

“EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO, DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO, NITRÓGENO TOTAL, FÓSFORO TOTAL Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN UNA EMPRESA LÁCTEA, CAJAMARCA 2022”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniera Ambiental**

**Autora:**

Mercy del Pilar Guevara Aguilar

**Asesora:**

M. Sc. Gladys Sandi Licapa Redolfo  
<https://orcid.org/0000-0002-9077-5218>

Cajamarca - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	Juan Carlos Flores Cerna	18898536
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Marieta Eliana Cervantes Peralta	29425048
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Julián Ricardo Díaz Ruiz	09294063
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD

Evaluación de la remoción de DQO, DBO5, N total, P total y SST de una planta de tratamiento de aguas residuales en una empresa láctea, Cajamarca 2022

### INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

15%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1

[hdl.handle.net](https://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

6%

2

[repositorio.upagu.edu.pe](https://repositorio.upagu.edu.pe)

Fuente de Internet

3%

3

DOMUS CONSULTORIA AMBIENTAL S.A.C..  
"Actualización del Plan de Manejo Ambiental del EIA de la Panta Industrial Dedicada a la Elaboración de Productos Lácteos- IGA0015880", R.D. N° 338-2020-PRODUCE/DGAAMI, 2022

Publicación

1%

4

CALIDAD Y AMBIENTE S.A.C.. "PAMA de Nestlé Perú - Planta Lima-IGA0014345", Oficio N° 01396.2007.PRODUCE/DVI/DGI-DAAI, 2021

Publicación

1%

5

[repositorio.continental.edu.pe](https://repositorio.continental.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

[repositorio.utn.ac.cr](https://repositorio.utn.ac.cr)

## DEDICATORIA

Le dedico el resultado de este trabajo a toda mi familia. Principalmente, a mis padres que me apoyaron y contuvieron los momentos malos y en los menos malos. Gracias por enseñarme a afrontar las dificultades sin perder nunca la cabeza ni morir en el intento.

Me lo dedico a mi misma ya que con mucho esfuerzo logre culminar una gran etapa de mi vida que definirá mi futuro.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándome a valorar todo lo que tengo. A todos ellos dedico el presente trabajo, porque han fomentado en mí, el deseo de superación y de triunfo en la vida. Lo que ha contribuido a la consecución de este logro. Espero contar siempre con su valioso e incondicional apoyo.

**TABLA DE CONTENIDO**

JURADO EVALUADOR.....	2
INFORME DE SIMILITUD.....	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO.....	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	10
ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	14
RESUMEN.....	15
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	16
1.1 Realidad problemática.....	16
1.2 Antecedentes de la investigación.....	17
1.3 Definiciones conceptuales.....	21
Aguas residuales.....	21
Aguas residuales industriales.....	22
Aguas residuales en la industria láctea.....	22
Demanda química de oxígeno DQO.....	23
Demanda biológica de oxígeno DBO <sub>5</sub> .....	23
Fosforo total (P total).....	24
Nitrógeno total (N total).....	24
Sólidos suspendidos totales (SS).....	24
Sólidos suspendidos totales (SST).....	25
pH.....	25
Sistema de tratamiento de aguas residuales.....	25

Pretratamiento o tratamiento preliminar .....	25
Tratamiento primario .....	26
Tratamiento secundario .....	26
Tratamiento secundario Estanque SBR (reactor biológico secuencial).....	26
Tratamiento terciario .....	27
Eficiencia de remoción de contaminantes de la PTAR .....	28
1.4 Formulación del problema.....	28
1.5 Objetivos.....	28
1.5.1 Objetivo General .....	28
1.5.2 Objetivos Específicos .....	29
1.6 Hipótesis .....	29
1.6.1 Hipótesis General .....	29
1.6.2 Hipótesis específica .....	29
1.    CAPÍTULO II: METODOLOGÍA .....	31
2.1 Tipo de investigación.....	31
2.2 Población y muestra (materiales, instrumentos y métodos) .....	32
2.2.1 Población .....	32
2.2.2 Muestra .....	32
2.3 Equipos e instrumentos.....	32
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos .....	33
2.5 Análisis e interpretación de datos .....	36
2.6 Procedimiento Fase de campo .....	36
2.6.1 Pre-Tratamiento .....	37
2.6.1.1 Cámara de rejillas .....	37

2.6.1.2 Estación elevadora.....	38
2.6.1.3 Separación de sólidos finos .....	39
2.6.1.4 Ecualizador .....	39
2.6.2 Tratamiento físico químico.....	40
2.6.2.1 Ajuste de pH .....	40
2.6.2.3 Floculación .....	41
2.6.2.4 Unidad de ajuste de pH / coagulación / floculación .....	42
2.6.2.5 Flotación – DAF .....	43
2.6.3 Tratamiento biológico .....	45
2.6.3.1 Pozas de inicio .....	45
2.6.3.2 Estanque de balance.....	46
2.6.3.3 Dosificación de urea y fosfato .....	47
2.6.3.4 Estanque SBR (reactor biológico secuencial) .....	47
2.6.3.5 Estanque de cloración.....	48
2.6.4 Tratamiento de lodos .....	49
2.6.4.1 Almacenamiento de los lodos.....	49
2.6.4.2 Deshidratado de lodos .....	51
2.7 Fase de laboratorio .....	53
2.7.1 Medición de demanda biológica de oxígeno DBO <sub>5</sub> .....	53
2.7.2 Medición de fosforo total P total .....	54
2.7.3 Medición de nitrógeno total N total.....	55
2.7.4 Medición de sólidos sedimentables .....	56
2.7.5 Medición de pH y Temperatura T <sup>0</sup> .....	57
2.8 Fase de Gabinete.....	57



2.9 Aspectos éticos .....	58
CAPÍTULO III: RESULTADOS .....	59
3.1 Demanda química de oxígeno (DQO).....	59
3.1.1 Prueba t-Student para analizar las concentraciones de demanda química de oxígeno DQO.....	61
3.2 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> ).....	62
3.2.1 Prueba t-Student para analizar la concentración de demanda biológica de oxígeno DBO <sub>5</sub> .....	63
3.3 Fosforo total P .....	65
3.3.1 Prueba t-Student para analizar la concentración de fosforo total .....	66
3.4 Nitrógeno total N.....	68
3.4.1 Prueba t-Student para analizar la concentración de nitrógeno total.....	69
3.5 Sólidos suspendidos totales (SST).....	71
3.5.1 Prueba t-Student para analizar la concentración de sólidos totales SST	72
3.6 pH.....	74
3.7 Cálculo de eficiencia .....	76
2. CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	79
4.1 Discusión .....	79
4.2 Conclusiones.....	81
REFERENCIAS .....	83
ANEXOS.....	87

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Características de aguas residuales lácteas</i> .....	22
<b>Tabla 2</b> <i>Parámetros de la Gagua y Guía sobre medio ambiente, salud y seguridad para el procesamiento de productos lácteos</i> .....	23
<b>Tabla 3</b> <i>Resultados de DQO promedio por mes</i> .....	59
<b>Tabla 4</b> <i>Prueba t: comparación de concentraciones de DQO en dos muestras emparejadas</i> .....	61
<b>Tabla 5</b> <i>Resultados DBO<sub>5</sub> promedio por mes</i> .....	62
<b>Tabla 6</b> <i>Prueba t: comparación de concentraciones de DBO<sub>5</sub> en dos muestras emparejadas</i> .....	64
<b>Tabla 7</b> <i>Resultados Fósforo total P promedio por mes</i> .....	65
<b>Tabla 8</b> <i>Prueba t: comparación de concentraciones de P en dos muestras emparejadas</i> .....	67
<b>Tabla 9</b> <i>Resultados Nitrógeno total N promedio por mes</i> .....	68
<b>Tabla 10</b> <i>Prueba t: comparación de concentraciones de N en dos muestras emparejadas</i> .....	70
<b>Tabla 11</b> <i>Resultados sólidos suspendidos totales promedio por mes</i> .....	71
<b>Tabla 12</b> <i>Prueba t: comparación de concentraciones de SST en dos muestras emparejadas</i> .....	73
<b>Tabla 13</b> <i>Resultados pH en efluente promedio por mes</i> .....	74
<b>Tabla 14</b> <i>Resultados de afluente, efluente y eficiencia de parámetros analizados</i>	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Estructura de Informe de ensayo de laboratorio</i> .....	34
<b>Figura 2</b> <i>Etapas del proceso de operación de la PTAR</i> .....	37
<b>Figura 3</b> <i>Cámara de Rejas</i> .....	38
<b>Figura 4</b> <i>Cámara Elevadora</i> .....	38
<b>Figura 5</b> <i>Filtro Rotatorio</i> .....	39
<b>Figura 6</b> <i>Ecualizador</i> .....	40
<b>Figura 7</b> <i>Tanque de Soda Caustica</i> .....	41
<b>Figura 8</b> <i>Equipo de preparación de polímero</i> .....	42
<b>Figura 9</b> <i>Floculador de tubo</i> .....	43
<b>Figura 10</b> <i>Equipo de Flotación por Aire Disuelto</i> .....	45
<b>Figura 11</b> <i>Pozas de inicio</i> .....	46
<b>Figura 12</b> <i>Estanque de balance</i> .....	47
<b>Figura 13</b> <i>Vista del SBR</i> .....	48
<b>Figura 14</b> <i>Estanque de cloración</i> .....	49
<b>Figura 15</b> <i>Tanque de lodos</i> .....	51
<b>Figura 16</b> <i>Filtro de placas</i> .....	52
<b>Figura 17</b> <i>Galpón de almacenamiento de lodo deshidratado</i> .....	52
<b>Figura 18</b> <i>Resultados de demanda química de oxígeno DQO en efluente vs</i> <i>Guía sobre medio ambiente de productos lácteos</i> .....	60
<b>Figura 19</b> <i>Resultados de demanda biológica de oxígeno DBO<sub>5</sub> en efluente vs</i> <i>Guía sobre medio ambiente de productos lácteos</i> .....	63

<b>Figura 20</b> <i>Resultados de fósforo total en efluente vs Guía sobre medio ambiente de productos lácteos</i> .....	66
<b>Figura 21</b> <i>Resultados de nitrógeno total en efluente vs Guía sobre medio ambiente de productos lácteos</i> .....	69
<b>Figura 22</b> <i>Resultados de sólidos suspendidos totales en efluente vs Guía sobre medio ambiente de productos lácteos</i> .....	72
<b>Figura 23</b> <i>Resultados de pH en efluente vs Guía sobre medio ambiente de productos lácteos</i> .....	75
<b>Figura 24</b> <i>Parámetro del afluente enero de 2022</i> .....	87
<b>Figura 25</b> <i>Parámetro del efluente enero de 2022</i> .....	87
<b>Figura 26</b> <i>Parámetro del afluente febrero de 2022</i> .....	88
<b>Figura 27</b> <i>Parámetro del efluente febrero de 2022</i> .....	88
<b>Figura 28</b> <i>Parámetro del afluente marzo de 2022</i> .....	89
<b>Figura 29</b> <i>Parámetro del efluente marzo de 2022</i> .....	89
<b>Figura 30</b> <i>Parámetro del afluente abril de 2022</i> .....	90
<b>Figura 31</b> <i>Parámetro del efluente abril de 2022</i> .....	90
<b>Figura 32</b> <i>Parámetro del afluente mayo de 2022</i> .....	91
<b>Figura 33</b> <i>Parámetro del efluente mayo de 2022</i> .....	91
<b>Figura 34</b> <i>Parámetro del afluente junio de 2022</i> .....	92
<b>Figura 35</b> <i>Parámetro del efluente junio de 2022</i> .....	92
<b>Figura 36</b> <i>Parámetro del afluente julio de 2022</i> .....	93
<b>Figura 37</b> <i>Parámetro del efluente julio de 2022</i> .....	93
<b>Figura 38</b> <i>Parámetro del afluente agosto de 2022</i> .....	94
<b>Figura 39</b> <i>Parámetro del efluente agosto de 2022</i> .....	94
<b>Figura 40</b> <i>Parámetro del afluente septiembre de 2022</i> .....	95
<b>Figura 41</b> <i>Parámetro del efluente septiembre de 2022</i> .....	95

<b>Figura 42</b> <i>Parámetro del afluente octubre de 2022</i> .....	96
<b>Figura 43</b> <i>Parámetro del efluente octubre de 2022</i> .....	96
<b>Figura 44</b> <i>Parámetro del afluente noviembre de 2022</i> .....	97
<b>Figura 45</b> <i>Parámetro del efluente noviembre de 2022</i> .....	97
<b>Figura 46</b> <i>Parámetro del afluente diciembre de 2022</i> .....	98
<b>Figura 47</b> <i>Parámetro del efluente diciembre de 2022</i> .....	98

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1 .....</b>	<b>76</b>
-------------------------	-----------

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la eficiencia de remoción de DQO, DBO<sub>5</sub>, N total, P total y SST en una planta de tratamiento de aguas residuales de una empresa láctea en Cajamarca durante el año 2022. Se recopilaron datos de los parámetros fisicoquímicos en el afluente y efluente de la planta durante los 12 meses del año 2022, los cuales fueron analizados utilizando un análisis de t de Student para determinar su significancia. Además, se compararon los resultados con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por la Guía sobre Medio Ambiente, Salud y Seguridad para el Procesamiento de Productos Lácteos. Con base en los resultados obtenidos, se pudo concluir que la planta de tratamiento de aguas residuales alcanzó una eficiencia promedio de remoción de contaminantes del 98,61% para DQO, 99,10% para DBO<sub>5</sub>, 97,51% para P total, 92,99% para N total y 98,52% para SST. Además, se observó que el afluente cumplió satisfactoriamente con límites establecidos en la guía ya mencionada, lo cual indica un óptimo desempeño de los procesos llevados a cabo en la planta de tratamiento de aguas residuales.

**PALABRAS CLAVES:** Eficiencia de remoción, Agua residual láctea, Planta de tratamiento de aguas residuales.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1 Realidad problemática

En algunas situaciones, la contaminación de los cuerpos de agua se produce debido a que las industrias liberan sus efluentes con diferentes niveles de tratamiento de su carga contaminante, o incluso sin someterlos a ningún tipo de tratamiento, en los cuerpos de agua cercanos a sus instalaciones. Esto ocurre especialmente en casos graves de incumplimiento de las normas ambientales. El potencial contaminante de los efluentes industriales varía según el sector productivo y es especialmente significativo en industrias como curtiembres, galvanoplastias, industria láctea, frigoríficos, mataderos y otras industrias relacionadas (MINCyT 2013, p.1).

Como se mencionó anteriormente, la industria láctea ha sido identificada como una de las principales fuentes de efluentes industriales en muchos países, generando entre 3 739 y 11 217 millones de m<sup>3</sup> de residuos al año, es decir, de 1 a 3 veces el volumen de leche procesada (Tirado et al.,2016, p.172). En el caso del Perú, la falta de plantas de tratamiento de aguas residuales y una gestión deficiente de estos residuos por parte de las empresas ha generado graves perjuicios tanto para la población como para el medio ambiente.

Según el Gobierno Regional de Cajamarca (2021), esta región produce anualmente más de 361 000 000 litros de leche, lo cual equivale al 19% de la producción nacional estimada en 1 900 millones de litros. La región del Cumbe se destaca como la principal cuenca lechera del Perú. Dado este contexto, resulta fundamental que las instalaciones que procesan la leche cuenten con sistemas de tratamiento de aguas residuales eficaces, que garanticen que los efluentes no perjudiquen ni a la población ni al medio ambiente.



En este sentido, se ha tomado la decisión de evaluar si el sistema de tratamiento de aguas residuales de una planta de procesamiento lácteo es óptimo en términos de remoción de contaminantes como la Demanda Química de Oxígeno (DQO), la Demanda Biológica de Oxígeno a los 5 días ( $DBO_5$ ), el nitrógeno total (N total), el fósforo total (P total) y los sólidos en suspensión totales (SST). Además, se busca verificar si este sistema cumple con la Guía sobre medio ambiente, salud y seguridad para el procesamiento de productos lácteos (GPPL).

