

**FORMULACION DE UN PLAN DE MANEJO DE AGUAS  
RESIDUALES PARA LA EMPRESA FRIESLAND  
COLOMBIA S.A**



**Maria del Mar gamboa Rojas**

Director

**Ingeniero Carlos César Cabezas Córdoba**

*Universidad del Cauca*

**Facultad de ingeniería Civil  
Programa de Ingeniería ambiental  
Popayán, Enero de 2008**

**FORMULACION DE UN PLAN DE MANEJO DE AGUAS  
RESIDUALES PARA LA EMPRESA FRIESLAND  
COLOMBIA S.A**



Trabajo de Grado  
Presentado para optar el título de Ingeniería Ambiental  
Opción Pasantía

**Maria del Mar gamboa Rojas**

Director  
**Ingeniero Carlos César Cabezas Córdoba**

*Universidad del Cauca*  
**Facultad de ingeniería Civil  
Programa de Ingeniería ambiental  
Popayán, Enero de 2008**

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

Director: CARLOS CÉSAR CABEZAS CÓRDOBA

---

Jurado 1

---

Jurado 2

Popayán, Enero de 2008

## **RESUMEN**

Los resultados obtenidos del siguiente trabajo están distribuidos en 4 capítulos cada uno respondiendo a los objetivos planteados inicialmente en el proyecto. El primer capítulo se refiere a la presentación de la empresa, mostrando a Friesland Colombia S.A como unidad organizacional productora de derivados lácteos. El segundo capítulo, trata el proceso productivo, presenta un diagnóstico del manejo de las aguas residuales y plantea las estrategias para la prevención y reducción del desperdicio y contaminación del agua. El tercer capítulo describe el sistema de tratamiento de aguas residuales, se hace una evaluación de la PTAR y se proponen unas acciones para su mejoramiento. El cuarto capítulo es la presentación del plan de manejo de aguas residuales en donde se profundizan las estrategias planteadas en el segundo capítulo y posteriormente se establece conclusiones y recomendaciones

## **AGRADECIMIENTOS**

A la universidad del Cauca, facultad de ingeniería Civil, programa de Ingeniería Ambiental.

Al ingeniero Carlos César Cabezas, paciente director de este trabajo de grado, quien con su experiencia en el área de la investigación y la práctica fue factor de constante motivación y de quien recibí un gran respaldo, gracias a su apoyo hizo posible el acercamiento entre la academia y la empresa.

A Friesland Colombia S.A, empresa orientada al mejoramiento continuo y que en la búsqueda de la excelencia abrió sus puertas y apoyó continuamente este proyecto. A los asesores José Luis Pavón Ortiz, José Jair Ribera Gómez y en especial a Carlos Zapata Ortega, quienes compartieron su conocimiento y experiencia del ambiente industrial.

# TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO.....	i
1 INTRODUCCIÓN.....	5
2 CARACTERIZACIÓN EMPRESARIAL DE FRIESLAND S.A.....	7
2.1 Constitución.....	7
2.2 Aspectos generales de FRIESLAND COLOMBIA S.A.....	10
2.3 Conclusiones.....	14
3 PROCESO PRODUCTIVO DE FRIESLAND S.A.....	16
3.1 Descripción de las operaciones del proceso productivo.....	16
3.1.1 Proceso de leche entera pasteurizada.....	16
3.1.2 Proceso de leche UHT larga vida.....	21
3.1.3 Producción de arequipe.....	25
3.1.4 Procedimientos auxiliares de los procesos productivos.....	27
3.2 Aguas residuales en el área de producción de la empresa.....	34
3.2.1 Efluentes del proceso de producción.....	35
3.3 Revisión de procedimientos y observaciones de las líneas de producción.....	35
3.3.1 Desperdicio de Agua.....	39
3.3.2 Características fisicoquímicas.....	43
3.4 Alternativas de manejo.....	45
3.4.1 ESTRATEGIA 1: Sensibilización de la comunidad laboral, frente a la actualidad ambiental de la empresa.....	46
3.4.2 ESTRATEGIA 2: Reutilización del agua proveniente de los condensados y enfriamiento de motores y equipos.....	46
3.4.3 ESTRATEGIA 3: Instalación de sistemas de cierre instantáneo en las mangueras de agua.....	47
3.4.4 ESTRATEGIA 4: Recuperación de las soluciones de limpieza.....	48
3.4.5 ESTRATEGIA 5: Disminución de la carga orgánica del sistema de tratamiento de aguas residuales.....	49

3.4.6	Viabilidad de procedimientos .....	51
3.5	Conclusiones .....	59
4	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE FRIESLAND COLOMBIA S.A .....	61
4.1	Descripción del sistema de tratamiento para aguas residuales .....	63
4.2	Caracterización preliminar .....	65
4.3	Análisis de datos.....	67
4.4	Observaciones.....	70
4.5	Acciones a tomar .....	72
4.6	Conclusiones .....	73
5	FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO .....	74
5.1	Objetivo.....	74
5.2	Beneficiarios .....	74
5.3	Estrategias y acciones.....	74
5.3.1	ESTRATEGIA 1: Sensibilización de la comunidad laboral frente a la actualidad ambiental de la empresa. ....	74
5.3.2	ESTRATEGIA 2. Reutilización del agua proveniente de los condensados y enfriamiento de motores y equipos. ....	75
5.3.3	ESTRATEGIA 3: Instalación de sistemas de cierre instantáneo en las mangueras de agua .....	77
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
6.1	Conclusiones .....	84
6.2	Recomendaciones .....	85
7	BIBLIOGRAFÍA.....	86
	Apéndices .....	88

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Productos de la empresa Friesland Colombia S.A.....	12
Tabla 2.	Caracterización de los efluentes en el proceso productivo. ....	36
Tabla 3.	Resumen de los resultados obtenidos en los aforos para cada línea de producción .....	38
Tabla 4.	Caudal promedio de salida en cada equipo durante la producción de la línea UHT .....	41
Tabla 5.	Resultados obtenidos de las pruebas fisicoquímicas realizadas a las aguas residuales .....	47
Tabla 6.	Presupuesto estrategia 1 .....	51
Tabla 7.	Presupuesto estrategia 2.....	52
Tabla 8.	Consumo de energía y costo de operación anual de la bomba año 2008.....	52
Tabla 9.	Costo de operación de la bomba para los siguientes 5 años .....	53
Tabla 10.	Consumo mensual de agua en la empresa .....	53
Tabla 11.	Ahorro anual de agua .....	54
Tabla 12.	Cantidades utilizadas en la preparación de soluciones en los ciclos de limpieza de lavado .....	56
Tabla 13.	Resultados de la caracterización realizada a la PTAR.....	66
Tabla 14.	Concentraciones de oxígeno disuelto en el tanque aireador .....	66
Tabla 15.	Porcentaje de remoción entre el afluente y el efluente.....	76
Tabla 16.	Parámetros operativos .....	67
Tabla 17.	Formato de asistencia a capacitaciones .....	80
Tabla 18.	Formato de registro y control de agua en el tanque de almacenamiento .....	82
Tabla 19.	Formato del registro de las concentraciones finales del segundo ciclo y la que se necesitan para el primer ciclo .....	83



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación de Friesland Colombia S.A en la zona Norte de Popayán.....	9
Figura 2.	Organigrama general.....	11
Figura 3.	Diagrama de flujo del procesamiento de leche pasteurizada .....	17
Figura 4.	Diagrama de flujo de leche larga vida .....	23
Figura 5.	Diagrama de flujo del procesamiento de arequipe .....	25
Figura 6.	Limpieza y desinfección.....	29
Figura 7.	Flujos de agua que salen en la etapa de Termización .....	40
Figura 8.	Flujos de agua que salen en la etapa de Pasteurización .....	40
Figura 9	Planta de tratamiento de agua residuales de Friesland Colombia S.A .....	64

# 1 INTRODUCCIÓN

Este estudio, es el resultado del análisis de una realidad empresarial, en la cual está involucrado el ambiente receptor de las distintas actividades que se llevan a cabo en los procesos de producción, específicamente en plantas procesadoras de lácteos, donde se recibe leche todos los días del año, generalmente en las primeras horas del día, y se procesa en las horas siguientes. Así pues, los residuos líquidos se producen de manera no continua a través del día; llegan por tandas de caudal variable.

La variedad de productos, los métodos de producción, hace que las aguas residuales, de la industria láctea, tengan características muy variables, ya que según el producto que se elabore afecta considerablemente la carga contaminante, situación que no es muy distante de la actualidad de Friesland Colombia S.A., empresa productora de derivados lácteos, en la cual se torna indispensable la creación de un programa de manejo de aguas residuales que brinde los elementos más eficientes para su mejor aprovechamiento y reducción en las cantidades generadas y que además se apegue al Marco Normativo existente en el país.

Con base en lo anterior, fue elaborado dicho plan, considerándolo una herramienta mas a través de la cual se inscribe la empresa en el ámbito de la competitividad teniendo en cuenta además, los parámetros establecidos para dicha elaboración, es decir, se realizó inicialmente un diagnóstico para la detección de consumos de agua, posteriormente, el registro y contabilización de datos, cuyo análisis permitió la evaluación de los estándares

e índices de consumo, incluyendo los costos de las estrategias; todo, como preludeo de la transformación operativa y tecnológica, necesaria como aporte desde la Ingeniería ambiental, a la optimización de la calidad de vida y el desarrollo socioempresarial.

Ejecutadas todas y cada una de las etapas propuestas para el desarrollo de este estudio, los resultados fueron condensados en cuatro capítulos, que responden a los objetivos planteados inicialmente. El primero, es la caracterización empresarial de Friesland, como unidad organizacional productora de derivados lácteos. El segundo capítulo, describe el proceso productivo de Friesland S.A. y presenta la síntesis de las alternativas posibles de mejoramiento. El tercero, es, el sistema de tratamiento de aguas residuales mientras que en el cuarto y último capítulo, se presenta el Plan específico de manejo de aguas residuales, bajo el cual finalmente se aspira a disminuir y controlar el desperdicio de agua resultante de los procesos de producción que contradictoriamente a la misión de la empresa, afecta el desarrollo normal del ambiente y la calidad de vida de quienes se involucran en dicha rutina.

## **2 CARACTERIZACIÓN EMPRESARIAL DE FRIESLAND S.A.**

Este capítulo es el resultado de la observación y la revisión documental provenientes de los archivos de la empresa, situación que permitió no solo el conocimiento de la organización y su situación ambiental, sino además, el acercamiento a los responsables del manejo de esta empresa y los procesos que al interior se llevan, aspectos de relevancia, teniendo en cuenta que esa empresa, como toda unidad organizacional y funcional, tiene particularidades que desde la diversidad conforman su razón de ser en el desarrollo socioeconómico de la región. A continuación se describen algunas de esas particularidades:

### **2.1 Constitución**

FRIESLAND COLOMBIA S.A. es una Sociedad Anónima, de carácter privado que fue constituida en la ciudad de Popayán, Cauca. Inició labores en Mayo de 1976 como una planta pasteurizadora de leche de la COOPERATIVA AGROPECUARIA DEL CAUCA, posteriormente sus propietarios cambiaron cuando PURACÉ PRODUCTOS ALIMENTICIOS S.A. adquirió la planta procesadora en el año 1995. En 1996, mediante escritura pública, dicha planta es adquirida por la multinacional FRIESLAND, denominación que en la actualidad responde a FRIESLAND COLOMBIA S.A.

Las Licencias y permisos que hasta la fecha han sido otorgados a la empresa se enumeran a continuación:

1. Años 1975 y 1976: La COOPERATIVA AGROPECUARIA DEL CAUCA, solicitó y obtuvo los permisos y licencias necesarias para la construcción y funcionamiento de la planta pasteurizadora de leche.
2. Septiembre de 1998: La Empresa FRIESLAND COLOMBIA S.A., presentó a la Corporación Autónoma Regional del Cauca – CRC, un Plan de Manejo Ambiental, y solicita permiso de vertimientos y para emisiones atmosféricas.
3. Septiembre de 1999: La CRC aprobó Plan de Cumplimiento para el funcionamiento del sistema de aguas residuales, solicitando ajustes para estabilizar el sistema y alcanzar remociones cercanas al 80%.
4. Diciembre de 1999: La CRC otorgó permiso de emisión atmosférica a través de la caldera N° 02 (por funcionar con gas propano).- No se otorgó permiso para la caldera N° 01, por funcionar con crudo de castilla.
5. Diciembre de 2000: La CRC otorgó permiso de emisión atmosférica a través de la caldera N° 01 (por funcionar con gas propano).
6. Junio de 2002: Queda en firma Resolución de la CRC, que establece un plan de manejo ambiental para FRIESLAND COLOMBIA S.A. Las principales obligaciones del mismo están relacionadas con dos aspectos: Vertimientos y Recurso de aire.

Además de lo anterior la empresa cuenta con el Certificado ISO 9001 versión 2000 para: “Fabricación, comercialización y soporte técnico de medidores para gas tipo diafragma y reguladores de presión para gas natural”, expedido por el ICONTEC en Julio de 2004.

**Actividad económica:** De acuerdo a la inscripción ante la Cámara de Comercio, su actividad económica es el procesamiento y comercialización de productos lácteos y complementarios.

**Localización.** Friesland Colombia S.A. está ubicada frente al Puente Viejo del Cauca, al Norte de la ciudad de Popayán, capital del departamento. Entre los años 1975 y 1976, la planta fue construida en un lote de terreno de aproximadamente 10.000 m de superficie, que hacía parte de la hacienda Cauca, considerada entonces, como un fundo rural. En el año 1983 con el terremoto de Popayán, se acelera el crecimiento urbanístico hacia el norte de la ciudad y la administración municipal entra a regular el ordenamiento urbano, determinando que el sitio ocupado por la planta pasteurizadora, fuese calificado como **ÁREA DE ACTIVIDAD INDUSTRIAL MIXTA**, mientras que la zona circundante fue calificada como **ÁREA RESIDENCIAL TIPO**. Como se detalla en la figura 1, la planta se encuentra específicamente, en la vía alterna a la Panamericana, que conduce a la ciudad de Cali; posee linderos con el río Cauca y con unas unidades residenciales. Su dirección es. Carrera 6 No 48N 00 en la Urbanización Las Riveras del Río, Norte de Popayán. P.B.X.: 8231185.

Figura 1 Ubicación de Friesland Colombia S.A. en la zona norte de Popayán.



Fuente: Oficina de Planeación municipal de Popayán 2007.

## 2.2 Aspectos generales de FRIESLAND COLOMBIA S.A

a) Esta planta física ubicada en la zona ya referida de la ciudad de Popayán, presenta una infraestructura compuesta por 7 módulos principales

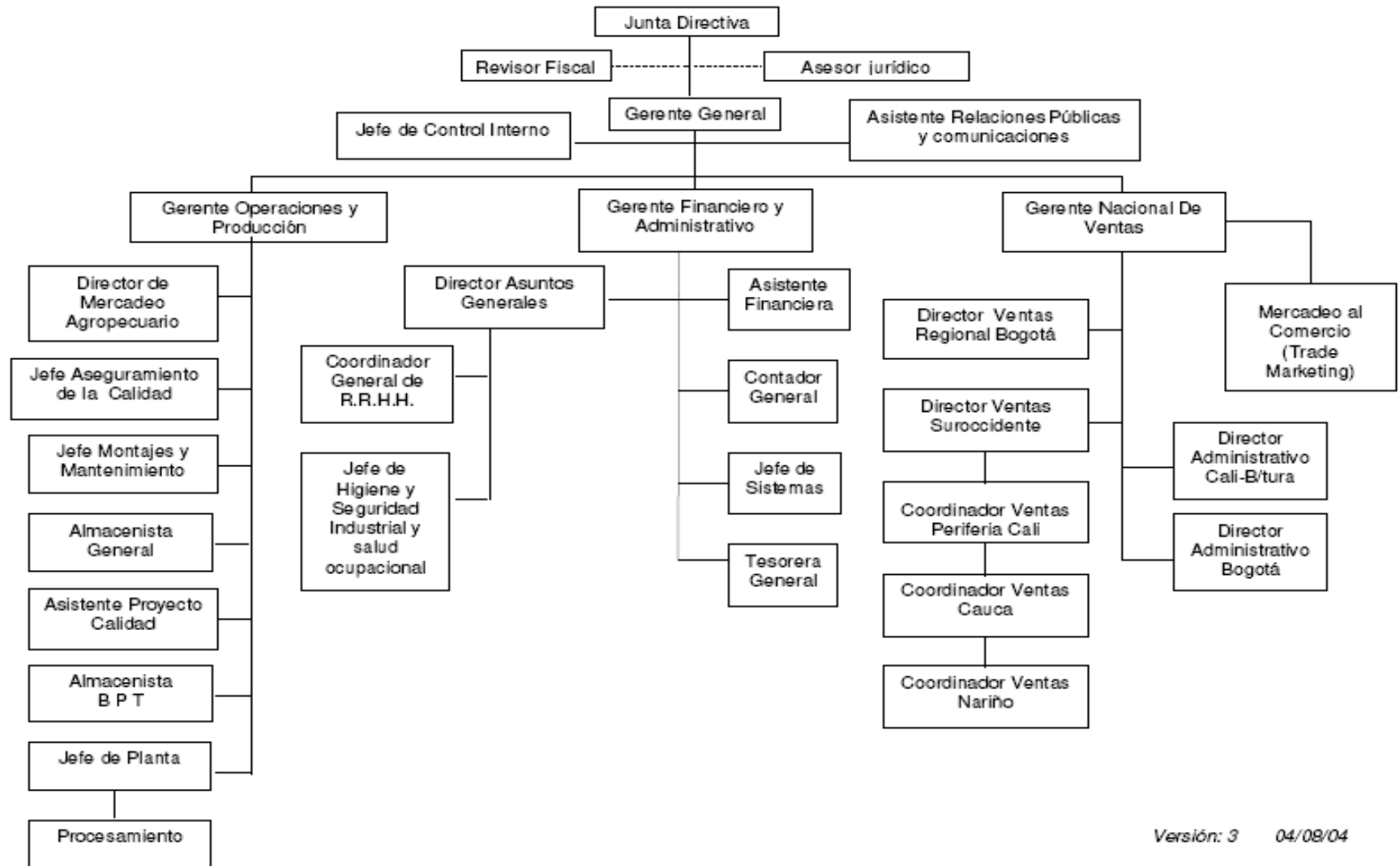
- Bodega de materias primas
- Bodega de producto terminado
- Planta de producción y oficinas
- Taller y área de mantenimiento
- Planta de tratamiento de aguas

- Área de enfermería y salud ocupacional
  - Laboratorio
  - Edificio Administrativo
- b) Los tres turnos diarios de los operarios de la planta de producción son distribuidos de la siguiente forma:
- de 6am a 2pm,
  - de 2pm a 10pm
  - de 10pm a 6am
- c) Esta organización cuenta con personal operativo, administrativo, personal de vigilancia subcontratado y personal externo como contratistas, asesores, auditores, empresas de servicios, proveedores

El organigrama adoptado por la empresa, tal como lo muestra en la figura 2, es lineal, y así como lo plantea el experto Arboleda [3], la ubicación de la máxima autoridad se hace de arriba hacia abajo; mientras que la responsabilidad se torna de abajo hacia arriba. Cada individuo tiene su propio jefe para todos los aspectos; de él recibe todas las órdenes y a él todo se reporta, respecto a las ejecuciones de la empresa. En la figura 2 se muestra el sistema lineal adoptado por la empresa y se detalla la distribución de cargos en ella.



Figura 2 Organigrama General



Versión: 3 04/08/04


Fuente: Archivo empresarial Friesland Colombia S.A.

Los cargos que están directamente relacionados con el desarrollo del presente proyecto son: el jefe de planta quien se encarga de supervisar todas las actividades que se llevan a cabo en el interior de la planta de procesamiento y brinda la asesoría necesaria para la ejecución del proyecto, el jefe de aseguramiento de la calidad quien evalúa y aprueba las estrategias planteadas para el plan de manejo , el operario que maneja la planta de aguas residuales quien supervisa la pruebas fisicoquímicas que se realicen en la empresa .y el jefe de montajes y mantenimiento quien supervisa todo lo relacionado con los aspectos técnicos del proyecto y da la aprobación final.

d) La gama de productos elaborados por FRIESLAND COLOMBIA S.A. se describen en la Tabla 1

Tabla 1. Productos de la empresa Friesland Colombia S.A.

