



FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

# Área de consolidación Gestión de la Producción de Agroalimentos



**Análisis de la Planta de  
Tratamiento de Efluentes  
de Lácteos San Basilio S.A.**

**Autores:  
SGARLATTA, Fernando  
TARDITTI, Andrés**

Tutor  
Dr. González, Carlos Ángel

**2015**

## **Agradecimientos**

En primer lugar queremos agradecerle profundamente a Matías Arighini y Evangelina Bossio, que nos brindaron horas de su trabajo para explicarnos e introducirnos en el tema abordado, sin contar el tiempo que pasaron respondiendo a nuestras dudas y preguntas.

A nuestras familias por apoyarnos constantemente y respetar nuestras decisiones, muchas gracias.

Al Doctor Carlos González que se encargó de supervisar nuestro trabajo, y a la Biól. MSc. Sandra Kopp que se interesó y nos dio una mano.

A los directivos de Lácteos San Basilio que nos abrieron las puertas de la empresa.

## Resumen

El manejo de efluentes es actualmente una de las prácticas con más alto impacto en la industria alimentaria. Las principales normativas y legislaciones que debe cumplir el sector industrial están ligadas a evitar la contaminación del ambiente y la preservación de los recursos naturales, siendo uno de los más importantes el agua. Éste recurso, luego de ser utilizado en los diferentes eslabones industriales, sumado a otros desechos de la producción, se transforma en efluente, llevando consigo una infinidad de sustancias, y al ser descargada directamente en diversos cursos de agua, modifica el ecosistema y da como resultado la contaminación del ambiente.

El objetivo del presente informe es analizar el tratamiento de efluentes realizado por la fábrica de productos lácteos “Lácteos San Basilio” en la localidad de San Basilio, provincia de Córdoba, donde se lleva a cabo un sistema de tratamiento secuencial, aireación extendida y lodos activados tipo S.B.R, uno de los sistemas más modernos y eficientes. Uno de los aspectos relevantes en el funcionamiento de la planta es que se ha logrado un uso racional y eficiente de los efluentes a los fines de minimizar el impacto ambiental, conforme a los nuevos criterios de la Epidemiología.

En base al estudio y análisis del caso, se muestra y explica el funcionamiento del sistema con los distintos tratamientos llevados a cabo y se propone como mejora una alternativa de manejo del suero lácteo, que si bien no se trata de la planta de tratamiento en sí, está relacionado directamente con la gestión de efluentes del establecimiento, buscando soluciones tanto económicas como ambientales y planteando nuevos cuestionamientos. Luego de evaluar las distintas opciones se decidió sugerir la construcción de una Planta para concentración de suero por nanofiltración al 18% de sólidos totales, resultando en un beneficio económico del 166,88% respecto al actual manejo. Queda abierta la posibilidad de producir biogás a partir del suero lácteo.

Palabras clave: tratamiento de efluentes, sistema S.B.R, suero.

## Índice de contenidos

Resumen.....	3
Índice de contenidos .....	4
Índice de figuras .....	5
Índice de tablas .....	5
Introducción .....	6
El Sector Lácteo hoy .....	7
Cadena Láctea .....	8
Objetivo general.....	11
Objetivos específicos.....	11
Análisis del caso en estudio.....	12
Descripción de los procesos para la elaboración de quesos.....	14
Planta de Tratamiento de Efluentes, Lácteos San Basilio .....	20
Descripción del sistema de tratamiento de efluentes de Lácteos San Basilio .....	28
Tratamiento Primario.....	29
Tratamiento Secundario.....	33
Reactores SBR.....	36
Parámetros de funcionamiento: .....	38
Sistema de aireación: .....	38
FODA del establecimiento:.....	42
Propuesta de mejora.....	43
Consideraciones finales.....	48
Bibliografía .....	49
Anexo .....	51

## Índice de figuras

Figura 1. Características de los vertidos en función a su origen .....	7
Figura 2. Flujo de la Cadena Láctea en 2006 (MAGPyA, 2009). .....	8
Figura 3. Cadena Láctea .....	8
Figura 4. Cuencas Lecheras en Argentina .....	9
Figura 5. Aportes a la producción total de las principales 5 provincias.....	9
Figura 6. Destino de la leche orientada a la elaboración de productos lácteos .....	10
Figura 7. San Basilio en la provincia de Córdoba .....	12
Figura 8. Ubicación de la fábrica respecto a San Basilio. ....	12
Figura 9. Predio de la fábrica. ....	13
Figura 10. Sala de pasteurización.....	15
Figura 11. Línea de envasado de dulce de leche y crema. ....	18
Figura 12. Principales parámetros exigidos por el Decreto 415/99 .....	19
Figura 13. Ciclo SBR (Grupos de procesos y sistemas de ingeniería ambiental, Universidad Autónoma de Madrid, 2006).....	22
Figura 14. Fases anaerobia-aerobia de EBPR (Castillo de Castro, 1999).....	25
Figura 15. Esquema simplificado de la planta de tratamiento de efluentes de Lácteos San Basilio. ....	28
Figura 16. Entrada del efluente crudo al tanque ecualizador.....	29
Figura 17. Sistema Air Lift.....	30
Figura 18. Vista en Corte de la cámara sedimentadora. ....	33
Figura 19. Distribución de los difusores en un Reactor Bacteriológico. ....	34
Figura 20. Comienzo del proceso de sedimentación (derecha). Fin de proceso con sólidos decantados (centro). Líquido clarificado que va al tanque australiano (izquierda). ....	35
Figura 21. Playa de secado de barros.....	36
Figura 22. Tanque australiano.....	41
Figura 23. Tecnología de membranas. ....	44
Figura 24. Proceso completo de concentración de suero.....	45

## Índice de tablas

Tabla 1. Caudales previstos para capacidad máxima.....	30
Tabla 2. FODA.....	42
Tabla 3. Comparación entre suero crudo y suero concentrado por nanofiltración. ....	43
Tabla 4. Inversión en equipos para concentrado de suero.....	46
Tabla 5. Costos de funcionamiento del sistema propuesto.....	47

## Introducción

Las aguas residuales generadas en la Industria Alimentaria (Cárnica, Láctea, Conservas de frutas y hortalizas, Bebidas, etc.) deben ser convenientemente depuradas para alcanzar los parámetros que permitan su vertido a alcantarillado o cauce público, o bien su reutilización principalmente como agua de riego (Azud, 2014).

El problema ambiental más importante de la industria láctea es la generación de aguas residuales, tanto por su volumen como por la carga contaminante asociada, fundamentalmente de carácter orgánico. La mayor parte del agua consumida en el proceso productivo se convierte finalmente en agua residual (Sevilla, 2008).

A título indicativo, en una central lechera puede esperarse un volumen de vertido de entre 1,5 a 2,5 litros de agua por cada litro de leche procesada, y en el conjunto de la industria láctea el rango se amplía hasta 2 a 5 litros (Sevilla, 2008).

Se ha estimado que el 90% de la DQO<sup>1</sup> de las aguas residuales de una industria láctea es atribuible a componentes de la leche y sólo el 10% a sustancias ajenas a la misma. En la composición de la leche además de agua se encuentran grasas, proteínas (tanto en solución como en suspensión), azúcares y sales minerales. Los productos lácteos además de los componentes de la leche pueden contener azúcar, sal, colorantes, estabilizantes, etc., dependiendo de la naturaleza y tipo de producto y de la tecnología de producción empleada.

Las aguas residuales de las industrias de tratamiento de leche presentan las siguientes características generales:

- ✓ Marcado carácter orgánico (elevada DBO<sub>5</sub><sup>2</sup> y DQO), debido a la presencia de componentes de la leche, que tiene una DBO<sub>5</sub> de 110.000 mg/l y una DQO de 210.000 mg/l.
- ✓ Alta biodegradabilidad.
- ✓ Presencia de aceites y grasas.
- ✓ Altas concentraciones de fósforo y nitratos, principalmente debidos a los productos de limpieza y desinfección.
- ✓ Presencia de sólidos en suspensión, principalmente en elaboración de quesos
- ✓ Conductividad elevada (especialmente en las empresas productoras de queso debido al vertido de cloruro sódico procedente del salado del queso.
- ✓ Valores puntuales de pH extremos, debidos a las operaciones de limpieza. Uso de ácidos y bases en las limpiezas CIP<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> La demanda química de oxígeno DQO (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO<sub>2</sub>/l) (Wikipedia, 2014).

<sup>2</sup> La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno consumido al degradar la materia susceptible de ser consumida u oxidadada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión. Se utiliza para medir el grado de contaminación; normalmente se mide transcurridos cinco días de reacción (DBO<sub>5</sub>) y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO<sub>2</sub>/l). (Wikipedia, 2014).

Las aguas residuales generadas en la fabricación de quesos pueden contener cantidades apreciables de lactosuero, sobre todo salino, lo que, además de incrementar notablemente la carga contaminante, supone la pérdida de un subproducto de alto valor económico. Es recomendable, por tanto, que se evite la incorporación del lactosuero al agua residual y que se destine a la obtención de sustancias aprovechables (Figura 1).

<b>Origen del vertido</b>		<b>Características</b>
<b>Aguas de proceso</b>	Aguas residuales generadas en operaciones de limpieza de cisternas, limpieza de equipos e instalaciones y vaciado periódico de disoluciones empleadas en la limpieza de equipos	DBO <sub>5</sub> , DQO, sólidos en suspensión, nitrógeno orgánico, detergentes, acidez o basicidad y aceites y grasas
<b>Disoluciones de limpieza</b>	Disoluciones de agua oxigenada empleada en la esterilización de las bobinas de brik	Agua oxigenada
<b>Agua de refrigeración y calderas</b>	Vertidos procedentes de purgas de las calderas y de los circuitos de agua de refrigeración y agua caliente y vapor	Conductividad, sólidos en suspensión y temperatura
<b>Aguas residuales sanitarias</b>		DBO <sub>5</sub> , DQO, sólidos en suspensión, amoníaco y detergentes

Figura 1. Características de los vertidos en función a su origen (Sevilla, 2008).

## El Sector Lácteo hoy

Se estima que actualmente persisten en el sector alrededor de 12.500 establecimientos lecheros, que en el año 2006 produjeron alrededor de 10.161 millones de litros de leche cruda. Estimaciones de la MAGyP, mencionan que en el año 2007 la producción se retrajo un 11% en relación a dicho período, debido especialmente a serios problemas climáticos en las principales cuencas lecheras de Santa Fe y Córdoba.

En Argentina la industria láctea, con sus 848 plantas industriales y 30.000 empleados, se ubica en tercer lugar dentro de las industrias de alimentación del país y participa con el 12% del producto bruto del sector alimentario (2003). Aporta el 5,4% del valor bruto de producción, el 2,1% del empleo, el 2,1% de las exportaciones y 0,1% de las importaciones a la industria nacional. Se caracteriza por presentar una estructura en la que coexisten por un lado un gran número de pequeñas empresas, muchas de ellas artesanales y que operan en el circuito informal de producción, con un reducido peso económico; y por el otro, algunas pocas grandes y medianas empresas multiplantas y multiproductos responsables de la mayor parte de la producción (AACREA, 2007).

<sup>3</sup> CIP: "Cleaning in Place" es un sistema de lavado automático in situ, es decir sin desmontaje del equipo de producción, que consiste en recircular la solución de limpieza a través de los componentes de la línea de proceso como tuberías, intercambiadores de calor, bombas, válvulas, etc.

En la Figura 2 puede observarse como se distribuyó el volumen de litros de leche producidos dentro de la cadena láctea en el año 2006.

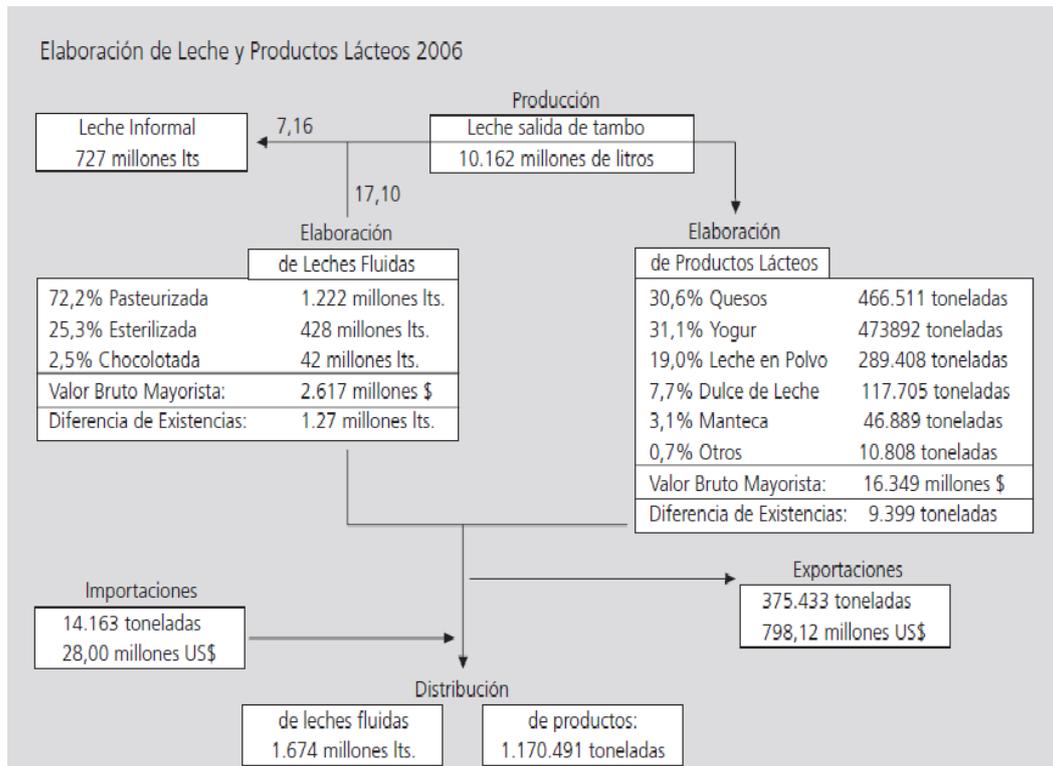


Figura 2. Flujo de la Cadena Láctea en 2006 (MAGPyA, 2009).

### Cadena Láctea

Dentro del sistema alimentario argentino, la cadena láctea es un caso caracterizado por la diversidad productiva, tecnológica y de mercado, en todos los eslabones que la componen (Castellano *et al.*, 2009 - Figura 3- ).

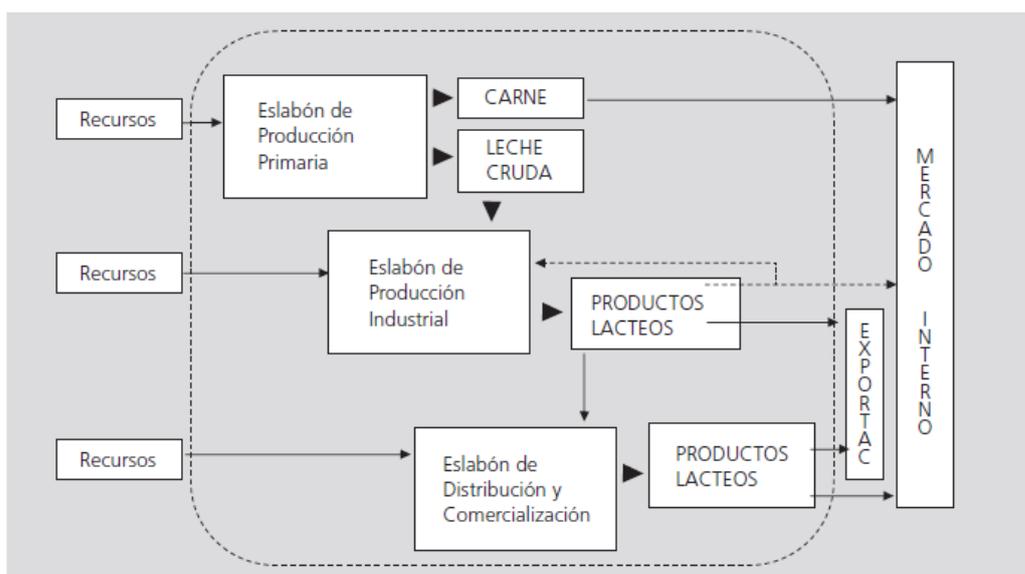


Figura 3. Cadena Láctea

## El “Eslabón Primario”

A nivel de producción primaria, se observa una fuerte heterogeneidad intersectorial y entre regiones productoras, lo que se manifiesta en una estructura atomizada (Castellano *et al.*, 2009).

Las principales cuencas productoras de leche del país están bien delimitadas dentro de la zona agroecológica denominada “Llanura pampeana” (Mancuso & Teran, 2008).