## 1.2 Antecedentes de la investigación

Con el fin de validar nuestros resultados y apoyar las conclusiones de este estudio, se ha recurrido a una variedad de estudios relacionados con el tema. A continuación, se presentan los antecedentes más relevantes:

En la investigación realizada por Carrasquero y Urbina (2023), el objetivo principal fue evaluar la eficiencia de un reactor por carga secuencial en el tratamiento de los efluentes generados por una productora de helados. El estudio incluyó la implementación de dos tiempos de operación, uno de 10 horas y otro de 12 horas, así como una secuencia operacional compuesta por fases anaeróbicas, aeróbicas y anóxicas. Además, se utilizó un tiempo de retención celular de 25 días. Durante el estudio, se realizaron mediciones de diversos parámetros fisicoquímicos, como la demanda química de oxígeno total ( $DQO_T$ ), el nitrógeno amoniacal, los nitritos ( $NO_2^-$ ), los nitratos, los ortofosfatos, el fósforo total, el pH y la alcalinidad total al inicio, final de cada fase y salida del reactor, para cada tratamiento evaluado. Los resultados obtenidos revelaron que los porcentajes de remoción de  $DQO_T$  oscilaron entre el 89,8% y el 94,6% para los tiempos de 10 y 12 horas, respectivamente. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tiempos de operación. Además, se demostró que el reactor por carga secuencial fue eficiente en la

eliminación de los nutrientes presentes en el efluente industrial, logrando una remoción máxima de nitrógeno total del 81,0% y de fósforo total del 51,0%.

Huamán y Palco (2022) en su investigación tuvieron por objetivo general evaluar la eficiencia en la reducción del DBO<sub>5</sub> y DQO en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la Encañada. Primero se identificó el estado de los procesos del tratamiento de las aguas residuales de la PTAR en La Encañada, luego del total de aguas residuales que ingresan a la PTAR en La Encañada, se tomaron 3 muestras en el afluente y 3 en el efluente, utilizando un frasco de 1000 mL por muestra para analizar el DBO<sub>5</sub> y un frasco de 250 mL por muestra para el DQO, el muestreo se realizó cada 15 días para después ser analizadas en laboratorio. Los resultados muestran una concentración promedio de 315,8 mg/ L para el DBO<sub>5</sub> en el afluente y 127,2 mg/L en el efluente de la PTAR; la concentración del efluente no cumple con el LMP establecido en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, sobrepasando un 27.2 mg/L. Así mismo se registró una concentración promedio de 632,7 mg/ L de DQO en el afluente y 259,2 mg/L en el efluente; la concentración del efluente tampoco cumple con el LMP establecido, sobrepasando un 59,2 mg/L. Finalmente se llegó a la conclusión que la PTAR es ineficiente en la reducción del DBO<sub>5</sub> con un 59,7% y en el DQO con un 59%, no cumpliendo con el rango de eficiencia en la reducción de constituyentes establecido.

Además, en el estudio realizado por Aristi y Calderón (2021), se llevó a cabo una evaluación de la eficiencia del pretratamiento en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de una industria láctea ubicada en Los Baños del Inca, Cajamarca, en el año 2021. La industria láctea representa un sector de gran importancia dentro de la industria alimentaria, y su contribución a la contaminación de las aguas receptoras es significativa. Por lo tanto, es necesario y obligatorio tratar adecuadamente los efluentes líquidos antes de su vertido. El caudal de efluentes generado por la industria láctea está directamente relacionado con el consumo de agua en la planta procesadora. Por esta razón, se llevó a cabo

la evaluación de la eficiencia del pretratamiento en la PTAR de una industria láctea en Los Baños del Inca, Cajamarca. El diseño de la investigación fue longitudinal, lo que implica la realización de mediciones repetidas a lo largo de un período de seguimiento. Después del proceso de pretratamiento, se logró la reducción de la concentración de varios parámetros, como la temperatura, el pH, la turbidez y la conductividad. Estos resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Categoría 3, establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Como conclusión, se encontró que el proceso de pretratamiento fue eficaz en el tratamiento de los efluentes de la industria láctea, cumpliendo con los estándares establecidos por la normativa ambiental.

Andrade (2020) realizó su tesis en el afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Macusani, Provincia de Carabaya y el río Macusani durante los meses de octubre y noviembre del 2019; los objetivos específicos fueron evaluar los parámetros de calidad de las aguas del río Macusani con las normas establecidas ECA de conservación del medio acuático; asimismo determinar la eficiencia de remoción de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos para el vertimiento de las aguas residuales tratadas del efluente de la PTAR Macusani y el cumplimiento con las normas ambientales LMP. La metodología aplicada fue mediante la medición in-situ y ex-situ de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos según los ECA para aguas y LMP para efluentes de PTAR. Posteriormente, se tomaron 2 muestras de 1 L. de aguas residuales domésticas para análisis de los SST, DQO, DBO<sub>5</sub>, aceites y grasas, coliformes termotolerantes con la finalidad de evaluar la eficiencia de la PTAR de Macusani. Los parámetros in-situ analizados fueron pH con 7,56, Temperatura en 20,1 °C, en SST fue de 44 mg/L, en la DBO<sub>5</sub> 100 mg/L, en la DQO 209 mg/L, aceites y grasas fue de 0,32 mg/L; estos resultados no exceden a los LMP para efluentes de PTAR. Respecto a los valores obtenidos para coliformes termotolerantes fueron de 11000 NMP/100 mL lo cual excede y no cumple con el Decreto Supremo N° 003-

2010-MINAM. Los parámetros físicos medidos en el río Macusani fueron el pH con 8,7, temperatura con 17,5 °C, oxígeno disuelto con 80 mg/L y conductividad eléctrica con 145 µS/cm cumpliendo con los ECA para agua en la categoría 4. Además, en cuanto a la eficiencia de remoción de la DBO<sub>5</sub> es 93,42 %, en la DQO es 94,88 %, en SST es 67,16 % y en los Coliformes Termotolerantes fue de 77,55.

Asimismo Cabañillas (2020) determinó la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales de la fábrica Unión de cervecería Backus y Johnston y si esta cumplen los requerimientos establecido en el DS N° 021 – 2009 – VIVENDA, DS N° 003 – 2011 – VIVENDA, DS N° 002 – 2008 – MINAM, con los parámetros de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) estipulado en la Ley N° 29338 (Ley de Recursos Hídricos), y con los Límites Máximos Permisibles establecido por el DS N° 003 – 2002 – PRODUCE. Los parámetros a analizar para evaluar la eficiencia del sistema son: los sólidos suspendidos totales, pH, temperatura, DBO<sub>5</sub>, DQO, oxígeno disuelto y Aceites y Grasas, que permitieron establecer la eficiencia en remoción de sólidos, materia química y materia orgánica; obteniendo como resultado en el efluente: 34 mg/l, 8,66, 25,9 °C, 41,43 mg/l, 133 mg/l, 4,03 ppm, 2,53 ppm, respectivamente. Con los resultados se puede determinar que la planta de tratamiento tiene una eficiencia de 91,09 % de remoción de sólidos sedimentables, 56,52 % de DBO<sub>5</sub> y una eficiencia de DQO del 96,82 %. Finalmente se concluye que, de la caracterización del agua residual industrial para la PTAR, el análisis de los parámetros fisicoquímicos, sólidos suspendidos y nitrógeno total se determinó que la planta de tratamiento de agua residual industrial actualmente cumple con los límites máximos permisibles para uso agrícola establecidos por el DS N° 003 – 2002 – PRODUCE, DS N° 021 – 2009 – VIVIENDA y DS N° 002 – 2008 – MINAM.

De igual manera Carrasquero et al. (2017), plantearon como objetivo evaluar la eficiencia de un reactor biológico secuencial en la remoción de materia orgánica y nutrientes

en los efluentes de una planta procesadora de productos cárnicos ubicada en el estado Zulia, Venezuela. El reactor se operó utilizando tres tiempos de ciclo operacional (7, 10 y 12 horas), un tiempo de retención celular de 25 días y una secuencia de fases anóxica-anaeróbica/aeróbica/anóxica (Ax-An/Ae/Ax). Durante el estudio, se realizaron mediciones de diversos parámetros, como la demanda química de oxígeno total (DQO<sub>T</sub>), la demanda bioquímica de oxígeno, el nitrógeno total, el nitrógeno amoniacal, los nitritos, los nitratos, el pH, la alcalinidad total, el fósforo total, el color y la turbidez. Estas mediciones se llevaron a cabo al inicio, durante y al final de cada ciclo evaluado. Los resultados obtenidos demostraron que los tratamientos aplicados en el reactor biológico secuencial (SBR) permitieron alcanzar remociones superiores al 92,6% para la DQO<sub>T</sub>, 44,7% para el nitrógeno total y 52,6% para el fósforo total. Esto se debió a la capacidad de adaptación del reactor a diferentes condiciones de operación. Además, se encontró que los tiempos de ciclo operacional de 10 y 12 horas generaron las mayores remociones de materia orgánica, nutrientes, color y turbidez. Como resultado, se obtuvo un efluente que cumplió con los estándares establecidos en la normativa venezolana para la descarga en cuerpos de agua.

### **1.3 Definiciones conceptuales**

Es imperativo identificar los principales conceptos que den claridad a la investigación sobre todo para poder conocer las variables empleadas en la investigación y así evitar errores o confusiones, es por eso por lo que tenemos los siguientes conceptos:

#### **Aguas residuales**

Las aguas residuales se refieren a aquellas aguas que han experimentado cambios en sus propiedades naturales debido a actividades humanas, y que necesitan ser tratadas antes de su reutilización, liberación en cuerpos de agua naturales o descarga en sistemas de alcantarillado. Así lo establece el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2014, p.2).

## Aguas residuales industriales

Según el informe del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2014, p. 3), se consideran aguas residuales industriales a aquellas que se generan como resultado de diferentes actividades productivas, como la minería, agricultura, energía, agroindustria, entre otras.

### Aguas residuales en la industria láctea

Las aguas residuales de la industria láctea se originan principalmente durante la pasteurización, homogeneización de la leche líquida y fabricación de productos lácteos como mantequilla, queso, leche en polvo, entre otros. De acuerdo con Tirado et al. (2016, p. 173), el volumen, la concentración y la composición del efluente generado en una planta de lácteos varían según el tipo de producto procesado, el programa de producción y los métodos operativos y el diseño de la planta de procesamiento.

**Tabla 1**

*Características de aguas residuales lácteas*

Parámetro	Kushwaha, Srivastava y Mall (2010)	Torres, Rodríguez, y Uribe (2003)	Arango y Sanches, (2009)	Santamaría, Álvarez, Díaz, y Zamora (2015)
pH	6,3 – 6,8	4,7	7,6	4.74
DQO (mg/L)	3900	-	24813	18400
DBO (/mg/L)	2300	3300	-	12500
DQO/DBO	1.69	-	-	1.47
Sólidos totales (mg/L)	3090	3030	40827	36620
Sólidos volátiles (mg/L)	2810	-	18164	4848
Sólidos fijos (mg/L)	280	-	-	4848
Turbidez	1744	-	-	3921
Conductividad (S/cm)	220	-	-	7820
Cloruro (mg/L)	31	-	-	101,9
N total (mg/L)	113,18	191	636	19

**Fuente:** Modificado de Tirado et al.,2016, p.173

**Tabla 2**

*Parámetros de la Guía sobre medio ambiente, salud y seguridad para el procesamiento de productos lácteos*

Parámetro	Unidad	Guía sobre medio ambiente, salud y seguridad para el procesamiento de productos lácteos
Ph	Unidad	6 – 9
Temperatura	°C	< 3
Turbidez	NTU	-
Aceites y grasas	mg/L	10
DBO <sub>5</sub>	mg/L	50
DQO	mg/L	250
Color	CU	-
Coliformes totales	NMP/100 ml	400
Coliformes fecales	NMP/100 ml	-
Conductividad	uS/cm	-
Fosforo total	mg/L	2
Nitrógeno total	mg/L	10
Sólidos suspendidos totales	mg/L	50
Oxígeno disuelto	mg/L	-

En la tabla 2 se seleccionaron los parámetros más importantes y sus límites según la guía sobre medio ambiente, salud y seguridad para el procesamiento de productos lácteos.

### **Demanda química de oxígeno DQO**

Es la cantidad de oxígeno (expresada en mg/L) requerida para oxidar tanto la materia orgánica como la materia inorgánica oxidable en condiciones de prueba se conoce como demanda química de oxígeno (DQO). Este parámetro se utiliza para determinar la cantidad total de contaminantes orgánicos presentes en las aguas residuales. A diferencia de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la DQO oxida prácticamente todos los compuestos presentes (Agua.org.mx).

### **Demanda biológica de oxígeno DBO<sub>5</sub>**

En la determinación de la contaminación orgánica en una muestra de agua, se emplea la medición de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO). La DBO es la cantidad de oxígeno consumida durante la descomposición microbiana del material carbonoso presente en la

muestra, a lo largo de un período de incubación de cinco días. Es importante tener en cuenta que la reacción de DBO está fuertemente influenciada por la temperatura, por lo que es necesario especificar si el ensayo se llevó a cabo a una temperatura distinta a la estándar de 20°C. La DBO se considera un parámetro ampliamente utilizado para evaluar la contaminación orgánica, aunque su interpretación debe considerar ciertas limitaciones. Durante los cinco días de ensayo, generalmente no se oxida más del 60% o 70% de la materia orgánica presente en la muestra, y los resultados pueden variar según el inóculo bacteriano utilizado. Además, la presencia de sustancias tóxicas para los microorganismos puede distorsionar los resultados (Moreno et al., 2003, p. 154).

### **Fosforo total (P total)**

Cantidad total de fósforo que se encuentra en aguas naturales y residuales casi exclusivamente como fosfatos, los cuales se clasifican en ortofosfatos, fosfatos condensados (piro-, meta-, y otras polifosfatos) y fosfatos orgánicos (IDEAM, 2013, p. 2).

### **Nitrógeno total (N total)**

De acuerdo con el DANE (2011, p. 1), la relación entre la suma de los valores de nitratos, nitritos, nitrógeno orgánico y nitrógeno amoniacal en una estación de muestreo es una medida que engloba todas las diferentes formas de nitrógeno presentes en una muestra de agua.

### **Sólidos suspendidos totales (SS)**

Según la EPA (2022), las partículas de contaminantes sólidos de tamaño reducido que flotan o se mantienen suspendidas en la superficie de aguas residuales u otros líquidos son difíciles de eliminar mediante métodos convencionales.



### **Sólidos suspendidos totales (SST)**

La cantidad de partículas sólidas en suspensión presentes en aguas residuales, efluentes o cuerpos de agua se evalúa mediante la medición de los "sólidos suspendidos y no-filtrables totales" (EPA, 2022).

### **pH**

El pH es un indicador que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, y se calcula en base al número de iones de hidrógeno presentes. Se mide en una escala que va de 0 a 14, donde 7 indica que la sustancia es neutra. Un pH por debajo de 7 indica acidez, mientras que valores por encima de 7 indican alcalinidad o basicidad (Glosario del agua, 1998).

### **Sistema de tratamiento de aguas residuales**

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales son conjuntos complejos de operaciones y procesos físicos, químicos y biológicos que se emplean con el propósito de purificar las aguas residuales hasta alcanzar los estándares de calidad necesarios para su disposición final o su reutilización. La complejidad de estos sistemas depende de los objetivos establecidos para el efluente tratado. Dado el amplio abanico de operaciones y procesos disponibles para la depuración de aguas residuales, es común hablar de diferentes niveles de tratamiento. Estos niveles se han clasificado prácticamente como preliminar o pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario o avanzado (SINIA, 2009 p. 20).