PRODUCTO	REPRESENTACION	PRESENTACIONES	TIEMPO DE VIDA ÚTIL
1. Leche UHT en caja tetrapack		180 ml – 1000 ml	6 meses
2. Leche UHT Bolsa Entera semidescremada		680ml Entera 900 ml 200ml	680 ml: 45 Días 900 ml: 45 Días 200 ml: 45 Días
3. Milkiño tetrapak		180ml	6 meses
4. Milkiño bolsa		200 ml	25 días

PRODUCTO	REPRESENTACION	PRESENTACIONES	TIEMPO DE VIDA ÚTIL
6. Arequipe		50 g. 250 g. 500 g. 5 kg.	150 días
7. Crema de Leche		1 litro	25 días
8. Bebida Láctea en bolsa		200 ml 900 ml	90 días
Leche pasteurizada		250ml 500 ml 750 ml 1000 ml	4 – 5 días
10. Mambo		200 ml	1 mes

Fuente: Propia del estudio.

### 2.3 Conclusiones

- Friesland Colombia S.A, es una empresa procesadora de productos lácteos, ubicada en Popayán, que cuenta con áreas e instalaciones debidamente separadas y adecuadas para los procesos administrativos, técnicos y operacionales que se llevan a cabo en su interior.
- La empresa Friesland Colombia S.A posee un plan de manejo ambiental aprobado por las respectivas autoridades ambientales y ha obtenido los permisos para la operación de la planta, que exige su actividad económica con respecto a vertimientos y

contaminación atmosférica, así mismo gracias a la calidad de sus productos y de los procesos se ha hecho merecedora del certificado de calidad ISO 9000

### **3 PROCESO PRODUCTIVO DE FRIESLAND S.A.**

En este aparte, se describen las operaciones y procesos productivos en el interior de la empresa y se identifican y caracterizan las fuentes de agua residual más importantes, por métodos de observación, muestreos y pruebas fisicoquímicas. Teniendo en cuenta los resultados de las caracterizaciones se formulan alternativas de manejo y disposición pertinentes incluyendo su evaluación técnica y económica, en la cual se tendrán en cuenta elementos como equipos necesarios, la relación costo beneficio de cada una de ellos, para proponer, finalmente el plan de manejo que brinde oportunidades de conservación de agua, mayor control de las aguas residuales y reducción de los costos de su tratamiento.

#### **3.1 Descripción de las operaciones del proceso productivo**

El espacio de la planta de producción está distribuido en diversas áreas de acuerdo a los diferentes procesos operacionales que se ejecutan para la fabricación de los productos. Es así como se encuentra el área de pasteurización, de Ultrapasteurización, de fabricación de arequipe, de mantequilla, el área de empaquetado, la de recibo de leche y lavado de canastas.

##### **3.1.1 Proceso de leche entera pasteurizada.**

La figura 3 condensa todo el proceso que requiere la producción de leche pasteurizada. En ella se detalla el circuito por donde circula leche y el circuito de agua caliente, además

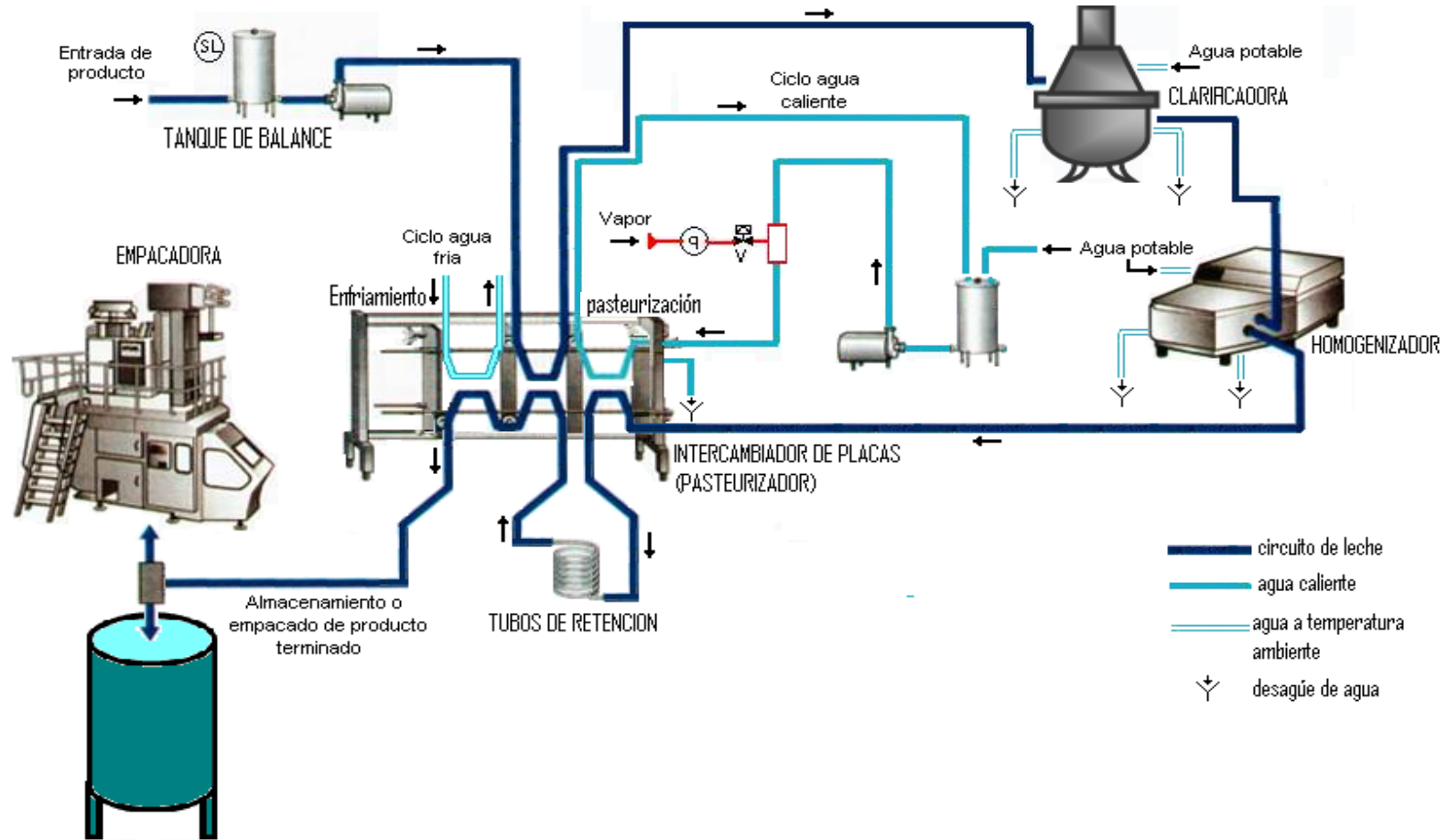
se muestran las diferentes salidas de agua que se presentan durante el proceso y que van directo hacia los desagües ubicados en las canaletas de conducción de aguas residuales.

En este proceso se utiliza el método de pasteurización rápida HTST (high temperature short time) [9]. El tiempo y la temperatura son factores muy importantes que deben ser especificados de forma precisa con relación a la calidad de la leche. La temperatura escogida para la leche pasteurizada con el sistema HTST y homogenizada es de 72 a 75°C durante 15 a 20 segundos.

Debido a que Friesland Colombia S.A es una industria lechera de gran tamaño no es posible pasteurizar y procesar toda la leche inmediatamente después de la recepción. Parte de la leche debe almacenarse en tanques Silo durante varias horas. Bajo estas condiciones, incluso un enfriamiento intenso no es suficiente para prevenir serios deterioros de la calidad. Por lo tanto, la leche es precalentada hasta una temperatura inferior a la de pasteurización para inhibir eventualmente el crecimiento bacteriano. Este proceso se denomina termización, aquí la leche es calentada a 63 °C durante 15 segundos.

En la Figura 3 se describe el proceso de leche pasteurizada que se lleva a cabo en la empresa, en ella se muestra el circuito de leche y de agua caliente así como los salidas de agua que, siendo de buenas características fisicoquímicas es desperdiciada y enviada hacia las canaletas de conducción de aguas residuales.

Figura 3 Diagrama de Flujo del procesamiento de leche pasteurizada



Fuente: Propia del estudio

Una vez examinada la leche en la plataforma de recibo, ésta es llevada a la sección de enfriamiento del intercambiador de placas donde hay un descenso de temperatura hasta los 4°C. Esta leche pasa al tanque de balance encargado de asegurar el flujo regular que es bombeado hacia pasteurizador que como se muestra en la figura 3 es un intercambiador de calor de placas constituido por 3 secciones: sección de recuperación o precalentamiento, sección de pasteurización o calentamiento y sección de refrigeración [12].

La leche fría que se ha bombeado, pasa a través de la sección de regeneración en donde se produce un precalentamiento regenerativo, aquí se calienta recuperándose calor de la leche pasteurizada, que se enfría al mismo tiempo, en este punto la leche adquiere una temperatura de 55°C. Posteriormente es introducida a la clarificadora donde se separan las impurezas sólidas por medio de un paquete de discos; para el funcionamiento de este equipo se utiliza agua potable para enfriamiento de motor y del sistema de discos, cuya salida, a temperatura ambiente, es llevada directamente a la canaleta de aguas residuales como se muestra en la figura 3.

Después de clarificada, la leche se pasa por el homogeneizador cuyo objetivo es desintegrar o distribuir finamente los glóbulos de grasa en la leche homogeneizándolos con el fin de reducir la formación de la capa de nata. Durante su operación se utiliza agua potable para la lubricación y refrigeración de los pistones, cuya salida así como se observa en la figura 3, se lleva a cabo por dos secciones para que no exista mucha presión y reviente los empaques o mangueras. La disposición de esta agua se realiza en



las canaleta de desagüe. Una vez que se ha clarificado y homogeneizado la leche, pasa a la sección de pasteurización del intercambiador de placas como se observa en la figura 3, en donde circulan a contracorriente por uno y otro lado de la placa la leche y el agua caliente, en este punto se completa el calentamiento alcanzando una temperatura de 73 a 76°C. El agua es calentada por medio de vapor suministrado desde las calderas a una presión de 600 - 700 kPa. La figura 3 muestra el calentador de agua como un sistema cerrado equipado con una válvula de regulación de vapor y de un purgador de vapor. El agua caliente es impulsada por medio de una bomba centrífuga pasando por el calentador y la sección de calentamiento del pasteurizador.

Como resultado de esta etapa de calentamiento se obtiene agua producto de la condensación de vapor a una temperatura de 77 a 78°C la cual es arrojada a la canaleta de desagüe. El caudal de esta agua es variable pues dependerá del momento y de la cantidad de vapor inyectado.

Después del proceso de pasteurización, la leche se pasa a unos tubos de retención y el tiempo de permanencia es de 15 minutos. Es esencial tener la certeza de que la leche ha sido adecuadamente pasteurizada, si la temperatura cae por debajo de los 72°C, la leche no pasteurizada debe mantenerse aparte de la leche pasteurizada correctamente. Para conseguir esto, se instala en el tramo de salida del tubo de retención un transmisor de temperatura y una válvula de desvío de flujo. La válvula retorna la leche no pasteurizada al tanque de regulación si el transmisor de temperatura detecta que la leche que ha pasado no se ha calentado suficientemente.

La leche retorna a la sección de regeneración para su enfriamiento tal como lo indica la Figura 3. Aquí la leche pasteurizada cede calor a la leche fría entrante. La leche pasteurizada saliente es entonces enfriada con agua helada la cual retorna hacia el banco de hielo.

### **3.1.2 Proceso de Ultrapasteurización (UHT)**

El proceso de UHT (Ultra High Temperature) es una técnica aplicada para la conservación de productos alimenticios líquidos, por exposición de los mismos a un breve pero intenso calentamiento a temperaturas que suelen oscilar entre 135 y 140° C. De esta forma se destruyen los microorganismos que podrían estropear los productos alimenticios.

En el mercado existen dos clases de tratamiento UHT: sistemas indirectos y sistemas directos. En Friesland Colombia S.A se aplica el sistema indirecto llamado SteriTherm de Alfa-Laval [12] que combina un Intercambiador de calor de placas y un intercambiador de calor tubular.

En la planta, el proceso UHT está completamente automatizado y tiene 4 fases de operación: esterilización de la planta, producción, AIC (Aseptic Intermediate clearing) y CIP (clearing in Place).

#### **Fases de Operación Del Sistema::**

1. **Esterilización:** antes de la puesta en producción de la planta se debe pre-esterilizar con el fin de evitar la reinfeción del producto tratado. La esterilización implica:

- Esterilización con agua caliente, a la misma temperatura del producto (137 – 140 °C). Para esto se recircula agua desde el tanque de balance a través de todo el esterilizador. El tiempo mínimo de esterilización con agua caliente es de 30 minutos desde el momento en que se ha alcanzado la temperatura necesaria en toda la parte aséptica de la planta. Si en algún momento esta temperatura disminuye por debajo del valor fijado se deberá volver a alcanzar la temperatura de esterilización y una vez alcanzada recomenzar el conteo del tiempo
- Una vez que el tiempo es completado se pasa a la secuencia de enfriamiento donde se llega a las condiciones requeridas de producción pero con agua, a esto se le llama etapa de agua estéril

2. **Producción:** Para esto se deberá primero llenar la cañería de alimentación desde el tanque de almacenamiento del producto pasteurizado hasta el tanque de balance del esterilizador, luego vaciar el agua del tanque balanceador para reducir al máximo la interfase agua-producto a generar y luego permitir la entrada de producto al tanque. El producto desalojará al agua del equipo y una vez que el producto alcance la llenadora, el equipo estará listo para comenzar a envasar. Si existiese tanque aséptico se comenzará el llenado del mismo.

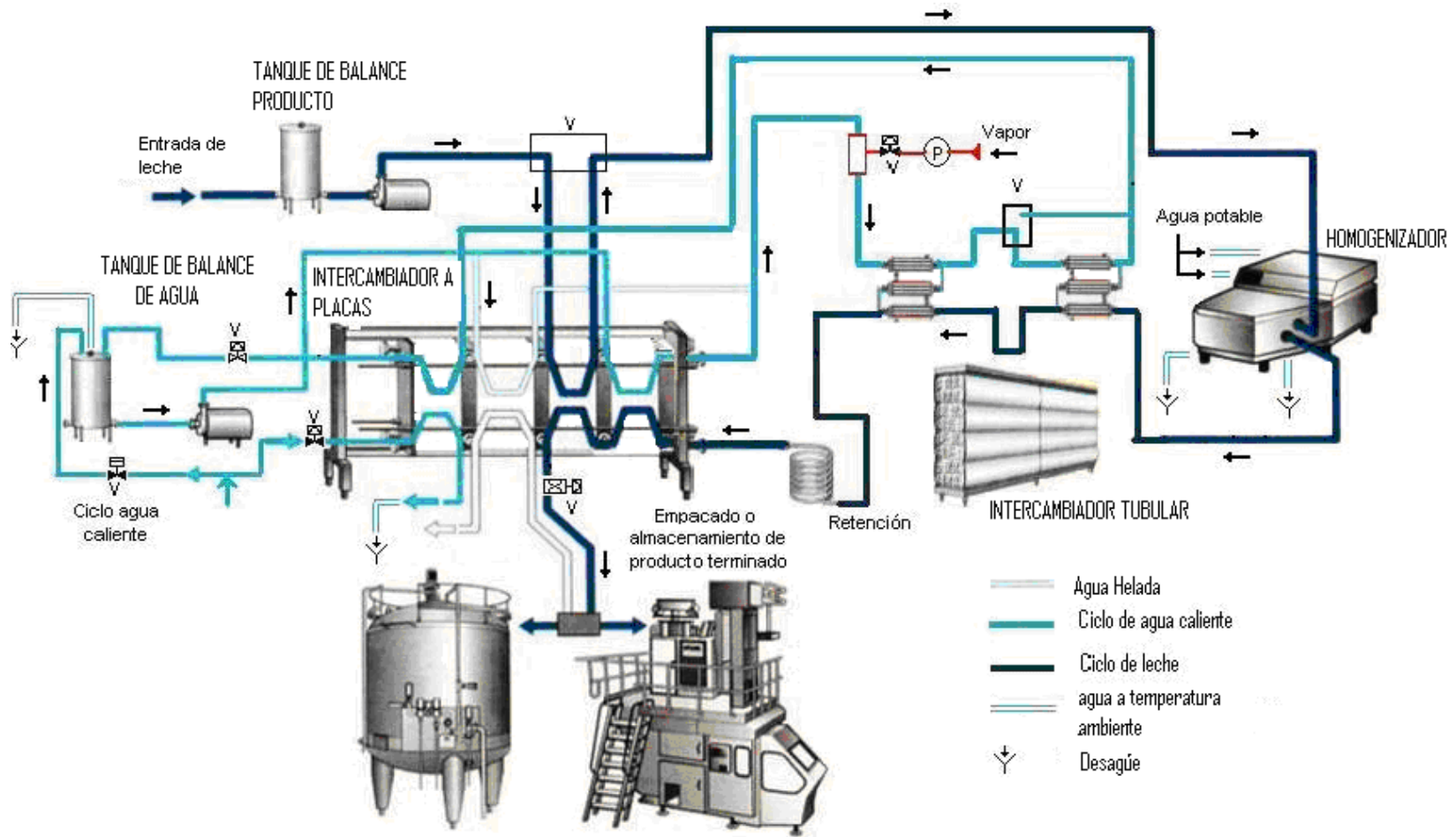
La operación de tratamiento UHT en la planta: la leche ingresa a una temperatura de 4° C y es elevada por una bomba centrífuga hasta la sección de precalentamiento del intercambiador de calor donde es calentado de 70 a 75° C por medio de la leche UHT ya tratada, que se enfría al mismo tiempo.

El producto precalentado es entonces homogeneizado. Pasa ahora a los intercambiadores tubulares donde su temperatura es elevada a la temperatura de esterilización de 135° C a 140° C, en tan sólo 5 segundos; el medio de calentamiento es agua caliente en circuito cerrado cuya temperatura se regula por inyección de vapor. En la figura 4 se muestra la forma en que, finalmente, la leche es transportada nuevamente hacia el intercambiador de placas para la etapa de enfriamiento que se realiza de forma regenerativa en dos etapas: primero frente al lado frío del circuito de agua caliente y luego frente al producto frío entrante. El producto que sale continúa hasta el envasado aséptico.

La Figura 4 describe el proceso de producción correspondiente a la leche larga vida mostrando los circuitos de leche y agua caliente durante el proceso y los efluentes de agua que salen hacia las canaletas de aguas residuales. Una vez sometido al tratamiento, el producto debe permanecer en condiciones asépticas, ya que se debe prevenir la recontaminación. Para ello se envasa el producto en un envase previamente esterilizado, que una vez lleno y cerrado garantiza unas condiciones asépticas de conservación.

Si la temperatura cae durante la producción, el producto se desvía hacia el tanque de rechazo y la planta funciona con agua

Figura 4 Diagrama de flujo de Leche larga vida



Fuente: Propia del estudio

La Línea UHT de la empresa Friesland Colombia S.A. produce los siguientes productos:

- Leche entera UHT.
- Lecha baja en grasa o semi-descremada.
- Leche saborizada Milkiño (fresa, chocolate, vainilla).
- Bebida láctea.

