

# TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE EFLUENTES CLOACALES E INDUSTRIALES EN SUBSUELO DE ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL “LACTEOS SAN LUCAS S.R.L”

## ÍNDICE GENERAL

<b>1</b>	<b>MARCO DE REFERENCIA DE LA PRÁCTICA SUPERVISADA .....</b>	<b>1</b>
1.1	OBJETIVO DE LA PRÁCTICA SUPERVISADA.....	1
<b>2</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>4</b>
4.1	UBICACIÓN.....	4
4.2	DESCRIPCIÓN EDILICIA DEL ESTABLECIMIENTO .....	4
4.2.1	Playa de Recibo .....	5
4.2.2	Baño .....	6
4.2.3	Ingreso sanitario .....	6
4.2.4	Depósito de Insumos y Elementos de Limpieza.....	7
4.2.5	Vestuario/Comedor.....	7
4.2.6	Laboratorio .....	7
4.2.7	Sala de Elaboración.....	8
4.2.8	Cámara saladero .....	9
4.2.9	Saladero pasta dura .....	10
4.2.10	Sala de Desnatado/Higienizado.....	10
4.2.11	Sector de Envase .....	11
4.2.12	Despacho .....	11
4.2.13	Sala de Caldera.....	12
4.2.14	Depósito de Agua y Suero .....	12
4.2.15	Proyecto en Construcción.....	13
4.3	ABASTECIMIENTO DE AGUA .....	14
4.4	EFLUENTES GENERADOS.....	14
<b>5</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES DEL PROCESO PRODUCTIVO Y CONSIDERACIONES MEDIO AMBIENTALES .....</b>	<b>16</b>
5.1	PRODUCCIÓN DE QUESO .....	16
5.2	RECIBO.....	18
5.3	FILTRACIÓN – CLARIFICACIÓN .....	19
5.4	COAGULACIÓN .....	19

5.5	CORTE Y DESUERADO .....	20
5.6	MOLDEO Y PRENSADO.....	22
5.7	SALADO.....	22
5.8	SECADO .....	23
5.9	MADURACIÓN .....	24
<b>6</b>	<b>PRODUCTOS ELABORADOS .....</b>	<b>25</b>
<b>7</b>	<b>ASPECTO MEDIO AMBIENTALES GENERADOS EN LA ELABORACIÓN DE QUESOS .....</b>	<b>26</b>
7.1	OPERACIONES AUXILIARES EN LA INDUSTRIA .....	26
7.2	OPERACIONES DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN .....	26
7.3	GENERACIÓN DE VAPOR .....	27
7.4	DISPOSICIÓN FINAL DEL LACTOSUERO.....	28
<b>8</b>	<b>SISTEMA EXISTENTE DE DESAGÜES CLOACALES.....</b>	<b>29</b>
8.1	CÁMARA SÉPTICA.....	29
8.2	POZO ABSORBENTE .....	30
<b>9</b>	<b>SISTEMA EXISTENTE DE DESAGÜES INDUSTRIALES.....</b>	<b>31</b>
<b>10</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO A EMPLEAR.....</b>	<b>33</b>
10.1	DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA A EMPLEAR.....	33
10.2	BASES DEL CÁLCULO .....	34
10.3	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PRETRATAMIENTO.....	34
10.3.1	Separación de Sólidos gruesos y finos .....	35
10.3.2	Elevación del efluente.....	35
10.3.3	Ecuación y Homogeneización del caudal .....	35
10.3.4	Neutralización del efluente.....	36
10.3.5	Descarga del Estanque Ecuacionador .....	36
10.3.6	Cámara Interceptora de Grasas.....	36
10.4	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO .....	38
10.4.1	Laguna Anaeróbica.....	38
10.4.2	Laguna Facultativa .....	39
10.4.3	Laguna de Maduración .....	39
10.5	SISTEMA DE DISPOSICIÓN FINAL DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS TRATADOS.....	39
<b>11</b>	<b>MEMORIA DE CÁLCULOS .....</b>	<b>40</b>
11.1	DESAGÜES CLOACALES .....	40
11.1.1	Cámara Séptica.....	40
11.1.2	Pozo Absorbente .....	41
11.2	DESAGÜE INDUSTRIAL.....	41
11.2.1	Caudal de Diseño .....	41
11.2.2	Población Equivalente .....	42
11.2.3	Cámara Interceptora de Grasas.....	42
11.2.4	Estación de Bombeo.....	44

11.2.5	Tanque Homogeneizador .....	44
11.2.5.1	Diseño de la Turbina .....	45
11.2.5.2	Consumo de Potencia.....	45
11.2.6	Laguna Anaeróbica.....	46
11.2.7	Laguna Facultativa .....	48
11.2.8	Laguna de Maduración .....	50
11.2.9	Zanja de Infiltración .....	50
11.2.10	Estimación de la DBO <sub>5</sub> para el vertido del efluente.....	51
<b>12</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>55</b>
<b>13</b>	<b>ANEXO.....</b>	<b>56</b>
13.1	ANÁLISIS DEL EFLUENTE .....	56
13.2	PLANO 1: PLANTA GENERAL.....	57
13.3	PLANO 2: CÁMARA SÉPTICA .....	57
13.4	PLANO 3: CÁMARA DE INSPECCIÓN Y REJAS.....	57
13.5	PLANO 4: DESARENADOR - DESENGRASADOR.....	57
13.6	PLANO 5: POZO DE BOMBEO .....	57
13.7	PLANO 6: HOMOGENEIZADOR .....	57
13.8	PLANO 7: LAGUNA ANAEROBIA .....	57
13.9	PLANO 8: LAGUNA FACULTATIVA.....	57
13.10	PLANO 9: LAGUNA DE MADURACIÓN .....	57
13.11	PLANO 10: DETALLES LAGUNA ANAEROBIA.....	57
13.12	PLANO 11: DETALLES LAGUNA FACULTATIVA .....	57
13.13	PLANO 12: DETALLES LAGUNA DE MADURACIÓN .....	57
13.14	PLANO 13: ZANJA DE INFILTRACIÓN .....	57
13.15	PLANO 14: CORTE LONGITUDINAL NIVELES.....	57
<b>14</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.....</b>	<b>58</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Ubicación del establecimiento Industrial.....</i>	<i>4</i>
<i>Figura 2: Playa de Recibo .....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 3: Ingreso Sanitario .....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 4: Sala de Elaboración .....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 5: Cámara Saladero .....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 6: Saladero para pasta dura.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 7: Sector de Envasado .....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 8: Sala de Caldera.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 9: Tanque de lactosuero .....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 10: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de queso.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 11: Recepción y almacenamiento de leche cruda.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 12: Filtración y Clarificaron de la leche.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 13: Coagulación de la leche.....</i>	<i>20</i>

<i>Figura 14: Corte y Desuerado</i> .....	21
<i>Figura 15: Moldeo y Prensado</i> .....	22
<i>Figura 16: Salado de Quesos</i> .....	23
<i>Figura 17: Secado de Quesos</i> .....	23
<i>Figura 18: Maduración</i> .....	24
<i>Figura 19: Limpieza y Desinfección</i> .....	27
<i>Figura 20: Caldera</i> .....	28
<i>Figura 21: Pozo de Recolección</i> .....	31
<i>Figura 22: Cámara de Inspección</i> .....	31
<i>Figura 23: Pozo de Bombeo</i> .....	32
<i>Figura 24: Lugar de vuelco del efluente</i> .....	32
<i>Figura 25: Diagrama de Flujo del Sistema a Emplear</i> .....	33
<i>Figura 26: Esquema en planta de la cámara interceptora de grasas</i> .....	37
<i>Figura 27: Correlación de potencia vs número de Reynolds para agitadores</i> .....	46
<i>Figura 28: Valores de kt respecto al % remanente de DBO para diversos factores de dispersión</i> .....	47
<i>Figura 29: Valores de kt respecto al % remanente de DBO para diversos factores de dispersión</i> .....	49
<i>Figura 30: Curva de DBOt ejercida.</i> .....	52
<i>Figura 31: Curva de DBO remanente.</i> .....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Clasificación de los efluentes residuales generados en una empresa láctea</i> .....	15
<i>Tabla 2: Valoración de aspectos Medio Ambientales del Proceso</i> .....	26
<i>Tabla 3: Características del efluente a tratar</i> .....	34
<i>Tabla 4: Clasificación de las aguas residuales generadas en la planta</i> .....	42
<i>Tabla 5: Proporciones geométricas del agitador</i> .....	45
<i>Tabla 6: Parámetros de diseño laguna anaerobia</i> .....	46
<i>Tabla 7: Parámetros de diseño laguna anaerobia</i> .....	48



## **1 MARCO DE REFERENCIA DE LA PRÁCTICA SUPERVISADA**

La modalidad de Práctica Supervisada implementada para la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (UNC), tiene como fin brindar al estudiante experiencia práctica complementaria a la formación elegida, para su inserción en el ejercicio de la profesión.

La presente se realizó en la modalidad de Práctica Supervisada Pasante No Rentado (PNR) y fue llevada a cabo con el Ing. Civil Fabricio Colombano en carácter de tutor externo y del Ing. Civil Héctor R. Araujo en condición de tutor académico.

### **1.1 OBJETIVO DE LA PRÁCTICA SUPERVISADA**

El objetivo planteado para la presente Practica Supervisada consiste en introducirse en el ámbito laboral de la ingeniería, conociendo los distintos factores que intervienen en el desarrollo de los proyectos.

Estos factores referidos no solo al ámbito técnico, a partir del cual se podrá establecer una comparación respecto a los contenidos estudiados a lo largo de la carrea; sino también a las relaciones interpersonales de interacción con el comitante y los organismos de control. En el primer caso, para lograr un proyecto que se adapte a las necesidades y posibilidades del mismo, y él en el segundo para situarse dentro del marco legal.



## 2 INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se ha realizado el proyecto de las obras de tratamiento y disposición final de los efluentes derivados del establecimiento industrial Lácteos San Lucas S.R.L.

Para el desarrollo del presente se ha detallado la ubicación y características del emprendimiento, su proceso de producción y dentro de los aspectos sanitarios el abastecimiento de agua y los efluentes generados.

Se presenta en este informe un resumen de los resultados obtenidos y el proyecto de las obras de saneamiento previstas, considerando los condicionantes impuestos por la normativa Provincial en el Decreto 415/99.

### 3 METODOLOGÍA

El presente trabajo puede ser considerado en las siguientes etapas:

- Recopilación de Antecedentes e Información Básica
- Proyecto
  - Ubicación
  - Proceso de producción
- Aspectos Sanitarios
  - Abastecimiento de agua
  - Efluentes generados
- Verificación de Obras Existentes
  - Cámara séptica
  - Pozo absorbente
- Diseño de sistema de tratamiento
  - Pozo de bombeo
  - Cámara interceptora de grasas
  - Tanque homogeneizador
  - Tratamiento Biológico
  - Disposición

## 4 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 4.1 UBICACIÓN

La Industria Láctea propiedad de la firma Lácteos San Lucas S.R.L., se ubica en calle: Carlos Pellegrini S/Nº (entre Bartolomé Mitre y Camino Rural a la Palestina) de la Localidad de Luca, Pedanía Yucat del Departamento General San Martín. La ubicación relativa de la empresa, como se observa en la Figura 1

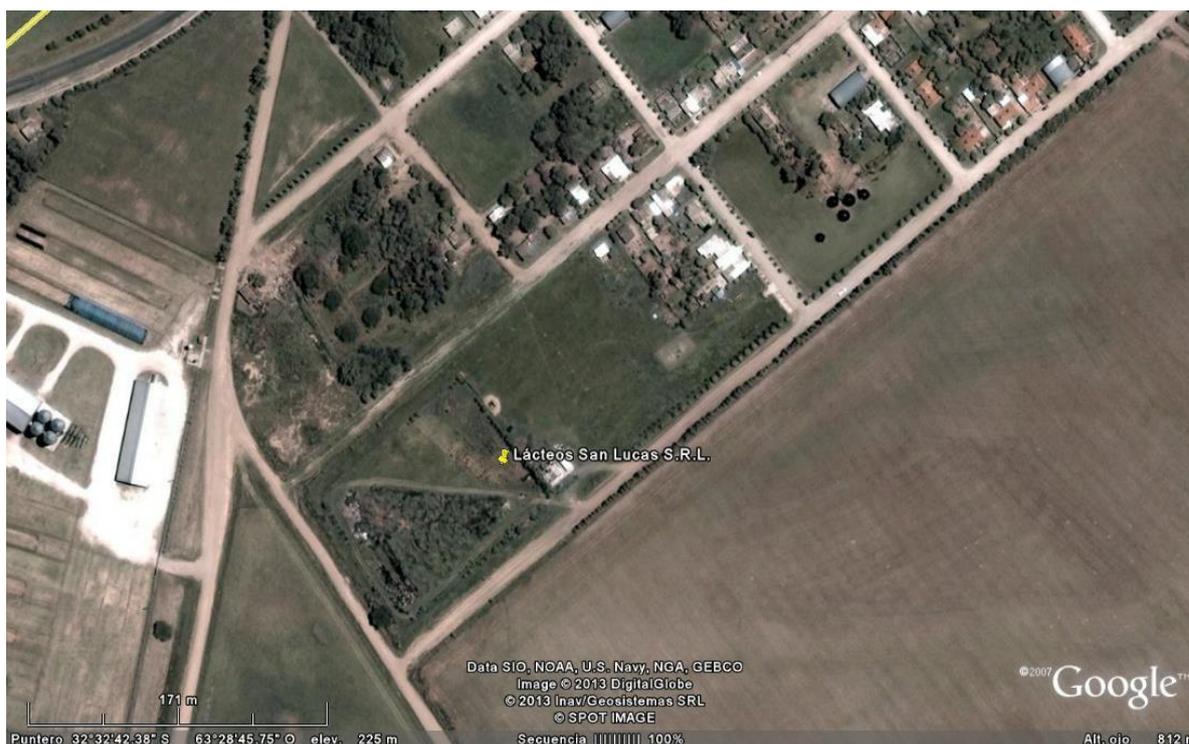


Figura 1: Ubicación del establecimiento Industrial

### 4.2 DESCRIPCIÓN EDILICIA DEL ESTABLECIMIENTO

El Establecimiento "LACTEOS SAN LUCAS" propiedad de La firma "Lácteos San Lucas S.R.L." está ubicado en un lote de 150 m de frente por 100 m de fondo ocupando el 100% de una manzana urbana. En la actualidad funciona en tres bloques separados.

- El primero funciona como oficina/administración.
- El segundo cuenta con la mayoría de dependencias que hacen a la elaboración, estacionado, envasado y despacho.
- El tercero constituye el sector de servicios, conformado por la sala de caldera, pañol de herramientas y generador eléctrico alternativo.
- Entre el sector de elaboración y el de servicios hay piso de cemento que representa la playa de recibo.



- La planta cuenta con una vereda perimetral que la rodea. La superficie cubierta total es de 280 m<sup>2</sup>.

Se está ejecutando un proyecto el cual incluye la construcción de un nuevo sector para aumentar la capacidad de producción, brindando mejores condiciones de trabajo, buscando implementar nuevas tecnologías automatizando la elaboración y el saladero. A continuación se detalla cada sector con sus características propias.

#### 4.2.1 Playa de Recibo

Lugar donde estaciona el transporte de leche. El piso está construido de un alisado de cemento con declive para la recolección de los líquidos de limpieza. La iluminación está provista por un artefacto con lámpara incandescente. En el sector hay provisión de agua potable y llave mezcladora de vapor para obtener agua caliente para el lavado del tanque utilizado para el traslado de la leche. En el lugar se encuentra un silo para almacenar leche fría (con aislante térmico) construido en acero inoxidable con capacidad para 11.000 L. En la pared que colinda con la sala de elaboración se encuentra una perforación dentro de la cual se encuentra un caño de acero inoxidable utilizado para el ingreso de la leche desde el silo hacia el interior directamente a las tinas. La superficie del playón es de 34 m<sup>2</sup>. En el lugar se encuentran:

- Una bomba sanitaria para la recepción de leche.
- Silo térmico de acero inoxidable con capacidad para 11.000 litros.
- Cañería de acero inoxidable.

