



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Tecnología de la Construcción**

**Monografía**

**DETERMINACIÓN DE LA BIODEGRADACIÓN DE CONTAMINANTES  
ORGÁNICOS Y NITROGENADOS, DE LA PLANTA PROCESADORA DE  
PRODUCTOS LÁCTEOS LA MONTAÑA S.A, LA GATEADA, CHONTALES**

Para optar al título de Ingeniero Civil

**Elaborado por:**

Br. Erling José López Rivas  
Br. Iveth del Socorro Ordeñana Quiroz  
Br. Berlinton Hoosmani Miranda Castellón

**Tutor:**

MSc. Henry Javier Vilchez Pérez

Managua, julio de 2022



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**

*Managua, 04 de julio del año 2022*

**MSc. Miguel Fonseca**

Facultad de Tecnología de la Construcción

Decano FTC

Su despacho

Estimado Ing. Fonseca.

Me dirijo a usted para informarle que he revisado y seguido detalladamente el trabajo monográfico titulado “DETERMINACIÓN DE LA BIODEGRADACIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS Y NITROGENADOS, DE LA PLANTA PROCESADORA DE PRODUCTOS LÁCTEOS LA MONTAÑA S.A, LA GATEADA, CHONTALES”, realizado por los bachilleres **Br. Erling José López Rivas, Br. Iveth del Socorro Ordeñana Quiroz y Br. Berlinton Hoosmani Miranda Castellón**, para optar al título de Ingeniero Civil.

Considero que el trabajo ha sido concluido y cumple con todos los aspectos técnicos propios del estudio que se habían planteado y, por tanto, puede ser defendido ante el tribunal o jurado calificador.

Sin otro particular a que referirme, le saludo.

---

**MSc. Ing. Henry J. Vílchez**

## Dedicatoria

Este trabajo investigativo está dedicado:

**A Dios en primer lugar** por darme sabiduría y fortaleza para seguir adelante a pesar de las adversidades que se me presentaron en el camino, ya que en cada obstáculo él estuvo a mi lado sosteniéndome a cada paso que daba.

**A mi madre Olga Elizena Rivas** que me dio la vida, por su apoyo incondicional, por su amor de madre y la confianza que siempre tuvo en mí en todo el trayecto de la culminación de mis estudios profesionales.

**A mis hermanas Yudis Carolina López y Mayerli Tatiana Reyes** por apoyarme y darme ánimos para seguir adelante y cumplir una de mis metas

**A mi tutor MSc. Henry Javier Vílchez Pérez** por su ayuda incondicional, por su paciencia en apoyarme en mis dificultades y por ayudarme a culminar este nuevo triunfo en mi vida que es de mucha importancia para mí.

A los docentes que nos enseñaron y compartieron todo su conocimiento para lograr formarnos como verdaderos profesionales.

Erling José López Rivas

## Dedicatoria

Este trabajo investigativo está dedicado:

**Primeramente, a Dios** por haberme permitido llegar hasta aquí proveyéndome salud, sabiduría y recursos para poder culminar mi carrera profesional

**A mi madre Auxiliadora Quiroz Siles** por sus consejos, sus palabras de motivación tan necesarias, por los valores inculcados, por todo su apoyo incondicional para mi formación académica.

**A mis docentes** por compartir sus conocimientos y haberme llevado paso a paso en este largo camino.

**A mi tutor MSc. Henry Vilches Pérez** por su apoyo incondicional, su paciencia y dedicación en el proceso de diseño y elaboración de este proyecto.

A todas las personas que directa o indirectamente me tendieron su mano cuando la necesite.

Iveth Del Socorro Ordeñana Quiroz

## Dedicatoria

Este trabajo investigativo está dedicado:

**Primeramente, a Dios** por haberme permitido llegar hasta aquí proveyéndome salud, sabiduría y recursos para poder culminar mi carrera profesional

**A mis padres** por sus consejos, sus palabras de motivación tan necesarias, por los valores inculcados, por todo su apoyo incondicional para mi formación académica.

**A mis docentes** por compartir sus conocimientos y haberme llevado paso a paso en este largo camino.

**A mi tutor MSc. Henry Vilches Pérez** por su apoyo incondicional, su paciencia y dedicación en el proceso de diseño y elaboración de este proyecto.

A todas las personas que directa o indirectamente me tendieron su mano cuando la necesite.

Berlinton Hoosmani Miranda Castellón

## Agradecimientos

***Agradecimiento a nuestro padre celestial*** por darnos la vida y por darnos la oportunidad de luchar cada día y permitirnos culminar nuestras metas.

***Agradecemos al director de Lácteos La Montaña S.A. Lic. Elmer Landaverde y su equipo de operaciones*** por permitirnos realizar nuestro trabajo de investigación en su empresa. Todos ellos nos colaboraron muy cordialmente, confiando en nuestro trabajo, y brindándonos la información con amabilidad y respeto.

***A nuestro estimado tutor MSc Henry Javier Vilchez Pérez*** quien nos brindó los medios para la realización de nuestro trabajo, por sus conocimientos y experiencias compartidas todo el tiempo, por su orientación y la disposición en acompañarnos.

***A la universidad*** por darnos la oportunidad de vivir y cumplir nuestros sueños a través de su personal administrativo quienes estuvieron siempre presentes en cada una de nuestras etapas educativas.

***A todos los profesores*** que nos impartieron las diferentes asignaturas durante la carrera, los cuales sabemos que por su vocación y espíritu de servicio traspasa más allá las grandes dificultades que presenta el sistema educativo de Nicaragua.

***A nuestros padres*** por estar siempre presentes, guiarnos por el buen camino y enseñarnos a luchar para salir adelante.

Erling José López Rivas  
Iveth del Socorro Ordeñana Quiroz  
Berlinton Hoosmani Miranda Castellón

## **Lista de abreviaturas**

**CCT:** Carga contaminante total

**DQO:** Demanda química de oxígeno.

**INETER:** Instituto Nicaragüense de Estudios y Territoriales

**LMP:** Límite máximo permisible **m:** metros

**MARENA:** Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales

**NT:** Nitrógeno total

**CO<sub>2</sub>:** Dióxido de carbono

**CH<sub>4</sub>:** Metano

**H<sub>2</sub>S:** Ácido sulfhídrico

**NTON:** Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense

**INAA:** Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados

**pH:** Potencial de Hidrogeno.

**PTAR:** Planta de tratamiento de aguas residuales

**TRH:** Tiempo de retención hidráulico

**CNTP:** Condiciones normales de temperatura y presión

**PM:** Puntos de muestreo

**Q:** Caudal

**°C:** Grados centígrados

## Resumen

El objetivo general de la investigación fue “**Determinar la biodegradación de contaminantes orgánicos y nitrogenados en la planta de tratamiento de aguas residuales industriales lácteos La Montaña S.A**”. Por lo que, consta de las siguientes unidades de depuración: *Desarenador convencional de flujo horizontal - criba - reactor anaerobio, dos módulos a partir del reactor anaerobio compuesto por un humedal de flujo vertical y un humedal de flujo horizontal (en módulo a y modulo b).*

Como primera consideración se realizó una evaluación en cuanto al funcionamiento operacional de la planta de tratamiento, en el que se encontró que existe un abandono parcial en cuanto al mantenimiento de obras civiles en los módulos A y B. En particular, el mantenimiento del reactor anaerobio es de vital importancia para la estabilización de la materia orgánica, y este se encontró con deterioros constructivos, sin quemador de gas y una muy baja eficiencia de tratamiento. Por otro lado, los humedales verticales no poseen ninguna vegetación, en cuanto a, los humedales horizontales no cumplen con la función de desnitrificación debido a la ausencia de plantas que hagan la mineralización.

Por otra parte, se realizaron 15 aforos consecutivos en el afluente de 14 horas y en el afluente de 16 horas, realizados desde el 26 de septiembre al 10 de octubre del 2021, dando como resultado un afluente en promedio de 46.38 m<sup>3</sup>/día mientras que para el efluente es de 23.04 m<sup>3</sup>/día. Se registraron pérdidas en el orden del 50 a 56 % del caudal de entrada debido al estado de las obras civiles de las unidades de tratamiento.

Para el caso de las cargas contaminantes con respecto a DQO, en cada unidad es: reactor anaerobio 358.3 kg DQO/día; para el **módulo A**, humedal subsuperficial vertical 1, 311.2 kg DQO/día y humedal horizontal 1, 157.3 kg DQO/día; **modulo B**, humedales horizontales 1, 157.3 kg DQO/día, y humedal horizontal 2 125.1 kg DQO/día.

En cuanto a las cargas nitrogenadas en el reactor anaerobio fue de 15.01 kgNT/día; para el **módulo A**, humedal vertical 1 16.29 kgNT/día, y humedal horizontal 1 9.58 kgNT/día; **modulo B**, para el humedal 2 16.53 kgNT/día y el humedal horizontal 2 11.16 kgNT/día.

De acuerdo a, los parámetros establecidos en el Art. 34, del Decreto 21-2017, se concluye que la PTAR no cumple con los límites máximos permisibles, con respecto a DQO ya que, el valor máximo permisible es de 250 mgO<sub>2</sub>/L y la concentración del efluente es de 847.80 mgO<sub>2</sub>/L en el módulo A y en el módulo B una concentración de 674.29 mgO<sub>2</sub>/L.

Con relación al nitrógeno total no cumple ya que el límite máximo permisible (LMP) es de 45 mg/L y su concentración en el efluente del módulo A, es de 51.66 mg/L y el módulo B de 60.16 mg/L. En cambio, el potencial de hidrógeno cumple con el LMP ya que se encuentra dentro del rango de 6-9, con un valor de 7.3.

En relación a la eficiencia de remoción de los contaminantes, se determinó que el tratamiento primario tiene una eficiencia en cuanto a: DQO el 55%, 11% NT, 19% NO<sub>3</sub>, 59% NO<sub>2</sub>. De igual manera, para el tratamiento secundario se obtuvo que para el módulo A se tiene una eficiencia promedio en cuanto a: DQO el 31%, 16.5% NT, -19% NO<sub>3</sub>, 25% NO<sub>2</sub> y para el módulo B una eficiencia en cuanto a: DQO el 38%, 11% NT, -21.5% NO<sub>3</sub>, 33% NO<sub>2</sub>.

Como último aspecto se tiene la interpretación de la ruta metabólica de la materia orgánica diaria que fue de 800.59 kg DQO/día, de los cuales el 49.7% es materia orgánica disuelta que se transforma en CH<sub>4</sub> y el 5.5 % es materia orgánica suspendida, como resultado de estos procesos metabólicos se logra una reducción de la carga másica del 55.2 %.

**Palabras claves:** Biodegradación, caudal, concentración, ruta metabólica

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I. GENERALIDADES .....</b>	<b>1</b>
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes .....	3
1.3 Justificación.....	4
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1 Objetivo general.....	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
2.1 Aguas residuales industriales.....	7
2.1.1 Generalidades.....	7
2.1.2 Carga orgánica .....	7
2.1.3 Biodegradación de materia orgánica .....	8
2.1.4 Biodegradación del Nitrógeno .....	8
2.1.5 La nitrificación.....	9
2.1.6 La desnitrificación.....	10
2.1.6 Características de las aguas residuales .....	11
2.1.6.1 Características físicas .....	11
2.1.6.2 Características químicas.....	12
2.1.6.3 Características biológicas .....	13
2.2 Tipos de tratamiento de aguas residuales .....	13
2.2.1 Pretratamiento: .....	13
2.2.1.1 Canal de entrada con rejillas .....	14
2.2.1.2 Desarenador .....	14
2.2.1.3 Criba.....	14

2.2.2	Tratamiento primario:.....	14
2.2.2.1	Tanque de homogenización .....	15
2.2.2.2	Reactor anaerobio.....	15
2.2.3	Tratamiento secundario: .....	15
2.2.3.1	Humedales de flujo horizontal .....	17
2.1.1.1	Humedales de flujo vertical.....	17
2.1.1.2	Lecho de secado de lodos .....	17
2.2	Eutrofización .....	18
2.3	Digestión anaerobia .....	19
2.3.1	Bioquímica de la digestión anaerobia .....	20
2.4	Eficiencia del sistema .....	22
2.5	Regulaciones ambientales.....	22
2.5.1	Decreto 21-2017.....	22
2.5.2	Norma técnica obligatoria para regular los sistemas de tratamiento de las aguas residuales y su reúso.....	23
2.6	Balance de masa.....	23
<b>CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO .....</b>		<b>25</b>
3.1	Tipos de investigación.....	25
3.2	Procedimiento de investigación .....	26
3.3	Fase 1: Revisión del estado del arte y recolección de datos.....	26
3.3.1	Área del sitio .....	27
3.3.2	Servicios básicos de Lácteos La Montaña S.A en La Gateada, Chontales .....	28
3.3.3	Actividad económica .....	28
3.3.4	Descripción de la planta de procesamiento .....	28

3.4 Fase 2: Determinación de las variaciones de caudal y periodos de retención .....	31
3.4.1 Cálculo de caudales.....	31
3.4.2 Periodo de retención hidráulico .....	34
3.5 Fase 3: Toma y análisis de muestras .....	35
3.5.1 Recolección y preparación de muestras .....	35
3.5.2 Parámetros fisicoquímicos a evaluar .....	38
3.5.3 Determinación de cargas contaminantes .....	39
3.5.4 Nutrientes .....	40
3.6 Fase 4: Regulaciones ambientales .....	40
3.6.1 Determinación de las eficiencias en la PTAR.....	40
3.6.2 Cumplimiento de los límites máximos permisibles .....	40
3.6.3 Interpretación de la degradación de la ruta metabólica de la materia orgánica .....	41
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....</b>	<b>47</b>
4.1 Fase 1: Recolección de datos .....	47
4.1.1 Descripción de la planta de tratamiento de aguas residuales .....	47
4.1.1.1 Afluente .....	47
4.1.1.2 Pretratamiento .....	48
4.1.1.3 Canal de entrada con rejillas .....	49
4.1.1.4 Desarenador .....	50
4.1.1.5 Criba.....	51
4.1.1.6 Tratamiento primario.....	51
4.1.1.7 Tratamiento secundario.....	54
4.1.1.8 Lecho de secado de lodos .....	58
4.1.1.9 Efluente .....	58

4.1.2	Criterios para la ubicación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales .....	59
4.1.3	Condiciones de operación y mantenimiento de la PTAR .....	63
4.1.4	Cálculo de caudales.....	66
4.1.4.1	Afluente .....	66
4.1.4.2	Efluente .....	67
4.1.5	Determinación del periodo de retención.....	69
4.1.5.1	Periodo de retención en el reactor anaerobio .....	69
4.1.5.2	Periodo de retención hidráulico en humedales .....	70
4.2	Fase 3: Toma y análisis de muestras .....	70
4.2.1	Resultados de análisis fisicoquímicos afluente .....	71
4.2.2	Determinación de la carga orgánica con respecto a DQO en afluente 76	
4.2.3	Determinación de la carga orgánica nitrogenada en afluente .....	78
4.2.4	Determinación de la carga orgánica con respecto a DQO en efluente 79	
4.2.5	Determinación de la carga nitrogenada en efluente .....	81
4.3	Fase 4: Regulaciones ambientales .....	82
4.3.1	Determinación de las eficiencias de remoción de contaminantes en la PTAR 82	
4.3.2	Resultados de análisis fisicoquímicos con respecto a las regulaciones ambientales .....	83
4.3.3	Análisis fisicoquímicos con respecto a otras PTAR .....	87
4.3.4	Balance de masa con respecto a DQO .....	91
4.3.5	Biodegradación de la materia orgánica en el reactor anaerobio.....	92
4.3.6	Biodegradación del nitrógeno total en humedales .....	94

<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>97</b>
Conclusiones .....	97
Recomendaciones.....	99
BIBLIOGRAFIA .....	100
ANEXOS	103

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Humedal de flujo horizontal (a), humedal de flujo vertical (b) .....	16
Figura 2: Balance de masas de materia orgánica .....	20
Figura 3: Reacciones bioquímicas en la digestión anaerobia de AR .....	22
Figura 4: Fases del procedimiento de investigación .....	26
Figura 5: Macro y micro localización.....	27
Figura 6: Procedimiento de aforo en el afluente .....	31
Figura 7: Puntos de la toma de muestras en la PTAR.....	37
Figura 8: Recolección y preparación de las muestras .....	38
Figura 9. Cajas de recolección.....	47
Figura 10: Pretratamiento .....	48
Figura 11: Canal de entrada con rejillas.....	49
Figura 12: Desarenador .....	51
Figura 13: Criba.....	51
Figura 14: Tratamiento primario.....	52
Figura 15: Tanque de homogenización .....	53
Figura 16: Reactor anaerobio.....	54
Figura 17: Tratamiento Secundario.....	55
Figura 18: Humedales de flujo vertical .....	56
Figura 19: Raíz del medio utilizado en la unidad .....	57
Figura 20: Humedales de flujo horizontal .....	57
Figura 21: Lecho de secado de lodos.....	58
Figura 22: Efluente general de la PTAR, lácteos La Montaña S.A. ....	59
Figura 23: Caudal promedio máximo, medio y mínimo en el afluente .....	67
Figura 24: Caudal promedio máximo, medio y mínimo en el efluente para el módulo A. ....	68
Figura 25: Caudal promedio máximo, medio y mínimo en el efluente para el módulo B. ....	68
Figura 26: Fuga de agua residual en caja de registro .....	69
Figura 27: Valores de pH en afluente .....	71
Figura 28: Concentración de DQO en afluente .....	72

Figura 29: Concentración de nitrógeno total en afluente .....	73
Figura 30: Concentración de nitritos .....	74
Figura 31: Nitritos vs pH.....	74
Figura 32: Concentración de nitratos .....	75
Figura 33: Eficiencias obtenidas en cada unidad de la PTAR .....	82
Figura 34: Medidas promedio de pH en efluente .....	83
Figura 35: Caudal vs pH .....	84
Figura 36: Concentraciones promedio de DQO en efluente .....	85
Figura 37: Concentraciones promedio de nitrógeno total en efluente .....	85
Figura 38: Concentraciones promedio de efluente .....	86
Figura 39: Concentraciones promedio de efluente .....	86
Figura 40: Concentraciones de DQO en afluentes .....	88
Figura 41: Concentraciones de DQO en efluente .....	88
Figura 42: Concentraciones de nitrógeno total en afluente.....	89
Figura 43: Concentraciones de nitrógeno total en efluente.....	90
Figura 44: Biodegradación de materia orgánica en el reactor .....	91
Figura 45: Rutas metabólicas de cargas másicas .....	92
Figura 46: Rutas metabólicas de cargas nitrogenadas .....	94

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Cronograma de aforo de la PTAR en afluente.....	32
Tabla 2: Cronograma de aforo de la PTAR en efluente.....	33
Tabla 3: Ficha de campo de afluente .....	34
Tabla 4: Ficha de campo de efluente .....	34
Tabla 5: Ubicación, espécimen y periodos de toma de muestras .....	38
Tabla 6: Parámetros fisicoquímicos .....	39
Tabla 7: Valores máximos permisibles por el Decreto 21 – 2017, Arto. 34.....	40
Tabla 8: Tabla de balance de masa .....	44
Tabla 9: Ubicación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales .....	60
Tabla 10: Condiciones físicas de operación de la PTAR.....	63
Tabla 11: Condiciones hidráulicas de operación en la PTAR.....	65

Tabla 12: Condiciones físico-químicas de operación en la PTAR .....	65
Tabla 13: Mantenimiento preventivo .....	66
Tabla 14: Periodo de retención hidráulico en el reactor anaerobio .....	69
Tabla 15: Periodo de retención en módulo A y B .....	70
Tabla 16: Resultados históricos de la PTAR lácteos La Montaña S.A.....	75
Tabla 17: Carga contaminante total en afluente del reactor anaerobio .....	77
Tabla 18: Carga contaminante total en afluente de humedales verticales .....	77
Tabla 19: Carga contaminante total en afluente de humedales horizontales .....	78
Tabla 20: Carga nitrogenada en afluente del reactor anaerobio .....	78
Tabla 21: Carga nitrogenada en afluente de humedales verticales .....	79
Tabla 22: Carga nitrogenada en afluente de humedales horizontales .....	79
Tabla 23: Carga contaminante total en efluente del reactor anaerobio .....	79
Tabla 24: Carga contaminante total en efluente de humedales verticales .....	80
Tabla 25: Carga contaminante total en efluente de humedales horizontales .....	80
Tabla 26: Carga nitrogenada en efluente del reactor anaerobio .....	81
Tabla 27: Carga nitrogenada en efluente de humedales verticales .....	81
Tabla 28: Carga nitrogenada en efluente de humedales horizontales .....	82

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**Facultad de Tecnología de la Construcción**



## **Capítulo I. Generalidades**

***“El agua se ha convertido en un recurso muy preciado. Hay lugares en los que un barril de agua vale más que un barril de petróleo”***



**Erling López**

**Iveth Ordeñana**

**Berlinton Miranda**

## **CAPÍTULO I. GENERALIDADES**

A continuación, se detallan los aspectos generales de la investigación, así como, la relevancia de la investigación para el sector industrial y académico.

