Cabe mencionar que el período de evaluación fue de 30 días, y la metodología seguida para evaluar los resultados se describe a continuación:

Después de aplicar las recomendaciones se hicieron observaciones de cada programa de limpieza, tomando lecturas de pH en enjuagues y observando las soluciones en los retornos, así mismo se evaluó cada pieza de equipo lavado calificándolo como limpio o sucio en el caso de que se presentara un detalle mínimo de suciedad en cualquier parte de este.

Una vez que a simple vista el equipo fuera calificado de limpio en tres ocasiones por cada pieza de equipo, se procedió a hacer una observación con una lámpara de luz ultravioleta, en caso de no presentar incrustación mineral en ningún punto, se evaluó microbiológicamente haciendo la prueba de microorganismos coliformes, el rango esperado es de 1 a 10 colonias por ml, pero suponemos que la sola presencia de coliformes es suficiente para considerar al programa inadecuado y proceder a alguna modificación.

En el caso de los tanques se observaron puntos tales como, domo, cuerpo, piso, agitador, sistema de venteo, mirillas, válvula de alimentación y drenaje etc. Las líneas se desmontaron en todos los puntos posibles para tener una idea mas completa de su situación, entre estos puntos se encuentran, codos, conexiones "t", válvulas, empaques etc.

Las propuestas de tiempo de las secuencias, sirvieron como punto de partida para encontrar los tiempos definitivos, los cuales se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 14.
Secuencias de limpieza resultantes.

CIRCUITO 1 LINEAS DE RECIBO

PASO	TIEMPO	DESTINO
1 ENJUAGUE INICIAL	3	DRENAJE
2 LAVADO ALCALINO	10	TANQUE 1
3 ENJUAGUE INTERMEDIO	4	TANQUE 3
4 LAVADO ACIDO	6	TANQUE 2
5 ENJUAGUE FINAL	3	TANQUE 3
6 DESINFECCION	2	-
TOTAL	28 min	

CIRCUITO 2 SILOS DE ALMACENAMIENTO

PASO	TIEMPO	DESTINO
1 ENJUAGUE INICIAL	3	DRENAJE
2 LAVADO ALCALINO	12	TANQUE 1
3 ENJUAGUE INTERMEDIO	4	TANQUE 3
4 LAVADO ACIDO	8	TANQUE 2
5 ENJUAGUE FINAL	3	TANQUE 3
6 DESINFECCION	1	-
TOTAL	31 min	

CIRCUITO 3 LINEAS SEPARADOR		
PASO	TIEMPO	DESTINO
1 ENJUAGUE INICIAL	3	DRENAJE
2 LAVADO ALCALINO	10	TANQUE 1
3 ENJUAGUE INTERMEDIO	4	TANQUE 3
4 LAVADO ACIDO	6	TANQUE 2
5 ENJUAGUE FINAL	3	TANQUE 3
6 DESINFECCION	2	-
TOTAL	28 min	

CIRCUITO 4 TANQUE DE CREMA, LECHE RECONSTRUIDA, LECHE DESCREMADA		
PASO	TIEMPO	DESTINO
1 ENJUAGUE INICIAL	3	DRENAJE
2 LAVADO ALCALINO	10	TANQUE 1
3 ENJUAGUE INTERMEDIO	4	TANQUE 3
4 LAVADO ACIDO	7	TANQUE 2
5 ENJUAGUE FINAL	3	TANQUE 3
6 DESINFECCION	1	-
TOTAL	28 min	

CIRCUITO 5 LINEAS PASTEURIZADOR		
PASO	TIEMPO	DESTINO
1 ENJUAGUE INICIAL	3	DRENAJE
2 LAVADO ALCALINO	12	TANQUE 1
3 ENJUAGUE INTERMEDIO	4	TANQUE 3
4 LAVADO ACIDO	8	TANQUE 2
5 ENJUAGUE FINAL	3	TANQUE 3
6 DESINFECCION	2	-
TOTAL	32 min	

CIRCUITO 6 PASTEURIZADOR HTST		
PASO	TIEMPO	DESTINO
1 ENJUAGUE INICIAL	6	DRENAJE
2 LAVADO ALCALINO	28	TANQUE 1
3 ENJUAGUE INTERMEDIO	7	TANQUE 3
4 LAVADO ACIDO	15	TANQUE 2
5 ENJUAGUE FINAL	5	TANQUE 3
TOTAL	61 min	