Dentro de este lugar se encuentra delimitado visualmente el sector destinado al *lavado de bandejas* utilizadas para la comercialización de la producción. Debe destacarse que la planta maneja dos lotes de bandejas, uno de bandejas tipo rejilla para uso interno en etapas de elaboración donde los quesos se encuentran desnudos es decir desde que sale del molde hasta que pasa al sector de envase, el otro lote de bandejas es utilizado para contener las piezas a partir desde que son envasadas o pintadas y nunca ingresan a los sectores de elaboración propiamente dichos.



**Figura 2:** Playa de Recibo

#### **4.2.2 Baño**

Superficie 3 m<sup>2</sup>. Paredes pintadas con pintura lavable blanca, hay provisión de agua potable fría y caliente, la iluminación artificial la provee lámparas incandescentes, la natural y la ventilación una ventana con tejido mosquitero de 0,35 x 0,50 m. En este lugar se encuentran:

- Inodoro, lavabos, toallas descartables, jabón líquido, cesto de residuos.
- Ducha.

#### **4.2.3 Ingreso sanitario**

Superficie 5 m<sup>2</sup>. Se ingresa desde el exterior por una puerta doble, la 1º hoja de chapa pintada blanca y la 2º con tejido mosquitero con cierre automático, las dimensiones de la abertura son 1,20 x 2,2 m de alto. Las paredes están revestidas con pintura epoxi blanca, el piso tiene cerámicos. Esta dependencia se comunica con:

- vestuario/comedor por puerta de aluminio.
- depósito de insumos y elementos de limpieza también por puerta de aluminio.
- sala de elaboración, abertura con cortina plástica.

La iluminación artificial la provee un equipo de dos tubos fluorescentes cerrado anti explosión. En el lugar se encuentra un lavabo que se acciona con el pie, provisión de agua potable, jabón líquido, toallas descartables, cesto de residuos y lava botas.



Figura 3: Ingreso Sanitario

#### 4.2.4 Depósito de Insumos y Elementos de Limpieza

Sup. 7 m<sup>2</sup>. Las paredes están cubiertas con pintura blanca lavable, el techo es de chapa. Posee artefacto cerrado con lámpara incandescente. En esta dependencia se encuentran delimitados visualmente dos sectores uno para depósito de elementos de limpieza perfectamente identificados y cerrados de 2,5 m<sup>2</sup>. El otro donde se encuentran los insumos, también de 2,5 m<sup>2</sup>. Todo sobre tarimas y estanterías.

#### 4.2.5 Vestuario/Comedor

Sup. De 9,6 m<sup>2</sup>. Piso con cerámicos, paredes con pintura blanca, luz artificial provista con equipo de tubos fluorescentes cerrado anti explosión. Hay un armario, una heladera, cocina, elementos y utensilios.

#### 4.2.6 Laboratorio

Sup. Delimitada visualmente de 2 m<sup>2</sup>, consiste en una mesada que contiene elementos para el muestreo de leche y su posterior análisis, tales como: acidez, sólidos, aguado, densidad, grasa, etc. La empresa cuenta con:

- Eco milk, que permite no solo analizar leche sino la calidad del producto en las distintas etapas de elaboración.
- PH metro de mano, para controlar la curva de PH y asegurar los puntos óptimos de control de procesos.
- Acidímetro.
- Lactodensímetro.

- Pesa sal.

#### 4.2.7 Sala de Elaboración

Se ingresa a esta sala es a través de una puerta con cortina plástica de 2 x 2,10 m., la cual comunica al Ingreso Sanitario. Posee una superficie de 60 m<sup>2</sup>. El piso está revestido con cerámicos, las paredes están revestidas hasta el techo con pintura blanca epoxi. El techo es chapa de cinc (está proyectado revestirlo con cielorraso sanitario, mientras tanto se desinfecta diariamente mediante limpieza y desinfección profunda como se indica en el programa de POES), se encuentra a una altura promedio de 3 m. La iluminación y la ventilación natural está provista por una ventana de aluminio con tejido mosquitero de 1.00 x 1,50 m. La iluminación artificial la proveen cuatro equipos de dos tubos fluorescentes cerrados anti explosión. Desde la sala de elaboración se accede a:

- Saladero quesos de pasta dura. Por puerta con cortina plástica.
- Sala de desnatado. Por puerta con cortina plástica.
- Cámara Saladero. Por puerta de acero inoxidable con aislación térmica.

En esta sala se encuentran los siguientes equipos:

- Cuatro tinas de acero inoxidable completas con capacidad para 1.100 litros cada una, con moto-reductor con bandeja sanitaria.
- Un Pasteurizador continuo con capacidad de 5.000 l/h ETI de última generación, no utiliza agua, lo que disminuye el volumen de agua a tratar como efluente.
- Una prensa de acero inoxidable de 9 cuerpos.
- Una mesa de acero inoxidable para el moldeo de quesos.
- Una mesada pequeña tipo repisa que hace de laboratorio (para control de procesos) para ubicar en la misma el acidímetro y otros utensilios para el control de calidad de leche y de productos.
- Una batea de acero inoxidable con provisión de agua caliente (llave mezcladora de agua vapor) utilizada para el lavado de utensilios, moldes y otros elementos.
- Un extractor forzador para la expulsión del vapor.
- Caños de acero inoxidable para el transvaso de leche.



**Figura 4:** Sala de Elaboración

#### **4.2.8 Cámara saladero**

Tiene una superficie de 22 m<sup>2</sup>. Paredes terminadas con estucado pintadas con epoxi. Las paredes tienen aislante térmico al igual que el piso y el techo. El piso es de estucado. Tiene cielorraso pintado con epoxi. Equipo de tubos fluorescentes anti explosión cerrado. En esta dependencia se encuentran delimitadas visualmente dos superficies, una para saladero, la segunda para oreado-estacionado. Se observan:

- Tres piletones de mampostería terminado en estucado sanitario utilizados como saladero.
- Un equipo de frío con forzador/condensador para re circular el aire con control automático de temperatura.
- Una estantería de madera acondicionada para estacionar quesos.

Esta dependencia se comunica con la sala de elaboración y con el sector de envase.



**Figura 5:** Cámara Saladero

#### **4.2.9 Saladero pasta dura**

Sup. De 10 m<sup>2</sup>. Paredes con pintura blanca epoxi, piso de cemento estucado antideslizante, artefacto con tubos fluorescentes cerrado anti explosión. Hay piletas de fibra de vidrio sanitarias con salmuera acondicionada para quesos de pasta dura.



**Figura 6:** Saladero para pasta dura

#### **4.2.10 Sala de Desnatado/Higienizado**

Sup. de 14 m<sup>2</sup>. Características similares a la sala de elaboración. Hay una desnatadora, una batea de acero inoxidable, una bomba sanitaria, tarros para crema.

En esta habitación está instalado el tablero eléctrico con los comandos y controles de los equipos de frío de la cámara saladero.

#### 4.2.11 Sector de Envase

Superficie de 9 m<sup>2</sup>. Se comunica con la cámara saladero por una tronera que hace de barrera sanitaria, con la cámara de producto terminado y con el despacho. La iluminación artificial la provee un equipo de tubos fluorescentes anti explosión del tipo cerrado. En este lugar se encuentran:

- Una máquina envasadora al vacío.
- Una batea de acero inoxidable provista de agua y vapor para posibilitar la termo contracción de la bolsa.
- Una mesada de acero inoxidable también provista de agua segura donde se inspeccionan las piezas antes de envasar.
- Una mesa de acero inoxidable donde se pintan y rotulan productos como sardo, gouda y holanda.
- Un extractor para evacuar el vapor generado por el termo contraído de las bolsas.



Figura 7: Sector de Envasado

#### 4.2.12 Despacho

Paredes pintadas de blanco, piso lavable sanitario. Tiene un alero de chapa de cinc, equipo de tubo fluorescente cerrado. En este sector se encuentra una balanza con bandeja de acero inoxidable del tipo electrónica.

#### 4.2.13 Sala de Caldera

Sup. 12 m<sup>2</sup>. Es una estructura separada del resto. Paredes de mampostería terminadas con revoque fino pintadas con pintura al agua blanca. Pisos de cemento sin revestir con declive para la recolección de líquidos. Techo de chapa tipo volable que cumple con lo exigido por la legislación vigente. En este lugar se encuentra una caldera horizontal de 25 m<sup>3</sup> de calefacción de combustión a leña. Hay una bomba de alta presión para el abastecimiento de agua. Un tablero de control. La iluminación está provista por lámpara incandescente. Esta dependencia tiene provisión de agua potable.



Figura 8: Sala de Caldera

#### 4.2.14 Depósito de Agua y Suero

Sobre una estructura de hierro a 6 m. de altura se encuentra un tanque 2.750 litros utilizado como depósito de agua potable, debe mencionarse que el agua utilizada es de red y la provee la Cooperativa de Luca.

***El suero obtenido por la elaboración de quesos es bombeado hacia un tanque móvil externo plástico ubicado fuera de la planta y desde allí transportado hacia otra explotación para alimentar la recria del tambo.***



**Figura 9:** Tanque de lactosuero

#### 4.2.15 Proyecto en Construcción

Se está ejecutando un proyecto con el objetivo de mejorar la capacidad de planta incorporando un bloque nuevo que componen 200 m<sup>2</sup> cubiertos y la implementación de nueva tecnología. Todas las dependencias nuevas tienen las mismas características de construcción, paredes de hormigón prefabricados revestidas con mortero epoxi hasta el techo, el piso es de cemento con desnivel para la evacuación de líquidos también revestido con mortero epoxi y terminando en zócalo sanitario. El techo es de chapa de cinc con cielorraso de PVC sanitario. La iluminación proyectada es en su totalidad provista por equipos cerrados anti explosión para tubos fluorescentes. El proyecto incluye las siguientes dependencias:

- Pasillo de comunicación: sup. 8 m<sup>2</sup>. Esta dependencia cumple la función de comunicar la planta existente con la nueva construcción, hay una puerta doble que da al exterior.
- Sala de Pasterizado y desnatado. Sup. 24 m<sup>2</sup>. En él se instalarán el pasteurizador y una estandarizadora - higienizadora.
- Sala de elaboración, con una sup. de 96 m<sup>2</sup>. En la misma se instalarán:
  - ✓ dos tinas doble cero de 3.000 litros c/u, totalmente automáticas con puente de mando completo en acero inoxidable.
  - ✓ Mesa para desuerado automática, con pre prensado neumático.
  - ✓ Prensas.
  - ✓ Batea para lavado de utensilios.

- ✓ Mesa móvil para moldeo, trapeado, volteo.
- ✓ Canastos para sumergir las bandejas dentro del saladero.
- Saladero, con una sup. de 48 m<sup>2</sup>. Dentro del mismo se instalará una pileta para realizar el salado tipo sumergible el cual incluye equipo para enfriar y circular la salmuera con un diferencial de temperatura posibilitando el salado tanto para queso duro como blando.
- Cámara para oreado de 20 m<sup>2</sup>

### 4.3 ABASTECIMIENTO DE AGUA

Debido a las características de la materia prima empleada, a los productos fabricados, las condiciones higiénicas de los equipos e instalaciones de la planta se deben garantizar la calidad de los productos elaborados.

El mantenimiento de las condiciones higiénicas en la empresa láctea exige llevar a cabo operaciones de limpieza y desinfección de forma continua. 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, para ello cual se abastece de agua a través de Red domiciliaria y desde una perforación existente en el predio.

La calidad del agua empleada en la empresa láctea debe ser la de agua para uso doméstico, especialmente en el caso de que el agua entre en contacto directo con el producto, como por ejemplo el agua empleada en el tratamiento térmico de la leche, en las salmueras de salado de queso.

En cuanto a la cantidad de personal trabajan en forma permanente 1 persona en oficina y 4 en planta. El consumo medio diario es de 1 m<sup>3</sup>/día.

### 4.4 EFLUENTES GENERADOS

El problema más importante de la industria láctea es la generación de aguas residuales, tanto por su volumen como por la carga contaminante asociada (fundamentalmente orgánica). En cuanto a volumen de aguas residuales generado por la empresa se pueden encontrar valores que oscilan entre 1.5 y 2 L/L de leche procesada.

Las aguas residuales generadas se pueden clasificar en función de los tres focos de generación: proceso y limpieza, refrigeración y servicios sanitarios. Se muestra en la siguiente tabla:



4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Origen	Descripción	Características	Volumen *
Limpieza y proceso	Limpieza de superficies, tuberías, tanques, equipos. Perdida de proceso producto, lactosuero, salmuera, fermentos, etc.	pH extremos, alto contenido orgánico (DBO y DQO), aceites y grasas, solidos.	0.8 – 1.5
Refrigeración	Aguas de torre de enfriamiento, condensado, etc.	Variaciones de temperatura y conductividad	2-3
Sanitarios y Vestuarios	Agua para higiene personal	Materia orgánica, solidos suspendidos.	1

\*Volumen expresado en L de aguas residuales / L de leche procesada (Fuente: E. Spreer, 1991).

**Tabla 1:** Clasificación de los efluentes residuales generados en una empresa láctea



## **5 DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES DEL PROCESO PRODUCTIVO Y CONSIDERACIONES MEDIO AMBIENTALES**

### **5.1 PRODUCCIÓN DE QUESO**

La elaboración de queso es una de las formas más antiguas de procesado de la leche. Antes de comenzar con las operaciones de fabricación de queso, la leche debe ser tratada y preparada para acondicionar sus características físicas, químicas y biológicas (filtración, clarificación, normalización) al producto final que se quiere obtener. Una vez lista para iniciar la etapa de coagulación la leche se lleva a la temperatura adecuada y se añaden los fermentos y/o enzimas encargados de la formación del gel o coágulo. Terminada la coagulación, se corta la cuajada en pequeños cubos para favorecer el desuerado. Después de separar el suero, se introduce la cuajada en los moldes y en algunos casos se prensa. Una vez estabilizada la forma del queso, se sala y se procede a la maduración.