### **1.1 Introducción**

La industria láctea es un subsector de la agroindustria que utiliza como materia prima la leche procedente de vacas y cabras. Las plantas procesan la leche y elaboran derivados como la mantequilla, yogurt, queso, leche en polvo y suero. Estas industrias hacen uso de grandes cantidades de agua para los procesos donde se genera aproximadamente 3 L de agua residual por litro de leche procesada siendo el 80 a 95 % de agua total (Álvaro Arango Ruiz, 2007).

Las aguas residuales industriales se caracterizan por poseer químicos tanto orgánicos como inorgánicos. Su aspecto principal de contaminación es por productos orgánicos: aceites, grasas, fósforo, nitrógeno y sólidos suspendidos, contienen una alta concentración de DBO<sub>5</sub> del orden de 4,000 – 5,000 mgO<sub>2</sub>/L. Por tal razón, requieren un tratamiento adecuado para reducir los contaminantes, para evitar los riesgos en su descarga o reúso. Debido a su carácter biodegradable el tratamiento biológico es el principal método, a través, de los sistemas aerobios o anaerobios (Ruiz, 2007).

En Nicaragua, el control de la contaminación proveniente de las descargas de aguas residuales industriales se realiza por medio del Decreto 21-2017 y Norma técnica obligatoria nicaragüense para regular los sistemas de tratamientos de aguas residuales y su reúso (NTON 05-027-05) del MARENA en los cuales están establecidos los valores máximos permisibles de vertidos líquidos, generados por diferentes actividades domésticas e industriales (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, 2017).

Tomando en cuenta lo anterior, el objetivo de la investigación fue la **“Determinación de la biodegradación de contaminantes orgánicos y**

***nitrogenados, en la planta procesadora de productos lácteos La Montaña S.A, La Gateada, Chontales***” que se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas correspondientes a latitud: 11°5 9' 36.45" N y longitud: 84°48' 29.36"O.

La planta procesadora de lácteos La Montaña en sus instalaciones tiene una PTAR, de la siguiente manera: *Desarenador convencional de flujo horizontal - criba - reactor anaerobio, dos módulos a partir del reactor anaerobio compuesto por un humedal de flujo vertical y un humedal de flujo horizontal (en módulo a y modulo b)*. La planta actualmente es operada por una persona quien se encarga de llevar el control del pH y temperatura de cada una de las fases de operación.

En secuencia, se evaluó la remoción de cargas orgánicas y nitrogenadas de la PTAR, con el fin de conocer la calidad operacional de cada uno de los tipos de tratamiento. Inicialmente fue necesario como estudio preliminar, la determinación de las variaciones de caudal en el afluente y el efluente. También la determinación del funcionamiento operacional de la PTAR basados en los periodos de retención, logrando obtener eficiencias puntuales significativas en la remoción de cargas contaminantes en el efluente.

Finalmente se analizaron las concentraciones obtenidas del efluente, para verificar el cumplimiento de los límites máximos permisibles de vertido en el Decreto 21-2017 y NTON 05-027-05, además de analizar el balance de masa de la materia orgánica degradada en el reactor anaerobio.

## 1.2 Antecedentes

La planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa lácteos La Montaña inicia con filtros de medios sueltos (piedra bolón) en donde eran vertidas las aguas residuales. En el año 2000 por medio del proyecto ASTEC, bajo la coordinación y asesoría técnica de la empresa Sucher & Holzer Sucher y Holzer, así como, el Centro de Investigación y Estudios en Medio Ambiente (CIEMA - UNI) se implementó la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales con un arreglo: canal de entrada con rejillas – desarenador convencional de flujo horizontal – criba estática - digestor anaerobio discontinuo – humedal de flujo vertical – humedal de flujo horizontal.

La planta de tratamiento construida en el año 2000 tenía la capacidad de tratar las aguas residuales generadas del proceso de 30.28 m<sup>3</sup>/día con una producción de agua residual de 20 m<sup>3</sup>/día.

Actualmente, la empresa tiene un volumen de procesamiento de 130 m<sup>3</sup>/día, generando en los últimos años un incremento del 10% en empleo con un alto índice de exportaciones a los Estados Unidos, El Salvador, Guatemala, Costa Rica, y Nicaragua como venta local.

Desde su construcción en la PTAR no se le realizan obras de mejoras o mantenimiento tomando en consideración el aumento del caudal de aguas residuales.

### **1.3 Justificación**

En las plantas de tratamientos de aguas residuales una de las principales incógnitas es que pasa con los vertidos de agua con alto contenido de nutrientes y materia orgánica en cuerpos receptores, ya que los problemas ambientales generados por la presencia de cargas contaminantes son: el aumento de la acidez, el desarrollo de eutrofización y el aumento de las concentraciones hasta niveles tóxicos que limitan su uso principalmente como fuentes de agua para consumo humano o en agricultura.

La eutrofización es el proceso de contaminación más importante y para evitar esto en Nicaragua existen normas que rigen el cumplimiento de estos vertidos en plantas de tratamiento de agua residual.

Pese a todo lo anterior descrito, el presente trabajo tiene como propósito evaluar y verificar el cumplimiento de estas normas mediante la determinación de la eficiencia del sistema en cada una de las unidades de tratamiento de la PTAR de la empresa procesadora de productos lácteos La Montaña S.A, por medio de la determinación de caudales en diferentes etapas del sistema, se logrará determinar los periodos de retención, y de la toma de muestras compuestas, se determinará la carga orgánica removida a lo largo del sistema y así conocer el correcto o mal funcionamiento del sistema, lo cual ayudará a nuevas disposiciones técnicas que contribuirá a obtener mejores resultados en las operaciones.

Este estudio es de gran importancia para la empresa, ya que actualmente no existen obras de mejoras o mantenimiento y no se han realizado evaluaciones a las cargas contaminantes que se descargan en efluente, es por ello que este estudio servirá de soporte técnico para la toma de decisiones de mejoras y así evitar fuertes contaminaciones al cuerpo receptor del sistema.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Determinación de la biodegradación de contaminantes orgánicos y nitrogenados, en la planta de tratamiento de aguas residuales industriales lácteos La Montaña S.A.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

1. Determinar las variaciones de caudal en el afluente y efluente del sistema de tratamiento con el fin de elaborar hidrogramas de aguas residuales.
2. Determinación de la carga orgánica producida en la planta de industria láctea La Montaña S.A que es descargada en efluente.
3. Determinación de la carga de nutrientes producida en la planta de industria láctea La Montaña S.A que es descargada en efluente.
4. Determinar el funcionamiento operacional de la planta La Montaña S.A en el manejo de las aguas residuales proveniente del proceso industrial.
5. Analizar las concentraciones obtenidas de los muestreos compuestos para verificar el cumplimiento de los límites máximos permisibles de vertido del Decreto 21-2017 y NTON 05-027-05.
6. Interpretar la degradación de la ruta metabólica de la materia orgánica en un proceso anaeróbico.



## **Capítulo II. Marco teórico**

***“El cambio climático es un problema terrible que necesita ser resuelto. Merece una gran prioridad”***



## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

Para el desarrollo del estudio se tuvo en cuenta algunos aspectos que están directamente relacionados con la planta de tratamiento que se evaluó, así como, la función de estos como parte fundamental de los tratamientos de depuración de las aguas residuales de la industria láctea.

### **2.1 Aguas residuales industriales**

#### **2.1.1 Generalidades**

Las aguas residuales industriales son una mezcla compleja que contienen agua (por lo común más de 99%) mezclada con contaminantes orgánicos e inorgánicos tanto en suspensión como disueltos. La concentración de estos contaminantes normalmente se expresa en mg/L, esto es, miligramos de contaminante por litro de la mezcla.

Esta es una relación de peso/volumen que se emplea para indicar concentraciones de componentes de agua, aguas residuales, desperdicios industriales y otras soluciones diluidas (J. Glynn Henry & Heinke, 1999).

Como en la mayoría de las empresas del sector agroalimentario, las industrias lácteas consumen diariamente grandes cantidades de agua en sus procesos, especialmente para mantener las condiciones higiénicas y sanitarias requeridas por la calidad e inocuidad que deben poseer los productos, estas aguas suelen tener la particularidad de alto contenido graso y nitrógeno elevado (de ahí la necesidad de procesos de nitrificación y desnitrificación), y alto contenido de fósforo.

#### **2.1.2 Carga orgánica**

Es la cantidad de materia orgánica, generalmente medida como DBO<sub>5</sub> o DQO, aplicada a un proceso de tratamiento dado; expresada como peso por unidad de tiempo, por unidad de superficie o por unidad de peso (Programa de Apoyo a la Mejora del Clima de Negocios e Inversiones en Nicaragua, 2010).

Además, se define como el contenido de compuestos de carbono en un efluente, cualquiera sea su origen. Dichos compuestos de carbono son estructuras químicas (moléculas) donde el carbono está enlazado a hidrógeno y otros elementos como azufre, oxígeno, nitrógeno, fósforo y cloro, entre otros (Noti Jenck, 2013).

### **2.1.3 Biodegradación de materia orgánica**

Es el resultado de los procesos de digestión, asimilación y metabolización de un compuesto orgánico llevado a cabo por bacterias, hongos, protozoos y otros organismos. La biodegradación es un proceso natural, ventajoso no sólo por permitir la eliminación de compuestos nocivos impidiendo su concentración, sino que además es indispensable para el reciclaje de los elementos en la biosfera, permitiendo la restitución de elementos esenciales en la formación y crecimiento de los organismos (carbohidratos, lípidos y proteínas).

La degradación puede llevarse a cabo en presencia de oxígeno (aeróbica) o en su ausencia (anaeróbica) (Mendoza, 2014).

### **2.1.4 Biodegradación del Nitrógeno**

El Nitrógeno está presente en las aguas residuales fundamentalmente en forma reducida, como nitrógeno amoniacal y nitrógeno orgánico: urea, aminoácidos, proteína, ácidos nucleicos y algunos compuestos heterocíclicos nitrogenados. Durante la oxidación biológica del carbono orgánico gran parte del nitrógeno orgánico es convertido en nitrógeno amoniacal. Este proceso se conoce como amonificación.

Para conseguir la eliminación de nitrógeno amoniacal es necesaria la presencia en el proceso biológico de depuración de microorganismos específicos que dan lugar a los procesos de nitrificación-desnitrificación.

### 2.1.5 La nitrificación

El término nitrificación describe el proceso biológico mediante el cual el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) se oxidan a nitrito y subsecuentemente a nitrato.

A manera de simplificación, la ecuación se expresa en términos de  $\text{NH}_4^+-\text{N}$ . El proceso de nitrificación se lleva a cabo por un grupo específico de organismos quimiótrofos con un comportamiento que difiere significativamente del de los organismos heterótrofos ordinarios (OHOs).

Por ejemplo, mientras que los OHOs utilizan los mismos compuestos orgánicos como fuente de carbono y energía (catabolismo) para la síntesis de nueva biomasa (anabolismo), los organismos autótrofos nitrificantes utilizan como fuente de carbón al  $\text{CO}_2$  disuelto y como fuente de energía para la síntesis de nueva biomasa (anabolismo) a la energía liberada de la oxidación de amonio a nitrito y nitrito a nitrato (catabolismo) (Henze, 2012).

Para entender el proceso de nitrificación se debe tener en cuenta las reacciones que realizan dos grandes procesos de la metabolización microbiana, tales como:

- ✓ **Catabolismo:** es una reacción redox en que el transporte de electrones desde el donante al aceptor de electrones genera una fuerza motriz de protones.
  
- ✓ **Anabolismo:** en este caso las reacciones anabólicas utilizan la energía del catabolismo para la síntesis de los componentes celulares a partir de fuentes de carbono y otros nutrientes.

Para que la producción de energía pueda llevarse a cabo, se requiere la presencia de un donador y un aceptor de electrones. Un compuesto reducido actúa como el donador de electrones (por ejemplo, materia orgánica o amonio), mientras que un compuesto oxidado actúa como el aceptor de electrones, por ejemplo, oxígeno o nitrato.

De manera general, se considera que la nitrificación ocurre a través de dos pasos secuenciales de oxidación:(a) de amonio a nitrito debido a la actividad de los organismos oxidantes del amoníaco (AOOs), y (b) de nitrito a nitrato a través de la actividad de organismos oxidantes de nitritos (NOOs). Otro punto muy fundamental en la nitrificación es el tipo de bacteria, ya que, los tipos de bacterias que median el proceso de nitrificación son Nitro somas y Nitrobacter (Henze, 2012).

### **2.1.1 La desnitrificación**

Una vez que ocurre la nitrificación, es posible llevar a cabo la remoción biológica de nitrógeno mediante desnitrificación. La nitrificación es un prerequisite de la desnitrificación, y sin ésta la remoción biológica de nitrógeno no sería posible. Debido a que los organismos nitrificantes son aerobios estrictos, la nitrificación no se lleva a cabo en las zonas no aireadas, por lo que para compensar esta situación es necesario incrementar la edad de lodos del sistema, debido a esto los tiempos de arranques son lentos en los tratamientos anaerobios (Henze, 2012).

La desnitrificación se lleva a cabo por microorganismos desnitrificantes, es decir, por bacterias quimio heterótrofas, las cuales son capaces de oxidar la materia orgánica con nitrato ( $\text{NO}_2$ ). El nitrato es entonces convertido, vía nitrito y óxido de nitrógeno, en nitrógeno molecular ( $\text{N}_2$ ).

Por lo general, los microorganismos desnitrificantes prefieren el oxígeno como aceptor de electrones, debido a que, este último compuesto produce una mayor cantidad de energía (Henze, 2012).

En sistemas con remoción biológica de nitrógeno, se remueve transfiriéndolo de la fase líquida tanto a la fase sólida como a la fase gaseosa. Alrededor del 20% del N en el afluente se incorpora a la masa de lodos, pero la mayor parte de N, alrededor del 75% se remueve por transferencia a la fase gaseosa a través del proceso de nitrificación-desnitrificación cuando se alcanza una desnitrificación completa.

Se debe tener en cuenta que, durante la desnitrificación, el nitrógeno se transfiere de la fase líquida a la fase gaseosa y escapa a la atmósfera. Si se logra una desnitrificación completa, una fracción relativamente pequeña del NTK en el afluente (~5%) permanece en la fase líquida y escapa como nitrógeno total (NTK + nitratos) en el efluente (Henze, 2012).

## **2.1.6 Características de las aguas residuales**

### **2.1.1.1 Características físicas**

#### a) Olor

El olor más característico del agua residual es debido a la presencia del sulfuro de hidrógeno que se produce al reducirse los sulfatos a sulfitos por acción de microorganismos anaerobios. Las aguas residuales industriales pueden contener compuestos olorosos en sí mismos, o compuestos con tendencia a producir olores durante los diferentes procesos de tratamiento (Reverte , 1991).

#### b) Temperatura

La temperatura óptima para el desarrollo de la actividad bacteriana se sitúa entre los 25 y los 35 °C. Los procesos de digestión aerobia y de nitrificación se detienen cuando se alcanzan los 50 °C. A temperaturas de alrededor de 15 °C, las bacterias productoras de metano cesan su actividad, mientras que las bacterias nitrificantes autótrofas dejan de actuar cuando la temperatura alcanza valores cercanos a los 5 °C (Metcalf-Eddy, 2003).

#### c) Densidad

Se define la densidad de un agua residual como su masa por unidad de volumen, expresada en kg/m<sup>3</sup>. Es una característica física importante del agua residual dado que de ella depende la potencial formación de corrientes de densidad en fangos de sedimentación y otras instalaciones de tratamiento (Ramalho R, 1995).

#### d) Color

Color de un agua puede clasificarse en verdadera o real cuando se debe sólo a las sustancias que tiene en solución, y aparente cuando su color es debido a las sustancias que tiene en suspensión. Los colores real y aparente son casi idénticos en el agua clara y en aguas de escasa turbidez.

La coloración de un agua se compara con la de soluciones de referencia de platino-cobalto en tubos colorimétricos, o bien con discos de vidrio coloreados calibrados según los patrones mencionados (Programa de Apoyo a la Mejora del Clima de Negocios e Inversiones en Nicaragua, 2010).

#### e) Turbiedad

La turbiedad, como medida de las propiedades de transmisión de la luz de un agua, es otro parámetro que se emplea para indicar la calidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión. La medición de la turbiedad se lleva a cabo mediante la comparación entre la intensidad de la luz dispersada en la muestra y la intensidad registrada en una suspensión de referencia en las mismas condiciones (Ramalho R, 1995).

### 2.1.1.2 Características químicas

#### a) Potencial de hidrógeno (pH)

Las aguas residuales de la industria láctea generalmente son neutras o poco alcalinas, pero tienen tendencia a volverse ácidas muy rápidamente a causa de la fermentación del azúcar de la leche produciendo ácido láctico, sobre todo en ausencia de oxígeno y la formación simultánea de ácido butírico, descendiendo el pH a 4.5 – 5.0 (Sousa, 2018). El pH para tratar el AR proveniente de una industria láctea oscila de 7.0 - 9.0.

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

Determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua residual, bajo condiciones específicas de agente oxidante,

temperatura y tiempo. La composición de las aguas de la industria láctea incluye sustancias orgánicas disueltas como la lactosa, sales minerales y suspensiones coloidales de proteínas (caseína, albúminas, y globulinas) (Oviedo, 2003).

#### c) Nutrientes en las aguas residuales

Las aguas residuales también contienen nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, que son elementos esenciales que las AR producen. A menudo estas aguas no cuentan con el nivel suficiente de nutrientes de nitrógeno (N) y fósforo (P) para que las comunidades microbianas desarrollen la actividad necesaria para la depuración biológica. Por lo tanto, resulta necesario aportar una cantidad adicional de hidrógeno y fósforo para que el sistema trabaje correctamente (Bers, 2014).

### **2.1.1.3 Características biológicas**

#### a) Bacterias

Las bacterias son responsables de la degradación y estabilización de la materia orgánica contenida en las aguas residuales. Su crecimiento ocurre por un pH entre 7.0 – 9.0 (Andres, perea, & Machado, 2016).

## **2.2 Tipos de tratamiento de aguas residuales**

### **2.2.1 Pretratamiento:**

Este pretratamiento tiene la finalidad de eliminar partículas contaminantes suspendidas gruesas (borona, papeles, bolsas plásticas, cartón, todo tipo de basura flotante). Se trata de un tratamiento previo, diseñado para remover partículas grandes, ya sea que floten o se sedimenten, antes de que lleguen a las unidades de tratamiento posteriores. Aquí se emplean mayoritariamente rejillas y tamices (Programa de Apoyo a la Mejora del Clima de Negocios e Inversiones en Nicaragua, 2010).

### **2.2.1.1 Canal de entrada con rejillas**

Remueve los contaminantes gruesos procedentes de la corriente para proteger de posibles daños la operación y las unidades siguientes.

### **2.2.1.2 Desarenador**

La función del desarenador es remover arenas, gravas, partículas u otro material solido pesado que no se hayan quedado retenidas en las rejillas y que tienen un diámetro de acuerdo a criterios de diseño a 0.20mm, además, que tenga velocidad de asentamiento o peso específico bastante mayor que el de los sólidos orgánicos presentes en el agua.

