

# SISTEMA DE LAVADO AUTOMÁTICO DEL TANQUE ENFRIADOR DE LECHE PARA MICROEMPRESAS DE ALMACENAMIENTO DE LECHE

Anrango T. Edwin

*Universidad Técnica Del Norte, Ingeniería en Mecatrónica*

*Ibarra, Ecuador*

*epanrango@utn.edu.ec*

**Resumen.-** El lavado de los tanques enfriadores de leche en las microempresas se ejecuta manualmente, el trabajador ingresa a realizar la limpieza con cepillos y detergentes. Por ende, se pretende diseñar e implementar un sistema de lavado automático para la Asociación San Francisco “El Abra”, este cumplirá con las normas y estándares de calidad, mejorando los aspectos de seguridad y bienestar integral del trabajador.

Para el desarrollo del sistema, se establecen parámetros como: temperatura, velocidad, concentración de los líquidos y el tiempo. Estos parámetros se basan de acuerdo a las etapas y requerimientos del sistema.

Para determinar las etapas de lavado, se toma como referencia los sistemas CIP. Para que el sistema cumpla con todas las normas de limpieza. El sistema consta de 5 etapas de limpieza las cuales son: etapa de pre enjuague, etapa con solución alcalina, etapa de enjuague intermedio, etapa con solución ácida y etapa de enjuague final.

Como resultado se obtuvo el tiempo que se demora en calentarse el agua; que es de 1h04 hasta los 70°C y el tiempo de lavado con todas las etapas es de 1h22. Lo suficiente para remover todos los residuos de leche del tanque.

**Palabras claves.-** etapa pre enjuague, etapa con solución alcalina, etapa enjuague intermedio, etapa con solución ácida, enjuague final, temperatura, tiempo, concentración de líquido, velocidad.

## I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la norma [1], el equipo de ordeño y las cisternas (u otros recipientes) donde se

almacena la leche debe limpiarse y desinfectarse completamente después de cada operación de ordeño, y secarse cuando proceda.

En la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE) se realizó el diseño y construcción de un Sistema Clean in Place para la Hacienda la Alborada, con la necesidad de mejorar la calidad higiénica de la leche [8], en el cual hay aspectos que se debe considerar las cuales son: Sistema CIP para ordeño, posibilidad de dos tipos de limpieza, una rutinaria y especial. La primera remueve grasa de los ductos y el segundo la piedra de leche. Además se recopiló información de otros trabajos realizados como por ejemplo, diseño de un sistema de limpieza de tipo sanitario (CIP) para industria de alimentos lácteos [7], para ser utilizado en equipos (tuberías, tanques, etc.); no en si para microempresas de almacenamiento de leche.

El precio alto de adquisición de este tipo de sistemas, la poca información de sistemas de lavado automático para tanques enfriadores de leche y la limpieza manual que se hace en el centro de acopio.

Para solucionar los problemas mencionados, se pretende construir un sistema de lavado automático para la Asociación San Francisco “El Abra”, una pequeña microempresa dedicada al almacenamiento de leche, se determinara los parámetros, las etapas de limpieza; ya que casi la mayoría del proceso lo hará el sistema y el producto será menos manipulado, para contribuir en el cambio de la matriz productiva.

## II. FUNDAMENTO TEÓRICO

### 1.- Limpieza y desinfección

Según [2], la infección por bacterias de la leche se suele producir sobre todo como consecuencia del manejo de equipos sucios. Cualquier superficie en

contacto con la leche es una fuente potencial de infección.

- La limpieza manual con cepillos es un método común.
- La limpieza automática por circulación de los productos de limpieza se emplea normalmente en las instalaciones de ordeño mecánico. La solución de limpieza se hace circular a lo largo de toda la instalación mediante vacío y/o bombeo.

### 2.- Depósitos intermedios de almacenamiento

“Los tanques intermedios son utilizados para almacenar el producto durante un corto tiempo con características comunes entre ellos es la necesidad de disponer de la agitación y control de temperatura para la conservación del producto” [2].