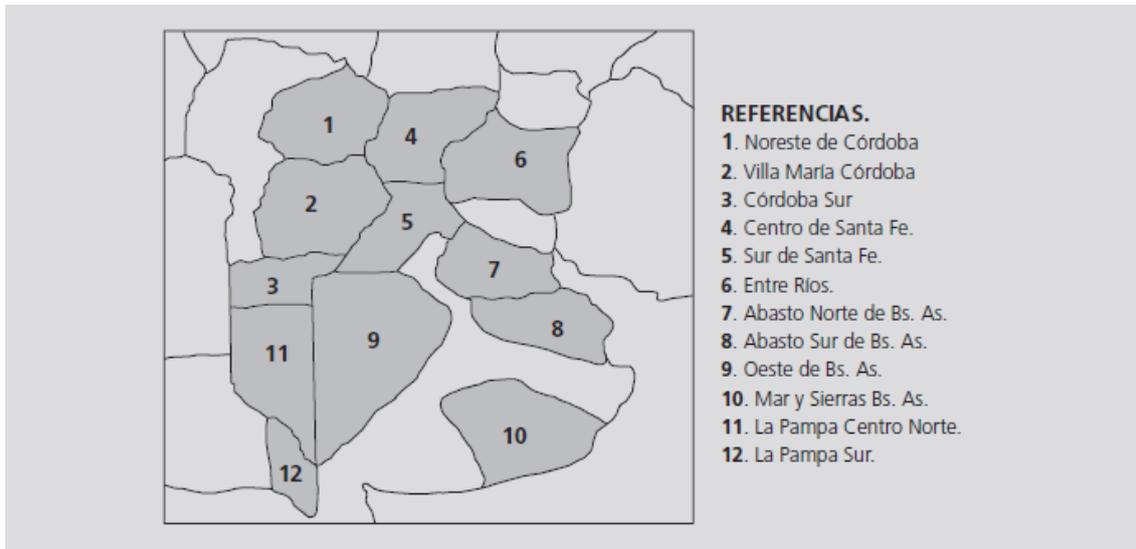


Figura 4. Cuencas Lecheras en Argentina

En la Figura 4 se pueden diferenciar doce “Cuencas Lecheras”, donde se destacan por su importancia las cuencas Centro de Santa Fe, Noreste Córdoba y Oeste de Buenos Aires.

El aporte en volumen de leche que realiza cada una de las principales provincias lecheras de Argentina se presenta en la Figura 5 destacándose la fuerte participación de las cuencas santafecinas y cordobesas.



Figura 5. Aportes a la producción total de las principales 5 provincias (MAGPyA, 2009)

## El “Eslabón Industrial”

Según datos de la Administración Federal de Ingresos Públicos (AFIP), la industria láctea comprendía en 2005 a 918 empresas, que ocupaban aproximadamente a 29.000 personas y generaban ingresos totales por alrededor de 12.600 millones de pesos. Estos números ubican a los Lácteos en un lugar destacado en la industria de Alimentos y Bebidas, con participaciones del orden del 9%, 10% y 13%, respectivamente, en cada uno de los tres parámetros (Mancuso & Teran, 2008).

Según los datos estadísticos disponibles, se puede establecer una división del sector industrial lácteo en tres segmentos:

- ✓ 10-12 empresas que reciben más de 250.000 litros diarios, diversificadas en sus líneas de producción y con actividad exportadora.
- ✓ 90-100 empresas que reciben entre 20.000 y 250.000 litros diarios, jugando un fuerte papel en el sector quesero.
- ✓ Más de 1.000 empresas y tambos fábrica con menos de 20.000 litros diarios de recepción, que se dedican casi en forma exclusiva a la fabricación de quesos.

## Destino de la producción

Tal como puede observarse en la Figura 2, la leche cruda se destina en un 76% a la elaboración de productos lácteos, 17% a leches fluidas y el resto (7%) está considerada como leche informal. Esta última es una estimación que se considera para la leche que no entra en ningún circuito de comercialización y elaboración formal de productos lácteos, ya sean estos: quesos, leche fluida u otros lácteos.

De la leche destinada a la elaboración de productos, un 31.2% se destina a la producción de leche en polvo, 10.6% a quesos de pasta dura, 20.9% a quesos de pasta semidura, 19.9% a quesos de pasta blanda, 9.3% a manteca y el resto (8.2%) a otros lácteos, principalmente dulce de leche, leche condensada, yogur, postres y flanes (Figura 6).

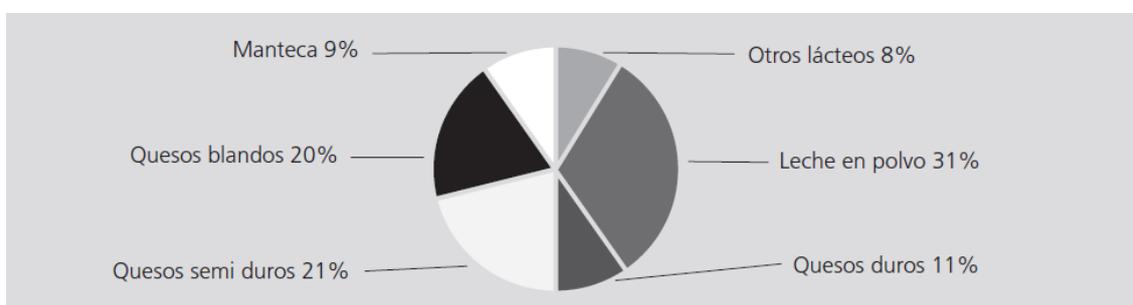


Figura 6. Destino de la leche orientada a la elaboración de productos lácteos (MAGPyA, 2009)

## **Objetivo general**

Evaluar el Manejo de Efluentes de la Planta de productos lácteos Lácteos San Basilio S.A., localidad de San Basilio provincia de Córdoba.

## **Objetivos específicos**

- ✓ Describir las prácticas para el manejo de los efluentes llevadas a cabo por la planta analizada.
- ✓ Proponer medidas para reducir la cantidad de agua residual obtenida en el normal funcionamiento de la planta.
- ✓ Plantear un manejo alternativo para el suero lácteo al que se lleva en la actualidad.

## Análisis del caso en estudio

La empresa de productos lácteos “Lácteos San Basilio S.A.” se encuentra ubicada a 1km de la localidad de San Basilio, provincia de Córdoba, y a 56km de la ciudad de Río Cuarto (Figura 7).

La empresa surge debido a la problemática económica que había en las empresas lácteas, y es así que un grupo de productores decide asociarse para dar valor agregado a la leche que producían.

Si bien la producción es comercializada en su totalidad a nivel nacional, la empresa se encuentra habilitada por SENASA para el tráfico internacional (XI-05256).



Figura 7. San Basilio en la provincia de Córdoba

El acceso a la fábrica es por ruta provincial N24 sentido SE desde San Basilio (Figura 8). El predio cuenta con 4ha donde se encuentran 4 edificios: recepción y oficinas, fábrica de quesos, fábrica de dulce de leche y planta de tratamiento de efluentes, ubicada a 400m del área de producción.



Figura 8. Ubicación de la fábrica respecto a San Basilio.

Principales áreas dentro del predio (Figura 9):

A= Área administrativa, oficinas y laboratorio.

B= Fábrica de quesos.

C= Fábrica de dulce de leche.

D= Planta de tratamiento de efluentes.



Figura 9. Predio de la fábrica.

Actividades de la empresa:

La principal actividad de la empresa es la producción de quesos, destinándose el 99% de la leche recibida, y el resto a la producción de dulce de leche y crema. La planta procesa aproximadamente 105.000 litros de leche diarios, con una capacidad de procesamiento de 12500l/hr.

Según el C.A.A (C.A.A, 2015): “Se entiende por Queso el producto fresco o madurado que se obtiene por separación parcial del suero de la leche o leche reconstituida (entera, parcial o totalmente descremada), o de sueros lácteos, coagulados por la acción física, del cuajo, de enzimas específicas, de bacterias específicas, de ácidos orgánicos, solos o combinados, todos de calidad apta para uso alimentario; con o sin el agregado de sustancias alimenticias y/o especias y/o condimentos, aditivos específicamente indicados, sustancias aromatizantes y materiales colorantes”.

El nombre utilizado para la comercialización de los productos es “Colonia Orcoví”.

## Descripción de los procesos para la elaboración de quesos

El camión lechero retira la leche del tambo, allí se toma una muestra en la cual se determina acidez (con prueba de alcohol, para que el valor de acidez Dornic no supere los 17º) y temperatura (no mayor a 4ºC).

Una vez en la fábrica, antes de la descarga, se hace un test de presencia de antibióticos y acidez. Si es apta, se almacena para su procesamiento. El único parámetro de rechazo es la presencia de antibióticos. Suele haber uno al mes.

En caso de no haber problemas, la leche se descarga y almacena en silos. La planta tiene una capacidad de almacenamiento de 300000 litros, dividida en cuatro silos, de 150000, 100000 y 30000 y 20000 litros respectivamente.

### Parámetros de calidad de la leche:

Antibióticos: negativo.

Prueba de alcohol: negativa.

Temperatura menor a 4º C.

Recuento de microorganismos totales menor a 150000ufc/ml.

Recuento de células somáticas: menor a 600000CCS/ml.

La leche ingresa a la sala de pasteurización a 26ºC y se lleva a 45 ºC. Se higieniza por filtros, ahí se elimina el material más grande. Se realiza una centrifugación autoenlodante, donde se retiene el material más pequeño, sangre y polvo.

La pasteurización (Figura 10) se hace a 74ºC durante 15 segundos, a esa temperatura y tiempo se inactiva el complejo *Mycobacterium tuberculosis* (principalmente *Mycobacterium bovis*, causante de la tuberculosis transmitida por leche no pasteurizada, además de ser el microorganismo más resistente a la temperatura presente en la leche). De esta manera se asegura que la leche sea inocua, alterando lo menos posible su calidad física y química.

La leche se estandariza a 50 micrones el glóbulo graso, proceso importante para la elaboración de quesos.

De allí, va a producción con una temperatura de 34 a 38ºC según el queso que se va a elaborar (se enfría por intercambio –placas).



Figura 10. Sala de pasteurización.

Utilizando el parámetro de relación proteína/grasa, al saberse el porcentaje de proteína, se determina la grasa que hay que quitar o agregar para la producción de cada tipo de queso:

- quesos duros: 2,70 a 2,85% grasa.
- barra y tybo: 2,90% grasa.
- pategras y fimbo 2,80 a 2,90% grasa.
- mozzarella: 2,75% grasa.
- cuartirolo: 3,40% grasa.
- port salud: 3,10% grasa.

Elaboración de quesos:

Tinas: (2 de 9000lt. y 1 de 6500lt)

Pasos:

1

1.1 - Ingresar leche pasteurizada.

1.2 – Adición de diferentes compuestos a la tina:

1.2.1 Coagulante (timasina, enzima encargada de desnaturalizar proteínas) para retener grasa y humedad (15-20 minutos). Fermento (cultivo de bacterias seleccionadas que producen ácido láctico e influyen en la maduración del queso).

1.2.2 Colorante.

1.2.3 Cloruro de Calcio (sal que reemplaza al calcio natural de la leche perdido en la pasteurización).

2

2.1 - Cortado con liras para liberar el suero (tamaño variable según el queso, quesos blandos cubos más grandes y quesos duros cubos más pequeños –mayor deshidratación y mayor temperatura de trabajo-) (10 minutos).

3

3.1 - Agitado (cocción a 42°C) se realiza con vapor a baño María. El proceso desactiva algunas bacterias para que se desarrollen otras.

Dreno-Prensa:

La función de la dreno-prensa es unir los granos en un gran bloque y separarlos del suero.

Se vierte el queso por gravedad hacia la prensa (8 minutos para acomodar el cuajado, 20 minutos de prensa en dos tiempos, primero un prensado más leve y el segundo con más presión), fase en común para todos los quesos, donde se moldea según la presentación. El suero se bombea a un tanque pulmón para ser enfriado (12-15°C).

Es importante una buena limpieza y desinfección de la prensa (cloro y ácido peracético) para que no se desarrollen fagos (inactivan bacterias fermentativas).

El caso de la muzzarella es distinto a la elaboración del resto de los quesos. Se moldea en dreno-prensa y luego se premadura en cámara durante diez días. Transcurrido este tiempo se realiza el amasado de la misma con astas e inyección de vapor directo. Esto se realiza para que se produzca el alineado de proteínas y de esta manera se formen los hebras, principal característica física de este queso. El salado se realiza directamente en la amasadora.

Saladero:

La finalidad es conferir más sabor, formar la cáscara que va a proteger al queso y enfriar el queso para detener la actividad de los microorganismos.

Se frena con frío la actividad de las bacterias y se sala (piletas saturadas con sal, cada piletta tiene una concentración de sal y tiempo dependiendo del tipo de queso –Ej: cuartirolo 4hs, sardo 3 días, etc.). El salado es por difusión (entra sal, sale agua).

La sal utilizada es habilitada por el Código alimentario y de mercado. Es muy importante la desinfección de las piletas (se realiza con el producto comercial AQ 30, que es oxígeno activado, a base de ácido peracético y agua oxigenada).

Oreado:

En el oreo se produce el secado de la superficie de los quesos.

Posteriormente se realiza el embolsado (selladora al vacío). Se coloca código para llevar la trazabilidad del producto<sup>4</sup>.

Pasos del embolsado:

- 1 Embolsado.
- 2 Sellado.
- 3 Túnel de agua caliente.
- 4 Fechado (lote y fecha de vencimiento).

Elaboración de dulce de leche:

Según el C.A.A.: “Con el nombre de Dulce de Leche se entiende el producto obtenido por concentración y acción del calor a presión normal o reducida de la leche o leche reconstituida, con o sin adición de sólidos de origen lácteo y/o crema, y adicionado de sacarosa (parcialmente sustituida o no por monosacáridos y/u otros disacáridos), con o sin adición de otras sustancias alimenticias”.

Se realiza en una planta separada (ver foto del predio).

La leche pasteurizada se envía a un tanque, donde se agrega lactasa (enzima que desdobra la lactosa y evita el azucaramiento del dulce) y azúcar. Luego la leche se coloca en pailas y se calienta hasta su hervor, manteniendo por aproximadamente cuatro horas una temperatura de 102°C para evaporar el agua de la leche. La paila tiene doble camisa, para calefaccionar con vapor. Allí se agrega glucosa (da brillo y mejor palatabilidad), bicarbonato (para controlar pH y acidez, y que no se corte).

La concentración de sólidos de la leche genera reacciones que a la coloración del dulce (concentración de sólidos dulce de leche familiar: 68 Brix; concentración de sólidos dulce de leche repostero: 71 Brix).

Alcanzada la concentración, el dulce se descarga al enfriador de doble camisa por el que circula agua helada hasta 65°C. El dulce de leche familiar se homogeneiza (evita gránulos y da brillo), el repostero no.

Luego es envasado (Figura 11) en pote o cuñetes. Se envasan a 65°C, no más porque se deteriora la calidad del producto, del envase y se generan vapores. No menos porque hay que asegurar mantener la calidad microbiológica del producto.

---

<sup>4</sup> Quesos duros (Sardo y Romano) se oread en otra cámara, ya que se pintan (no se embolsan).



Figura 11. Línea de envasado de dulce de leche y crema.

Efluentes, generalidades:

Desechos totales de la fábrica:

- ✓ Agua con solución de lavado (efluente principal).
- ✓ Suero. Actualmente se vende el suero crudo a Lácteos La Cristina S.A., empresa que se encarga de retirarlo directamente desde la fábrica para la producción de suero de queso en polvo, el cual es utilizado como insumo industrial para la elaboración de galletitas, panes, golosinas, confituras, otros productos lácteos, helados, dulce de leche, postres, manufacturas cárnicas, salchichas, hamburguesas y embutidos varios, alimentos balanceados, entre otros.
- ✓ Agua de sanitarios.

Estos efluentes son derivados a la Planta de Tratamiento, donde son tratados según el Decreto 415/99 (Figura 12) que rige en la provincia de Córdoba y luego son vertidos al Arroyo “Los Jagüeles”.

La planta cuenta también con dos perforaciones en las cuales se lleva a cabo procesos de clorado.

Parámetro	Unidades	Dec 415/99 Cordoba (cuenca de aporte)	Parámetro	Unidades	Dec 415/99 Cordoba (cuenca de aporte)
Temperatura	°C	≤ 40	Temperatura	°C	≤ 40
pH	uph	6,0 – 9,0	Nitrógeno Total Kjeldhal	mg / l	≤ 10
SOLIDOS SEDIMENTABLES 10 min	ml / l	≤ 0,5	Fósforo Total	mg / l	≤ 0,5
SOLIDOS SEDIMENTABLES 2hs	ml / l	≤ 1,0	DBO	mg / l	≤ 30
Sustancias Solubles en éter etílico (S.S.E.E)	mg / l	≤ 20	DQO	mg / l	
Cloro Libre	mg / l		Oxígeno Consumido	mg / l	≤ 20
Sustancias Detergentes (S.A.A.M)	mg / l	-			

Figura 12. Principales parámetros exigidos por el Decreto 415/99  
(Rodríguez, 2013)

Después de describir los distintos procesos de transformación de la materia prima realizados por la fábrica, observamos que la gestión de los efluentes que derivan de estas etapas es muy minuciosa, como así también de los que provienen del lavado de los equipos. Se genera aproximadamente un litro de efluente por cada litro de leche procesada (se tratan 105.000 litros diarios de leche y se genera el mismo volumen de efluente, con una relación cercana a 1:1, por debajo del promedio de este tipo de industrias). Debido a esto en el informe no se hará hincapié en proponer medidas en cuanto a la reducción de aguas residuales generadas sino en la descripción de los procesos llevados a cabo para el tratamiento de los mismos.

## Planta de Tratamiento de Efluentes, Lácteos San Basilio

Según resultados obtenidos de estudios realizados, se diseña una Planta de Tratamiento de efluentes con un sistema de tratamiento secuencial, aireación extendida y lodos activados tipo S.B.R., con capacidad de procesamiento de 1073 Kg/día DBO (análisis realizados: muestra compensada 24hs: D.B.O 4390 mg/l –actualmente llega hasta 10000mg/l cuando se mezcla con el efluente proveniente de la elaboración de dulce de leche- y sólidos totales 1500 mg/l).