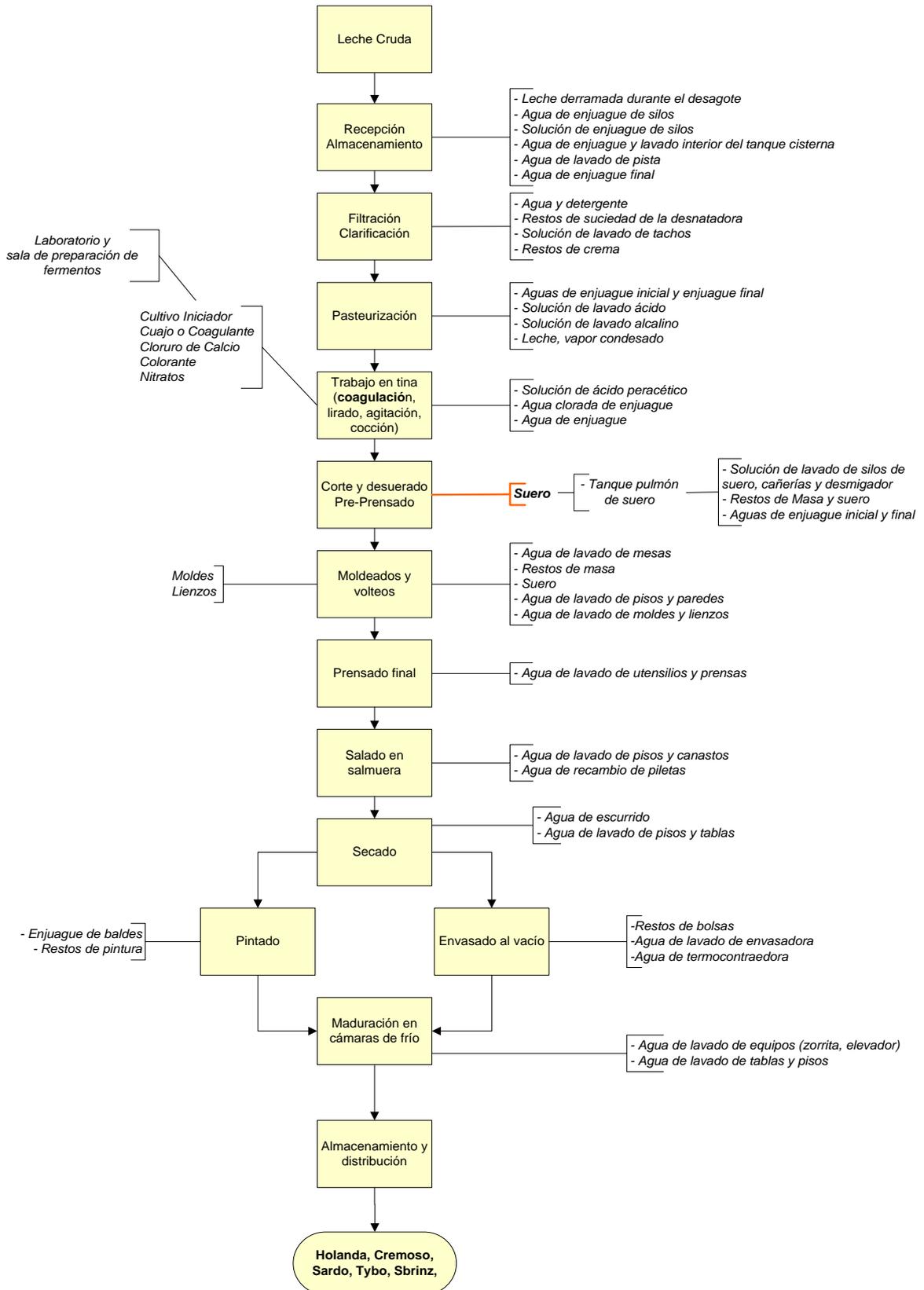


Figura 10: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de queso



## 5.2 RECIBO

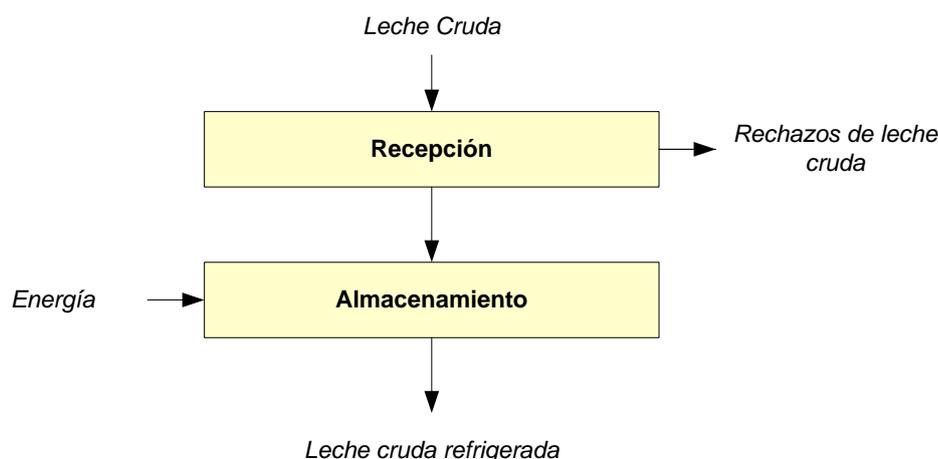
Normalmente la leche llega hasta la planta en camiones cisterna. Estos tanques son de acero inoxidable, aluminio o en algunos casos pueden ser incluso de plástico. La capacidad de los mismos es también muy variable.

Es habitual que a la llegada de la leche a la planta se tomen muestras para realizar los correspondientes análisis de calidad y determinación del contenido graso y proteico de la leche.

Tras la recepción, la leche se almacena en condiciones refrigeradas hasta su entrada en línea. De esta forma se garantiza la conservación de la leche hasta su tratamiento.

En esta etapa se realiza también la limpieza de los camiones o tanques de recogida de la leche antes de realizar el siguiente transporte. La limpieza de los camiones y tanques se describe con mayor detalle en el apartado correspondiente a las operaciones de limpieza, donde se indican también los aspectos medioambientales derivados de esta operación.

Una vez recibida, la leche se almacena temporalmente en tanques refrigerados hasta su entrada en proceso. A continuación, la leche se filtra para eliminar los sólidos extraños visibles y se clarifica para eliminar la suciedad y coágulos de proteína.



**Figura 11:** Recepción y almacenamiento de leche cruda

En esta etapa se producen pérdidas de leche debido a las operaciones de vaciado y llenado de los depósitos. Estas pérdidas de leche pueden llegar a los sistemas de evacuación de aguas residuales contribuyendo a aumentar la carga orgánica contaminante de las mismas. Durante el almacenamiento se producen consumos importantes de energía eléctrica.

Hay que señalar que durante esta etapa puede detectarse leche que no cumpla con los requisitos de calidad requeridos por lo que puede dar lugar a un rechazo de la leche recibida.

El consumo de agua y su posterior vertido se produce en el enjuague y limpieza de los camiones, mangueras, conducciones y depósitos. Como ya se ha indicado, este



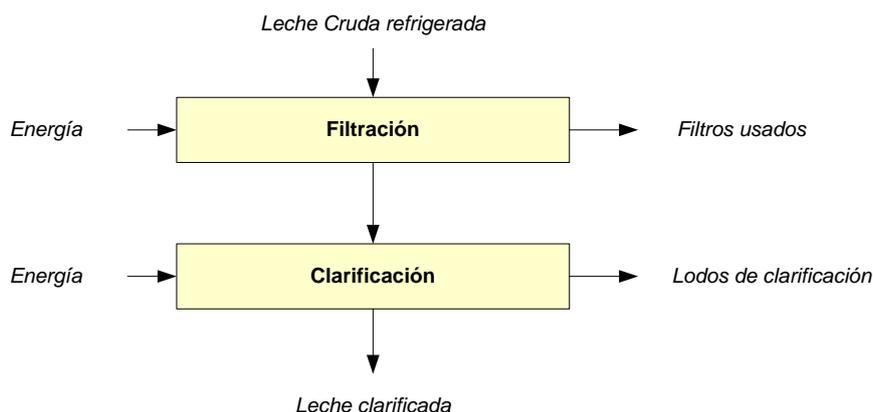
aspecto se recoge de forma general para todas las operaciones de limpieza en el apartado correspondiente.

### 5.3 FILTRACIÓN – CLARIFICACIÓN

A continuación se eliminan las partículas orgánicas e inorgánicas de suciedad que pueda contener la leche tras el ordeño o debido al transporte. También se eliminan los aglomerados de proteínas (coágulos) que se forman en la leche. El grado de impurezas de la leche variará en función de las técnicas de ordeño, del tratamiento en los tambos y del transporte. En cualquier caso, es inevitable un proceso de depuración en la industria.

En primera instancia se puede realizar una filtración para eliminar las partículas más groseras (dependerá del diámetro de paso del filtro empleado). Posteriormente tiene lugar la clarificación de la leche, donde se eliminan las partículas orgánicas e inorgánicas y los aglomerados de proteínas.

Esta operación se realiza utilizando centrífugas, que basándose en la fuerza centrífuga, separan las impurezas con un peso específico superior al de la leche.



**Figura 12:** Filtración y Clarificación de la leche

En esta operación se generan los llamados lodos de clarificación. Estos lodos son residuos semipastosos formados por partículas de suciedad, gérmenes y por otras sustancias principalmente de tipo proteico. Si son vertidos con el efluente final pueden producir aumentos importantes de la carga contaminante del vertido dando lugar a problemas en el medio receptor. También se producen pérdidas de leche que pueden ser arrastradas junto con las aguas residuales hasta el vertido final.

En la filtración aparecen como residuo los filtros usados en esta etapa. Tanto en la filtración como en la clarificación se produce el consumo de energía eléctrica.

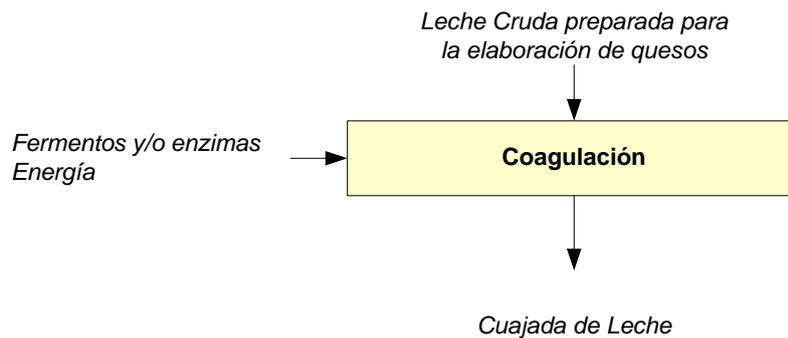
### 5.4 COAGULACIÓN

La operación de coagulación se basa en provocar la alteración de la caseína y su precipitación, dando lugar a una masa gelatinosa que engloba todos los componentes de la leche.

La naturaleza del gel que se forma al coagular la caseína influye poderosamente sobre los posteriores procesos de fabricación del queso (desuerado, desarrollo de la maduración, formación de "ojos").

La coagulación se realiza en cubas donde se forma la cuajada y puede realizarse de tres formas:

- Coagulación ácida
- Coagulación enzimática.
- Coagulación mixta



**Figura 13:** Coagulación de la leche

Durante esta etapa pueden producirse pérdidas o derrames de la leche por el manejo de la misma.

El consumo de energía eléctrica producido en esta etapa es debido a las condiciones de temperatura, que a veces son necesarias, para la formación de la cuajada.

## 5.5 CORTE Y DESUERADO

El gel formado en la coagulación, cualquiera que sea el método empleado, constituye un estado físico inestable. Según las condiciones en las que se encuentra la fase líquida o lactosuero que lo impregna, se separa más o menos rápidamente. Este fenómeno es el que se conoce como desuerado.

El desuerado de una cuajada obtenida por coagulación ácida es difícil y da lugar a una cuajada muy húmeda y poco desuerada. Esto es debido a la dispersión de los agregados de caseína, a la escasa contracción del coágulo y a la ausencia de carga mineral de la caseína, que forma una masa plástica que encierra el lactosuero. Se puede considerar que el desuerado se produce como un escurrido a través de la masa del coágulo.

El coágulo obtenido por vía enzimática no desuera al dejarlo en reposo, sino que para la salida del lactosuero es necesario realizar acciones mecánicas. Para favorecer el desuerado, se corta la cuajada y de esta forma se consigue multiplicar la superficie de exudación.

Las condiciones en que se efectúa el troceado del gel influyen sobre el producto final obtenido, por lo que según el tipo de queso el troceado puede ser más o menos intenso.

Existen dos métodos principales de desuerado. En el desuerado en cuba, el coágulo es dividido en cubos que quedan bañados por el lactosuero que exudan. En el desuerado en molde, el coágulo más o menos dividido es mantenido en masa, de la cual el lactosuero es separado a medida que se va formando.

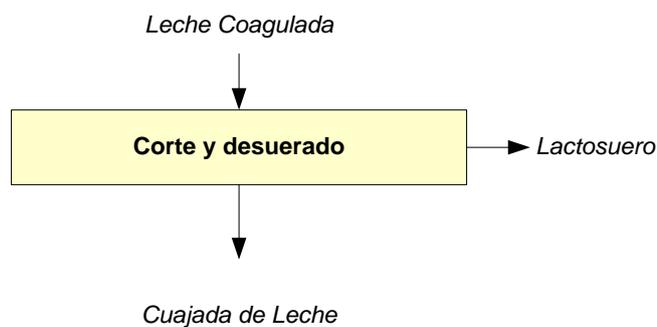
La separación del lactosuero de las cuajadas dejadas en reposo es débil y lenta y en la mayor parte de los quesos no se conseguiría la composición final deseada.

Por este motivo se realizan otras operaciones que faciliten el desuerado de la cuajada. Existen dos tipos de tratamientos: térmicos y mecánicos.

Para la elaboración de determinados quesos donde se quiere obtener un extracto seco muy alto se emplean los tratamientos térmicos, donde debido a la elevación de la temperatura se produce un aumento del grado de desuerado del queso.

Por otra parte los tratamientos mecánicos que se aplican a la cuajada pueden ser: el cortado, la agitación, el moldeo, el prensado, etc. Según el tipo de queso, se utiliza uno o varios de estos tratamientos.

La agitación consiste en agitar en el lactosuero los trozos de cuajada obtenidos después del cortado para evitar la tendencia a la sedimentación de la cuajada dividida.



**Figura 14:** Corte y Desuerado

El principal aspecto medioambiental generado por la elaboración de queso es la producción de lactosuero. Según el tipo de coagulación empleado se obtendrá un tipo de lactosuero distinto:

- Suero dulce. Es generado durante la coagulación enzimática de la leche. Generalmente contiene entre 0,6-0,9% de proteína soluble, alrededor del 0,3% de grasa y una gran cantidad de lactosa (más del 5%). En este tipo de suero la presencia de ácido láctico es prácticamente inapreciable.
- Suero ácido. Se genera cuando se realiza coagulación ácida para coagular la leche. Este tipo de lactosuero contiene aproximadamente la misma proporción de proteína soluble que el lactosuero dulce pero una menor proporción de grasa y algo menos de lactosa (4,5%), mientras que el ácido láctico representa hasta un 0,8%.

Genéricamente hablaremos de lactosuero para referirnos al suero obtenido en el proceso de elaboración de queso independientemente del tipo de coagulación empleado.



El contenido en lactosa y proteína del lactosuero origina un incremento especialmente alto del grado de contaminación de las aguas residuales (llegando a superar los 60.000 mg DQO / l de lactosuero).

*Por esta razón se evita el vertido del lactosuero junto con el resto de las aguas residuales.*

## 5.6 MOLDEO Y PRENSADO

El moldeo consiste en verter, en los moldes preparados para este fin, los trozos de cuajada. Los moldes son de plástico (PVC), aunque a veces se emplean metales o maderas. Los moldes deben ser de tal característica que le confieran al queso acabado las medidas y el peso establecidos.

El prensado se aplica para favorecer la expulsión del suero intergranular de la cuajada y dar al queso su forma definitiva. El prensado proporciona una mayor consistencia al producto final. La intensidad de la presión ejercida variará en función del tipo de queso. El prensado de los quesos puede realizarse tanto por la presión que ejerce el peso de los mismos quesos como aplicando una fuerza adicional.

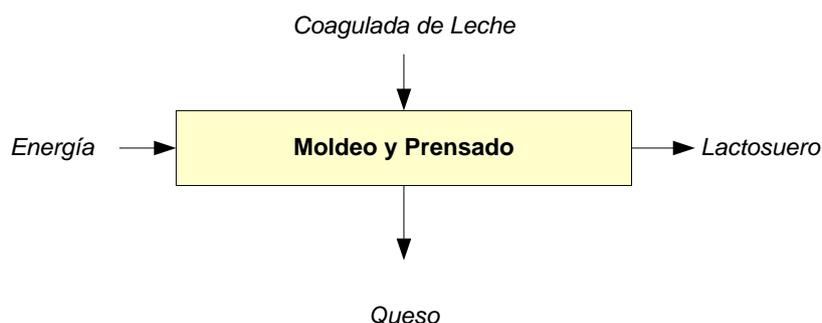


Figura 15: Moldeo y Prensado

Al igual que en la etapa anterior, el consumo de energía eléctrica dependerá del grado de automatización del proceso.