### **Pretratamiento o tratamiento preliminar**

El objetivo principal es retener sólidos de gran tamaño, así como sólidos más finos con densidad mayor que el agua y arenas, con el propósito de facilitar su tratamiento posterior. Para lograr esto, se emplean comúnmente canales equipados con rejillas gruesas y finas, así como desarenadores, y en casos especiales, también se utilizan tamices. Estas

unidades, a veces pasadas por alto en el diseño de plantas de tratamiento, son fundamentales para prevenir problemas causados por el paso de arena, basura, plásticos, u otros elementos no deseados hacia los procesos de tratamiento en sí mismos (SINIA, 2009, p. 20).

### **Tratamiento primario**

Los sistemas de tratamiento primario se definen como aquellos que tienen la capacidad de eliminar material en suspensión, a excepción del material coloidal y las sustancias disueltas presentes en el agua. En consecuencia, mediante el tratamiento primario se logra remover aproximadamente el 60 al 70% de los sólidos suspendidos totales y hasta un 30% de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) orgánica sedimentable presente en el agua residual. Además, se utilizan tanques de sedimentación como parte de este proceso (SINIA, 2009, p. 20).

### **Tratamiento secundario**

Según SINIA (2009, p. 20), el tratamiento secundario se basa en la incorporación de procesos biológicos en los que predominan las reacciones bioquímicas llevadas a cabo por microorganismos. Estos microorganismos logran resultados eficientes al remover entre el 50% y el 95% de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Entre los sistemas más utilizados se encuentran los biofiltros o filtración biológica, como los filtros percoladores, filtros rotatorios o biodiscos. Asimismo, se emplean los lodos activados, que incluyen tanto los convencionales como los de aireación extendida. Otro sistema común es el uso de lagunas de estabilización, que pueden ser del tipo facultativo o aireado.

### **Tratamiento secundario Estanque SBR (reactor biológico secuencial)**

El SBR es un tipo de reactor de llenado-vaciado que se llena y se vacía en un período de tiempo establecido. Cada ciclo del reactor comprende las etapas de alimentación, reacción, sedimentación, decantación y reposo (opcional). Este ciclo se repite de manera continua, lo que hace que el SBR sea altamente flexible, ya que la duración de cada etapa

puede variar según los objetivos del tratamiento. Además, las etapas de alimentación y reacción pueden ser estáticas, en mezcla o con aireación, lo que permite ajustar las condiciones aerobias, anóxicas y anaerobias para lograr la eliminación específica de contaminantes. En el tratamiento biológico de aguas residuales, se producen diversos fenómenos, como la degradación de la materia orgánica (aerobia, anóxica o anaerobia), la eliminación de nitrógeno mediante el proceso de nitrificación-desnitrificación y la eliminación de fósforo. Estos procesos requieren la presencia de una amplia gama de microorganismos que pueden desarrollarse en el SBR mediante la adaptación de las condiciones de trabajo (Macé y Mata, 2001, p. 2).

### **Tratamiento terciario**

El tratamiento de nivel terciario tiene como principal objetivo la eliminación de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo. Su propósito es evitar la eutrofización o el crecimiento excesivo de algas en cuerpos de agua con baja circulación, como lagos o lagunas, que puede resultar de la descarga de aguas residuales previamente tratadas. Este fenómeno provoca el agotamiento del oxígeno disuelto en el agua y tiene graves impactos en la vida acuática del cuerpo receptor (SINIA, 2009, p. 20-21).

### **Tratamiento primario Sistema DAF (flotación por aire disuelto)**

La flotación por aire disuelto (FAD) es un proceso utilizado para separar sólidos en suspensión, así como algunas sustancias coloidales y emulsionadas, de una fase líquida continua. Consiste en la introducción de burbujas de aire finas en el líquido, las cuales se adhieren a las partículas sólidas o sustancias coloidales floculadas. Esto reduce la densidad de las partículas, convirtiéndolas en material flotante que puede ser fácilmente removido. La FAD resulta especialmente efectiva en la eliminación de partículas de baja densidad, como algas, aceites libres y emulsionados, grasas y pulpa de papel. Además, este proceso incrementa las velocidades de ascenso y permite una remoción rápida. También es un

método adecuado para la eliminación de partículas más densas que el agua, pero con velocidades de sedimentación bajas (Echeverry, 1996, citado en Vélez, 2009, p. 10).

### **Eficiencia de remoción de contaminantes de la PTAR**

De acuerdo con De la Vega (2012, p. 81), el grado de remoción de contaminantes en una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) se puede definir como la reducción porcentual de los parámetros de control establecidos en la normativa vigente. Para calcular la cantidad removida de los parámetros de control específicos, se toma en cuenta la relación entre la carga ingresada a la planta o a una de sus unidades y la carga correspondiente en el efluente de salida. Esto se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$E = \frac{(S_0 - S)}{S_0} \times 100$$

Donde

- $S_0$ : Concentración del flujo de ingreso. (afluente)
- $S$ : Concentración del flujo de salida. (efluente)

## **1.4 Formulación del problema**

¿Cuál es la remoción de demanda química de oxígeno, demanda biológica de oxígeno, nitrógeno total, fosforo y solidos suspendidos totales de una planta de tratamiento de aguas residuales en una empresa láctea, Cajamarca 2022?

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General**

- Evaluar la remoción de demanda química de oxígeno, demanda biológica de oxígeno, nitrógeno total, fosforo total y solidos suspendidos totales de una planta de tratamiento de aguas residuales en una empresa láctea, Cajamarca 2022.

## 1.5.2 Objetivos Específicos

- Determinar la concentración de demanda química de oxígeno, demanda biológica de oxígeno, nitrógeno total, fósforo total y sólidos suspendidos totales en el afluente de una planta de tratamiento de aguas residuales en una empresa láctea.
- Determinar la concentración de demanda química de oxígeno, demanda biológica de oxígeno, nitrógeno total, fósforo total y sólidos suspendidos totales en el efluente de una planta de tratamiento de aguas residuales en una empresa láctea.
- Comparar los resultados de demanda química de oxígeno, demanda biológica de oxígeno, nitrógeno total, fósforo total y sólidos suspendidos totales en el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de una empresa láctea con la Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para el procesamiento de productos lácteos.

## 1.6 Hipótesis

### 1.6.1 Hipótesis General

- La remoción de demanda química de oxígeno DQO, demanda biológica de oxígeno DBO<sub>5</sub>, nitrógeno total N total, fósforo total P total y sólidos suspendidos totales SST de una planta de tratamiento de aguas residuales en una empresa láctea, Cajamarca es significativa, lo cual es beneficioso tanto a la población cajamarquina como al medio ambiente.

### 1.6.2 Hipótesis específica

- La concentración de demanda química de oxígeno DQO, demanda biológica de oxígeno DBO<sub>5</sub>, nitrógeno total N total, fósforo total P total y sólidos suspendidos totales SST en el afluente de una planta de tratamiento de aguas

residuales en una empresa láctea es alta superando lo establecido por la Guía sobre medio ambiente, salud y seguridad para el procesamiento de productos lácteos.

- La concentración demanda química de oxígeno DQO, demanda biológica de oxígeno DBO<sub>5</sub>, nitrógeno total N total, fosforo total P total y sólidos suspendidos totales SST en el efluente de una planta de tratamiento de aguas residuales en una empresa láctea es baja.
- La comparación de demanda química de oxígeno DQO, demanda biológica de oxígeno DBO<sub>5</sub>, nitrógeno total N total, fosforo total P total y sólidos suspendidos totales SST en el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de una empresa láctea con la Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para el procesamiento de productos lácteos demuestra que el tratamiento cumple con las normas vigentes.

## **CAPÍTULO II: METODOLOGÍA**

### **2.1 Tipo de investigación**

El presente estudio de investigación adopta un enfoque cuantitativo, un diseño no experimental y un nivel descriptivo transversal. En términos cuantitativos, se recopilan y analizan datos numéricos y medibles de la remoción de demanda química de oxígeno DQO, demanda biológica de oxígeno DBO<sub>5</sub>, nitrógeno total N total, fósforo total P total y sólidos suspendidos totales SST en la planta de tratamiento de aguas residuales. Según Hernández et al. (2014, p. 4), el enfoque cuantitativo implica el uso de la recolección de datos para probar hipótesis mediante mediciones numéricas y análisis estadístico, con el objetivo de establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

En cuanto al diseño, se trata de un estudio no experimental, lo que significa que se observan los fenómenos en su ambiente natural sin realizar una manipulación deliberada de variables (Hernández et al., 2014, p. 152). En este caso, se analiza la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales sin intervenir en su funcionamiento o resultados.

En términos descriptivos, el objetivo principal es describir situaciones o acontecimientos, sin enfocarse en comprobar explicaciones, probar hipótesis específicas o realizar predicciones (Tamayo, 2004, p. 43). Además, este estudio es de naturaleza transversal, lo que implica que se recopilan datos en un momento único para describir variables y analizar su incidencia e interrelación en ese momento específico (Hernández et al., 2014, p. 154).

## 2.2 Población y muestra (materiales, instrumentos y métodos)

### 2.2.1 Población

La población del estudio es toda el agua residual que ingresa a la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa láctea. Según los reportes de la empresa operadora, en el periodo de estudio es decir el año 2022 se procesó un promedio de 11,08 m<sup>3</sup>/h de agua residual proveniente de los procesos productivos de la fábrica.

### 2.2.2 Muestra

La muestra se compone de un litro de agua residual obtenida horariamente del afluente y el efluente de la PTAR, dichas muestras son de tipo compuesta y son tomadas periódicamente durante los 12 meses del 2022 en los puntos ya referidos. La cual según Manual de operaciones de dicha PTAR debe ser representativa, extraída hasta en tres intentos y el tiempo de almacenamiento de esta no debe superar las 24 horas

## 2.3 Equipos e instrumentos

- pH metro portátil
- Oxitop
- Incubadora
- Termo reactor
- Estufa estéril
- Bureta digital
- Oxímetro
- Balanza analítica
- Cono Imhoff
- Colorímetro




## 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

La recopilación de la información fue obtenida a través de la empresa quien proporcionó la data de los resultados de laboratorio de parámetros fisicoquímicos, para luego procesar estos datos en hojas de cálculo del software Excel, y así finalmente realizar el análisis estadístico T de student de los parámetros demanda química de oxígeno DQO, demanda biológica de oxígeno DBO<sub>5</sub>, nitrógeno total N total, fosforo total P total y solidos suspendidos totales SST, del efluente y afluente de la PTAR en cuestión.


A continuación, se muestra la estructura del informe de ensayo realizado, además del método usado para el análisis de cada parámetro

Figura 1

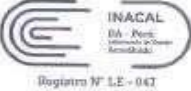
Estructura de Informe de ensayo de laboratorio



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL ORGANISMO  
INTERNATIONAL ACCREDITATION  
SERVICE, INC. - IAS  
CON REGISTRO TL - 829



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE - 047



INACAL  
DA - Perú  
acreditado  
Registro N° LE - 047


### INFORME DE ENSAYO N° 160360-2022 CON VALOR OFICIAL

**RAZÓN SOCIAL:** AMUNA CORP. S.A.C.  
**DOMICILIO LEGAL:** AV. CERCUNVALACIÓN GOLF LOS INCAS N° 154 - EDIFICIO CAPITAL GOLF - SANTIAGO DE SURCO - LIMA  
**SOLICITADO POR:** ÓSCAR SANGAY SANGAY  
**REFERENCIA:** PTAR, NESTLÉ  
**PROCEDENCIA:** CAJAMARCA  
**FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2022-01-23  
**FECHA(S) DE ANÁLISIS:** 2022-01-24-26; 2022-01-25  
**FECHA(S) DE MUESTREO:** 2022-01-20  
**MUESTREO POR:** EL CLIENTE  
**CONDICIÓN DE LA MUESTRA:** LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIÓ

**I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:**

Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Oil and Grease Materia grasa	ASTM D7678 - 17, Standard Test Method for Total Oil and Grease (TOG) and Total Petroleum Hydrocarbons (TPH) in Water and Wastewater with Solvent Extraction using Mid-IR Laser Spectroscopy	0.50	mg/L
Conductividad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017, Conductivity-Laboratory Method		µS/cm
Color (Color ventadero)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 23rd Ed. 2017, Color: Spectrophotometric Single-Wavelength Method (Platocolor)	5	CU
Demanda Biológica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5310 B, 23rd Ed. 2017, Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test	2.00 <sup>(a)</sup>	mg/L
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017, Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method	10.0	g/mg/L
Fósforo Total o Total (PT)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P E, 23rd Ed. 2017, Phosphorus, Ascorbic Acid Method	0.013	P mg/L
Nitrógeno total (NTK)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-N <sub>org</sub> -B, 23rd Ed. 2017, Nitrogen (Organic), Micro-Kjeldahl Method	1.00	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N mg/L
Oxígeno Disuelto (OD)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 4500-O C, 23rd Ed. 2017, Oxygen (Dissolved), Azide Modification	0.50 <sup>(a)</sup>	O <sub>2</sub> mg/L
Sólidos suspendidos totales (SST)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017, Solids, Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	3.00	mg/L
Numeración de Coliformes Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 23rd Ed. 2017, Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Standard Total Coliform Fermentation Technique	1.0 <sup>(a)</sup>	NMP/100ml
Numeración de Coliformes Fecales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed. 2017, Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure	1.0 <sup>(a)</sup>	NMP/100mL

L.C.: Límite de cuantificación.  
 (a) Límite de detección del método para estas metodologías por ser semicuantitativas.  
 (b) Expresado como límite de detección del método.

  
 Ing. Mariam Faigal  
 Director Técnico  
 C.I.P. N° 219624  
 Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU**

**SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.**  
 Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chaca Roca Norte - Lima • Central Telefónica (511) 426-6865 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 1 de 2

OBSERVACIONES: • Faltó para todo la fecha de validación por el total del presente documento a fines que sea bajo la supervisión de los Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Este resultado es válido en este documento sólo con validez para los ensayos que figuran en el presente informe. • Los resultados serán comunicados de acuerdo al protocolo de confiabilidad del laboratorio preestablecido con un tiempo de 30 días de trabajo (sábados) (en muestras de laboratorio). Luego serán entregados. • Para cualquier duda o comentario del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación o actualización, haga o actualice el contenido de este documento en digital y en sus impresiones, quedan sin posibilidad de reclamo a la ley.

Cond. Y1 (04/04/versión 02) / E.L. 03/07/2020



**SAG**

LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL ORGANISMO  
INTERNATIONAL ACCREDITATION  
SERVICE, INC. - IAS  
CON REGISTRO TL - 829



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE - 047



**INFORME DE ENSAYO N° 160360-2022  
CON VALOR OFICIAL**

**II. RESULTADOS:**

Producto declarado	Agua Industrial	Agua Industrial
Matriz analizada	Agua residual	Agua residual
Fecha de muestreo	2022-04-22	2022-03-22
Hora de inicio de muestreo (h)	16:30	16:30
Condiciones de la muestra	Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada
Código del Cliente	Afluente	Efluente
Código del Laboratorio	22010999	22011000

ENSAYO ACREDITADO ANTE IAS		
Ensayo	Unidad	Resultados
Oil and Grease Aceites y grasas	mg/L	393,54

ENSAYOS ACREDITADOS ANTE INACAL-DA		
Ensayo	Unidad	Resultados
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	1756,00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	2039,0
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	654,00
Fósforo Total o fósforo (P)	mg/L	71,200
Nitrógeno total (NTK)	mg/L	79,54
Color <sup>(1)</sup> (Color verdadero)	CU	///
Conductividad	µS/cm	///
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	7,79
Numeración de Coliformes Totales	NMP/100mL	///
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(2)</sup>	NMP/100mL	///

(1) Color Verdadero - CU: unidades de color (1 CU es equivalente a 1 Pt-Co).  
 (2) Coliformes fecales es lo mismo que coliformes termotolerantes.  
 --- Medición de conductividad realizada a 25°C.  
 --- ///- Ensayo no realizado.