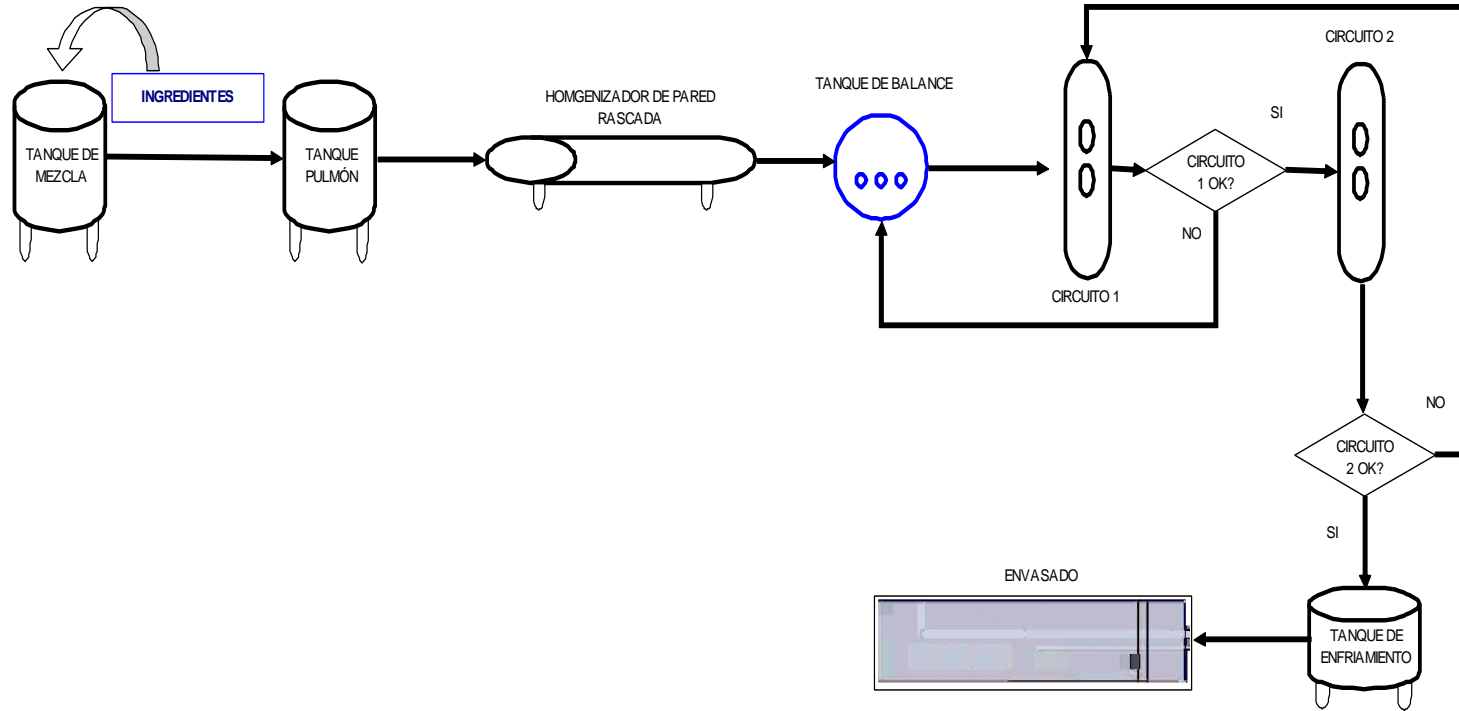
La etapa de limpieza del equipo se explica más adelante.

### **3.1.3 Producción de arequipe**

En la Figura 5 se registra cada una de las instancias que responden al procesamiento del arequipe.

La producción de arequipe inicia cuando la leche se encuentra en el tanque de recepción, se pasa a un tanque de mezcla donde se estandariza a 2.8-3% de grasa, de ahí se realiza el proceso normal de pasteurización a una temperatura superior entre 85-90°C por 20 segundos, se transporta a un tanque de almacenamiento y posteriormente es conducida a un tanque de mezcla donde se realiza un proceso de hidrolización a 37°C por una hora en total reposo, luego se adiciona la enzima lactasa y se calienta hasta alcanzar 65°C

Figura 5 Diagrama de flujo del procesamiento de arequipe.



Fuente: Propia del estudio

La anterior mezcla se pasa a un tanque de mezcla (tanque pulmón) donde se agita continuamente y se recircula. La recirculación se hace mediante dos circuitos; el primer circuito se compone de un prefiltro, de este se pasa al cuerpo del precalentador mediante una bomba en donde alcanza la temperatura de evaporación, de ahí la mezcla se transporta al cuerpo del evaporador y luego al separador de Bahos donde se evapora el agua hasta concentrar la mezcla a 65°Brix, esta mezcla se lleva hasta el tanque de producto concentrado, si la mezcla no tiene los grados Brix requeridos se retorna al tanque pulmón para concentrarla hasta el valor deseado.

El segundo circuito es la concentración y coloración del producto, este circuito inicia con el tanque de producto concentrado, por medio de una bomba se pasa al intercambiador de pared rascada que trabaja con vapor a 118°C, de ahí se transfiere a un tubo de retención donde se logra el tiempo de reacción necesario, después la mezcla cae a la cámara flash donde el producto se enfría y se alcanzan 70°Brix, que es la concentración ideal del arequipe puracé, si la mezcla ha alcanzado este valor se pasa a empacar el producto, si por el contrario el valor es inferior se retorna al tanque de concentración.

#### **3.1.4 Procedimientos auxiliares de los procesos productivos**

Para llevar a término un producto se debe tener en cuenta los procesos que generan efluentes contaminantes y que no están directamente relacionados con el proceso productivo tales como el recibo de leche y la limpieza de equipos y utensilios.



**Operaciones de limpieza y desinfección:** Debido a las características de la materia prima empleada y a los productos fabricados, las condiciones higiénicas de los equipos e instalaciones de las FRIESLAND deben garantizar la calidad de los productos elaborados.

El mantenimiento de las condiciones higiénicas en la empresa exige llevar a cabo operaciones de limpieza y desinfección de forma continua, pudiendo llegar a suponer la cuarta parte del tiempo total de trabajo. Estas operaciones suponen la mayor parte del consumo de agua, energía y productos químicos de la instalación, así como un considerable volumen de aguas residuales.

Por limpieza se entiende la eliminación total de todos los restos de la leche o componentes de la misma y otras suciedades visibles. Mientras que mediante desinfección se pretende eliminar todos los microorganismos patógenos y la mayoría de los no patógenos que afectarían a la calidad del producto. [8]

En cualquier caso en donde se realiza las operaciones de limpieza y desinfección es necesario aportar:

- Agua, que cumple con varias funciones. Entre ellas están: reblandecer y/o disolver la suciedad adherida a las superficies, la formación de soluciones detergentes y la eliminación de los restos de soluciones limpiadoras.
- Energía térmica para alcanzar la temperatura óptima del proceso y eléctrica para hacer circular las soluciones limpiadoras por los equipos y conducciones (sistemas CIP).

- Productos químicos (detergentes, desinfectantes).
- Personal para llevar a cabo las operaciones de limpieza.

Los medios de limpieza se pueden clasificar en mecánicos o físicos [8] (presión, temperatura, cepillos, esponjas y escobas) y químicos (productos ácidos y básicos). Normalmente en la empresa se utilizan de manera conjunta en la limpieza de equipos e instalaciones.

Los medios físicos se emplean para arrastrar de forma mecánica la suciedad. La utilización de cepillos, esponjas, etc. supone un método barato, aunque tienen el inconveniente de necesitar una limpieza adecuada para no convertirse en una fuente de contaminación. La utilización de agua a presión presenta algunas ventajas frente a los sistemas sin presión ya que al aumentar la energía del impacto, el poder de arrastre de los sólidos es mayor y además supone un menor consumo de agua.

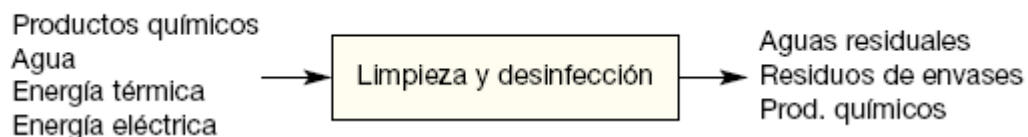
Los métodos químicos se basan en la utilización de productos químicos [8], que en la mayoría de los casos se aplican en forma de disoluciones acuosas de carácter ácido o básico. Los detergentes alcalinos provocan la emulsión de las grasas, lo que las hace fácilmente arrástrales, mientras que los productos ácidos disuelven y eliminan las incrustaciones formadas por acumulación de las sales de la leche y del agua.

Al igual que en el caso de la limpieza, los medios de desinfección pueden ser físicos (como la temperatura) o químicos (productos desinfectantes) [8]. La acción de la temperatura consiste en aplicar calor mediante agua caliente, vapor o aire caliente, a las superficies que se quieren desinfectar. La mayor parte de los desinfectantes químicos

contienen como compuesto germicida sustancias alcalinas, cloro y oxígeno. Los productos desinfectantes contienen además otras sustancias como ácidos o bases, inhibidores de la corrosión y formadores de complejos para mejorar su aplicación industrial.

Como lo muestra la Figura 6, las operaciones de limpieza dan como resultado la generación de aguas residuales y vertidos de productos químicos, más la carga orgánica debida al arrastre o disolución de los restos de leche.

Figura 6 Limpieza y desinfección.



Fuente: Propia del estudio.

Las características de la suciedad existente en cada equipo, superficie o instalación determinan el protocolo de limpieza y desinfección específico a aplicar, es así como se puede encontrar en la planta que cada uno de los procesos y líneas de producción tiene asignado un protocolo específico según el caso y así mismo serán las características del vertido de aguas residuales. A continuación se describen algunos de los diferentes procesos de limpieza que se llevan a cabo en la planta de producción:

- Limpieza de cantinas: Para la limpieza de estas se utiliza detergente Proquim. Esta acción genera aguas residuales, puesto que la manipulación de las cantinas después del vaciado, permite reconocer la existencia de restos de leche cruda, la cual por sus

componentes aumenta la carga orgánica, igual sucede con los detergentes y químicos que en general sirven de base para efectos de limpieza.

- Vehículos y cisternas: se explica en el apartado referente a recibo de leche.
- Limpieza de superficies: La limpieza de las superficies es una garantía del mantenimiento de la higiene, durante este proceso se evidencia restos de productos y elementos sólidos. Para el lavado de pisos se utiliza detergente Proquim al 5% y luego se enjuaga con manguera de alta presión para evacuar los restos de leche y polvo que se encuentre.
- Limpieza de equipos de la línea de pasteurización: Los equipos que hacen parte del lavado para esta línea son: pasteurizadores, centrifugas, homogeneizadores, empacadoras, tanques de almacenamiento. El lavado de los equipos se realiza con hidróxido de sodio (NaOH), que rompe y disuelve las sustancias proteínicas y saponifica la grasa a altas temperaturas, además de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>), que sirve como desincrustante de leche. Estos lavados son intermitentes con agua para enjuague.

Los lavados para pasteurización se recomiendan cada 5 horas, pero en realidad estos dependen de la estabilidad de la leche antes los cambios de temperatura propios del proceso (por ejemplo: leche baja en proteínas precipita y ocasiona incrustaciones en los equipos), y las dificultades que se presenten, como rompimiento de empaques, fallas en equipos etc.

La concentración de hidróxido de sodio para el lavado en esta línea es del 1% y del ácido es del 1.5%; cada ciclo de lavado tarda 20 minutos incluyendo el enjuague. El ácido tiene una concentración en solución del 53%, y el hidróxido de sodio del 50%.

Esta dilución se adiciona en el tanque de balance de cada una de las líneas y empieza el proceso de limpieza del pasteurizador, homogeneizador, tubos de retención.

La temperatura de lavado cuando circula el hidróxido es de 85°C y para el ácido es de 75°C cuando hay fallas del equipo en cualquier lugar de la línea se realiza un lavado intermedio cada cinco horas sólo con hidróxido de sodio al 1% durante 20 minutos.

El lavado en empacadoras y tanques se realiza con detergente, circulando agua caliente. Cuando la concentración de grasa es grande se utiliza vapor de agua. De acuerdo al grado de suciedad de los equipos se realiza la limpieza con cloro. El sistema de limpieza en la sección de pasteurización queda completamente a criterio del operario.

- Limpieza de los equipos de la línea de ultrapasteurización: se definen dos tipos de limpieza:

A. Limpieza Aséptica Intermedia.

B. Limpieza CIP.

A. Limpieza Aséptica Intermedia (AIC – Aseptic Intermediate Cleaning). El ciclo completo de limpieza CIP necesita de 70 a 90 minutos y normalmente se lleva a cabo inmediatamente después de la producción. La limpieza Aséptica Intermedia es una herramienta muy útil en los casos en que se utilice durante tiempos de funcionamiento muy largos. Una limpieza AIC, generalmente de 30 minutos, se lleva a cabo cuando sea necesario eliminar suciedad de la línea de producción sin perder las condiciones asépticas, es decir, significa hacer un lavado solamente con soda cáustica sin perder la condición de estéril de la instalación. Los pasos de esta limpieza son:

- Enjuague de producto.
- Enjuague.
- Dosificación de soda cáustica.
- Recirculación de soda cáustica.
- Enjuague.

Todas estas etapas se realizan a temperatura de esterilización.

B. CIP. Comprende las secuencias de pre-enjuagado, limpieza con soda, enjuagado con agua caliente, limpieza con un agente ácido, y un enjuagado final. Todo controlado automáticamente de acuerdo con un programa pre-establecido de temperaturas y tiempos.

- Limpieza de equipos de la línea de arequipe: la limpieza química se realiza con ácido nítrico al 1% e hidróxido de sodio al 1%, a una temperatura promedio de 85°C, con enjuagues intermedios de agua. Cada uno de los agentes circula por el equipo de 20 a 30 minutos, y además se realizan los siguientes con agua

**Recibo de leche:** Es importante resaltar que, en el proceso de elaboración de los diferentes productos lácteos y sus derivados todos, a excepción de la bebida cítrica MAMBO, inician con la recepción de la leche como materia prima, en la plataforma destinada para tal fin, donde se realizan además, diferentes pruebas para determinar la calidad y frescura de la leche que llega de diferentes sectores de los departamentos de Cauca y Nariño.

La leche es transportada en tanques cisternas o en camiones con cantinas, para ser entregada en la plataforma ya mencionada. En este momento, se procede a la realización de pruebas. Posteriormente se toman muestras aleatorias para enviarlas al laboratorio con el fin de efectuar ensayos de calidad, de acuerdo a la programación que se tenga. Entre ellos se tienen, los siguientes: sedimentos, grasas, acidez cualitativa, sólidos totales, sólidos no grasos, neutralizantes, formaldehídos, peróxidos, azúcares y examen organoléptico

Una vez que ha concluido la descarga de la leche, se lava el interior de los tanqueros, fase que tiene 3 etapas:

1. Enjuague con agua fría a presión usando manguera.
2. Lavado manual con detergente proquim al 5 % y escobillón, para lo cual el operador se introduce en el tanquero.
3. Enjuague final.

### **3.2 Aguas residuales en el área de producción de la empresa**

Todos y cada uno de los procesos efectuados para las distintas líneas de producción, implican la generación de aguas que por sus características, son consideradas residuales, es decir, aquellas que resultan del accionar en las procesadoras de lácteos. Son de una composición muy variable, debido a la diversidad de productos que se procesan y los métodos de producción que se aplican. Fue así, como a partir del proceso de observación realizado en las áreas de producción en sus diferentes etapas bajo las cuales

se logra el producto, se realizó la identificación de las principales fuentes generadoras y su caracterización.

### **3.2.1 Efluentes del proceso de producción.**

El origen de los residuos líquidos de una planta son:

- Aguas de enfriamiento y condensación: son aguas limpias, cuyo contaminante es en la mayoría de los casos la temperatura.
- Aguas por lubricación de equipos: El riesgo de contaminación que presenta esta agua es cuando se daña algún empaque y el agua tiene contacto con la leche.
- Aguas de proceso contaminadas por la leche o por algunos de sus componentes.
- Residuos producto del lavado, pérdidas, purificación. Se contaminan además por las soluciones alcalinas, ácidas y o desinfectantes empleadas.
- Residuos sanitarios.

Algunos de estos efluentes se clasifican y caracterizan en la Tabla 2.

### **3.3 Revisión de procedimientos y observaciones de las líneas de producción**

Teniendo en cuenta que tanto el desperdicio de agua, como la carga contaminante son dos de los aspectos relevantes dentro de la gestión ambiental de la empresa, tendientes a solucionarse con inmediatez, bajo la intervención especializada, se realizan las visitas programada para la revisión y evaluación de dichos aspectos.



Tabla 2 Caracterización de los efluentes en el proceso productivo.

PROCESO	DESECHO	ETAPA EN QUE SE PRODUCE	DISPOSICIÓN	OBSERVACIONES
RECIBO DE LECHE	Agua contaminada con leche, detergente y agentes químicos	Lavado de cantinas, vehículos y cisternas	Evacuada hacia una canaleta de conducción hacia la PTAR	Debido a que se lava la parte externa de los vehículos de transporte, en repetidas ocasiones se presenta material lodoso en el agua residual
LECHE PASTEURIZADA	Agua de enfriamiento y lubricación	homogeneizador y clarificadora	Evacuada hacia una canaleta de conducción hacia la PTAR	Agua no contaminada y con características fisicoquímicas normales
	Mezcla de líquido y vapor	Pasteurización	Evacuada hacia una canaleta de conducción hacia la PTAR	Agua no contaminada y con características fisicoquímicas normales y alta temperatura
LECHE LARGA VIDA	Agua de enfriamiento y lubricación	Homogeneización	Evacuada hacia una canaleta de conducción hacia la PTAR	Agua no contaminada y con características fisicoquímicas normales
	Mezcla de líquido y vapor	Esterilización y producción (intercambiador de placas y tanque de balance)	Evacuada hacia una canaleta de conducción hacia la PTAR	Agua no contaminada y con características fisicoquímicas normales y alta temperatura
	Agua contaminada con restos de producto y agentes químicos	Limpieza y enjuague CIP	Evacuada hacia una canaleta de conducción hacia la PTAR	Al final del enjuague se presenta agua con buenas características fisicoquímicas

PROCESO	DESECHO	ETAPA EN QUE SE PRODUCE	DISPOSICIÓN	OBSERVACIONES
AREQUIPE	Mezcla de líquido y vapor	Evaporación	Evacuada hacia una canaleta de conducción hacia la PTAR	Agua no contaminada y con características fisicoquímicas normales y alta temperatura
	Agua de enfriamiento y lubricación	Homogeneizador y bombas de alimentación	Evacuada hacia una canaleta de conducción hacia la PTAR	Agua no contaminada y con características fisicoquímicas normales y alta temperatura
SALA LAVADO DE CANASTAS	Agua con restos de producto y detergente	Primera etapa de lavado	Evacuada hacia una canaleta de conducción hacia la PTAR	
	Agua de enjuagado	última etapa de lavado (enjuague final)	Evacuada hacia una canaleta de conducción hacia la PTAR	Agua con mínima contaminación, se puede utilizar en otros procesos.
LIMPIEZA DE INSTALACIONES	Partículas de arena y polvo Restos de componentes orgánicos de la leche (grasa, proteínas, sales minerales).	Preparación para las etapas de producción	Evacuada hacia una canaleta de conducción hacia la PTAR	Agua con agentes químicos

Fuente: Propia del estudio.

La primera intervención se dirigió hacia lo relacionado con el desperdicio de agua en la planta de producción, observando las condiciones de operación y funcionamiento de los equipos así como los procesos de lavado en las diferentes líneas de producción. Esto fue posible teniendo en cuenta los postulados que contiene la GUÍA DE AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Durante las visitas a la planta de producción se hizo evidente que dentro de las áreas más críticas de consumo y desperdicio de agua se encuentran la línea de leche pasteurizada, la línea de productos de UHT y la de arequipe. La mayor cantidad de agua que se consume durante la operación de estos equipos es usada como líquido en la lubricación de los pistones o de calentamiento en los procesos de transferencia de calor, por lo tanto, el agua que sale del proceso es limpia y adecuada para su aprovechamiento.

Existen otras áreas críticas en la planta de producción, como resultado de las constantes pérdidas de agua, muy relacionadas con los lavados de diferentes equipos y materiales, pues generalmente las mangueras permanecen abiertas sin necesidad de ello. Es el caso concreto, del lavado de cantinas, cisternas y canastas. Este problema incide en la situación ambiental de la empresa, si se tiene en cuenta la ausencia de una infraestructura básica que permita lograr desde la tecnificación actualizada, mecanismos que faciliten la determinación exacta de la información necesaria para poder planear acciones acertadas respecto a la problemática del caso.