El papel del desarenado es proteger equipos de daños físicos abrasivos, evitar la deposición de materiales pesados en la tubería, canales y conductos, reducir la frecuencia de limpieza de los equipos de tratamiento secundario por acumulación de material inerte (Programa de Apoyo a la Mejora del Clima de Negocios e Inversiones en Nicaragua, 2010).

### **2.2.1.3 Criba**

Es un proceso que separa los materiales de acuerdo a su tamaño de partícula individual, esto provoca que las partículas más pequeñas que el tamaño de las aberturas (del medio de cribado) pasen a través de ellas como finos y que las partículas más grandes sean acarreadas como residuos, (Migel & Ortíz, 2014).

## **2.2.2 Tratamiento primario:**

En este tratamiento se trata de reducir el contenido de materia orgánica acelerando los procesos biológicos naturales. En esta fase se eliminan las partículas coloidales y similares. Puede incluir procesos biológicos y químicos. El tipo de tratamiento más empleado es el biológico, en el que se facilita que bacterias digieran la materia orgánica que llevan las aguas (Programa de Apoyo a la Mejora del Clima de Negocios e Inversiones en Nicaragua, 2010).

### **2.2.2.1 Tanque de homogenización**

En plantas de tratamiento de aguas residuales las variaciones de caudal son considerables; ya que los valores máximos y promedio además de la carga contaminante hacen indispensable el uso de tanques reguladores de caudal. El tanque de homogenización consiste en homogenizar y cumplir con la estabilización del flujo, almacenando el efluente temporalmente, de manera que se alcance un caudal de salida constante (Programa de Apoyo a la Mejora del Clima de Negocios e Inversiones en Nicaragua, 2010).

### **2.2.2.2 Reactor anaerobio**

El reactor anaerobio funciona como un proceso biológico en el que la materia orgánica en ausencia de oxígeno y mediante la acción de un grupo de bacterias específicas se descompone en estado gaseoso o biogás (metano  $\text{CH}_4$ , Dióxido de carbono  $\text{CO}_2$ ), esta relación de gases debe estar en un valor de 60-40%. Este tipo de reactor opera en discontinuo y se dan todos los procesos en el mismo tanque de forma secuencial en el tiempo.

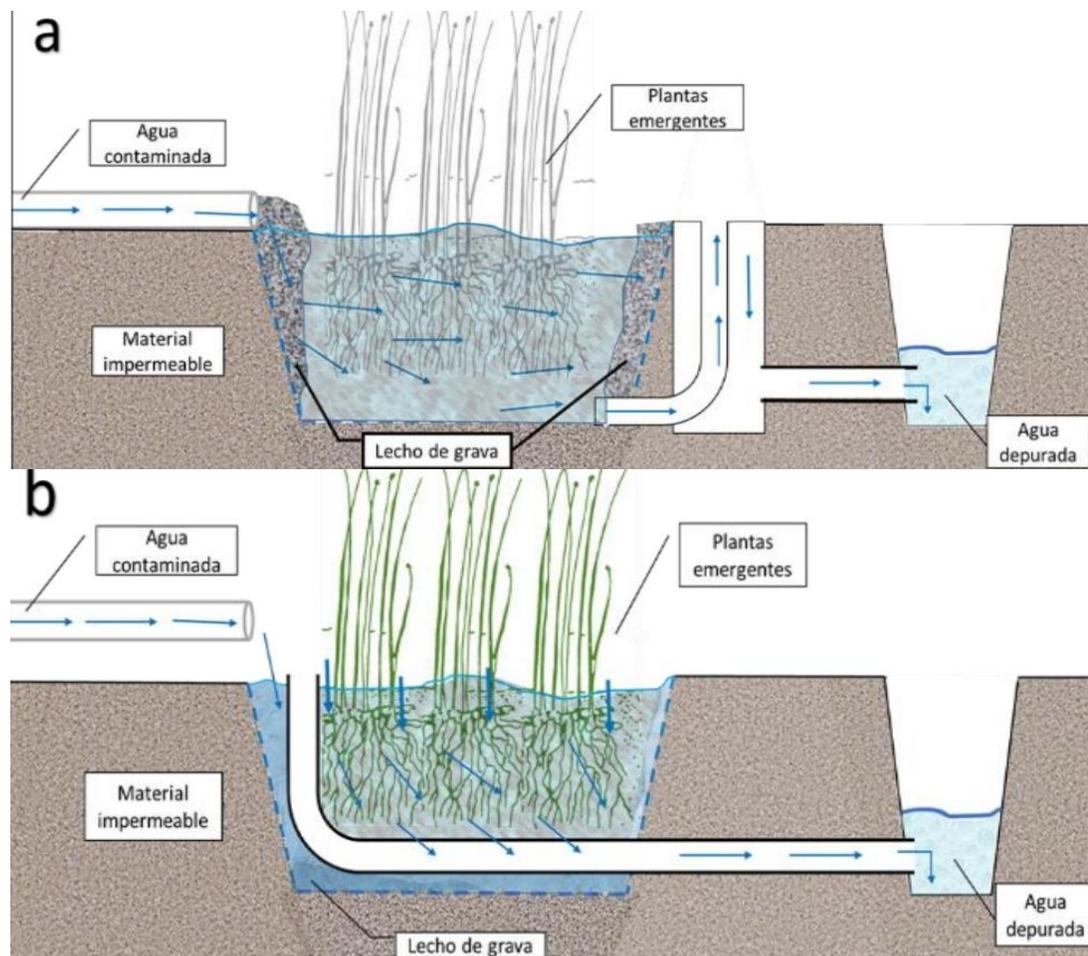
### **2.2.3 Tratamiento secundario:**

Se emplean tratamientos físicos y químicos con los que se consigue eliminar de las aguas contaminantes concretos como: fósforo, nitrógeno, minerales, compuestos orgánicos, entre otros.

Los humedales construidos son porciones de terreno específicamente proyectados para actuar en la purificación de efluentes líquidos. Hay dos tipos de humedales construidos: los de flujo superficial de agua y aquellos con flujo subsuperficial, además son sistemas simples y a la vez muy complejos porque incorporan diversos aspectos tales como: remoción de nutrientes, (nitrificación y desnitrificación), (Programa de Apoyo a la Mejora del Clima de Negocios e Inversiones en Nicaragua, 2010).

Las plantas de los humedales, remueven nutrientes (nitrógeno y fósforo) para la producción de biomasa a través de absorción y asimilación. Estos sistemas tienen la habilidad única de transportar oxígeno para permitir que las raíces crezcan en medios anaerobios. Además, de llevar el oxígeno a las plantas, este oxígeno es liberado en el medio del agua y suelo circundantes incrementando de esta forma la capacidad del sistema para la descomposición aerobia de los contaminantes (Alarcón Herrera, Martínez, Lara-Borrero, & Vidal, 2018). Los humedales de flujo subsuperficial enraizados emergentes tienen una subclasificación de acuerdo al flujo de agua. En la figura 1a se puede observar un humedal de flujo horizontal (a) y en la 1b se observa un humedal de flujo vertical (b).

**Figura 1:** Humedal de flujo horizontal (a), humedal de flujo vertical (b)



**Fuente:** Alarcón Herrera, Martínez, Lara-Borrero, & Vidal, 2018

### **2.2.3.1 Humedales de flujo horizontal**

En los humedales de flujo subsuperficial horizontal el agua circula horizontalmente a través del sustrato de manera continua al ser aplicada en la parte superior de un extremo y recogida por un tubo de drenaje en la parte opuesta inferior, favoreciendo las condiciones anaerobias al mantenerse el nivel del agua por debajo del medio (Alarcón Herrera, Martínez, Lara-Borrero, & Vidal, 2018). Ver figura 1a.

### **2.1.1.1 Humedales de flujo vertical**

En los humedales de flujo subsuperficial vertical, el agua circula verticalmente a través del medio de manera intermitente y en ellos se reciben las aguas residuales de arriba hacia abajo, a través de un sistema de tuberías de conducción de agua, favoreciendo la aireación y por tanto se dan condiciones aerobias.

Estos humedales tienen la ventaja de que nitrifican, es decir, pasan el nitrógeno amoniacal a nitritos y nitratos y en algunos países este paso es requisito en el tratamiento de aguas (Alarcón Herrera, Martínez, Lara-Borrero, & Vidal, 2018), ver figura 1 b.

### **2.1.1.2 Lecho de secado de lodos**

Este elemento del sistema funciona como la recepción de los lodos estabilizados provenientes de las diferentes unidades depuración del sistema de tratamiento, como rejillas, desarenador, tamiz estático, tanque de homogenización, digester anaerobio, entre otros, son el método de deshidratación de lodo más empleado, las principales ventajas son su bajo costo, el escaso mantenimiento que precisan, y el elevado contenido en sólidos que producen (Programa de Apoyo a la Mejora del Clima de Negocios e Inversiones en Nicaragua, 2010).

## 2.2 Eutrofización

Proceso natural y/o antropogénico que consiste en el enriquecimiento de las aguas con nutrientes, a un ritmo tal que no puede ser compensado por la mineralización total (la mineralización, también llamada amonificación, es la asimilación biológica de compuestos orgánicos que convierte N a  $\text{NH}_4$ , de manera que la descomposición del exceso de materia orgánica produce una disminución del oxígeno en las aguas profundas (Alarcón Herrera, Martínez, Lara-Borrero, & Vidal, 2018). Sus efectos pueden interferir de modo importante con los distintos usos que el hombre puede hacer de los recursos acuáticos (abastecimiento de agua potable, riego, recreación, entre otros).

Las masas de agua eutróficas tienen un alto nivel de productividad y de biomasa en todos los niveles tróficos; proliferan las algas, tienen aguas profundas pobres en oxígeno y un crecimiento intenso de las plantas acuáticas. En contraste, los cuerpos de agua oligotróficos, poseen concentraciones bajas de nutrientes, poseen mayor diversidad en las comunidades de plantas y animales, un bajo nivel de productividad primaria y de biomasa y una buena calidad del agua para distintos usos.

Los factores que afectan el grado de eutrofización son:

- ✓ Clima: los climas cálidos favorecen el proceso.
- ✓ Cuerpos de agua poco profundos y/o de bajo caudal son más propicios para el desarrollo del proceso
- ✓ Área de drenaje: la poca cubierta arbórea sujeta a precipitaciones abundantes favorece la erosión y el arrastre de nutrientes hacia el cuerpo de agua
- ✓ Geología: en áreas de drenaje donde predominan rocas sedimentarias hay mayor aporte de fósforo por escorrentía. Los suelos arcillosos drenan pobremente y también favorecen la escorrentía y consecuentemente el aporte de nutrientes.

Las causas de la eutrofización pueden ser:

a) Naturales:

- ✓ Aportes atmosféricos: precipitación.
- ✓ Re suspensión de los sedimentos del fondo.
- ✓ Liberación desde los sedimentos anóxicos.
- ✓ Descomposición y excreción de organismos.
- ✓ Fijación de nitrógeno por microorganismos.

b) Antropogénicas:

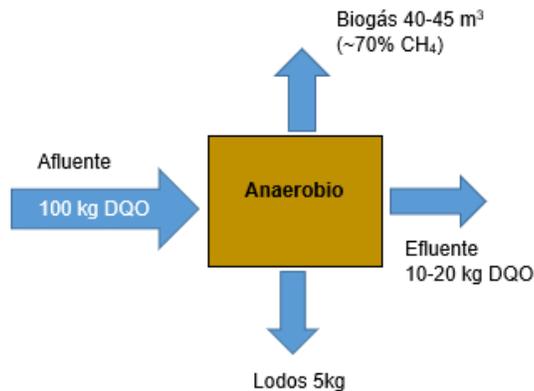
- ✓ Vertidos de residuos industriales, agrícolas, urbanos y de plantas de tratamiento.
- ✓ Deforestación que aumenta la erosión y disminuye el reciclaje de nutrientes en la cuenca, aumentando su ingreso al cuerpo de agua.
- ✓ Fertilizantes aplicados en exceso.
- ✓ Aguas residuales de granjas (silos, tambos).
- ✓ Tanques sépticos.
- ✓ Uso de detergentes con grandes cantidades de fósforo.
- ✓ Aporte de contaminantes por agua de lluvia.
- ✓ Sistema de alcantarilla do de ciudades y pueblos.

### 2.3 Digestión anaerobia

El proceso de fermentación en el cual se degrada la materia orgánica y se produce biogás (compuesto principalmente por metano y dióxido de carbono), se conoce como **digestión anaerobia**. Este suele ser el caso de reactores, de pantanos, sedimentos de lagos o lagunas, vertederos municipales o inclusive alcantarillas municipales.

En la figura 2 se muestran las transformaciones metabólicas de la materia orgánica en un proceso anaeróbico.

**Figura 2:** Balance de masas de materia orgánica



Fuente: Henze, 2012

Se puede observar en la figura 2 la degradación de materia orgánica con respecto a la DQO, en la que un 70% de cada 100 kg DQO es convertida a metano (CH<sub>4</sub>), a su vez, 5kg en lodos y de 10-20 kg DQO en efluente. Esto debido a que la digestión anaerobia es un proceso de transformación de la materia orgánica. Sabiendo que no hay presencia de oxidantes en el proceso, la capacidad de electrones de la materia orgánica permanece intacta en el metano producido.

En las reacciones bioquímicas que ocurren en la digestión anaerobias, solo una parte de la energía es liberada, mientras que la mayor parte de esa energía permanece como energía química del metano producido. Se debe de tomar en cuenta que una mínima parte de la DQO es convertida en lodo (3 a 10%).

### 2.3.1 Bioquímica de la digestión anaerobia

La degradación anaerobia del material orgánico es un proceso dado en multietapas formando reacciones en serie y en paralelo, llevadas a cabo, en cuatro etapas sucesivas, conocidas como: Hidrolisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis.

El proceso de digestión anaerobia involucra una compleja red trófica, en la cual la materia orgánica se degrada secuencialmente por una gran variedad de microorganismos. El consorcio microbiano involucrado en conjunto convierte la

materia orgánica y finalmente es mineralizada a metano ( $\text{CH}_4$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), amonio ( $\text{NH}_3$ ), ácido sulfhídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

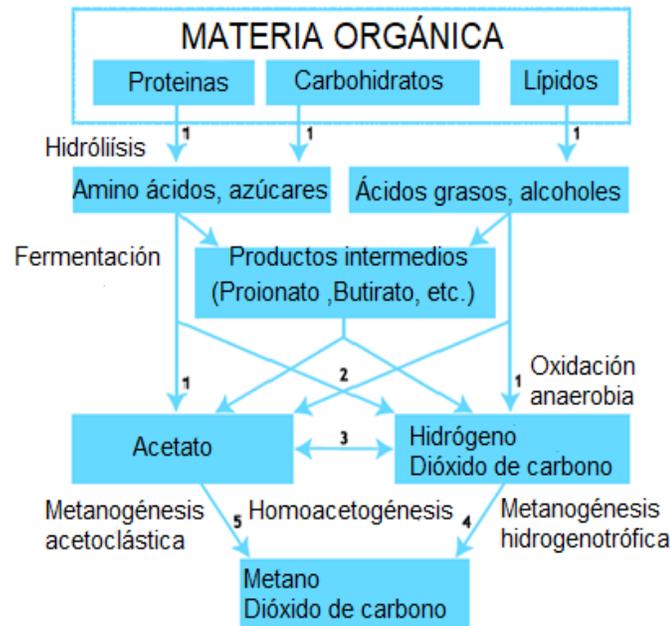
El ecosistema anaerobio es el resultado de complejas interacciones entre microorganismos de varias especies. Los grupos de bacterias principales y las reacciones que se llevan a cabo son: (1) bacterias fermentativas, (2) bacterias acetogénicas productoras de hidrógeno, (3) bacterias acetogénicas consumidoras de hidrógeno, (4) reductores de dióxido de carbono, y (5) metanógenos acetoclásticos. Las reacciones que cada uno de ellos realizan, se muestran en la figura 3 (Henze, 2012).

La bioquímica de la digestión anaerobia se puede dar en las siguientes etapas: pasos:

- 1) *Hidrólisis*, en donde las enzimas excretadas por las bacterias fermentativas (llamadas “exo-enzimas”) convierten el material complejo no disuelto en compuestos disueltos menos complejos, que pueden pasar a través de las paredes y membranas celulares de las bacterias fermentativas.
- 2) *Acidogénesis*, en donde los compuestos disueltos presentes en las células de las bacterias fermentativas, son convertidos en compuestos simples, los cuales son excretados. Los compuestos producidos durante esta fase incluyen ácidos grasos volátiles (AGVs), alcoholes, ácido láctico,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{NH}_3$  y  $\text{H}_2\text{S}$ , así como también material celular nuevo.
- 3) *Acetogénesis* (producción intermedia de ácido), en donde los productos de la digestión son transformados a acetato, hidrógeno ( $\text{H}_2$ ) y  $\text{CO}_2$ .
- 4) *Metanogénesis*, en donde el acetato, bicarbonato, ácido fórmico o metanol son convertidos a metano,  $\text{CO}_2$  y nuevo material celular.

En la figura 3 se pueden observar que los números ubicados en la parte inferior de cada recuadro corresponden a un grupo de bacterias involucradas: 1 Bacterias hidrolíticas y fermentativas, 2. Bacterias acetogénicas, 3. Bacterias homoacetogénicas, 4. Metanógeno hidrogeno tróficos, 5. Metanógenos.

**Figura 3:** Reacciones bioquímicas en la digestión anaerobia de AR



Fuente: Henze, 2012

## 2.4 Eficiencia del sistema

Es el porcentaje de remoción, de la concentración o carga contaminante de un parámetro específico, que se remueve en una planta de tratamiento (Programa de Apoyo a la Mejora del Clima de Negocios e Inversiones en Nicaragua, 2010).

## 2.5 Regulaciones ambientales

### 2.5.1 Decreto 21-2017

Tiene por objeto establecer las disposiciones en materia de regulación del vertido de aguas residuales provenientes de actividades domésticas, industriales, comerciales, agroindustriales y de servicio a cuerpos receptores y alcantarillado sanitario, mediante el establecimiento de límites o rangos máximos permisibles de vertidos, todo de conformidad al mandato de la Ley No. 217, Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales y su Reglamento (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, 2017).

### **2.5.2 Norma técnica obligatoria para regular los sistemas de tratamiento de las aguas residuales y su reúso**

Esta norma tiene por objeto establecer las disposiciones y regulaciones técnicas y ambientales para la ubicación, operación y mantenimiento, manejo y disposición final de los desechos líquidos y sólidos generados por los sistemas de tratamiento de las aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias; incluyendo el reúso de las aguas tratadas (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, 2006).

### **2.6 Balance de masa**

Un balance de masa es la comprobación cuantitativa entre productos o masas usadas en la entrada, y los productos y residuos de salida de un proceso.

En un proceso industrial, también llamado operación unitaria, se tienen como resultado productos y residuos. En la figura 2 se muestra el concepto de entradas y salidas de un proceso industrial. Cuando el proceso industrial incluye agua, es recomendable llevar a cabo un balance solo para el agua; lo anterior, con el propósito de determinar el efecto de la separación de descargas, volúmenes y concentración de contaminantes: la separación de descargas disminuye el caudal y los costos de tratamiento.

Los beneficios de establecer un balance de masa aplicado a las aguas residuales de proceso son: eliminar o reducir el costo por pago de derechos en la descarga de aguas residuales al sistema de tuberías; proteger el sistema de proceso de la planta de tratamiento; control en el vertido de metales pesados al sistema de drenaje: estos inhiben el tratamiento biológico de la planta; se evita la corrosión de tuberías y equipo debido a las condiciones ácidas en las aguas residuales, y finalmente, es posible la disposición adecuada de los lodos (Sáens, 2015).



## **Capítulo III. Diseño Metodológico**

***“Los humanos producen tanta basura que la naturaleza es incapaz de digerir”***



## CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO

A continuación, se presentan las diferentes etapas en las que se desarrolló la investigación considerando el cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos propuestos.

### 3.1 Tipos de investigación

Según Hernández, Fernández y Baptista (2018); Dankhe (1986), existen cuatro tipos de investigación; exploratorios, descriptivos, correlacionales y explicativos. En este caso se explicarán los tipos de investigación que se utilizarán.