**Resultados de campo proporcionados por el cliente			
Parámetro	Unidades	Afluente	Efluente
**pH	unad. pH	22010999 8,49	22011000 7,8
**Temperatura	°C	26	22,3

\*\*Resultados proporcionados por el cliente, no forman parte del alcance de la acreditación INACAL-DA e IAS.

Lima, 03 de Febrero del 2022.

**EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU**

DISCLAIMER: Este informe es la representación parcial o total del sistema de gestión de calidad y no garantiza el cumplimiento de los requisitos de la norma ISO 9001:2015. El presente informe es el resultado de un análisis de laboratorio y no constituye un diagnóstico de campo. Los resultados de los análisis de laboratorio no deben utilizarse para tomar decisiones de campo. El presente informe es el resultado de un análisis de laboratorio y no constituye un diagnóstico de campo. Los resultados de los análisis de laboratorio no deben utilizarse para tomar decisiones de campo. El presente informe es el resultado de un análisis de laboratorio y no constituye un diagnóstico de campo. Los resultados de los análisis de laboratorio no deben utilizarse para tomar decisiones de campo.

**SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.**

Página 2 de 2

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chocra Roca Norte - Lima • Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico: sagperu@sagperu.com

Edu. P.160360/Informe 02/ E.L. 05/2026

## 2.5 Análisis e interpretación de datos

Para analizar e interpretar de datos los datos obtenidos se utilizó el programa Excel para comparar los resultados obtenidos del afluente y efluente a través de un análisis de t de student y determinar su significancia. También se compararon los resultados del efluente con la Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para el procesamiento de productos lácteos, además de calcular la eficiencia de remoción de demanda química de oxígeno DQO, demanda biológica de oxígeno DBO<sub>5</sub>, nitrógeno total N total, fosforo total P total y solidos suspendidos totales SST y así confirmar que los procesos de la planta funcionan adecuadamente.

## 2.6 Procedimiento Fase de campo

Durante el año 2022, se llevó el presente estudio en la planta de tratamiento de aguas residuales de una empresa láctea, abarcando un período de 12 meses. El objetivo principal fue analizar diversos parámetros relacionados con el tratamiento de aguas residuales en dicha planta.

Se presenta el mapa que muestra la ubicación exacta de la planta de tratamiento.

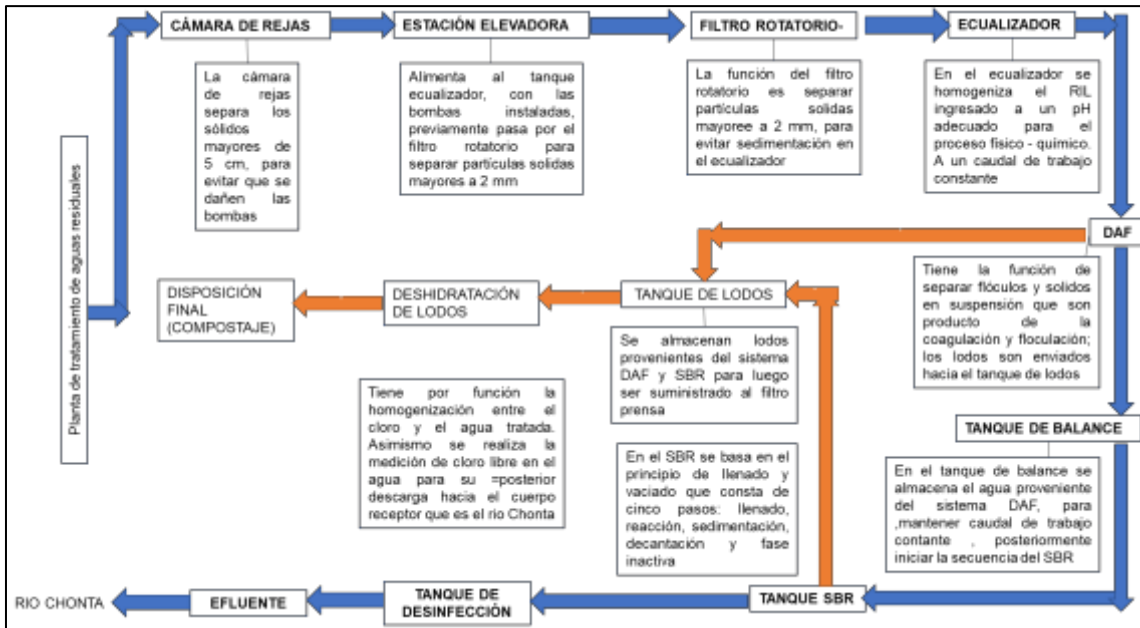




Dicha PTAR se encuentra ubicada en el departamento de Cajamarca, provincia de Cajamarca, distrito de Los Baños del Inca en el Jirón Pachacutec N° 113. Y según su manual de operaciones, cuenta principalmente con las siguientes etapas de operación:

**Figura 2**

*Etapas del proceso de operación de la PTAR*



## 2.6.1 Pre-Tratamiento

### 2.6.1.1 Cámara de rejillas

Las aguas residuales industriales generadas en la planta de producción son descargadas hacia la (PTAR). La cámara de rejillas consta de rejillas que retienen sólidos gruesos y medianos, consistente en un tren doble de cámaras de rejillas paralelas, en un formato de by-pass, es decir, puede independizarse cada tren de rejillas mediante compuertas manuales, desviando de esta forma el caudal entrante, a la otra cámara.

**Figura 3**

*Cámara de Rejas*



### 2.6.1.2 Estación elevadora

La cámara elevadora es un estanque que permite absorber el caudal de RIL (residuos industriales líquidos) y así alimentar al siguiente proceso unitario mediante bombeo. Dicha cámara tiene un volumen útil de 15 m<sup>3</sup>.

**Figura 4**

*Cámara Elevadora*



### 2.6.1.3 Separación de sólidos finos

En esta fase, el propósito consiste en eliminar los sólidos de tamaño superior a 2 mm que pueden ocasionar problemas en los equipos posteriores. Para lograr esto, se utiliza un tamiz ubicado en la entrada del ecualizador, donde el flujo de agua llega a presión. Además, se dispone de un filtro rotatorio de autolimpieza para asegurar su eficacia.

#### Figura 5

*Filtro Rotatorio*



### 2.6.1.4 Ecualizador

El propósito del estanque de ecualización y regulación es garantizar un caudal constante y características físico-químicas uniformes del efluente a tratar. Esto se logra con el fin de mantener la eficiencia del sistema de tratamiento y evitar cambios frecuentes, costosos y desfavorables en el programa químico aplicado. El estanque tiene una capacidad de 107 m<sup>3</sup>, lo que implica un tiempo de retención de 6 horas para el caudal promedio generado.



**Figura 6**

*Ecualizador*



## **2.6.2 Tratamiento físico químico**

El tratamiento fisicoquímico implica varios procesos, como el ajuste de pH, coagulación, floculación y separación de sólidos mediante flotación. A diferencia de las alternativas biológicas, este tratamiento mejora la calidad del efluente mediante reacciones físicas y químicas basadas en la adición de reactivos específicos.

### **2.6.2.1 Ajuste de pH**

En cuanto al ajuste de pH, se realiza la dosificación de un agente neutralizante, como la soda cáustica, para alcanzar el nivel óptimo de pH necesario para las etapas siguientes de coagulación y floculación. La soda cáustica se añade en la entrada mediante una bomba dosificadora, que está controlada por un sistema automático de control de pH.



**Figura 7**

*Tanque de Soda Caustica*



### **2.6.2.2 Coagulación**

En esta etapa, el objetivo es neutralizar el potencial Z del efluente para desestabilizar los coloides y proteínas, facilitando su posterior separación. Esta desestabilización puede lograrse mediante la aplicación de energía eléctrica (electrocoagulación) o mediante la adición de un agente coagulante.

### **2.6.2.3 Floculación**

En esta etapa, el objetivo es agrupar las partículas coloidales coaguladas en la etapa anterior, lo que acelera significativamente los tiempos de separación. Al aumentar el tamaño de las partículas, se facilita su posterior separación. Para llevar a cabo la floculación, se utilizan polielectrolitos de la familia de las poliacrilamidas.

En la etapa de flotación, se emplean poliacrilamidas aniónicas en forma de polvo, con una concentración del 100%. Se utiliza un equipo de preparación de polímero en lote de la marca Prominent, modelo Ultromat, que opera con polímero en polvo.

### Figura 8

*Equipo de preparación de polímero*



#### 2.6.2.4 Unidad de ajuste de pH / coagulación / floculación

En esta etapa, se lleva a cabo una dosificación controlada de soda cáustica, coagulante y polielectrolitos. La soda cáustica se utiliza para neutralizar las cargas eléctricas de los coloides y favorecer la formación de coágulos. Por otro lado, los polielectrolitos se emplean para promover la aglomeración de los coloides y los coágulos, formando partículas de mayor tamaño que serán fácilmente removidas en la etapa de flotación.

El RIL, después de recibir la dosificación de los agentes químicos mencionados, se dirige hacia el floculador de tipo laberinto tubular, donde estos productos químicos se incorporan al proceso.

**Figura 9**

*Floculador de tubo*



### **2.6.2.5 Flotación – DAF**

El sistema utilizado para la flotación es el sistema DAF, el cual se encarga de separar las partículas sólidas presentes en el agua residual. El diseño del sistema está basado en una carga nominal de sólidos de 40 kg de sólidos por metro cuadrado de superficie libre. Con la configuración de placas separadas por 4 cm, se aplica una tasa superficial efectiva de 1,3 m<sup>3</sup> por metro cuadrado por hora.

La flotación por aire o gas disuelto es empleada para eliminar aceites, grasas, sólidos, proteínas y otros coloides floculados luego de haber sido sometidos a tratamiento químico. Los flóculos, por sí solos, no tienen la capacidad de separarse rápidamente debido a la diferencia de densidad con el agua. Por lo tanto, se introducen microburbujas de aire que se adhieren a los flóculos, reduciendo su densidad y promoviendo así una separación rápida y eficiente. El tamaño de estas microburbujas varía entre 30 y 50 micrones, lo cual es un parámetro crucial para la eficiencia del sistema de flotación.

El RIL ingresa al equipo a través de un sistema de distribución que permite la fase inicial de aeración para saturar el agua con aire, seguida de una post-aeración para sobresaturar el agua de recirculación y generar la cantidad necesaria de microburbujas. La mezcla resultante de agua y microburbujas se distribuye uniformemente en el compartimento de entrada, donde las partículas de menor densidad que el agua flotan rápidamente hacia la zona superior del equipo, donde se realiza la remoción de flotantes.

En el compartimento de las placas corrugadas, siguiendo los estándares S.I.P.M.'s, C.P.I. y T.P.I., el flujo es estable y laminar, lo que maximiza la eficiencia de separación. El vertedero de salida se encarga de controlar el espesor de la capa de flotantes, permitiendo así regular la humedad de los lodos evacuados del equipo.

La capa de lodo formada por los flóculos flotantes se encuentra en la superficie del estanque. Para su remoción, se utiliza un sistema de paletas rascadoras que los conducen y descargan en una tolva ubicada en la parte superior del estanque. Posteriormente, estos lodos son bombeados de manera automática, utilizando sensores de nivel, hacia el estanque de acumulación de lodos.

Una porción de los flóculos, que debido a diversas razones tienen un peso específico elevado, se deposita en el fondo del estanque. Para facilitar este proceso, el estanque de flotación está equipado con un separador de lamelas que incrementa la sedimentación de estos flóculos. Estos lodos acumulados en las tolvas del fondo del estanque son descargados periódicamente mediante el uso de dos válvulas neumáticas y una bomba de sedimentos hacia el estanque de lodos.

**Figura 10**

*Equipo de Flotación por Aire Disuelto*



### **2.6.3 Tratamiento biológico**

El sistema de tratamiento biológico seleccionado es un Reactor Biológico Secuencial de tipo Batch (en adelante SBR), combinado con un sistema de aireación de alta eficiencia. Este proceso se caracteriza por el bajo uso de espacio, reducción de la energía de bombeo, simplicidad operativa y alta seguridad operacional.

#### **2.6.3.1 Pozas de inicio**

El efluente del DAF es enviado a dos pozos interconectados de bombas circular de 1,8 m de diámetro y un volumen de operación de 3,06 m<sup>3</sup>. La conexión entre el DAF y estos pozos se utilizando una tubería de 200 mm. Del pozo succionan 2 bombas centrífugas horizontales de instalación en seco y tipo autocebantes que impulsarán las aguas hacia el estanque de balance, mediante una tubería de acero de 4”.



**Figura 11**

*Pozas de inicio*



### **2.6.3.2 Estanque de balance**

La finalidad del estanque de balance es de funcionar como almacén o pulmón hasta que el ciclo en el SBR se complete, permite la remoción de grasas y espumas en un solo punto antes de entrar al SBR, el cual posee una forma de agitación con 16 difusores instalados del tipo Idisc 260 para garantizar la agitación y la ausencia de olores y mantener los sólidos en suspensión. La capacidad de dicho estanque es 121 m<sup>3</sup> de volumen. Tiene un diámetro de 5,1 m y 5,87 m de altura. La tecnología de fabricación del estanque es modular en Acero Vidrio Vitrificado.

**Figura 12**

*Estanque de balance*



### **2.6.3.3 Dosificación de urea y fosfato**

En esta etapa crítica del proceso biológico, se realiza la dosificación precisa de urea y fosfato. Estos nutrientes son esenciales para el crecimiento óptimo de las bacterias y, por ende, para la biodegradación eficiente de la materia orgánica residual en el tratamiento biológico. La dosificación de nutrientes se lleva a cabo al ingresar el RIL al Reactor Biológico Secuencial (SBR), asegurando una mezcla adecuada.

### **2.6.3.4 Estanque SBR (reactor biológico secuencial)**

El proceso de tratamiento seleccionado es el SBR, una variante del proceso de lodos activados convencional. A diferencia de las plantas de lodos activados, el SBR combina todos los pasos del tratamiento en un solo reactor o tanque. La operación del SBR se basa en un principio de llenado y vaciado que consta de cinco etapas: llenado,

reacción, sedimentación, decantación y fase inactiva. Esta configuración permite un control preciso del tratamiento biológico en un único sistema.

### Figura 13

*Vista del SBR*



La capacidad del estanque SBR es de 550 m<sup>3</sup> de volumen. Tiene un diámetro de 10,31 m y 7,30 m de altura. La tecnología de fabricación del estanque es la misma del estanque de balance, modular en Acero Vidrio Fusionado.

En el centro del estanque contamos con 503 difusores, un decanter iDec 150 para el vaciado del tanque desde la superficie del agua.

Para la extracción de los lodos, se instalan 2 bombas de tornillo horizontales de instalación en seco que impulsarán las aguas hacia el estanque de almacenamiento de lodos existente.

#### 2.6.3.5 Estanque de cloración

El agua clarificada que sale del tratamiento SBR, es descargada al tanque de cloración de 120 m<sup>3</sup>, cuenta con baffles para propiciar la mezcla del cloro con el efluente.



La dosificación de cloro se hace en dos puntos del tanque de cloración, el primer punto está ubicado a la entrada del tanque y el segundo punto en la mitad del tanque, esto para garantizar la dosis de correcta.

La dosis de cloro que se dosificara es de 5 ppm, y para esto se tiene 03 bombas dosificadoras, de las cuales trabajaran dos y una queda en stand by. Estas bombas dosificadoras tienen una capacidad de 60 l/h y son regulables. A la descarga del tanque de cloración se tiene una válvula eléctrica y un Flujoímetro en línea para descarga de efluente en forma constante hacia río.