### 3.- Tipos de limpieza

#### 3.1.- Limpieza manual

De acuerdo [11], se desarmen las tuberías de las líneas de producción y se las cepilla interiormente. En los tanques de almacenamiento de producto un trabajador debe entrar y proceder a realizar la limpieza, con cepillos, soluciones de detergentes y agua tratada. Por lo general, este tipo de limpieza se realiza en envasadoras muy antiguas y desarmables en un tiempo promedio de 3 horas.

#### 3.2.- Sistema de limpieza CIP

Según [12], el sistema que consiste en hacer circular fluidos como agua y detergentes a alta velocidad por las distintas conducciones del equipo a limpiar. Con este flujo a alta velocidad, se origina una acción mecánica sobre las superficies de paso de los líquidos que arrastra toda la suciedad adherida, ayudando a su vez por la acción del detergente. Lógicamente, este proceso es ampliamente utilizado para aquellos equipos que constan de zonas muertas o inaccesibles de manera manual, ya sean tuberías, equipos cerrados o únicamente accesibles a través de conducciones.

##### 3.2.1.- CIP Centralizado.-

Este tipo de sistema es utilizado para pequeñas plantas y en recorridos corto de tuberías; el sistema central controla el proceso de limpieza, tanto la concentración, presión, secuencia de los ciclos y la temperatura en diferentes etapas del circuito.

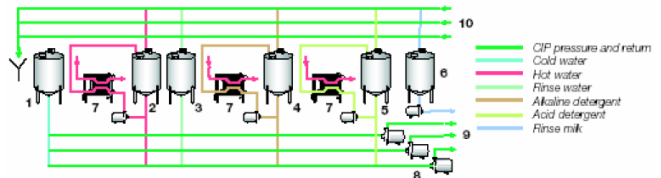
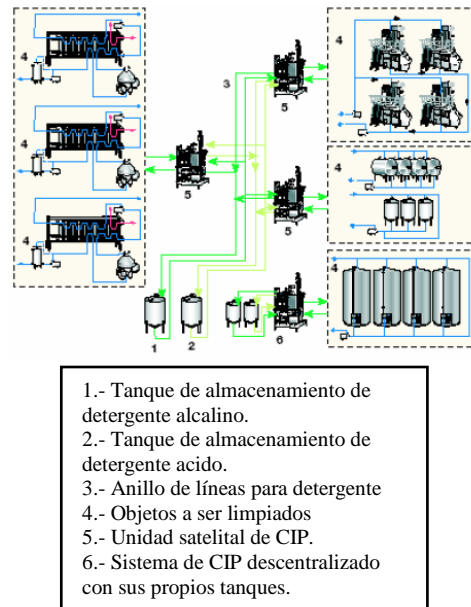


Fig. 1. Diseño general de una estación CIP centralizada [7]

##### 3.2.2.- CIP Descentralizado

Este tipo de sistemas toma como referencia el sistema central CIP y divide en pequeños grupos para la limpieza de determinados sistemas y líneas de procesos cercanas a estas, ya que es utilizada cuando existen largas distancias entre la estación central y las estaciones de limpieza, además utilizan una cantidad mínima de recursos.



- 1.- Tanque de almacenamiento de detergente alcalino.
- 2.- Tanque de almacenamiento de detergente ácido.
- 3.- Anillo de líneas para detergente
- 4.- Objetos a ser limpiados
- 5.- Unidad satelital de CIP.
- 6.- Sistema de CIP descentralizado con sus propios tanques.

Fig. 2. Sistema satelital CIP [7]

### 4.- Parámetros para un sistema de limpieza

#### 4.1.- Temperatura

“En general, la efectividad de la solución de detergente se incrementa conforme se incrementa la temperatura. La solución de detergente siempre tiene una temperatura óptima de acción que debe ser utilizada” [2].

Tabla 1. Condiciones de temperatura.

Etapa	Temperatura °C
Pre-enjuague	50°C
Solución alcalina y ácida.	70-80°C
Enjuague intermedio y final	20°C (Temperatura ambiente)

#### 4.2.- Tiempo

“El tiempo que necesite depende del espesor de los depósitos de suciedad (y de la temperatura de la solución de detergente)” [2]. El tiempo de limpieza es primordial para un óptimo efecto, tomando en cuenta los costes de electricidad, calentamiento, agua y mano de obra.