Antecedentes del sistema de reactores biológicos discontinuos secuenciales (SBR):

Los reactores de operación discontinua (SBR), también llamados ROD, tienen una historia de aproximadamente 100 años, desde que Sir Thomas Wardle publicó sus experiencias (Muñoz Paredes y Ramos, 2014). Arden y Lockett (1914), publicaron resultados sobre trabajos realizados en SBR a nivel piloto, los cuales, en esa época, fueron llamados Reactores de llenado y vaciado. Desde entonces una serie de sistemas discontinuos han sido propuestos y construidos sin éxito hasta que Irvine (Irvine y David, 1971) volvió a inventar el ROD. Desde 1971 el SBR ha sido investigado ampliamente en varios países y muchas plantas han sido construidas en Australia, Estados Unidos de Norteamérica y Japón. Originalmente, el objetivo del SBR sólo era la eliminación de la materia orgánica, pero hoy en día su uso se ha extendido y en este sistema se pueden eliminar también nutrientes como el fósforo y el nitrógeno; éste último por medio del proceso de Nitrificación-Desnitrificación (Dautan *et al.*, 1988).

Los reactores biológicos discontinuos secuenciales (SBR) son reactores en los que el líquido a tratar (alimento o sustrato) se mezcla con un lodo biológico en un medio aireado. El proceso combina en un mismo tanque reacción, aireación y clarificación (Muñoz *et al.*, 2014).

El licor mezclado formado en el tanque de aireación, es sometido a agitación para:

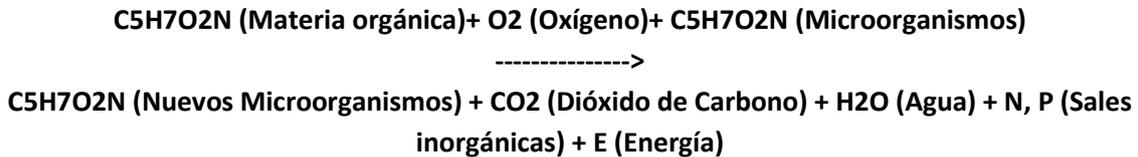
- Mantener los sólidos en suspensión, favoreciendo el contacto y la floculación de la materia orgánica soluble y coloidal.
- Incorporar el oxígeno requerido en el proceso de oxidación de la materia. La transferencia de oxígeno al licor mezclado se realiza a través de procesos asociados con la agitación, inyección y difusión de aire en el seno de la masa líquida del reactor.

Cuando hacemos una comparación entre Lodos Activados propiamente dicho y Tratamiento de Efluentes a través de reactores biológico secuenciales (SRB), decimos que los procesos unitarios que intervienen en ellos son los mismos. En ambos ocurren la aireación, mezcla, reacción, sedimentación-clarificación, con la diferencia que en el proceso de lodos activados los procesos se llevan a cabo en tanques separados y en un sistema SBR el tratamiento ocurre secuencialmente en el mismo tanque.

El sistema de tratamiento de efluentes de manera secuencial (SRB) es una variante del proceso biológico, el cual consiste en repartir el efluente total a tratar en lotes (Batch) y procesar cada uno de estos lotes separadamente en un ciclo completo.

Entre los sistemas de depuración biológica los reactores secuenciales de flujo discontinuo están cada vez siendo más utilizados en el tratamiento y depuración de aguas residuales industriales.

La elección de este tipo de tratamiento está basada en la teoría básica del proceso, la cual parte del hecho de que en la naturaleza existen microorganismos heterótrofos aerobios, principalmente bacterias del tipo Gram-negativas, que son capaces de metabolizar y degradar el material orgánico contenido en las aguas residuales, que responde a la siguiente ecuación bioquímica (Bossio, 2014):



✓ **Tratamiento Biológico:**

El tratamiento biológico, también llamado tratamiento secundario, es un proceso de oxidación (a excepción de algunos procesos anaerobios como las lagunas de estabilización), en donde la materia orgánica biodegradable es descompuesta con ayuda de biomasa en un medio controlado aeróbico, dando como resultado compuestos estables de composición más sencilla.

Los complejos orgánicos, en especial proteínas y glúcidos normalmente presentes en aguas residuales, son transformados en dióxido de carbono, agua y compuestos simples nitrogenados ( $\text{NH}_3$  y  $\text{NO}_x$ ) (Dautan *et al.*, 1988).

✓ **Función De Los Microorganismos:**

Los microorganismos tienen un papel importante en estos sistemas porque son los encargados de descomponer la materia orgánica en el reactor y parte de esas bacterias del tipo facultativas o aeróbicas se encargarán de tomar energía y sintetizar el resto de la materia orgánica y transformarla en nuevas células. En este proceso solo una porción del residuo original es oxidado a compuestos de bajo contenido energético, tales como:  $\text{NO}_3$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{CO}_2$ , el resto es transformado a tejido celular (Dautan *et al.*, 1988).

El sistema SBR consta de, al menos, cuatro procesos cíclicos: Llenado, Reacción (aireación), Decantación y Vaciado, tanto de efluente como de lodos (Figura 13). En la primera etapa, llamada Llenado estático, se introduce el agua residual al sistema bajo condiciones estáticas. El llenado puede ser dinámico si se produce aireación durante el período de llenado. Durante la segunda etapa del ciclo llamada Reacción (aireación), el agua residual es mezclada mecánicamente para eliminar las posibles espumas superficiales y preparar a los microorganismos para recibir oxígeno. En esta segunda etapa se inyecta aire al sistema. La reacción es un proceso cuyos resultados varían con su duración, y en la que el agua residual es continuamente mezclada y aireada, permitiendo que se produzca el proceso de degradación biológica. La tercera etapa ciclo, llamada de Decantación, genera condiciones de reposo en todo el tanque para que los lodos puedan decantar. Durante la última etapa, o de Vaciado, el agua tratada es retirada del tanque mediante un sistema de eliminación de sobrenadante superficial. Finalmente, se puede purgar el lodo generado para mantener constante la concentración de éste (REMTAVARES, 2006).

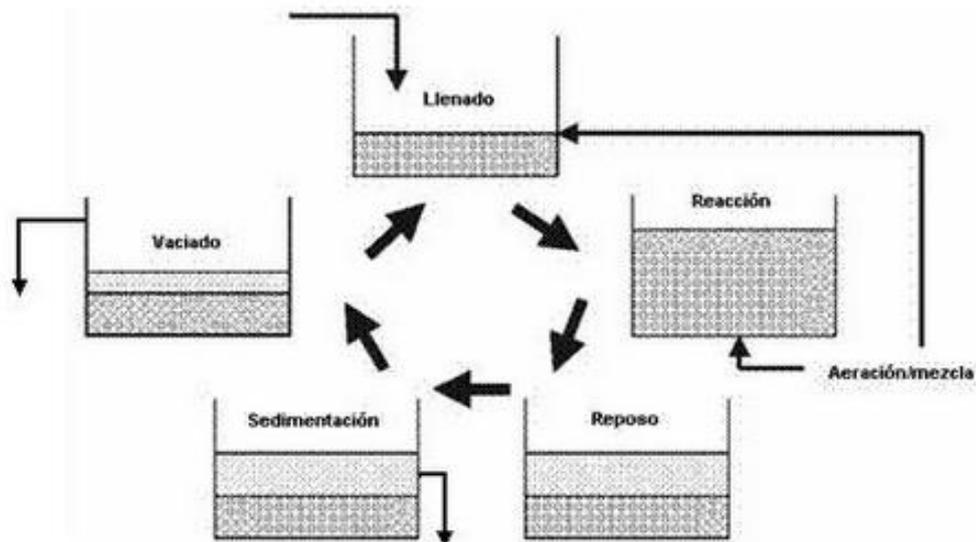


Figura 13. Ciclo SBR (Grupos de procesos y sistemas de ingeniería ambiental, Universidad Autónoma de Madrid, 2006).

### Eliminación de Nutrientes (N y P)

El vertido de aguas residuales ricas en N y P puede dar lugar a la Eutrofización, entendida como un proceso complejo de fertilización de las aguas naturales con sustancias nutritivas, especialmente nitrógeno y fósforo en formas asimilables por la vegetación acuática. Este proceso origina un aumento de la población de algas, un incremento de la productividad en todos los niveles de la cadena alimentaria y un empeoramiento progresivo de las características físico-químicas del agua. Además existen otros impactos asociados a la eutrofización, como el descenso del oxígeno disuelto en los cuerpos de agua y la generación de un ambiente tóxico para los organismos acuáticos (Muñoz Paredes & Ramos, 2014).

Para controlar este fenómeno se deben implementar las acciones tendientes a reducir la descarga de estos contaminantes, más aun teniendo en cuenta que se han incrementado los niveles de exigencia en la normatividad ambiental vigente en muchos países del mundo (Muñoz Paredes y Ramos, 2014).

SBR, como se mencionó anteriormente, es el nombre dado al sistema de tratamiento de aguas residuales operado sobre la base de la tecnología de lodos activados, en una secuencia de ciclos de llenado y de vaciado. Éste incluye normalmente el proceso de eliminación biológica de nutrientes, en fases que pueden incluir el tratamiento anaerobio, aerobio, anóxico, o la combinación de ellos y en las que, finalmente, se incluye la sedimentación. Todas estas operaciones unitarias se desarrollan en un mismo reactor.

Hay que mencionar además, que los SBR fueron usados originalmente para la eliminación de demanda química de oxígeno (DQO) y fosfatos de las aguas residuales. La regulación en las descargas resultó en la modificación de estos sistemas para lograr la nitrificación y desnitrificación, junto con la eliminación de DQO y de fosfatos.

Algunos autores sostienen que la eliminación biológica de nutrientes y de materia orgánica se obtiene gracias a la combinación de ciclos de reacción aerobios y anóxicos, dependiendo de las necesidades del tratamiento (Muñoz Paredes & Ramos, 2014).

Ciclos:

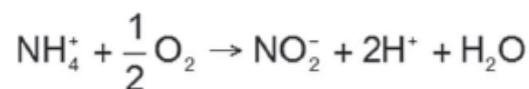
- ✓ Fase anaerobia: se produce la liberación de fósforo por parte de los microorganismos.
- ✓ Fase aerobia: tiene lugar la nitrificación y consumo de oxígeno y de fósforo.
- ✓ Fase anóxica: ocurre la desnitrificación.

Debido a que en la operación de un SBR el sustrato orgánico soluble es consumido por los microorganismos en la fase aerobia, se deben efectuar mediciones para asegurar suficiente sustrato orgánico soluble para la desnitrificación.

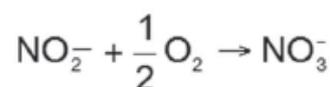
### Eliminación de Nitrógeno

La remoción de nitrógeno básicamente implica la conversión aerobia de amonio a nitrato (nitrificación) y la conversión anóxica de nitrato en gas nitrógeno (desnitrificación). La nitrificación se realiza por bacterias nitrificantes autotróficas, que son aerobias obligadas (*nitrosomonas* y *nitrobacter*) (Muñoz Paredes & Ramos, 2014).

La reacción de nitrificación es exotérmica y en una primera fase el amonio se convierte en nitrito mediante la siguiente reacción (Muñoz Paredes & Ramos, 2014):



El nitrito permanece poco tiempo, se convierte en producto intermedio de la nitrificación para que en la próxima reacción se transforme en nitrato.



La desnitrificación es un proceso por el cual el nitrógeno en forma de nitrato es reducido a nitrógeno gas (N<sub>2</sub>) que se libera a la atmósfera, por intermedio de bacterias heterótrofas aerobias facultativas que en condiciones anóxicas son capaces de utilizar los nitratos como aceptores de electrones, en lugar del oxígeno disuelto.

Este proceso se realiza en varias etapas: el nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) se convierte en nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), óxido nítrico (NO), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y finalmente en nitrógeno molecular (N<sub>2</sub>) principalmente mediante la acción de diversos géneros de bacterias como *Pseudomonas* y *Alcaligenes*. Es importante tener en cuenta que la desnitrificación se realiza gracias a bacterias heterótrofas aeróbicas facultativas que las cuales en ausencia de O<sub>2</sub> (fase anóxica), utilizan al NO<sub>3</sub><sup>-</sup> como aceptor de electrones.

La eliminación de nitrógeno en un sistema SBR se puede lograr por la alternancia de períodos aerobios y períodos de anoxia durante la reacción (Muñoz Paredes & Ramos, 2014). En las

diferentes secuencias de tratamiento de las aguas residuales en un sistema SBR, la inclusión del periodo anóxico inmediatamente después del periodo de aireación mejora la eficiencia de remoción del nitrógeno por desnitrificación (Muñoz Paredes & Ramos, 2014).

### **Eliminación de Fósforo**

La eliminación del fósforo (P) es importante en el control de la eutrofización. El proceso de eliminación por medio de un proceso biológico se conoce como la eliminación biológica de fósforo mejorada (EBPR, por sus siglas en inglés). Consiste en la incorporación del P presente en el efluente en la biomasa celular, que posteriormente se retira del sistema como resultado de la purga de lodo residual. Para lograrlo, es necesario conseguir que los microorganismos acumulen este elemento más allá de sus necesidades metabólicas de crecimiento (Castillo de Castro & Tejero Monzón, 1999).

La EBPR se basa en exponer la biomasa a ciclos anaerobio-aerobio (Figura 14). En el tiempo de contacto anaerobio, las bacterias que intervienen en la eliminación biológica del fósforo, usan sus reservas intracelulares de polifosfatos como fuente de energía y almacenan sustratos orgánicos simples, como los ácidos grasos volátiles (AGV), lo que favorece la liberación de fósforo en la fase anaerobia. Durante la fase aerobia, las bacterias usan sus reservas de carbono como fuente de energía y acumulan más fósforo que el liberado en la fase previa, almacenando este elemento muy por encima de sus necesidades estequiométricas. Al finalizar esta fase, la biomasa rica en fósforo debe ser retirada para completar el proceso de eliminación biológica de fósforo (Castillo de Castro & Monzón, 1999).

#### **✓ Mecanismo de la EBPR**

Para conseguir la EBPR el acetato y otros ácidos grasos de cadena corta, productos de la fermentación anaerobia, son captados y almacenados dentro de la célula en forma de poli-βhidroxi-butilato (PHB). Cuando las bacterias captan compuestos orgánicos solubles y forman productos de almacenamiento intracelular deben gastar energía, la cual se consigue de forma anaerobia al romper los enlaces entre los fosfatos almacenados en las cadenas inorgánicas de polifosfatos. Este proceso tiene como resultado la liberación de ortofosfatos y consumo de materia orgánica.

En la fase aerobia, la materia orgánica presente en el seno del líquido es oxidada, luego el sustrato orgánico anteriormente almacenado en forma de PHB se oxida por vía aerobia a CO<sub>2</sub>, agua y nuevas células y los ortofosfatos solubles se captarán rápidamente para conseguir una nueva síntesis de polifosfatos intracelulares.

Este mecanismo sugiere que el nivel de fósforo eliminado por vía biológica se encuentra relacionado de forma directa con la cantidad de sustrato que puede ser fermentado por los microorganismos en la fase anaerobia, que luego es asimilado y almacenado como productos de fermentación.

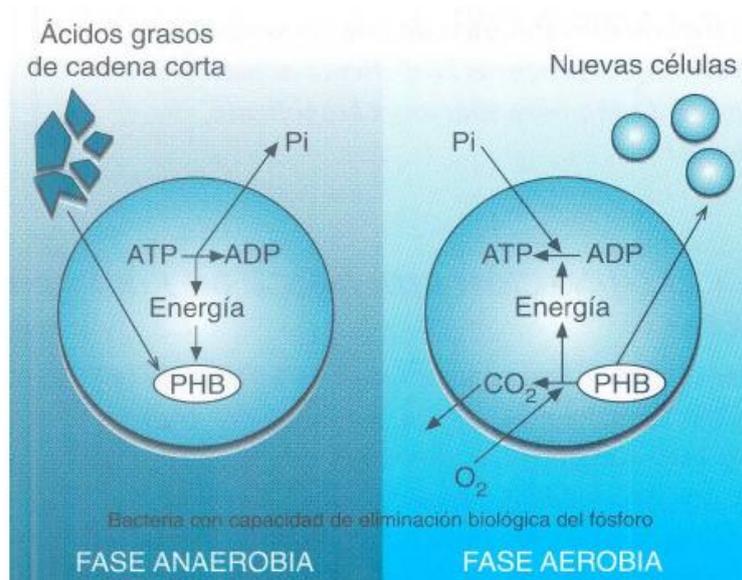


Figura 14. Fases anaerobia-aerobia de EBPR (Castillo de Castro, 1999).

### Análisis microbiológico

Bajo condiciones aerobias, los organismos bioacumuladores de fósforo (BAF) presentes en un cultivo mixto, no pueden entrar en competencia con otros heterótrofos ya que su velocidad de consumo de sustrato es menor. No obstante, al entrar en contacto con una fase anaerobia y en presencia de ácidos grasos de bajo peso molecular, los BAF rompen e hidrolizan las cadenas de polifosfatos almacenados dentro de la célula, liberando el fosfato al seno del líquido.