#### **Figura 14**

*Estanque de cloración*



#### **2.6.4 Tratamiento de lodos**

El proceso de tratamiento de lodos contempla el almacenamiento de los lodos, deshidratado y la disposición de los lodos es realizada por una EPS.

##### **2.6.4.1 Almacenamiento de los lodos**

Se cuenta con un estanque de almacenamiento de lodos con una capacidad de 80 m<sup>3</sup>, con esto se pretende llevar continuamente lodos al sistema de deshidratado. A este estanque de almacenamiento, llegarán los lodos provenientes del DAF y en la segunda etapa los lodos provenientes de la sedimentación del SBR.

En cuanto a la tecnología a utilizar, debido a que el 80% de los lodos generados son ricos en grasas y proteínas, para el retiro del agua de los lodos se ha seleccionado los filtros de placas (filtro prensa).

Se considera La construcción de un tanque pulmón de lodos equipado con un agitador de aspas vertical marca DHIWALL de 7,5 HP, el que permitirá mezclar el lodo proveniente de la flotación con el exceso de lodo biológico y acondicionarlo con cal agrícola, previo al deshidratado en el filtro de placas.

Contempla la instalación de un sistema de preparación de lechada de cal. El lodo es alimentado desde el estanque pulmón de lodos hasta el filtro placas mediante una bomba tornillo de 1,8 m<sup>3</sup>/h y 12 bar de contrapresión, previa dosificación de cal, en el cual se produce el deshidratado de estos hasta aproximadamente entre un 20-30% de concentración.

Los lodos acumulados serán trasladados hacia la centrifuga de lodos. Los lodos bombeados poseen una concentración de 2,4% de sólidos, un caudal de 9,0 m<sup>3</sup>/h, presión de descarga 3 bar. Las bombas utilizadas son de cavidad progresiva las bombas trabajarán una a la vez y la otra está en stand-by.

**Figura 15**

*Tanque de lodos*



#### **2.6.4.2 Deshidratado de lodos**

Se considera un filtro de placas Andritz modelo KFP 021.34-15/264HP con 29 placas de 500x500 mm, lo que arroja un total de 129 L de volumen de lodo a filtrar, y una superficie filtrante de 11,58 m<sup>2</sup>, con una torta seca de 25 mm de espesor. El filtro tiene la capacidad de crecer un 25% su capacidad mediante la incorporación de 10 placas adicionales. El filtro considera un sistema de cierre hidráulico de 264 H. Los lodos son entonces transportados hasta una zona de acopio previo a su disposición final.

**Figura 16**

*Filtro de placas*



**Figura 17**

*Galpón de almacenamiento de lodo deshidratado*



## 2.7 Fase de laboratorio

Los parámetros son el resultado de los monitores realizados por la empresa láctea de los parámetros de demanda química de oxígeno DQO, demanda biológica de oxígeno DBO<sub>5</sub>, nitrógeno total N total, fósforo total P total y sólidos suspendidos totales SST, pH y temperatura T°, cuyos resultados fueron brindados para el presente estudio de investigación. A continuación, se muestran (los métodos/ las especificaciones) utilizados para los correspondientes ensayos.

### 2.7.1 Medición de demanda biológica de oxígeno DBO<sub>5</sub>

- Actividad realizada por el Mantenedor- Operador.
- Vierta 43,5mL de muestra de Afluente en un frasco y 250mL de muestra de efluente en otro frasco.
- Adicionar Inhibidor de nitrificación NTH 600 en los frascos: 1 gota para el afluente y 5 para el efluente
- Colocar el agitador magnético a cada botella.
- Colocar el tapón de goma del en el cuello de cada botella y con la pinza añadir dos granos de soda cáustica en cada tapón.
- Cerrar cada botella con el cabezal hermético del Oxitop, procurando no dejar ninguna salida de aire.
- Colocar las botellas en la caja termostato.
- Colocar la caja termostato con las botellas en la incubadora y enchufarla a ella.
- Anotar los datos del Oxitop y después de 5 días anotar los resultados que el controlador nos indique.

### 2.7.2 Medición de fósforo total P total

- Inicie el DRB200 Reactor. Precalear a 150 ° C.
- Inicie el programa 542 P Total HR TNT en el colorímetro DR900.
- Prepare el blanco: Agregar 5,0 ml de agua desionizada en un vial de prueba.
- Prepare la muestra: Agregue 5,0 ml de muestra a un vial de prueba.
- Agregue el contenido de un sobre de Persulfato de potasio para cada vial.
- Coloque la tapa del vial, agitar para disolver el polvo.
- Inserte el vial en el reactor y cierre el reactor.
- Inicia un tiempo de reacción de 30 minutos.
- Cuando el tiempo culmine, retirar cuidadosamente los viales calientes del reactor
- Colocar los viales en la rejilla para tubos de ensayo.
- Deje que los viales se enfríen a temperatura ambiente.
- Agregue 2 ml de Solución Estándar de Hidróxido de Sodio 1,54 N para cada vial.
- Poner la tapa en el vial. Invierta para mezclar.
- Usar un polietileno cuentagotas para agregar 0,5 ml de Reactivo de Molibdovanadato a cada vial.
- Poner la tapa en el vial. Invierta para mezclar.
- Inicia un tiempo de reacción de 7 minutos (medir la muestra entre 7 y 9 minutos después de la adición del reactivo Molibdovanadato).
- Limpie el vial del blanco. Inserte el vial en el Soporte de celda del colorímetro.
- Presione CERO. La pantalla muestra 0,0 mg/l  $\text{PO}_4^{3-}$

- Limpie el vial de la muestra. Inserte el vial en el Soporte de celda del colorímetro.
- Presione LEER. Resultados se muestra en  $\text{mg/l PO}_4^{3-}$

### 2.7.3 Medición de nitrógeno total N total

- Inicie el DRB200 Reactor. Precalentar a  $105^\circ \text{C}$ .
- Realizar lo indicado para el blanco y la muestra.
- Prepare el blanco: Agregar un sobre de reactivo de Persulfato de Nitrógeno a un vial de Solución de reactivo de Hidróxido para TN. Agregar 0,5 ml de agua desionizada
- Prepare la muestra: Repetir lo realizado en la preparación de blanco. Agregar 0,5 ml de muestra.
- Poner las tapas en ambos viales Agitar vigorosamente para al menos 30 segundos para mezclar. El Polvo no disuelto no lo hará afectar la precisión de la prueba.
- Coloque los viales en el reactor y cierre la tapa. Deje los viales en el reactor para digerir exactamente 30 minutos.
- Cuando el tiempo culmine, retirar cuidadosamente
- Los viales calientes del reactor. Colocar los viales en la rejilla para tubos de ensayo
- Deje que los viales se enfríen a temperatura ambiente.
- Inicie el programa 394 N Total HR TNT en el colorímetro DR900.
- Agregue el contenido de un sobre de Reactivo de Bisulfito A para cada vial
- Coloque la tapa del vial, agitar para disolver el polvo.
- Poner la tapa en el vial. Invierta para mezclar.
- Inicia un tiempo de reacción de 3 minutos.

- Cuando el tiempo culmine, quitar las tapas de los viales y agregue un sobre de reactivo indicador B para cada vial.
- Poner la tapa en el vial. Invierta para mezclar. Agitar vigorosamente por 15 segundos para mezclar. El reactivo no se disolverá completamente. El polvo no disuelto no afectará la precisión de la prueba. La solución comenzará a girar a amarillo.
- Inicia un tiempo de reacción de 2 minutos.
- Muestra preparada: Cuando el tiempo culmine, use una pipeta para poner 2 ml del contenido del vial digerido en un vial de reactivo ácido C para TN.
- En blanco: Cuando el tiempo culmine, use una pipeta para poner 2 ml del contenido del vial digerido en un vial de reactivo ácido C para TN.
- Pon las tapas en ambos viales. La reacción es exotérmica. Los viales serán cálidos al tacto.
- Inicia un tiempo de reacción de 5 minutos. Al culminar el tiempo de reacción el color amarillo se intensifica.
- Cuando el tiempo culmine, limpie el vial del blanco. Inserte el vial en el Soporte de celda del colorímetro.
- Presione CERO. La pantalla muestra 0,0 mg/l N.
- Limpie el vial de la muestra. Inserte el vial en el Soporte de celda del colorímetro.
- Presione LEER. Resultados se muestra en mg/l N.

#### **2.7.4 Medición de sólidos sedimentables**

- Actividad realizada por el Mantenedor- Operador
- Sacar 1 litro de muestra de agua del proceso y llevar a laboratorio.
- Colocar el cono Imhoff en el soporte.



- Agitar la muestra de agua con la varilla.
- Verter la muestra de agua en el cono.
- Dejar sedimentar durante 60 minutos.
- Leer el volumen del sedimento.
- Con la varilla remover cuidadosamente los sólidos adheridos a las paredes del cono y dejar sedimentar 15 minutos.
- Leer el volumen del sedimento.
- Registrar el resultado obtenido.
- Desechar la muestra de agua y lavar el cono y la varilla.

### 2.7.5 Medición de pH y Temperatura T<sup>0</sup>

- Actividad realizada por el Mantenedor- Operador
- Sacar muestras del proceso y llevar a laboratorio.
- Encender el pHmetro, asegurarse que el electrodo del equipo esté conectado.
- Sumergir el electrodo del pH en la muestra a ser medida.
- Una vez ya medido anotar los valores que nos da el equipo, limpiar el electrodo con agua destilada mantener limpio el electrodo y luego en un depósito de solución electrolítica. Mantener en su cubierta para su conservación del electrodo.

### 2.8 Fase de Gabinete

En la fase de gabinete se evaluaron los resultados mediante una prueba T de student para cada parámetro, además, los resultados del efluente son comparados con los límites establecidos en la Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para el procesamiento de productos lácteos para posteriormente realizar gráficos de cada parámetro analizado, así como también estimar la eficiencia de la planta en su remoción.

## 2.9 Aspectos éticos

Se respeta la confidencialidad de la información brindada por la empresa, siendo esta utilizada únicamente para alcanzar los objetivos planteados en la presente investigación.

### CAPÍTULO III: RESULTADOS

#### 3.1 Demanda química de oxígeno (DQO)

Fueron tomadas muestras de DQO del afluente y del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales durante los 12 meses del año 2022 teniendo como promedios mensuales los siguientes resultados:

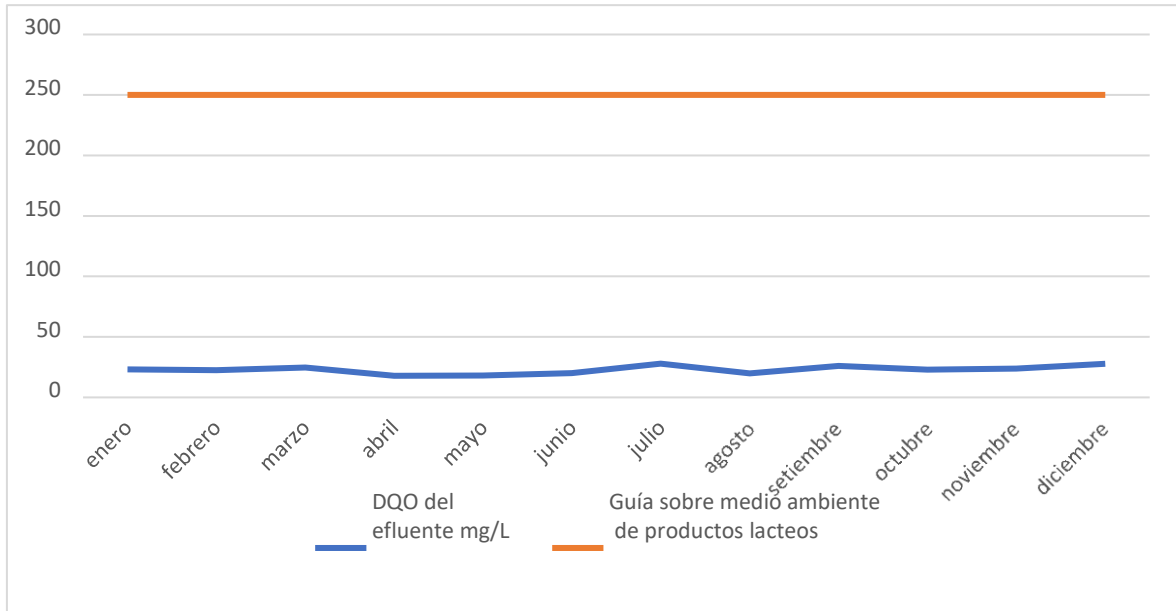
**Tabla 3**

*Resultados de demanda química de oxígeno DQO promedio por mes*

Mes	DQO del afluente mg/L	DQO del efluente mg/L	GPPL
Enero	1628,77	23,19	
Febrero	1598,92	22,44	
Marzo	1590,81	24,61	
Abril	1319,19	17,81	
Mayo	1430,50	18,12	
Junio	1493,00	20,00	
Julio	1767,77	27,90	250
Agosto	1477,11	19,79	
Setiembre	1730,04	25,94	
Octubre	1589,35	22,98	
Noviembre	2280,04	23,80	
Diciembre	1892,42	27,80	
Promedio	1649,83	22,87	

**Figura 18**

*Resultados de demanda química de oxígeno DQO en efluente vs Guía sobre medio ambiente de productos lácteos*



Al observar los datos presentados en la Tabla 3, se evidencia una marcada reducción de los niveles de demanda química de oxígeno DQO en el efluente en comparación con los valores de entrada. Estos valores se redujeron en promedio de 1649,83 mg/L a 22,87 mg/L.

Además, al analizar la Figura 18, se puede observar que, en promedio, el efluente descargado en el río Chonta cumple con las pautas establecidas en la guía sobre medio ambiente, salud y seguridad para el procesamiento de productos lácteos.

### 3.1.1 Prueba t-Student para analizar las concentraciones de demanda química de oxígeno DQO

Para analizar la diferencia entre las concentraciones de DQO en el afluente y el efluente se establecieron dos hipótesis

1: hipótesis nula: no existen diferencias significativas entre ambas concentraciones (significancia > 0,05)

2 hipótesis alterna: si existe una diferencia significativa entre ambas concentraciones (significancia < 0,05)

**Tabla 4**

*Prueba t: comparación de concentraciones de demanda química de oxígeno DQO en dos muestras emparejadas*

<i>DQO en mg/L</i>	<i>afluente</i>	<i>efluente</i>
Media	1649,82667	22,865
Varianza	63490,0807	11,73742727
Observaciones	12	12
Coefficiente de correlación de Pearson	0,65547709	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	11	
Estadístico t	22,5673009	
P(T<=t) una cola	0,00	
Valor crítico de t (una cola)	1,79588482	
P(T<=t) dos colas	0,00	
Valor crítico de t (dos colas)	2,20098516	

En la Tabla 4, se puede apreciar que el valor de significancia es menor a 0,05, lo que implica que existe una diferencia significativa entre las concentraciones de demanda química de oxígeno DQO del efluente y las del afluente. Por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Estos resultados demuestran que el tratamiento ha sido efectivo en reducir las concentraciones de DQO en comparación con las del agua de entrada. Esto indica que el tratamiento ha logrado satisfactoriamente mejorar la calidad del agua en términos de DQO, cumpliendo así con su objetivo de tratamiento.