Durante el prensado también se produce la salida de lactosuero de la masa del queso, aunque la cantidad de lactosuero generada en esta etapa es menor que en el desuerado.

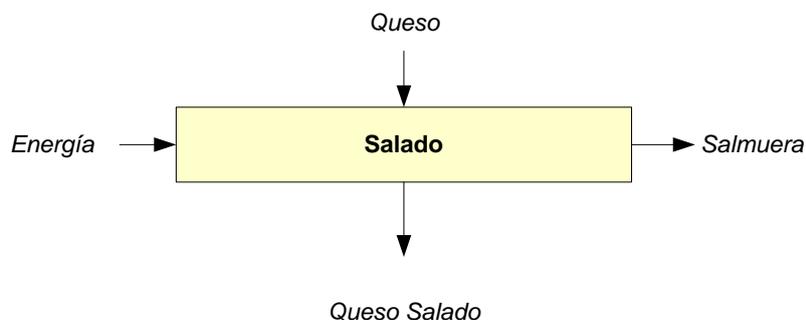
## 5.7 SALADO

Cada variedad de queso tiene asignado un determinado contenido en sal común. Como norma general, el contenido de sal disminuye a medida que disminuye la proporción de extracto seco.

El salado es uno de los factores que más influyen en darle al queso el sabor deseado. Además interviene en la regulación del contenido de suero y de la acidez. La sal hace que se esponje la pasta del queso, asegura su conservación (junto con el valor de pH), inhibe la germinación de los microorganismos causantes del hinchamiento y estimula el desarrollo de la flora de maduración del queso. El contenido en sal también influye

en la consistencia del queso: cuanto mayor es el contenido de sal, mayor es la consistencia del queso.

Esta operación se realiza sobre el queso, empleando salmueras (al 16-22% de sal). El tiempo y la cantidad o concentración de sal dependen del tipo de queso y del método de salado.



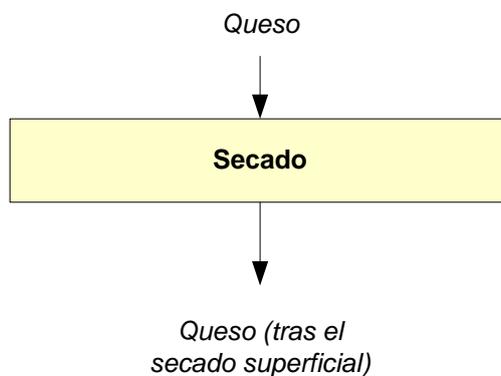
**Figura 16:** Salado de Quesos

En la etapa de salado se produce el consumo de agua para la formación de la salmuera y el vertido puntual de éstas una vez se agotan. Esto produce un vertido de elevada conductividad (similar al vertido de salmuera).

## 5.8 SECADO

Una vez terminada la operación de salado, el queso puede exponerse a una corriente de aire para que se seque la superficie. El secado superficial tiene una especial importancia cuando el queso se envuelve o se recubre de cera para su maduración.

Esta operación se realiza en salas o cámaras de secado acondicionadas para este fin. En ellas se hace circular una corriente de aire con unas condiciones de temperatura y humedad controladas para provocar el secado superficial del queso.



**Figura 17:** Secado de Quesos



## 5.9 MADURACIÓN

Los quesos, una vez salados y secados, son llevados a las salas o cámaras de maduración, en las que se controla la temperatura y la humedad.

La maduración del queso incluye procesos físicos, microbiológicos y enzimáticos, dando lugar a un producto acabado con unas determinadas características de aroma, sabor y textura.

### *Transformaciones organolépticas*

Los procesos más evidentes que tienen lugar son, generalmente:

- Formación de una corteza más o menos dura, que según el tipo de queso puede ser seca o estar recubierta con una capa de fermentos o mohos (aspecto externo).
- Formación de una pasta homogénea y suave de un color que puede ir desde el blanco hasta el amarillo (aspecto interno).
- Formación de agujeros u "ojos", de fisuras o de hendiduras.

### *Transformaciones químicas*

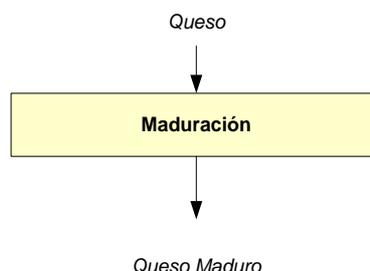
- La caseína sufre un desdoblamiento hidrolítico (descomposición con adición de agua) que se desarrolla escalonada o paralelamente, a veces hasta sus componentes elementales, los aminoácidos.
- En las transformaciones químicas también se ven involucradas las grasas, que sufren un desdoblamiento que va a ser el origen de la producción de las sustancias aromáticas que caracterizarán al queso acabado.

### *Transformaciones microbiológicas*

Una de las condiciones indispensables para que la maduración se desarrolle de una forma óptima es la formación de una flora específica de maduración. Se caracteriza fundamentalmente por ser una flora superficial y por la formación de agujeros en el interior de la pasta del queso.

### *Transformaciones microbiológicas*

Una de las condiciones indispensables para que la maduración se desarrolle de una forma óptima es la formación de una flora específica de maduración. Se caracteriza fundamentalmente por ser una flora superficial y por la formación de agujeros en el interior de la pasta del queso.



**Figura 18:** Maduración



## **6 PRODUCTOS ELABORADOS**

- Queso Tybo (Semi Duro)
- Queso Cremoso (Pasta Blanda)
- Queso Holanda (Pasta Semi Dura)
- Queso Sardo/Provolone/Sbrinz (Pasta Dura)



## 7 ASPECTO MEDIO AMBIENTALES GENERADOS EN LA ELABORACIÓN DE QUESOS

A continuación se presenta una tabla en la que se resumen y valoran los aspectos medioambientales que se pueden generar en el proceso de elaboración de queso.

Operación Básica	Efecto	Orden
Coagulación	Consumo de energía térmica	2.º
Corte y desuerado	Vertido de lactosuero	1.º
Moldeo y prensado	Vertido de lactosuero	1.º
	Consumo de energía eléctrica	2.º
Salado	Consumo de agua	1.º
	Vertidos de salmuera	1.º
Secado	Consumo de energía eléctrica	2.º
Maduración	Consumo de energía eléctrica	2.
Limpieza	Consumo de energía térmica	1.º
	Consumo de agua	1.º
	Vertido de aguas residuales (volumen de vertido y carga contaminante)	1.º
	Consumo de productos químicos	2.º
	Generación de residuos (envases de productos de limpieza)	
	Consumo de energía eléctrica	2.º

1º Contaminación Importante, 2º Menos Importante. (Fuente: INTI)

**Tabla 2:** Valoración de aspectos Medio Ambientales del Proceso

### 7.1 OPERACIONES AUXILIARES EN LA INDUSTRIA

En este apartado se describen las operaciones auxiliares comunes a todos los procesos de la industria. Los aspectos medioambientales asociados a estas operaciones aparecen valorados al final de este apartado.

### 7.2 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 empresas lácteas deben garantizar la calidad de los productos elaborados.

El mantenimiento de las condiciones higiénicas en la empresa láctea exige llevar a cabo operaciones de limpieza y desinfección de forma continua. 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.

La limpieza y la desinfección son dos operaciones que suelen realizarse sucesivamente en el tiempo, primero limpieza y luego desinfección, empleando detergentes y desinfectantes por separado. Sin embargo, también pueden realizarse de forma conjunta utilizando productos de acción combinada.

En cualquier caso, para la realización de 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 (presión, temperatura, cepillos, esponjas y escobas) y químicos (productos ácidos y básicos). Normalmente se utilizan de manera conjunta en la limpieza de equipos e instalaciones.



Figura 19: Limpieza y Desinfección

Como consecuencia de las operaciones de limpieza se produce el vertido de las aguas de limpieza y de productos químicos empleados, más la carga orgánica debida al arrastre o disolución de los restos de producción.

En la limpieza de instalaciones también pueden aparecer partículas de arena y polvo, que llegan a la industria por distintas vías, pero lo más corriente es que se eliminen restos de componentes orgánicos de la leche (grasa, proteínas, sales minerales).

En general, la utilización de sistemas de limpieza basados en los medios físicos supone ahorros en el consumo de agua y una menor generación de vertidos.

### 7.3 GENERACIÓN DE VAPOR

Las necesidades de calor en la empresa se cubren en su mayor parte utilizando vapor de agua o agua caliente en función de las necesidades de la operación y del proceso.

El vapor se produce en calderas de vapor y posteriormente se distribuye a través de tuberías a los distintos puntos de utilización en la empresa.

Este sistema requiere de una instalación complementaria de tuberías donde pueden producirse pérdidas importantes de calor, por lo que cuentan con el aislamiento térmico adecuado para evitar estas pérdidas.

El agua empleada en la alimentación de las calderas no requiere condiciones higiénicas especiales, pero es necesario que 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. Por ello se utilizan frecuentemente productos químicos para evitar las incrustaciones y las deposiciones de sales.

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.

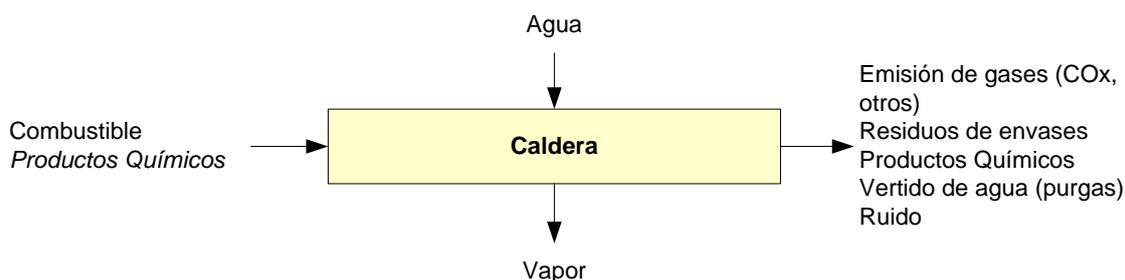


Figura 20: Caldera

Los procesos de combustión están asociados a la emisión de gases a la atmósfera cuya composición y cantidad variará principalmente en función del tipo de combustible empleado y de las condiciones de funcionamiento de la caldera. En la combustión de Leña (es el combustible empleado en la industria láctea) se produce la emisión de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), principalmente.

#### 7.4 DISPOSICIÓN FINAL DEL LACTOSUERO

El lactosuero generado en la elaboración de queso es unas nueve veces el volumen de queso, con una DQO de 60.000 mg/l. Estas características convierten al lactosuero en un efluente muy problemático si se vierte al medio ambiente.

Por lo tanto se han implementado las siguientes medidas de control para evitar las pérdidas de lactosuero e impedir que lleguen al vertido final.

- Colocando bandejas colectoras para evitar los goteos y derrames en los puntos de salida del lactosuero.
- Retirar totalmente el lactosuero y los restos de cuajada de los moldes antes de realizar las limpiezas.
- Recoger el lactosuero en un depósito específico para el mismo.
- Establecimiento de procedimientos de operación.
- Formación del personal.



## 8 SISTEMA EXISTENTE DE DESAGÜES CLOACALES

En sectores donde no existe un servicio de colectoras cloacales, el sistema más difundido por su efectividad y economía es el compuesto por cámara séptica e infiltración en el subsuelo. La totalidad de los líquidos efluentes de una vivienda se pueden derivar a este sistema de depuración y disposición.

Debido a la capacidad de infiltración del suelo de la zona, la magnitud de los caudales efluentes y la no disponibilidad de red colectora cloacal, el sistema de tratamiento primario se realiza con una cámara séptica y posterior vuelco al subsuelo mediante pozo absorbente.

Los parámetros de diseño para el sistema de tratamiento y disposición han tenido en cuenta que en la planta y oficina trabajan en la actualidad 5 personas.

### 8.1 CÁMARA SÉPTICA

La cámara séptica recibe el aporte de los efluentes cloacales de inodoros, bidé, duchas, lavatorios, etc. y bajo ningún concepto se deberán enviar desagües pluviales a la cámara. En esta unidad se produce la separación de las fases líquidas y sólidas del efluente, convirtiéndose la primera en el efluente de la cámara y la segunda sedimenta formando depósitos o flota transformándose en costra o espuma superficial. La función principal de la cámara séptica es la disgregación y decantación del efluente, realizando solamente un tratamiento primario.

Los barros sedimentados se digieren anaeróticamente, lo mismo sucede con la espuma además de la acción degradante de los hongos. Ambas acciones provocan la transformación de la materia orgánica del efluente.

La espuma que ocupa la superficie del líquido de la cámara séptica, está constituida por grasas y sólidos refltados por los gases ascendentes, provenientes de la digestión anaeróbica de los barros.

La cámara séptica debe diseñarse con la capacidad para cumplir con las siguientes funciones:

- Intercepción de sólidos
- Digestión de los sólidos sedimentados
- Almacenamiento de los sólidos digeridos
- Almacenamiento y degradación de la espuma

Para el diseño de la cámara séptica del presente trabajo se ha adoptado una configuración rectangular, con las dimensiones adecuadas para el tratamiento efectivo de los efluentes. Los principales parámetros de diseño se resumen en:

- Tiempo de permanencia hidráulico: 1 día
- Espesor de la costra: 7,5 cm



## 8.2 POZO ABSORBENTE

La selección del sistema adecuado de disposición depende fundamentalmente de criterios técnicos apoyados en ensayos empíricos, normalizados por distintas reglamentaciones.

Diversos factores deben ser considerados como la permeabilidad, pendiente del terreno, profundidad del nivel freático, tipo y profundidad del subsuelo rocoso, caudal del efluente, distancia a pozos de abastecimiento, etc.

Es importante remarcar que el pozo existente ha sido excavado a mano y se ha constatado que el fondo del pozo se ubica por lo menos 1,50 m por encima del nivel freático.

## 9 SISTEMA EXISTENTE DE DESAGÜES INDUSTRIALES

En la actualidad no se realiza tratamiento alguno al efluente generado en la planta de elaboración.

Solo se cuenta con un pozo de recolección del efluente, formado por anillos de hormigón armado.

Le siguen dos cámaras de inspección construidas de mampostería son estucado de cemento y losa de hormigón común de dimensiones 0.65 x 0.45 x 0.50.

El efluente cae a un pozo de bombeo construido de mampostería de ladrillos de bloque de hormigón y estucado de cemento con losa de hormigón común, el líquido residual es bombeado por una bomba de 2 hp, conducido por una cañería flexible de 2" y vertido en una zanja alejada de la planta.



**Figura 21:** Pozo de Recolección



**Figura 22:** Cámara de Inspección



**Figura 23:** Pozo de Bombeo



**Figura 24:** Lugar de vuelco del efluente

## 10 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO A EMPLEAR

La planta propuesta tiene por objetivo principal, tratar las aguas residuales industriales generadas a partir de la elaboración de quesos.

Es importante destacar que los residuos generados por la industria láctea corresponden a residuos considerados no peligrosos. Estos residuos están formados por restos de productos (leche y quesos), proteínas, grasas y aceites y productos de la limpieza de los equipos.

Según lo anterior, el efluente proveniente de la planta existente será conducido por una tubería única a la planta de pretratamiento, en esta planta el efluente será bombeado y sometido a distintas etapas de tratamiento que permitirán generar un efluente homogéneo y neutralizado.