Estos organismos, con sus reservas llenas de ácidos grasos de bajo peso molecular, al pasar a la fase aerobia, sobreviven sin entrar en competencia con los demás heterótrofos al consumir el sustrato almacenado previamente y reabastecen su reserva de polifosfatos atrayendo el fosfato presente en el seno del líquido, el cual también se emplea para crecimiento. De esta forma, las condiciones de alternancia anaerobia/aerobia hacen que los microorganismos capaces de almacenar fosfatos (BAF) consigan proliferar.

La eficiencia de eliminación de fósforo en este sistema puede alcanzar hasta el 90%, mientras que en sistemas convencionales de lodos activados la eficiencia máxima alcanzada es sólo del 10 al 20 % (Castillo de Castro y Monzón, 1998).

Consideraciones a tener en cuenta para el diseño de EBPR:

- ✓ Relación DQO: P del efluente:

Es importante que exista suficiente materia orgánica en la fase anaerobia para que se libere la mayor cantidad de fósforo posible, y por otro lado, es recomendable que una vez liberado el fósforo se haya consumido la mayor cantidad de materia orgánica, para evitar así tiempos muertos durante las fases. La DQO: P afluente aconsejada debe mantenerse entre 15:1 y 25:1.

- ✓ Tiempo de duración de las ciclos:

Se debe garantizar el tiempo anaerobio suficiente para que se elimine al menos el 80% de la materia orgánica y un tiempo aerobio suficiente para que se consuma todo el fósforo liberado en la fase anaerobia anterior. La fase crítica durante el arranque del proceso de EBF es la anaerobia.

robia, ya que las BAPR son aerobias estrictas y deben aprender a subsistir en dichas condiciones.

- ✓ Contenido de Fosforo en la Biomasa Seca (FBS) y frecuencia de lavado:

El FBS es el dato que realmente nos indica que el proceso de EBF está funcionando. Si no se proporciona un lavado que arrastre parte de la biopelícula del reactor, el FBS crecerá hasta un punto de saturación, por encima del cual la biomasa no es capaz de acumular más fósforo. Mientras esto sucede, la calidad del efluente se deteriora cada vez más, hasta el punto en que el proceso no es capaz de eliminar fósforo. Debido a esto es recomendable lavar el reactor con una frecuencia de entre 10 y 15 días. (Castillo de Castro y Monzón, 1998).

Cabe aclarar que en el caso en estudio, al tratarse de una industria láctea, el efluente contiene características particulares (pH ácido y variable; alto porcentaje de C, H, O y N y bajo de P), dicho esto es importante aclarar que las fases mencionadas en la eliminación del N se llevan a cabo en los flocs biológicos (asociación entre microorganismos que flota en el sistema de tratamiento). En la parte externa de los flocs se ubican las bacterias aeróbicas, responsables de la nitrificación, y dentro de los éstos se encuentran las bacterias anaeróbicas, responsables de la desnitrificación.

En lo que respecta al fósforo, al tratarse de un elemento que se encuentra en bajas proporciones en este efluente, no se realiza la EBPR. Esto se debe principalmente a que las cantidades de fósforo no lo ameritan y, por otro lado, en el arroyo donde se vierten los efluentes no hay ningún signo de eutrofización.

### **Ventajas y Desventajas del sistema SBR (Sinia, 2014):**

#### **VENTAJAS:**

- Estabilidad y flexibilidad: se adaptan a condiciones fluctuantes y toleran variaciones en la carga orgánica.
- Eliminación eficiente de: DBO5, nutrientes (N, P) y compuestos refractarios.
- Permite mayor control sobre el crecimiento de microorganismos filamentosos.
- Mayor retención de Biomasa en comparación a otras tecnologías como lodos activados.
- Fácil control de la operación.
- Menores costos de inversión ya que no requiere una bomba para el retorno de lodos y el sedimentador secundario es de menor tamaño, debido a la excelente sedimentabilidad del sistema.
- Diseño compacto: requiere menos espacio que los sistemas convencionales como lodos activados.
- Generación de lodos secundarios “estabilizados” que al igual que los sistemas convencionales pueden ser aprovechados como fertilizantes, mejoradores de suelo y obtención de biogás, entre otras.

- Sin impacto visual, pueden ser instalados bajo tierra (no es el caso de Lácteos San Basilio).

**DESVENTAJAS:**

- Requiere capacitación técnica de los usuarios.
- Requiere mayor sofisticación y mantenimiento.
- Riesgo de taponamiento de los dispositivos de aireación durante ciclos operativos específicos.
- No es aplicable a todo tipo de efluente orgánico, ya que la presencia de compuestos tóxicos puede afectar negativamente el desempeño de este tratamiento.
- En algunas ocasiones se requiere agregar nutrientes tanto al SBR como al efluente final.
- Alto consumo eléctrico.

## Descripción del sistema de tratamiento de efluentes de Lácteos San Basilio

El volumen de efluentes generado por la fábrica varía entre 100 y 120m<sup>3</sup> diarios.

El diseño de la planta de tratamiento de efluentes se realizó para una capacidad máxima de trabajo de 250m<sup>3</sup> diarios, pensados para un hipotético crecimiento en la producción.

Como se mencionó anteriormente el sistema utilizado para el tratamiento de efluentes es el de Reactores biológicos discontinuos secuenciales (SBR). La variable del sistema utilizado en la planta consta de dos tratamientos (Figura 15).

El tratamiento primario consiste en:

- Ingreso del efluente crudo en la cámara de rejillas (1).
- Pasaje del efluente a un tanque equalizador o pozo de bombeo (2).
- Recepción de éste en la cámara de separación de sedimentos y grasas (3).

Tratamiento secundario:

- Entrada del efluente a los reactores bacteriológicos ó lotes de Batch (4).
- Aireación, reacciones y procesos de depuración por acción de microorganismos.
- Recepción y clorado del efluente en un tanque australiano (5).
- Vertido al arroyo (6).

Los lodos en exceso de los reactores se secan en la playa de secado de barros (7).

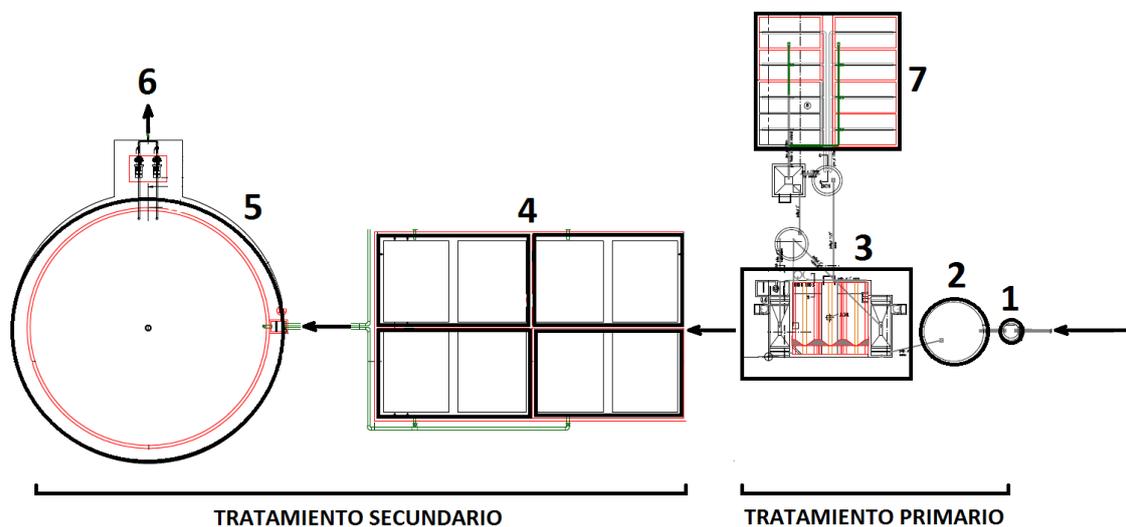


Figura 15. Esquema simplificado de la planta de tratamiento de efluentes de Lácteos San Basilio.

## Tratamiento Primario

La totalidad de los efluentes generados en el proceso de elaboración en planta industrial serán receptados en un pozo de bombeo, previo al ingreso a este pozo se instalará un canasto de retención de sólidos (cámara de rejillas), ahí quedará todo tipo de suciedad que provenga de la fabrica (bolsas, papeles, etc.)

El pozo de bombeo (ecualizador, figura 16) tiene un volumen total de 40,7 m<sup>3</sup>. El tiempo mínimo de residencia hidráulica del efluente en este pozo será de aproximadamente 3,91 hs.

En éste se realiza la homogenización/neutralización del efluente crudo, principalmente pH y carga de sales. Estos dos parámetros son muy importantes a tener en cuenta al momento de ingresar el efluente a los reactores ya que, cualquier variante (aumento o disminución del pH fuera de los parámetros normales por soluciones de lavado o fuga de líquido del saladero por ej.) generaría una disminución en la eficiencia del tratamiento por la muerte de los microorganismos presente en los lodos.

$$TRH_{\text{pozo}} := \frac{V_{\text{pozo}}}{Q_i} = \frac{40,7}{10,4} = 3,91 \quad TRH \text{ pozo} = 3,91 \text{hs.}$$

Dos electrobombas de 3,0HP, las cuales funcionarán alternativamente serán utilizadas para transferir el efluente neutralizado a la cámara de separación de sedimentos y grasas.



Figura 16. Entrada del efluente crudo al tanque ecualizador.

## Caudales previstos para la capacidad máxima instalada:

Tabla 1. Caudales previstos para capacidad máxima.

TIPOS DE CAUDALES	CAUDAL	Observaciones
DIARIO	250 m <sup>3</sup> /día 10,4 m <sup>3</sup> /h	
HORARIO MEDIO	20,8 m <sup>3</sup> /h.	12 horas por día
HORARIO PICO	41,7 m <sup>3</sup> /h.	Factor de pico 2 por la naturaleza del proceso

### CAMARA DE SEPARACION DE SEDIMENTOS Y GRASAS

El término "sedimentador" designa a las unidades de un sistema de tratamiento destinadas a retener la mayor parte de las partículas decantables presentes en el líquido a tratar.

Cuando un líquido que contiene partículas sólidas entra en estado de reposo las partículas que tienen peso específico mayor que el del agua tienden a asentarse, mientras que las partículas con menor peso específico tienden a flotar.

Este principio se usa en el diseño de los sedimentadores y su objeto es extraer los sólidos sedimentables y flotantes, reduciendo el contenido de sólidos en suspensión.

El efluente proveniente del pozo de bombeo será recibido en esta cámara de 75m<sup>3</sup> (10,0m x 3,0m x 2,5m) y el tiempo de residencia hidráulica será de 7,2 hs.

Una serie de tabiques retendrán los sólidos presentes en el efluente a procesar, los cuales periódicamente serán extraídos para su disposición final. Los sólidos grasos por diferencia de densidad flotan en la cámara sedimentadora y por un sistema Air Lift (Figura 17) son extraídas y enviadas a un tanque receptor. El destino final de esa grasa es alimentación porcina.

El efluente procesado por gravedad será derivado a los reactores biológicos.



Figura 17. Sistema Air Lift.

Las actividades principales realizadas en esta etapa son:

- Separación de grasas y sólidos sedimentables.
- Recirculación.

Es importante mencionar que ante cualquier imprevisto ocurrido, ya sea escape de leche, vuelco de agua del saladero, etc. Se busca que el efluente recircule hasta obtener los parámetros adecuados para ingresar a los reactores biológicos.

Otro punto relevante a tener en cuenta sobre esta etapa es lograr que el líquido a tratar entre con el menor porcentaje de grasa posible ya que, una alta presencia de ésta en el efluente genera una película entre la bacteria y el oxígeno produciendo de este modo la muerte de las bacterias (la mayoría de las bacterias encargadas del proceso de eliminación de la materia orgánica en el efluente son aeróbicas estrictas).

Desarrollo de cálculos:

Dimensiones de la pileta sedimentadora:

$$L_{sed} := 10m \quad \text{Largo del Sedimentador}$$

$$W_{sed} := 3m \quad \text{Ancho del Sedimentador}$$

$$H_{sed} := 2.5m \quad \text{Alto del Sedimentador}$$

$$A_{sed} := L_{sed} \cdot W_{sed} \quad \text{Área del Sedimentador}$$

$$A_{sed} = 30m^2$$

$$V_{sed} := L_{sed} \cdot W_{sed} \cdot H_{sed} \quad \text{Volumen del Sedimentador}$$

$$V_{sed} = 75m^3$$

Tiempo de retención hidráulica de la Pileta Sedimentadora

$$TRH_{sed} := \frac{V_{sed}}{Q_i} \quad \text{Tiempo de Retención Hidráulica}$$

$$TRH_{sed} = 7,2 \text{ hr}$$

CALCULO DE ESTIMACION DE SÓLIDOS DECANTABLES

$$S_s := 1500 \frac{mg}{L} \quad \text{Sólidos sedimentables detectados}$$

$$\delta_s := 1.3 \frac{kg}{L} \quad \text{Densidad de Sólidos detectados}$$

Cantidad de Sólidos acumulados por día:

$$S_{día} := \frac{S_s \cdot Q_i}{\delta_s} = \frac{250000l \cdot 0,015kg}{1,3 \text{ kg/l}} = 288,5 \text{ l/día}$$

$$S_{día} = 288,5 \frac{L}{día}$$

Volumen hasta altura de 0,5m:

$$H_{0.5m} := 0.5m$$

$$V_{0.5m} := L_{sed} \cdot W_{sed} \cdot H_{0.5m}$$

$$V_{0.5m} = 15 \cdot m^3$$

Tiempo entre limpiezas de sedimentos:

$$T_{limps} := \frac{V_{0.5m}}{S_{dia}} = \frac{15000 \text{ l}}{288,5 \text{ l/día}} = 52 \text{ días}$$

$$T_{limp} : 52 \text{ días}$$

Cada mes se realizará la limpieza del fondo de esta cámara (Figura 18), esta limpieza será realizada con camiones atmosféricos. Se calcula una acumulación de sólidos:

$$S_{acum} := S_{dia} \cdot 24 \text{ día}$$

$$S_{acum} = 6,923m^3 \quad \text{Acumulación de sólidos sedimentables por mes.}$$

**CALCULO DE ESTIMACION DE SÓLIDOS GRASOS**

$$S_g := 500 \frac{mg}{L} \quad \text{Grasa detectada}$$

$$\delta_g := 0.9 \frac{kg}{L} \quad \text{Densidad de Grasa}$$

$$\alpha := 60\% \quad \text{Eficiencia estimada de remoción de Grasa}$$

Cantidad de Grasa acumulada por día:

$$G_{dia} := \frac{S_g \cdot \alpha \cdot Q_i}{\delta_g}$$

$$G_{dia} = 83,33 \frac{L}{dia} \quad 83,3 \text{ l/día de Grasa será retirada por camiones atmosféricos.}$$

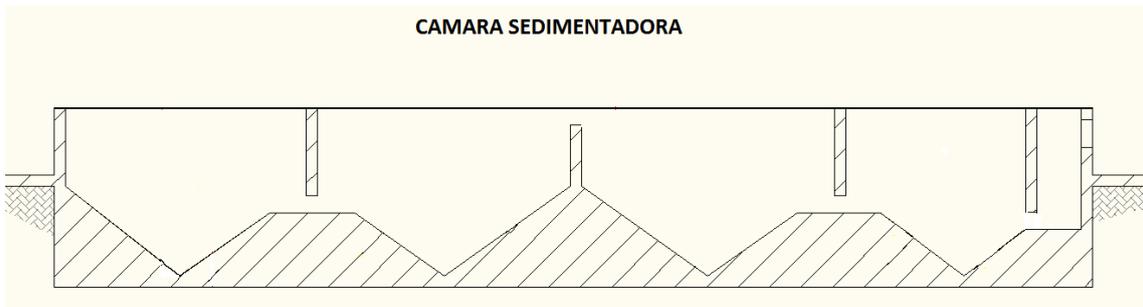


Figura 18. Vista en Corte de la cámara sedimentadora.

## Tratamiento Secundario

### Reactores Bacteriológicos

La degradación orgánica se llevará a cabo utilizando cuatro reactores que trabajarán de modo secuencial. Cada uno de estos Reactores Bacteriológicos tendrá un volumen de  $252 \text{ m}^3$ , en el piso se instalará un conjunto de difusores ( $2,7 \text{ dif/m}^2$ ) los cuales distribuirán en forma homogénea la cantidad de aire necesario (oxígeno) el cual será provisto por cuatro sopladores. La carga orgánica máxima a procesar en los reactores bacteriológicos según la capacidad instalada será de  $1073 \text{ Kg DBO por día}$ , y el Caudal diario de  $250 \text{ m}^3$ .

A continuación se detallan las etapas de procesamiento en los reactores bacteriológico.

#### Etapas 1: Llenado y Aireación

El líquido a procesar ingresa al reactor de aireación donde se mezcla con el lodo, conocido como licor de mezcla, el cual es aireado (Figura 19) dentro del mismo estanque. En la etapa 1 las bacterias se nutren de la materia orgánica que se encuentra en suspensión y en disolución, generándose un aumento de la población microbiana y consumo de oxígeno. Como subproductos del metabolismo celular se liberan anhídrido carbónico y agua. Todo este proceso, junto a una agitación de la masa de agua y la exudación de polímeros naturales por parte de algunas bacterias, genera un aumento de tamaño y peso de las partículas (proceso conocido como floculación).