### 3.2 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

Fueron tomadas muestras de DBO<sub>5</sub> del afluente y del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales durante los 12 meses del año 2022 teniendo como promedios mensuales los siguientes resultados:

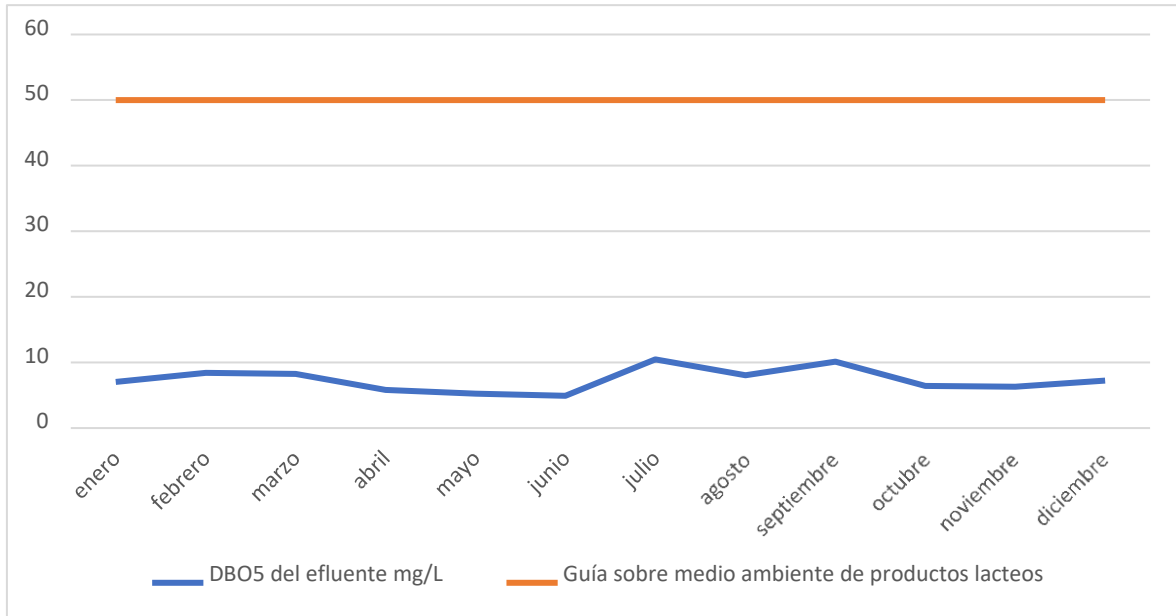
**Tabla 5**

*Resultados demanda biológica de oxígeno DBO<sub>5</sub> promedio por mes*

Mes	DBO <sub>5</sub> del afluente mg/L	DBO <sub>5</sub> del efluente mg/L	GPPL
Enero	1235,50	7,03	
Febrero	868,63	8,40	
Marzo	706,23	8,25	
Abril	659,58	5,81	
Mayo	762,75	5,26	
Junio	675,65	4,93	
Julio	858,70	10,48	50
Agosto	661,32	8,04	
Setiembre	889,06	10,14	
Octubre	874,02	6,43	
Noviembre	961,19	6,31	
Diciembre	708,13	7,22	
Promedio	821,73	7,36	

**Figura 19**

*Resultados de demanda biológica de oxígeno DBO<sub>5</sub> en efluente vs Guía sobre medio ambiente de productos lácteos*



Según los datos presentados en la Tabla 5, se evidencia una marcada reducción de los niveles de demanda biológica de oxígeno DBO<sub>5</sub> en el efluente en comparación con los valores de entrada. Estos valores se redujeron en promedio de 821,73 mg/L a 7,36mg/L

Además, al analizar la Figura 19, se puede observar que, en promedio, el efluente descargado en el río Chonta cumple con las pautas establecidas en la guía sobre medio ambiente, salud y seguridad para el procesamiento de productos lácteos.

### **3.2.1 Prueba t –Student para analizar la concentración de demanda biológica de oxígeno DBO<sub>5</sub>**

Para analizar la diferencia entre las concentraciones de DBO<sub>5</sub> en el afluente y el efluente se establecieron dos hipótesis

- 1: hipótesis nula: no existen diferencias significativas entre ambas concentraciones (significancia > 0,05)

2 hipótesis alterna: si existe una diferencia significativa entre ambas concentraciones (significancia < 0,05)

**Tabla 6**

*Prueba t: comparación de concentraciones de demanda biológica de oxígeno DBO<sub>5</sub> en dos muestras emparejadas*

<i>DBO<sub>5</sub> mg/L</i>	<i>Afluente</i>	<i>Fluente</i>
Media	821,73	7,358333333
Varianza	27688,71598	3,146560606
Observaciones	12	12
Coefficiente de correlación de Pearson	0,170592483	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	11	
Estadístico t	16,98354449	
P(T<=t) una cola	1,53168E-09	
Valor crítico de t (una cola)	1,795884819	
P(T<=t) dos colas	3,06335E-09	
Valor crítico de t (dos colas)	2,20098516	

En la Tabla 6, se puede apreciar que el valor de significancia es menor a 0,05, lo que implica que existe una diferencia significativa entre las concentraciones de demanda biológica de oxígeno DBO<sub>5</sub> del efluente y las del afluente. Por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Estos resultados demuestran que el tratamiento ha sido efectivo en reducir las concentraciones de DBO<sub>5</sub> en comparación con las del agua de entrada. Esto indica que el tratamiento ha logrado satisfactoriamente mejorar la calidad del agua en términos de DBO<sub>5</sub>, cumpliendo así con su objetivo de tratamiento.



### 3.3 Fosforo total P

Fueron tomadas muestras de fosforo total P del afluente y del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales durante los 12 meses del año 2022 teniendo como promedios mensuales los siguientes resultados:

**Tabla 7**

*Resultados Fósforo total P promedio por mes*

Mes	Fósforo Total del afluente mg/L	Fosforo Total del efluente mg/L	GPPL
Enero	66,41	1,45	
Febrero	52,20	1,70	
Marzo	52,28	1,52	
Abril	36,00	1,27	
Mayo	57,13	1,19	
Junio	31,42	1,04	
Julio	29,06	0,63	2
Agosto	23,24	0,83	
Setiembre	29,20	0,81	
Octubre	32,15	0,62	
Noviembre	55,70	0,73	
Diciembre	46,73	0,94	
Promedio	42,63	1,06	

**Figura 20**

*Resultados de fósforo total en efluente vs Guía sobre medio ambiente de productos lácteos*



Según los datos presentados en la Tabla 7, se evidencia una marcada reducción de los niveles de fósforo total en el efluente en comparación con los valores de entrada. Estos valores se redujeron en promedio de 42,63 mg/L a 1,01 mg/L.

Luego, se realizó la comparación con la guía sobre medio ambiente, salud y seguridad para el procesamiento de productos lácteos, dando como resultado que el efluente cumple con dicha guía tal como se observa en la figura 20.

### 3.3.1 Prueba t –Student para analizar la concentración de fósforo total

Para analizar la diferencia entre las concentraciones de fósforo total en el afluente y el efluente se establecieron dos hipótesis

- 1: hipótesis nula: no existen diferencias significativas entre ambas concentraciones (significancia > 0,05)
- 2 hipótesis alterna: si existe una diferencia significativa entre ambas concentraciones (significancia < 0,05)

**Tabla 8**

*Prueba t: comparación de concentraciones de fósforo total en dos muestras emparejadas*

<i>Fósforo total en mg/L</i>	<i>afluente</i>	<i>efluente</i>
Media	42,62666667	1,060833333
Varianza	197,0921697	0,131990152
Observaciones	12	12
Coefficiente de correlación de Pearson	0,606249036	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	11	
Estadístico t	10,41753706	
P(T<=t) una cola	2,45259E-07	
Valor crítico de t (una cola)	1,795884819	
P(T<=t) dos colas	4,90517E-07	
Valor crítico de t (dos colas)	2,20098516	

En la Tabla 8, se puede apreciar que el valor de significancia es menor a 0,05, lo que implica que existe una diferencia significativa entre las concentraciones de fósforo total del efluente y las del afluente. Por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Estos resultados demuestran que el tratamiento ha sido efectivo en reducir las concentraciones P total en comparación con las del agua de entrada. Esto indica que el tratamiento ha logrado satisfactoriamente mejorar la calidad del agua en términos de P total, cumpliendo así con su objetivo de tratamiento.

### 3.4 Nitrógeno total N

Fueron tomadas muestras de Nitrógeno total del afluente y del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales durante los 12 meses del año 2022 teniendo como promedios mensuales los siguientes resultados:

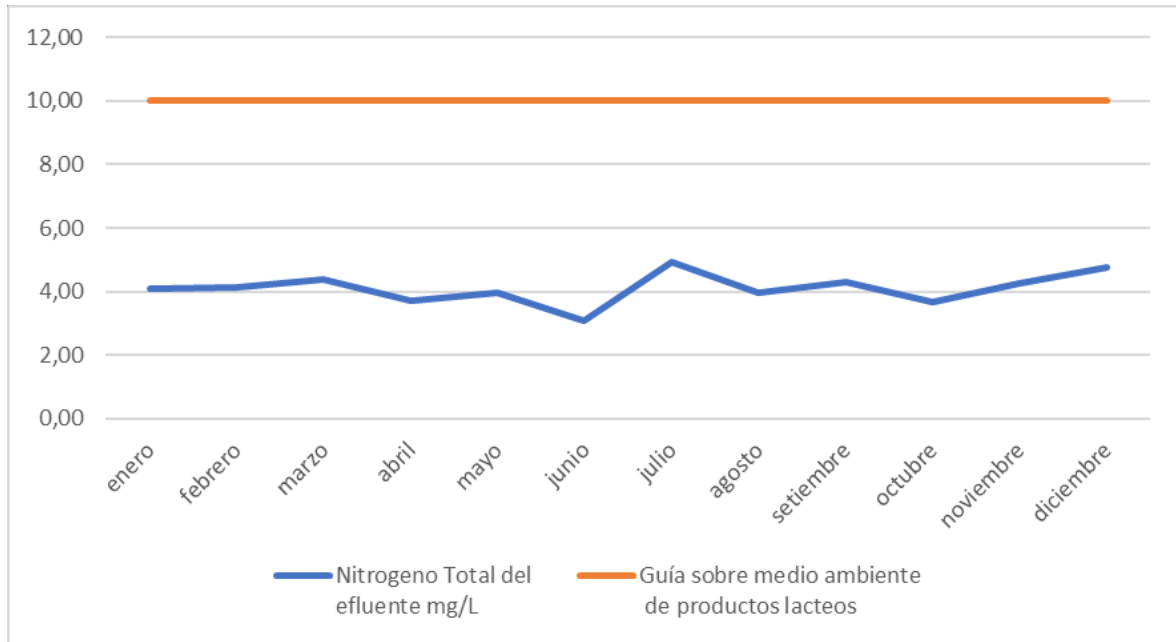
**Tabla 9**

*Resultados Nitrógeno total N promedio por mes*

Mes	Nitrógeno Total del afluente mg/L	Nitrógeno Total del efluente mg/L	GPPL
Enero	65,80	4,10	
Febrero	54,69	4,13	
Marzo	50,64	4,37	
Abril	42,72	3,70	
Mayo	45,61	3,97	
Junio	46,68	3,07	
Julio	61,82	4,93	10
Agosto	61,06	3,97	
Setiembre	70,69	4,28	
Octubre	63,91	3,65	
Noviembre	69,17	4,26	
Diciembre	69,15	4,75	
Promedio	58,50	4,10	

**Figura 21**

*Resultados de nitrógeno total en efluente vs Guía sobre medio ambiente de productos lácteos*



Según los datos presentados en la Tabla 7, se evidencia una marcada reducción de los niveles de fosforo total en el efluente en comparación con los valores de entrada. Estos valores se redujeron en promedio de 58,50 mg/L a 4,10mg/L.

Luego se realizó la comparación con la guía sobre medio ambiente, salud y seguridad para el procesamiento de productos lácteos, dando como resultado que el efluente cumple con dicha guía tal como se observa en la figura 21.

### 3.4.1 Prueba t –Student para analizar la concentración de nitrógeno total

Para analizar la diferencia entre las concentraciones de nitrógeno total en el afluente y el efluente se establecieron dos hipótesis

1: hipótesis nula: no existen diferencias significativas entre ambas concentraciones (significancia > 0,05)

2 hipótesis alterna: si existe una diferencia significativa entre ambas concentraciones (significancia < 0,05)

**Tabla 10**

*Prueba t: comparación de concentraciones de nitrógeno total en dos muestras emparejadas*

<i>Nitrógeno total</i>	<i>afluente</i>	<i>efluente</i>
Media	58,495	4,098333333
Varianza	100,6518091	0,245487879
Observaciones	12	12
Coefficiente de correlación de Pearson	0,52557721	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	11	
Estadístico t	19,26504267	
P(T<=t) una cola	3,99152E-10	
Valor crítico de t (una cola)	1,795884819	
P(T<=t) dos colas	7,98304E-10	
Valor crítico de t (dos colas)	2,20098516	

En la Tabla 10, se puede apreciar que el valor de significancia es menor a 0,05, lo que implica que existe una diferencia significativa entre las concentraciones de Nitrógeno total del efluente y las del afluente. Por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Estos resultados demuestran que el tratamiento ha sido efectivo en reducir las concentraciones N total en comparación con las del agua de entrada. Esto indica que el tratamiento ha logrado satisfactoriamente mejorar la calidad del agua en términos de N total, cumpliendo así con su objetivo de tratamiento.

### 3.5 Sólidos suspendidos totales (SST)

Fueron tomadas muestras de Sólidos Suspendidos Totales del afluente y del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales durante los 12 meses del año 2022 teniendo como promedios mensuales los siguientes resultados:

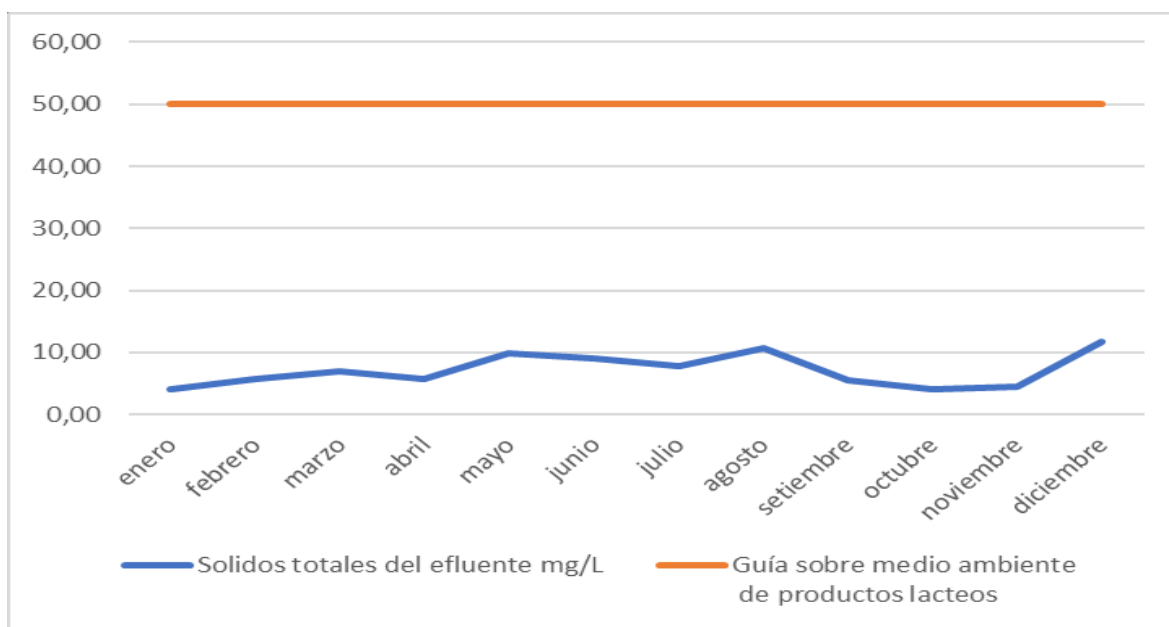
**Tabla 11**

*Resultados sólidos suspendidos totales promedio por mes*

Mes	Sólidos totales del afluente mg/L	Sólidos totales del efluente mg/L	GPPL
Enero	654,00	4,01	
Febrero	403,30	5,64	
Marzo	377,00	7,04	
Abril	303,20	5,66	
Mayo	390,67	9,84	
Junio	471,25	9,14	
Julio	551,80	7,87	50
Agosto	456,80	10,60	
Setiembre	423,30	5,44	
Octubre	423,40	4,16	
Noviembre	703,30	4,58	
Diciembre	628,30	11,82	
Promedio	482,19	7,15	

**Figura 22**

*Resultados de sólidos suspendidos totales en efluente vs Guía sobre medio ambiente de productos lácteos*



Según los datos presentados en la Tabla 11, se evidencia una marcada reducción de los niveles de fósforo total en el efluente en comparación con los valores de entrada. Estos valores se redujeron en promedio de 482,19 mg/L a 7,15 mg/L.