- **Descriptivo:** se describen rutas metabólicas de degradación de materia orgánica que será transformada en los procesos biológicos, es decir cómo se transforma la materia y sirve de sustrato para diversos microorganismos. Se tomarán como indicadores de materia orgánica la DQO y como nutrientes el nitrógeno total en humedales.
- **Cuantitativa:** Se realizarán las cuantificaciones de las concentraciones de diversos contaminantes de las aguas residuales, obtenido de los resultados de laboratorio: pH, temperatura, nitrógeno total. Así como, la cuantificación de caudales por métodos volumétricos.
- **Correlacional:** La utilidad y el propósito principal de este enfoque será saber cómo se comportaron las variables ambientales (temperatura y precipitaciones) con respecto a las concentraciones de aguas residuales (DQO, NT).
- **De corte transversal:** Debido a que se analizaran variables en un tiempo determinado, comprendido desde julio hasta agosto.

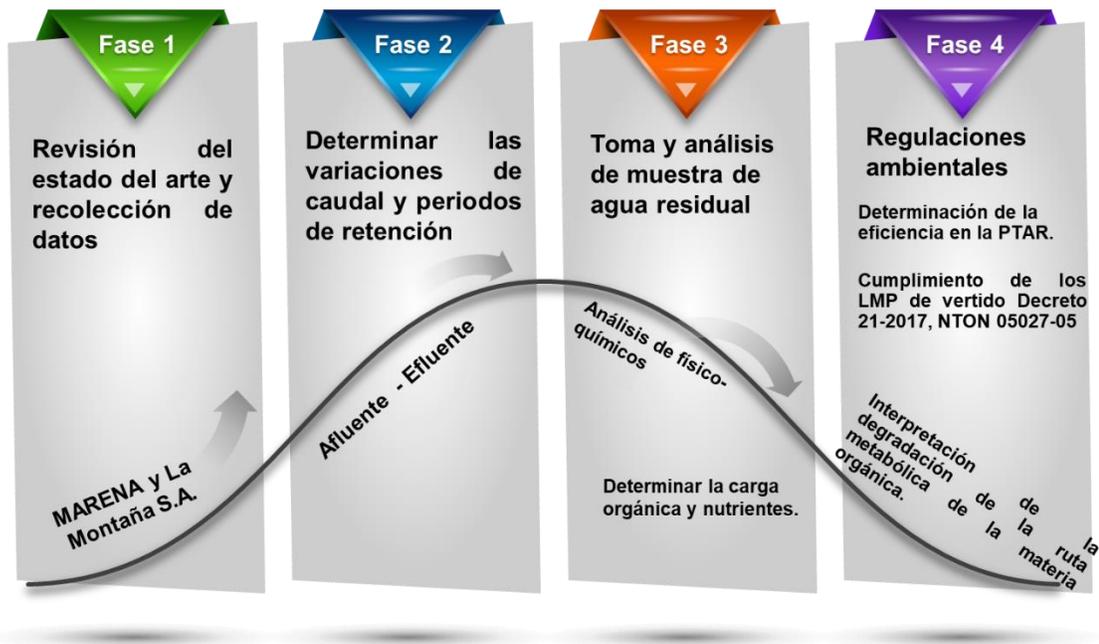
De acuerdo a Fernández et al. (2017) una investigación puede tener una combinación de los diferentes tipos de enfoques, pero nunca podrá ser básicamente de un solo tipo, sino que siempre tendrá elementos de alguno de los

otros tipos de enfoques. Es por esta razón que la investigación es de enfoque mixto.

### 3.2 Procedimiento de investigación

El procedimiento de investigación se muestra en la figura 4, el cual se divide en cuatro fases que serán abordadas, a continuación, para lograr los objetivos propuestos.

**Figura 4:** Fases del procedimiento de investigación



### 3.3 Fase 1: Revisión del estado del arte y recolección de datos

En relación con la fase uno se realizó una revisión bibliográfica muy minuciosa, entrevistas e investigaciones dentro de La Montaña S.A. y MARENA. Esta fase tuvo como objetivo conocer, actualizar y verificar información referente al tema, sus antecedentes, definiciones, terminologías, descripciones, entre otros.

De esta manera, permitió explicar la importancia del estudio y sus aportes tanto a la sociedad y, a la empresa. Se realizó observación in situ, para identificar todos los procesos unitarios que conforman la PTAR de lácteos La Montaña S.A. Haciendo énfasis en la carga orgánica y nutrientes.

Las herramientas de recolección de datos se detallan a continuación:

Esta fase se realizó con el fin de conocer a fondo el problema y las posibles formas de enfrentarlo, desde la perspectiva de la remoción de la carga orgánica y nutrientes abarcando los siguientes aspectos:

- ✓ Reconocimiento del campo de trabajo.
- ✓ Ubicación de los puntos de muestreos y medición del caudal.
- ✓ Preparación de materiales, y maleta de campo.
- ✓ Diagnóstico operacional y funcional de la PTAR.

### 3.3.1 Área del sitio

El sitio de estudio de la PTAR perteneciente a La Montaña S.A se encuentra ubicado en el km 217 carretera Managua-Rama en la localidad de La Gateada, departamento de Chontales, en Nicaragua. Sus coordenadas geográficas son 11°59' 36.45"N y 84°48' 29.36"O a una altitud de 416 msnm y una temperatura promedio de 25°C.

La PTAR, se encuentra situada al oeste de la planta láctea La Montaña S.A, al este y al sur con terrenos destinados a ganadería, y al norte se encuentra la carretera principal de Managua-Rama (Medina M. , 2000).

En la figura 5, se puede observar la macro y micro localización de la PTAR de lácteos La Montaña S.A.

**Figura 5:** Macro y micro localización



### **3.3.2 Servicios básicos de Lácteos La Montaña S.A en La Gateada, Chontales**

En el caso del servicio básico de energía eléctrica, la planta está conectada a la energía pública a cargo de la Empresa Unión Fenosa, DISNORTE-DISSUR, la cual provee 450 Kw/hora y un generador diésel propiedad de la empresa, que genera 125 Kw/hora en caso de cualquier desabastecimiento por parte de la red pública.

La empresa se abastece de agua a partir de dos fuentes: una fuente superficial utilizando una represa con una capacidad de 72 m<sup>3</sup>/día y una fuente subterránea por medio de un pozo con una capacidad de 36 m<sup>3</sup>/día, el agua se bombea hacia un tanque de abastecimiento cercano a la empresa. En época de invierno (mayo a noviembre) la empresa también utiliza el agua de la lluvia, la cual se almacena en un tanque subterráneo con capacidad de 53 m<sup>3</sup> para su uso posterior.

El consumo estimado de agua mensual es de 2,498 m<sup>3</sup> los cuales se distribuyen para la limpieza de la planta 2,271.24 m<sup>3</sup> y para la gestión de vapor 227 m<sup>3</sup> (Medina M. , 2000).

### **3.3.3 Actividad económica**

El municipio de Villa Sandino tiene como principal rubro económico la ganadería, con tres empresas que procesan alrededor de 3, 900,000 litros de leche mensual proveniente de los productores de las zonas aledañas, su producción se concentra en los siguientes subproductos: queso morolique, queso fresco, quesos pasteurizados, quesos madurados, quesillos y crema, los cuales son vendidos en su totalidad.

### **3.3.4 Descripción de la planta de procesamiento**

La Montaña S.A cuenta con diferentes tipos de procesos para la elaboración de sus productos, estos procesos generan las aguas residuales que la planta de

tratamiento recibe durante todo el día, actualmente cuenta con una distribución de áreas de proceso que están conectadas por medio de drenajes y tuberías subterráneas a la PTAR las cuales son detalladas a continuación:

**1. Área de acopio o recepción de leche:** Esta área está destinada para la recepción, almacenamiento y distribución de leche cruda hacia las áreas de proceso; se utilizan químicos tales como: jabón líquido industrial y cloro que son utilizados para la limpieza del área como tal; soda caustica y detergente ácido no fosforado para la limpieza de tanques y tuberías de acero inoxidable por donde fluye la leche, generando volúmenes de aguas con carga química y contaminantes biodegradables.

**2. Área de elaboración de quesillo:** En este sitio se elaboran cuatro tipos de quesillos que son exportados a Estados Unidos, El salvador y como venta local, el proceso inicia con una limpieza preoperacional antes de recibir la leche entre las siete y diez de la mañana, la cual es vertida en tinas de 2,400 L para separar la proteína del lactosuero y luego la proteína convertida en cuajada sea fundida en equipos de cocción. Para la limpieza se utiliza soda caustica y ácidos que eliminan los residuos que deja la leche en equipos y tuberías por medio de un lavado manual, jabón líquido industrial y cloro que son utilizados para la limpieza del área como tal.

**3. Área de elaboración de quesos:** En este lugar se elaboran ocho tipos de quesos que son exportados a Estados Unidos, El salvador, Guatemala, Costa Rica y como venta local. El Proceso inicia con una limpieza preoperacional del área, equipos, materiales y utensilios, una vez que se recibe la leche, pasa por el pasteurizador con el fin de eliminar o reducir la carga microbiana por medio del proceso térmico y es ingresada en tinas con capacidades de hasta 7,000 L luego es procesada para la extracción de la cuajada y esta sea prensada para la obtención del queso. Para la limpieza se utiliza soda caustica y ácidos que eliminan los residuos que deja la leche en equipos y tuberías por medio de un lavado CIP (circuito cerrado), para el lavado del lugar se utiliza una combinación

de jabón líquido y cloro, mientras que para los utensilios se utiliza detergente alcalino clorado ( HC-10) por método manual.

**4. Área de elaboración de crema:** En esta área se extrae la grasa de la leche para producir crema pasteurizada y crema cruda por medio de dos centrifugas, en estos procesos se utilizan diferentes químicos para limpieza de equipos por medio de un lavado CIP (circuito cerrado), para el lavado del lugar se utiliza una combinación de jabón líquido y cloro, mientras que para los utensilios se utiliza detergente alcalino clorado (HC-10) por método manual.

**5. Área de empaque:** Esta área está destinada para el sellado y embalaje de todos los productos que son elaborados en las distintas áreas. De acuerdo, a la sanitización, sus utensilios y equipos son lavados con una combinación de jabón líquido y cloro, mientras que la desinfección se realiza con ácido peracético.

**6. Área de Laboratorio de análisis físico-químico y microbiológico:** Esta área está destinada para los análisis de productos y determinar los parámetros de calidad e inocuidad de los productos para que puedan ser enviados hacia los consumidores. En esta área se utilizan diferentes químicos y reactivos que son vertidos en los drenajes que van hacia la PTAR.

En cuanto al vertido del lactosuero y agua residual, para que estos dos fluidos no se lleguen a mezclar, debido a que el suero posee un pH ácido de 5.8 - 6.6, se cuenta antes de la PTAR con tres cajas distribuidoras, conectadas a cada área de operación: acopio, área de queso, crema, quesillo, entre otros. El lactosuero es vertido en los mismos drenajes entre las 10:00 am y 06:00 pm, siendo desviado por medio de válvulas hacia las pilas de almacenamiento para su posterior distribución.

De forma general en relación con la limpieza esta se compone en tres etapas: preoperacional, operacional y post-operacional para comprender mejor se detallan a continuación:

- ✓ Preoperacional: Consiste en la limpieza y desinfección de equipos, accesorios y utensilios que son utilizados para la elaboración de los productos antes de iniciar proceso.
- ✓ Operacional: Esta etapa consiste en el lavado y desinfección del área y utensilios que para evitar la contaminación cruzada requieren de dicha operación.
- ✓ Post-operacional: Finalmente esta etapa concluye con la limpieza y desinfección del lugar, equipos, accesorios y utensilios al momento de finalizar la jornada de producción.

### 3.4 Fase 2: Determinación de las variaciones de caudal y periodos de retención

#### 3.4.1 Cálculo de caudales

##### 1. Afluente

En el afluente se cuenta con un sistema de cajas recolectoras que son descritas en el CAPITULO IV, acápite 4.1.1.1. El monitoreo en este punto se realizó por cálculo volumétrico, se puede observar en la figura 6 el procedimiento experimental para obtener el caudal de afluente.

**Figura 6: Procedimiento de aforo en el afluente**



Se realizaron 15 aforos, considerando que la PTAR funciona a caudal discontinuo, recibiendo agua residual en periodos alternativos, esto quiere decir que inicia el

proceso en un tiempo comprendido entre las 07:00 a 10:00 am, de igual manera, cuando finaliza el proceso el área industrial entre las 06:00 a 08:00 pm. El cronograma y fechas establecido para la determinación de caudales se presenta en la tabla 1.

**Tabla 1:** Cronograma de aforo de la PTAR en afluente

No. de aforo	Día	Fecha	Hora de inicio/ final	Período	Observaciones
1	Domingo	26 /09/21	07:00 - 08:00 pm	14 horas	
2	Lunes	27/09/21			
3	Martes	28/09/21			
4	Miércoles	29 /09/21			
5	Jueves	30 /09/21			
6	Viernes	01/10/21			
7	Sábado	02/10/21			
8	Domingo	03/10/21			
9	Lunes	04/10/21			
10	Martes	05/10/21			
11	Miércoles	06/10/21			
12	Jueves	0710/21			
13	Viernes	08/10/21			
14	Sábado	09/10/21			
15	Domingo	10/10/21			

Con los valores registrados y haciendo uso de la ecuación 1 del método volumétrico obtenemos el caudal.

**Ecuación 1.** Ecuación del método volumétrico para determinar el caudal

$$Q = \frac{V}{t} \left( \frac{m^3}{h} \right)$$

**Donde:**

**V** = Volumen calculado (m<sup>3</sup>)

**t** = Tiempo (h)

Usando para el tiempo una conversión

$$\frac{1 h}{3600 (s)} * t(s)$$

**Donde:**

**t**= Es el tiempo en segundos cronometrado en el aforo

## 2. Efluente

Con respecto al efluente, el caudal se calculó con la misma ecuación del afluente ubicando el recipiente en las tuberías de descarga de los efluentes (ecuación 1)

Se realizaron 15 aforos, considerando los tiempos de operación de la PTAR de 16 horas, en las fechas comprendidas del 26 de septiembre al 10 de octubre del 2021. El cronograma establecido para la determinación de caudales se presenta en la tabla 2.

**Tabla 2:** Cronograma de aforo de la PTAR en efluente

No. de aforo	Día	Fecha	Hora de inicio- final	Período	Observaciones
1	Domingo	26 /09/21	07:00 am - 10:00 pm	16 horas	
2	Lunes	27/09/21			
3	Martes	28/09/21			
4	Miércoles	29 /09/21			
5	Jueves	30 /09/21			
6	Viernes	01/10/21			
7	Sábado	02/10/21			
8	Domingo	03/10/21			
9	Lunes	04/10/21			
10	Martes	05/10/21			
11	Miércoles	06/10/21			
12	Jueves	0710/21			
13	Viernes	08/10/21			
14	Sábado	09/10/21			
15	Domingo	10/10/21			

## 3. Ficha de campo

En la tabla 3 se presenta el formato de registro de caudales en afluente, mientras que en la tabla 4 se presenta el formato de registro de caudales del efluente, considerando el método volumétrico. La ficha de campo de registro de caudal permitió recolectar información al momento de la lectura de los tiempos.

**Tabla 3: Ficha de campo de afluente**

Hora	Afluente	
	Volumen (L)	Tiempo (seg)

**Tabla 4: Ficha de campo de efluente**

Hora	Efluente módulo A		Efluente módulo B	
	Volumen (L)	Tiempo (seg)	Volumen (L)	Tiempo (seg)

### 3.4.2 Periodo de retención hidráulico

El período de retención para el reactor anaerobio y los humedales, se obtuvo de la relación entre el volumen y el caudal afluente promedio, como se muestra en la ecuación 2 y 3.

**Ecuación 2.** Ecuación para la determinación del TRH en el reactor biológico

$$TRH = \frac{V_R}{Q_R}$$

**Donde:**

$V_R$ : Volumen del reactor biológico (m<sup>3</sup>)

$Q_R$ : Caudal de entrada promedio al reactor (m<sup>3</sup>/h)

**Ecuación 3.** Ecuación para determinar el volumen del reactor biológico

$$V_R = \frac{4\pi/3}{2} * a * b * c$$

**Donde:**

**a**=altura

**b**= largo

**c**= ancho

**Ecuación 4.** Ecuación para la determinación del periodo de retención hidráulico en los humedales

Según Alarcon Herrera, Lara Borrero, Martinez, & Vidal (2018) el tiempo de retención hidráulico de los humedales se calcula con la siguiente ecuación:

$$TRH = \frac{L.W.y.n}{Q}$$

**Donde:**

**L:** Longitud de la celda de humedal, m

**W:** Ancho de la celda de humedal, m

**y:** Profundidad de la lámina de agua, m

**n:** Porosidad del sustrato filtrante, expresado como decimal

**Q:** Caudal promedio, m<sup>3</sup>/h.

**Consideraciones:**

- ✓ La profundidad del humedal puede variar durante periodos cortos desde pocos centímetros hasta más de un metro.
- ✓ La porosidad del sustrato filtrante corresponde al espacio disponible para que el agua fluya a través del humedal. Teniendo en cuenta que los tallos y los residuos de vegetación ocupan espacio, se recomienda utilizar valores entre 0.65 y 0.75.

### **3.5 Fase 3: Toma y análisis de muestras**

#### **3.5.1 Recolección y preparación de muestras**

Se realizó la toma de muestras a lo largo de la planta, las cuales fueron de tipo compuesta, constituidas por la mezcla homogénea de muestras puntuales con intervalos de una hora, por 14 horas de muestreo, tomando en consideración que son las horas de operación de proceso industrial, ver tabla 5. Para esto, se consideraron puntos de muestreo (PM) representativos dentro de la PTAR, que

ayudaron a obtener una concordancia entre resultados de laboratorio y las condiciones actuales que existen en el sistema, ver figura 7.

Es por ello, que se consideró como el punto de muestreo el afluente general de la PTAR anterior al reactor anaerobio, ya que este fue de gran importancia, para conocer la concentración de cargas contaminantes que ingresaban al sistema, se debe agregar que, aún las aguas no habían recibido ningún tipo de tratamiento, más que solo neutralización del pH por medio de los dosificadores que contienen soda caustica y acido fosforado, situados antes del reactor anaerobio.

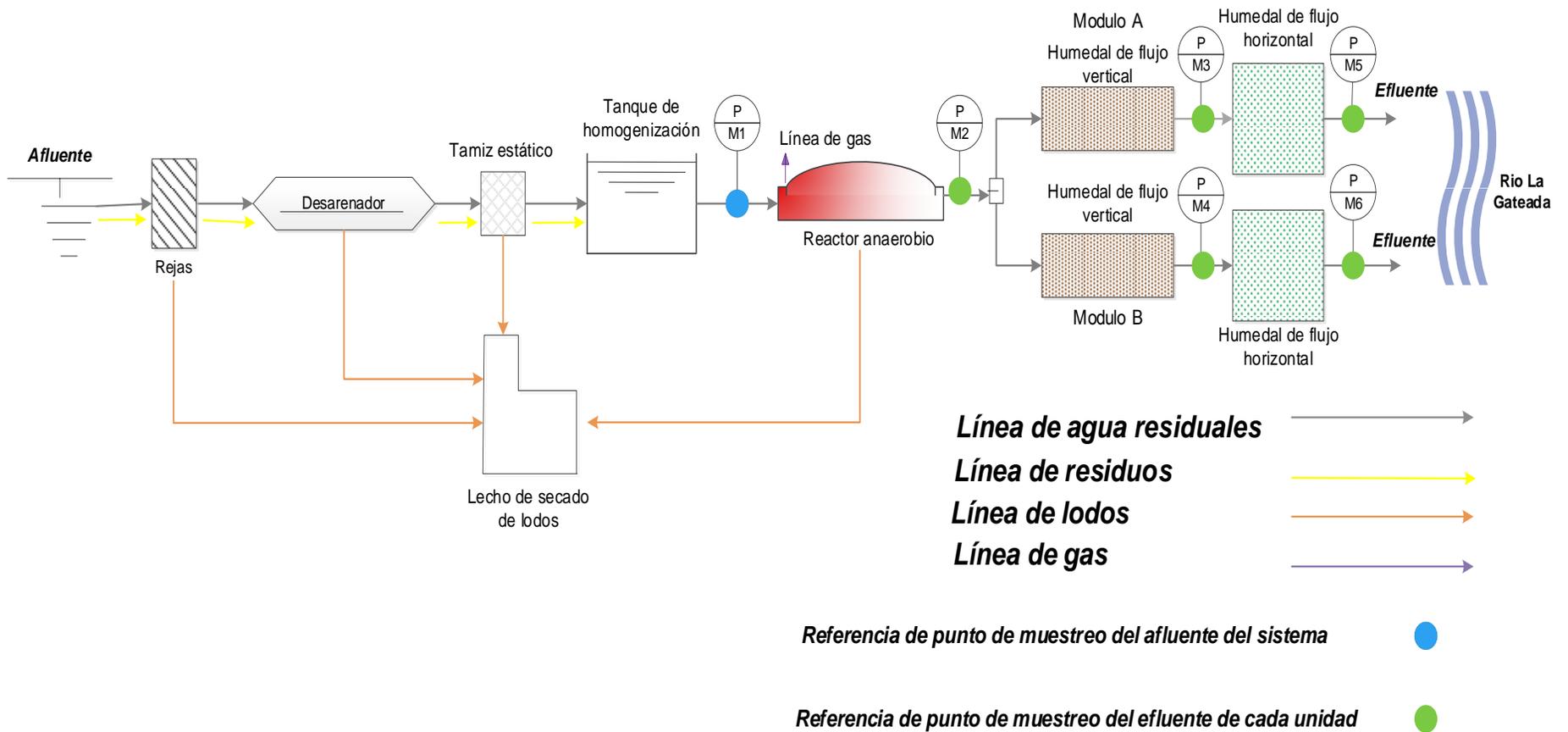
Posteriormente, como segundo punto de muestreo se realizó en la salida del reactor anaerobio para conocer la reducción de carga por medio de la acción de las bacterias dentro del sistema, en este punto también se tomaron muestras compuestas.