### 10.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA A EMPLEAR

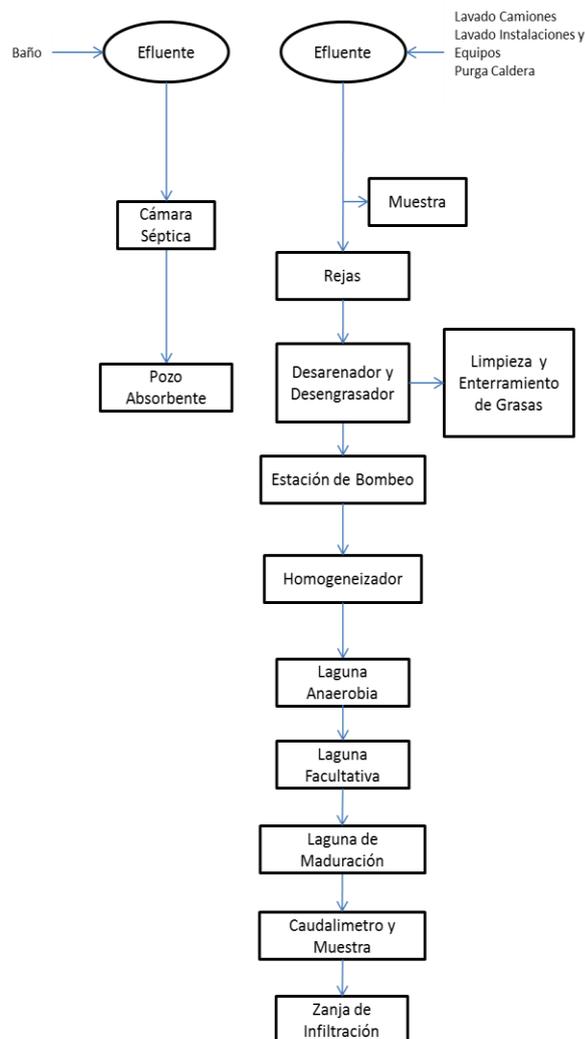


Figura 25: Diagrama de Flujo del Sistema a Emplear

## 10.2 BASES DEL CÁLCULO

De acuerdo a los antecedentes entregados se tiene un volumen de efluente de 14 m<sup>3</sup>/día, es necesario aclarar que la jornada laboral es de un turno de 10 horas diarias.

Para estimar el caudal del efluente se tiro el mismo en un tanque de 25 m<sup>3</sup> para medir el tiempo en que se produjo ese volumen, esta metodología se ejecutó cada hora durante un día de jornada laboral y luego se promediaron. Como el caudal del efluente varia por día en función de la cantidad de leche recibida esta medición se realizó en diferentes días de la semana, se midió un lunes (mayor leche recibida por el fin de semana), un miércoles y un sábado, luego se promedió para obtener un caudal diario final. De esta forma conservadora se obtuvo un caudal medio diario de 14 m<sup>3</sup>/día, pero como está previsto que la planta pueda ampliarse, aumentando su producción en un 50 %, se adoptó un caudal de 20 m<sup>3</sup>/día.

Los caudales de agua que se usan se determinaron por la medición desde la red pública, desde los pozos de bombeo y estimación del Ing. Industrial que atiende la planta.

A continuación se entregan las características de los parámetros de interés en diseño del sistema de tratamiento. Estas muestras fueron tomadas en el lugar del vertido del efluente.

Los datos del efluente fueron tomados los resultados de análisis realizados por la Universidad Tecnológica Nacional de Villa María a pedido del comitente. En la siguiente tabla se muestran resumidos los parámetros más significativos.

Parámetro	Unidad	Valor
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/l	8000
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	1000
Aceites y Grasas	mg/l	2000
pH		4
Temperatura	°C	30 – 40
Análisis de efluente (UTN)		

**Tabla 3:** Características del efluente a tratar

En el anexo se muestra el análisis Completo del informe.

## 10.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PRETRATAMIENTO

Los efluentes serán sometidos a distintos procesos unitarios, de manera tal de eliminar ciertos elementos que traen consigo, mejorando con esto la calidad del efluente, permitiendo un mejor control y operación, y a su vez se entrega un caudal constante y homogeneizado.

El diseño del sistema de tratamiento preliminar propuesto para el efluente de la planta, contempla el tratamiento de los efluentes en las siguientes etapas:

- Separación de sólidos finos y gruesos (migas)
- Elevación



- Desengrasador
- Ecuación y Homogeneización del caudal de tratamiento
- Control de pH

### 10.3.1 Separación de Sólidos gruesos y finos

Para evitar que ingresen a la planta de pretratamiento sólidos gruesos mayores a 50 mm se considera la instalación de canastos formados por marcos y mallas filtrante de acero inoxidable, para retener estos sólidos (migas), antes que entren en contacto con las bombas de elevación, equipo susceptible al daño provocado por cuerpos extraños. Por lo tanto, se utilizará como sistema de separación de sólidos gruesos un canastillo de acero inoxidable con paso libre máximo de 20 mm, ubicada en dos cámaras de inspección dispuestas, antes de la cámara interceptora de grasas, de tamaño 0.65 x 0.45 x 0.50 m.

Se considera esta solución como sistema de cribado grueso debido a su fácil y rápida manipulación y extracción, la cual permite efectuar las tareas periódicas de limpieza sin necesidad de complejidad en el trabajo.

Los sólidos retenidos por este filtro serán dispuestos en un contenedor de sólidos situada bajo su descarga, para posteriormente ser retirados como residuos sólidos en bolsas de basura.

### 10.3.2 Elevación del efluente

Luego que el efluente pasa por el canasto de retención de sólidos, este cae al pozo de bombeo existente, donde será bombeado hasta la zona de pretratamiento.

Este proceso unitario se realiza en un estanque construido de hormigón armado.

El estanque estará provisto por dos bombas, la primera en operación y la segunda en standby, rotándose cada cierto tiempo, situación que se controla mediante un reloj PLC.

### 10.3.3 Ecuación y Homogeneización del caudal

El estanque de ecuación tiene por objeto proporcionar tanto un caudal como características físico-químicas del efluente a tratar, los más homogéneas posible.

Este estanque es alimentado desde el pozo de bombeo. El volumen permite un tiempo de retención hidráulico para el caudal de alimentación de las bombas mínimo de 24 hs.

Para lograr una correcta homogeneización del líquido en el interior de utiliza un motor eléctrico para generar un movimiento rotatorio del agitador. El impulsor de turbina de disco de aspas planas seleccionado proporciona un flujo radial, se monta el agitador verticalmente y centrado en el tanque de agitación, se utilizan 4 deflectores montados radialmente en el tanque, con una separación angular entre sí de 90°. Los deflectores



se montan con una separación entre estos y la pared del tanque, evitando así que se acumulen residuos en la unión de estos.

Se seleccionó un tanque tipo australiano de placas de hormigón armado premoldeado, de 4.80 m de diámetro interior y una altura total de 1.40 con una capacidad aproximada de 25 m<sup>3</sup>.

#### 10.3.4 Neutralización del efluente

La neutralización del fluente considera la dosificación de agentes neutralizante (*soda cáustica y ácido sulfúrico*), con el objeto de ajustar el pH al nivel óptimo permitiendo de este modo la posterior descarga al sistema de tratamiento biológico adoptado.

Los agentes neutralizantes son adicionados en el estanque ecualizador, mediante dos bombas dosificadoras las cuales estarán comandada por un sistema de control automático de pH que permitirá que ésta operación se realice en forma totalmente automática y eficiente, optimizando los consumos de reactivos.

Se incorporara un sistema de control automático de pH con sensor instalado en el estanque ecualizador. El controlador de pH con sensor entrega una medida del grado de acidez o basicidad del afluente.

Este controlador tiene como finalidad mantener un registro constante del pH en el efluente, mandando la señal a las bombas dosificadoras para una exacta neutralización del pH antes de hacer la descarga.

#### 10.3.5 Descarga del Estanque Ecualizador

La descarga del líquido desde el proceso de ecualización hacia la unidad de desgrasado físico será realizado mediante gravedad controlado por una válvula de corte manual de 4" de diámetro.

#### 10.3.6 Cámara Interceptora de Grasas

El residual proveniente del ecualizador, es sometido, en esta unidad, a la flotación en forma natural de las grasas presente en este.

Se propone la modelación matemática a partir de las siguientes hipótesis:

- I. La flotación se produce sin interferencias externas al fenómeno.
- II. El escurrimiento es continuo y no turbulento.
- III. Las partículas son discretas con igual velocidad de flotación.
- IV. La flotación de una partícula cualquiera es libre, o sea no hay interferencia de una de ellas en la flotación de la otra.
- V. No existe re suspensión de partículas.
- VI. No hay cortocircuitos.

La cámara interceptora de grasas se puede dividir en tres zonas distintas (ver Figura 26):

- *Zona de entrada*: destinada a distribuir uniformemente el efluente en la sección transversal del tanque.
- *Zona de sedimentación*: donde las características hidráulicas del escurrimiento permiten la deposición de las partículas.
- *Zona de salida*: destinada a recolectar uniformemente el agua decantada.



**Figura 26:** Esquema en planta de la cámara interceptora de grasas

Considerando una cámara interceptora de ideal de esas características. Se denominará  $v_{fio}$  a la velocidad de flotación (ascensión) de los glóbulos de grasa.

Para una partícula discreta de velocidad de flotación  $v_{fio}$  localizada en el fondo de la lámina líquida al inicio de la zona de sedimentación, el tiempo que tarda en separarse es:

$$t_{fio} = H_u / v_{fio}$$

Por otra parte, el tiempo que tarda en desplazarse horizontalmente esa partícula por la cámara interceptora es:

$$t_d = L_d / v_e = L_d \times H_u \times B_c / v_e \times H_u \times B_c = V_c / Q = H_u / Q / A_{fio}$$

Dónde:

- $t_{fio}$  = tiempo teórico que un glóbulo discreto situado en el fondo de la lámina líquida y en la entrada de la zona de flotación, tarda en flotar la altura  $H_u$  con velocidad de flotación  $v_{fio}$ .
- $t_d$  = tiempo en que la partícula discreta emplea efectivamente para recorrer la longitud  $L_d$  de la zona de flotación con la velocidad  $v_{fio}$ . tiempo medio de detención (s).
- $v_{fio}$  = velocidad de flotación de la partícula discreta que debe ser totalmente removida, considerada la velocidad crítica de flotación (m/s).
- $v_e$  = velocidad horizontal de la partícula mientras recorre la longitud  $L_d$  (m/s).
- $L_d$  = longitud de la zona de flotación (m).
- $H_u$  = profundidad útil de la zona de flotación (m).
- $B_c$  = ancho de la cámara (m).
- $V_c$  = volumen de la cámara ( $m^3$ ).
- $A_{fio}$  = superficie de la zona de flotación ( $m^2$ ).
- $Q$  = caudal ( $m^3/s$ )



Siendo  $t_{f_{lo}} = t_d$ , entonces resulta:

$$v_{f_{lo}} = Q/A_{f_{lo}}$$

El cociente  $Q/A_{f_{lo}}$  igual a la velocidad  $v_{f_{lo}}$ , es conocido como la velocidad de flotación o carga superficial. Esto significa que el tiempo que el agua tarda en desplazarse por la cámara es el mismo que teóricamente tardan en sedimentar las partículas de velocidad  $v_{f_{lo}}$  que deben ser removidas.

En este caso, cuando se trata de una suspensión uniforme de partículas todas discretas de velocidad de flotación  $v_{f_{lo}}$  todas serán removidas independientemente de la posición donde se encuentren al ingresar en la zona de sedimentación.

Cuando la suspensión de partículas discretas no es uniforme, hay partículas con diferentes velocidades de flotación. Las partículas con velocidad de flotación  $v_{f_{lo}}$  o mayor, serán removidas independientemente de la posición donde se encuentren al ingresar a la zona de sedimentación; por lo tanto la eficiencia de remoción de partículas es del 100%.

La limpieza de la cámara se realizará a mano con el posterior enterramiento de los residuos resultantes.

#### 10.4 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO

Esta etapa corresponde a un proceso biológico, el sistema de tratamiento adoptado por su flexibilidad, bajo costo de inversión, operación y mantenimiento es un sistema de lagunaje que consiste en tres tipos de lagunas dispuestas en serie, de profundidad descendiente donde se alternan atmosferas anaerobias y aerobias.

Las lagunas son las siguientes:

- Laguna Anaeróbica
- Laguna Facultativa
- Laguna de Maduración

##### 10.4.1 Laguna Anaeróbica

La altura adoptada de la lámina de agua en este tipo de laguna fue de 3.6 m. De esta forma en la capa inferior de agua existe una atmosfera anaerobia.

La entrada de agua residual a la laguna anaeróbica se realiza de tal forma, que el agua circule aprovechando al máximo el volumen útil de la laguna. Por otra parte, dentro de la laguna anaerobia es necesario asegurar una zona de tranquilidad para favorecer la decantación, por ello lo más conveniente sería que el agua se introdujera por una tubería sumergida verticalmente, hasta la parte intermedia, para evitar crear un régimen turbulento que dificulte la decantación.

El diseño de las lagunas anaerobias va encaminado a retener la mayor cantidad de solidos sedimentables y estabilizar los lodos, es básicamente empírico y se basa en criterios de carga volumétrica y/o tiempos de retención.



### 10.4.2 Laguna Facultativa

La profundidad de esta laguna es de 2.1 m. En la columna de agua se pueden presentar tres capas diferenciadas, la más profunda que presenta una atmosfera anaerobia, una intermedia que presenta atmosfera anaerobia o aerobia de forma alternativa, y la superior que presenta una atmosfera aerobia.

La entrada de agua residual a la laguna facultativa debe orientarse de forma que el agua circule aprovechando al máximo el volumen útil de la laguna y que ayude a crear un régimen turbulento que favorezca el funcionamiento de la laguna, es decir perpendicular a la dirección del viento, para evitar la formación de zonas preferenciales.

Por ello el agua se introduce en la laguna facultativa por una tubería sumergida hasta el fondo para asegurar una mayor turbulencia.

En general para el diseño de las lagunas facultativas se ha usado el tiempo de retención y la carga superficial.

### 10.4.3 Laguna de Maduración

Estas unidades están en el tercer lugar de la serie y su función es similar a la de las lagunas facultativas, con excepción de la capacidad de almacenamiento de lodos. A estas unidades no llegan solidos bilógicos que no sean algas unicelulares y prácticamente no acumulan lodos, de modo que nos es necesaria su limpieza. Tal como se mencionó anteriormente el propósito de estas unidades es similar al de las lagunas facultativas y puede resumirse de la siguiente forma:

- Presentar las condiciones adecuadas de balance de oxígeno, de modo que se pueda sustentar una adecuada biomasa de algas unicelulares en la parte superior de la laguna.
- Asegurar una adecuada remoción de nematodos intestinales, para que el tratamiento esté adecuado con las recientes guías de las OMS.
- Presentar las condiciones adecuadas de mortalidad bacteriana, lo cual se da cuando la población de algas al alimentarse básicamente de carbonato, en las horas de mayor insolación o de mayor actividad fotosintética, consume los bicarbonatos y carbonatos, produciendo un notable incremento del pH y al mismo tiempo una gran mortalidad bacteriana.

## 10.5 SISTEMA DE DISPOSICIÓN FINAL DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS TRATADOS

En función de los resultados obtenidos en los ensayos de absorción realizados, la profundidad del nivel freático, la litología y los caudales a evacuar según datos brindados por el propietario del establecimiento " Lacteos San Lucas S.R.L" (20 m<sup>3</sup>/día), se estima conveniente llevar a cabo para la disposición final de los efluentes residuales tratados, un sistema de zanjas de infiltración.

## 11 MEMORIA DE CÁLCULOS

### 11.1 DESAGÜES CLOCALES

Para los parámetros de diseño del sistema de desagües cloacales y disposición se ha tenido en cuenta que en planta y oficina trabajan en la actualidad 5 personas.