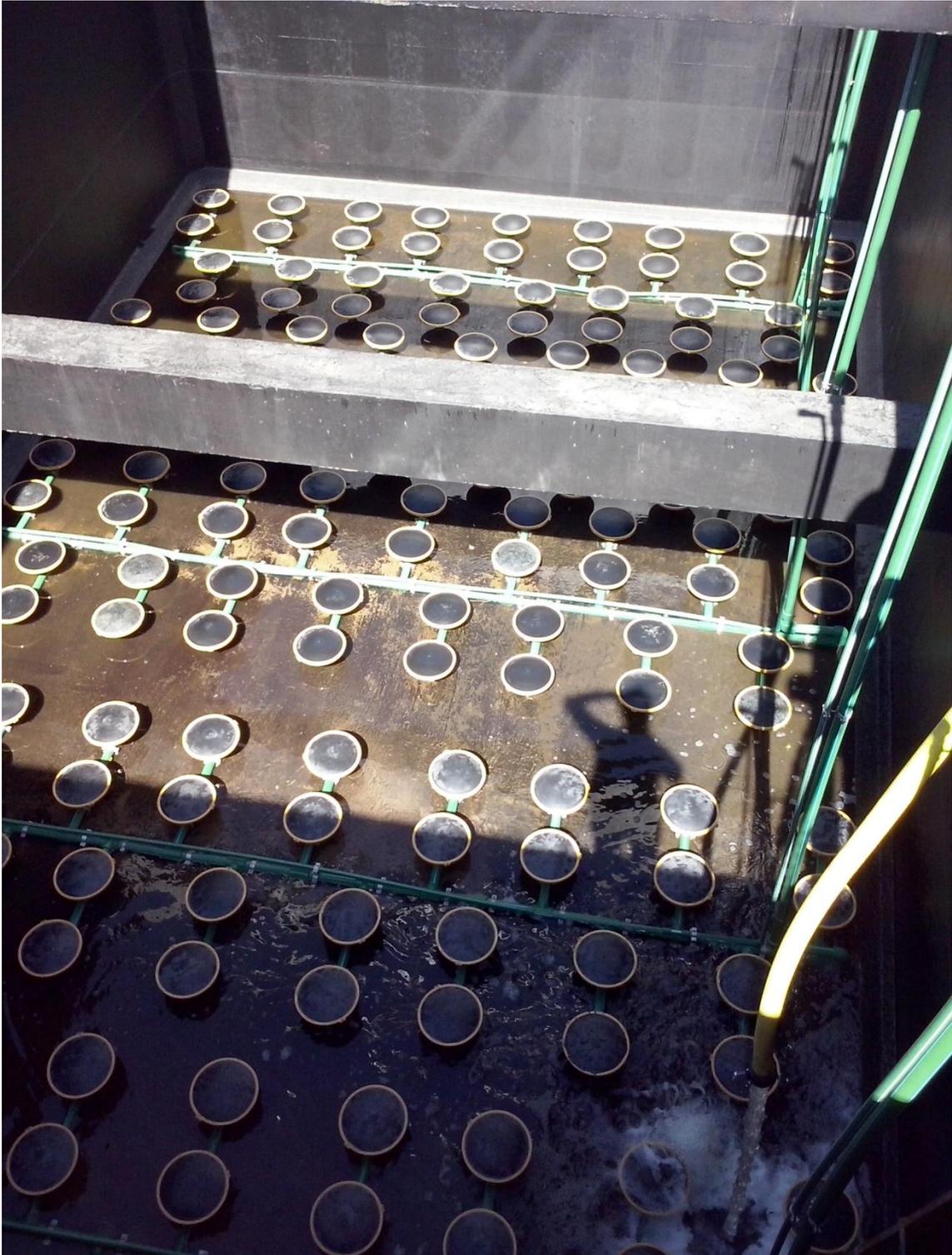


Figura 19. Distribución de los difusores en un Reactor Bacteriológico.

## Etapa 2: Sedimentación

Una vez que se ha logrado metabolizar la materia orgánica y flocular las partículas, se inicia el proceso de sedimentación (Figura 20) donde se separan los sólidos por decantación, los que se acumulan en el fondo del reactor, obteniéndose agua clarificada (efluente) en la zona superior.

## Etapa 3: Retiro de Efluente Tratado (Líquido Clarificado)

El efluente una vez procesado será derivado a un tanque australiano y desde allí bombeado al cuerpo receptor (arroyo), previa cloración.



Figura 20. Comienzo del proceso de sedimentación (derecha). Fin de proceso con sólidos decantados (centro). Líquido clarificado que va al tanque australiano (izquierda).

## Etapa 4: Retiro de Lodos en Exceso

A medida que transcurre la operación, se produce un aumento del lodo y de la flora bacteriana en el estanque SBR (aireación y sedimentación), hasta llegar a un momento en que se requiere retirar parte de él para evitar problemas de saturación y asegurar un adecuado balance entre la materia orgánica y los microorganismos en la etapa de aireación.

El exceso de lodos que se genera en el proceso será purgado del reactor, y retirado para su disposición final.

Los lodos purgados son enviados a una playa de secado de barros (Figura 21). Una vez secados, los barros son distribuidos en el predio del establecimiento como fertilizante.



Figura 21. Playa de secado de barros.

## Reactores SBR

Cantidad de Reactores:

Nr = 4      Cantidad de Reactores Biológicos

**Dimensiones de cada reactor:**

$L_o := 10,3 \text{ m}$       Largo del Reactor

$L_{sbr} := 10\text{m}$       Largo interno del Reactor- Largo útil

$W_o := 6,5 \text{ m}$       Ancho del Reactor

$W_{sbr} := 6,3 \text{ m}$       Ancho interno del Reactor- Ancho útil

$H_o := 4,0 \text{ m}$       Alto del Reactor

$$A := L_0 \cdot W_0 \quad \text{Área del Reactor}$$

$$A = 66,9 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{sbr}} := L_{\text{sbr}} \cdot W_{\text{sbr}} \quad \text{Área útil del Reactor}$$

$$A_{\text{sbr}} = 63 \text{ m}^2$$

$$H_{\text{sbr}} := 4.00 \text{ m} \quad \text{Altura utilizable del Reactor}$$

$$V = H_0 \cdot L_0 \cdot W_0$$

$$V = 267,6 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{sbr}} = H_{\text{sbr}} \cdot L_{\text{sbr}} \cdot W_{\text{sbr}} \quad \text{Volumen útil del reactor}$$

$$V_{\text{sbr}} = 252 \text{ m}^3$$

### **Volumen total**

$$V_T = V \cdot N_r \quad \text{Volumen total de los reactores}$$

$$V_T = 1092 \text{ m}^3$$

### **Datos del efluente a tratar:**

#### **Caudales, flujo de alimentación al reactor:**

$$Q_i := 250 \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

$$Q_i = 10.417 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \quad \text{Caudal de ingreso}$$

$$Q_{\text{sbr}} := \frac{Q_i}{N_r} = 250 \text{ m}^3/4 \quad \text{Caudal de ingreso a cada reactor}$$

$$Q_{\text{sbr}} = 62.5 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Caudal de ingreso a cada reactor

$$Q_{\text{sbr}} = 2,604 \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

Parámetros de funcionamiento:

**Concentración de sustrato inicial (So):**

$$S_o := 4390 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \quad \text{Carga orgánica inicial (mgDBO5/l)}$$

**Carga orgánica másica:**

$$f := 0.1 \cdot \frac{1}{\text{día}}$$

**Concentración de Biomasa (Xv):**

Sólidos suspendidos volátiles en el licor de mezcla

Xv= mg de SSVLM/l

$$X_v := 4900 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Xv: concentración de sólidos en suspensión totales en el reactor = 1.500 mg SSVLM/l a 6000mg SSVLM/l.

**Carga orgánica Volumétrica (Cv):**

$$C_v := f \cdot X_v$$

Carga orgánica aplicada diariamente por cada m3 del tanque de aireación

$$C_v = 0.49 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3 \cdot \text{día}}$$

**Concentración del sustrato final:**

Se especifica la salida de sustrato en función de la cantidad máxima determinada por el Decreto 415/99 como 50 mg/l.

Se opta por tomar un valor conservador de 40 mg/l.

$$S_f := 40 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \quad \text{Carga orgánica Final (mgDBO5 /l)}$$

**Sistema de aireación:**

Se utilizan aireadores por aire difuso de burbuja fina.

Calculo del caudal de aire necesario según norma ENHOSA:

$$Q_{\text{aire}} = \frac{N_{O_2}}{334.08 \epsilon_{O_2} \cdot p} \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

**Demanda de Oxígeno:**

$$D_{O_2} := K_{\text{org}} \cdot Y_{O_2}$$

$$D_{O_2} = 2,174 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{dia}}$$

Dado que el tiempo de aireación es de 18 horas:

$$T_{air} = 18\text{hs/día}$$

### Cantidad de membranas difusoras

Se utilizan difusores Repicky de membrana de burbuja fina modelo RG-300.

Las principales ventajas del sistema con sopladores y difusores de aire REPICKY, en comparación con aireadores superficiales, son (Repicky, 2015):

- Ahorro de energía eléctrica de hasta un 50%
- Gran aprovechamiento del espacio, ya que los reactores pueden instalarse a mayor profundidad (a mayor profundidad, mayor eficiencia en la transferencia de oxígeno).
- Mayor flexibilidad ante demandas de oxígeno variables dada la posibilidad de incrementar o disminuir rápidamente el aire que ingresa a la cámara de aireación con intervención de un operador sobre los equipos o en forma automática.
- Mayor vida útil que la de los aireadores mecánicos convencionales al poder ubicar la sala de sopladores fuera del área de corrosión.
- Eliminación de spray contaminante en los alrededores de la planta.
- Eliminación de zonas muertas y malos olores gracias a los muy buenos patrones de mezcla que permite lograr parte del aire que no reacciona.
- Posibilidad de crecimiento modular tanto en los difusores como en los sopladores. Permite cubrir las necesidades de aire en forma confiable y con montos de inversión adecuados en cada etapa de crecimiento.

Densidad de difusores recomendada: de 1 a 6 difusores/m<sup>2</sup>.

$$\gamma_{\text{membrana}} := 2.2 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

Capacidad de trabajo por membrana recomendada por fabricante de 2 a 8 m<sup>3</sup>/hr.

$$N_{\text{membranas}} := \frac{Q_{\text{aire}}}{\gamma_{\text{membrana}}}$$

Nº de membranas: 655

Debido a fines prácticos de disposición de las membranas en el área disponible de cada reactor se redondea a 680 membranas.

Nº de membranas: 680.

## Tiempos:

### 1-Tiempo de llenado:

$$Q_i \cdot \text{día} = 250 \text{ m}^3 \quad \text{Volumen de efluente a tratar por día}$$

$$V_{\text{llenado}} := \frac{Q_i \cdot \text{día}}{N_r}$$

$$V_{\text{llenado}} = 62,5 \text{ m}^3 \quad \text{Volumen a llenar por ciclo por reactor}$$

$$Q_e := 25 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \quad \text{Caudal de entrada a cada reactor}$$

$$t_{\text{llenado}} := \frac{V_{\text{llenado}}}{Q_e} = 62,5 \text{ m}^3 / 25 \text{ m}^3/\text{hr} = 2,5 \text{ hs}$$

$$t_{\text{llenado}} = 2,5 \text{ hs} \quad \text{Tiempo de llenado de cada reactor}$$

### 2-Tiempo de reacción:

Tiempo necesario para consumir la carga orgánica a través de la digestión aeróbica.

$$t_{\text{reacción}} = 18 \text{ hs}$$

En un reactor de operación por lotes tipo SBR la reacción de degradación del efluente a tratar comienza a partir del instante en que comienza el llenado.

Se debe asegurar un tiempo de reacción sin ingreso de nuevo efluente para garantizar una correcta degradación.

### Tiempo de solo reacción (sin ingreso de nuevo efluente):

$$t = t_{\text{reacción}} - t_{\text{llenado}}$$

$$t = 15 \text{ hs}$$

### 3-Tiempo de sedimentación:

Debe ser tal que el líquido clarificado que se retira no posea lodos biológicos.

$$v_{\text{sed}} = 1,1 \text{ cm/min} \quad \text{Velocidad de sedimentación.}$$

Valor empírico para lodos activados con 4900mg/l de SSVLM.

$V_{\text{trat}} = V_{\text{llenado}}$  El volumen de líquido tratado (líquido clarificado) es el mismo al volumen de llenado ya que al repetir el ciclo completo del reactor se mantiene constante.

$$H_{\text{clar}} = V_{\text{trat}} / A_{\text{sbr}} = 62,5 \text{ m}^3 / 63 \text{ m}^2 = 0,992 \text{ m}$$

H clar= 0,992m            Altura de líquido clarificado en los reactores.

t sed= H clar /v sed = 0,992m / 0,66m/hr = 1,503hr

t sed= 1,503hr            Tiempo de sedimentación requerido.

#### 4-Tiempo de descarga del efluente tratado (líquido clarificado)

Q trat= 50m<sup>3</sup>/hr            Caudal de descarga de efluente tratado

t desc = V trat/Q trat = 62,5m<sup>3</sup> / 50m<sup>3</sup> = 1,25hr

t desc = 1,25hr            Tiempo de descarga del efluente tratado

#### Tiempo de ciclo completo

t ciclo= t reacc + t sed + t desc = 18hs + 1,5hs + 1,25hs = 20,75hs

t ciclo= 20,75hs

Se determina que el sistema cuenta con el tiempo de sobra para cumplir con las especificaciones requeridas.

#### Destino final del líquido procesado:

De los reactores el líquido pasa a un tanque australiano (Figura 22), donde actualmente se realiza un clorado con pastillas, sistema que es ineficiente porque no logra clorar homogéneamente el líquido, por esta razón está siendo reemplazado por un dosificador automático ubicado en el caño de salida de los reactores. El fin de este clorado es evitar el desarrollo de microorganismos y algas en el tanque.

El líquido procesado es derivado al Arroyo "Los Jagüeles".



Figura 22. Tanque australiano.

FODA del establecimiento:

Tabla 2. FODA

	Positivo	Negativos
Interno	<p><b>Fortalezas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La planta de tratamiento de efluentes está diseñada para tratar 250.000 litros diarios. Actualmente se tratan 105.000, con la posibilidad de duplicar la producción.</li> <li>✓ La ejecución de la obra de la planta de tratamiento de efluentes fue financiada en su totalidad con recursos propios.</li> <li>✓ Cuenta con instalaciones que, en su gran mayoría, son de última generación y están en constante renovación y actualización.</li> </ul>	<p><b>Debilidades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Al tratarse de un proceso moderno totalmente automatizado es necesario contar con personal capacitado para controlar el funcionamiento de la planta de efluentes.</li> <li>✓ Es importante contar con personal que vigile todo el día el funcionamiento de la planta, ya que el proceso no se corta durante horas no laborables.</li> <li>✓ Altos grados de contaminación sonora en el laboratorio y lugares de trabajo próximos a la planta de tratamiento.</li> </ul>
Externo	<p><b>Oportunidades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La planta responde a leyes y decretos de manejo de desechos y efluentes de industrias lácteas, tanto provinciales como nacionales.</li> <li>✓ Conocimiento sobre nuevas tecnologías por parte de los encargados de la planta, a través de capacitaciones y asesoramiento de profesionales especializados en el tema.</li> <li>✓ Posibilidad de realizar un tratamiento al suero para la producción de biogás o suero concentrado.</li> </ul>	<p><b>Amenazas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La planta de tratamiento de efluentes tiene altos niveles de consumo de energía y de diferentes recursos.</li> <li>✓ Teniendo en cuenta aspectos legales, es importante resaltar que para llevar a cabo la actividad productiva hay que contar con estas tecnologías. Pero también hay que resaltar que esto permite una cordial convivencia con la población vecina, San Basilio.</li> </ul>

## Propuesta de mejora

El suero es el contaminante más importante generado por empresas lácteas, pudiéndose transformar en un gran problema si no logra ser comercializado, y aunque no se trate de la planta de tratamiento en sí, está relacionado directamente con la gestión de efluentes del establecimiento.

Según el C.A.A. el suero de queso es el subproducto líquido proveniente de la elaboración de quesos. Además es uno de los más grandes reservorios de proteína alimenticia, que actualmente no ha alcanzado su punto máximo de aprovechamiento. Este suero comprende entre un 80 a 90% del volumen total de leche procesada para la fabricación de queso y contiene cerca del 50% de los nutrientes originales de la leche: proteínas solubles, lactosa, vitaminas y minerales (Oscar Franchi, 2010).

Como se mencionó anteriormente el suero es comercializado, se vende a Lácteos La Cristina. El momento es muy crítico para el sector lácteo y en ocasiones, al reducirse el volumen de ventas de la empresa que retira el suero, hace que disminuya su producción diaria, llevando a que se comprometa el retiro de suero de Lácteos San Basilio, o que directamente se retire a un valor ínfimo, provocando variaciones constantes en el precio.

Todo esto nos lleva a pensar que el suero de leche, en vez de ser considerado como un desperdicio o como un subproducto con escaso valor, debe ser tomado como una fuente rica en materias primas y cada uno de sus componentes debe ser aprovechado de alguna forma, ya sea para la elaboración de nuevos productos alimenticios u otros fines.

Se evaluaron distintas opciones para realizar el tratamiento de suero: Concentración de suero a 18% de sólidos totales, Secado de suero y Producción de Biogás a partir del suero lácteo. Se propone trabajar sobre la Concentración de suero al 18% de sólidos totales ya que es la opción más viable económicamente, presenta un mercado real (secadoras de suero) y no requiere de otras materias primas para funcionar (como en el caso de la producción de Biogás).