CIRCUITO 7 LINEAS LECHE PASTEURIZADA		
PASO	TIEMPO	DESTINO
1 ENJUAGUE INICIAL	3	DRENAJE
2 LAVADO ALCALINO	12	TANQUE 1
3 ENJUAGUE INTERMEDIO	4	TANQUE 3
4 LAVADO ACIDO	8	TANQUE 2
5 ENJUAGUE FINAL	3	TANQUE 3
6 DESINFECCION	2	-
TOTAL	32 min	

CIRCUITO 8 TANQUES DE PRODUCTO PASTEURIZADO		
PASO	TIEMPO	DESTINO
1 ENJUAGUE INICIAL	3	DRENAJE
2 LAVADO ALCALINO	12	TANQUE 1
3 ENJUAGUE INTERMEDIO	4	TANQUE 3
4 LAVADO ACIDO	8	TANQUE 2
5 ENJUAGUE FINAL	6	TANQUE 3
6 DESINFECCION	1	-
TOTAL	35 min	

CIRCUITO 9 LINEAS DE ALIMENTACION

PASO	TIEMPO	DESTINO
1 ENJUAGUE INICIAL	3	DRENAJE
2 LAVADO ALCALINO	15	TANQUE 1
3 ENJUAGUE INTERMEDIO	4	TANQUE 3
4 LAVADO ACIDO	10	TANQUE 2
5 ENJUAGUE FINAL	3	TANQUE 3
6 DESINFECCION	2	-
TOTAL	37 min	

Tabla 15.
Comparativo entre secuencias
de limpieza actuales y secuencias resultantes.

Circuito	Programa Actual min	Programa Propuesto min	Diferencia min	%
CIRCUITO 1	57	28	29	50.8
CIRCUITO 2	60	31	29	48.4
CIRCUITO 3	57	28	29	50.9
CIRCUITO 4	60	28	32	53.3
CIRCUITO 5	60	28	32	23.4
CIRCUITO 6	90	61	29	32.2
CIRCUITO 7	57	32	25	43.8
CIRCUITO 8	60	35	25	41.6
CIRCUITO 9	43	37	6	13.9
TOTAL	544	308	236	56.6

Los programas de limpieza se dejaron operando bajo una evaluación continua del Departamento de control de calidad de la planta, manteniendo la calidad microbiológica dentro del rango de 0 a 1 colonia/ml. Podemos decir que el 92 % de los resultados microbiológicos se reportaron como negativos.

A continuación se presenta una tabla en la cual se exponen algunas diferencias entre el sistema y programas anteriores y los resultantes de el presente estudio:

	DIFERENCIA
Costo Productos químicos/mes	+ 8.0 %
Consumo de agua (lt)	- 37.4 %
Tiempo de limpieza	- 56.6 %

No Cuantificados: Energía, vida útil del equipo, mano de obra, tratamiento de aguas, etc.

CAPITULO 6. CONCLUSIONES

CAPITULO 6. CONCLUSIONES

El sistema automatizado de limpieza trae consigo grandes ventajas para una operación de pasteurización de leche, las cuales se pueden resumir en los siguientes puntos :

- **Una Calidad Estándar**, al no existir el factor humano se eliminan los riesgos en la limpieza por negligencia o falta de entrenamiento del personal.
- **Los Ahorros en Costos de Operación**, se logran gracias al manejo de los materiales y a la programación propuesta de uso.
- **La Seguridad** en cuanto a control de proceso, ya que según se programan, se efectúan, teniéndose **Resultados Repetitivos**.
- **Mejora en la Calidad** tanto del proceso como del producto final, lo cual se ve reflejado en la vida de anaquel de éste.
- **Incremento del Tiempo de Producción** en condiciones sanitariamente adecuadas.
- **Mejora en la Descarga al Efluente**, ya que las concentraciones de los productos químicos de limpieza son menores, al igual que el volumen de las mismas.
- **Ahorro en el Costo de Agua**, ya que se han racionalizado los volúmenes de agua utilizados, principalmente en el caso de los enjuagues.