Luego se realizó la comparación con la guía sobre medio ambiente, salud y seguridad para el procesamiento de productos lácteos, dando como resultado que el efluente cumple con dicha guía tal como se observa en la figura 22.

### 3.5.1 Prueba t –Student para analizar la concentración de sólidos totales SST

Para analizar la diferencia entre las concentraciones de sólidos suspendidos totales en el afluente y el efluente se establecieron dos hipótesis

- 1: hipótesis nula: no existen diferencias significativas entre ambas concentraciones (significancia > 0,05)
- 2 hipótesis alterna: si existe una diferencia significativa entre ambas concentraciones (significancia < 0,05)



**Tabla 12**

*Prueba t: comparación de concentraciones de sólidos suspendidos totales en dos muestras emparejadas*

<i>SST en mg/L</i>	<i>afluente</i>	<i>efluente</i>
Media	482,19333	7,15
Varianza	15453,866	7,1151818
Observaciones	12	12
Coefficiente de correlación de Pearson	-0,015617	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	11	
Estadístico t	13,230002	
P(T<=t) una cola	2,12E-08	
Valor crítico de t (una cola)	1,7958848	
P(T<=t) dos colas	4,241E-08	
Valor crítico de t (dos colas)	2,2009852	

En la Tabla 12, se puede apreciar que el valor de significancia es menor a 0,05, lo que implica que existe una diferencia significativa entre las concentraciones de sólidos suspendidos totales del efluente y las del afluente. Por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Estos resultados demuestran que el tratamiento ha sido efectivo en reducir las concentraciones SST en comparación con las del agua de entrada. Esto indica que el tratamiento ha logrado satisfactoriamente mejorar la calidad del agua en términos de SST, cumpliendo así con su objetivo de tratamiento.

Fueron tomadas muestras de pH del afluente y del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales durante los 12 meses del año 2022 teniendo como promedios mensuales los siguientes resultados:

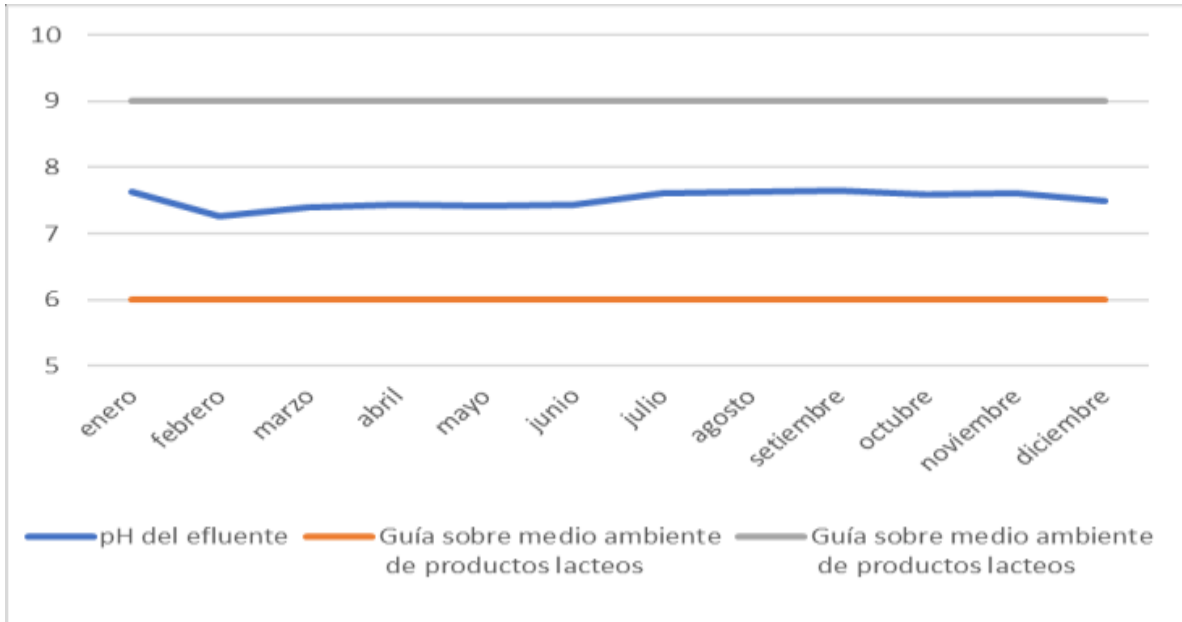
**Tabla 13**

*Resultados pH en efluente promedio por mes*

Mes	pH del efluente	GPPL
Enero	7,63	
Febrero	7,27	
Marzo	7,39	
Abril	7,44	
Mayo	7,42	
Junio	7,43	
Julio	7,62	6,0 – 9,0
Agosto	7,63	
Setiembre	7,65	
Octubre	7,59	
Noviembre	7,62	
Diciembre	7,50	
Promedio	7,52	

**Figura 23**

*Resultados de pH en efluente vs Guía sobre medio ambiente de productos lácteos*



En la figura 23, se puede observar que el pH del efluente durante todos los meses de análisis también se encuentra dentro de los límites establecidos por la Guía sobre medio ambiente de productos lácteos. Es importante destacar que el cumplimiento de estos límites demuestra la adecuada gestión y control del pH en el proceso de tratamiento de aguas residuales de la planta. Esto confirma que el tratamiento aplicado ha sido efectivo en mantener el pH del efluente en niveles óptimos, asegurando la preservación de la calidad del agua y el cumplimiento de los estándares ambientales establecidos.

### 3.7 Cálculo de eficiencia

Para calcular la eficiencia de la planta de tratamiento cuantitativamente se utiliza la siguiente fórmula, utilizando los valores promedios del mes para cada uno de sus parámetros

$$E = \frac{S_0 - S_f}{S_0} \times 100 \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Donde

E: eficiencia de remoción del sistema, o de uno de sus componentes (%)

S<sub>f</sub>: concentración promedio en el efluente en mg/L (DQO, DBO<sub>5</sub>, N, P, SST)

S<sub>0</sub>: concentración promedio en el afluente en mg/L (DQO, DBO<sub>5</sub>, N, P, SST)

#### Eficiencia de remoción de demanda química de oxígeno DQO

S<sub>f</sub>: 1649,83 mg/L

S<sub>0</sub>: 22,87 mg/L

$$E = \frac{1649,83 - 22,87}{1649,83} \times 100$$

$$E = 98,61 \%$$

#### Eficiencia de remoción de demanda biológica de oxígeno DBO<sub>5</sub>

S<sub>f</sub>: 821,73 mg/L

S<sub>0</sub>: 7,36 mg/L

$$E = \frac{821,73 - 7,36}{821,73} \times 100$$

$$E = 99,10 \%$$

**Eficiencia de remoción de fósforo total P** $S_f: 42,63 \text{ mg/L}$  $S_0: 1,06 \text{ mg/L}$ 

$$E = \frac{42,63 - 1,06}{42,63} \times 100$$

$$E = 97,15 \%$$

$$E = \frac{789,92 - 11,81}{789,92} \times 100$$

$$E = 97,51 \%$$

**Eficiencia de remoción de nitrógeno total N** $S_f: 58,50 \text{ mg/L}$  $S_0: 4,10 \text{ mg/L}$ 

$$E = \frac{58,50 - 4,10}{58,50} \times 100$$

$$E = 92,99 \%$$

**Eficiencia de remoción de sólidos suspendidos totales SST** $S_f: 482,19 \text{ mg/L}$  $S_0: 7,15 \text{ mg/L}$ 

$$E = \frac{482,19 - 7,15}{482,19} \times 100$$

$$E = 98,52 \%$$

**Tabla 14**

*Resultados de afluente, efluente y eficiencia de parámetros analizados*

Parámetro	Afluente mg/L	Efluente mg/L	Eficiencia de remoción %
Demanda química de oxígeno DQO	1649,83	22,87	98,61%
Demanda biológica de oxígeno			
DBO <sub>5</sub>	821,73	7,36	99,10%
Fosforo total P	42,63	1,06	97,51%
Nitrógeno total N	58,50	4,10	92,99%
Sólidos suspendidos totales SST	482,19	7,15	98,52%

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

En el desarrollo de esta investigación, es importante reconocer y abordar algunas limitaciones que podrían influir en los resultados obtenidos. En primer lugar, la incapacidad de realizar análisis independientes puede potencialmente sesgar el enfoque de estudio, lo que destaca la importancia de contar con acceso a datos y la autorización necesaria por parte de la empresa. La no proporcionar o autorización de cierta información como la omisión de mencionar el nombre en el documento, podría introducir un sesgo adicional.

Otra limitación significativa radica en la ausencia de Límites Máximos Permisibles (LMP) específicos para el sector lácteo o una referencia similar en la normativa peruana que sea idónea para supervisar los efluentes y garantizar un desempeño ambiental adecuado en cualquier planta de fabricación. La falta de un marco regulatorio claro y adaptado podría dificultar la evaluación precisa de las emisiones y la capacidad de fiscalizar eficazmente la responsabilidad ambiental de las instalaciones en este sector. Estas limitaciones subrayan la necesidad de abordar cuestiones fundamentales en la investigación y de considerar estrategias para mitigar su impacto en la validez y aplicabilidad de los hallazgos.

Dicho esto, al evaluar los resultados obtenidos en la PTAR de estudio (Tabla 15) para el año 2022 en promedio se tuvo una eficiencia de remoción de los parámetros de demanda química de oxígeno DQO, demanda biológica de oxígeno DBO<sub>5</sub>, nitrógeno total N total, fosforo total P total y sólidos suspendidos totales SST de 98,61%, 99,10%, 92,99%, 97,51%, 98,52% respectivamente, demostrando una remoción significativa de dichos contaminantes. Estos resultados pueden ser contrastados con los obtenidos por Carrasquero y Urbina (2023) donde se obtuvieron porcentajes de remoción de DQO entre 89,8 y 94,6%, y se alcanzó

remoción máxima de nitrógeno total de 81,0% y de fósforo total de 51,0%. Además, nuestros resultados también concuerdan con los resultados de Cárdenas. Et al (2002) quienes obtuvieron una eficiente de remoción de la materia orgánica de 79 % para la DQO, y 94 % para la DBO<sub>5</sub> y en cuanto a la remoción de nutrientes dicha investigación arrojó que para el Fósforo Total fue de 45 % y para el Nitrógeno Total fue de 75 %.

También, en los resultados obtenidos por investigación realizada por Acosta (2009) en la planta láctea Huacariz quien usó un sistema de lodos activados obtuvo una eficiencia en la remoción de DBO<sub>5</sub> de 80 % que, al comparar con nuestros resultados se afirma que el sistema SBR es igual o más efectivo que el sistema de lodos activados para tratar efluentes provenientes de industrias lácteas, lo cual representa una excelente eficiencia del reactor para la eliminación de nutrientes, por lo que se puede afirmar que el sistema de tratamiento empleado por la empresa láctea tiene una eficacia muy alta respecto a los parámetros analizados.

Además, los resultados del efluente de la PTAR indican que los parámetros muestreados cumplen satisfactoriamente con los límites máximos permisibles establecidos en la guía sobre medio ambiente, salud y seguridad para el procesamiento de productos lácteos, estando entonces apta para su correspondiente. Lo antes dicho también pudo ser corroborado por Aristi y Mosqueira (2021) quienes afirman que se logró la reducción de concentración de los parámetros: Temperatura, pH. Cumpliendo con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Cat 3 con un valor de pH de 7,9. Confirmando también la eficacia del sistema de tratamiento empleado en dicha PTAR y el cumplimiento de normativas vigentes tanto locales como internacionales.

Finalmente, las implicaciones de la presente tesis abarcan tanto el ámbito metodológico como el teórico. Esto debido a que, en gran parte de las investigaciones de tesis, el enfoque recae en demostrar la eficacia de diversos métodos de remoción de



contaminantes. Sin embargo, se ha pasado por alto la identificación y evaluación de los métodos ya empleados en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTARS), a pesar de su relevancia. Esta omisión limita la capacidad de verificar la idoneidad y funcionamiento de dichas PTARS que con los Límites Máximos Permisibles (LMP) adecuadamente establecidos para el sector puede ser de gran utilidad para verificar el correcto funcionamiento de las PTARS y así asegurarse que son responsables con el medio ambiente

## 4.2 Conclusiones

- Se evaluó que para el 2022 existe una remoción promedio de demanda química de oxígeno, demanda biológica de oxígeno, nitrógeno total, fosforo total y sólidos suspendidos totales de una planta de tratamiento de aguas residuales en una empresa láctea de 98,61%, 99,10%, 92,99%, 97,51%, 98,52% respectivamente. Lo cual determina una eficiencia alta de la planta en la remoción de dichos parámetros
- Se determinó que las concentraciones en el afluente de los parámetros analizados fueron de 1649.83 mg/L para DQO, 821.73 mg/L para DBO<sub>5</sub>, 42.63 mg/L para P total, 58.50 mg/L para N total y 482.19 mg/L para SST. Estos resultados resaltan la importancia del proceso de tratamiento, ya que el afluente presenta niveles significativos de contaminantes que requieren ser reducidos para cumplir con los estándares ambientales.
- Se determinó que las concentraciones en el efluente de los parámetros analizados alcanzaron valores de 22.87 mg/L para DQO, 7.36 mg/L para DBO<sub>5</sub>, 1.06 mg/L para P total, 4.10 mg/L para N total y 7.15 mg/L para SST. Estos resultados confirman la óptima operatividad de la planta de tratamiento, demostrando su eficacia en la eliminación de contaminantes y su contribución positiva a la protección del medio ambiente.