Tabla 1. Tiempo de circulación en cada etapa

Etapa	Tiempo
Pre-enjuague	10 min
Solución alcalina	(10-30) min
Enjuague intermedio	5 min
Solución ácida	20 min
Enjuague final	5 min

#### 4.3.- Velocidad

“Los fluidos utilizados para las operaciones de limpieza deben circular en régimen turbulento. El óptimo resultado se logra alcanzando velocidades en tubería de 1,5 a 3,0 m/s” [5].

#### 4.4.- Concentración de las soluciones

“La dosificación de los líquidos en el sistema debe hacerse automáticamente para lograr una concentración uniforme de detergente. La concentración debe ser medida y registrada automáticamente en cada ciclo de limpieza” [3].

Tabla 2. Dosificación de las soluciones

Solución	Porcentaje
Solución alcalina	1,5%
Solución ácida	2%

### III. OBJETIVOS DE DISEÑO

El sistema de lavado automático tiene que diseñarse con cada una de las etapas, pero para eso se determina el caudal, el volumen, la potencia de la bomba y el tiempo.

#### 1.- Cálculo del caudal

El caudal se determina con la ecuación 1:

$$Q = A * v \quad (1)$$

Y el área con la ecuación 2:

$$A = \pi \frac{d^2}{4} \quad (2)$$

Donde:

Q = caudal  
d = diámetro de la tubería  
v = velocidad del flujo del fluido  
A = Area

Con los siguientes datos:

$$d = 1 \text{ pulg}, v = 2,1 \frac{m}{s}$$

$$Q = 0,00103 \frac{m^3}{s}$$

#### 2.- Cálculo de las pérdidas

Se utiliza la ecuación de Bernoulli 3, para el cálculo de las pérdidas en el sistema.

$$H = z_2 - z_1 + \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + hL \quad (3)$$

Donde:

P<sub>1</sub> = Presión inicial a la que se encuentra el fluido  
ρ = Peso específico del fluido  
z<sub>1</sub> = Altura de donde se impulsa el fluido  
v<sub>1</sub> = Velocidad inicial del fluido  
g = Aceleración de la gravedad  
H = Energía que se agrega al fluido mediante un dispositivo mecánico (bomba)  
z<sub>2</sub> = Altura a la que debe llegar  
hL = Pérdidas de energía del sistema por fricción en las tuberías, o por pérdidas menores por válvulas y otros accesorios  
v<sub>2</sub> = Velocidad del fluido en el punto 2  
P<sub>2</sub> = Presión a la que se encuentra el fluido en el punto 2

Se considera para el cálculo lo siguiente:

- Sistema lleno
- Fluido incomprensible (Solución de lavado)
- Velocidad en el punto 1 y 2 son iguales
- La presión en el punto 1 y 2 son iguales.

Entonces:

$$H = z_2 - z_1 + hL \quad (4)$$

#### 3.- Pérdidas de energía por fricción en tuberías

Se utiliza la ecuación 5, para la pérdida de energía en toda la longitud de tubería.

$$hL = \frac{f \cdot L \cdot v^2}{2 \cdot \phi \cdot g} \quad (5)$$

Donde

$f$  = Factor de fricción (adimensional)

$L$  = Longitud de la corriente de flujo

$g$  = gravedad

#### 4.- Factor de fricción

Para el cálculo se necesita conocer la rugosidad absoluta del tipo de material que se trabaje, en este caso es plástico (PE, PVC) y para eso utilizamos la ecuación 6.

$$\epsilon = 0,0015 \text{ mm} = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$D = 0.0254 \text{ m}$$

$$\epsilon r = \frac{K}{D} \quad (6)$$

Donde:

$K$  = cociente entre la rugosidad absoluta

$D$  = diámetro de la tubería.