Seguidamente se realizó en el lugar donde descargan las aguas que provienen de los humedales verticales y como último punto de muestreo se realizó en la salida de los humedales horizontales que son el afluente del agua una vez tratada, cabe resaltar que en cada punto de toma de muestra existe una caja de registro; este procedimiento se muestra en la figura 7.

Definido los puntos de muestreo conocidos, se procedió a la recolección de muestras. Estas se recolectaron en recipientes de polietileno con capacidad de un galón para las muestras. Para evitar la contaminación de las muestras, fue necesario enjuagar los envases tres veces con el agua de muestreo.

Los recipientes se llenaron con la muestra de agua residual provenientes de cada una de las unidades de tratamiento, para posteriormente ser rotulados con la fecha y hora del muestreo, preservándose en un termo con hielo, como se muestra en la figura 8.

**Figura 7:** Puntos de la toma de muestras en la PTAR



**Tabla 5:** Ubicación, espécimen y periodos de toma de muestras

Fecha de muestreo	Muestra ID	Lugar de muestreo	Tipo de muestra	N° de muestras
26/9/2021	Afluente reactor	PM-1	Compuesta	1
	Efluente reactor	PM-2	Compuesta	1
	Efluente humedal vertical 1	PM-3	Compuesta	1
	Efluente humedal vertical 2	PM-4	Compuesta	1
	Efluente humedal horizontal 1	PM-5	Compuesta	1
	Efluente humedal horizontal 2	PM-6	Compuesta	1
3/10/2021	Afluente reactor	PM-1	Compuesta	1
	Efluente reactor	PM-2	Compuesta	1
	Efluente humedal vertical 1	PM-3	Compuesta	1
	Efluente humedal vertical 2	PM-4	Compuesta	1
	Efluente humedal horizontal 1	PM-5	Compuesta	1
	Efluente humedal horizontal 2	PM-6	Compuesta	1
10/10/2021	Afluente reactor	PM-1	Compuesta	1
	Efluente reactor	PM-2	Compuesta	1
	Efluente humedal vertical 1	PM-3	Compuesta	1
	Efluente humedal vertical 2	PM-4	Compuesta	1
	Efluente humedal horizontal 1	PM-5	Compuesta	1
	Efluente humedal horizontal 2	PM-6	Compuesta	1

**Figura 8:** Recolección y preparación de las muestras



### 3.5.2 Parámetros fisicoquímicos a evaluar

En esta fase, se realizaron los análisis de las muestras recolectadas en campo (ver tabla 6), las cuales una vez tomadas fueron llevadas a los laboratorios del

Programa de Investigación de Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente (PIENSA), cumpliendo con los métodos estándar para los análisis de agua residuales y obtener sus concentraciones.

**Tabla 6:** Parámetros fisicoquímicos

Parámetros	Lugar de medición	Método SM//EPA/MH
pH	in situ	Medidor test de pH/ pH metro digital
DQO (mgO <sub>2</sub> /L)	Laboratorio	5220-C
Nitrógeno total (mg/L)	Laboratorio	4500-B
Nitritos (mg/L)	Laboratorio	4500-D
Nitratos (mg/L)	Laboratorio	4500-B

### 3.5.3 Determinación de cargas contaminantes

Se realizó el cálculo a fin de conocer la carga contaminante que realmente se está disponiendo al sistema. Por lo cual, las evaluaciones se hicieron en función de las concentraciones de DQO, nitrógeno total, nitritos y nitratos, entre otros. por lo que la ecuación general se muestra a continuación:

**Ecuación 5.** Determinación de carga de contaminante

$$CC = \text{Concentración} \times \text{Caudal} \times 0.0864$$

**Donde:**

**Concentración:** Se tomó cada una de las concentraciones determinadas por análisis químicos y fueron sustituidas en esta ecuación para obtener valores de carga de nutrientes en función del nitrógeno y carga orgánica en función de DQO.

**Caudal:** caudal promedio expresado en L/s

**0.0864=** conversión de mg/L a Kg/día

Una vez obtenidos los valores de concentraciones con respecto a DQO y caudal promedio en el afluente del tratamiento primario, se procedió al cálculo del aporte de carga orgánica que se va al río de La Gateada.

### 3.5.4 Nutrientes

Los resultados de los análisis de nitrógeno total se compararon con el límite máximo permisible estipulado en el Decreto 21-2017 en su Arto.34. rango y valores máximos permisibles para los vertidos de aguas residuales provenientes de la industria láctea y sus derivados a nivel industrial, que sean descargados a los cuerpos receptores.

### 3.6 Fase 4: Regulaciones ambientales

#### 3.6.1 Determinación de las eficiencias en la PTAR

Para la eficiencia en la remoción de cargas contaminantes en la PTAR de lácteos La Montaña S.A, se utilizó:

**Ecuación 6.** Determinación de las eficiencias de la PTAR de lácteos La Montaña S.A.

$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{\text{Afluente} - \text{Efluente}}{\text{Afluente}} * 100$$

A través, de la ecuación 6 se obtuvo la eficiencia en el efluente, con respecto a los valores de DQO, nitrógeno total, nitritos y nitratos que entran a la PTAR.

#### 3.6.2 Cumplimiento de los límites máximos permisibles

Durante esta fase se evaluaron los resultados de laboratorios de los parámetros a evaluar, y los valores máximos permisibles de vertido, estipulados en el Decreto 21 - 2017, ver tabla 7.

**Tabla 7:** Valores máximos permisibles por el Decreto 21 – 2017, Arto. 34

Parámetro	Límites máximos permisibles, Art. 34
pH	6-9
DQO (mgO <sub>2</sub> /L)	250
Nitrógeno total (mg/L)	45

### **3.6.3 Interpretación de la degradación de la ruta metabólica de la materia orgánica**

La ruta de degradación de materia orgánica con respecto a la DQO, será descrita mediante las siguientes ecuaciones, que en conjunto forman la ruta metabólica de degradación de materia orgánica en el reactor.

#### **a) Carga DQO afluente (másico)**

Se determinó la carga másica de la DQO tomando en cuenta que dicho valor representa la carga másica de materia orgánica del afluente. Con el fin de convertir la concentración de DQO expresada en  $\text{mgO}_2/\text{L}$ , a valor másico expresada en  $\text{kg DQO}/\text{día}$ , para ello se multiplicó la concentración por caudal medio, todo esto se multiplicó por un factor de conversión equivalente a 0.0864 (ver ecuación 5).

#### **b) Eficiencia de remoción**

Se determinó la eficiencia de remoción de DQO en el efluente mediante la siguiente ecuación que expresa el porcentaje de materia orgánica que es removido en el proceso biológico en el reactor (ecuación 6).

A continuación, se presenta la ecuación para determinar el porcentaje de la materia orgánica que no ha sido removido multiplicado por el valor másico.

**Ecuación 7.** Eficiencia de remoción

$$\text{DQO efl.} = (1-\varepsilon) * \text{DQO afl. (másico)}$$

**Donde:**

**DQO efl.:** Kg DQO/día

#### **c) Carga de DQO convertida**

Se determinó la DQO convertida mediante la resta de los valores de DQO afluente (másico) menos el valor de la DQO efluente, obteniendo de esta forma la concentración de materia orgánica que es transformada con respecto a la DQO.

### **Ecuación 8.** Carga de materia orgánica transformada con respecto a la DQO

$$\text{DQO convertida} = \text{DQO afl. (másico)} - \text{DQO efl. (másico)}$$

Consideraciones:

- Según Chernicharo & Bressani-Ribeiro (2019) la materia orgánica con respecto a DQO se fracciona en:

- a) La fracción de DQO convertida a biomasa oscila entre 5 a 15 % (Y)
- b) La fracción de DQO convertida a CH<sub>4</sub> (Z: 0.9)

#### **d) Estimación de DQO convertida a metano**

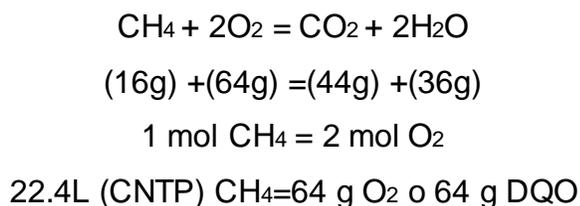
Se determinó la masa de DQO convertida a metano mediante la siguiente ecuación:

### **Ecuación 9.** Masa de DQO convertida a metano

$$\text{Masa de DQO convertida a metano (M CH}_4) = Z \times \text{DQO convertida}$$

#### **e) Volumen de metano a condiciones normales**

Se observa estequiométricamente una relación que un mol de metano es oxidado por dos moles de oxígeno, por lo que un mol de metano ocupa 22.4 litros en condiciones normales de temperatura y presión (CNTP), dos moles de oxígenos pesan 64 gramos, debido a que se está oxidando se hace equivalente a 64 gramos de DQO, por lo que a partir de esta relación 1 litro de metano (CNTP) equivale a 64/22.4 lo cual es igual a 2.86 g de DQO, multiplicado por la masa de DQO que se está convirtiendo en metano obteniendo de esta forma la ecuación, ver ecuación 10:



$$1 \text{ L CH}_4 \text{ (CNTP)} = 64/22.4 = 2.86 \text{ g DQO}$$

**Ecuación 10.** Volumen de metano a condiciones normales

$$V_{\text{CH}_4} = \frac{22.4 * M \text{ CH}_4}{64}$$

**Donde:**

Volumen de metano a condiciones normales ( $V_{\text{CH}_4}$ ) = se expresa en  $\text{m}^3 \text{ CH}_4/\text{día}$

Masa de DQO convertida a metano ( $M \text{ CH}_4$ ) = se expresa en  $\text{Kg DQO}/\text{día}$

#### **f) Flujo efectivo de $\text{CH}_4$ en el biogás**

Se determinó el flujo efectivo de  $\text{CH}_4$  en el biogás donde el 25% del  $\text{CH}_4$  va estar disuelto en el agua residual y el 75% en el biogás, ver ecuación 11.

**Ecuación 11:** Flujo efectivo de  $\text{CH}_4$  en el biogás

$$F_e \text{ CH}_4 = V \text{ CH}_4 \times 0.75$$

#### **g) Estimación de lodo**

Se determinó el valor de DQO de biomasa según la siguiente ecuación.

**Ecuación 12.** DQO de biomasa

$$\text{DQO biomasa} = (Y) \times \text{DQO convertida}$$

**Donde:**

DQO de biomasa es expresada en  $\text{kg de DQO convertido en sólidos}/\text{día}$ . La fracción de DQO convertida a biomasa ( $Y$ ):  $\text{kg DQO}/\text{día}$

Se convirtieron los sólidos suspendidos volátiles de lodo (SSV) en  $\text{Kg de DQO de la siguiente forma}$ .

$$1 \text{ kg SSV de lodo} = 1.42 \text{ kg DQO convertido a sólidos.}$$

Se utilizó un factor estequiométrico de 1.42 para la determinación de lodos generados mediante la siguiente ecuación 13.

**Ecuación 13.** Lodos generados en función de SSV

$$\text{Lodo generado} = \frac{\text{DQO biomasa}}{\text{Factor estequiométrico}}$$

**Donde:**

**Lodo generado:** se expresa en Kg SSV Lodo / día.

Se convirtió el valor de lodo generado a Kg SST/día con el siguiente factor de conversión.

**SSV:** 0.7SST

Utilizando la siguiente ecuación se obtiene que:

**Ecuación 14.** Lodos generados en función de SST

$$\text{Lodo generado} = \frac{\text{Lodo generado (Kg SSV } \frac{\text{Lodo}}{\text{día}})}{0.7}$$

**Donde:**

"Lodo generado": se expresa en Kg SST/día

A continuación, se presenta en la tabla 8 el cálculo de balance de masa.

**Tabla 8:** Tabla de balance de masa

Datos de entrada	Ecuaciones
Q medio	
DQO Afluyente	
Carga DQO afluyente (másico)	Carga DQO = Q*C=caudal*concentración
Eficiencia de remoción DQO "ε"	Ver ecuación 6
Carga DQO efluente (másico)	DQO efl. = (1-ε) * DQO afl. (másico)
Carga DQO convertida en el reactor	DQO afl. (másico) – DQO efl. (másico)
Estimación de metano	
Datos de entrada	Observaciones
Fracción DQO convertida a metano (Z)	85 a 95% metano
Masa de DQO convertida a metano (CH <sub>4</sub> )	Z x DQO convertida

Datos de entrada	Ecuaciones
Volumen de metano a condiciones normales (V CH <sub>4</sub> )	$V_{CH_4} = \frac{22.4 * M_{CH_4}}{64}$
Fracción CH <sub>4</sub> disuelto en el agua residual	0.25
Fracción de CH <sub>4</sub> disuelto en el biogás	0.75
Flujo efectivo de CH <sub>4</sub> en el biogás	$Fe_{CH_4} = V_{CH_4} \times 0.75$
Estimación de lodo	
Datos de entrada	Observaciones
Fracción DQO convertida a biomasa (Y)	5 a 15% lodo
DQO biomasa	DQO biomasa = (Y) x DQO convertida
La biomasa está expresada como DQO. Hay que transformarla en unidades de SSV.	
Factor estequiométrico	1 kg SSV de lodo= 1.42 kg DQO convertido a sólidos.
Lodo generado en función de SSV (Lg)	$\text{Lodo generado} = \frac{\text{DQO biomasa}}{\text{Factor estequiométrico}}$
Factor de conversión	0.7
Lodo generado en función de SST (Lg)	$\text{Lodo generado} = \frac{\text{Lodo generado (Kg SSV } \frac{\text{Lodo}}{\text{día}})}{0.7}$



## **Capítulo IV. Resultados**

***“Cuando trates con el agua consulta primero la práctica, y luego la teoría”***



***Erling López***

***Iveth Ordeñana***

***Berlinton Miranda***

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

### 4.1 Fase 1: Recolección de datos

#### 4.1.1 Descripción de la planta de tratamiento de aguas residuales

##### 4.1.1.1 Afluente

La Montaña S.A. inicia sus procesos desde las 07:00 am con el preoperacional hasta las 09:00 am abasteciendo el afluente de la PTAR con agua residual. Este es un proceso en línea por lo que también la planta de tratamiento inicia sus operaciones a las 07:00 am, cuando el operador abre la válvula de alimentación del reactor haciendo continuo el flujo de afluente-efluente.

Antes de la PTAR existe ubicado un sistema de cajas recolectoras, caja 1 (área de elaboración de queso), caja 2 (área de elaboración de quesillo), caja 3 (área de acopio), con el fin de desviar el lactosuero hacia las pilas de almacenamiento y el agua residual hacia la PTAR en una sola línea de tubería PVC de 4 pulgadas de diámetro, ver figura 9. El lactosuero es vertido sobre los mismos drenajes de agua residual por lo que es necesario este sistema de separación.

**Figura 9. Cajas de recolección**



En el periodo de las 09:00 a 10:30 am las áreas de proceso inician operaciones tales como: recepción de leche, pasteurización, separación del lactosuero vs proteína de la leche, entre otros. Esto quiere decir, que a partir de las 10:30 am el lactosuero es recibido en las cajas recolectoras y desviadas por el operador a las pilas de almacenamiento.

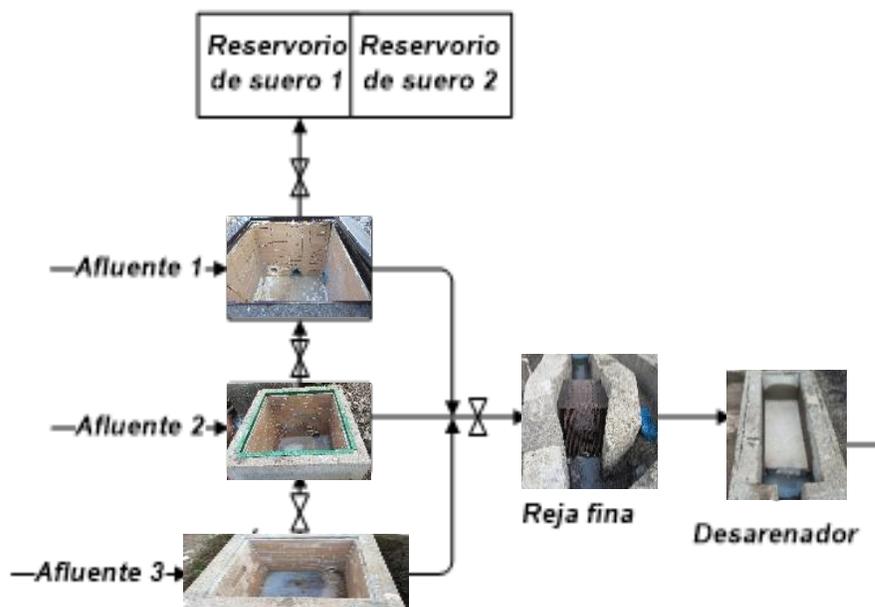
Este proceso tiene duración hasta las 06:00 pm, tiempo estimado de finalización de jornada e inicio de post-operacional en la planta de proceso, es aquí donde se recibe nuevamente agua residual (afluente) y el operador cambia el curso del agua por medio de válvulas hacia la planta de tratamiento hasta alrededor de las 08:00 pm, tiempo estimado de finalización de jornada en la PTAR.

A continuación, se describen cada una de las etapas y unidades necesarias para la estabilización de las aguas de la industria láctea.

#### 4.1.1.2 Pretratamiento

Las unidades que conforman el pretratamiento en la PTAR de la empresa La Montaña S.A. será detallado en la siguiente figura 10.

**Figura 10: Pretratamiento**



En la figura 10, se pueden observar las unidades de pretratamiento con las que se cuenta, como son el canal de entrada con rejillas, desarenador y criba que se ubican al inicio de la PTAR, conteniendo solo un tren de tratamiento para satisfacer los dos módulos de la PTAR.

Las aguas residuales son conducidas a la PTAR por tuberías de PVC de 4 a 6 pulgadas de diámetro que están conectados a las filas de drenajes dentro de la planta de proceso.

#### **4.1.1.3 Canal de entrada con rejillas**

En la figura 11, se puede apreciar el canal de entrada con una longitud de 2.4 metros y un ancho de 0.4 metros, éste posee un canal paralelo con el fin de continuar el flujo del agua cuando las rejillas estén en estado de saturación; las rejillas de acero poseen 0.3 metros de ancho y 0.45 metros de alto.