La segunda intervención, involucra lo referente a la contaminación del agua, en particular dos situaciones: una, grasas y la otra, las cargas contaminantes. Para ello, se tomaron muestras de los afluentes de agua residual en las canaletas de conducción

y se evaluaron por medio de pruebas fisicoquímicas para determinar cuales eran las áreas de mayor contaminación de agua

### 3.3.1 Desperdicio de Agua

Para realizar esta cuantificación se llevó a cabo aforos en las tuberías de salida de agua de cada uno de los equipos elegidos para tal fin. La selección de éstos se realizó después de observar el funcionamiento de cada uno durante los procesos de producción y se escogían de acuerdo a las facilidades que ofrecían para llevar a cabo los aforos. Las mediciones se realizaban cada 15 minutos y se tomaban en promedio 5 muestras por equipo y se calculaba el caudal promedio de los datos obtenidos. Esta actividad se realizó durante 3 semanas en las áreas críticas de consumo, es decir, donde se observa que presentan los mayores índices de desperdicio de agua. Esto, con el fin de determinar la cantidad de agua, que, aunque posee buenas características fisicoquímicas y organolépticas, es desperdiciada y llevada hacia la planta de Tratamiento de aguas residuales. Las tablas de registro de los aforos se pueden observar en el apéndice 1 y los resultados finales se encuentran condensados en la tabla 3.

Tabla 3. Resumen de los resultados obtenidos en los aforos para cada línea de producción

LINEA DE PRODUCCION	ETAPA	PROMEDIO CAUDAL AGUA (L/h)	PROMEDIO VOLUMEN DE AGUA (L)	VOLUMEN TOTAL DE AGUA EN LA LINEA DE PRODUCCIÓN (L)
LECHE ULTRAPASTEURIZADA	Preparación	4288,12	11271,41	25819,67
	Producción	1818,53	14548,26	
LECHE PASTEURIZADA	Preparación	294,37	945,43	12795,37
	Pasteurización	1926,88	3211,47	
	Termización	2941,19	8304,55	
	Recirculación de agua	205,23	333,91	
AREQUIPE	Producción	1559,87	10919,11	10919,11

Fuente: Propia del estudio

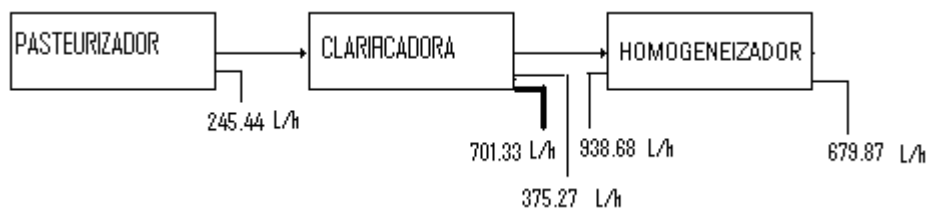
• **Resultados en la Línea de Pasteurización:**

1. Preparación del sistema: según los procedimientos que se llevan a cabo en la empresa, la etapa de preparación del sistema para la producción de leche pasteurizada incluye los siguientes procesos: el calentamiento del agua, esterilización de los equipos y el drenado de agua cloro y posterior enjuague. Se debe tener en cuenta que el orden de los procesos anteriormente nombrados pueden variar si durante el día es programado inicialmente el proceso de termización o el proceso de pasteurización.

Para establecer el caudal promedio durante la etapa de preparación del equipo, se tuvo en cuenta que el sistema no opera de forma continua y no hay entrada de leche, por lo tanto el caudal que se obtiene para cada uno de las fases que conforman esta etapa se multiplica por su durabilidad y los resultados se suman para luego dividir lo obtenido por el tiempo total que dura esta etapa.

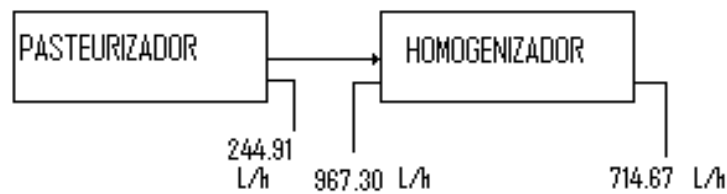
2. Producción: Esta fase incluye dos procesos termización y pasteurización

Figura 7 flujos de agua que salen en la etapa de termización.



Fuente: Propia del estudio

Figura 8 Flujos de agua que salen en la etapa de pasteurización



En las etapas de pasteurización y Termización el sistema trabaja en forma continua y la suma del caudal del primero, segundo y/o tercer equipo me da el caudal total de agua que esta saliendo en cada uno de estos procesos. Si se sabe cuantas horas trabajó el sistema, ese será el mismo tiempo que trabajan los equipos durante el proceso o viceversa, por lo tanto el total de agua aportado se calcula tomando el caudal obtenido de este proceso y multiplicándolo por el tiempo de duración que se registra del proceso.

Cuando el sistema de pasteurización este trabajando de forma continua, independiente de la etapa que se ejecute o de la cantidad de leche que se procese, el pasteurizador desperdicia un caudal de agua en promedio de 245.27 L/h y el homogeneizador en promedio 1650.26 L/h.

3. Recirculación de agua: En esta etapa no se procesa leche. Ocurre cuando se ha agotado el abastecimiento de leche y para no reiniciar el sistema se dispone a circular agua.

- **Resultados en la Línea UHT:**

1. Preparación del sistema: esta etapa esta conformada por tres fases: esterilización, enfriamiento y circulación de agua estéril cada una con una duración de 45, 10 y 30 minutos respectivamente. Al multiplicar estos valores por el correspondiente caudal de

salida de agua y finalmente sumar cada resultado se tendrá la cantidad total que se desperdicia en esta etapa.

2. Producción: En esta etapa, el proceso se lleva a cabo de forma continua, y el caudal de agua que se desperdicia es la suma de caudales de cada equipo aforado: El tiempo que dure la producción dependerá de la cantidad de leche que se procese, por lo tanto ese valor se multiplica por el caudal promedio de salida así se obtiene la cantidad de agua que sale durante el proceso, en la Tabla 3 este resultado se obtiene al multiplicar el caudal por 8 horas.

Como se puede observar en la Tabla 4 los promedios de caudal de salida en cada equipo durante la producción son altos, esto es realmente preocupante si se tiene cuenta que esta etapa tiene una larga duración durante el día. .

Tabla 4. Caudal promedio de salida en cada equipo durante la producción de la línea UHT

EQUIPO	PROMEDIO (L/h)
Intercambiador a placas	486,56
Tanque de Balance	165,21
Homogeneizador	1160,75

Fuente: propia del estudio

- **Resultados en la línea arequipe:** Esta línea no tiene procesos internos como ocurre con las dos anteriores y su durabilidad es de 7 horas, por lo tanto el caudal obtenido 1559,87 L/h se multiplica por su duración y se obtiene un total de 10919.1 L de agua que se desperdician en esta línea de producción.

## **Características fisicoquímicas**

Para realizar estas pruebas se tuvo en cuenta las muestras tomadas del agua residual de las canaletas en las horas de la mañana, momento en el que se observa mayor nivel de producción, pues son los horarios en los que preferencialmente llega la leche para ser procesada. Además del nivel apropiado para esta hora, en las mañanas los equipos reciben la preparación y el mantenimiento necesario para efectuar los procesos de producción.

En horas de la mañana se tomaba la muestra y en horas de la tarde era llevada al laboratorio para determinar el pH, la DBO<sub>5</sub>, la DQO y el contenido de Ácidos grasos. Las muestras fueron tomadas en un sifón cercano a la trampa de grasas, donde precisamente convergen los desagües de las aguas procedentes de las diversas áreas de producción.

El efluente líquido de la industria láctea presenta como principales contaminantes aceites y grasas, sólidos suspendidos, DQO y DBO<sub>5</sub>. El azúcar constituyente de la leche denominada lactosa es uno de los principales aportantes a la DBO<sub>5</sub> en los procesos productivos.

Como se puede observar en la Tabla 5, a pesar de la alta concentración de ácidos grasos en las aguas residuales de la planta, el valor de pH es casi neutro, esto se debe a la soda cáustica utilizada en el lavado de equipos.

Tabla 5. Resultados obtenidos de las pruebas fisicoquímicas realizadas a las aguas residuales de producción



PUNTO DE CAPTACION	pH	ACIDOS GRASOS (mg/L acido acético)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	DQO (mg/L)
Entrada a la PTAR	7.8	494.82	830	1275
Agua residual proveniente de la línea de producción de UHT, mantequilla, arequipe y lavado de carrotanques	7.81	375	470	800
Agua proveniente de lavado de cantinas y canastas y área de pasteurización	7.97	337	1190	1960
Agua proveniente del cuarto de maquinas y calderas	6.0	417	510	940

Fuente: propia del estudio.

Las pruebas de ácidos grasos dieron resultados bastante altos, como era lo esperado, debido al alto contenido de grasa que tiene la leche (de 25 gr a un máx. de 30 gr de materia grasa por litro de leche). Lo que mas llama la atención es el valor tan alto que arroja la prueba de ácidos grasos en el agua proveniente del cuarto de máquinas, esto se debe, a que constantemente se presentan derrames de aceite y ACPM en esta área como se puede comprobar en las fotografías del apéndice 5.

Como se deduce del Tabla 5, los valores mas altos de DQO y DBO<sub>5</sub> se presentan en el agua proveniente de las áreas de lavado de canastas y cantinas y del área de pasteurización, esto se debe a diferentes razones entre las que se tiene:

1. Las continuas operaciones de limpieza que se llevan a cabo, pues el proceso de lavado de cantinas se realiza durante casi todo el día de trabajo pues en estos utensilios se transporta la mayoría de leche que se recibe.

2. Las canastas son elementos vitales para el transporte interno de productos lácteos así como de diferentes implementos que se utilizan durante los procesos productivos, por lo tanto se usan constantemente en la planta resultando que con frecuencia se estén efectuando operaciones de limpieza y desinfección de estos elementos

3. Debido a que el proceso de pasteurización no se lleva a cabo de forma automatizada y los equipos que conforman esta línea tienen ya bastantes años de operación y funcionamiento, es común que se presenten más derrames y fugas de leche durante la producción, en comparación con el proceso de UHT que es completamente automatizado y lleva pocos años de operación en la planta.

### **3.4 Alternativas de manejo**

Se formulan alternativas de manejo y disposición, pertinentes, incluyendo su evaluación técnica y económica, en la cual se tendrán en cuenta elementos como equipos necesarios, la relación costo beneficio de cada una de ellas, para proponer, finalmente el plan de manejo que brinde oportunidades de conservación de agua, mayor control de las aguas residuales y reducción de los costos de su tratamiento.

Lo anterior, dado que las actividades involucradas en un Plan de manejo de aguas residuales son aquellas tendientes a evitar la generación de cargas hidráulicas y contaminantes, más allá de lo estrictamente indispensable; por lo tanto, guardan relación con la conservación de agua y la optimización de los procesos y operaciones. Es así, como las estrategias a implementar para reducir los impactos ambientales,

está supeditada al nivel del problema que se pretende afrontar de acuerdo al siguiente orden:

- Minimización en el origen.
- Uso de tecnología de producción más avanzada y más limpia.
- Reuso y reciclaje internos.
- Tratamiento y disposición.

#### **3.4.1 Estrategia 1: Sensibilización de la comunidad laboral, frente a la actualidad ambiental de la empresa.**

Problemática ambiental: existencia de poca conciencia ambiental por parte de trabajadores y directivos de la empresa.

Implantación.

- Realizar campañas de sensibilización y formación ambiental para operarios.
- Editar material divulgativo y distribuirlo entre todas las dependencias de la empresa.
- Capacitaciones al personal sobre un adecuado manejo ambiental.

#### **3.4.2 Estrategia 2: Reutilización del agua proveniente de los condensados y enfriamiento de motores y equipos.**

Etapas / Operación: Operaciones auxiliares.

Problemática ambiental: El elevado consumo de agua (entre 1,3-3,2 l de agua/kg de leche procesada) que se produce en la empresa y desperdicio de agua en buenas condiciones fisicoquímicas desechada a los canales de desagüe.

Oportunidad de Prevención de la Contaminación: Recuperar las aguas de condensación generadas durante los tratamientos térmicos y las refrigeraciones. Esta agua se puede utilizar para la alimentación de las calderas si su calidad es la adecuada.

Implantación:

- Establecer la calidad de agua requerida para cada operación.
- Instalación de sistemas de recuperación de los condensados.
- Recirculación de las aguas de condensación.
- Utilización de los condensados para la alimentación de calderas.

Balance económico:

- Reducción del consumo de agua.
- Adecuación de los equipos e instalación de sistemas de recogida y recirculación de condensados.

Balance medioambiental:

- Reducción del volumen final del vertido.
- Reducción del consumo de agua.

### **3.4.3 Estrategia 3: Instalación de sistemas de cierre instantáneo en las mangueras de agua**

Etapa / Operación: Limpieza de instalaciones.

Problemática ambiental: Las operaciones de limpieza consumen entre un 25-40% del agua consumida en la empresa láctea.

Oportunidad de Prevención de la Contaminación: Instalar boquillas o pistolas de cierre automático en las mangueras de agua empleadas en la limpieza.

Implantación:

- Instalación de sistemas de cierre automático en las mangueras de agua.

Balance económico:

- Reducción del gasto en agua.
- Coste de los dispositivos de cierre automático.

Balance ambiental:

- Menor consumo de agua.
- Reducción del volumen final del vertido.

#### **3.4.4 Estrategia 4: Recuperación de las soluciones de limpieza**

Etapa / Operación: Limpieza de instalaciones.

Problemática medioambiental: Vertidos puntuales de las soluciones de limpieza (ácidos, básicos, desinfectantes) con elevada concentración contaminante.

Oportunidad de Prevención de la Contaminación: La utilización de algún sistema de recuperación de soluciones de limpieza para evitar el vertido de productos químicos que puedan seguir utilizándose.

Implantación:

- Equipos de recuperación de soluciones (sistemas de filtración)
- Personal cualificado.
- Instalación de sistemas de recuperación de soluciones químicas de limpieza
- Procedimientos de operación.

Balance económico:

- Reducción del consumo de soluciones de limpieza.
- Reducción del coste de tratamiento del vertido final.
- Reducción del consumo de agua.
- Aumento del gasto energético.
- Costes de los equipos.
- Coste de mantenimiento de los equipos de filtración de soluciones.
- Costes de formación del personal.

Balance ambiental:

- Reducción del volumen final del vertido.
- Reducción del consumo de agua.
- Reducción de la carga contaminante del vertido.-
- Aumento del consumo energético.

**3.4.5 Estrategia 5: Disminución de la carga orgánica del sistema de tratamiento de aguas residuales.**

Problemática ambiental: los derrames y pérdidas de ACPM Y aceites que se evacuan junto con las aguas residuales de la empresa aumentan el volumen y carga

contaminante, especialmente la carga orgánica del vertido e inhibe la acción bacteriana del sistema de tratamiento.

Oportunidad de Prevención de la Contaminación: Implantar los mecanismos de control para reducir las pérdidas de ACPM y aceites tanto en la recepción como en su almacenamiento y las fugas en conducciones, bombas y equipos.

Implantación:

- Establecer procedimientos de operación en aquellas operaciones con mayor riesgo de derrames y pérdidas.
- Realizar un mantenimiento preventivo de los equipos e instalaciones.
- Segregar los derrames de ACPM y aceite del resto de vertidos líquidos.
- Implantar sistemas de control.

Balance económico:

- Menos pérdidas de materia prima.
- Reducción del coste de depuración del vertido final.
- Coste de los dispositivos de cierre y control.

Balance ambiental:

- Reducción del volumen final del vertido.
- Reducción de la carga contaminante del vertido.
- Disminución de la carga orgánica (disminución de los valores de DQO y DBO, y grasas).

### 3.4.6 Viabilidad de procedimientos

Todas y cada una de las estrategias aquí propuestas, son junto a las acciones, consideradas viables desde la diversidad del procedimiento. Por ello, es importante describir la viabilidad anunciada, para cada caso.

ESTRATEGIA 1: Sensibilización de la comunidad laboral, frente a la actualidad ambiental de la empresa.

La comunidad laboral, única receptora del accionar de la empresa, es la llamada a conocer la realidad de los distintos entornos. Al implicar a los trabajadores en las medidas de mejora ambiental, no sólo se logran soluciones técnicas como la reducción del consumo de agua; además se promueve la concientización ambiental en el personal y se genera mejoras en el uso del agua. La implementación de esta estrategia tiene un costo aproximado de \$5.000.000 de pesos como se muestra en la Tabla 6, que se recuperará en un plazo de 18 meses de acuerdo con el ahorro del 5% que se estima en el consumo mensual de agua que equivale a \$265.000 (valor obtenido con el precio actual por metro cúbico de agua) y una disminución del 10% de la DQO .

Tabla 6. Presupuesto estrategia 1

<b>Inversión inicial fija (2007)</b>	
Folletos "buenas practicas ambientales"	\$ 500.000
Letreros	\$ 300.000
Salario capacitador	\$ 3.400.000
Suministros de oficina	\$ 300.000
<b>Total</b>	<b>\$ 4.500.000</b>

ESTRATEGIA 2: Reutilización del agua proveniente de los condensados y del enfriamiento de motores y equipos.



Debido a que el desperdicio de agua es uno de los problemas que más afectan el alto consumo de agua en la empresa, es indispensable que se planteen estrategias para su reducción y se pongan en práctica lo más rápido posible.

Para la aplicación de esta estrategia se propone el diseño de un sistema que permita reducir el gasto de agua. Se trata de un sistema de tubería que conduzca el agua por gravedad hacia un tanque de succión o bombeo que se encuentra enterrado, desde donde será transportada hacia un tanque de almacenamiento para su posterior uso como agua de operación de calderas. Se escoge esta alternativa de reuso para esta agua pues según las pruebas realizadas (Apéndice 1) presenta buenas características fisicoquímicas y su contenido de carbonatos y sulfatos es bajo, condiciones básicas del agua de calderas.

En la Tabla 7 se hace un resumen de costos de los materiales necesarios para la construcción de la tubería de acuerdo al valor actual del mercado.

Tabla 7 Presupuesto estrategia 2

<b>Inversión inicial previa</b>		
<b>Activos fijos</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Tubería PVC 1 pulgada (tubo 6m)	\$ 10. 000	\$ 55.000
Tubería PVC 1,5 pulgada (tubo 6m)	\$ 15.000	\$ 179.975
Tubería PVC 3 pulgadas (tubo 6m)	\$ 30.000	\$ 60.000
Codos 90° 1 pulgada PVC	\$ 1.000	\$ 11.000
Codos 90° 3 pulgadas PVC	\$ 19.300	\$ 77.200
Bomba centrifuga	\$ 500.0000	\$ 5.200.000
Tanque de succión o regulador de 1m <sup>3</sup>	\$ 285.000	\$ 285.000
Tanque de almacenamiento de 20 m <sup>3</sup>	\$ 1.200.000	\$ 1.200.000
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 7.068.175</b>

Fuente: propia del estudio

Como se deduce, si al total obtenido en materiales se le suma la mano de obra que tiene un valor aproximado de \$ 5.500.000, el costo inicial de inversión sería alrededor de \$ 12.568.175 de pesos.

Si se supone que la ejecución de esta estrategia se lleve a cabo para el año 2008, se determina los costos de operación a partir de este año.

De acuerdo a las características de la bomba (apéndice 3), en la Tabla 8 se determina el consumo de energía y se hace un estimado del costo de funcionamiento.

Tabla 8. Consumo de energía y costo de funcionamiento anual de la bomba año 2008

<b>Consumo de bomba al año (2008)</b>	
Potencia de la bomba (HP)	0,3200
Potencia en KW	0,2387
Horas de funcionamiento diario	10
Días de funcionamiento al año	313
Consumo diario energía (KW-h)	2,3872
Consumo anual de energía (KW-h)	747,1936
Costo del KW-h 2008	\$ 366,92
<b>Costo de funcionamiento anual (2008)</b>	<b>\$ 274.160,57</b>

El costo del KW-h en el 2008 se calculó con el precio del KW-h del 2007 (\$ 351,12) multiplicado por la inflación promedio establecida para el año 2008 (4,5%). Aplicando los cálculos para los siguientes 5 años el costo de operación de la bomba para cada año sería como el que se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Costo de operación de la bomba para los siguientes 5 años.

	<b>Año</b>				
	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
Costo operación anual de la bomba	\$ 286.498	\$ 299.390	\$ 312.863	\$ 326.942	\$ 341.654

Tomando en cuenta los datos obtenidos anteriormente el costo total de esta estrategia en el año 2008 sería alrededor de \$ 12.842.335,57.

En la Tabla 10 se hace un promedio del consumo mensual de agua en la empresa y se calcula su costo total.