Lo que se busca con este proyecto es retirar prácticamente el 70% del agua contenida en el suero, logrando un producto de mayor valor, tanto en componentes como en calidad, aumentando con esto el precio del suero (Tabla 3).

Tabla 3. Comparación entre suero crudo y suero concentrado por nanofiltración.

Suero de partida desnatado	Componente	Suero concentrado por nanofiltración
5,13 %	Lactosa	15,35
0,60 %	Sales	0,89
0,60 %	Proteína	1,86
0,04 %	Grasa	0,11
6,37 %	Extracto seco	18,21%
100.000lts	Volumen diario	30.000lts

La tecnología que se decide utilizar para la concentración del suero es la de nanofiltración por membranas.

Las tecnologías de membrana (Figura 23) se aplican en la separación de compuestos y consisten en la instalación de membranas semipermeables y en la operación de filtrado por flujo cruzado a presión controlada del material a fraccionar. Como descarga de esta operación siempre se obtienen dos corrientes: el permeado que contiene aquellos compuestos que son filtrados por la membrana semipermeable y el concentrado o retenido que se compone de las sustancias aprovechables que se desean mantener en el producto final (Parzanese, 2015).

En el caso de la Nanofiltración (NF), este tipo de membranas poseen un tamaño de poro menor a 2nm. El rango de presiones de operación está entre 0,5 y 4 MPa. La nanofiltración permite separar los azúcares de otras moléculas orgánicas, así como sales minerales multivalentes de moléculas orgánicas, y sales multivalentes de las monovalentes, debido a los efectos de exclusión iónica y estérica. Es usada para concentrar y desmineralizar parcialmente el suero lácteo (Cuartas Urive, 2005).

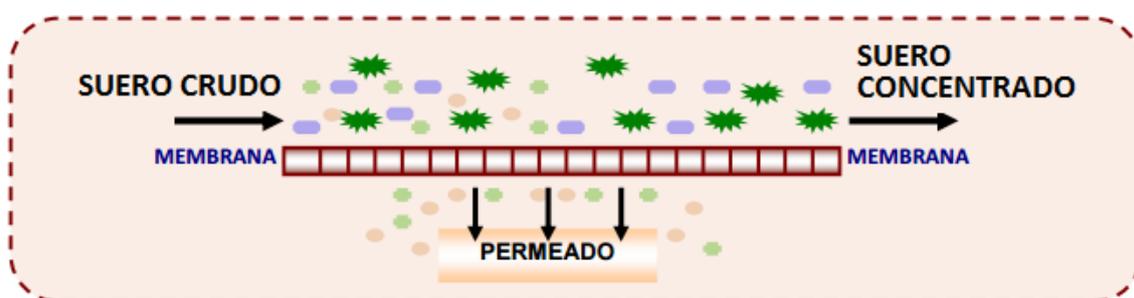


Figura 23. Tecnología de membranas.

Equipos necesarios para el sistema de nanofiltración:

- Desmigador
- Desnatadora
- Pasteurizador
- Silo para suero pasteurizado
- Sistema de nanofiltración
- Sistema de Tratamiento de agua por Ósmosis Inversa

La empresa cuenta con el desmigador, la desnatadora y el silo para suero. Se deberán adquirir: un silo de 20.000lts, un silo de 60.000lts, un pasteurizador, un equipo de Nanofiltración y un Sistema de Ósmosis Inversa.

Funcionamiento del sistema (Figura 24):

El suero crudo entero se almacena en silos. De allí pasa por el desmigador para retener sólidos y por la desnatadora (a una temperatura de 40°C) para retener grasas por centrifugación y obtener un suero crudo de mejor calidad para ser procesado.

El suero pasa al pasteurizador tipo HTST (High Temperatura Short Time) con intercambiador a placas que tiene distintas etapas por donde pasan leche, suero, agua helada y agua de permeado para efectivizar el uso de energía y disminuir los costos.

El suero sale del pasteurizador a 14°C y desnatado (aproximadamente 0,04% de grasa) y se almacena en silos a 5°C. Si bien el suero está pasteurizado y la temperatura se mantiene baja, no se recomienda que se almacene más de 24hs para no tener riesgos de proliferación de bacterias. Debido a esto se decide adquirir un silo de 60.000lts para complementar el existente de 128.000lts y evitar mezclar suero recién salido de la pasteurizadora con suero más viejo y así efectivizar el proceso.

Estos tratamientos al suero son de vital importancia ya que en el sistema de nanofiltración, el suero entrante tiene que cumplir requisitos de calidad, como estabilidad bacteriana, temperatura de 14°C o menor y grasa menor a 0,07% debido a que las membranas del equipo son muy sensibles a estos parámetros.

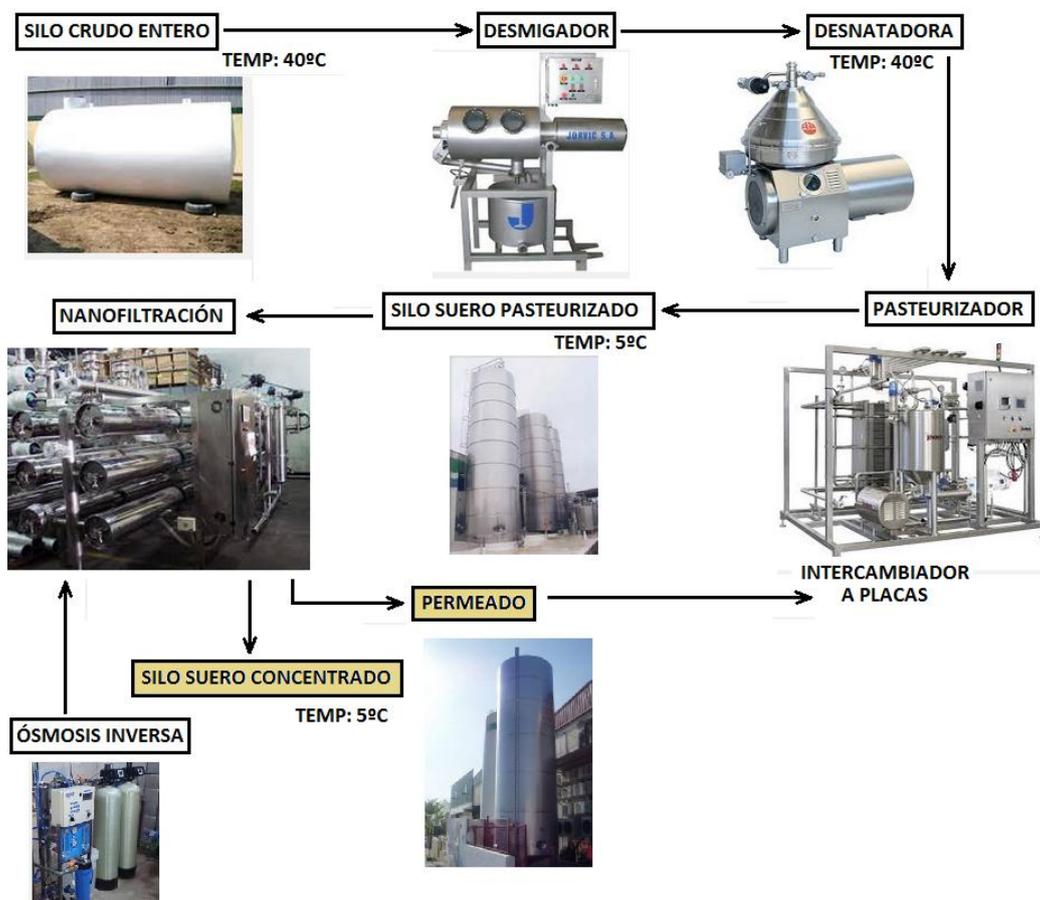


Figura 24. Proceso completo de concentración de suero.

El suero pasteurizado y almacenado en los silos está listo para ser procesado. Ingresa al equipo de nanofiltración, que en este caso tiene una capacidad de procesamiento de 12.000lts/hr (dado por la cantidad de membranas del sistema, 15), y de allí se obtiene suero concentrado al 18% de sólidos totales (aproximadamente el 30% del volumen total que ingresa al sistema) y por otro lado un permeado (70% del volumen ingresado) que contiene una pequeña cantidad de lactosa y también tendría las sales que ha atravesado la membrana. Esto hace que no pueda ser utilizado directamente en el lavado del equipo de nanofiltración y tampoco en la CIP. Por ende este líquido, que sale del equipo de nanofiltración a 14°C y con muy baja carga orgánica, pasa por el intercambio de placas del pasteurizador (ahorro de energía) y de allí va a la planta de tratamiento de efluentes. El equipo de ósmosis inversa se instalará para tratar el agua (desclorado y desmineralización) que se utilizará en la limpieza de las membranas del sistema de nanofiltración. El sistema tiene un funcionamiento totalmente automatizado, requiriendo de un operario solamente para realizar labores de control.

## Análisis económico de la propuesta y comparación con la situación actual:

Situación actual:

Venta de suero: 100.000 litros/día.

Ingresos mensuales: 100.000 l/día x \$0,04/l x 24 días/mes = \$96.000

IN<sub>actual</sub>: **\$96.000/mes**

## Desarrollo de la propuesta:

Inversión total en equipos:

Tabla 4. Inversión en equipos para concentrado de suero.

GASTOS* <sup>5</sup>	
Silo 20.000 litros	U\$S 39.000
Silo 60.000 litros	U\$S 57.000
Pasteurizador	U\$S 86.000
Nanofiltración	U\$S 185.000
Ósmosis Inversa	U\$S 25.707
TOTAL (sin IVA)	U\$S 392.707
TOTAL (con IVA)	U\$S 475.176
<b>TOTAL (\$)</b>	<b>\$ 4.376.366</b>

\*Los gastos de instalación de los equipos están contemplados en el precio.

<sup>5</sup> Datos obtenidos de Inpack S.A., Agua y Procesos S.A., Bauducco S.A. y TECNAR S.A.

Costos de funcionamiento:

Tabla 5. Costos de funcionamiento del sistema propuesto.

COSTOS mensuales <sup>6</sup>	
Operarios	\$30.000
Insumos limpieza	\$15.000
Energía (800kW)	\$9.600
Membranas (repuestos)	\$30.000
Vapor	\$5.000
Amortización (5 años)**	\$65.650
Interes***	\$29.176
<b>TOTAL</b>	<b>\$184.426</b>

\*\* Cálculo amortización:

Gasto total en equipos: \$4.376.366

Valor residual (10%): \$437.363

Vida útil: 5 años

Amortización/mes =  $(\$4.376.366 - \$437.363) / (5 \text{ años} \times 12 \text{ meses}) = \$65.650$

\*\*\*Cálculo intereses: Inversión x tasa de interés / 12 meses =

Intereses/mes =  $(\$4.376.366 \times 8\%) / 12\text{m} = \$29.176$

### Ingreso Bruto

Suero a tratar: 100.000 litros/día.

Producto final (suero concentrado): 30.000 litros/día.

Composición del producto final (18% sólidos totales): 5.400kg sólidos/día.

Ingresos:  $5.400\text{kg} \times \$3,40/\text{kg} \times 24 \text{ días} = \mathbf{\$440.640}$

### Ingreso Neto:

$IN_{\text{mensual}} = \$440.640 - \$184.426 = \mathbf{\$256.214}$

### Comparación entre situación actual y propuesta:

$IN_{\text{actual}}: \$96.000$

$IN_{\text{propuesta}}: \$256.214$

Diferencia: **\$160.214**

Diferencia en porcentaje: **166,88%**

Basándonos en el análisis económico, la propuesta se muestra como una alternativa más que interesante para el uso del suero. Aunque requiere de una elevada inversión inicial y seguramente de un lapso de tiempo para que el sistema funcione plenamente, el resultado económico es más que satisfactorio, aumentando en un 166,88% el ingreso neto para el tratamiento del suero y recuperando la inversión en 5 años.

<sup>6</sup> Costos calculados en base a datos suministrados por personal de Lácteos San Basilio.

Desde el punto de vista operacional, la instalación de este sistema requiere de capacitación del personal existente y demanda la contratación de al menos un operario más (el sistema funcionaría prácticamente las 24hs, entre tratamiento y lavado de equipos).

Con un enfoque ambiental, el sistema se ofrece como una muy buena alternativa para el tratamiento y aprovechamiento del suero, que en caso de no poder ser vendido, debería ser tratado en la planta de efluentes, requiriendo un consumo muy alto de energía debido a su elevada carga orgánica, y en el peor de los casos, si no fuese posible tratarlo por su desestabilización de la carga del efluente normal, debería ser esparcido en algún campo para no ser arrojado a un cauce, generando serios problemas de contaminación. Aunque el consumo eléctrico del sistema propuesto es alto, es el más eficiente de su tipo, ahorrando energía por la reutilización de material en sus distintas etapas.

## **Consideraciones finales**

Luego del análisis del caso en estudio se detalló minuciosamente el manejo de efluentes de la planta de Lácteos San Basilio donde se mostró el funcionamiento de la planta de tratamiento, especificando los parámetros y tiempos que hacen al mismo se considera de suma importancia contar con un eficiente tratamiento para que de esta manera poder evitar la contaminación ambiental y que por otro lado se cumpla con las reglamentaciones vigentes (decreto 415/99).

La empresa Lácteos San Basilio ha logrado minimizar el impacto ambiental, siendo capaz de asumir el compromiso que le compete desde la Epidemiología general, no obstante siempre existe la posibilidad de potenciar dicho propósito.

No se propusieron medidas para reducir la cantidad de agua residual obtenida en el normal funcionamiento de la planta debido a que en los distintos procesos para la elaboración de quesos y dulce de leche se realizan con mucha cautela y atención para generar la mínima cantidad posible de efluentes, sumado a que la empresa cuenta con instalaciones que permiten obtener muy buen rendimiento en la utilización de agua y personal en constante capacitación, tratando aproximadamente 105.000 litros diarios de leche y generando el mismo volumen de efluente, con una relación cercana a 1:1, por debajo del promedio de este tipo de industrias.

La propuesta de mejora respecto al valor agregado al suero se plantea para evitar así el problema que implica el manejo del mismo, dando como resultado un producto rentable y sustentable. Como se mencionó anteriormente, necesita una inversión inicial elevada, pero con la posibilidad de amortizarse en 5 años.

Queda abierta la propuesta para la generación de energía (biogás) a partir del suero lácteo, aunque es una alternativa compleja para este momento de la empresa, ya que para instalar biodigestores rentables se necesitan grandes volúmenes de suero y el agregado de sólidos para su funcionamiento pleno.

## Bibliografía

AACREA, 2007. Industria Láctea. Agroalimentos Argentinos II. Argentina, pp. 5, 6.

Azud, 2014. Depuración de aguas residuales en industria alimentaria. Disponible en: [http://www.azud.com/tratamiento/Sectores/depuracion\\_de\\_aguas\\_residuales\\_en\\_industria\\_alimentaria.aspx](http://www.azud.com/tratamiento/Sectores/depuracion_de_aguas_residuales_en_industria_alimentaria.aspx). Consultada el 23/03/2015.

Bossio, E, 2015. Tratamiento de efluentes Lácteos San Basilio, Memoria descriptiva y de Cálculo de la Planta de Tratamiento de Efluentes. San Basilio, Córdoba, Argentina.

Castellano, A; L. C. Issaly, G. M. Iturrioz, M. Mateos, J. C. Teran, 2009. Análisis de la Cadena de Leche en Argentina. Balcarce, Rio Cuarto, Mar del Plata, Rafaela, Anguil. Argentina, 14 pp.

Castillo de Castro, P. A; I. Tejero Monzón, 1999. Consideraciones de diseño para la eliminación Biológica de Fósforo empleando procesos de Biopelícula. Universidad de Cantabria, departamento de Ciencias y Técnicas del Agua y Medio Ambiente. Santander, España, pp.1, 2, 8.

Código Alimentario Argentino, 2014. Alimentos Lácteos Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica. Capítulo 8, artículo 582, 592, 605. Disponible en: <http://www.anmat.gov.ar/alimentos>. Consultada 27/08/2015.

Cuartas Urive, B., 2005. Estudio del proceso de Nanofiltración para la desmineralización de lactosuero dulce – Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España, pp. 41-48.

Dautan, R; M. L. Pérez, A. Contreras, A. Marzana, B. Rincones, 1988. Diseño y Construcción de un Reactor Discontinuo Secuencial para remoción de DQO. Valencia, Estado Carabobo, Venezuela. pp. 2, 4.

Ghezán, G; A.M. Acuña, M. Mateos, R. Devoto, 2000. Mapeo tecnológico de cadenas agroalimentarias en el Cono Sur. Montevideo, Uruguay.

La segunda, 2015. Formulario, aseguradora de riesgos del trabajo. Disponible en: <http://www.lasegunda.com.ar/documento/formularios/84/3/38>. Consultada el 22/11/2014.

REMTAVARES, 2015. Reactores biológicos secuenciales (SRB): una tecnología versátil para el tratamiento de aguas industriales. Disponible en: <http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2006/12/01/53336>. Consultada el 10/07/2015.

MAGPyA, 2014. Indicadores Lácteos. Disponible en: [http://www.minagri.gob.ar/site/\\_subsecretaria\\_de\\_lecheria/lecheria/07\\_Estad%C3%ADstic as/index.php](http://www.minagri.gob.ar/site/_subsecretaria_de_lecheria/lecheria/07_Estad%C3%ADstic as/index.php). Consultada el 15/04/2015.