Despejando  $K$ ;

$$K = \frac{\epsilon}{D}$$

$$K = 5,9 \cdot 10^{-5}$$

Se utiliza la correlación de Pavlov para determinar el factor de fricción, ecuación 7.

$$\text{Para } 2 \cdot 10^3 < Re < 1 \cdot 10^8 \text{ y } \frac{\epsilon}{D} < 0.05$$

$$f = \left( -2 \log \left( \frac{1}{3.7} \left( \frac{\epsilon}{\phi} \right) + \left( \frac{6.81}{Re} \right)^{0.9} \right) \right)^{-2} \quad (7)$$

$$f = \left( -2 \log \left( \frac{1}{3.7} (5,9 \cdot 10^{-5}) + \left( \frac{6.81}{6,562 \cdot 10^4} \right)^{0.9} \right) \right)^{-2}$$

$$f = 0.0074$$

Luego conociendo la longitud de la corriente de flujo que es de 15 m., se reemplaza en la ecuación de Darcy.

$L = 15 \text{ m}$

$$hL = \frac{f \cdot L \cdot v^2}{2 \cdot \phi \cdot g}$$

$$hL = 0.997 \text{ m} = 1 \text{ m}$$

De acuerdo a los cálculos la pérdida de energía en la tubería es 1 m.

#### 5.- Pérdidas menores, según el coeficiente de resistencia

De acuerdo a la ecuación 8, se calcula las pérdidas menores.

En la línea se tiene:

- 10 codos de 90°
- 1 válvula de esfera
- 1 rociador
- 2 codos de 45°
- 2 Tee paso directo
- 1 Tee paso por el ramal

$$hL_1 = k_1 \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (8)$$

$k$  = coeficiente de resistencia

Tabla 4. Valores del coeficiente de resistencia [16]

Elementos	Coeficiente de resistencia
Unión roscada	0.08*f
Codo 90°	30*f
Codo 45°	16*f
Tee paso directo	20*f
Tee paso por el ramal	60*f
Válvula de retención	100*f
Válvula esférica	10*f
Rociador	-

Datos:

$$\Delta z = 2 \text{ m}$$

Con la ecuación 9, se calcula la pérdida total.

$$hL_1 = hL + k_1 \frac{v^2}{2g} + k_2 \frac{v^2}{2g} + k_3 \frac{v^2}{2g} + k_4 \frac{v^2}{2g} + k_5 \frac{v^2}{2g} + k_6 \frac{v^2}{2g} + k_7 \frac{v^2}{2g} \quad (9)$$

$$hL_1 = 1 + 0.00079 + 0.17 + 0.053 + 0.067 + 0.099 + 0.49 + 0.033$$

$$hL_1 = 1.91 \text{ m}$$

Pérdida total, según el coeficiente de resistencia es 1.91 m.

Utilizando la ecuación 4, la carga total de la bomba es:

$$H = \Delta z + hL_1 \quad (4)$$

$$H = 2 + 1.91$$

$$H = 3.91 \text{ m}$$

Se multiplica la carga por la gravedad para poder calcular la potencia de la bomba, ecuación 10.

$$H1 = H * g \quad (10)$$

$$H1 = 38.32 \frac{J}{kg}$$

#### 6.- Potencia de la bomba

La potencia de la bomba se calcula con la ecuación 11.

$$P = \frac{Q * H1 * \rho}{n} \quad (11)$$

Donde:

P= Potencia de la bomba

H1= Carga total

Q= Caudal

$\rho$ = densidad del fluido

n= eficiencia de la bomba

Para el cálculo de la potencia de la bomba se tiene el valor de la eficiencia en 60% que es un valor adecuado.

$$P = \frac{0.00103 * 38.32 * 1000}{0.6}$$

$$P = 65.78 \frac{J}{s}$$

$$P = 0.088 \text{ hp}$$

La potencia de la bomba según los cálculos es 0.088 hp, el valor aproximado a este es ½ hp y existe en el mercado.

Con todos estos datos cálculos a continuación se determina el volumen de cada etapa.