Tabla 10. Consumo mensual de agua en la empresa

<b>concepto</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Promedio</b>
Consumo en metros cúbicos	6853	6449	7143	6815
Precio por metro cúbico	773,1	773,1	773,1	
Valor total consumo	\$5.298.054	\$4.985.722	\$5.522.253	\$ 5.268.677

Fuente: Propia del estudio.

Los datos suministrados por la empresa, dejan entrever que el consumo diario de agua que se registra para la operación de calderas es en promedio 14 m<sup>3</sup>, es decir un total mensual de 420 m<sup>3</sup>, lo cual representa un 7% del total del agua que se consume en la planta. Así mismo, los datos obtenidos en los aforos realizados, indican la cantidad de agua que se desperdicia diariamente, proveniente de condensados y enfriamientos de equipos, que es aproximadamente 45.37 m<sup>3</sup>, por lo tanto si se utiliza esta cantidad de agua en la operación de calderas se aseguraría el abastecimiento y a su vez se generaría una disminución del 7% mensual en el consumo de agua, lo cual hace que se produzca un gran ahorro para la empresa.

Si se toma en cuenta, el precio actual por metro cúbico de agua que cobra el acueducto a la planta y se estima su precio al año 2008 es decir \$ 807,89 (según inflación de 4.5%), el ahorro anual generado del 7% por la reutilización del agua es de

\$ 4.624.844,23, pesos aplicando este cálculo en los siguientes 5 años, el ahorro que resulta sería el que se muestra en la Tabla 11

Tabla 11. Ahorro anual de agua

<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
\$ 4.832.962	\$ 5.050.446	\$ 5.277.716	\$ 5.515.213	\$ 5.763.397

Tomando en cuenta los datos obtenidos de inversión inicial, costos de operación y ahorro anual de agua se puede concluir que el costo total de esta estrategia se recupera en un plazo aproximado de 27 meses.

**ESTRATEGIA 3:** Instalación de sistemas de cierre instantáneo en las mangueras de agua

El agua llega a las zonas de limpieza mediante mangueras permitiendo así abarcar un mayor número de superficies a limpiar. De esta forma la apertura y cierre de la corriente de agua depende directamente de los operarios.

Durante el cambio de operación o al trasladarse de una zona a otra, las mangueras pueden quedar abiertas, con la consiguiente pérdida de agua. Esta situación puede evitarse mediante la instalación de dispositivos de cierre instantáneo al final de las mangueras que evitan la salida de agua cuando el operario no está presionando el dispositivo de apertura.

El menor consumo de agua se ve reflejado también en una menor generación de aguas residuales. Con estos sistemas se estima que se pueden llegar a alcanzar

reducciones de hasta el 15% del volumen de agua consumido en las operaciones de limpieza y generaría un ahorro de \$ 790.302 pesos mensualmente (valor obtenido con el precio actual por metro cúbico de agua \$773.1).

Es importante resaltar que, para la aplicación de esta estrategia es indispensable, que el operario sea cuidadoso con la manipulación de los elementos de cierre y que el jefe de planta esté supervisando continuamente su estado, pues hace unos años, se intentó aplicar en la planta esta estrategia pero no dio resultado debido al poco cuidado que el personal encargado brindaba a este tipo de elementos.

#### ESTRATEGIA 4: Recuperación de las soluciones de limpieza

La cantidad de productos de limpieza empleados en la industria láctea es elevada, estimándose que por cada tonelada de leche elaborada se usan de 1 a 4kg de soluciones de limpieza que se eliminan una vez agotadas. (Alejandro Held, 1995). La utilización de técnicas de recuperación de estas soluciones permite que éstas puedan ser reutilizadas y por tanto disminuir su consumo.

El proceso de limpieza CIP en la línea de UHT se ejecuta en dos ciclos de lavado. Según lo observado, las soluciones resultantes del primer ciclo llevan consigo a la salida muchos residuos y agentes contaminantes microbiológicos lo cual dificulta que se generen oportunidades de reuso; sin embargo las soluciones utilizadas durante el segundo ciclo, dan muestras de buena calidad y un mínimo arrastre de residuos, lo cual permite que se puedan reutilizar, por lo tanto, si se diseña un sistema que facilite el almacenamiento de estas soluciones se puede hacer un reuso en otras operaciones como por ejemplo en el lavado de los equipos durante el primer ciclo de la limpieza CIP.

Es necesario tener en cuenta que durante el almacenamiento de estas soluciones, se deben presentar condiciones ambientales y técnicas adecuadas pues son susceptibles a cualquier tipo de contaminación, por ejemplo se debe procurar que las soluciones se encuentren a temperatura ambiente y alejadas de los rayos solares. Afortunadamente, la planta actualmente posee un tanque de 9000 L en acero inoxidable, al cual no se le está dando ningún uso, y que cumple con los requerimientos técnicos necesarios para el almacenamiento de una de las soluciones químicas.

El ahorro que produciría a la empresa la reutilización de las soluciones provenientes del segundo ciclo de la limpieza CIP, se calcula de la siguiente forma:

Tabla 12. Cantidades utilizadas en la preparación de soluciones en los ciclos de lavado

INSUMO	SODA	ÁCIDO	AGUA
CANTIDAD	74 L	70 L	3000 L

Fuente: propia del estudio

Se aclara que para preparar las soluciones tanto de ácido como de soda se utiliza la misma cantidad de agua en cada una. Como se deduce de la Tabla 12, las concentraciones iniciales de las soluciones de ácido y soda son: 2,3% y 2,5% respectivamente.

Según los resultados de los análisis registrados en el laboratorio de la empresa a las soluciones después del segundo ciclo de lavado, las concentraciones finales oscilan entre 1,5% a 2% para la solución de soda siendo el resultado mas común 1,9 % y entre 1% a 1,5% la de ácido resultando comúnmente 1,4%, por lo tanto solo se

necesita añadir 0,8% de ácido y 0,4% de soda para completar la concentración que se utiliza en los lavados, lo cual generaría un ahorro diario de \$40.500 pesos en la utilización de ácido y de \$65.000 pesos en la de soda para el primer ciclo de limpieza CIP.

**ESTRATEGIA 5:** Disminución de la carga orgánica del sistema de tratamiento de aguas residuales por medio del control de derrames de aceite y ACPM.

En muchas ocasiones durante la manipulación de ACPM los operarios no tienen suficiente cuidado y se producen derrames de esta sustancia. Actualmente este problema se ha venido solucionando arrojando aserrín sobre el área donde se ha producido el derrame, sin embargo esto no es suficiente pues, aun así llegan cantidades significativas a la planta de tratamiento de aguas lo cual hace que baje considerablemente la calidad del tratamiento que se le da al agua y se generen problemas operativos, pues esta sustancia inhibe el crecimiento y la actividad del tratamiento aeróbico.

Todos los derrames que se presentan en la empresa tanto de ACPM como de aceite en los equipos, han demostrado el descuido por parte de los operarios en la manipulación de estas sustancias y la falta de orden y de elementos de control que se presenta dentro de la empresa, con respecto al manejo de estas sustancias, por ejemplo en el departamento de calidad no existen documentos en donde se muestre claramente los procedimientos a seguir con respecto al manejo adecuado de estas sustancias, ni documentos escritos que digan que hacer en caso de derrames.

Si se presentan los derrames, se debe destinar inmediatamente personal para la limpieza de las superficies del cuarto de máquinas así como para la limpieza de las

canaletas que transportan el agua de esta área para disminuir las cargas y así segregan estos derrames de modo que no lleguen a la planta de tratamiento.

### **3.5 Conclusiones**

- Los principales aspectos ambientales referentes al impacto del agua de la industria FRIESLAND COLOMBIA S.A tienen que ver con un elevado consumo de agua y la generación de aguas residuales con alto contenido orgánico. Es importante destacar que la cuantificación de estos aspectos puede variar entre unas instalaciones y otras en función de factores como el tamaño y antigüedad de la instalación, equipos, manejo, planes de limpieza y sensibilización de los empleados
- La calidad de vapor en el pasteurizador puede variar, pero lo que sale como condensado va a depender del caudal que se esté ingresando para el calentamiento de la leche, esta va necesitar más o menos calor dependiendo de cual va a ser la temperatura a la que esté entrando, pero en promedio la cantidad de vapor que entra es más o menos la misma estando en la etapa de terminación o estando en la etapa de pasteurización, pues la cantidad calorífica de la leche no varía significativamente.
- El sistema por el cual se lleva a cabo la producción de leche larga vida se llama Stheritem. Este, a diferencia de la línea de Pasteurización, es completamente automatizado y funciona por medio de un software que va indicando en que etapa se encuentra el equipo y la durabilidad de cada fase.



- La reutilización del agua proveniente de los condensados y del enfriamiento de motores y pistones es una muy buena estrategia que brindará beneficios ambientales y beneficios económicos pues se reduce notablemente el gasto de agua y no se desperdicia un elemento tan valioso para el ambiente.
- El agua empleada en la alimentación de las calderas no requiere condiciones higiénicas especiales, pero es necesario que la dureza y el contenido en carbonatos y sulfatos sea bajo. Si no es así se produce la formación de incrustaciones de sales en las calderas y tuberías de distribución, dificultando el intercambio de calor. Los condensados que se producen como consecuencia de la condensación del vapor en su distribución, pueden reutilizarse como alimentación de las calderas o como agua caliente en el proceso, con lo que se consigue un ahorro en el consumo de agua.

## **4 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE FRIESLAND COLOMBIA S.A**

En este aparte se presenta una evaluación de la PTAR con base en la caracterización realizada a las aguas residuales: DBO<sub>5</sub>, DQO, sólidos suspendidos y sedimentables y a datos suministrados por la empresa con respecto a los parámetros de operación, con esta información se hace un análisis del funcionamiento de la planta y se hacen observaciones y recomendaciones. Para realizar lo anterior primero se describen las características de los efluentes de aguas residuales de la empresa y el origen de cada uno y luego se evalúa el funcionamiento de cada uno de los elementos que conforman el sistema de tratamiento mostrando sus debilidades y fortalezas y a su vez se muestran los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica, tanto del afluente como del efluente en la PTAR.

### **4.1 características del agua residual tratada**

En las plantas procesadoras de lácteos, se recibe leche todos los días del año. En la mayoría de dichas plantas se trabaja de lunes a sábado. Por lo general, la leche se recibe en las primeras horas del día, y se procesa en las horas siguientes. Así pues, los residuos líquidos se producen de manera no continua a través del día, es decir llegan por tandas de caudal variable.

La variedad de productos y los métodos de producción, como se describe en el capítulo anterior, hace que las aguas residuales, de la industria láctea, tengan características muy variables, ya que según el producto que se elabore, este afecta considerablemente la carga contaminante.

Las aguas residuales en la empresa están constituidas en su mayor parte por diferentes diluciones de leche cruda, leche tratada, mantequilla y suero de derrames obligados o accidentales, restos de lavado que contienen productos químicos, alcalinos u otros, empleados para limpiar los restos de leche que quedan en los recipientes o los restos parcialmente caramelizados de depósitos, tanques, bombas, tuberías y suelos, agua de lavado de los procesos de la mantequilla, queso, arequipe, pasteurización y ultrapasteurización (UHT)

En el proceso de pasterización y ultrapasteurización y envasado de leche, el residuo está constituido por las aguas de lavado, lo cual se asemeja a una leche muy diluida, el pH variará entre ácido y alcalino, según las sustancias usadas en la limpieza de los pasteurizadores y los demás aparatos. Se emplean sustancias tales como la soda cáustica, el cloro etc., para efectuar la limpieza del equipo.

Las aguas residuales de la empresa tienen un alto contenido de materia orgánica disuelta, tienden a fermentar si se retienen, convertirse en anaeróbicas y producir un fuerte olor, por lo tanto responden muy bien a tratamientos por métodos biológicos.

Como hay amplia variación en el caudal y concentración de materias contaminantes en los vertidos es conveniente prever un tanque de igualación para hacer a las aguas residuales más uniformes antes del tratamiento. En este caso es deseable dar aireación que produce normalmente una reducción del 50% de la DBO<sub>5</sub> y elimina olores durante la conversión de la lactosa a ácido láctico.

El proceso por lodos activados ha demostrado ser un método útil para el tratamiento completo de estas aguas residuales. El sistema se basa en producir la concentración de unos lodos adaptados por medio de aireación. Los microorganismos presentes en los lodos, cuando tienen aire suficiente, oxidan los sólidos disueltos orgánicos en las aguas residuales. Los lodos en exceso se precipitan y se retornan posteriormente a la unidad de aireación.

#### **4.2 Descripción del sistema de tratamiento para aguas residuales**

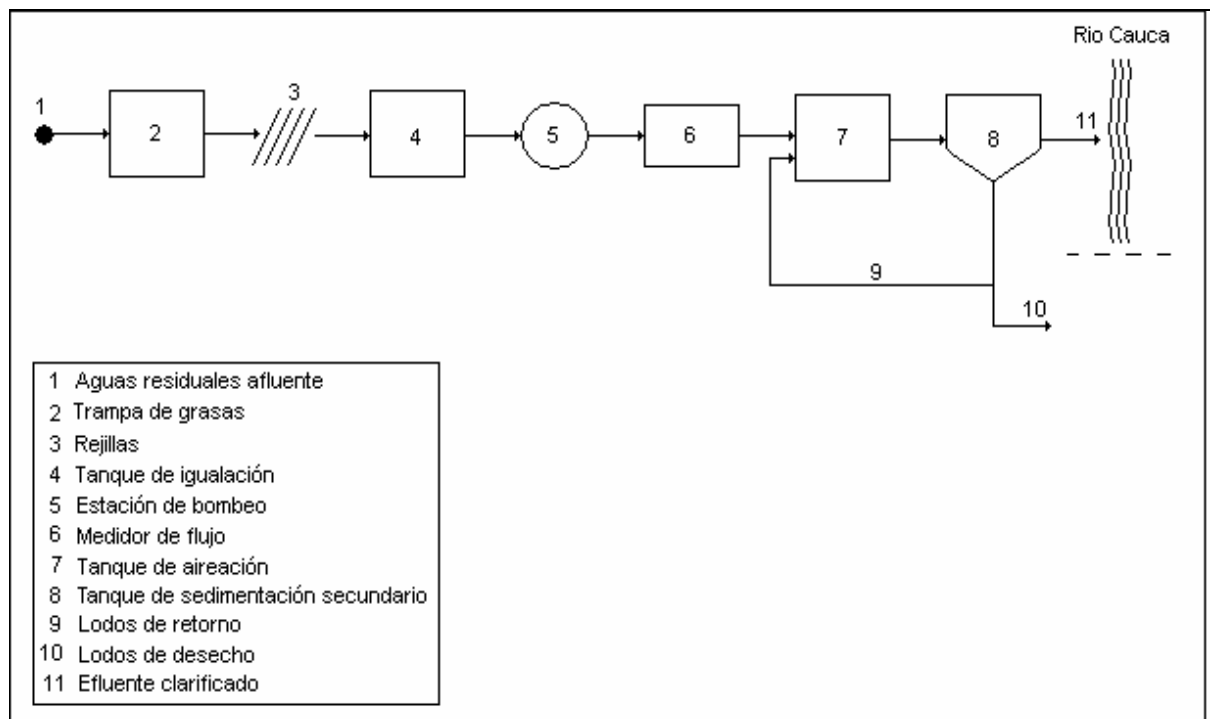
De acuerdo a las instalaciones y unidades del diseño de la PTAR, el sistema opera como un proceso convencional de lodos activado con una carga de diseño de 0,60 kilogramos de DBO<sub>5</sub> por kilogramo de sólidos suspendidos por día y una concentración de sólidos suspendidos en el licor mixto entre 1.500 – 4.000 mg/l. Las unidades que componen el sistema de tratamiento son:

Trampa de grasas: Es un depósito dispuesto de tal manera que la grasa flotante ascienda y permanezca en la superficie del agua residual hasta que se evacuen manualmente con un recogedor mango largo. El canal para separar la grasa no se ha instalado. El líquido sale del tanque en forma continua mediante un orificio ubicado por debajo de los muros de la trampa.

Estructura de derivación. El objetivo es derivar el caudal ordinario de las aguas residuales a la planta de tratamiento. Posee un vertedero frontal; un conducto de derivación que transporta el agua a tratar y un conducto de fuga, que conduce los excesos de agua que se ocasionan con la lluvia. En esta estructura está ubicada la rejilla de separación que retiene los sólidos mayores a 2 cm., que protege la tubería de derivación de objetos que puedan causar su obstrucción parcial o total.

Tanque de regulación o igualación. La función de este tanque es absorber los picos del caudal que se presentan, permitiendo que a la planta llegue un caudal mas o menos constante, sedimentar algunas partículas más grandes, además de regular el pH del ácido y la base que utilizan como desinfectantes en la limpieza de equipos. El volumen efectivo del tanque es de 25,92 m<sup>3</sup>.

Figura 9 Planta de tratamiento de aguas residuales de Friesland Colombia S.A.



Tanque aireador o reactor. El reactor tiene una capacidad para tratar 165,2 m<sup>3</sup> de aguas residuales industriales y domésticas. El aireador de tipo superficial empleado en la planta de tratamiento, fue diseñado por personal de Friesland Colombia S.A y ensamblado en la ciudad de Popayán. Las especificaciones técnicas: 15 HP de potencia, 1730 revoluciones por minuto, 13 KW.

Clarificador secundario: su capacidad es de 62,08 m<sup>3</sup>, de sección rectangular con fondo de pirámide semitrunca para la acumulación de lodo que sedimenta. Posee una canaleta de entrada con orificios de fondo para distribuir uniformemente el flujo y una canaleta de salida con vertedero a todo lo ancho del sedimentador. El efluente final de descargado al río Cauca. El tanque posee un área superficial de 36.34 m<sup>2</sup> , una carga superficial promedio de 17.3 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>\*dia y presenta una velocidad de sedimentación de 0.014 m/min.

Sistema de recirculación de lodos: Parte del lodo que se acumula en el sedimentador es recirculado al tanque de aireación y otra parte es purgado. Para esto se ha dispuesto una bomba sumergible en el sedimentador. La tubería de impulsión es de PVC de 4 pulgadas; en esta se encuentran ubicadas válvulas y purga de lodo en exceso.

Purga de lodos: Para mantener un nivel constante de SSLM y una edad de lodos del sistema es preciso eliminar cierta cantidad de lodo activado, la frecuencia de purga es diaria, lo que produce una edad de lodos baja. El líquido purgado se evacua al os lechos de secado que no se encuentran en funcionamiento.

## **4.2 Caracterización preliminar**

En la Tabla 13 se presentan los resultados obtenidos durante la caracterización de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 13. Resultados de la caracterización realizada a la PTAR

Parámetro	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
DBO <sub>5</sub> AFL	858	1195	960,4	959	842	1160
DBO <sub>5</sub> EFL	154	165.3	106.9	242	155	293
DQO ALF	1008	1792	1112	1248	1276	1652
DQO EFL	216	328	187	287	281	336
pH AFL	8,8	9,4	7,72	7,23	8,64	9,24
pH EFL	7,16	7,21	6,82	7,01	7,1	7,39
SSA	280	295	222	260	165	290
SSE	310	250	178	242	195	165
S.sed (mg/l)	250	250	250	280	270	800
SSLM	2830	3210	3080	2996	3050	3220
SSVLM	2650	2920	2805	2560	2532	2970
SSLR	6320	5860	6550	6430	6470	6485
SSVLR	5630	5250	5810	5660	5486	5382

Tabla 14. Concentraciones de Oxígeno disuelto en el tanque aireador

OD (mg/L) FONDO	OD (mg/L) MEDIO	OD (mg/L) SUPERFICIE
0,2	0,6	0,8

Fuente: archivo de la empresa año 2006

Tabla 15. Porcentajes de remoción entre el afluente y el efluente

Parámetro	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
DBO <sub>5</sub>	82	86	88	75	82	75
DQO	78,57	81,69	79	77	81	78
AGV						33,11
S.S	-10.7	15,25	19,82	6,92	36.5	-15.2

Fuente: Propia del estudio

Tabla 16. Parámetros operativos

Parámetro	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Q (m <sup>3</sup> /día)	290	310	280	285	290	320
Qr	72,72	77,74	70,2	71,47	72,72	80,25
Qp	13,34	15,76	13,68	12,82	13,08	15,64
Cvol (kg/m <sup>3</sup> *d)	1,25	1,87	1,31	1,38	1,23	1,87
F/M	0,44	0,58	0,42	0,46	0,40	0,58
IVL	88,34	77,88	81,17	93,46	88,52	248,45
Θ (días)	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Th (días)	0,68	0,64	0,73	0,70	0,68	0,62

Fuente: propia del estudio

Las convenciones utilizadas en este capítulo se explican en el Apéndice 4

### 4.3 Análisis de datos

Los resultados de la Tabla 13 muestran un alto contenido en materia orgánica, esto era de esperarse debido a la presencia de los componentes de la leche y los vertidos de grasas y crudo. Los valores de DQO se encuentran entre el rango normal pues la DQO media de las aguas residuales de una industria láctea se encuentra entre 1.000-6.000 mg DQO/L.<sup>1</sup>

Al realizar los lavados de los equipos en producción con ácido nítrico y con hidróxido de sodio, se producen variaciones en el pH del afluente, sin embargo, como se

---

<sup>1</sup> AINIA. *Guías Tecnológicas. Directiva 96/61 relativa a la prevención y control integrados de la contaminación. Sector Agroalimentario. Madrid*



muestra en la Tabla 13, la capacidad amortiguadora del reactor es buena, pues mantiene el pH casi neutro en el efluente, por lo que no se hace necesario una neutralización previa.