Mancuso, W; J. C. Teran, 2008. El sector Lácteo en Argentina. XXI Curso Internacional de Lechería para Profesionales de América Latina. Rafaela/Paraná, Argentina, pp. 14, 15, 17, 18.

Muñoz Paredes, J. F; Ramos, M, 2014. Reactores discontinuos secuenciales: una tecnología versátil en el tratamiento de aguas residuales. Universidad Militar de Nueva Granada, Colombia, pp.2, 3, 4, 6, 7, 8.

Oscar Franchi, M., 2010. Suero de leche, propiedades y usos. Innovación en la industria láctea, pp.4, 5, 33, 44.

Parzanese, M., 2015. Tecnología para la industria alimentaria. Ficha N°13: Procesamiento de lactosuero. Alimentos Argentinos–MinAgri. Argentina. Disponible en: <[http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha\\_13\\_Lactosuero.pdf](http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_13_Lactosuero.pdf)>. Consultada el 14/08/2015.

Repicky, 2015. Sistemas de Aireación, Difusores de Membrana de Burbuja Fina. Disponible en: <<http://repicky.com.ar/difusores-de-membrana-de-burbuja-fina.html>>. Consultada el 12/06/2015. Consultada el 28/05/2015.

Rodriguez, R., 2014. Caracterización y Tratamiento de efluentes líquidos en la industria láctea. INTI. Argentina, pp.9, 10, 11.

Román, M, 2007. Buenas Prácticas de Manufactura. Cuaderno tecnológico N°2, Lácteos. INTI. Argentina.

Sevilla, 2008. Escuela Organización Industrial, Máster Profesional en Ingeniería y Gestión Medio Ambiental. Contaminación de las aguas. Sector Lácteo. Los vertidos del sector lácteo. Madrid, España, pp.1, 8, 10.

Sinia.cl, 2014. Tecnología SRB (Reactores Biológicos Secuenciales). <[www.sinia.cl/1292/articles-49990\\_08.pdf](http://www.sinia.cl/1292/articles-49990_08.pdf)>. Consultada el 10/07/2015.

Wikipedia, 2014. Demanda Química de Oxígeno (DQO). Disponible en: <[https://es.wikipedia.org/wiki/Demanda\\_qu%C3%ADmica\\_de\\_ox%C3%ADgeno](https://es.wikipedia.org/wiki/Demanda_qu%C3%ADmica_de_ox%C3%ADgeno)>. Consultada el 29/03/2015.

# Anexo

## Formulario Relevamiento General de Riesgos Laborales:

**ANEXO I DE LA RESOLUCION SRT 463/2009  
ESTADO DE CUMPLIMIENTO EN EL ESTABLECIMIENTO DE LA NORMATIVA VIGENTE  
(DEC. 351/79)**



\*NO APLICA \*\*FECHA DE REGULARIZACION POR PARTE DEL EMPLEADOR

CONTRATO: \_\_\_\_\_

Número de CUIT del propietario: \_\_\_\_\_ Código del Establecimiento: \_\_\_\_\_ CP/CPA: \_\_\_\_\_

ART.PREV-0036 VERSION 2 JUNIO 2015 2 DE 11

Nº	EMPRESAS: CONDICIONES A CUMPLIR	SI	NO	N/A*	FECHA REGUL.**	NORMATIVA VIGENTE
<b>SERVICIO DE HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO</b>						
1	¿Dispone del Servicio de Higiene y Seguridad?	X				Art. 3, Dec. 1338/96
2	¿Cumple con las horas profesionales según Decreto 1338/96?	X				Dec. 1338/96
3	¿Posee documentación actualizada sobre análisis de riesgos y medidas preventivas, en los puestos de trabajo?	X				Art. 10, Dec. 1338/96
<b>SERVICIO DE MEDICINA DEL TRABAJO</b>						
4	¿Dispone del Servicio de Medicina del Trabajo?		X			Art. 3, Dec. 1338/96
5	¿Posee documentación actualizada sobre acciones tales como de educación sanitaria, socorro, vacunación y estudios de ausentismo por morbilidad?	X				Art. 5, Dec. 1338/96
6	¿Se realizan los exámenes periódicos?	X			Res. 43/97 y 54/98	Art. 9 a) Ley 19587
<b>HERRAMIENTAS</b>						
7	¿Las herramientas están en estado de conservación adecuado?	X			Cap.15 Art.110 Dec. 351/79	Art. 9 b) Ley 19587
8	¿La empresa provee herramientas aptas y seguras?	X			Cap. 15 Arts. 103 y 110 Dec. 351/79	Art. 9 b) Ley 19587
9	¿Las herramientas corto-punzantes poseen fundas o vainas?	X			Cap.15 Art.110 Dec. 351/79	Art. 9 b) Ley 19587
10	¿Existe un lugar destinado para la ubicación ordenada de las herramientas?	X			Cap.15 Art.110 Dec. 351/79	Art. 9 b) Ley 19587
11	¿Las portátiles eléctricas poseen protecciones para evitar riesgos?	X			Cap. 15 Arts. 103 y 110 Dec. 351/79	Art. 9 b) Ley 19587
12	¿Las neumáticas e hidráulicas poseen válvulas de cierre automático al dejar de accionarla?	X			Cap. 15 Arts. 103 y 110 Dec. 351/79	Art. 9 b) Ley 19587
<b>MAQUINAS</b>						
13	¿Tienen todas las máquinas y herramientas, protecciones para evitar riesgos al trabajador?	X			Cap. 15 Arts. 103, 104,105, 106,107 y 110 Dec. 351/79	Art. 8 b) Ley 19587
14	¿Existen dispositivos de parada de emergencia?	X			Cap. 15 Arts. 103 y 104 Dec. 351/79	Art. 8 b) Ley 19587
15	¿Se han previsto sistema de bloqueo de la máquina para operaciones de mantenimiento?	X			Cap. 15 Arts. 108 y 109 Dec. 351/79	Art. 8 b) Ley 19587
16	¿Tienen las máquinas eléctricas, sistema de puesta a tierra?	X			Cap.14 Anexo VI Pto 3.3.1 Dec. 351/79	Art. 8 b) Ley 19587
17	¿Están identificadas conforme a normas IRAM todas las partes de máquinas y equipos que en accionamiento puedan causar daño a los trabajadores?	X			Cap. 12 Arts. 77, 78 y 81 Dec. 351/79	Art. 9 j) Ley 19587
<b>ESPACIOS DE TRABAJO</b>						
18	¿Existe orden y limpieza en los puestos de trabajo?	X			Cap. 5 Art. 42 Dec. 351/79	Art. 8 a) y Art. 9 e) Ley 19587
19	¿Existen depósito de residuos en los puestos de trabajo?	X			Cap. 5 Art. 42 Dec. 351/79	Art.8 a) y Art.9 e) Ley 19587
20	¿Tienen las salientes y partes móviles de máquinas y/o instalaciones, señalización y protección?	X			Cap. 12 Art. 81 Dec. 351/79	Art. 9 j) Ley 19587
<b>ERGONOMÍA</b>						
21	¿Se desarrolla un Programa de Ergonomía Integrado para los distintos puestos de trabajo?	X			Anexo I Resolución 295/03	Art. 6 a) Ley 19587
22	¿Se realizan controles de ingeniería a los puestos de trabajo?	X			Anexo I Resolución 295/03	Art. 6 a) Ley 19587
23	¿Se realizan controles administrativos y seguimientos a los puestos de trabajo?	X			Anexo I Resolución 295/03	Art. 6 a) Ley 19587
<b>PROTECCION CONTRA INCENDIOS</b>						
24	¿Existen medios o vías de escape adecuadas en caso de incendio?	X			Cap.12 Art. 80 y Cap. 18	Art.172 Dec. 351/79
25	¿Cuentan con estudio de carga de fuego?	X			Cap.18 Art.183, Dec. 351/79	
26	¿La cantidad de matafuegos es acorde a la carga de fuego?	X			Cap.18 Art.175 y 176 Dec. 351/79	Art. 9 g) Ley 19587
27	¿Se registra el control de recargas y/o reparación?	X			Cap.18 Art. 183 a 186 Dec.351/79	
28	¿Se registra el control de prueba hidráulica de carros y/o matafuegos?	X			Cap.18 Art.183 a 185, Dec.351/79	
29	¿Existen sistemas de detección de incendios?		X		Cap.18 Art.182, Dec.351/79	
30	¿Cuentan con habilitación, los carros y/o matafuegos y demás instalaciones para extinción?	X			Cap. 18, Art.183, Dec 351/79	
31	¿El depósito de combustibles cumple con la legislación vigente?		X		Cap.18 Art.164 a 168 Dec. 351/79	
32	¿Se acredita la realización periódica de simulacros de evacuación?	X			Cap.18 Art.187 Dec. 351/79	Art. 9 k) Ley 19587
33	¿Se disponen de estanterías o elementos equivalentes de material no combustible o metálico?	X			Cap.18 Art.169 Dec. 351/79	Art. 9 h) Ley 19587
34	¿Se separan en forma alternada, las de materiales combustibles con las no combustibles y las que puedan reaccionar entre sí?	X			Cap.18 Art. 169 Dec. 351/79	Art. 9 h) Ley 19587

Nº	EMPRESAS: CONDICIONES A CUMPLIR	SI	NO	N/A*	FECHA REGUL.**	NORMATIVA VIGENTE
<b>ALMACENAJE</b>						
35	¿Se almacenan los productos respetando la distancia mínima de 1 m entre la parte superior de las estibas y el techo?	X				Cap.18 Art.169 Dec. 351/79 Art. 9 h) Ley 19587
36	¿Los sistemas de almacenaje permiten una adecuada circulación y son seguros?	X				Cap. 5 Art. 42 y 43 Dec. 351/79 Art. 8 d) Ley 19587
37	¿En los almacenajes a granel, las estibas cuentan con elementos de contención?	X				Cap. 5 Art. 42 y 43 Dec. 351/79 Art. 8 d) Ley 19587
<b>ALMACENAJE DE SUSTANCIAS PELIGROSAS</b>						
38	¿Se encuentran separados los productos incompatibles?	X				Cap. 17 Art. 145 Dec. 351/79 Art. 9 h) Ley 19587
39	¿Se identifican los productos riesgosos almacenados?	X				Cap. 17 Art. 145 Dec. 351/79 Art. 9 h) y Art.8 d) Ley 19587
40	¿Se proveen elementos de protección adecuados al personal?	X				Cap. 17 Art.145 Dec. 351/79 Art. 8 c) Ley 19587
41	¿Existen duchas de emergencia y/o lava ojos en los sectores con productos peligrosos?	X				Cap. 5 Art. 42 Dec. 351/79 Art. 8 b) y 9 i) Ley 19587
42	¿En atmósferas inflamables la instalación eléctrica es antiexplosiva?		X			Cap. 18 Art. 165,166 y 167, Dec. 351/79
43	¿Existe un sistema para control de derrames de productos peligrosos?	X				Cap. 17 Art.145 y 148 Dec. 351/79 Art. 8 a) Ley 19587
<b>SUSTANCIAS PELIGROSAS</b>						
44	¿Su fabricación y/o manipuleo cumplimenta la legislación vigente?	X				Cap. 17 Art. 145 y 147 a 150 Dec. 351/79 Art. 8 d) Ley 19587
45	¿Todas las sustancias que se utilizan poseen su respectivas hojas de seguridad?	X				Cap. 17 Art. 145 y 147 a 150 Dec. 351/79 Art. 8 d) Ley 19587
46	¿Las instalaciones y equipos se encuentran protegidos contra el efecto corrosivo de las sustancias empleadas?	X				Cap. 17 Art.148 Dec. 351/79 Art. 8 b) y d) Ley 19587
47	¿Se fabrican, depositan o manipulan sustancias explosivas, teniendo en cuenta lo reglamentado por Fabricaciones Militares?		X			Cap. 17 Art 146 Dec. 351/79 Art. 8 a), b), c) y d) Ley 19587
48	¿Existen dispositivos de alarma acústico y visuales donde se manipulen sustancias infectantes y/o contaminantes?		X			Cap. 17 Art. 149 Dec. 351/79 Art. 8 a) b) y d) Ley 19587
49	¿Se ha señalado y resguardado la zona o los elementos afectados ante casos de derrame de sustancias corrosivas?	X				Cap. 17 Art. 148 Dec. 351/79 Art. 8 a) b) y d) Ley 19587
50	¿Se ha evitado la acumulación de desechos orgánicos en estado de putrefacción, e implementado la desinfección correspondiente?	X				Cap. 17 Art. 150 Dec. 351/79 Art. 9 e) Ley 19587
51	¿Se confeccionó un plan de seguridad para casos de emergencia, y se colocó en lugar visible?	X				Cap. 17 Art. 145 Dec. 351/79 Art. 9 j) y k) Ley 19587
<b>RIESGO ELECTRICO</b>						
52	¿Están todos los cableados eléctricos adecuadamente contenidos?	X				Cap. 14 Art. 95 y 96 Dec. 351/79 Art. 9 d) Ley 19587
53	¿Los conectores eléctricos se encuentran en buen estado?	X				Cap. 14 Art. 95 y 96 Dec. 351/79 Art. 9 d) Ley 19587
54	¿Las instalaciones y equipos eléctricos cumplen con la legislación?	X				Cap. 14 Art. 95 y 96 Dec. 351/79 Art. 9 d) Ley 19587
55	¿Las tareas de mantenimiento son efectuadas por personal capacitado y autorizado por la empresa?	X				Cap. 14 Art. 98 Dec. 351/79 Art. 8 d) Ley 19587
56	¿Se efectúa y registra los resultados del mantenimiento de las instalaciones, en base a programas confeccionados de acuerdo a normas de seguridad?	X				Cap. 14 Art. 98 Dec. 351/79 Art. 9 d) Ley 19587
57	¿Los proyectos de instalaciones y equipos eléctricos de más de 1000 voltios cumplimentan con lo establecido en la legislación vigente y están aprobados por el responsable de Higiene y Seguridad en el rubro de su competencia?		X			Cap. 14 Art. 97 Dec. 351/79 Art. 9 d) Ley 19587
58	¿Se adoptan las medidas de seguridad en locales donde se manipule sustancias corrosivas, inflamables y/o explosivas ó de alto riesgo y en locales húmedos?	X				Cap. 14 Art. 99 Dec. 351/79 Art. 9 d) Ley 19587
59	¿Se han adoptado las medidas para la protección contra riesgos de contactos directos e indirectos?	X				Cap. 14 Art. 100 Dec. 351/79 y punto 3.3.2. Anexo VI Art 8 b) Ley 19587
60	¿Se han adoptado medidas para eliminar la electricidad estática en todas las operaciones que pueda producirse?	X				Cap. 14 Art. 101 Dec. 351/79 y punto 3.6 Anexo VI Art 8 b) Ley 19587
61	¿Posee instalación para prevenir sobretensiones producidas por descargas atmosféricas (pararrayos)?	X				Cap. 14 Art. 102 Dec. 351/79 Art 8 b) Ley 19587
62	¿Poseen las instalaciones tomas a tierra independientes de la instalada para descargas atmosféricas?	X				Cap. 14 Art. 102 y Anexo VI, pto. 3.3.1 Dec. 351/79 Art 8 b) Ley 19587
63	¿Las puestas a tierra se verifican periódicamente mediante mediciones?	X				Anexo VI pto. 3,1, Dec. 351/79 Art 8 b) Ley 19587
<b>APARATOS SOMETIDOS A PRESSION</b>						
64	¿Se realizan los controles e inspecciones periódicos establecidos en calderas y todo otro aparato sometido a presión?	X				Cap. 16 Art 140 Dec. 351/79 Art. 9 b) Ley 19587
65	¿Se han fijado las instrucciones detalladas con esquemas de la instalación, y los procedimientos operativos?	X				Cap. 16 Art 138 Dec. 351/79 Art. 9 j) Ley 19587
66	¿Se protegen los hornos, calderas, etc., para evitar la acción del calor?	X				Cap. 16 Art 139 Dec. 351/79 Art. 8 b) Ley 19587
67	¿Están los cilindros que contengan gases sometidos a presión adecuadamente almacenados?	X				Cap. 16 Art. 142 Dec. 351/79 Art. 9 b) Ley 19587