El estado actual del canal se encuentra con paredes erosionadas por los ácidos y sales de las mismas aguas crudas, con presencia de oxidación en las rejas, según criterios de diseño de las normas de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales las rejas cumplen con un ángulo de inclinación de  $45^\circ$  y una separación entre barras de  $3/8''$  de 25 mm.

**Figura 11:** Canal de entrada con rejillas



#### **4.1.1.4 Desarenador**

Se cuenta con un desarenador cuya función es remover arena, grava, partículas u otro material sólido pesado que tenga velocidad de asentamiento o peso específico bastante mayor que el de los sólidos orgánicos putrescibles en las aguas residuales.

El desarenador es una estructura con paredes de espesor de 0.2 metros, con longitud de 2.7 por 0.5 metros de ancho, con una profundidad inicial de 0.5 metros y 1.3 metros de profundidad final, dichas profundidades crean una pendiente de 29.6% que sirve para la evacuación del fluido por medio de una válvula en los periodos de limpieza.

De acuerdo a los criterios de diseño del INAA establecen que se debe proveer un mínimo de 2 módulos para garantizar el buen funcionamiento del mismo debido que cuando se esté limpiando uno el otro pueda trabajar con toda la carga por el tiempo que dure la limpieza.

En su estado actual para la limpieza, el diseño del desarenador cuenta con un módulo, por lo que posee una válvula de limpieza, esta es abierta por el operario para evacuar al material inorgánico acumulado en el fondo del desarenador una vez por semana o cada tres días dependiendo de la cantidad de material sedimentado.

Cabe mencionar también que esta unidad es empleada para la reducción de la arena acumulada en el tanque de homogenización, así como la reducción de la formación depósitos pesados en la tuberías, conductos y canales que continúan después de esta unidad, ver figura 12.

**Figura 12: Desarenador**



#### **4.1.1.5 Criba**

La criba está ubicada antes que las aguas entren al reactor anaerobio, y es la última del tratamiento preliminar, consta principalmente de un soporte de malla en acero inoxidable que canaliza el vertido a tratar, funciona como pretratamiento con luces de 0.5 mm de ranura utilizado para la separación sólido-líquido de partículas más finas de las aguas provenientes del proceso, ver figura 13.

**Figura 13: Criba**

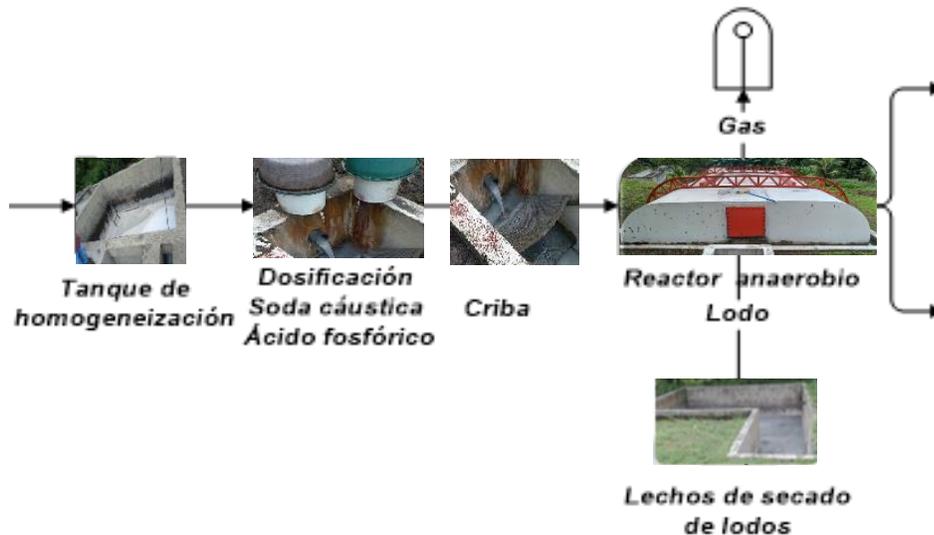


#### **4.1.1.6 Tratamiento primario**

En este tratamiento se regula pH, así como, también se logra la estabilización y homogenización del agua residual, en el cual solo se cuenta con una unidad para satisfacer ambos módulos de la PTAR. En el tratamiento primario se trata de reducir el contenido de materia orgánica, partículas coloidales y similares. En el caso de la PTAR de lácteos La Montaña S.A el tipo de tratamiento empleado es

el biológico, en el que se facilita que bacterias digieran la materia orgánica que llevan las aguas, ver figura 14.

**Figura 14:** Tratamiento primario



Se describen a continuación la unidad de tratamiento primario que es un reactor anaerobio, además del acondicionamiento previo que este debe tener previo a la entrada del reactor.

#### **a. Tanque de homogeneización**

El tanque de homogeneización está construido con mampostería confinada, con un espesor de pared de 0.20 metros, por 4.1 por 3.5 metros, posee una profundidad inicial de 2.65 metros y una final de 3.40 metros con una pendiente de 18.3%, consta de una capacidad de almacenamiento de 35 metros cúbicos, este consiste en homogeneizar y cumplir con la estabilización del flujo, almacenando el efluente temporalmente, ver figura 15.

El método de limpieza se basa en retirar diariamente la nata flotante que se acumula en el tanque utilizando un pascón, trasladando el material retirado al lecho de secado de lodos. En este punto el operador determina el pH del afluente dos veces al día, ver figura 15.

La adición de los químicos se realiza por goteo, se encuentran ubicados dos recipientes los cuales contienen soda caustica a una concentración de 50% y ácido fosfórico de 75-85% dependiendo del pH que contenga el agua residual así el operario dispone de esos químicos para regular pH.

**Figura 15:** Tanque de homogenización



#### **b. Reactor anaerobio**

El reactor anaerobio es de forma elipsoidal cilíndrico con un ancho de 4.8 por 8.4 metros y una altura de 1.4 metros, posee una compuerta para revisión, mantenimiento y limpieza de 0.6 por 0.6 metros; su estructura es totalmente metálica y consta de un bordillo de concreto de 0.3 metros de altura, con una capacidad de 118.2 metros cúbicos, ver figura 16.

En esta etapa el reactor anaerobio funciona como un proceso biológico en el que la materia orgánica en ausencia de oxígeno y mediante la acción de un grupo de bacterias específicas se descompone en estado gaseoso o biogás (metano  $\text{CH}_4$ , Dióxido de carbono  $\text{CO}_2$ ). La relación de gases debe estar en un valor de 60-40%, actualmente este dato importante de producción de gas se ha descuidado desde hace mucho tiempo, según criterios de diseño toda planta de tratamiento anaerobio debe contar con un sistema que permita el manejo y disposición final del biogás para que no genere impactos negativos a los residentes de los alrededores de la planta de tratamiento, bien sea por explosiones o malos olores.

De tal manera, que la generación de gas era enviada hacia un quemador, se dejó de utilizar hace más de cinco años por la falta de generación del biogás, aparte que de acuerdo al mantenimiento del mismo la limpieza de lodos que debería ser cada dos años se ha dejado de hacer por más de 10 años.

A consecuencia, de todo esto el digester ha estado operando en condiciones deficientes, fuera de las recomendaciones del diseñador en cuanto a mantenimiento y operación. En la figura 16 se puede apreciar que presenta pequeñas roturas y oxido en su estructura metálica que ha provocado que el ambiente ya no sea anaerobio, sino aerobio en ciertas partes de la estructura.

**Figura 16:** Reactor anaerobio

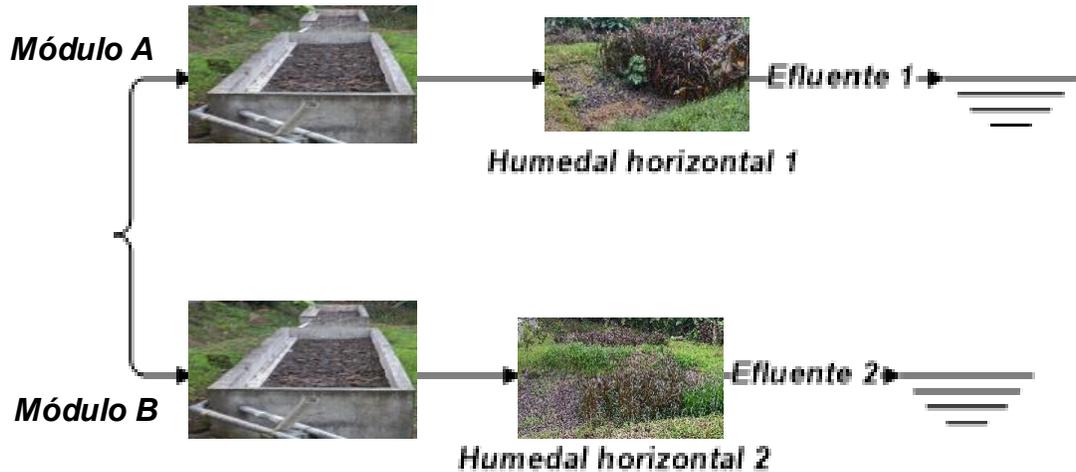


Agentes químicos para la regulación de pH

#### 4.1.1.7 Tratamiento secundario

En este tratamiento se reduce la carga de nutrientes por medio de humedales subsuperficiales y la utilización de vegetación Pennisetum mejor conocido como pasto Taiwán el cual es exigente en nutrientes nitrogenados y minerales debido a que tiene tasas de extracción muy altas, ver figura 17.

**Figura 17:** Tratamiento Secundario



#### **a. Humedales de flujo vertical**

Existen dos humedales de flujo vertical que vienen distribuidos uniformemente desde el reactor anaerobio, estos reciben el agua de una caja de distribución de 0.7 por 0.7 metros y, por medio de una tubería de 4 pulgadas que va a cada uno de los humedales verticales. Con paredes de concreto con un espesor de 0.20 metros, una altura de 2.0 metros y una longitud de 10 metros, cada módulo posee las mismas características de diseño conteniendo en su interior sustratos de granulometría diferente como es: piedra bolón en la capa superior con un espesor de 0.3 metros y arena volcánica con un espesor de 1.0 metro que logran la filtración de diferentes contaminantes, materia orgánica y sólidos suspendidos totales.

Cabe mencionar que estos humedales no poseen vegetación y con arbustos plantados cerca de ellos generan más materia orgánica, lo que causa una muy baja degradación del nitrógeno, por lo que, por el momento simplemente están actuando como un medio filtrante.

Actualmente estas tuberías y cajas de registro presentan colmatación y sedimentación por falta de limpieza, así como, mantenimiento preventivo a los bloques de reacción en lo que se aprecia el concreto expuesto generando la

oxidación del acero en las columnas de soporte de tubería como se puede apreciar en la figura 18.

**Figura 18:** Humedales de flujo vertical



### **b. Humedales de flujo horizontal**

Los humedales de flujo horizontal, tienen una longitud de 10 metros de ancho por 10 metros de largo están compuestos de un fondo impermeable rellenos de un medio de soporte poroso (arena volcánica) en la capa inferior, con un espesor de 0.8 metros, y piedra bolón con un espesor de 0.1 metro en la capa superior, ver figura 19. Por encima de este medio poroso tienen plantada una vegetación emergente (pasto Taiwán) que permite diferentes mecanismos de remoción tales como:

- ✓ Transferencia de oxígeno a las plantas por medio de las raíces y el lecho
- ✓ Volatilización del amonio
- ✓ Remoción de nitrógeno y fósforo por medio de la fotosíntesis.

De acuerdo a las Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales (2000), en su acápite 11.6, establecen que la relación longitud/ancho debe ser 2:1 a 4:1, en este caso los humedales presentan una relación 1:1, esto quiere decir que no cumplen con los criterios de diseño establecidos.

En la figura 19, se observa el tamaño de la raíz con una longitud promedio de 25 cm, la cual por medio de los bellos absorbentes logra captar los nutrientes y absorberlos.

**Figura 19:** Raíz del medio utilizado en la unidad



Consecuentemente estas aguas son drenadas hacia una caja de registro en donde se hacen los últimos análisis de agua tratada. Esta vegetación es cortada cada ocho o diez meses y destinado para alimento de ganado bovino. Actualmente esta unidad presenta daños en los bordes y el agua suele notarse a simple vista siendo que estos humedales son subsuperficiales y el agua debe estar a una profundidad de 0.3-0.6 metros, lo cual indica una saturación al sistema, un abandono parcial, que no ha recibido mantenimiento en años, ver figura 20.

**Figura 20:** Humedales de flujo horizontal



#### **4.1.1.8 Lecho de secado de lodos**

El lecho de secado de lodos posee una longitud 8.8 por 6.5 metros de ancho, con una altura de 1.4 metros y 0.18 metros de espesor de pared, es capaz de almacenar todos los lodos provenientes de la PTAR.

Este elemento del sistema funciona como la recepción de los lodos estabilizados provenientes de las partes del sistema, como desarenador, criba, tanque de homogenización, digestor anaerobio, entre otros, ver figura 21.

Actualmente se encuentra en condiciones óptimas de operaciones debido a la limpieza en los alrededores y vaciado del mismo cada cuatro meses, desechando los lodos estabilizados como mejorador de suelos. Sin embargo, solamente recibe las natas y desechos del pretratamiento.

**Figura 21:** Lecho de secado de lodos



#### **4.1.1.9 Efluente**

La PTAR cuenta con un efluente en cada módulo constituidos por cajas de registro de concreto confinado de 1.0 metro de ancho por 1.0 metro de largo y una altura de 2.0 metros, estos poseen una salida por tubería PVC de 4 pulgadas (ambas cajas poseen las mismas características de diseño) hacia el río La Gateada, ver figura 22.

**Figura 22:** Efluente general de la PTAR, lácteos La Montaña S.A.



#### **4.1.2 Criterios para la ubicación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales**

La ubicación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales debe cumplir con todos los criterios establecidos en el acápite seis de la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense para regular los PTAR y su reúso (NTON 05-027 05):

**1. La ubicación de las PTAR debe tomar en cuenta los planes de desarrollo urbano de la Municipalidad o localidad.**

La PTAR de lácteos La Montaña S.A. se encuentra ubicada a 3 km de la localidad más cercana en crecimiento urbano, La Gateada Chontales, por lo que no afecta a este requisito.

**2. El terreno donde se construya un PTAR no debe ser un área inundable. No se permite la construcción en pantanales, humedales, marisma y similares.**

Según el Plan de ordenamiento territorial de La Gateada, la topografía de esta localidad posee un relieve plano ligeramente ondulado a montañoso, por lo que no es un área vulnerable a inundaciones (INETER, 2004).

Por esta razón, la PTAR de La Montaña S.A. está construida topográficamente en un relieve plano ligeramente ondulado, de este modo se cumple con este acápite.

**3. El área del terreno donde se ubique o se instale una PTAR debe tener una pendiente menor de 5%.**

El terreno cuenta con pendientes decrecientes en donde el agua escurre con facilidad y con suelos lo suficientemente permeables que evitan los casos de inundación.

De acuerdo, a lo indicado se cumple, ya que la PTAR se encuentra ubicada en una zona con pendiente de 2%, que permite el buen drenaje de las aguas pluviales

**4. La instalación o construcción de los PTAR deben estar ubicados a sotavento de cualquier actividad donde haya permanencia de personas por más de 8 horas, de tal manera que el aire circule de las actividades hacia el sitio de la ubicación del PTAR y no lo contrario.**

En este caso la PTAR está construida a sotavento y fuera del crecimiento urbano, donde no afecta a la población.

**5. La distancia de separación entre la instalación o construcción de cualquier PTAR, y viviendas, fuente de abastecimiento y nivel freático se establece en la tabla 9:**

**Tabla 9:** Ubicación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales

Unidades de tratamiento	Pozos individuales de agua para consumo domestico	Lindero de propiedad	Viviendas o zonas pobladas	Nivel freático
Reactor anaerobio	Mayor de 100 metros	Mayor de 10 metros	Mayor de 50 metros	Mayor de 50 metros
Humedales	100 metros	Mayor de 10 metros	Mayor de 10 metros	Mayor de 10 metros

En el caso del reactor anaerobio y los humedales de la PTAR La Montaña S.A. cumple con la norma ya que en esta no se encuentran pozos cercanos, sino que se encuentran mayor a los 100 metros como son los de abastecimiento de agua, los linderos de propiedad son mayores a 10 metros; no hay viviendas o zonas cercanas y el nivel freático no se cuenta con un registro de valoración o profundidad respecto a él.

**6. En el caso de nuevas actividades o proyectos que requieran instalarse cerca del área de influencia de una PTAR en operación deben de regirse por los criterios establecidos en la presente normativa y los criterios técnicos que las autoridades competentes dictaminen.**

Esta zona de acuerdo a las autoridades municipales está clasificada como zona rural, por lo tanto, no se toma en cuenta con respecto al crecimiento urbanístico, actualmente las áreas aledañas están a nombre del actual dueño de la empresa, de modo que cumple con la norma.

**7. La distancia mínima entre la PTAR y campos de pozos de abastecimiento de agua potable debe ser en un radio de 1000 metros medidos desde el pozo más cercano.**

Los pozos más cercanos de donde se alimenta el abastecimiento de agua para la misma planta de proceso se encuentran en un radio de 1,750 metros de la PTAR.

**8. Todo PTAR que se ubique en áreas protegidas debe solicitar la autorización o permiso ambiental al MARENA según corresponda. En el caso de áreas protegidas con planes de manejo, el sitio de ubicación de los PTAR deberá regirse según la zonificación y su normativa correspondiente.**

El predio donde está ubicada la PTAR es propiedad privada y pertenece a la misma empresa. No existe un área protegida dentro de este lindero, ni colindante, por lo tanto, se cumple con lo establecido en la NTON 05-027 05.

**9. La distancia mínima entre un PTAR y esteros (estuarios), debe ser de 100 m de la línea máxima de crecida, en caso contrario el MARENA o INAA según su competencia establecerá su autorización en dependencia del tipo de sistema.**

La ubicación del PTAR se encuentra en la zona central de Nicaragua, retirada de las zonas costeras del pacífico y mar caribe. Por lo tanto, con respecto a la normativa en este inciso la PTAR cumple.

**10. Cuando la descarga o disposición final del efluente de una PTAR se requiera en Aguas superficiales, debe ser autorizada por el MARENA según el tipo de corriente, uso del recurso y actividades que se realicen en el punto de descarga. En el caso de los ríos y quebradas se debe tomar en cuenta el uso y las actividades que se realicen aguas abajo.**

En el caso del efluente de la PTAR de La Montaña S.A. cuenta con autorización del MARENA y se descarga en un pequeño río, el cual no tiene ningún uso aguas abajo por ser una zona rural.

**11. La distancia entre una PTAR y un aeropuerto, aeródromo o una terminal aérea, debe ser establecida por el Ministerio de Transporte e Infraestructura.**

La PTAR de La Montaña S.A se encuentra fuera de un aeropuerto, aeródromo o una terminal aérea, con respecto a la normativa cumple.

**12. La instalación de una PTAR con respecto a la profundidad del manto freático debe ser como mínimo de 2 metros a partir del fondo del PTAR y cumplir con las especificaciones diferentes.**

- Para suelos limosos y limo – arenoso se debe proceder a impermeabilizar y compactar el área al 95% Proctor estándar.

- En aquellos casos en que la profundidad del nivel freático sea menor a 2 metros MARENA e INAA, según su competencia autorizará la viabilidad del sistema.
- En La Montaña S.A la profundidad del nivel freático es de 12 metros de profundidad

**13. En aquellos casos en que la profundidad del nivel freático sea menor de dos metros MARENA e INAA, según su competencia autorizará la viabilidad del sistema.**

En La Montaña S.A la profundidad del nivel freático es de 12 metros de profundidad.

**4.1.3 Condiciones de operación y mantenimiento de la PTAR**

En la tabla 10,11,12 y 13 se muestran las condiciones de operación y parámetros físico-químicos de la PTAR, así como, también las actividades del mantenimiento preventivo.