Según lo establece el libro Biotecnología del medio ambiente (Bruce Rittman, 2001), la concentración de sólidos suspendidos en el licor mixto debe ser de 1.500 a 4.000 mg/L y los resultados oscilan de 2.000 a 4.000 mg/L, por lo tanto los valores obtenidos se encuentran dentro del rango recomendado.

Para aplicar el tratamiento de lodos activados es necesario mantener en el tanque de aireación una concentración de oxígeno entre 1 a 3 mg/l [1] siendo la concentración ideal 2 mg/l de O<sub>2</sub>. En la Tabla 14 se observa que la concentración de oxígeno en diferentes zonas del tanque es menor a 1 mg/l, lo cual desfavorece el tratamiento pues cuando ésta concentración no es demasiado alta como para permitir una buena penetración de oxígeno en el flóculo, las bacterias filamentosas mejoran su posición y se extienden en éste lo que trae como consecuencia el apelmazamiento de lodos

Los resultados arrojados de la Tabla 15, muestran porcentajes de remoción apropiados para la DBO<sub>5</sub> y DQO, aunque no en todos los meses se observa una remoción del 80% como lo exige las condiciones que están incluidas en el permiso de la Corporación Autónoma Regional del Cauca.

Algunas remociones de sólidos suspendidos reportan valores negativos según lo muestra la Tabla 16, es decir, la concentración de sólidos suspendidos en el efluente es mayor que en el afluente, esto se comprueba en la salida excesiva de lodos en el efluente. A pesar de que las características de sedimentación del lodo son buenas, los lodos que flotan en la superficie se atribuyen posiblemente a la presencia de burbujas

por fenómenos de desnitrificación, donde los nitratos se convierten en gas nitrógeno. Cuando el gas se forma en suficiente cantidad sube a la superficie arrastrando el lodo ya sedimentado.

Los valores reportados de sólidos sedimentables se encuentran en un valor óptimo pues son menores a 300ml/L según el manual de operación de la planta, excepto por el valor del mes de Abril debido a un derrame de ACPM que afectó el funcionamiento de la PTAR.

La carga contaminante que llega a la planta es elevada pues según los resultados de la Tabla 16, se obtienen cargas entre 1.2 a 1.9 Kg DBO/m<sup>3</sup>\*d y el valor recomendado es entre 0.3 a 0.6 Kg DBO/m<sup>3</sup>\*d [10]

La edad del lodo es adecuada puesto que el valor que se obtiene se encuentra dentro del rango recomendado de 4 a 14 días (Bruce Rittman, 2001).

El IVL recomendado para tratamientos convencionales de lodo activo es entre 60 y 100 mg/l (Bruce Rittman, 2001). De acuerdo a los resultados obtenidos, en general, los lodos producidos en el reactor presentan buenas características de sedimentación, excepto en el mes de Abril que se obtiene un IVL mayor a 150 mg/l lo que indica problemas de sedimentabilidad y compactación del lodo. Esto fue causado por un gran derrame de ACPM el cual no fue desviado ni tratado y llegó a la PTAR afectando su funcionamiento.

Para un tratamiento convencional de lodo activo, la tasa propuesta para la relación F/M es 0.25 a 0.5 kg DBO al día por kg de SSLM [11]. Con base en los resultados obtenidos, en general se cumple con este rango debido a que el promedio de la

relación F/M es de 0.48 kg DBO<sub>5</sub> al día por kg de SSLM, sugiere que para la carga orgánica elevada que llega a la planta, la cantidad de microorganismos encargados de degradarlas es óptima. Sin embargo se debe tener en cuenta que no todos los valores obtenidos estuvieron dentro del rango recomendado ya que se presenta excepciones en los meses de Diciembre y Abril, puesto que el valor de F/M está por encima del rango sugerido lo que sugiere una sobrecarga en el sistema.

#### **4.4 Observaciones**

En la trampa de grasas la limpieza es manual utilizando un recogedor de mango largo para evacuar la grasa, ocasionando que parte de la grasa se disperse y no sea removida de la trampa.

El rango recomendable de la concentración de grasas y aceites que llega al reactor es entre 50 mg/L y 150 mg/L [9]. En la planta de tratamiento la concentración de grasas y aceites no se encuentra en este rango como se puede observar en la Tabla 13, lo cual ocasiona resistencia a la transferencia de oxígeno y a la transferencia de masa, provocando problemas de sedimentación en el clarificador secundario.

En los días de alta producción, el volumen efectivo del tanque de igualación no es suficiente para recibir la cantidad de agua que llega, la tubería de impulsión se llena, ocasionando que parte del agua residual no sea tratada y fluya a través del "bypass". La carga hidráulica del tanque es de 38.83 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>\*día, se encuentra sobrecargado.

La concentración de grasa que entra a la PTAR interfiere en la transferencia de oxígeno y de materia orgánica soluble a través de las paredes celulares de los

microorganismos, la excesiva carga de grasa perjudica la operación del clarificador secundario puesto que los sólidos se impregnan y tienden a flotar.

La capacidad amortiguadora del reactor es buena, ya que cuando hay aumentos considerables del pH, lo reduce a valores adecuados para las bacterias (6,5 – 8,5)

El aireador superficial no proporciona una concentración de oxígeno suficiente al reactor pues la tasa de transferencia de oxígeno es de  $1.7 \cdot 10^{-3}$  kg O<sub>2</sub>/kw\*h y el valor recomendado se encuentra entre 1.2 – 3.0 kgO<sub>2</sub>/kw\*h, por lo tanto la aireación es deficiente porque el aireador no esta cumpliendo satisfactoriamente con su principal función; por lo que se observa, lo que produce mayormente solo es mezcla y turbulencia hidráulica.

El clarificador secundario tiene un área superficial de 36,34 m<sup>2</sup>, cumpliendo con el mínimo valor requerido 18,57 m<sup>2</sup>, además el criterio de carga superficial de 18.3 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>\*d está dentro del rango requerido de 16.3 a 32 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>\*d [11], esto significa que el diseño es el apropiado y los problemas de sedimentación se deben a procesos de desnitrificación, concentración elevada de grasa y presencia de microorganismos filamentosos.

#### **4.5 Acciones a tomar**

El sistema de tratamiento se encuentra sobrecargado. Para disminuir la carga contaminante es necesario reducir el caudal que llega a la planta de tratamiento al igual que la concentración de materia orgánica. Esta reducción se logra mediante la determinación de las fuentes de agua residuales, con el fin de identificar flujos de agua

recuperables y darle un posterior reuso en el lavado de patios y carrotanques o en el agua que se usa en calderas.

El funcionamiento deficiente del aireador y la baja concentración de oxígeno disuelto, afecta la eficiencia de la planta de tratamiento. Siendo este un grave problema, es necesario revisar el diseño del aireador superficial o cambiarlo por el recomendado por los diseñadores de la planta para aumentar la concentración de oxígeno.

La trampa para grasas no tiene un diseño adecuado, el canal en PVC es necesario para remover por rebose la grasa que allí se separa, ya que de forma manual la separación no es eficaz, ocasionando que la concentración de grasas que entra a tratamiento sea elevada y afecte negativamente el tratamiento biológico y la sedimentación.

Para evitar un aumento en los sólidos suspendidos en el efluente, la grasa flotante en el clarificador secundario debe ser retirada manualmente y no impulsada al efluente mediante el uso de agua y manguera.

#### **4.6 Conclusiones**

- En general la planta de tratamiento de Friesland Colombia S.A cumple con los parámetros necesarios para asegurar un buen tratamiento, sin embargo la literatura afirma que para un buen tratamiento de aguas residuales por medio de lodos activados se debe asegurar una eficiencia de remoción de  $DBO_5$  del 85% al 95% y en la planta se alcanza en promedio 81% de remoción, valor que no cumple con la teoría.

- La carga contaminante que llega a la PTAR es elevada, afectando en ocasiones la relación F/M. Es necesario mejorar la concentración de oxígeno para asegurar se remoción.
- AL realizar los diferentes lavados en los equipos, hay un incremento del pH en el afluente, sin embargo, la capacidad amortiguadora del reactor es bastante buena y no se requiere un tanque de regulación del pH previo al tratamiento.
- Los lodos presentan buenas características de sedimentación, los valores obtenidos para el índice volumétrico de lodos se encuentra entre 70 y 100, sin embargo la sedimentación de lodos no es eficiente pues en el efluente se observa suspensión de sólidos por desnitrificación (burbujeo en el efluente), se presenta alta concentración de grasas y bacterias.
- Los derrames de crudo y aceites aumentan la concentración de grasas y la carga conataminante que llegan a la planta de tratamiento lo que afecta gravemente la eficiencia.
- La adición de nutrientes no es necesaria, debido a que las aguas domésticas que llega a la planta de tratamiento hacen el aporte requerido al mezclarse con los vertidos industriales.

## **5 FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO**

Este plan operable se fundamenta en la documentación pertinente de acuerdo a la política de calidad de la empresa basada en ISO 9000 versión 2000, donde se especifican las actividades y sus respectivos procedimientos, además del plan de capacitación, el cual se dará a conocer al personal de la empresa. A continuación se presentan algunas especificidades de dicho plan:

### **5.1 Objetivo**

Posibilitar la optimización de las operaciones de la planta, así como de la calidad del agua residual y la interacción con el ambiente

### **5.2 Beneficiarios**

Comunidad empresarial de Friesland Colombia S.A. y ambiente en general.

### **5.3 Estrategias y acciones**

#### **5.3.1 Estrategia 1: Sensibilización de la comunidad laboral, frente a la actualidad ambiental de la empresa.**

Durante las visitas a la planta de producción se hizo evidente la falta de conocimiento y de conciencia ambiental en la mayoría del personal, pues su preocupación solo se centraba en la parte técnica de su trabajo y no en los problemas que a nivel ambiental se generaban durante su ejecución, principalmente en lo relacionado con el

desperdicio, consumo y contaminación del agua durante los procedimientos que llevaban a cabo.

Objetivos: Generar conciencia ambiental en el personal de la empresa y dar a conocer los efectos de los desperdicios y contaminación del agua.

Recurso humano: Operarios y personal administrativo

Actividades:

1. Convocatoria a la comunidad empresarial
2. Socialización de los resultados previos, de este estudio
3. Editar material divulgativo sobre buenas prácticas ambientales con énfasis en el correcto manejo y uso eficiente del agua y distribuirlo entre todas las dependencias
4. Capacitaciones sobre ahorro y el uso eficiente del agua, para esto se puede basar en el seminario “buenas prácticas operativas de producción más limpia para la industria láctea impartido por Centro de Producción mas Limpia
5. Unificación de criterios y relevancia de la importancia del adecuado manejo ambiental, específicamente el agua

### **5.3.2 Estrategia 2. Reutilización del agua proveniente de los condensados y enfriamiento de motores y equipos.**

Con esta estrategia se busca, disminuir el consumo de agua dentro de la empresa y a la vez disminuir las cargas hidráulicas que se presentan en la planta de tratamiento de aguas residuales, de ahí su importancia dentro de las estrategias planteadas para el manejo de aguas dentro de la empresa. Con el sistema de tuberías que se ha



diseñado para tal fin se compromete el personal de producción y mantenimiento para brindar el apoyo necesario y facilitar su aplicación.

Objetivo. Recuperar las aguas de condensación y enfriamiento de motores generadas durante la producción de las líneas de pasteurización, ultra pasteurización y arequipe y darles uso como agua de operación de calderas. Disminuir las altas cargas hidráulicas que se presentan en la PTAR.

Recurso Humano: personal de gerencia para que destinen fondos y supervisen las acciones que se lleven a cabo así como el personal de recursos humanos para que contrate a personal calificado para construir las tuberías y el personal de mantenimiento para que brinden sus conocimientos técnicos en las tareas que se lleven a cabo para la realización de la estrategia.

Actividades:

Establecer la calidad de agua de salida de los equipos los cuales van a hacer parte del sistema de recuperación, es necesario establecer que en realidad el agua no ha estado en contacto con la leche y que los niveles de dureza son adecuados.

Diseño de un sistema de recuperación: La planta de producción de Friesland esta construida aproximadamente a 1 mt del suelo, aprovechando este desnivel, se diseña un sistema de tubería en PVC que transporta el agua resultante de condesados y refrigeración de motores y pistones. Este sistema chequea por medio de un programa computacional llamado EPANET con el que se calculan los parámetros y se asegura el correcto diseño del sistema.

El sistema está dividido en 3 secciones:

- La tubería enterrada que recoge el agua proveniente del proceso productivo de UHT Y de arequipe, identificada como tubería 1
- Tubería enterrada que recoge el agua proveniente del proceso productivo de pasteurización, identificada como tubería 2
- Tubería que conduce al agua por medio de una bomba desde el tanque de succión hasta el tanque de almacenamiento, identificada como tubería 3

Se debe aclarar que la tubería esta diseñada con el máximo caudal presentado en los aforos realizados.

Instalación de la tubería diseñada. Es necesario el diseño de medidas que modifiquen algunas acciones en producción para que no interfieran con el trabajo de construcción de la tubería, así mismo será necesario que el personal de mantenimiento vigile las obras que se llevan a cabo y se lleve registro y control de los avances.

Puesta en marcha de la tubería. Utilización de los condensados y del agua de salida del resto de equipos para la alimentación de calderas.

### **5.3.3 Estrategia 3: Instalación de sistemas de cierre instantáneo en las mangueras de agua**

Objetivo. Disminuir el consumo de agua en la planta durante las operaciones de limpieza y lavado.

Responsables. El personal de servicios generales y de producción que se encargan directamente de la limpieza de equipos y elementos para que tengan el debido cuidado con estos implementos, el jefe de planta para que imponga las medidas de castigo a quienes no cuiden estos elementos y hagan un mal uso de estos.

#### Actividades

1. Instrucciones a los operadores acerca del correcto manejo de los implementos.
2. Los equipos de cierre serán utilizados en limpieza de silos, carrotanques, cisternas y lavado de pisos.
3. Verificar continuamente el estado los accesorios y asegurarse de su buen estado y funcionamiento.

#### **5.3.4 Estrategia 4: Recuperación de las soluciones de limpieza**

Objetivo. Disminuir las altas cargas contaminantes de las aguas residuales y lograr un ahorro a la empresa en la compra de productos de limpieza por medio de la recuperación de las soluciones que se utilizan para tal fin.

Responsables. El personal de gerencia para que destinen fondos y supervisen las acciones que se lleven a cabo, así como el personal de producción para que haga buen uso de los productos que se utilizan y de las soluciones que se recuperan.

#### Actividades

-

1. Compra de los elementos y equipos necesarios para la recuperación de las soluciones con la calidad necesaria para su almacenamiento como por ejemplo: tuberías en acero inoxidable y tanque de almacenamiento en el mismo material.
2. Determinar el sitio de almacenamiento apropiado para las soluciones que no este expuesto a condiciones que causen contaminación del producto almacenado tales como: temperatura elevada y exposición al viento y material particulado.
3. Realizar las pruebas para determinar la concentración de salida de las soluciones y calcular la cantidad necesaria ya sea de ácido nítrico o soda que se debe añadir para alcanzar la concentración inicial de lavado según el posterior reuso que se le vaya a dar, ya sea como lavado del primer ciclo de limpieza CIP o como limpieza de silos.
4. Instalación de los sistemas de recuperación de soluciones químicas de limpieza
5. Establecer Procedimientos de operación

#### **Estrategia 5. Disminución de la carga orgánica del sistema de tratamiento de aguas residuales**

Objetivo. Disminuir la carga orgánica no biodegradable de las aguas residuales por medio del control de los derrames de aceites y grasas.

Responsables. El personal de servicios generales, de mantenimiento y montajes encargados del mantenimiento de los equipos y la manipulación y descargas de ACPM y aceite en la empresa.


Actividades

1. Establecer procedimientos de manejo en aquellas operaciones con mayor riesgo de derrames y pérdidas por ejemplo en el recibo de ACPM y su almacenamiento.
2. Realizar un mantenimiento preventivo de los equipos e instalaciones que puedan presentar fugas de aceite.
3. Segregar los derrames de ACPM y aceite del resto de vertidos líquidos para reducir el volumen que pueda llegar a la planta de tratamiento. Esta segregación se puede llevar a cabo esparciendo aserrín en el sitio del derrame y en los casos en que ya se encuentre en el afluente destinar personal para que se dirija a la canaleta mas cercana y de fácil acceso para separar manualmente el vertido.
4. Implantar sistemas de control.

#### 5.4 DOCUMENTOS DE SEGUIMIENTO

En la estrategia 1 es necesario que el jefe de personal trabaje en conjunto con los jefes de área para programar las capacitaciones e implantar documentos que confirmen la asistencia de todos los trabajadores a las conferencias para que sean verificadas por el jefe de personal. En la tabla 13 se muestra un formato básico de asistencia para mirar el cumplimiento de los empleados.

Tabla 16. Formato de asistencia a capacitaciones

 <b>ASISTENCIA CONFERENCIA SOBRE BUENAS PRACTICAS AMBIENTALES</b>			
Fecha	Nombre Completo	Cédula	Cargo

Posteriormente es necesario realizar una encuesta sobre lo aprendido en las conferencias, para evaluar la opinión de los trabajadores y el grado de conocimiento adquirido.

En la estrategia 2 es necesario llevar un registro de control diario sobre los caudales que se recogen y la cantidad de agua que se utiliza en calderas. El formato se encuentra en la Tabla 17.

Además es necesario que se programe cada 6 meses el mantenimiento preventivo a la bomba centrífuga y semanalmente a las tuberías para evitar fugas y se lleve registro en los documentos de mantenimiento que se tienen en la empresa.

En la estrategia 3 es necesario que se verifiquen dentro del inventario el estado de los sistemas de cierre y antes de utilizarlos se den claramente instrucciones sobre su operación.

En la estrategia 4 es necesario llevar un registro diario en el laboratorio de las concentraciones finales del segundo ciclo de lavado y hacer los cálculos necesarios para completar la concentración del primer ciclo y establecer la dosis real que se necesita de cada uno de los agentes de limpieza. El formato de registro se observa en la Tabla 18.







## **6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 Conclusiones**

La preocupación de Friesland Colombia S.A está mucho más centrada en la producción de leche y en mejorar la higiene y la calidad que en la producción más limpia o la prevención de la contaminación. Una de las herramientas más convenientes y con mas urgencia a aplicar en la empresa es la realización de campañas de sensibilización y formación ambiental así como la implantación de Buenas Prácticas Ambientales, esto con el fin de fomentar el interés por la producción más limpia y generar compromisos hacia el mejoramiento continuo de la empresa.

El principal problema que presenta la PTAR respecto a su operación y funcionamiento se encuentra en el tanque aireador debido a las bajas concentraciones de oxígeno disuelto pues esto hace que se favorezca la proliferación de organismos filamentosos provocando problemas de sedimentabilidad y compactación del lodo. Es necesario que se mejoren las condiciones del aireador según las exigencias de los diseñadores para obtener remociones más altas de materia orgánica.