## IV. DISEÑO DE LAS ETAPAS

### 1.- Etapa de pre enjuague

La etapa de pre enjuague se debe hacer inmediatamente después de cada desalojo de la leche del tanque para que la grasa sea más fácil de remover. La temperatura del agua debe estar entre 50° C según [7].

El volumen del tanque depende del caudal a manejar y del tiempo de pre-enjuague.

Datos:

$$Q = 3.831 \frac{m^3}{hr} \quad (\text{Caudal del sistema})$$

$$t = 10 \text{ min} \quad (\text{Tiempo de la etapa de pre enjuague})$$

$$n = 1 \quad (\text{Número de circuito})$$

Volumen para la etapa de pre-enjuague se calcula con la ecuación 12.

$$V = Q * t \quad (12)$$

$$V = 0.639 \text{ m}^3$$

### 2.- Etapa con solución alcalina

La etapa de solución alcalina se encarga de desinfectar y eliminar los microorganismos adheridos dentro del tanque.

Esta etapa es la encargada de desinfectar y de eliminar todos los microorganismos y bacterias alojados en las superficies. La temperatura debe estar en el rango de 80°C, con una concentración de 1.5% según [3].

Aplicando la ecuación 12.

Datos:

$$t = 30 \text{ min} \quad (\text{Tiempo de la etapa de solución alcalina})$$

$$V = 1.92 \text{ m}^3$$

### 3.- Diseño de la etapa de enjuague intermedio

El enjuague intermedio tiene como objetivo remover la solución alcalina. Esta agua debe ser fresca y pasar por un periodo de tiempo controlado (aprox. 5min), a temperatura ambiente [7].

El volumen del tanque depende del caudal a manejar y del tiempo de enjuague intermedio, aplicando la ecuación 12.

Datos:

$$t = 5 \text{ min} \quad (\text{T etapa de enjuague intermedio})$$

$$V = 0.319 \text{ m}^3$$

### 4.- Etapa de solución ácida.

La etapa tiene la función de eliminar todos los microorganismos y bacterias restantes, sobre todo de nivelar la acides de las superficies con una concentración de solución (ácido nítrico al (1 - 2%) a una temperatura entre 70 – 80 °C) [7]; además su duración será hasta obtener un ph neutro 7 aproximadamente (10-20 min.), pero en este caso se realizara con Ridstone Acid que tiene la misma

función y esta solución se dispone en el centro de acopio

El volumen del tanque depende del caudal a manejar y del tiempo de solución acida, utilizando la ecuación 12.

Datos:

$$t = 15 \text{ min} \quad (\text{T etapa de solución acida})$$

$$V = 0.96 \text{ m}^3$$

### 5.- Etapa de enjuague final

La finalidad de esta etapa es remover la solución acida, además de bajar la temperatura de las superficies que se están limpiando, a temperatura ambiente durante (aprox. 5min) [7].

El volumen del tanque depende del caudal a manejar y del tiempo enjuague final, aplicando la ecuación 12.

Datos:

$$t = 5 \text{ min} \quad (\text{Tiempo de la etapa de enjuague final})$$

$$V = 0.319 \text{ m}^3$$

El volumen total del circuito es  $4.16 \text{ m}^3$  la condición y la capacidad son calculas en base a tesis anteriores y cálculos para varios circuitos (líneas de tuberías, silo de almacenamiento, tanques de pasteurizador etc.); en nuestro caso se va considerar un volumen de  $0.3 \text{ m}^3$  suficiente cantidad de agua para la limpieza total de tanque de leche ya que es un deposito intermedio de una capacidad 1200L.

## V. DISEÑO DEL SISTEMA

A continuación se presenta el diseño completo del sistema de lavado automático con todas las etapas.