**Tabla 10:** Condiciones físicas de operación de la PTAR

Unidad	Condición física	Monitoreo de Rutina	Frecuencia de Mantenimiento	Personal encargado	Planificación para la remoción de lodos
<b>Canal de entrada con rejillas</b>	Estado actual con condiciones de oxidación y desgaste del concreto	Diario o cuando se notan obstrucciones	solo cuando se considera necesario	1 operador	Lecho de secado de lodos y basurero municipal
<b>Criba</b>	Estado actual con condiciones de oxidación	Diario o cuando se notan obstrucciones	solo cuando se considera necesario	1 operador	Lecho de secado de lodos y basurero municipal

Unidad	Condición física	Monitoreo de Rutina	Frecuencia de Mantenimiento	Personal encargado	Planificación para la remoción de lodos
<b>Desarenador</b>	No posee otro módulo para el mantenimiento individual.	Aproximadamente cada 15 días	solo cuando se considera necesario	1 operador	Lecho de secado de lodos y basurero municipal
<b>Tanque de homogenización</b>	Desgaste en las paredes de concreto	Diario	solo cuando se considera necesario	1 operador	Lecho de secado de lodos y basurero municipal
<b>Reactor anaerobio</b>	Presencia de oxidación, paredes con fisuras y roturas, falta de pintura, entre otros.	pH y temperatura en afluente	2 veces al día o cuando se considera necesario	1 operador	Lecho de secado de lodos y basurero municipal
<b>Humedal de flujo vertical</b>	Desgaste en las paredes de concreto, sin vegetación, entre otros.	Sin llevar a cabo	solo cuando se considera necesario	1 operador	-
<b>Humedal de flujo horizontal</b>	Sin bordes estructurales, poca vegetación, el lecho no presenta una estratificación definida	Sin llevar a cabo	Corte y limpieza del pasto Taiwán cada vez que se considera necesario	1 operador	-

**Tabla 11:** Condiciones hidráulicas de operación en la PTAR

Variable		Monitoreo de rutina	Observaciones
Caudal:	Afluente	No se toma ya que no posee un caudalímetro a la entrada de la planta	No hay registros
	Efluente	No se toma ya que no posee un caudalímetro a la salida de la planta	No hay registros

**Tabla 12:** Condiciones físico-químicas de operación en la PTAR

Parámetros	Ubicación		Observación
Temperatura	Afluente	Diario en sitio	El registro es llenado por el operador
	Efluente	Diario en sitio	
pH	Afluente	Diario en sitio	El registro es llenado por el operador
	Efluente	Diario en sitio	
DBO <sub>5</sub>	Afluente	Cada 4 meses en Laboratorio de Biomasa-UNI/RUPAP	Los análisis son resguardados en el área administrativa
	Efluente		
DQO	Afluente		
	Efluente		
SAAM	Afluente		
	Efluente		
Nitrógeno	Afluente		
	Efluente		
Solidos Suspendidos	Afluente		
	Efluente		
Solidos Sedimentados	Afluente		
	Efluente		
Grasas y aceites	Afluente		
	Efluente		

A continuación, se enlistan las actividades de mantenimiento preventivo de las que es carente la PTAR – La Montaña S.A.

**Tabla 13:** Mantenimiento preventivo

<b>Ubicación</b>		<b>Punto</b>	<b>Mantenimiento</b>
<b>Pretratamiento</b>		Canal de entrada	Repello en paredes, pintura anticorrosiva, señalización.
		Rejillas	
		Desarenador	
		Criba	
<b>Tratamiento Primario</b>		Tanque de homogenización	Pintar, eliminar roturas, limpieza de lodos y, habilitar el quemador de biogás
		Reactor anaerobio	
<b>Tratamiento Secundario</b>	<b>Módulo A</b>	Humedal vertical 1	Plantación de vegetación, elaborar nuevas columnas de soporte de tuberías, repello en paredes, limpieza de paredes y tuberías
		Humedal horizontal 1	
	<b>Módulo B</b>	Humedal vertical 2	Plantación de vegetación, elaborar nuevos bloques de reacción, repello en paredes, limpieza de paredes y tuberías
		Humedal horizontal 2	

## **Fase 2: Determinación de las variaciones de caudal y periodos de retención**

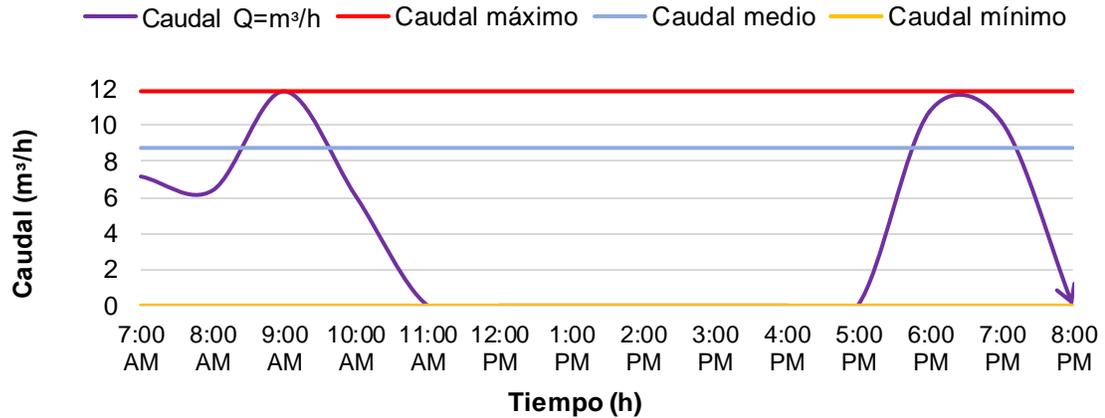
### **4.1.4 Cálculo de caudales**

#### **4.1.4.1 Afluente**

En el gráfico 1, se muestran los resultados del aforo de caudales para el día jueves 30 de septiembre 2021, del afluente. Obteniendo este día el caudal máximo, debido a que, en las distintas áreas realizaron limpieza profunda al finalizar jornada, generando más agua residual.

Con los aforos realizados, se alcanzaron los caudales máximos, medios y mínimos, obtenidos del afluente durante 14 horas por día que se expresan en la figura 23.

**Figura 23:** Caudal promedio máximo, medio y mínimo en el afluente



En la figura 23, se puede apreciar un caudal máximo de  $11.88 \text{ m}^3/\text{h}$ , otro punto es, que las horas de mayor demanda es a las 9:00 am, tiempo en el que la planta de proceso inicia operaciones de limpieza y sanitización, se obtiene un caudal cero entre las 11:00 am - 05:00 pm debido a que el operador cierra las válvulas de paso que provienen de los reservorios de lacto suero posteriormente a las 6:00 pm es cuando se cierran operaciones de proceso y se realiza todo el lavado de equipos y utensilios.

#### 4.1.4.2 Efluente

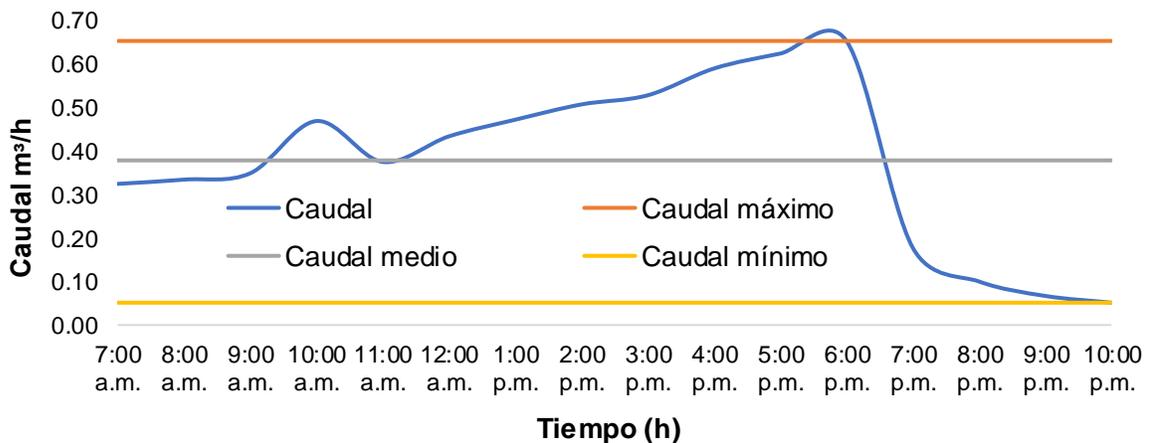
En la gráfica 24 y 25 se muestran los resultados del aforo de caudales para el día jueves 30 de septiembre 2021, del efluente tanto para el módulo A, como para el módulo B. Obteniendo este día el caudal máximo, debido a que en la temporada que el estudio se realizó (época de invierno), se producían periodos de lluvias en diferentes horarios del día. Con los aforos realizados, se obtuvieron los caudales máximos, medios y mínimos, para el módulo A y B, durante 16 horas por día, ver gráfica 24 y 25.

En las gráficas 24 y 25, se puede apreciar los caudales máximos para el módulo A de  $0.65 \text{ m}^3/\text{h}$  y para el módulo B de  $1.08 \text{ m}^3/\text{h}$ , entre las 4:00 pm y 6:00 pm, tiempo en donde la PTAR alcanza la mayor demanda; a las 7:00 pm tiende a disminuir el caudal, ya que el operario cierra la válvula de alimentación al reactor,

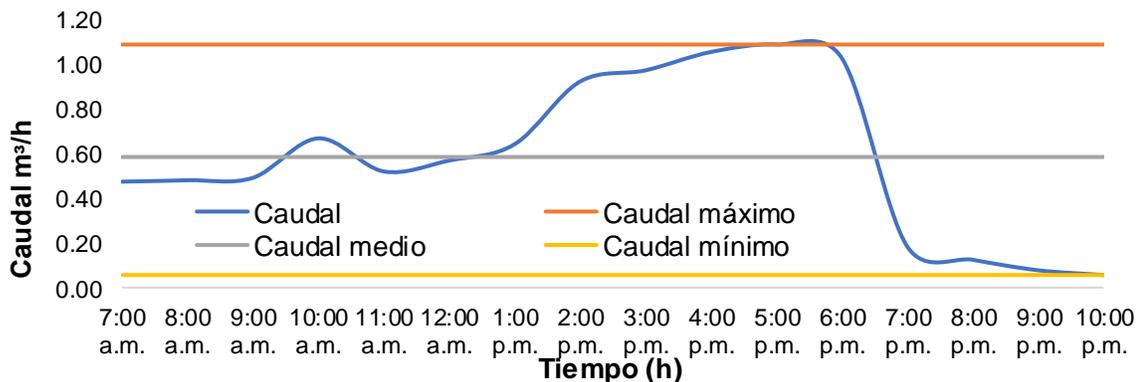
también se puede observar que en el módulo B existe un incremento en el caudal a diferencia del módulo A, esto se debe a que, el humedal horizontal 2 del módulo A posee poca vegetación haciendo más corto el tiempo de retención; por el contrario el humedal 1 del módulo A posee una vegetación completa y debido a la densidad de raíces hace que el agua tienda a tener un recorrido más prolongado y por ende tener un caudal bastante mínimo.

En el afluente se obtuvo un caudal promedio de  $7.73 \text{ m}^3/\text{h}$ , el cual es vertido en un promedio de 6 horas durante todo el día lo que equivale a  $46.38 \text{ m}^3/\text{día}$ , mientras que en el efluente se obtuvo un caudal de  $0.96 \text{ m}^3/\text{h}$  lo que equivale a  $23.04 \text{ m}^3/\text{día}$ . Esto quiere decir que, existe una diferencia de  $23.34 \text{ m}^3/\text{día}$ , el cual es infiltrado por una fuga en la caja de registro en la salida del reactor anaerobio, ver figura 26.

**Figura 24:** Caudal promedio máximo, medio y mínimo en el efluente para el módulo A.



**Figura 25:** Caudal promedio máximo, medio y mínimo en el efluente para el módulo B.



**Figura 26:** Fuga de agua residual en caja de registro



#### 4.1.5 Determinación del periodo de retención

##### 4.1.5.1 Periodo de retención en el reactor anaerobio

El período de retención es fundamental para la reducción de carga orgánica; estos valores fueron obtenidos por la ecuación que se encuentra en el CAPITULO 3, acápite 3.4.2, ecuación 2.

En la tabla 14 se presentan el valor de TRH, considerando el caudal promedio máximo durante las lecturas de aforo. Se puede apreciar en la tabla que se obtuvo un periodo de 15 horas.

**Tabla 14:** Periodo de retención hidráulico en el reactor anaerobio

Unidad	V. reactor(m <sup>3</sup> )	Q medio(m <sup>3</sup> /h)	TRH (h)
Reactor	118.20	7.738	15

En la tabla 14 se pueden observar las 15 horas en periodo de retención, tiempo que tarda el fluido en el reactor para que este logre degradar la materia orgánica por medio del consorcio microbiano, según Marquez Vazquez & Martinez Gonzáles, (2011) establecen que un reactor anaerobio discontinuo para el tratamiento de aguas residuales provenientes de una industria de lácteos el tiempo de retencion hidraulico es de 2 a 5 días, esto quiere decir que, el reactor esta operando a tiempos muy cortos por lo que la carga organica no se logra estabilizar completamente.

#### 4.1.5.2 Periodo de retención hidráulico en humedales

El período de retención fue determinado tomando en cuenta las consideraciones descritas en el CAPITULO 3, acápite 3.4.2 y utilizando la ecuación 5.

En la tabla 15 se presentan los valores de TRH, por lo que en el humedal vertical 1 y 2 se tienen TRH de 2.3 horas y 7.2 horas en el humedal horizontal 1 y 2.

**Tabla 15: Periodo de retención en módulo A y B**

Unidad		Longitud (L)	Ancho (w)	Profundidad (y)	Porosidad (n)	Caudal Q	TRH
Módulo A	Humedal vertical 1	10	2	1.3	0.7	7.738	2.3
	Humedal horizontal 2	10	10	0.8	0.7	7.738	7.2
Módulo B	Humedal vertical 1	10	2	1.3	0.7	7.738	2.3
	Humedal horizontal 2	10	10	0.8	0.7	7.738	7.2

Según un estudio realizado por la facultad de ingeniería universidad de Zulia establecen que el tiempo de retención hidráulico en humedales construidos sin plantas es de 2.7 horas y para humedales con plantas es de 7 a 9 horas, esto quiere decir que, los humedales logran cumplir con los periodos de retención sin embargo de acuerdo a Alarcon Herrera, Lara Borrero, Martinez, & Vidal (2018) los humedales requieren de una vegetación lo suficientemente densa para lograr un periodo de retención hidráulico óptimo y así lograr la desnitrificación completa.

#### 4.2 Fase 3: Toma y análisis de muestras

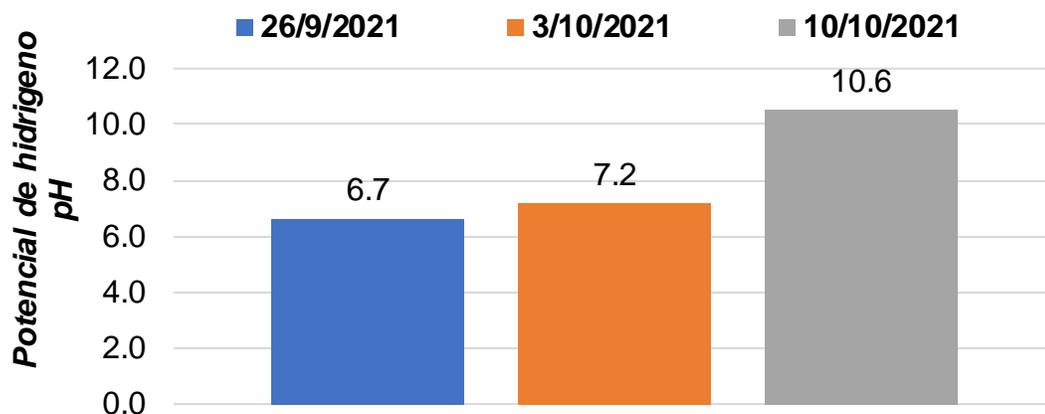
A continuación, se presentan las concentraciones obtenidas de los análisis físico-químicos en el laboratorio PIENSA, a partir de los muestreos compuestos realizados en la PTAR en tres monitoreos comprendidos desde el 26 de septiembre hasta el 10 de octubre del 2021, (ver anexo N°1-18).

#### 4.2.1 Resultados de análisis fisicoquímicos afluente

##### a) pH

Se observa en la figura 27, el pH de los días 26 de septiembre y 03 de octubre los valores que se encontraron son de 6.7 y 7.2, en contraste con el día 10 de octubre que el agua presentaba una alta alcalinidad de 10.6, la variabilidad del pH es debido a que la mayor parte de las aguas residuales proceden de lavados de áreas de proceso, donde se eliminan restos de productos lácteos con soda caustica en diferentes equipos.

**Figura 27:** Valores de pH en afluente



El intervalo de concentraciones adecuado para desarrollo de la mayor parte de los procesos biológicos es bastante estrecho y crítico, de 6.5-8. en la figura 27 se observa que las muestras en la fecha del 26 de septiembre y 03 de octubre, están dentro de los rangos, mientras que el 10 de octubre está por encima del límite de los rangos.

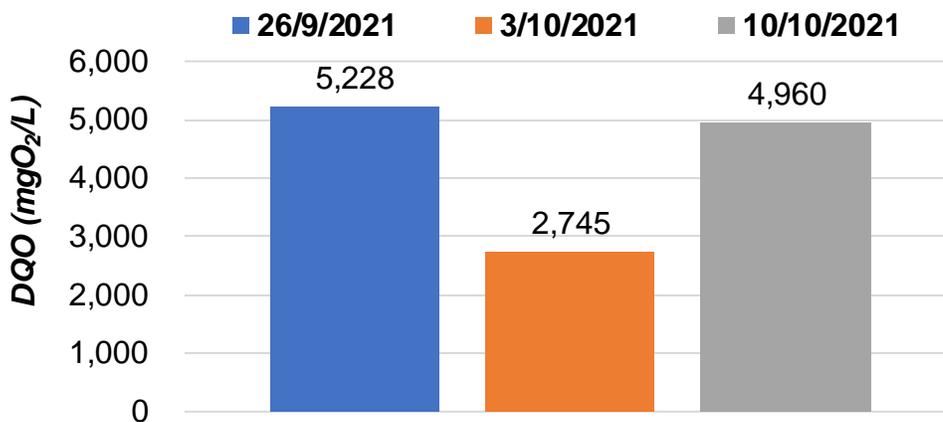
##### b) Concentración de DQO

Se puede observar en la figura 28, que la máxima concentración de DQO durante los muestreos fue de 5,227.72 mgO<sub>2</sub>/L el día 26 de septiembre y el 10 de octubre del 2021 con una concentración de 4,960 mgO<sub>2</sub>/L, esto debido a que las cajas recolectoras están conectadas con a la red de drenaje donde

se vierte tanto el agua residual como el lactosuero, esto quiere decir que a las 10:00 am cuando se inicia a verter el lactosuero, una pequeña porción se mezcla con el agua residual provocando una mayor concentración en el afluente.

Posteriormente el día 3 de octubre del 2021 se obtuvo una menor concentración de 2,745.1 mgO<sub>2</sub>/L esto ocurre cuando en las cajas de recolección el operador está atento a la llegada del lacto suero e inmediatamente lo desvía a las pilas de almacenamiento, esto quiere decir, que el sistema recibió solamente agua residual del proceso industrial.