El aspecto más desatendido con relación al recurso agua en la empresa es el relacionado al alto consumo de agua. Las estrategias que se plantearon para su solución están relacionadas con la implantación de Buenas Prácticas Ambientales como la reutilización del agua de condensado en operación de calderas y con la utilización de tecnologías limpias como el montaje de boquillas de cierre instantáneo. Estas soluciones son perfectamente viables, pues son operaciones sencillas y económicas.

## **6.2 Recomendaciones**

La ejecución del Plan elaborado para el manejo integral de las aguas residuales, requiere del conocimiento, la participación y el compromiso de todos y cada uno de los empleados de la organización y, con particular importancia, el personal del área de producción y mantenimiento, ya que en ella recae la mayoría de las actividades, esto si se tiene en cuenta que es urgente controlar constantemente y prevenir el despilfarro de agua y producto en la planta de proceso. Las pérdidas ocultas de agua en las tuberías se pueden detectar mediante lecturas del contador de agua y por comparación de la cantidad usada el final del día.

Es necesario que se ejecuten en la planta planes de mejoramiento continuo a los equipos, métodos de trabajo y sistemas de monitoreo y control de los procesos productivos.

## 7 BIBLIOGRAFÍA

1. ACOLCUR. Curso: Tratamiento de Efluentes de curtiembre y Tecnología Limpia. Antioquia, 2004
2. AINIA. Guías Tecnológicas. Directiva 96/61 relativa a la prevención y control integrados de la contaminación. Sector Agroalimentario. Madrid
3. ARBOLEDA, VÉLEZ. Germán. Proyectos, Formulación, evaluación y control. a.C. Editores. Bogotá 2003.
4. AYMERICH, Matute Sigfrido. Tratamiento de residuos Lácteos. Concejo Nacional de Producción, Dirección Mercadeo y Agroindustria. Madrid, 2000
5. CENTRO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA NICARAGUA, Seminario “Buenas Prácticas Operativas de Producción más Limpia Para la Industria Láctea”
6. CENTRO DE ACTIVIDAD REGIONAL PARA LA PRODUCCIÓN LIMPIA (CAR/PL). Folleto Prevención de la contaminación en la industria Láctea. Barcelona. 2002
7. HELD, Alejandro. Técnica moderna de reciclado de líquidos de limpieza en la industria láctea. Editores Reed Business Information. México. 1995

8. KIERMEIER F., WILDBRETT G. Principios básicos de la limpieza. En Limpieza y desinfección en la industria agroalimentaria. Editorial Acribia. 2000, P. 67-84.
  
9. MUÑOZ LÓPEZ, Maria del Mar. Propuesta de grado (Pasantía) "Formulación de un Plan de Manejo de Residuos sólidos Para la Empresa Friesland Colombia S.A.", 2005
  
10. OROZCO J. ALVARO. Tratamiento Biológico de las aguas residuales. Universidad de Antioquia. Medellín, 1985
  
11. RITTMAN E. BRUCE, MC CARTY PERRY. Biotecnología del Medio Ambiente. Editorial McGraw Hill. España, 2001
  
12. TETRA PAK PROCESSING SYSTEMS, Manual de Industrias Lácteas, A. Madrid Vicente ediciones, 2003

## APÉNDICES





Etapa del proceso	Punto de captación	Hora	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/h)	CMM (l/h)	CME (l/h)	CMEP (l/h)	VMEP (l)	VMP (l)
PRODUCCION	Intercambiador a de Placas	08:15	2,65	290	393,96	475,24	477,27	1819,61	14556,91	
			3,16	450	512,66					
			3,04	440	521,05					
			3,14	495	567,52					
			3,49	470	484,81					
			3,45	410	427,83					
			3,18	370	418,87					
	Tanque de Balance	08:20	5,02	220	157,77	152,19	165,36			
			5,61	230	147,59					
			6,71	280	150,22					
			5,39	220	146,94					
			5,53	230	149,73					
			5,50	240	157,09					
	Homogeneizador	08:25	1,44	475	1187,50	1189,50	1176,99			
			2,38	760	1149,58					
			1,49	500	1208,05					
			1,58	450	1025,32					
			1,93	660	1231,09					
			1,24	460	1335,48					
	Intercambiador de Placas	08:45	2,13	310	523,94	483,37				
			2,77	390	506,86					
			2,74	340	446,72					
			3,49	490	505,44					
			2,90	330	409,66					
			2,98	440	531,54					
			2,63	320	438,02					



Etapa del proceso	Punto de captación	Hora	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/h)	CMM (l/h)	CME (l/h)	CMEP (l/h)	VMEP (l)	VMP (l)
PRODUCCION	Tanque de Balance	08:50	4,65	200	154,84	156,01				
			5,27	230	157,12					
			5,02	220	157,77					
			6,49	280	155,32					
			4,06	180	159,61					
			5,22	220	151,72					
			5,55	240	155,68					
	Homogeneizador	08:55	1,63	512	1130,80	1180,31				
			1,18	380	1159,32					
			1,18	380	1159,32					
			1,45	518	1286,07					
			1,59	515	1166,04					
	Intercambiador a de Placas	09:30	2,32	325	504,31	458,25				
			2,90	345	428,28					
			2,99	350	421,40					
			2,27	260	412,33					
			2,35	350	536,17					
			2,52	320	457,14					
			2,41	300	448,13					
	Tanque de Balance	09:35	5,28	225	153,41	157,29				
			5,72	250	157,34					
			5,16	230	160,47					
			5,77	240	149,74					
			5,70	250	157,89					
			5,71	240	151,31					
			5,90	280	170,85					

Etapa del proceso	Punto de captación	Hora	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/h)	CMM (l/h)	CME (l/h)	CMEP (l/h)	VMEP (l)	VMP (l)
PRODUCCION	Homogeneizador	09:40	1,72	580	1213,95	1161,15				
			2,49	730	1055,42					
			1,84	600	1173,91					
			1,27	450	1275,59					
			1,80	530	1060,00					
			2,00	660	1188,00					
	Intercambiador de Placas	10:05	4,24	480	407,55	454,84				
			2,66	390	527,82					
			2,95	350	427,12					
			2,52	370	528,57					
			2,84	380	481,69					
			2,52	260	371,43					
	Tanque de Balance	10:15	5,27	225	153,70	161,70				
			5,33	230	155,35					
			5,13	220	154,39					
			5,49	250	163,93					
			5,60	260	167,14					
			5,34	235	158,43					
	Intercambiador de Placas	10:35	2,34	335	515,38	514,64				
			2,72	350	463,24					
			2,59	390	542,08					
			2,43	350	518,52					
			2,53	380	540,71					
			2,41	340	507,88					

Etapa del proceso	Punto de captación	Hora	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/h)	CMM (l/h)	CME (l/h)	CMEP (l/h)	VMEP (l)	VMP (l)
	Tanque de Balance	10:45	5,08	250	177,17	199,61				
			5,24	250	171,76					
			4,33	210	174,60					
			5,43	460	304,97					
			5,52	260	169,57					

Tabla de registro aforos UHT dia 2

Etapa del proceso	Punto de captación	Hora	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/h)	CMM (l/h)	CME (l/h)	CMEP (l/h)	VMEP (l)	VMP (l)
ESTERILIZACION	intercambiador de placas	06:30	3,23	510	568,42	589,01	593,64	2906,36	4359,53	24805,70
			3,24	540	600,00					
			2,49	420	607,23					
			2,91	480	593,81					
			3,44	550	575,58					
		06:45	3,20	515	579,38	598,27				
			3,73	600	579,09					
			2,38	370	559,66					
			2,71	470	624,35					
			3,61	630	628,25					
		3,49	600	618,91						
		06:40	4,12	150	131,07	135,52	150,98			
		4,45	160	129,44						
		4,79	170	127,77						
		5,18	210	145,95						
		4,77	190	143,40						
		06:50	5,19	220	152,60	166,44				
		7,38	370	180,49						
		6,11	285	167,92						
		7,43	340	164,74						

Etapa del proceso	Punto de captación	Hora	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/h)	CMM (l/h)	CME (l/h)	CMEP (l/h)	VMEP (l)	VMP (l)
ENFRIAMIENTO	intercambiador de placas	06:55	1,55	3120	7246,45	7110,98	7110,98	8303,93	2767,98	
			1,79	3210	6455,87					
			1,03	2170	7584,47					
			1,68	3340	7157,14					
AGUA ESTERIL	intercambiador de placas	07:00	3,42	410	431,58	420,51	495,86	3138,58	3138,58	
			3,50	440	452,57					
			3,83	400	375,98					
			3,65	445	438,90					
			3,39	380	403,54					
			3,31	410	445,92					
			3,53	440	448,73					
		07:15	3,17	495	562,15	571,20				
			3,36	510	546,43					
			3,56	570	576,40					
		3,63	600	595,04						
		3,25	520	576,00						
		06:55	6,03	250	149,25	150,73	148,82			
		5,38	220	147,21						
		6,17	240	140,03						
		6,03	280	167,16						
		5,52	230	150,00						
		07:10	5,41	230	153,05	146,90				
	5,50	210	137,45							
	5,42	210	139,48							
	5,60	240	154,29							
	5,99	250	150,25							

Etapa del proceso	Punto de captación	Hora	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/h)	CMM (l/h)	CME (l/h)	CMEP (l/h)	VMEP (l)	VMP (l)
AGUA ESTERIL	Tanque de balance de producto	07:05	1,17	1520	4676,92	4512,96				
			1,02	1380	4870,59					
			1,55	1840	4273,55					
			1,40	1590	4088,57					
			1,16	1500	4655,17					
	Homogenizador	07:40	1,84	620	1213,04	1192,95	1192,95			
			1,43	470	1183,22					
			1,97	640	1169,54					
			1,58	450	1025,32					
			1,93	660	1231,09					
			1,24	460	1335,48					
PRODUCCION	intercambiador de placas	08:10	3,36	500	535,71	509,33	507,89	1817,45	14539,61	
			3,36	505	541,07					
			3,56	470	475,28					
			3,39	510	541,59					
			4,02	510	456,72					
			3,39	470	499,12					
			3,35	480	515,82					
	Tanque de Balance	08:15	5,29	230	156,52	161,50	165,05			
			4,98	230	166,27					
			5,34	240	161,80					
			5,80	270	167,59					
			5,25	230	157,71					
			5,22	235	162,07					
			5,45	240	158,53					

Etapa del proceso	Punto de captación	Hora	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/h)	CMM (l/h)	CME (l/h)	CMEP (l/h)	VMEP (l)	VMP (l)
PRODUCCION	Homogenizador	08:25	1,48	475	1155,41	1161,88	1144,51			
			2,30	700	1095,65					
			1,51	495	1180,13					
			1,58	460	1048,10					
			1,93	620	1156,48					
			1,24	460	1335,48					
	intercambiador de placas	08:40	3,20	400	450,00	505,45				
			4,17	600	517,99					
			3,29	450	492,40					
			3,40	520	550,59					
			2,63	425	581,75					
			2,98	420	507,38					
	Tanque de Balance		2,63	320	438,02					
		08:45	5,15	200	139,70	146,13				
			5,78	230	143,25					
			5,78	220	137,02					
			5,53	270	175,77					
			5,56	180	116,55					
	Homogenizador		5,22	220	151,72					
			5,55	245	158,92					
		08:55	2,16	660	1100,00	1108,59				
			1,59	425	962,26					
			2,17	620	1028,57					
			1,45	518	1286,07					
	1,59	515	1166,04							

Etapa del proceso	Punto de captación	Hora	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/h)	CMM (l/h)	CME (l/h)	CMEP (l/h)	VMEP (l)	VMP (l)
PRODUCCION	intercambiador de placas	09:10	3,22	460	514,29	507,91				
			3,75	560	537,60					
			3,22	470	525,47					
			3,74	510	490,91					
			2,97	420	509,09					
			2,52	350	500,00					
			2,41	320	478,01					
	Tanque de Balance	09:15	5,55	230	149,19	160,00				
			5,81	260	161,10					
			5,29	260	176,94					
			5,55	240	155,68					
			5,57	230	148,65					
			5,71	250	157,62					
			5,90	280	170,85					
	Homogenizador	09:40	1,77	580	1179,66	1163,06				
			1,93	600	1119,17					
			1,09	350	1155,96					
			1,27	450	1275,59					
			1,80	530	1060,00					
			2,00	660	1188,00					
	intercambiador de placas	10:25	3,48	505	522,41	507,85				
			3,74	530	510,16					
			4,26	605	511,27					
			3,48	500	517,24					
			3,75	520	499,20					
			2,52	350	500,00					
			2,62	360	494,66					



Etapa del proceso	Punto de captación	Hora	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/h)	CMM (l/h)	CME (l/h)	CMEP (l/h)	VMEP (l)	VMP (l)
PRODUCCION	Tanque de Balance	10:10	5,29	225	153,12	161,22				
			5,55	230	149,19					
			5,29	220	149,72					
			5,55	250	162,16					
			5,29	260	176,94					
			5,34	235	158,43					
			5,23	260	178,97					
	intercambiador de placas	10:55	2,37	335	508,86	508,90				
			2,72	350	463,24					
			2,61	380	524,14					
			2,42	350	520,66					
			2,50	370	532,80					
	Tanque de Balance	10:40	5,10	250	176,47	196,42				
			5,55	250	162,16					
			4,37	210	173,00					
			5,47	460	302,74					
			5,58	260	167,74					

**Tabla de registro de los aforos realizados a la linea de pasterización dia 1**

Etapa del Proceso	Punto de captación	Hora	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/h)	CMM (l/h)	CME (l/h)	CMEP (l/h)	VMEP (l)	VMP (l)
CALENTAMIENTO	Pasteurizador	07:00	5,48	190	124,82	125,73	125,73	125,73	251,45	9902,77
			7,2	250	125,00					
			7,06	250	127,48					
			7,35	270	132,24					
			7,72	260	121,24					
			7,72	265	123,58					
ESTERILIZACIÓN	Pasteurizador	08:25	5,38	280	187,36	182,53	182,53	182,53	121,68	
			5,15	210	146,80					
			5,35	290	195,14					
			5,32	350	236,84					
			5,62	240	153,74					
			5,34	260	175,28					
DRENANDO AGUA CLORO	Pasteurizador		2,82	220	280,85	252,07	252,07	252,07	63,02	
			2,97	250	303,03					
			3,7	220	214,05					
			3,2	200	225,00					
			6,53	490	270,14					
			7,9	560	255,19					
			6,06	460	273,27					
			6,45	380	212,09					
			6,74	440	235,01					
BARRIDO CON AGUA	Pasteurizador	08:30	5,5	230	150,55	156,90	212,43	1754,18	438,55	
			5,59	290	186,76					
			6,46	270	150,46					
			5,35	220	148,04					
			6,97	280	144,62					
			5,69	250	158,17					

Etapa del Proceso	Punto de captación	Hora	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/h)	CMM (l/h)	CME (l/h)	CMEP (l/h)	VMEP (l)	VMP (l)
<b>BARRIDO CON AGUA</b>	Homogeneizador salida derecha	08:50	2,35	470	720,00	545,69	545,69			
			4,7	540	413,62					
			4,37	530	436,61					
			4,77	540	407,55					
			2,56	490	689,06					
			5,9	590	360,00					
			2,86	630	793,01					
	Homogeneizador salida izquierda	08:55	1,59	410	928,30	996,06	996,06			
			1,38	400	1043,48					
			1,02	300	1058,82					
			1,55	410	952,26					
			1,37	390	1024,82					
	Pasteurizador		2,49	670	968,67					
		09:00	2,97	190	230,30	267,96				
			3,34	320	344,91					
			4,16	320	276,92					
			2,99	280	337,12					
			5,5	230	150,55					
<b>PASTEURIZACIÓN</b>	Pasteurizador		5,41	240	159,70					
		09:10	4,59	340	266,67	283,38	240,01	1997,38	3328,96	
			5,86	340	208,87					
			2,98	270	326,17					
			3,45	280	292,17					
			3,56	285	288,20					
			4,52	400	318,58					
			4,58	360	282,97					

Etapa del Proceso	Punto de captación	Hora	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/h)	CMM (l/h)	CME (l/h)	CMEP (l/h)	VMEP (l)	VMP (l)
PASTEURIZACIÓN	Homogeneizador salida derecha	09:20	2,55	490	691,76	716,77	713,14			
			3,34	650	700,60					
			2,85	580	732,63					
			2,74	580	762,04					
			3,7	660	642,16					
			2,52	540	771,43					
	Homogeneizador salida izquierda	09:25	1,09	340	1122,94	1080,10	1044,23			
			1,15	365	1142,61					
			1,07	350	1177,57					
			2,49	600	867,47					
			1,09	330	1089,91					
	Pasteurizador	09:40	3,18	190	215,09	179,80				
			3,58	180	181,01					
			4,09	190	167,24					
			5,32	235	159,02					
			3,49	185	190,83					
			4,31	220	183,76					
			4,26	210	177,46					
			4,39	200	164,01					
	Homogeneizador salida derecha	09:50	2,65	510	692,83	707,56				
			3,24	710	788,89					
			2,77	540	701,81					
			2,86	560	704,90					
			3,16	570	649,37					
	Homogeneizador salida izquierda	09:55	1,22	340	1003,28	1008,35				
			1,93	518	966,22					
			1,81	550	1093,92					
			1,44	388	970,00					

Etapa del Proceso	Punto de captación	Hora	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/h)	CMM (l/h)	CME (l/h)	CMEP (l/h)	VMEP (l)	VMP (l)
PASTEURIZACIÓN	Pasteurizador	10:10	3,78	310	295,24	240,51				
			3,34	260	280,24					
			2,34	220	338,46					
			4,95	310	225,45					
			4,11	280	245,26					
			4,51	270	215,52					
			4,48	350	281,25					
			3,99	310	279,70					
	Homogeneizador salida derecha	10:20	1,56	370	853,85	715,09				
			1,99	350	633,17					
			2,18	410	677,06					
			2,43	470	696,30					
	Pasteurizador	10:40	3,13	230	264,54	256,36				
			2,81	200	256,23					
			4,54	310	245,81					
		3,83	280	263,19						
		4,28	290	243,93						
RECIRCULACIÓN DE AGUA	Pasteurizador	10:55	3,56	230	232,58	225,92	205,23	205,23	478,87	
			3,7	200	194,59					
			3,66	255	250,82					
			3,12	210	242,31					
			3,44	200	209,30					
		11:10	3,02	180	214,57	184,53				
			3,74	210	202,14					
			7,97	350	158,09					
			7,24	345	171,55					
			7,35	360	176,33					

Etapa del Proceso	Punto de captación	Hora	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/h)	CMM (l/h)	CME (l/h)	CMEP (l/h)	VMEP (l)	VMP (l)
<b>TERMIZACIÓN</b>	Clarificadora Manguera grande	11:15	2,05	490	860,49	777,53	678,79	1305,87	5658,78	
			2,91	550	680,41					
			1,83	480	944,26					
			1,91	450	848,17					
			1,93	360	671,50					
			2,53	480	683,00					
			2,17	455	754,84					
	Clarificadora Manguera Pequeña	11:20	3,3	365	398,18	385,17	385,65			
			3,28	360	395,12					
			3,49	370	381,66					
			3,7	390	379,46					
			3,78	390	371,43					
	Pasteurizador	11:30	5,34	350	235,96	242,73	241,44			
			5,38	370	247,58					
			5,27	340	232,26					
			5,5	350	229,09					
			5,53	390	253,89					
			5,59	400	257,60					
	Homogeneizador salida derecha	11:35	2,29	420	660,26	669,62	669,62			
			4	680	612,00					
			2,05	400	702,44					
			2,06	400	699,03					
			2,53	490	697,23					
			2,31	415	646,75					
	Homogenizador salida izquierda	11:40	1,22	340	1003,28	1028,97	1028,97			
			1,93	518	966,22					
			1,81	550	1093,92					
		1,44	388	970,00						