Para que todas estas ventajas se den en la realidad es necesario que el sistema tenga un diseño tal que le permita adaptarse a las necesidades de limpieza de la planta.

Como se menciona al principio de este trabajo, las operaciones de limpieza en una

planta de alimentos son consideradas como un mal necesario, que además tiene un costo y muchas veces se contraponen a los parámetros de productividad esperados de una planta productora de este tipo.

Un sistema de limpieza automatizado que acompañe a un sistema de proceso adecuado, es la mejor respuesta y la menos gravosa aunque de inicio la inversión sea grande. A pesar de que el sistema no sea totalmente automatizado, si se mantiene sujeto a un programa de mejoras continuas, como equipo, dosificación, productos químicos tanto de limpieza como de desinfección etc., será garantía de la calidad del producto final al menor costo posible.

Las operaciones de limpieza en una planta productora de alimentos deben considerarse como factor prioritario, y su correcto desempeño deberá competir a el departamento de aseguramiento de la calidad, ya que al igual que el control de la materia prima o el manejo del producto durante el proceso, son factores que afectan directamente la calidad del producto que se entrega al consumidor.

CAPITULO 7. BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

1. BURKHARDT, M. E. ERBACK, D.C., WITZEL, S.A., and CALBERT; H. E. 1963. Cleaning interior surfaces of milking rooms. J. Milk Food Technol. 26, 397 - 399.
2. COFEE, G.D. 1961. Industrial uses of welded pipelines regulatory aspects. J. Milk Food Technol. 24 159-160.
3. DOYLE, E. S. 1965. Sanitary desing of food procesing equipment. J. Milk Food Technol. 28, 306.
4. FARRAL, A.W. 1975. "Dairy Engineering", 2nd Edition USA, John Wiley & Sons Inc., New York.
5. FARRALL, A. W. 1965. Engineering for Dairy and Food Plants. John Wiley & Sons Inc., New York.
6. GUNIA, R.B. 1961. Stainless steel in modern dairy equipment - Its care and maintenance. J. Milk Food Technol. 24, 95-97.
7. HANKINSON, D.J. CARVER, C.E., CHONG K.P., AND GORDAN, K.P. 1965. Fluid flow relationships of importance in circulation cleaning. J Milk Food Technol. 24, 95-97.
8. HAVIGHORST, C.R. 1951. Permanent welded pipelines. Food Engr. 21, No. 9, 32.
9. JENNING WALTER, 6, 1965 Theory and practice of hard - surface cleaning. Advaces in food Research, Vol. 14, Academic Press N.Y.
10. KLENZADE PRODUCTS, INC 1960. " Dairy Sanitation Handbook". Klenzade Products, Inc., Beloit, Wise.

11. **TRAINING MANUAL, KLENZADE DIVISION, 1991. Economics Laboratory SaintPaul, Minesota.**
12. **MAKEY, R.B. 1964. Potential microbial contamination from dairy equipment automated circulation cleaning. J. Milk Food Technol. 27, 135-139.**
13. **MAKEY, R.B. and SHAHANI, K.M. 1961. Cleaning and sanitation of welded line system for handling milk. J. Milk Food Technol. 24, 135-139.**
14. **HENDERSON LLOYD JAMES 1971." The fluid Milk Industry". The AVI Publishing Co. 3rd Edition.**
15. **PUBLIC HEALT SERV. 1965. Grade "A" Pasteurized Milk Ordinance. Public Health Service Publ. 229, U.S. Govt. Printing Office, Washington, D.C.**
16. **HARPER W. J.. 1980. Dairy Technology and Engineering. The AVI Publishing Co. Inc.**
17. **PERRY, R., CHILTON C.. 1973. "Manual del Ingeniero Químico. 5ª Edición. Mc Graw Hill.**
18. **GARANT, I.D. 1978. "Introductory Food Chemistry". The AVI Publishing Co. West Port Conneticut.**
19. **SIMOND, R. TASTAYRE G.. 1991. " Ciencia y Tecnologia de la Leche Principios y Aplicaciones". Editorial Acribia S.A. Zaragoza España.**
20. **MORRISON. BOYD. 1990. "Química Orgánica". 5ª Edición. Addison Wesley Interamericana.**
21. **BADUI DERGAL SALVADOR. 1982. "Química de los Alimentos". Editorial Alhambra. México**