Nº	EMPRESAS: CONDICIONES A CUMPLIR	SI	NO	N/A*	FECHA REGUL.*	NORMATIVA VIGENTE
68	¿Los restantes aparatos sometidos a presión, cuentan con dispositivos de protección y seguridad?	X				Cap. 16 Art. 141 y Art. 143 Art. 9 b) Ley 19587
69	¿Cuenta el operador con la capacitación y/o habilitación pertinente?	X				Cap. 16 Art. 138 Dec. 351/79 Art. 9 k) Ley 19587
70	¿Están aislados y convenientemente ventilados los aparatos capaces de producir frío, con posibilidad de desprendimiento de contaminantes?	X				Cap. 16 Art. 144 Dec. 351/79 Art. 8 b) Ley 19587
<b>EQUIPOS Y ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (E.P.P.)</b>						
71	¿Se provee a todos los trabajadores, de los elementos de protección personal adecuado, acorde a los riesgos a los que se hallan expuestos?	X				Cap.19 Art. 188 a 190 Dec. 351/79 Art. 8 c) Ley 19587
72	¿Existen señalizaciones visibles en los puestos y/o lugares de trabajo sobre la obligatoriedad del uso de los elementos de protección personal?	X				Cap. 12 Art 84 Dec. 351/79 Art. 9 j) Ley 19587
73	¿Se verifica la existencia de registros de entrega de los E.P.P.?	X				Art. 28 inc. h) Dto. 170/96
74	¿Se realizó un estudio por puesto de trabajo o sector donde se detallen los E.P.P. necesarios?	X				Cap. 19, Art. 188, Dec. 351/79
<b>ILUMINACION Y COLOR</b>						
75	¿Se cumple con los requisitos de iluminación establecidos en la legislación vigente?	X				Cap. 12 Art. 71 Dec. 351/79 Art. 8 a) Ley 19587
76	¿Se ha instalado un sistema de iluminación de emergencia, en casos necesarios, acorde a los requerimientos de la legislación vigente?	X				Cap. 12 Art. 76 Dec. 351/79
77	¿Se registran las mediciones en los puestos y/o lugares de trabajo?	X				Cap. 12 Art. 73 a 75 Dec. 351/79 y Art. 10 Dec. 1338/96
78	¿Los niveles existentes cumplen con la legislación vigente?	X				Cap. 12 Art. 73 a 75 Dec. 351/79 Art. 8 a) Ley 19587
79	¿Existe marcación visible de pasillos, circulaciones de tránsito y lugares de cruce donde circulen cargas suspendidas y otros elementos de transporte?	X				Cap. 12 Art. 79 Dec. 351/79 Art. 9 j) Ley 19587
80	¿Se encuentran señalizados los caminos de evacuación en caso de peligro e indicadas las salidas normales y de emergencia?	X				Cap. 12 Art. 80 y Cap. 18 Art. 172 inc.2 Dec. 351/79 Art. 9 j) Ley 19587
81	¿Se encuentran identificadas las cañerías?		X			Cap. 12 Art. 82 Dec. 351/79
<b>CONDICIONES HIGROTÉRMICAS</b>						
82	¿Se registran las mediciones en los puestos y/o lugares de trabajo?	X				Cap. 8 Art. 60 Dec. 351/79 Anexo III Res. 295/03 y Art. 10 Dec. 1338/96 Art. 8 inc. a) Ley 19587
83	¿El personal sometido a estrés por frío, está protegido adecuadamente?	X				Cap. 8 Art. 60 Dec. 351/79 y Anexo III Res. 295/03 Art. 8 inc. a) Ley 19587
84	¿Se adoptaron las correcciones en los puestos y/o lugares de trabajo del personal sometido a estrés por frío?	X				Cap. 8 Art. 60 Dec. 351/79 y Anexo III Res. 295/03 Art. 8 inc. a) Ley 19587
85	¿El personal sometido a estrés térmico y tensión térmica, está protegido adecuadamente?	X				Cap. 8 Art. 60 Dec. 351/79 y Anexo III Res. 295/03 Art. 8 inc. a) Ley 19587
86	¿Se adoptaron las correcciones en los puestos y/o lugares de trabajo del personal sometido a estrés térmico tensión térmica?	X				Cap. 8 Art. 60 inc. 4 Dec. 351/79 Art. 8 inc. a) Ley 19587
<b>RADIACIONES IONIZANTES</b>						
87	¿En caso de existir fuentes generadoras de radiaciones ionizantes (Ej. Rayos X en radiografías), los trabajadores y las fuentes cuentan con la autorización del organismo competente?		X			Cap. 10 Art. 62, Dec. 351/79
88	¿Se encuentran habilitados los operadores y los equipos generadores de radiaciones ionizantes ante el organismo competente?		X			Cap. 10 Art. 62 Dec. 351/79
89	¿Se lleva el control y registro de las dosis individuales?		X			Art. 10 Dto. 1338/96 y Anexo II, Res. 295/03
90	¿Los valores hallados, se encuentran dentro de lo establecido en la normativa vigente?		X			Anexo II, Res. 295/03
<b>LASERES</b>						
91	¿Se han aplicado las medidas de control a la clase de riesgo?		X			Anexo II, Res. 295/03
92	¿Las medidas aplicadas cumplen con lo establecido en la normativa vigente?		X			Anexo II, Res. 295/03
<b>RADIACIONES NO IONIZANTES</b>						
93	¿En caso de existir fuentes generadoras de radiaciones no ionizantes (Ej. Soldadura), que puedan generar daños a los trabajadores, están éstos protegidos?	X				Cap. 10 Art. 63 Dec. 351/79 Art. 8 inc. d) Ley 19587
94	¿Se cumple con la normativa vigente para campos magnéticos estáticos?		X			Anexo II, Res. 295/03
95	¿Se registran las mediciones de radiofrecuencia y/o microondas en los lugares de trabajo?		X			Cap. 9 Art. 63 Dec. 351/79, Art. 10 Dec. 1338/96 y Anexo II, Res. 295/03 Art. 10 Dec. 1338/96 y Anexo II,
96	¿Se encuentran dentro de lo establecido en la normativa vigente?		X			Anexo II, Res. 295/03
97	¿En caso de existir radiación infrarroja, se registran las mediciones de la misma?		X			Art. 10 Dec. 1338/96 y Anexo II, Res. 295/03
98	¿Los valores hallados, se encuentran dentro de lo establecido en la normativa vigente?		X			Anexo II, Res. 295/03
99	¿En caso de existir radiación ultravioleta, se registran las mediciones de la misma?		X			Art. 10 - Dec. 1338/96 y Anexo II, Res. 295/03
100	¿Los valores hallados, se encuentran dentro de lo establecido en la normativa vigente?		X			Anexo II, Res. 295/03

Nº	EMPRESAS: CONDICIONES A CUMPLIR	SI	NO	N/A*	FECHA REGUL.*	NORMATIVA VIGENTE
<b>PROVISION DE AGUA</b>						
101	¿Existe provisión de agua potable para el consumo e higiene de los trabajadores?	X			X	Cap. 6 Art. 57 Dec. 351/79 Art. 8 a) Ley 19587
102	¿Se registran los análisis bacteriológico y físico químico del agua de consumo humano con la frecuencia requerida?	X				Cap. 6 Art. 57y 58, Dec. 351/79 y Res. MTSS 523/95 Art. 8 a) Ley 19587
103	¿Se ha evitado el consumo humano del agua para uso industrial?	X				Cap. 6 Art. 57 Dec. 351/79 Art. 8 a) Ley 19587
<b>DESAGÜES INDUSTRIALES</b>						
104	¿Se recogen y canalizan por conductos, impidiendo su libre escurrimiento?	X				Cap. 7 Art. 59 Dec. 351/79
105	¿Se ha evitado el contacto de líquidos que puedan reaccionar originando desprendimiento de gases tóxicos ó contaminantes?	X				Cap. 7 Art. 59 Dec. 351/79
106	¿Son evacuados los efluentes a plantas de tratamiento?	X				Cap. 7 Art. 59 Dec. 351/79
107	¿Se limpia periódicamente la planta de tratamiento, con las precauciones necesarias de protección para el personal que efectúe estas tareas?	X				Cap. 7 Art. 59 Dec. 351/79
<b>BAÑOS, VESTUARIOS Y COMEDORES</b>						
108	¿Existen baños aptos higiénicamente?	X				Cap. 5 Art. 46 a 49 Dec. 351/79
109	¿Existen vestuarios aptos higiénicamente y poseen armarios adecuados e individuales?	X				Cap. 5 Art. 50 y 51 Dec. 351/79
110	¿Existen comedores aptos higiénicamente?	X				Cap. 5 Art. 52 Dec. 351/79
111	¿La cocina reúne los requisitos establecidos?	X				Cap. 5 Art. 53 Dec. 351/79
112	¿Los establecimientos temporarios cumplen con las exigencias de la legislación vigente?	X				Cap. 5 Art. 56 Dec. 351/79
<b>APARATOS PARA IZAR, MONTACARGAS Y ASCENSORES</b>						
113	¿Se encuentra identificada la carga máxima en dichos equipos?	X				Cap. 15 Art. 114 y 122 Dec. 351/79
114	¿Poseen parada de máximo nivel de sobrecarga en el sistema de fuerza motriz?			X		Cap. 15 Art. 117 Dec. 351/79
115	¿Se halla la alimentación eléctrica del equipo en buenas condiciones?	X				Cap. 14 Art. 95 y 96 Dec. 351/79 Art. 9 b) Ley 19587
116	¿Tienen los ganchos de izar traba de seguridad?	X				Cap. 15 Art. 126 Dec. 351/79 Art. 9 b) Ley 19587
117	¿Los elementos auxiliares de elevación se encuentran en buen estado (cadenas, perchas, eslingas, fajas etc.)?	X				Cap. 15 Art. 122, 123, 124 y 125, Dec. 351/79
118	¿Se registra el mantenimiento preventivo de estos equipos?		X			Cap. 15 Art. 116 Dec. 351/79, Art. 10 Dec. 1338/96 Art. 9 b) Ley 19587
119	¿Reciben los operadores instrucción respecto a la operación y uso correcto del equipo de izar?	X				Cap. 21 Art. 208 a 210 Dec. 351/79 Art. 9 k) Ley 19587
120	¿Los ascensores y montacargas cumplen los requisitos y condiciones máximas de seguridad en lo relativo a la construcción, instalación y mantenimiento?			X		Cap. 15 Art. 137 Dec. 351/79
121	¿Los aparatos para izar, aparejos, puentes grúa, transportadores cumplen los requisitos y condiciones máximas de seguridad?	X				Cap. 15 Art. 114 a 132 Dec. 351/79
<b>CAPACITACION</b>						
122	¿Se capacita a los trabajadores acerca de los riesgos específicos a los que se encuentren expuestos en su puesto de trabajo?	X				Cap. 21 Art. 208 a 210 Dec. 351/79 Art. 9 k) Ley 19587
123	¿Existen programas de capacitación con planificación en forma anual?	X				Cap. 21 Art. 211 Dec. 351/79 Art. 9 k) Ley 19587
124	¿Se entrega por escrito al personal las medidas preventivas tendientes a evitar las enfermedades profesionales y accidentes de trabajo?	X				Cap. 21 Art. 213 Dec. 351/79, Art. Dec. 1338/96 Art. 9 k) Ley 19587
<b>PRIMEROS AUXILIOS</b>						
125	¿Existen botiquines de primeros auxilios acorde a los riesgos existentes?	X				Art. 9 i) Ley 19587
<b>VEHICULOS</b>						
126	¿Cuentan los vehículos con los elementos de seguridad?	X				Cap. 15 Art. 134 Dec. 351/79
127	¿Se ha evitado la utilización de vehículos con motor a explosión en lugares con peligro de incendio o explosión, ó bien aquellos cuentan con dispositivos de seguridad apropiados para evitar dichos riesgos?			X		Cap. 15 Art. 134 Dec. 351/79
128	¿Disponen de asientos que neutralicen las vibraciones, tengan respaldo y apoyan pies?			X		Cap. 15 Art. 134 Dec. 351/79
129	¿Son adecuadas las cabinas de protección para las inclemencias del tiempo?			X		Art. 8 b) Ley 19587
130	¿Son adecuadas las cabinas para proteger del riesgo de vuelco?			X		Cap. 15, Art. 103 dec. 351/79 Art. 8 b) Ley 19587
131	¿Están protegidas para los riesgos de desplazamiento de cargas?			X		Cap. 15 Art. 134 Dec. 351/79
132	¿Poseen los operadores capacitación respecto a los riesgos inherentes al vehículo que conducen?	X				Cap. 21 Art. 208 y 209, Dec. 351/79 Art. 9 k) Ley 19587
133	¿Están los vehículos equipados con luces, frenos, dispositivo de aviso acústico-luminosos, espejos, cinturón de seguridad, bocina y matafuegos?	X				Cap.15 Art.134 Dec. 351/79
134	¿Se cumplen las condiciones que deben reunir los ferrocarriles para el transporte interno?			X		Cap.15, Art.136, Dec. 351/79
<b>CONTAMINACION AMBIENTAL</b>						
135	¿Se registran las mediciones en los puestos y/o lugares de trabajo?			X		Cap. 9 Art. 61 incs. 2 y 3, Dec. 351/79 Anexo IV Res. 295/03 Art. 10 Dec. 1338/96

Nº	EMPRESAS: CONDICIONES A CUMPLIR	SI	NO	N/A*	FECHA REGUL.*	NORMATIVA VIGENTE
136	¿Se adoptaron las correcciones en los puestos y/o lugares de trabajo?			<b>X</b>	Cap. 9 Art. 61 Dec. 351/79	Art. 9 c) Ley 19587
<b>RUIDOS</b>						
137	¿Se registran las mediciones de nivel sonoro continuo equivalente en los puestos y/o lugares de trabajo?	<b>X</b>			Cap. 13 Art. 85 y 86 Dec. 351/79 Anexo V Res. 295/03 Art.10 Dec. 1338/96	
138	¿Se adoptaron las correcciones en los puestos y/o lugares de trabajo?	<b>X</b>			Cap. 13 Art. 87 Dec. 351/79 Anexo V Res. 295/03	Art.9 f) Ley 19587
<b>ULTRASONIDOS E INFRASONIDOS</b>						
139	¿Se registran las mediciones en los puestos y/o lugares de trabajo?			<b>X</b>	Cap. 13 Art. 93, Dec. 351/79 Anexo V Res. 295/03 Art. 10 Dec. 1338/96	
140	¿Se adoptaron las correcciones en los puestos y/o lugares de trabajo?			<b>X</b>	Cap. 13 Art. 93, Dec. 351/79 Anexo V Res. 295/03 Art. 10 Dec. 1338/96	Art. 9 f) Ley 19587
<b>VIBRACIONES</b>						
141	¿Se registran las mediciones en los puestos y/o lugares de trabajo?			<b>X</b>	Cap. 13 Art. 94 Dec 351/79 Anexo V Res. 295/03 Art. 10 Dec. 1338/96	
142	¿Se adoptaron las correcciones en los puestos y/o lugares de trabajo?			<b>X</b>	Cap. 13 Art. 94 Dec 351/79 Anexo V Res. 295/03 Art. 10 Dec. 1338/96	Art. 9 f) Ley 19587
<b>UTILIZACION DE GASES</b>						
143	¿Los recipientes con gases se almacenan adecuadamente?	<b>X</b>			Cap. 16, Art. 142, Dec. 351/79	
144	¿Los cilindros de gases son transportados en carretillas adecuadas?	<b>X</b>			Cap. 16, Art. 142, Dec. 351/79	
145	¿Los cilindros de gases almacenados cuentan con el capuchón protector y tienen la válvula cerrada?	<b>X</b>			Cap. 16, Art. 142, Dec. 351/79	
146	¿Los cilindros de oxígeno y acetileno cuentan con válvulas antiretroceso de llama?	<b>X</b>			Cap. 17, Art. 153, Dec. 351/79	
<b>SOLDADURA</b>						
147	¿Existe captación localizada de humos de soldadura?		<b>X</b>		Cap. 17, Art. 152 y 157, Dec. 351/79	
148	¿Se utilizan pantallas para la proyección de partículas y chispas?	<b>X</b>			Cap. 17, Art. 152 y 156, Dec. 351/79	
149	¿Las mangueras, reguladores, manómetros, sopletes y válvulas antiretornos se encuentran en buen estado?	<b>X</b>			Cap. 17, Art. 153, Dec. 351/79	
<b>ESCALERAS</b>						
150	¿Todas las escaleras cumplen con las condiciones de seguridad?	<b>X</b>			Anexo VII Punto 3 Dec. 351/79	
151	¿Todas las plataformas de trabajo y rampas cumplen con las condiciones de seguridad?	<b>X</b>			Anexo VII Punto 3.11 .y 3.12. Dec. 351/79	
<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS MAQUINAS, EQUIPOS E INSTALACIONES EN GENERAL</b>						
152	¿Posee programa de mantenimiento preventivo, en base a razones de riesgos y otras situaciones similares, para máquinas e instalaciones, tales como?:	<b>X</b>			Art. 9 b) y d) Ley 19587	
153	Instalaciones eléctricas	<b>X</b>			Cap. 14 Art. 98 Dec. 351/79	Art. 9 b) y d) Ley 19587
154	Aparatos para izar	<b>X</b>			Cap. 15 Art. 116 Dec. 351/79	Art. 9 b) y d) Ley 19587
155	Cables de equipos para izar			<b>X</b>	Cap. 15 Art. 123 Dec. 351/79	Art. 9 b) y d) Ley 19587
156	Ascensores y Montacargas	<b>X</b>			Cap. 15 Art. 137 Dec. 351/79	Art. 9 b) y d) Ley 19587
157	Calderas y recipientes a presión	<b>X</b>			Cap. 16 Art. 140 Dec. 351/79	Art. 9 b) y d) Ley 19587
158	¿Cumplimenta dicho programa de mantenimiento preventivo?	<b>X</b>				Art. 9 b) y d) Ley 19587
<b>OTRAS RESOLUCIONES LEGALES RELACIONADAS</b>						
161	¿El establecimiento se encuentra comprendido dentro de la Resolución 743/03 Registro de Accidentes Mayores?			<b>X</b>		
159	¿El establecimiento se encuentra comprendido dentro de la Resolución 415/02 Registro de Agentes Cancerígenos?			<b>X</b>		
160	¿El establecimiento se encuentra comprendido dentro de la Resolución 497/03 Registro de PCBs?			<b>X</b>		

(La segunda, 2015).