#### 11.1.1 Cámara Séptica

El volumen de la costra o nata se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$V_c = N^\circ \text{ hab} \times \text{dot. diaria} \times 0.0000047 \times 30 \times \frac{32}{100}$$
$$V_c = 5 \text{ pers} \times 100 \frac{\text{l}}{\text{pers. dia}} \times 0.0000047 \frac{\text{m}^3}{\text{l}} \times 30 \text{ dia} \times \frac{32}{100} = 0.023\text{m}^3$$

Dónde:

- 5 pers = número de personas en planta y oficina.
- 100 l/pers.dia = dotación, en litros, de agua diaria por persona.
- 0.0000047 m<sup>3</sup>/l = volumen de sólidos (libre de arena) por cada litro de cloacal.
- 32/100 = porcentaje de ese sólido que forma la capa superior o costra.
- 30 días = tiempo de permanencia necesario para que los sólidos de disgreguen totalmente.

Adoptando un espesor de costra  $e_c = 7.5$  cm (entre 5 y 10 cm) la superficie de la cámara  $S_c$  resulta igual a:

$$S_c = \frac{V_c}{e_c} = \frac{0.023\text{m}^3}{0.075\text{m}} = 0.31\text{m}^2$$

El volumen de la cámara  $V$  para un tiempo de permanencia  $t_p$  de un día es:

$$V_c = N^\circ \text{ hab} \times \text{dot. diaria} \times t_p = 5 \text{ pers} \times 100 \frac{\text{l}}{\text{pers. dia}} \times 1 \text{ dia} = 500 \text{ l} = 0.5\text{m}^3$$

Y la altura útil  $h$  de la cámara (de la parte inferior de la costra hasta la parte superior de la losa de fondo) es:

$$h = \frac{V}{S_c} = \frac{0.5\text{m}^3}{0.31\text{m}^2} = 1.62 \text{ m}$$

Adoptamos como ancho mínimo  $b$  de la cámara **1 m** entonces la longitud  $L$  de la cámara será:

$$L = \frac{S_c}{b} = \frac{0.31\text{m}^2}{1\text{m}} = 0.31 \text{ m}$$

Pero como se debe cumplir que  $L/b = 1.5$  entonces  **$L = 1.5 \text{ m}$**

El volumen útil de la cámara:

$$V = 1 \text{ m} \times 1.5 \text{ m} \times 1.62 \text{ m} = 2.43 \text{ m}^3$$

La altura sobre la costra se calcula como un porcentaje de h igual a 0.2 h = 0.33 m.

Detalles constructivos en Anexo Plano 2: Cámara Séptica.

### 11.1.2 Pozo Absorbente

Para la construcción del pozo absorbente se considera utilizar anillos de 1 m de diámetro de hormigón armado, entonces la altura del mismo será la mayor de las siguientes:

1. Si se considera una superficie filtrante de 3 m<sup>2</sup> por persona, entonces:

$$h_1 = \frac{A_1}{\pi \theta} = \frac{15 \text{ m}^2}{\pi 1 \text{ m}} = 4.77 \text{ m}$$

2. Si el volumen del pozo V<sub>p</sub> debe ser igual o mayor a dos veces el volumen de la cámara séptica, entonces:

$$h_2 = \frac{V_p^4}{\pi \theta^2} = \frac{4.86 \text{ m}^3 \cdot 4}{\pi 1 \text{ m}^2} = 6.20 \text{ m}$$

Dónde:

- h<sub>1</sub> = altura del pozo considerando superficie filtrante.
- A<sub>1</sub> = área filtrante para 5 personas = 3 m<sup>2</sup> x 5 pers = 15 m<sup>2</sup>.
- θ = diámetro del pozo, 1m.
- h<sub>2</sub> = altura del pozo considerando su volumen.
- V<sub>p</sub> = volumen del pozo igual a dos veces el volumen de la cámara séptica.

Por lo tanto las dimensiones del pozo resultan:

Diámetro del pozo: **θ = 1 m**  
 Altura del Pozo **h = 6.5 m**

## 11.2 DESAGÜE INDUSTRIAL

### 11.2.1 Caudal de Diseño

Las aguas residuales generadas en planta se pueden clasificar en función de dos focos de generación: limpieza y proceso, y refrigeración.

Origen	Descripción	Características	Volumen*
Limpieza y Proceso	Limpieza de superficies, tuberías, tanques, equipos, Perdidas de producto, salmuera, lactosuero, fermentos, etc.	ph extremos, alto contenido orgánico, aceites y grasas, sólidos en suspensión.	1-2



Refrigeración	Agua de las torres de refrigeración condensados	Variación de temperatura conductividad	2-4
* Volumen expresado en L de aguas residuales / L de leche procesada (Fuente: INTI)			

**Tabla 4:** Clasificación de las aguas residuales generadas en la planta

Teniendo en cuenta que la planta procesa 7000 litros diarios de leche para la elaboración de quesos, consideramos un valor de 2 litros de agua residual por litro de leche procesada y teniendo en cuenta factor de seguridad  $f = 1.42$  para un futuro crecimiento de la planta se tiene:

$$\text{Caudal diario: } Q_D = 7 \text{ m}^3 \times 2 \times 1.42 = 19.88 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Se adopta un Caudal diario de  **$Q_D = 20 \text{ m}^3/\text{día}$**

El caudal del efluente es un valor que varía estacionalmente con la producción, por lo que se tomaron parámetros de uso de agua en función de la máxima producción que ha tenido la fábrica.

### 11.2.2 Población Equivalente

La población equivalente se puede expresar en términos de  $\text{DBO}_5$ , ya que se trata de un efluente con contenido susceptible a ser descompuesta microbiológicamente:

$$PE = \frac{Q_D \times C}{c} = \frac{20 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 8000 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}}{60 \frac{\text{g}}{\text{día Hab}}} = 2666.67 \text{ hab}$$

Dónde:

- PE = población equivalente en habitantes
- $Q_D$  = Caudal diario de la descarga en  $\text{m}^3/\text{día}$
- C = Demanda Bioquímica de Oxígeno de la descarga en  $\text{g}/\text{m}^3$
- c = corresponde a la  $\text{DBO}_5$  de cada habitante por día en  $\text{g}/\text{día.hab}$ . podemos definir a la población equivalente como la carga orgánica biodegradable con una Demanda Bioquímica de Oxígeno de 5 días de 60 g de oxígeno por persona y por día.

Se adopta un PE = **2700 habitantes**

### 11.2.3 Cámara Interceptora de Grasas

Se diseñó en función de la velocidad de flotación (ascensional) del glóbulo de grasa para lograr una buena eficiencia estableciendo características geométricas adecuadas.

Se utiliza la Ley de Stokes para calcular la velocidad de flotación  $v_{fl}$  del glóbulo de grasa:

$$v_{f\text{lo}} = \frac{1}{18} \times g \times \left( \frac{\rho_s - \rho}{\mu} \right) \times d^2 =$$
$$v_{f\text{lo}} = \frac{1}{18} \times -9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \left( \frac{492 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{0.001 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}} \right) \times (0.00001\text{m})^2 = 0.0000277 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Dónde:

- $g$  = aceleración de la gravedad,  $9.81 \text{ m/s}^2$ .
- $d$  = diámetro de la partícula de grasa (m).
- $\rho_s$  = masa específica de la partícula de grasa a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $492 \text{ kg/m}^3$ .
- $\rho$  = masa específica del agua a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $1000 \text{ kg/m}^3$ .
- $\mu$  = viscosidad dinámica a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $0.001 \text{ kg/m} \cdot \text{s}$ .

El tamaño de los glóbulos de grasa de la leche oscila entre  $0.5$  y  $20 \text{ }\mu\text{m}$ , con un 80% de los tamaños ubicados entre  $4$  y  $6 \text{ }\mu\text{m}$ . Varios fenómenos de choque entre glóbulos favorecen la aglomeración de los mismos por lo que, para nuestro cálculo tomaremos un tamaño medio de  $10 \text{ }\mu\text{m}$ , asumiendo que el 80% de los glóbulos y/o aglomerados tendrán un tamaño  $\geq$  a  $10 \text{ }\mu\text{m}$ .

Llevando el resultado que tenemos a m/h.

$$v_{f\text{lo}} = 0.0000277 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}} = 0.1 \frac{\text{m}}{\text{h}}$$

Siendo el caudal diario  $20 \text{ m}^3/\text{día}$  y considerando que la jornada laboral diaria es de 10 hs:

$$Q_D = 20 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ día}}{10 \text{ h}} = 2 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Entonces el área de flotación  $A_{f\text{lo}}$  necesaria para la zona de flotación se calcula como:

$$A_{f\text{lo}} = \frac{Q_D}{v_{f\text{lo}}} = \frac{2 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{0.1 \frac{\text{m}}{\text{h}}} = 20 \text{ m}^2$$

Se adopta un tanque rectangular de ancho **B = 1.60 m**, resultando la longitud L:

$$L = \frac{A_{f\text{lo}}}{B} = \frac{20\text{m}^2}{1.60\text{m}} = \mathbf{12.50 \text{ m}}$$

Resultando la relación  $L/B = 7.8$  (cumple con requisito de  $L/B$  de 3 a 8).

Si fija una altura de la cámara interceptora de **H = 1.40 m** de modo que cumple con la relación  $L/H = 8.90$  (entre 5 y 20).

Se fija una ancho de zona de entrada igual al de zona de salida de **0.60 m**.

La cámara interceptora de grasas va enterrada así de esta forma el efluente se conduce por gravedad y de este, por gravedad también, al pozo de bombeo mediante una cañería de PVC de 110 mm de diámetro.

Detalles constructivos en Anexo Plano 4: Desarenador - Desengrasador.

#### 11.2.4 Estación de Bombeo

Se calcula el pozo de bombeo que es el lugar en el que se recogen las aguas residuales que posteriormente se envían al sistema de tratamiento. La expresión que proporciona la capacidad mínima útil del pozo es:

$$V = \frac{Q_D}{n} = \frac{20 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times \frac{\text{día}}{10 \text{ h}}}{4 \frac{1}{\text{h}}} = 0.5 \text{ m}^3$$

Dónde:

- V = volumen útil de pozo de bombeo [m<sup>3</sup>].
- Q<sub>D</sub> = caudal máximo de bombeo para una jornada laboral de 10 hs [m<sup>3</sup>/h].
- n = número de arranques de la bomba por hora [1/h], se adoptan 4 arranques máximos por hora.

El pozo de bombeo se ubica después de la cámara interceptora de grasas cuya función es la de albergar el agua residual para ser impulsada mediante una bomba de 2 hp (existente) hasta el tanque homogeneizador (este se encuentra elevado) y así tener altura suficiente para que fluya por gravedad por el resto de las unidades de tratamiento

Se opta por dejar el pozo existente cuyas dimensiones satisfacen ampliamente el volumen mínimo requerido para este.

$$\begin{aligned} L &= 3.55 \text{ m} \\ B &= 2.60 \text{ m} \\ H &= 2.00 \text{ m} \end{aligned}$$

Detalles constructivos en Anexo Plano 5: Pozo de Bombeo.

#### 11.2.5 Tanque Homogeneizador

Para calcular el volumen mínimo útil del tanque homogeneizador partimos del tiempo de permanencia t<sub>p</sub> = 1 día y el caudal máximo diario Q<sub>D</sub> = 20 m<sup>3</sup>/día, entonces resulta:

$$V = Q_D \times t_p = 20 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 1 \text{ día} = 20 \text{ m}^3$$

Se propone un tanque tipo australiano de hormigón armado prefabricado de las siguientes dimensiones:

**Diámetro comercial = 4.80 m**  
**Altura comercial = 1.40 m**  
**Volumen = 23.8 m<sup>3</sup>**

### 11.2.5.1 Diseño de la Turbina

Para el diseño del sistema de agitación de turbina empleado para realizar el mezclado se usaron las siguientes relaciones geométricas:

Diámetro del tanque Dt		4,8 m		
Componente	Proporción	Relación	Valor de diseño	Unidad
Diámetro del agitador <b>Da</b>	Da/Dt	0,30	1,44	m
ancho del aspa <b>W</b>	W/Da	0,20	0,288	m
Altura <b>C</b>	C/Dt	0,33	1,6	m
Ancho del deflector <b>J</b>	J/Dt	0,08	0,4	m
Largo del aspa <b>L</b>	L/Da	0,25	0,36	m
Diámetro de la turbina <b>Dd</b>	Dd/Da	0,67	0,96	m

**Tabla 5:** Proporciones geométricas del agitador

### 11.2.5.2 Consumo de Potencia

Puesto que la potencia requerida no puede predecirse teóricamente, se tienen correlaciones empíricas para estimar los requerimientos de potencia, la presencia o ausencia de turbulencia puede correlacionarse con el número de Reynolds  $N_{Re}$  que se define como:

$$N_{re} = \frac{N \times \rho \times Da^2}{\mu} = 1.320 \times 10^3$$

Dónde:

- N es la velocidad de rotación en rev/s
- $D_a$  es el diámetro del agitador
- $\mu$  Viscosidad del medio 0.001 Kg/m s
- $\rho$  densidad del medio 1.03 kg/m<sup>3</sup>

El consumo de potencia se relaciona con la densidad del fluido, la viscosidad, la velocidad de rotación y el diámetro del impulsor, por medio de gráficos de número de potencia  $N_p$  en función del  $N^o$  de Re:

$$N_p = \frac{P}{\rho \times N^3 \times Da^2} = 5$$

Dónde:

- $\rho$  densidad del medio 1kg/m<sup>3</sup>
- P potencia en J/s o W

Despejando:

$$P = N_p \times \rho \times N^3 \times Da^2 = 1324 \text{ J/s} = 1.324 \text{ kW} = 1.77 \text{ Hp}$$

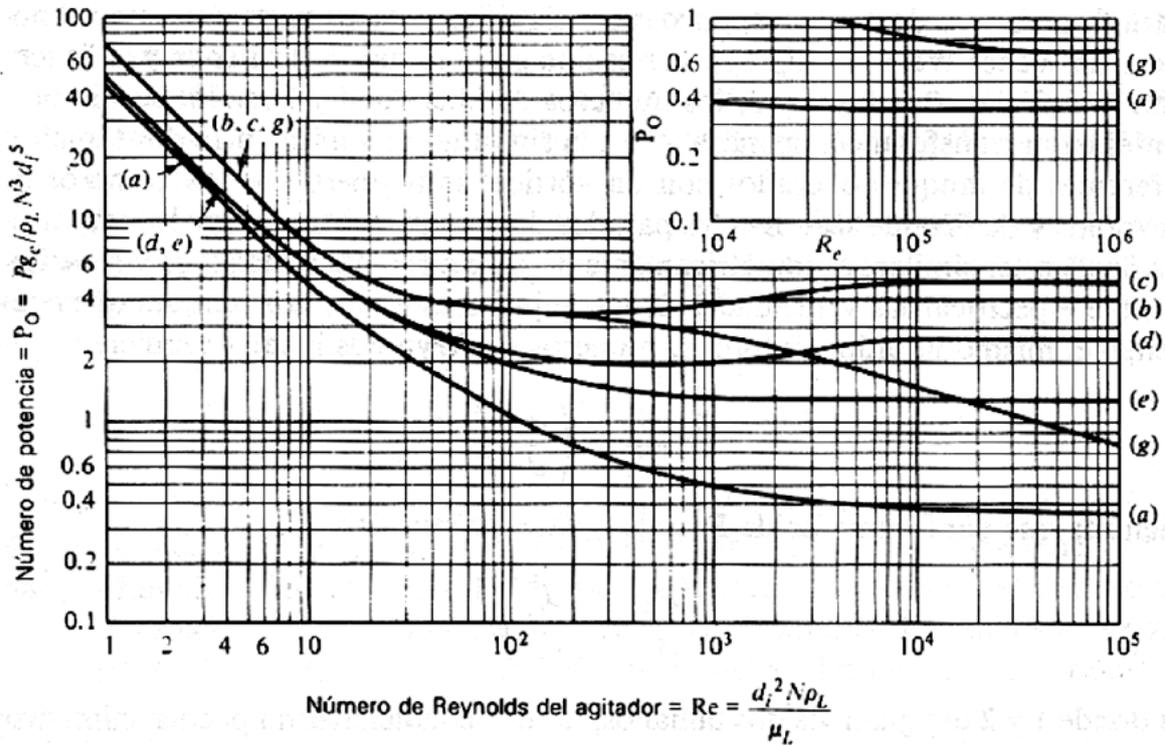


Figura 27: Correlación de potencia vs número de Reynolds para agitadores

Detalles constructivos en Anexo Plano 6: Homogeneizador.