- Se compararon los resultados de los parámetros (DQO, DBO<sub>5</sub>, N total, P total y SST) en el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de una empresa láctea con los límites establecidos en la Guía para el procesamiento de productos lácteos. Los análisis demostraron que, a lo largo del año 2022, el efluente cumplió de manera satisfactoria con dicha normativa. Por ejemplo, la DQO presentó un valor de 22,87 mg/L, por debajo de los límites permitidos de 250 mg/L sugeridos en la guía. La DBO<sub>5</sub> promedió 7,36 mg/L la cual también estuvo por debajo de los 50 mg/L sugeridos en la guía. Además, el contenido de P total (1,06 mg/L) y N total (4,10 mg/L) cumplieron con los límites de 2 mg/L y 10 mg/L sugeridos en la guía. Los SST también se mantuvieron en 7,15 mg/L, dentro del límite de 50 mg/l establecido en la guía ya mencionada. Adicionalmente, el efluente cumplió con otro parámetro crítico como es el pH, resaltando la efectividad de la planta en mantener altos estándares ambientales y de seguridad

## REFERENCIAS

- Acosta, L. (2009). *Eficiencia de un sistema de lodos activados en el tratamiento de aguas residuales en la industria láctea de Cajamarca* [Tesis de doctorado]. Universidad Nacional de Trujillo.
- Huamán, T., & Palco V. (2022). *eficiencia en la reducción del DBO<sub>5</sub> y DQO en la PTAR en La Encañada Cajamarca 2021* [Tesis de pregrado]. Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo.
- <http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/2103/TESIS.pdf?sequence=1>
- Andrade, Y. (2020). *Evaluación de la eficiencia en la planta de tratamiento de aguas residuales distrito de Macusani, región Puno - 2020* [Tesis de pregrado]. Universidad Privada San Carlos.
- Aristi, C., & Calderón, M. (2021). *Eficiencia del pretratamiento en la PTAR de una industria láctea de Los Baños del Inca – Cajamarca, 2021* [Tesis de pregrado]. Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo.
- Bolaño, A. (2008). *Sistema de flotación por aire disuelto para el tratamiento de aguas residuales industriales* [Tesis de pregrado]. Escuela de Ingeniería de Antioquia.
- Cabanillas, F. (2020). *Análisis de la eficiencia del sistema de tratamiento para la reutilización de aguas residuales de la Cervecería Backus* [Tesis de pregrado]. Universidad Señor de Sipán.
- <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/7343>
- Cárdenas, C., Cabrera, L., Acurearo, A., Perruolo, T., Herrera, L., Trujillo, A., Yabroudi, S., & Saules, L. (2002). *Uso de un reactor por carga para el tratamiento de los efluentes de una industria láctea*. <http://www.ingenieroambiental.com/4014/sane.pdf>

*Contribución a la gestión y desarrollo social.* México: Refugio Centro para la Conservación de la Ecobiodiversidad A. C

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (s. f.). *Ficha técnica Sistema de Información del Medio Ambiente.*

[https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/Sima/Nitrogenos\\_tales\\_13.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/Sima/Nitrogenos_tales_13.pdf)

Ferrer, S. J. C. (2018, 15 abril). *Eficiencia de un reactor biológico secuencial en el tratamiento de efluentes de una planta procesadora de productos cárnicos* | *Revista Facultad de Ciencias Básicas.*

<https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/3017>

Ferrer, S. J. C. (2023, 5 enero). *Tratamiento de efluentes de una planta productora de helados usando reactores secuenciales por carga* | *Revista InGenio.*

<https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/ingenio/article/view/560>

Gobierno Regional de Cajamarca (GRC). (2021, 29 septiembre). *Producción lechera en Cajamarca supera 361 000 000 litros anuales.* *Gobierno Regional de Cajamarca.*

<https://www.regioncajamarca.gob.pe/portal/noticias/det/3381>

*Glosario del agua.* (1998). [agua.org.mx. https://agua.org.mx/wp-content/uploads/filespdf/doc\\_pdf\\_8439.pdf](https://agua.org.mx/wp-content/uploads/filespdf/doc_pdf_8439.pdf)

Hernández Sampieri, R., Fernández Collao, C., Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación.* 6 ed. México. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (s. f.). *Promedio de fósforo total (PFT).* <http://www.ideam.gov.co/documents/24155/123679/04->

[3.15 HM Promedio fosforo total 3 FI.pdf/180c0e11-1327-425a-b825-e8eafcb5c8a5](#)

International finance corporation (IFC). (2007). *Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para el procesamiento de productos lácteos.*

<https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/67923de6-8e0d-40f9-96a0-ad5b0fc1a8a0/0000199659ESes%2BDairy%2BProcessing-rev%2Bcc.pdf?MOD=AJPERES&CVID=nPfoN1>

Macé, S., & Mata-Álvarez, J. (2001). *Aplicación de la tecnología SBR para el tratamiento de aguas residuales doméstica.*

[https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/41/41313/aplicacionsbraguas\\_domesticas.pdf](https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/41/41313/aplicacionsbraguas_domesticas.pdf)

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Argentina (MINCyT). (2013). Perfil de propuesta: sistemas de gestión de efluentes y líquidos contaminados.

[https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/propuesta\\_gestion\\_efluentes\\_contaminados.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/propuesta_gestion_efluentes_contaminados.pdf)

Moreno, L., Fernández, M., Rubio, J., Calaforra, J., López, J., Beas, J., Alcaín, G., Murillo, J., & Gómez, J. (2003). *La depuración de aguas residuales urbanas de pequeñas poblaciones mediante infiltración directa en el terreno fundamentos y casos prácticos.*

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). (2014). *Fiscalización ambiental en aguas residuales.* [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)

Sangay, O. (2021). *Manual de operaciones de la PTAR Nestlé Cajamarca* (AMUNA-RRHH-MAN-012). AMUNA. [contacto@amunasac.com](mailto:contacto@amunasac.com)

Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA). (2009). *Manual para municipios*

*ecoeficientes*. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/12201/15\\_manual\\_para\\_municipios\\_ecoeficientes.pdf?v=1530548928](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/12201/15_manual_para_municipios_ecoeficientes.pdf?v=1530548928)

Tamayo y Tamayo, M. (2003) El proceso de la investigación científica. 4 ed. México.

Limusa. [https://books.google.com.mx/books?id=BhymmEqkkJwC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=BhymmEqkkJwC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false).

Tirado Armesto, D. F., Gallo García, L. A., Acevedo Correa, D., & Mouthon Bello, J. A.

(2016). Biotratamientos de aguas residuales en la industria láctea. *Producción + Limpia*, 11(1), 171-184. <https://doi.org/10.22507/pml.v11n1a16>

US EPA. (2022, 26 mayo). *Términos S*. <https://espanol.epa.gov/espanol/terminos-s>

## ANEXOS

**Figura 24**

*Parámetro del afluente enero de 2022*

AFLUENTE			
	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
	DBO5	mg/L	1,235.50
	DQO	mg/L	1,628.77
	pH	-	8.09
	TURBIDEZ	NTU	885.53
	SST	mg/L	654.00
	A y G	mg/L	393.94
	Nitrógeno total	mg/L	65.80
	Fósforo total	mg/L	66.41
	Conductividad	μS/cm	1,138.47

**Figura 25**

*Parámetro del efluente enero de 2022*

EFLUENTE			
	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
	DBO5	mg/L	7.03
	DQO	mg/L	23.19
	pH	-	7.63
	TURBIDEZ	NTU	8.01
	SST	mg/L	4.01
	A y G	mg/L	0.50
	Nitrógeno total	mg/L	4.10
	Fósforo total	mg/L	1.45
	Conductividad	μS/cm	864.59
	Color	CU	<5.00

**Figura 26**

*Parámetro del afluente febrero de 2022*

AFLUENTE			
	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
	DBO5	mg/L	868.63
	DQO	mg/L	1,598.92
	pH	-	6.99
	TURBIDEZ	NTU	922.96
	SST	mg/L	403.30
	A y G	mg/L	226.53
	Nitrógeno total	mg/L	54.69
	Fósforo total	mg/L	52.20
	Conductividad	μS/cm	1,167.76

**Figura 27**

*Parámetro del efluente febrero de 2022*

EFLUENTE			
	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
	DBO5	mg/L	8.40
	DQO	mg/L	22.44
	pH	-	7.27
	TURBIDEZ	NTU	8.44
	SST	mg/L	5.64
	A y G	mg/L	0.50
	Nitrógeno total	mg/L	4.13
	Fósforo total	mg/L	1.70
	Conductividad	μS/cm	1,000.45
	Color	CU	<5.00



**Figura 28**

*Parámetro del afluente marzo de 2022*

AFLUENTE			
	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
	DBO5	mg/L	706.23
	DQO	mg/L	1,590.81
	pH	-	7.34
	TURBIDEZ	NTU	913.26
	SST	mg/L	377.00
	A y G	mg/L	261.74
	Nitrógeno total	mg/L	50.64
	Fósforo total	mg/L	52.28
	Conductividad	μS/cm	1,176.55

**Figura 29**

*Parámetro del efluente marzo de 2022*

EFLUENTE			
	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
	DBO5	mg/L	8.25
	DQO	mg/L	24.61
	pH	-	7.39
	TURBIDEZ	NTU	8.26
	SST	mg/L	7.04
	A y G	mg/L	0.50
	Nitrógeno total	mg/L	4.37
	Fósforo total	mg/L	1.52
	Conductividad	μS/cm	1,011.47
	Color	CU	<5.00

**Figura 30**

*Parámetro del afluente abril de 2022*

AFLUENTE			
	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
	DBO5	mg/L	659.58
	DQO	mg/L	1,319.19
	pH	-	7.62
	TURBIDEZ	NTU	974.83
	SST	mg/L	303.20
	A y G	mg/L	149.10
	Nitrógeno total	mg/L	42.72
	Fósforo total	mg/L	36.00
	Conductividad	μS/cm	1,324.88

**Figura 31**

*Parámetro del efluente abril de 2022*

EFLUENTE			
	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
	DBO5	mg/L	5.81
	DQO	mg/L	17.81
	pH	-	7.44
	TURBIDEZ	NTU	8.63
	SST	mg/L	5.66
	A y G	mg/L	0.50
	Nitrógeno total	mg/L	3.70
	Fósforo total	mg/L	1.27
	Conductividad	μS/cm	1,083.47
	Color	CU	<5.00

**Figura 32**

*Parámetro del afluente mayo de 2022*

AFLUENTE			
	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
	DBO5	mg/L	762.75
	DQO	mg/L	1,430.50
	pH	-	7.12
	TURBIDEZ	NTU	968.58
	SST	mg/L	390.67
	A y G	mg/L	208.49
	Nitrógeno total	mg/L	45.61
	Fósforo total	mg/L	57.13
	Conductividad	μS/cm	1,307.50

**Figura 33**

*Parámetro del efluente mayo de 2022*

EFLUENTE			
	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
	DBO5	mg/L	5.26
	DQO	mg/L	18.12
	pH	-	7.42
	TURBIDEZ	NTU	8.76
	SST	mg/L	9.84
	A y G	mg/L	1.06
	Nitrógeno total	mg/L	3.97
	Fósforo total	mg/L	1.19
	Conductividad	μS/cm	1,141.96
	Color	CU	<5.00

**Figura 34**

*Parámetro del afluente junio de 2022*

AFLUENTE			
	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
	DBO5	mg/L	675.65
	DQO	mg/L	1,493.00
	pH	-	7.88
	TURBIDEZ	NTU	978.42
	SST	mg/L	471.25
	A y G	mg/L	259.32
	Nitrógeno total	mg/L	46.68
	Fósforo total	mg/L	31.42
	Conductividad	μS/cm	1,432.88

**Figura 35**

*Parámetro del efluente junio de 2022*

EFLUENTE			
	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
	DBO5	mg/L	4.93
	DQO	mg/L	20.00
	pH	-	7.43
	TURBIDEZ	NTU	8.77
	SST	mg/L	9.14
	A y G	mg/L	0.50
	Nitrógeno total	mg/L	3.07
	Fósforo total	mg/L	1.04
	Conductividad	μS/cm	1,199.80
	Color	CU	<5.00

**Figura 36**

*Parámetro del afluente julio de 2022*

AFLUENTE			
	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
	DBO5	mg/L	858.70
	DQO	mg/L	1,767.77
	pH	-	9.24
	TURBIDEZ	NTU	909.92
	SST	mg/L	551.80
	A y G	mg/L	236.21
	Nitrógeno total	mg/L	61.82
	Fósforo total	mg/L	29.06
	Conductividad	μS/cm	1,202.49

**Figura 37**

*Parámetro del efluente julio de 2022*

EFLUENTE			
	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
	DBO5	mg/L	10.48
	DQO	mg/L	27.90
	pH	-	7.62
	TURBIDEZ	NTU	9.67
	SST	mg/L	7.87
	A y G	mg/L	0.50
	Nitrógeno total	mg/L	4.93
	Fósforo total	mg/L	0.63
	Conductividad	μS/cm	1,229.02
	Color	CU	<5.00



**Figura 38**

*Parámetro del afluente agosto de 2022*

AFLUENTE			
	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
	DBO5	mg/L	661.32
	DQO	mg/L	1,477.11
	pH	-	9.81
	TURBIDEZ	NTU	917.42
	SST	mg/L	456.80
	A y G	mg/L	302.00
	Nitrógeno total	mg/L	61.06
	Fósforo total	mg/L	23.24
	Conductividad	μS/cm	1,220.49

**Figura 39**

*Parámetro del efluente agosto de 2022*

EFLUENTE			
	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
	DBO5	mg/L	8.04
	DQO	mg/L	19.79
	pH	-	7.63
	TURBIDEZ	NTU	15.31
	SST	mg/L	10.60
	A y G	mg/L	3.58
	Nitrógeno total	mg/L	3.97
	Fósforo total	mg/L	0.83
	Conductividad	μS/cm	1,250.88
	Color	CU	4.60

**Figura 40**

*Parámetro del afluente septiembre de 2022*

AFLUENTE			
	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
	DBO5	mg/L	889.06
	DQO	mg/L	1,730.04
	pH	-	9.53
	TURBIDEZ	NTU	905.83
	SST	mg/L	423.30
	A y G	mg/L	245.78
	Nitrógeno total	mg/L	70.69
	Fósforo total	mg/L	29.20
	Conductividad	μS/cm	1,217.37

**Figura 41**

*Parámetro del efluente septiembre de 2022*

EFLUENTE			
	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
	DBO5	mg/L	10.14
	DQO	mg/L	25.94
	pH	-	7.65
	TURBIDEZ	NTU	12.32
	SST	mg/L	5.44
	A y G	mg/L	1.46
	Nitrógeno total	mg/L	4.28
	Fósforo total	mg/L	0.81
	Conductividad	μS/cm	1,012.80
	Color	CU	<5.00

**Figura 42**

*Parámetro del afluente octubre de 2022*

AFLUENTE			
	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
	DBO5	mg/L	847.02
	DQO	mg/L	1,589.35
	pH	-	8.25
	TURBIDEZ	NTU	925.81
	SST	mg/L	423.40
	A y G	mg/L	180.78
	Nitrógeno total	mg/L	63.91
	Fósforo total	mg/L	32.15
	Conductividad	μS/cm	1,222.80

**Figura 43**

*Parámetro del efluente octubre de 2022*

EFLUENTE			
	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
	DBO5	mg/L	6.43
	DQO	mg/L	22.98
	pH	-	7.59
	TURBIDEZ	NTU	9.57
	SST	mg/L	4.16
	A y G	mg/L	0.50
	Nitrógeno total	mg/L	3.65
	Fósforo total	mg/L	0.62
	Conductividad	μS/cm	915.20
	Color	CU	<5.00



**Figura 44**

*Parámetro del afluente noviembre de 2022*

AFLUENTE			
	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
	DBO5	mg/L	961.19
	DQO	mg/L	2,280.04
	pH	-	9.56
	TURBIDEZ	NTU	916.24
	SST	mg/L	703.30
	A y G	mg/L	312.48
	Nitrógeno total	mg/L	69.17
	Fósforo total	mg/L	55.70
	Conductividad	μS/cm	1,257.96

**Figura 45**

*Parámetro del efluente noviembre de 2022*

EFLUENTE			
	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
	DBO5	mg/L	6.31
	DQO	mg/L	23.80
	pH	-	7.62
	TURBIDEZ	NTU	9.38
	SST	mg/L	4.58
	A y G	mg/L	1.29
	Nitrógeno total	mg/L	4.26
	Fósforo total	mg/L	0.73
	Conductividad	μS/cm	1,046.84
	Color	CU	<5.00

**Figura 46**

*Parámetro del afluente diciembre de 2022*

AFLUENTE			
	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
	DBO5	mg/L	708.13
	DQO	mg/L	1,892.42
	pH	-	8.61
	TURBIDEZ	NTU	927.58
	SST	mg/L	628.30
	A y G	mg/L	240.57
	Nitrógeno total	mg/L	69.15
	Fósforo total	mg/L	46.73
	Conductividad	μS/cm	1,221.71

**Figura 47**

*Parámetro del efluente diciembre de 2022*

EFLUENTE			
	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
	DBO5	mg/L	7.22
	DQO	mg/L	27.80
	pH	-	7.50
	TURBIDEZ	NTU	15.97
	SST	mg/L	11.82
	A y G	mg/L	<0.5
	Nitrógeno total	mg/L	4.75
	Fósforo total	mg/L	0.94
	Conductividad	μS/cm	995.91
	Color	CU	<5.00