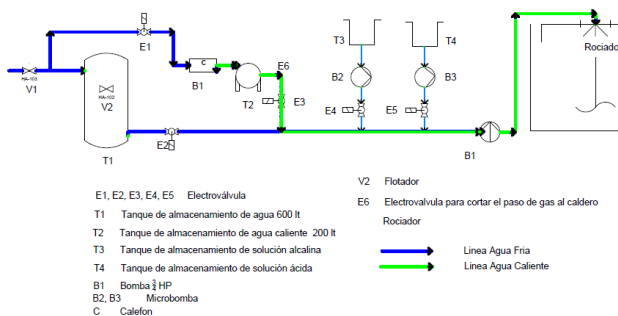


Fig. 3. Sistema de lavado automático

## VI. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y VALIDACIÓN

### 1.- Etapa de pre enjuague

En esta etapa el calentador de agua funciona normalmente; con el paso de agua se enciende el calefón. La temperatura a la que se almacena el agua en caldero esta entre  $47-50^\circ \text{C}$  en un rango de tiempo de 10 a 15 min.

Tabla 5. Tiempos en la etapa de pre enjuague

T ( $^\circ\text{C}$ )	Tiempo (min) Prueba 1	Tiempo (min) Prueba 2	Tiempo (min) Prueba 3	Tiempo (min) Prueba 4	Tiempo (min) Prueba 5
13	1	1	1	1	1
15	2	1	2	2	1
17	2	1	2	4	1
19	3	1	3	5	2
21	3	2	4	6	2
24	4	3	5	6	3
27	4	3	6	7	4
30	5	4	7	7	4
34	8	5	8	8	4
38	12	6	9	10	5
42	13	8	10	13	5
46	14	10	12	15	6
50	15	13	14	17	8
<b>TOTAL Tiempo (s)</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>17</b>	<b>8</b>

De acuerdo a las pruebas de funcionamiento se toma en cuenta el tiempo total que se demora en llegar a la temperatura de  $50^\circ \text{C}$ .

$$\text{Promedio} = \frac{15 + 13 + 14 + 17 + 8}{5} = \frac{67}{5} = 13,4$$

El tiempo promedio a la que llega la temperatura de agua a los  $50^\circ \text{C}$ , es de 13 minutos y 40 segundos en la etapa de pre enjuague.

Al llegar a esta temperatura la bomba se activa durante 50 s.

El caldero tiene la función de calentar el agua precalentada hasta una temperatura de  $70^\circ \text{C}$ . El encendedor eléctrico funciona de forma normal durante 15s con la finalidad de que la chispa

generada pueda encender al quemador. La cantidad de agua almacenada en el caldero es de aproximadamente 120 litros suficiente para las 3 etapas, en donde se utiliza agua caliente. El tiempo que tarda en calentarse el agua dentro del caldero se tiene a continuación:

Tabla 6. Tiempos de calentamiento de agua

T (°C)	Tiempo (min) Prueba 1	Tiempo (min) Prueba 2	Tiempo (min) Prueba 3	Tiempo (min) Prueba 4	Tiempo (min) Prueba 5
52	17	20	24	38	27
54	20	23	26	40	31
56	25	26	29	44	35
58	28	27	32	46	39
60	30	29	35	47	44
62	32	32	39	54	50
64	34	35	42	59	55
66	36	38	45	1h04	58
68	40	42	49	1h09	1h02
70	45	44	58	1h15	1h05
72	55	52	1h05	1h20	1h10
<b>TOTAL Tiempo (s)</b>	<b>55</b>	<b>52</b>	<b>1h05</b>	<b>1h20</b>	<b>1h10</b>

$$\text{Promedio} = \frac{55 + 52 + 65 + 80 + 70}{5} = \frac{322}{5} = 64.4 = 1\text{h}04$$

El tiempo promedio que tarda el agua a llegar a la temperatura de 70-72° C es 1h04.

## 2.- Etapa con solución alcalina

La temperatura de agua debe estar entre 70-80°C para la etapa con solución alcalina. Al llegar a este rango de temperatura la bomba se activa y hace circular agua caliente al tanque de almacenamiento de leche para remover toda la grasa incrustada en las paredes del tanque; actúa durante 4 minutos para que todo el vapor se evapore. Pasado este tiempo de manera inmediata se pasa a la siguiente etapa.

El tiempo de lavado en esta etapa es de 5 minutos.