### 11.2.6 Laguna Anaeróbica

La laguna anaerobia se dimensionara a partir del tiempo de retención hidráulico. Para calcular el mismo se parte con los siguientes datos:

Parámetros de diseño	Verano		Invierno	
Caudal medio de Diseño $Q_m$	20	m <sup>3</sup> /día	20	m <sup>3</sup> /día
Factor de dispersión $d$	0.5		0.5	
Temperatura del agua $T$	21.3	°C	13	°C
Constante global de eliminación de la DBO <sub>5</sub> $K$	0.251	día <sup>-1</sup>	0.251	día <sup>-1</sup>
Coefficiente de temperatura $\theta$	1.06		1.06	
Profundidad útil $h_u$	3	m	3	m
Profundidad de almacenamiento de fangos $h_b$	0.6	m	0.6	m
Rendimiento de Reducción de DBO <sub>5</sub>	50	%	50	%

Tabla 6: Parámetros de diseño laguna anaerobia

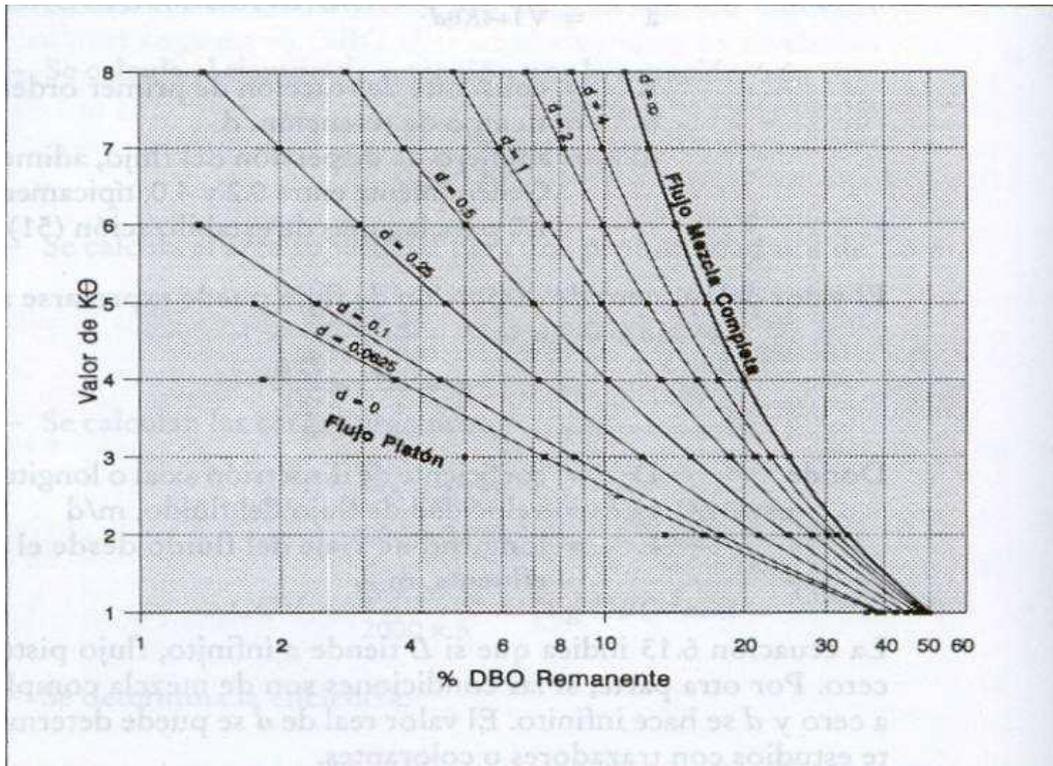
Para determinar el tiempo de tiempo de retención hidráulico se utiliza la siguiente fórmula:

$$k_T \times t_r = kt$$

Donde:

El valor de  $kt$  se obtiene mediante la gráfica de Thirumurthi y representa la relación entre el porcentaje remanente de la  $DBO_5$  después del tratamiento y el factor de dispersión de la laguna.

El valor de  $Kt$  para un 35% de reducción de la  $DBO$  y un factor de dispersión  $d = 0.5$ , es  $kt = 2.7$



**Figura 28:** Valores de  $kt$  respecto al % remanente de  $DBO$  para diversos factores de dispersión

La constante global de eliminación de la  $DBO_5$  se corrige por temperatura mediante la siguiente expresión:

$$k_T = k \times \theta^{(T-20)} = 0.251 \text{ dia}^{-1} \times 1.06^{(13-20)} = 0.167 \text{ dia}^{-1}$$

Entonces el tiempo de retención hidráulico  $t_r$  es:

$$t_r = \frac{kt}{k_T} = \frac{2.7}{0.167 \text{ dia}^{-1}} = 16 \text{ dias}$$

Por lo tanto el volumen  $V$  de laguna es:

$$V = Q_m \times t_r = 20 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \times 16 \text{ dias} = 320 \text{ m}^3$$

El área  $A$  de la laguna es:

$$A = \frac{V}{h_T} = \frac{320\text{m}^3}{3.60\text{ m}} = \mathbf{88.89\text{ m}^2}$$

Donde  $h_t = 3.0\text{ m} + 0.60\text{ m}$ . altura total de la laguna.

Las dimensiones de la laguna y detalles constructivos se muestran en Anexo Plano 7: Laguna Anaerobia y Plano 10: Detalles Laguna Anaerobia

### 11.2.7 Laguna Facultativa

La laguna facultativa se dimensionara a partir del tiempo de retención hidráulico. Para calcular el mismo se parte con los siguientes datos:

Parámetros de diseño	Verano		Invierno	
Caudal medio de Diseño $Q_m$	20	$\text{m}^3/\text{día}$	20	$\text{m}^3/\text{día}$
Factor de dispersión $d$	0.5		0.5	
Temperatura del agua $T$	21.3	$^{\circ}\text{C}$	13	$^{\circ}\text{C}$
Constante global de eliminación de la $\text{DBO}_5$ $K$	0.251	$\text{día}^{-1}$	0.251	$\text{día}^{-1}$
Coefficiente de temperatura $\theta$	1.06		1.06	
Profundidad útil $h_u$	2.1	$\text{m}$	2.1	$\text{m}$
Rendimiento de Reducción de $\text{DBO}_5$	90	$\%$	90	$\%$

**Tabla 7:** Parámetros de diseño laguna anaerobia

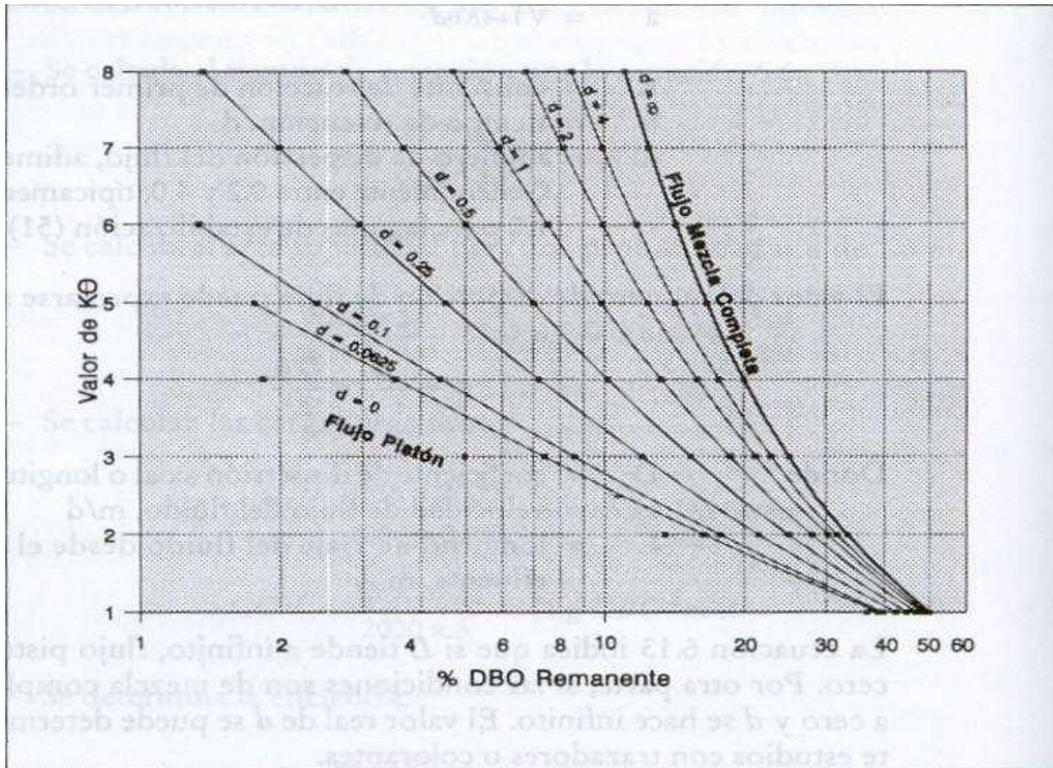
Para determinar el tiempo de retención hidráulico se utiliza la siguiente fórmula:

$$k_T \times t_r = kt$$

Donde:

El valor de  $kt$  se obtiene mediante la gráfica de Thirumurthi y representa la relación entre el porcentaje remanente de la  $\text{DBO}_5$  después del tratamiento y el factor de dispersión de la laguna.

El valor de  $Kt$  para un 90% de reducción de la  $\text{DBO}$  y un factor de dispersión  $d = 0.5$ , es  $kt = 4$



**Figura 29:** Valores de  $kt$  respecto al % remanente de DBO para diversos factores de dispersión

La constante global de eliminación de la  $DBO_5$  se corrige por temperatura mediante la siguiente expresión:

$$k_T = k \times \theta^{(T-20)} = 0.251 \text{ dia}^{-1} \times 1.06^{(21.3-20)} = 0.227 \text{ dia}^{-1}$$

Entonces el tiempo de retención hidráulico  $t_r$  es:

$$t_r = \frac{kt}{k_T} = \frac{4}{0.227 \text{ dia}^{-1}} = \mathbf{18 \text{ dias}}$$

Por lo tanto el volumen  $V$  de laguna es:

$$V = Q_m \times t_r = 20 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \times 18 \text{ dias} = \mathbf{360 \text{ m}^3}$$

El área  $A$  de la laguna es:

$$A = \frac{V}{h_u} = \frac{360 \text{ m}^3}{2.1 \text{ m}} \mathbf{171.43 \text{ m}^2}$$

Las dimensiones de la laguna y detalles constructivos se muestran en Anexo Plano 8: Laguna Facultativa y Plano 11: Detalles Laguna facultativa.

### 11.2.8 Laguna de Maduración

Tiempo de retención y temperatura son los principales parámetros involucrados en el diseño de las Lagunas de Maduración, diseño que se basa en modelos cinéticos para la eliminación de organismos patógenos, representados generalmente por medio de los coliformes fecales. La mayoría de los modelos proponen cinéticas de primer orden, siendo la ecuación de diseño más habitual la desarrollada por Marais en 1974:

$$N_e = \frac{N_i}{(1 + k_b \times t)}$$

Donde:

- $N_e$  = número de coliformes fecales del efluente cada 100 ml.
- $N_i$  = número de coliformes fecales del influente cada 100 ml.
- $k_b$  = coeficiente de velocidad de remoción de coliformes fecales,  $\text{día}^{-1}$ .
- $t$  = tiempo de retención de la laguna, días.

De la ecuación anterior calculamos el tiempo de retención con los siguientes datos:

- $N_e \leq 10^3$  CF/100 ml (decreto 415/99)
- $N_i = 10^5$  CF/100 ml.
- $k_b = 6.205 \text{ día}^{-1}$  (Slanetz/Marais)

$$t = \frac{N_i - N_e}{N_e \times k_b} = \frac{100000 - 1000}{1000 \times 6.205 \text{ día}^{-1}} = 16 \text{ días}$$

Por lo tanto el volumen  $V$  de laguna es:

$$V = Q_m \times t_r = 20 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 16 \text{ días} = 320 \text{ m}^3$$

El área  $A$  de la laguna para una altura útil de 1.30 m es:

$$A = \frac{V}{h_u} = \frac{320 \text{ m}^3}{1.30 \text{ m}} = 246.15 \text{ m}^2$$

Las dimensiones de la laguna y detalles constructivos se muestran en Anexo Plano 9: Laguna de Maduración y Plano 12: Detalles Laguna de Maduración.

### 11.2.9 Zanja de Infiltración

La longitud de la zanja requerida surge de la siguiente expresión:

$$L = \frac{Q_D}{2 \times D \times p} = \frac{20 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{2 \times 0.80 \text{ m} \times 75 \frac{\text{L}}{\text{m}^2 \cdot \text{día}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}}} = 170 \text{ m}$$

Dónde:

- L = Longitud requerida de zanja (m)
- Q = Caudal de aporte (20 m<sup>3</sup>/día)
- D = Profundidad útil de la zanja (0.80m)
- P = Coeficiente de infiltración ( 75 Lts./m<sup>2</sup> .día)

El valor 2 se introduce en el denominador como consecuencia, de que la zanja tiene dos caras filtrantes. A efecto del cálculo se asume que el fondo de la zanja, no contribuye, debido a su oclusión por los sólidos que pueden arrastrar el efluente.

Con la finalidad de obtener una mayor distribución del área de los líquidos en el subsuelo, se sugiere que la longitud total de zanja calculada sea repartida en cuatro tramos, con una separación entre cada tramo no menor a los 4 m.

Se sugiere también plantar sobre las zanjas pasto de distintas variedades y plantas de raíces cortas dado que árboles y plantas de raíces largas obstruyen los conductos.

Asimismo los vegetales de raíces cortas favorecen la nitrificación del efluente y su evapotranspiración el secado del terreno.

La superficie de absorción necesaria, en función del valor de permeabilidad calculado, es de aproximadamente 267 m<sup>2</sup>, valor que se obtiene de aplicar la fórmula Q/p, este parámetro satisface el requerimiento del sistema.

Detalles constructivos se muestran en plano Anexo Plano 13: Zanja de Infiltración.

#### 11.2.10 Estimación de la DBO<sub>5</sub> para el vertido del efluente.

La Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) se usa como una medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación de la materia orgánica biodegradable presente en la muestra de agua y como resultado de la acción de oxidación bioquímica aerobia.

Definimos:

- **DBO Ejercida**

$$DBO_t = L_o \times (1 - e^{-k_1 t})$$

Donde:

- DBO<sub>t</sub> = materia orgánica oxidada hasta el tiempo t (mg/l).
- L<sub>o</sub> = DBO inicial del efluente al punto de vertido o DBO a tiempo cero (mg/l).
- K<sub>1</sub> = coeficiente de velocidad de desoxigenación de DBO (1/días).
- t = tiempo de estudio (días).

- **DBO<sub>5</sub>**

DBO calculada en un tiempo de 5 días, se usa como valor de referencia y comparación.