Etapa del Proceso	Punto de captación	Hora	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/h)	CMM (l/h)	CME (l/h)	CMEP (l/h)	VMEP (l)	VMP (l)
TERMIZACIÓN	Clarificadora Manguera grande	11:45	3,41	510	538,42	580,05				
			3,81	630	595,28					
			3,31	520	565,56					
			3,13	490	563,58					
			2,86	430	541,26					
			3,02	510	607,95					
			3,4	600	635,29					
			3,46	570	593,06					
	Clarificadora Manguera Pequeña	11:50	3,35	365	392,24	386,12				
			3,29	360	393,92					
			3,5	365	375,43					
			3,75	400	384,00					
			3,74	400	385,03					
	Pasteurizador	12:00	4,88	290	213,93	240,15				
			4,75	350	265,26					
			4,76	280	211,76					
			5,41	370	246,21					
			5,81	400	247,85					
			5,18	360	250,19					
			4,54	310	245,81					

**Tabla de registro de los aforos realizados a la linea de pasteurización dia 2**

Etapa del Proceso	Punto de captación	Hora	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/h)	CMM (l/h)	CME (l/h)	CMEP (l/h)	VMEP (l)	VMP (l)
CALENTAMIENTO	Pasteurizador	07:50	6,01	190	113,81	120,03	120,03	120,03	240,06	15182,47
			7,24	300	149,17					
			6,67	190	102,55					
			7,46	200	96,51					
			7,56	260	123,81					
			6,7	250	134,33					
ESTERILIZACION	Pasteurizador	08:30	7,24	300	149,17	164,02	182,15	182,15	121,43	
			5,64	310	197,87					
			5,15	240	167,77					
			7,03	300	153,63					
			7,12	300	151,69					
		08:45	5,64	310	197,87	200,27				
			7,64	250	117,80					
			6,34	420	238,49					
			7,06	480	244,76					
			6,87	450	235,81					
PASANDO AGUA CLORO	Pasteurizador	9:40	4,42	430	350,23	267,81	267,81	267,81	66,95	
			6,57	420	230,14					
			4,85	380	282,06					
			5	420	302,40					
			6,53	480	264,62					
			6,91	500	260,49					
			6,06	460	273,27					
			6,45	380	212,09					



Etapa del Proceso	Punto de captación	Hora	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/h)	CMM (l/h)	CME (l/h)	CMEP (l/h)	VMEP (l)	VMP (l)
<b>TERMIZACIÓN</b>	Homogeneizador salida izquierda	10:00	1,75	425	874,29	854,06	848,39	2628,08	10950,33	
			2,02	470	837,62					
			1,81	405	805,52					
			1,75	415	853,71					
			1,76	420	859,09					
			1,53	380	894,12					
	Homogeneizador salida derecha	10:00	2,63	520	711,79	698,84	690,11			
			2,68	510	685,07					
			2,63	510	698,10					
			2,49	495	715,66					
			2,33	480	741,63					
			2,5	445	640,80					
	Pasteurizador	10:05	7,27	220	108,94	168,81	249,85			
			7,48	470	226,20					
			7,56	230	109,52					
			7,85	350	160,51					
			7,32	340	167,21					
			7,74	390	181,40					
			7,67	400	187,74					
			7,58	440	208,97					
	Clarificadora manguera gruesa	10:15	3,16	620	706,33	699,66	724,68			
			2,84	470	595,77					
			2,75	500	654,55					
			2,26	410	653,10					
			2,95	560	683,39					
			3,13	635	730,35					

Etapa del Proceso	Punto de captación	Hora	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/h)	CMM (l/h)	CME (l/h)	CMEP (l/h)	VMEP (l)	VMP (l)
<b>TERMIZACIÓN</b>	Clarificadora manguera delgada	10:20	4,79	490	368,27	363,75	364,90			
			4,56	450	355,26					
			4,2	430	368,57					
			4,8	490	367,50					
			4,31	430	359,16					
	Pasteurizador	10:35	6,5	480	265,85	277,67				
			6,32	440	250,63					
			7,13	470	237,31					
			6,66	570	308,11					
			6,31	540	308,08					
			7,25	600	297,93					
	Clarificadora Manguera gruesa	10:45	2,62	560	769,47	749,69				
			2,64	630	859,09					
			3	610	732,00					
			3,45	670	699,13					
			3,05	620	731,80					
			2,7	530	706,67					
	Clarificadora Manguera delgada	10:55	4,6	470	367,83	366,05				
			5,64	570	363,83					
			4,34	450	373,27					
			4,39	450	369,02					
	Homogeneizador salida derecha	11:05	3,27	630	693,58	681,38				
			3,45	610	636,52					
			3	560	672,00					
		3,49	670	691,12						

Etapa del Proceso	Punto de captación	Hora	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/h)	CMM (l/h)	CME (l/h)	CMEP (l/h)	VMEP (l)	VMP (l)
<b>TERMIZACIÓN</b>	Homogenizador salida izquierda	11:05	2,45	570	837,55	842,71				
			2,04	460	811,76					
			2,7	640	853,33					
			2,93	660	810,92					
			2,24	560	900,00					
	Pasteurizador	11:10	9,32	720	278,11	279,08				
			7,22	605	301,66					
			7,27	380	188,17					
			4,45	390	315,51					
			8,38	650	279,24					
			6,34	500	283,91					
			7,2	580	290,00					
			7,21	570	284,60					
			7,56	610	290,48					
	Pasteurizador	11:25	6,99	560	288,41	273,83				
			7,27	560	277,30					
			7,33	545	267,67					
			7,35	560	274,29					
			7,67	580	272,23					
			7,39	540,00	263,06					
<b>BARRIDO CON AGUA</b>	Pasteurizador	12:00	7,52	450	215,43	225,41	225,41	1763,17	587,72	
			7,34	440	215,80					
			7,47	450	216,87					
			8,09	500	222,50					
			7,5	490	235,20					
			7,59	520	246,64					

Etapa del Proceso	Punto de captación	Hora	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/h)	CMM (l/h)	CME (l/h)	CMEP (l/h)	VMEP (l)	VMP (l)
	Homogeneizador salida derecha	12:05	3,81	750	708,66	696,39	696,39			
			3,09	610	710,68					
			2,71	510	677,49					
			2,97	555	672,73					
			2,83	560	712,37					
	Homogenizador salida izquierda	12:10	2,2	510	834,55	841,38	841,38			
			2,21	510	830,77					
			2,208	530	864,13					
			1,58	380	865,82					
			2,24	505	811,61					
<b>PASTEURIZACIÓN</b>	Pasteurizador	12:15	7,44	480	232,26	229,88	249,81	1856,38	3093,97	
			7,99	500	225,28					
			7,51	480	230,09					
			7,66	460	216,19					
			6,89	450	235,12					
	Homogeneizador salida derecha	12:25	2,41	485	724,48	716,20	716,20			
			2,9	585	726,21					
			2,58	510	711,63					
			3,04	590	698,68					
			2,45	490	720,00					
	Homogeneizador salida izquierda	12:30	1,88	480	919,15	890,37	890,37			
			2,42	570	847,93					
			2,02	510	908,91					
			2,24	530	851,79					
			1,87	480	924,06					

Etapa del Proceso	Punto de captación	Hora	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/h)	CMM (l/h)	CME (l/h)	CMEP (l/h)	VMEP (l)	VMP (l)
PASTEURIZACIÓN	Pasteurizador	12:45	7,42	460	223,18	269,75				
			7,31	500	246,24					
			7,25	510	253,24					
			7,52	630	301,60					
			7,31	560	275,79					
			8,39	620	266,03					
			7,52	580	277,66					
			7,53	560	267,73					
			7,77	620	287,26					
			7,41	560	272,06					
RECIRCULACION DE AGUA	Pasteurizador	01:05	3,35	170	182,69	188,96	188,96	188,96	188,96	
			3,2	200	225,00					
			4,88	240	177,05					
			4,56	230	181,58					
			5,95	295	178,49					

## APÉNDICE 2

### PRUEBAS FISICOQUÍMICAS REALIZADAS A LOS EQUIPOS AFORADOS

Las siguientes pruebas se realizaron con el fin de demostrar la calidad del agua y comprobar que se puede utilizar como agua de operación de calderas. Las pruebas no fueron aplicadas al intercambiador de placas de la línea de pasteurización pues se asumen para este equipo el resultado obtenido en el equipo de UHT pues el agua de salida es proveniente de condensados también.

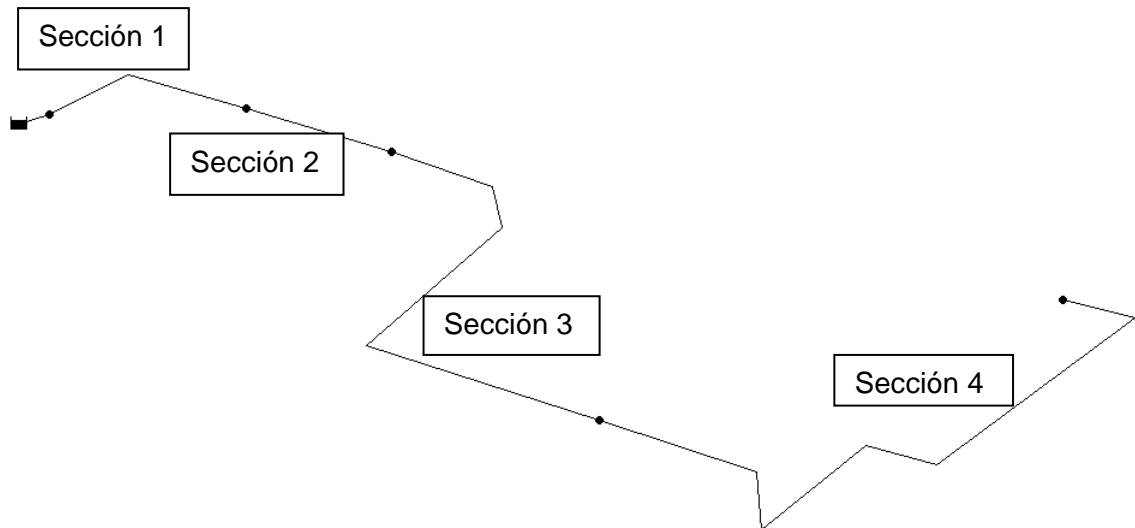
<b>PUNTO DE CAPTACION</b>	<b>TEMPERATURA</b>	<b>TURBIEDAD (Microh/cm)</b>	<b>pH</b>	<b>ALCALINIDAD TOTAL (mg/L CaCO<sub>3</sub>)</b>	<b>DUREZA TOTAL (mg/L CaCO<sub>3</sub>)</b>	<b>OXIGENO DISUELTO (mg/Lt O<sub>2</sub>)</b>
Homogeneizador parte derecha	21	1.3	6.5	23	13	8.0
Homogeneizador parte izquierda	21	1.8	6.5	28	14	8.1
Intercambiador a placas UHT	72	1.9	7.3	30	11	9.0
Tanque de balance UHT	75	1.8	7.5	29	10	8.5

### APENDICE 3

### DISEÑO Y CALCULO DE LA TUBERÍA DE RECOLECCION DE AGUA

- Parámetros de diseño para la tubería 1

Figura 15 Esquema del diseño de la tubería en el área de UHT y Arequipe



Fuente: propia del estudio

#### Sección 1

Parámetro	Valor
Nudo inicial	1
Nudo Final	2
Longitud (m)	2.45
Diámetro (pulgada)	1
Rugosidad (cm)	0.0015
Coefficiente de pérdidas menores	3
Caudal (l/s)	1.60
Velocidad (m/s)	2.23
Perdida unitaria	477.48
Factor de fricción	0.057
Presión (m)	0.10
Cota	100
Altura (m)	100.10

Fuente: Propia del estudio

## Sección 2

Parámetro	Valor
Nudo inicial	2
Nudo Final	3
Longitud (m)	1.4
Diámetro (pulgada)	1
Rugosidad (cm)	0.0015
Coefficiente de pérdidas menores	1.5
Caudal (l/s)	1.55
Velocidad (m/s)	2.16
Perdida unitaria (m)	412.64
Factor de fricción	0.052
Cota	99.95
Altura (m)	100.05
Presión (m)	0.10

Fuente: Propia del estudio

## Sección 3

Parámetro	Valor
Nudo inicial	3
Nudo Final	4
Longitud (m)	22.31
Diámetro (pulgada)	1
Rugosidad (cm)	0.0015
Coefficiente de pérdidas menores	4.5
Caudal (l/s)	1.39
Velocidad (m/s)	1.94
Perdida unitaria (m)	167.97
Factor de fricción	0.026
Cota	99.7
Altura (m)	100.02
Presión (m)	0.32

Fuente: Propia del estudio



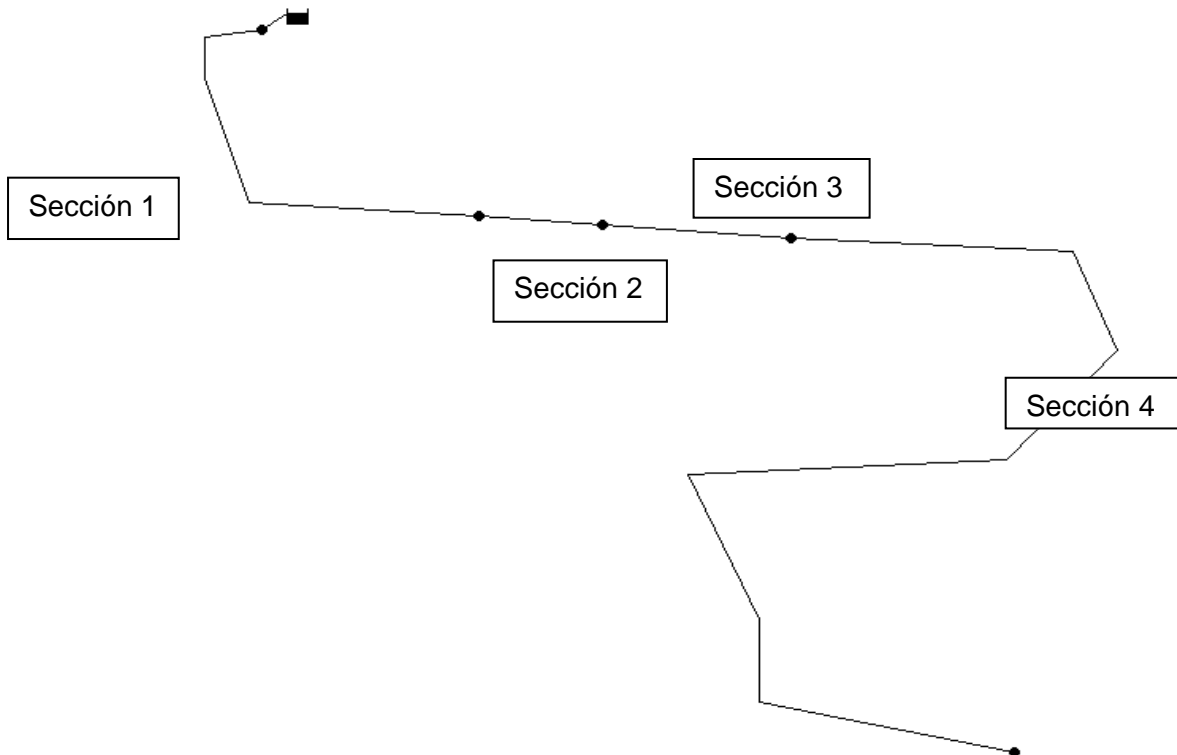
#### Sección 4

Parámetro	Valor
Nudo inicial	4
Nudo Final	5
Longitud (m)	45.1
Diámetro (pulgada)	1.5
Rugosidad (cm)	0.0015
Coefficiente de pérdidas menores	6.5
Caudal (l/s)	0.95
Velocidad (m/s)	061
Perdida unitaria (m)	13.11
Factor de fricción	0.031
Cota	98.3
Altura (m)	99.41
Presión (m)	1.11

Fuente: Propia del estudio

#### ➤ Parámetros de diseño para la tubería 2

Figura 16. Esquema de la tubería en el área de pasteurización



Fuente: propia del estudio

### Sección 1

Parámetro	Valor
Nudo inicial	1
Nudo Final	2
Longitud (m)	6.04
Diámetro (pulgada)	1
Rugosidad (cm)	0.0015
Coefficiente de pérdidas menores	4
Caudal (l/s)	1.4
Velocidad (m/s)	1.95
Perdida unitaria (m)	259.81
Factor de fricción	0.040
Cota	100
Altura(m)	100.24
Presión (m)	1.11

Fuente: Propia del estudio

### Sección 2

Parámetro	Valor
Nudo inicial	2
Nudo Final	3
Longitud (m)	2.11
Diámetro (pulgada)	1
Rugosidad (cm)	0.0015
Coefficiente de pérdidas menores	1.5
Caudal (l/s)	1.12
Velocidad (m/s)	1.56
Perdida unitaria (m)	176.49
Factor de fricción	0.043
Cota	99.95
Altura (m)	100.05
Presión (m)	0.10

Fuente: Propia del estudio

### Sección 3

Parámetro	Valor
Nudo inicial	3
Nudo Final	4
Longitud (m)	2.15
Diámetro (pulgada)	1.5
Rugosidad (cm)	0.0015
Coefficiente de pérdidas menores	1.5
Caudal (l/s)	0.92
Velocidad (m/s)	0.59
Perdida unitaria (m)	22.28
Factor de fricción	0.055
Cota	99.7
Altura	100.02
Presión	0.32

Fuente: Propia del estudio

### Sección 4

Parámetro	Valor
Nudo inicial	4
Nudo Final	5
Longitud (m)	15.50
Diámetro (pulgada)	1.5
Rugosidad (cm)	0.0015
Coefficiente de pérdidas menores	7.5
Caudal (l/s)	0.85
Velocidad (m/s)	0.55
Perdida unitaria	15.91
Factor de fricción	0.046
Cota	98.30
Altura (m)	99.41
Presión (m)	1.11

Fuente: Propia del estudio

La tubería 1 y 2 desembocan en un tanque de balance o succión que se encuentra enterrado a 40 cm. del suelo en el área de recibo específicamente en la zona de parqueo de carros, esto se hace con el fin de facilitar la llegada del agua evitando problemas de presión.

➤ Parámetros tubería 3

La tubería 3 es la encargada de llevar el agua hasta el destino final y para esto se hace necesario el uso de una bomba que succione el agua desde el tanque de balance hasta el tanque de almacenamiento de donde se conducirá el agua hasta el calderin para su posterior uso en calderas, se debe tener en cuenta que la planta ya cuenta con el equipo necesario para conducir el agua hasta este sitio.

Tubería de succión

Parámetro	Valor
Longitud (m)	3.3
Diámetro (pulgada)	3
Rugosidad (cm)	0.0015
Coefficiente de pérdidas menores	2
Caudal (l/s)	2.7
Velocidad (m/s)	0.5
Perdida unitaria (m)	0.033
Factor de fricción	0.042

Fuente: Propia del estudio

Tubería de impulsión

Parámetro	Valor
Longitud (m)	12.9
Diámetro (pulgada)	3
Rugosidad (mm)	0.0015
Coefficiente de pérdidas menores	2
Caudal (l/s)	2.7
Velocidad (m/s)	0.5

Perdida unitaria (m)	0.127
Factor de fricción	0.042

Fuente: Propia del estudio

#### Características de la bomba

Parámetro	Valor
Carga de bombeo (m)	6.36
Eficiencia de la bomba	72 %
Potencia instalada (HP)	0.32
RPM	1150

Fuente: Propia del estudio

## APÉNDICE 4

### Nomenclatura utilizada para las tablas del 9 al 12

SSA. → Sólidos suspendidos en el afluente

SSE → Sólidos suspendidos en el efluente

SSLM → Sólidos suspendidos en el licor mixto

SSVA → Sólidos suspendidos volátiles en el afluente

SSVE → Sólidos suspendidos volátiles en el efluente

SSVLM → Sólidos suspendidos volátiles en el licor mixto

SSVLR → Sólidos suspendidos volátiles en los lodos de recirculación

Q<sub>r</sub> → Caudal de recirculación

Q<sub>p</sub> → Caudal de purga

AGV → Ácidos grasos volátiles

IVL → Índice volumétrico de lodos

F/M → Relación alimento microorganismo

T<sub>h</sub> → Tiempo de retención hidráulico

θ → Edad de lodo

CVol → Carga volumétrica

## APÉNDICE 5 fotos del cuarto de máquinas

Foto 1. Derrame de aceite Cuarto de máquinas



Fuente: Propia del estudio

Foto 2. Canaleta de conducción de cuarto de máquinas



Fuente: Propia de este estudio

Foto 3. Derrame de aceite cuarto de máquina



Fuente: Propia del estudio