Tabla 7. Cantidad de solución alcalina dosificada

Cantidad de solución	Prueba	Agua
5 ml	Prueba 1	1 litro
4.9 ml	Prueba 2	1 litro
5.2 ml	Prueba 3	1 litro
5.1 ml	Prueba 4	1 litro
5 ml	Prueba 5	1 litro

Esta cantidad de solución se dosifica con el micro bomba.

$$\text{Promedio} = \frac{5 + 4.9 + 5.2 + 5.1 + 5}{5} = \frac{25.2}{5} = 5.04$$

La cantidad promedio que se dosifica en cada lavado es de 5.04 ml en un 1 litro de agua.

## 3.- Etapa de enjuague intermedio

De acuerdo a las pruebas de funcionamiento el tiempo máximo de circulación de agua en esta etapa es de 1m, suficiente para quitar los residuos de solución alcalina.

## 4.- Etapa de solución acida

Con las pruebas realizadas la circulación de agua caliente es de 50 s y el tiempo máximo de lavado del tanque en esta etapa es de 5 minutos, el vapor actúa dentro del tanque, con la finalidad de quitar todos los microorganismos adheridos en las paredes.

Tabla 8. Cantidad de solución ácida dosificada

Cantidad de solución	Prueba	Agua
0.52 ml	Prueba 1	1 litro
0.48 ml	Prueba 2	1 litro
0.5 ml	Prueba 3	1 litro
0.49 ml	Prueba 4	1 litro
0.52 ml	Prueba 5	1 litro

$$\text{Promedio} = \frac{0.52 + 0.48 + 0.5 + 0.49 + 0.52}{5} = \frac{2.51}{5} = 0.502$$

La cantidad promedio que se dosifica en cada lavado es de 0.502 ml en un 1 litro de agua.

## 5.- Etapa enjuague final

En la etapa de enjuague final se hace circular agua durante 62 s con la finalidad de remover los residuos de la solución ácida con agua a temperatura ambiente y hacer drenar toda el agua.

Tabla 9. Tiempos de lavado en la etapa final

Pruebas	Tiempo (s)
<b>Lavado 1</b>	50
<b>Lavado 2</b>	55
<b>Lavado 3</b>	60
<b>Lavado 4</b>	70
<b>Lavado 5</b>	75
<b>TOTAL</b>	<b>310</b>

$$\text{Promedio} = \frac{310}{5} = 62 \text{ s}$$

Todo el proceso de lavado se demora 1h25, tiempo suficiente para quitar todo el residuo de la leche incrustada en las paredes del tanque. Y de acuerdo a las pruebas realizadas, el sistema cumple con las necesidades y requerimientos establecidos.

## VII. CONCLUSIONES

Para elección de la bomba se tomó varios parámetros como: pérdida de energía por fricción en tuberías, perdidas menores según el coeficiente de resistencia y de acuerdo a esto la potencia de la bomba es de ½ HP, pero para la adquisición se hizo de ¾ HP, tomando en cuenta la temperaturas de agua máxima que es 80° C.

El correcto diseño de los procesos de limpieza evita contaminación de la leche en los tanques de enfriamiento y para eso se tiene parámetros primordiales como son: tiempo, temperatura, velocidad de agua y la concentración de líquidos. La circulación de agua en cada una de las etapas es un promedio de 1 minuto. En la etapa con solución alcalina y ácida, después de circular el agua se dejó un tiempo de 5 minutos; con la finalidad de que el vapor actúe removiendo todos los residuos de la leche en el tanque; para que con la etapa de enjuague intermedio y final respectivamente sea más fácil de eliminar los residuos grasos y las proteínas.

Se instaló dosificación a presión negativa, en la cual se utilizó bombas de diafragma y electroválvulas. Los detergentes utilizados en este sistema son: Alcalino y Ridstone Acid con una dosis de 5 ml en 1 l en ambos casos.

Se implementó un calentador de depósito con el fin de aumentar la temperatura del agua ya precalentada con el calefón hasta los 80° C y aumentar el caudal; ya que el calefón a gas Marca Yang de 26 litros no tenía una salida de caudal suficiente para que funcione el rociador.