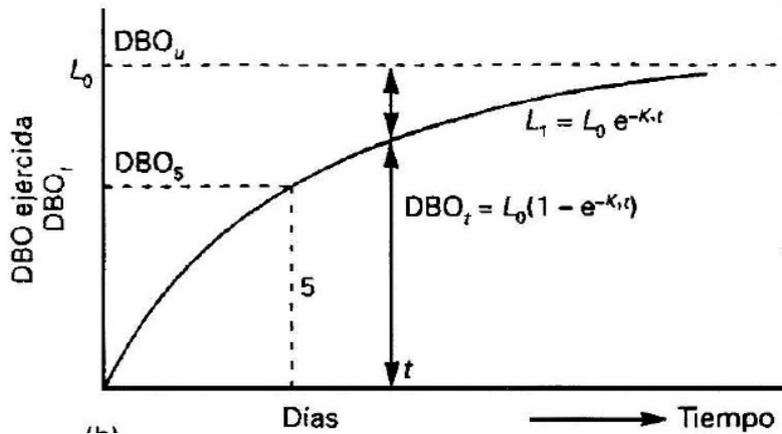


Figura 30: Curva de DBOt ejercida.

- **DBO Remanente**

$$L_r = L_0 \times e^{-k_1 t}$$

Donde:

- $L_r$  = DBO remanente materia orgánica oxidable en el tiempo  $t$  (mg/l).
- $L_0$  = DBO inicial del efluente al punto de vertido o DBO a tiempo cero (mg/l).
- $K_1$  = coeficiente de velocidad de desoxigenación de DBO (1/días).
- $t$  = tiempo de estudio (días).

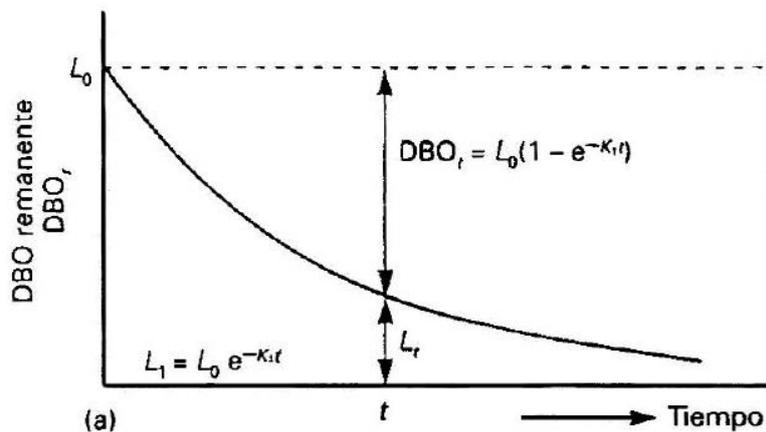


Figura 31: Curva de DBO remanente.



Para realizar una estimación de la  $DBO_5$  en el momento de vertido del efluente se tuvo en cuenta la situación más desfavorable al momento de que este ingresa a las lagunas.

Con los parámetros obtenidos para dimensionar las lagunas y con las ecuaciones antes de descriptas se realiza un cálculo de la  $DBO$  final del efluente de la siguiente manera:

### Laguna Anaerobia

Datos de entrada:

$$\begin{aligned}L_o &= 8000 \text{ mg/l} \\K_1 &= 0.167 \text{ 1/días} \\t &= 16 \text{ días}\end{aligned}$$

Entonces:

$$DBO_{16} = L_o \times (1 - e^{-k_1 t}) = 8000 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \times \left(1 - e^{-0.167 \frac{1}{\text{días}} \times 16 \text{ días}}\right) = 7447 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

$$DBO_5 = L_o \times (1 - e^{-k_1 t}) = 8000 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \times \left(1 - e^{-0.167 \frac{1}{\text{días}} \times 5 \text{ días}}\right) = 4530 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

$$L_r = L_o \times e^{-k_1 t} = 8000 \times e^{-0.167 \frac{1}{\text{días}} \times 16 \text{ días}} = 553 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

### Laguna Facultativa

Datos de entrada:

$$\begin{aligned}L_o &= 553 \text{ mg/l} \\K_1 &= 0.227 \text{ 1/días} \\t &= 18 \text{ días}\end{aligned}$$

Entonces:

$$DBO_{18} = L_o \times (1 - e^{-k_1 t}) = 553 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \times \left(1 - e^{-0.227 \frac{1}{\text{días}} \times 18 \text{ días}}\right) = 544 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

$$DBO_5 = L_o \times (1 - e^{-k_1 t}) = 553 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \times \left(1 - e^{-0.227 \frac{1}{\text{días}} \times 5 \text{ días}}\right) = 375 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

$$L_r = L_o \times e^{-k_1 t} = 553 \times e^{-0.227 \frac{1}{\text{días}} \times 18 \text{ días}} = 9 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

## Laguna de Maduración

Datos de entrada:

$$\begin{aligned}L_o &= 9 \text{ mg/l} \\K_1 &= 0.227 \text{ 1/días} \\t &= 16 \text{ días}\end{aligned}$$

Entonces:

$$DBO_{16} = L_o \times (1 - e^{-k_1 t}) = 9 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \times \left(1 - e^{-0.227 \frac{1}{\text{días}} \times 16 \text{ días}}\right) = \mathbf{8.8 \frac{\text{mg}}{\text{l}}}$$

$$DBO_5 = L_o \times (1 - e^{-k_1 t}) = 9 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \times \left(1 - e^{-0.227 \frac{1}{\text{días}} \times 5 \text{ días}}\right) = \mathbf{6 \frac{\text{mg}}{\text{l}}}$$

$$L_r = L_o \times e^{-k_1 t} = 9 \times e^{-0.227 \frac{1}{\text{días}} \times 16 \text{ días}} = \mathbf{0.2 \frac{\text{mg}}{\text{l}}}$$

Como se puede observar la  $DBO_5$  en el momento del vertido del efluente tiene un valor de 6 mg/l, valor que se encuentra por debajo del límite que fija el decreto 415/99 menor o igual a 100 mg/l.

## 12 CONCLUSIONES

La industria láctea supone una gran cantidad de consumo de agua debido a las características de la materia prima empleada, a los productos fabricados, las condiciones higiénicas de los equipos e instalaciones de la planta que deben garantizar la calidad de los productos elaborados, en consecuencia se generan un gran volumen de aguas residuales que necesitan un tratamiento previo antes de poder ser vertidas al cuerpo receptor.

De acuerdo al grado de peligrosidad del efluente generado por la planta el Decreto 415/99, que establece las Normas Para la Protección de Recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos, lo categoriza dentro de la CATEGORIA I: Muy Contaminante.

Por lo tanto el problema más importante en la industria láctea es la generación de aguas residuales, tanto por su volumen como por la carga contaminante asociada (fundamentalmente orgánica).

En el presente trabajo se ha diferenciado los desagües cloacales de los efluentes industriales.

El sistema elegido para los desagües cloacales (baño y vestuario) es el conocido como sistema estático, compuesto por una cámara séptica para depurar el efluente para luego volcarlo a un pozo absorbente, es el más adecuado dado que en el lugar no existe una red colectora de cloacas.

Para los efluentes industriales se proyectó un sistema secundario compuesto por una planta de pretratamiento con el fin de mejorar la calidad del el fuente eliminando todas las partículas que pudiera contener para producir un caudal homogéneo y constante para después pasar a un sistema de tratamiento biológico para adecuar las características y volcarlo al subsuelo de acuerdo a las normas impuestas por el Decreto 415/99.

Este sistema elegido ocupa una amplia superficie debido a las lagunas pero este se decidió optar por su flexibilidad, bajo costo de inversión, operación y mantenimiento, además las fabrica cuenta con superficie disponible. Con este sistema se logra reducir los valores de  $DBO_5$  de 8000 mg/l a 6 mg/l.

Para la disposición final de los efluentes tratados se optó por el sistema de zanja de infiltración que es considerablemente más eficiente que los pozos absorbentes debido al caudal a tratar y mantenimiento. Además en este sistema de vuelco en subsuelo los límites fijados por el Decreto 415/99 son menos exigentes que si el efluente tratado se reutilizara para el riego.

Finalmente, no puede dejar de señalar la experiencia personal en relación al trabajo final desempeñado, cumpliendo satisfactoriamente los objetivos planteados de introducirse en el ámbito laboral de la ingeniería conociendo los distintos factores que intervienen en el desarrollo de los proyectos, profundizando los contenidos estudiados a lo largo de la carrera y las relaciones interpersonales de interacción con el comitente y con los organismos de control.

## 13 ANEXO

### 13.1 ANALISIS DEL EFLUENTE



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL**  
**FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA**  
 Laboratorio de la Red Oficial de SENASA  
 Certificado por Norma de Sistemas de Gestión ISO 9001:2001  
 Av. Universidad 450 - 5900 Villa María - Córdoba Telefax-0353-4537500-Interno 201

**ANÁLISIS DE: EFLUENTES**

SOLICITANTE: Lácteos San Lucas SRL  
 Domicilio: Luca, Pcia de Cba.  
 Procedencia: -----  
 Fecha de extracción: -----  
 Hora de muestreo: -----  
 Condiciones de llegada: Buenas

Muestras extraídas: Por el solicitante  
 Fecha de recepción: 27/06/12  
 Temperatura: -----  
 Forma de conservación: Refrigeración

Análisis N°	Muestra N°	Sitio de Extracción / Características (#)
8252	1	Muestreo a cargo del interesado

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS MUESTRAS			METODO DE EXAMEN
		1	--	--	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	10834			APHA
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/l	7133			APHA
Cloruros en Cl <sup>-</sup>	mg/l	254			APHA
pH		4,00			Potenciométrico APHA
Sólidos Sedimentables 10 min en Volumen	ml/l	<0,1			APHA
Sólidos Sedimentables 2 horas en Volumen	ml/l	<0,1			APHA
Sólidos Sedimentables Totales en peso	mg/l	252			Estufa a 105°C
Sólidos Sedimentables fijos	mg/l	224			Mufia 600 °C
Sólidos Sedimentables Volátiles	mg/l	28			Mufia 600 °C
Sustancias Solubles en Eter Etlíco	mg/l.	1980			APHA
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l.	867			APHA
Sólidos Suspendidos Fijos	mg/l.	314			APHA
Sólidos Suspendidos Volátiles	mg/l.	553			APHA

**Referencias:**  
 APHA Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater 18th Edition 1992  
 mg/l: miligramos por litro.

**ADVERTENCIA:**

Este Laboratorio no asume ninguna responsabilidad sobre aspectos relacionados con la extracción de la muestra y el uso final de la información suministrada.  
 (#): En el caso de muestras extraídas por el solicitante, corresponde a lo declarado por el mismo.

Villa María, 03/07/12

**Nota:** La firma institucional avala que el firmante técnico pertenece a la institución.

  
 Ing. FRANCO M. SALVATICO  
 SECRETARIO GENERAL  
 U.T.N. FAC. REG. VILLA MARÍA

- 13.2 PLANO 1: PLANTA GENERAL**
- 13.3 PLANO 2: CÁMARA SÉPTICA**
- 13.4 PLANO 3: CÁMARA DE INSPECCIÓN Y REJAS**
- 13.5 PLANO 4: DESARENADOR - DESENGRASADOR**
- 13.6 PLANO 5: POZO DE BOMBEO**
- 13.7 PLANO 6: HOMOGENEIZADOR**
- 13.8 PLANO 7: LAGUNA ANAEROBIA**
- 13.9 PLANO 8: LAGUNA FACULTATIVA**
- 13.10 PLANO 9: LAGUNA DE MADURACIÓN**
- 13.11 PLANO 10: DETALLES LAGUNA ANAEROBIA**
- 13.12 PLANO 11: DETALLES LAGUNA FACULTATIVA**
- 13.13 PLANO 12: DETALLES LAGUNA DE MADURACIÓN**
- 13.14 PLANO 13: ZANJA DE INFILTRACIÓN**
- 13.15 PLANO 14: CORTE LONGITUDINAL NIVELES**



## 14 BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

1. Alfredo Ortiz Olmedo, *Ingeniería Sanitaria: Plantas de Tratamientos de Líquidos Cloacales*. Ed. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba.
2. Antonino Víctor H., *Ingeniería Sanitaria: Saneamiento Rural*. Ed. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba.
3. Li Gambi J., Alippi J.A. Maza., Gallo D. (2003), *Instalaciones en Edificios: Instalaciones Sanitarias*. Ed. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba.
4. Li Gambi J. Terziarol R., Maza M. y Martinez V. (2004), *Diseño y Construcción de Cámara Séptica, Filtros y Pozos Absorbentes para Mitigar Daños*. XVII Cong. Arg. *Mecánica de Suelos e Ing. Geotécnica* (ISBN 987-21767-0-1).
5. Vallejos J.N., *Planta Depuradora de Líquidos Cloacales*. Apuntes de Clase Ingeniería Sanitaria.
6. *Saneamiento Rural Parte 1 y 2*. Apuntes de Clases: Cátedra de Ingeniería Sanitaria (2010) de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba.
7. Gerard Kiely (1999), *Ingeniería Ambiental: Fundamentos, Entornos, Tecnologías y Sistemas de Gestión*. Ed. Mc Graw - Hill.
8. *Calidad de Agua en Ríos y Lagos*. Apuntes de Clases: Cátedra de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba.
9. R.S. Ramalho (1983), *Tratamiento de Aguas Residuales*, Faculty of Science and Engineering Laval University Quebec, Canada. Editorial Reverté, S.A.
10. Metcalf & Eddy (1996), *Ingeniería Sanitaria: Tratamiento, Evacuación, y Reutilización de Aguas Residuales*, Editorial Labor, S. A.
11. Leonardo Erijman, *Tratamiento de Efluentes en la Industria Láctea, Problemas y Soluciones*. INGEBI. CONICET. INTI - Lácteos 2010. Dirección URL: <https://www.inti.gob.ar/lacteos/pdf/problemas.pdf>.
12. Ruth Rodríguez, *Caracterización y Tratamiento de Efluentes Líquidos en la Industria Láctea*. Area de Efluentes Líquidos y Sólidos. INTI - Ingeniería Ambiental. Dirección URL: <https://www.inti.gob.ar/lacteos/pdf/caracterizacion.pdf>.
13. Lic. Erica Schmidt, *Caracterización de Efluentes Líquidos de la Industria Láctea: Principales Determinaciones Analíticas*. INTI Lácteos. Dirección URL: <http://www.inti.gob.ar/lacteos/jaa2013/pdf/P15.pdf>.



14. DiPAS (1999), Decreto 415/99, Normas para la Protección de los Recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos, Dirección URL: <http://portaldetramites.cba.gov.ar/doc%5CMINAAE%5CSecretaria%20de%20Recursos%20Hidricos%5CNormas.pdf>.
15. Scribd , Noé Bautista, Ariadna Martínez, Kelvyn Sánchez, Cálculo de un Tanque Agitador, Dirección URL: <http://es.scribd.com/doc/101093358/35272890-Calculo-de-Tanque-Agitador>.
16. Diseño de Lagunas de Estabilización, Dirección URL: <http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/disenoes.PDF>.
17. Academia.edu, Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Comunidades, capítulo iv Lagunas de estabilización, Dirección URL: [http://www.academia.edu/7881573/LAGUNAS\\_DE\\_ESTABILIZACION](http://www.academia.edu/7881573/LAGUNAS_DE_ESTABILIZACION).
18. Carlos Menéndez Gutiérrez, Miguel Díaz Marrero (2006), *Lagunas, Diseño, Operación y Control*, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría.
19. ENOHSA: Capítulo VII - 3. Tratamientos Preliminares, Dirección URL: <http://www.itacanet.org/esp/agua/Seccion%206%20Tratamiento%20de%20agua/Tratamientos%20preliminares.pdf>.