Los sistemas de limpieza que se utiliza son: Limpieza manual que algunas de las microempresas de leche lo realizan todavía en la actualidad, con la desventaja que de que el trabajador debe entrar y proceder a realizar la limpieza, y el resultado del lavado depende mucho del estado de ánimo. Los sistemas CIP que tienen muchas ventajas como: optimiza y ahorro el consumo de agua, la limpieza automática en lugares inaccesibles, evita la manipulación de los detergentes químicos, etc.

El diseño y la implementación del sistema automático es basado en el funcionamiento de los sistemas CIP con cinco etapas: etapa de pre-enjuague, etapa con solución alcalina, etapa de enjuague intermedio, etapa con solución ácida y etapa de enjuague final, que cumpla las normas de limpieza, aumentando la seguridad del trabajador y obtener una calidad óptima de leche. Este sistema es controlado por un PLC.

El volumen total de agua que va a utilizar de acuerdo a los cálculos es de 0.3 m<sup>3</sup>, pero con las pruebas de funcionamiento se observó que no es necesario toda esa cantidad de agua sino una 200 L.

El tiempo total que se demora en lavar el sistema es de 1h30 con respecto a la limpieza manual que es de 1h, cumpliendo con las necesidades requeridas. Obteniendo muchas ventajas como por ejemplo, se consigue que tanque enfriador de leche se encuentre en un mantenimiento de primer nivel y a un costo menor en comparación a los equipos que se tiene para este tipo de limpieza y tanques.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

1. C. I.-C. 57, «CÓDIGO DE PRÁCTICA ECUATORIANO,» 2013. [http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/cpe/Code x/CODEX-57-UNIDO.pdf](http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/cpe/Code%20x/CODEX-57-UNIDO.pdf).
2. Bylund, G., & Gómez, A. L. (2003). *Manual de industrias lácteas*. Ediciones Mundi-Prensa.
3. González, O. (2011, September 25). Limpieza en la industria lactea - Engormix. Obtenido Octubre 25, 2016, de <http://www.engormix.com/MA-ganaderia->



- leche/industria-lechera/articulos/limpieza-en-la-industria-lactea-t3599/472-p0.htm
4. Guia de Buenas Practicas Pecuarias en Leche - editada.pdf. (n.d.). Obtenido de <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/10/Guia%20de%20Buenas%20Practicas%20Pecuaras%20en%20Leche%20-%20editada.pdf>
  5. Harutiunian, M. (2009). Limpieza efectiva de tanques y recipientes | Edelflex. Obtenido Octubre 14, 2016, de <http://www.edelflex.com/articulo/limpieza-efectiva-de-tanques-y-recipientes>
  6. Hurtado, M. G. (2014). *Recepción y almacenamiento de la leche y otras materias primas. INAE0209*. IC Editorial.
  7. Lozano, M., Rolando, E., Vives, L., & Fernando, M. (2007). Diseño de un sistema de limpieza de tipo sanitario (cip) para industria de alimentos lacteos. Retrieved from <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/4261>
  8. Moreno, O., Fernando, B., Quiróz, R., & Andrés, S. (2014). Diseño y construcción de un sistema Clean In Place en base a la norma regional NTC 5245 para seis estaciones de ordeño en la Hacienda la Alborada ubicada en la provincia del Carchi. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/9638>
  9. Mott, R. L. (2006). *Mecánica de fluidos*. Pearson Educación.
  10. rbpm.pdf. (n.d.). Obtenido de <http://www.epmrq.gob.ec/images/lotaip/leyes/rbpm.pdf>
  11. Reyes, C., & Manuel, L. (2010). Reingeniería del sistema de limpieza y sanitización por el metodo cip para las envasadoras de bebidas gaseosas. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/10677>
  12. Rodríguez, C. F., & Consulting, S. L. A. (2014). *Postres lácteos. INAE0209*. IC Editorial.
  13. SEITA - Aplicaciones Sanitarias Clean in Place (CIP) - Conductividad. (n.d.). Obtenido Enero 14, 2017, de <http://www.seita.com.co/AplicacionesSanitariasCIP.htm>