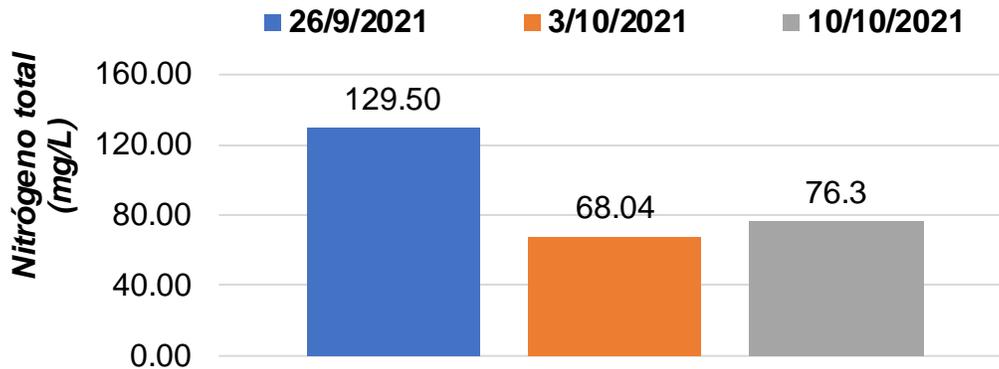
**Figura 28:** Concentración de DQO en afluente



**c) Concentración de nitrógeno total**

Se puede observar en la figura 29 que en la fecha 26 de septiembre se da la mayor la concentración de nitrógeno de 129.50 mg/L, esto debido a que, los productos de limpieza y desinfección utilizados en la planta de proceso para las diferentes actividades tales como: limpieza de líneas de conducción, equipos, tinas, accesorios, materiales, así como, los lavados de cisternas, camiones de recolección, tanques de almacenamiento, por lo que estos productos químicos contienen altos contenidos de matriz nitrogenada en su composición.

**Figura 29:** Concentración de nitrógeno total en afluente



Se puede observar en la figura 29 que el día 26 de septiembre se obtuvo un valor de 129.50 mg/L, mientras que el día 03 y 10 de octubre se obtuvieron valores de 68.04 mg/L y 76.3 mg/L, se puede observar que existe una tendencia con valores más estables con respecto al día 26 de septiembre.

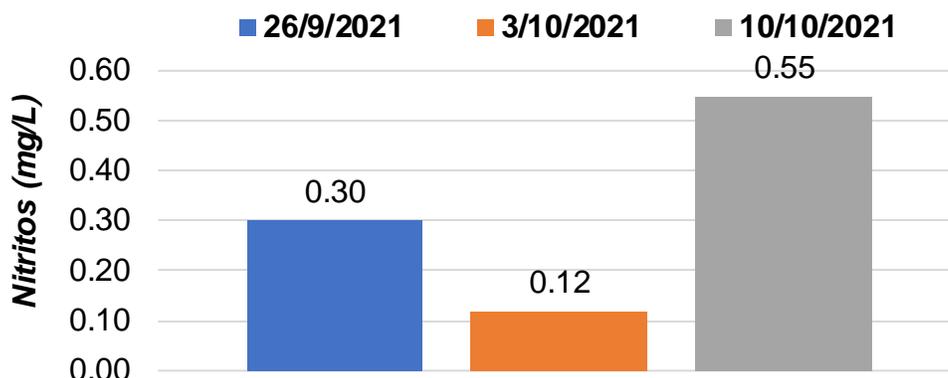
A nivel internacional existen como referencias los rangos 65-100 mg/L de concentración de nitrógeno, para el sector lácteo, al observar los valores reportados en la figura 29, las concentraciones de los días 03 y 10 de octubre se encuentran en el intervalo establecido, mientras que el día 26 de octubre el valor que se obtuvo sobrepasaba el valor máximo del rango determinado.

#### **d) Concentración de nitritos en afluente**

En la figura 30 se puede observar los resultados de los análisis de nitrito en donde, se obtuvo para el día 26 de septiembre y 03 de octubre valores de 0.30 y 0.12 mg/L, mientras que para el día 10 de octubre se obtuvo un valor de 0.55 mg/L respectivamente.

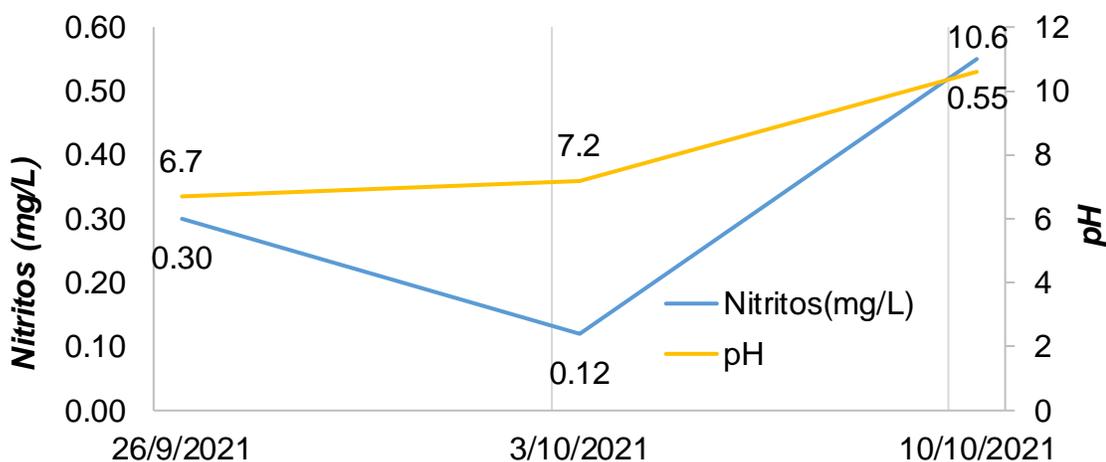
Se puede observar que para el día 10 de octubre se obtuvo una mayor concentración de nitritos; el nitrito se encuentra presente como ion nitrito, y esta concentración depende del pH del agua de manera directa para el ion y de manera inversa para el ácido, de tal manera que el pH afectara la tendencia del ion como se muestra en la figura 30.

Figura 30: **Concentración de nitritos**



Cuando la oxidación es incompleta se presenta una acumulación de nitritos como se puede observar en la figura 31, donde se tiene que para el día 10 de octubre una concentración de nitritos alta con respecto a los otros días de estudio que se presentan concentraciones bajas, esto quiere decir que para los días 26 de septiembre y 03 de octubre con pH casi neutros el nitrito es transformado en nitratos y presentar tales características.

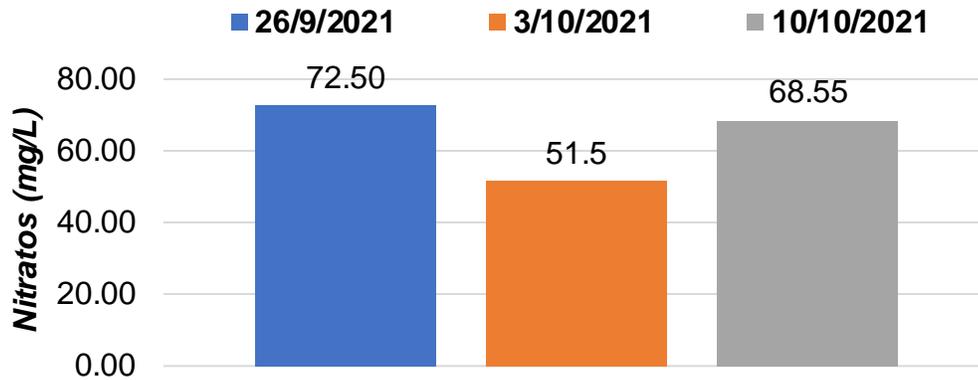
Figura 31: **Nitritos vs pH**



**e) Concentración nitratos en afluente**

En la figura 32 se puede observar los resultados de los análisis de nitrato en donde, se obtuvo para el día 26 de septiembre un valor de 72.5 mg/L, el cual estuvo bastante similar al día 10 de octubre con 68.55 mg/L, en contraste con el día 03 de octubre con un valor bastante bajo de 51.55 mg/L.

**Figura 32:** Concentración de nitratos



Es preciso mencionar, que en los días 26 de septiembre y 10 de octubre, la PTAR operó con concentraciones de DQO promedio de 5,000 mgO<sub>2</sub>/L, con respecto al día 03 de octubre con una concentración de 2,745.1 mgO<sub>2</sub>/L, se puede observar que a medida que aumenta la concentración de materia orgánica aumenta la concentración de nitrógeno en el medio.

A continuación, se presentan los análisis realizados el día 31 de mayo del 2021, por Biomasa-UN/RUPAP donde se muestran los resultados de los parámetros analizados a solicitud de lácteos la Montaña S.A.

**Tabla 16:** Resultados históricos de la PTAR lácteos La Montaña S.A

ANÁLISIS	MUESTRA				
	Unidad	Método	Afluente	Efluente	Observaciones
pH	°C	Potenciométrico	4.30-11.20	7.10-7.64	Parámetro dentro del rango establecido por el decreto
Temperatura	mg/L	Manual	27.1-35.8	26.5-29.4	Parámetro dentro del rango establecido por el decreto

ANALISIS	MUESTRA				
	Unidad	Método	Afluente	Efluente	Observaciones
DQO	mg/L	SM 5220-C	4,342.56 S=86.2	414.61 S=86.3	El decreto establece 250, parámetro fuera de rango
DBO <sub>5</sub>	mg/L	SM//EPA 5210-B	2,000.00	230	El decreto establece 100, parámetro fuera de rango
SAAM	mg/L	SM//EPA 5240-C	15.06	7.24	
Nitrógeno	mg/L	SM//EPA 4500-B	121.24	-	No se realizó el análisis del efluente
Sólidos Suspendidos	mg/L	M.N. 2540-D	359.22 S=1.10	4.56 S=1.11	Parámetro dentro del rango establecido por el decreto
Sólidos Sedimentados	mg/L	M.N. 2540-F	0	0	El análisis no es realizado
Grasas y Aceites	mg/L	M.N. 5520-B	235.42 S=10.3	22.85 S=10.4	Parámetro dentro del rango establecido por el decreto

Estos resultados de análisis tienen una semejanza a los análisis obtenidos en este estudio, siendo que fueron obtenidos de forma puntual con los respecto a los investigados que son de muestras compuestas.

Se observa en la tabla 16 que se reportó un intervalo de pH entre 4.3 -11.20 y en el estudio actual entre 6 a 8.

La DQO presentada en la tabla 16 fue de 4,342.56 mgO<sub>2</sub>/L mientras que este estudio obtuvo una concentración de DQO promedio de 4,310.94 mgO<sub>2</sub>/L con una diferencia de 31.62 mgO<sub>2</sub>/L.

De acuerdo, a los nutrientes en los resultados el nitrógeno fue de 121.24 mg/L mientras que el promedio del estudio fue de 91.28 mg/L, pero cabe mencionar que el día 26 se obtuvo una concentración de nitrógeno de 129.50 mg/L con una diferencia de 8.26 mg/L.

#### **4.2.2 Determinación de la carga orgánica con respecto a DQO en afluente**

Las concentraciones de DQO se utilizaron para la determinación de carga orgánica en cada unidad de depuración, utilizando las consideraciones del CAPITULO 3, acápite 3.5.3, ecuación 2; se observa en la tabla 17 la determinación de la carga orgánica total en función de DQO.

### a) Reactor anaerobio

En la siguiente tabla se muestran los promedios de las concentraciones obtenidas de los tres análisis realizados para la determinación de la carga orgánica con respecto a DQO.

**Tabla 17:** Carga contaminante total en afluente del reactor anaerobio

Unidad de tratamiento	Concentración DQO(mgO <sub>2</sub> /L)	Qprom (L/s)	Factor de conversión	COT (Kg/día)
Reactor anaerobio	4,310.94	2.149	0.0864	800.43

Se observa en la tabla 17, la carga contaminante diaria que ingresa al reactor y que será usado como una masa de sustrato (DQO) que serán estabilizados en el tratamiento biológico.

Posteriormente al analizar las cargas máxicas en el reactor anaerobio se hace necesario como paso previo analizar las cargas volumétricas que es una relación entre la masa de un determinado contaminante por unidad de tiempo, siendo que la carga máxima volumétrica para un reactor es de 15 kg de DQO\*m<sup>-3</sup>d<sup>-1</sup>, en el caso del reactor es de 6.772 kg de DQO\*m<sup>-3</sup>d<sup>-1</sup> con respecto a 800.43 kg DQO/día de materia orgánica diaria, esto da como resultado que la unidad de tratamiento no tiene sobre carga orgánica diaria.

### b) Humedales verticales

**Tabla 18:** Carga contaminante total en afluente de humedales verticales

Unidad de tratamiento	Concentración DQO(mgO <sub>2</sub> /L)	Qprom (L/s)	Factor de conversión	COT (Kg/día)
Humedal vertical 1	1,931.42	2.149	0.0864	358.3
Humedal vertical 2	1,931.42	2.149	0.0864	358.3

En la tabla 18 se observan las cargas contaminantes con respecto a DQO que entran a cada unidad de tratamiento, cabe mencionar que los humedales verticales reciben el agua residual proveniente del reactor anaerobio, por lo que para cada unidad es la misma carga total de 358.3 kg DQO/día.

### a) Humedales horizontales

En la tabla 19 se pueden apreciar las cargas contaminantes con respecto a DQO que entran en los humedales horizontales, la última etapa de tratamiento en la PTAR.

**Tabla 19:** Carga contaminante total en afluente de humedales horizontales

Unidad de tratamiento	Concentración DQO(mgO <sub>2</sub> /L)	Q prom (L/s)	Factor de conversión	COT (Kg/día)
Humedal horizontal 1	1,677.81	2.149	0.0864	311.2
Humedal horizontal 2	1,536.26	2.149	0.0864	285.0

Se puede observar en la tabla 19, como se da una reducción de las cargas contaminantes con respecto a DQO, con el pasar a través de cada unidad de tratamiento. Se observa de la tabla 19 como el humedal presenta una mejor eficiencia en la reducción de la materia orgánica, se debe considerar que fue el humedal en el que se encontraron mayor tamaño las raíces siendo esto un factor muy ponderante para absorción de nutrientes y materia orgánica.

### 4.2.3 Determinación de la carga orgánica nitrogenada en afluente

#### a) Reactor anaerobio

**Tabla 20:** Carga nitrogenada en afluente del reactor anaerobio

Unidad de tratamiento	Concentración NT(mg/L)	Qprom (L/s)	Factor de conversión	CN (Kg/día)
Reactor anaerobio	91.28	2.149	0.0864	16.93

Para la degradación de la materia orgánica es necesario que exista una carga de nutrientes en el flujo de agua en los sistemas de tratamiento dado que, la degradación de la materia con presencia de nutrientes favorece a los microorganismos para un mayor rendimiento, en el caso de la carga volumétrica con respecto a nitrógeno total se observa que entran diariamente 0.143 Kg de NT\*m<sup>-3</sup>d<sup>-1</sup>.

### a) Humedales verticales

En la tabla 21 y 22 se muestran los resultados obtenidos sobre la carga nitrogenada que entra a cada uno de los módulos.

**Tabla 21:** Carga nitrogenada en afluente de humedales verticales

Unidad de tratamiento	Concentración NT(mg/L)	Qprom (L/s)	Factor de conversión	CN (Kg/día)
Humedal vertical 1	80.92	2.149	0.0864	15.01
Humedal vertical 2	80.92	2.149	0.0864	15.01

### b) Humedales horizontales

**Tabla 22:** Carga nitrogenada en afluente de humedales horizontales

Unidad de tratamiento	Concentración NT(mg/L)	Qprom (L/seg)	Factor de conversión	CN (Kg/día)
Humedal horizontal 1	87.8	2.149	0.0864	16.29
Humedal horizontal 2	89.1	2.149	0.0864	16.53

En los humedales verticales ingresa la carga nitrogenada proveniente del tratamiento primario la cual se distribuye uniformemente en los mismos, logrando recibir 15.01 kg/día, en cuanto a los humedales horizontales para el humedal 1 ingresan 16.29 kg/día y para el humedal 2 ingresan 16.53 kg/día, dicha carga será estabilizada en los procesos de nitrificación-desnitrificación para la degradación del nitrógeno.

#### 4.2.4 Determinación de la carga orgánica con respecto a DQO en efluente

**Tabla 23:** Carga contaminante total en efluente del reactor anaerobio

Unidad de tratamiento	Concentración DQO(mgO <sub>2</sub> /L)	Qprom (L/seg)	Factor de conversión	COT (Kg/día)
Reactor anaerobio	1,931.42	2.149	0.0864	358.9

Se observa en la tabla 23 que se vierten 358.3 kg/día a las siguientes unidades de depuración con una eficiencia de 55 %, en una investigación realizada en 2020

en la empresa Masigüito R.L de procesos lácteos, posee un sistema lagunar primario, la cual reporta que la PTAR de tratamiento vierte agua residual con una carga orgánica de 474.47 Kg/día con una eficiencia promedio de 70.5 %, esto quiere decir que, existe una diferencia bastante baja del 15% siendo que poseen los mismo procesos de manufactura pero con métodos de tratamientos diferentes se logra tener resultados muy similares.

**Tabla 24:** Carga contaminante total en efluente de humedales verticales

Unidad de tratamiento	Concentración DQO(mgO <sub>2</sub> /L)	Qprom (L/seg)	Factor de conversión	COT (Kg/día)
Humedal vertical 1	1,677.81	2.149	0.0864	311.2
Humedal vertical 2	1,536.26	2.149	0.0864	285.0

Para el humedal vertical 1 ingresan 358.3 kg DQO/día de materia orgánica diaria y el agua residual sale con una carga total de 311.2 kg DQO/día por lo que la unidad de tratamiento tiene una eficiencia sobre carga orgánica diaria del 13 %. En cuanto al humedal vertical 2 ingresan 358.3 kg DQO/día y salen 285.0 kg DQO/día esto lleva a una eficiencia de 20 %.

**Tabla 25:** Carga contaminante total en efluente de humedales horizontales

Unidad de tratamiento	Concentración DQO(mgO <sub>2</sub> /L)	Qprom (L/seg)	Factor de conversión	COT (Kg/día)
Humedal horizontal 1	847.80	2.149	0.0864	157.3
Humedal horizontal 2	674.29	2.149	0.0864	125.1

Para el humedal horizontal 1 ingresan 311.2 kg DQO/día de materia orgánica diaria y el agua residual sale con una carga total de 157.3 kg DQO/día por lo que la unidad de tratamiento tiene una eficiencia sobre carga orgánica diaria del 49 %.

En cuanto al humedal horizontal 2 ingresan 285 kg DQO/día y salen 125.1 kg DQO/día esto lleva a una mejor eficiencia de 56 % con respecto al humedal 1,

esto debido a que el humedal 1 presenta una vegetación más completa en su superficie ocasionando mejores condiciones para los microorganismos anaerobios que son los responsables de degradar la materia orgánica.

#### 4.2.5 Determinación de la carga nitrogenada en efluente

**Tabla 26:** Carga nitrogenada en efluente del reactor anaerobio

Unidad de tratamiento	Concentración NT(mg/L)	Qprom (L/seg)	Factor de conversión	CN (Kg/día)
Reactor anaerobio	80.92	2.149	0.0864	15.01

Con respecto al nitrógeno total, se observa que salen de materia nitrogenada 15.01 kgNT/día, por lo que la eficiencia es de 11%, esto se debe a que los reactores no están diseñados para reducir a altos porcentajes carga nitrogenada por tal razón se obtiene este resultado.

**Tabla 27:** Carga nitrogenada en efluente de humedales verticales

Unidad de tratamiento	Concentración NT(mg/L)	Qprom (L/seg)	Factor de conversión	CN (Kg/día)
Humedal vertical 1	87.8	2.149	0.0864	16.29
Humedal vertical 2	89.1	2.149	0.0864	16.53

Con respecto al nitrógeno total, se observa que para el humedal vertical 1 ingresan 15.01 kgNT/día y salen de materia nitrogenada 16.29 kgNT/día, por lo que la eficiencia se presenta de forma negativa con -8.5%, esto se debe a que las unidades poseen muchos árboles cerca, y esta a su vez desechan hojas que están produciendo materia orgánica que se acumula en el humedal, además el filtro de piedra bolón crea una biopelícula sobre la superficie incrementando la carga nitrogenada y, pese a la falta de vegetación que no logra asimilar el nitrógeno, este tiende a acumularse en el medio y generar estos resultados.

Para el caso del humedal vertical 2 ingresan 15.01 kgNT/día y salen de materia nitrogenada 16.53 kgNT/día, por lo que la eficiencia también se presenta de forma negativa con -10 %, generándose el mismo efecto que el humedal vertical 1.

**Tabla 28:** Carga nitrogenada en efluente de humedales horizontales

Unidad de tratamiento	Concentración NT(mg/L)	Qprom (L/seg)	Factor de conversión	CN (Kg/día)
Humedal horizontal 1	51.7	2.149	0.0864	9.58
Humedal horizontal 2	60.16	2.149	0.0864	11.16

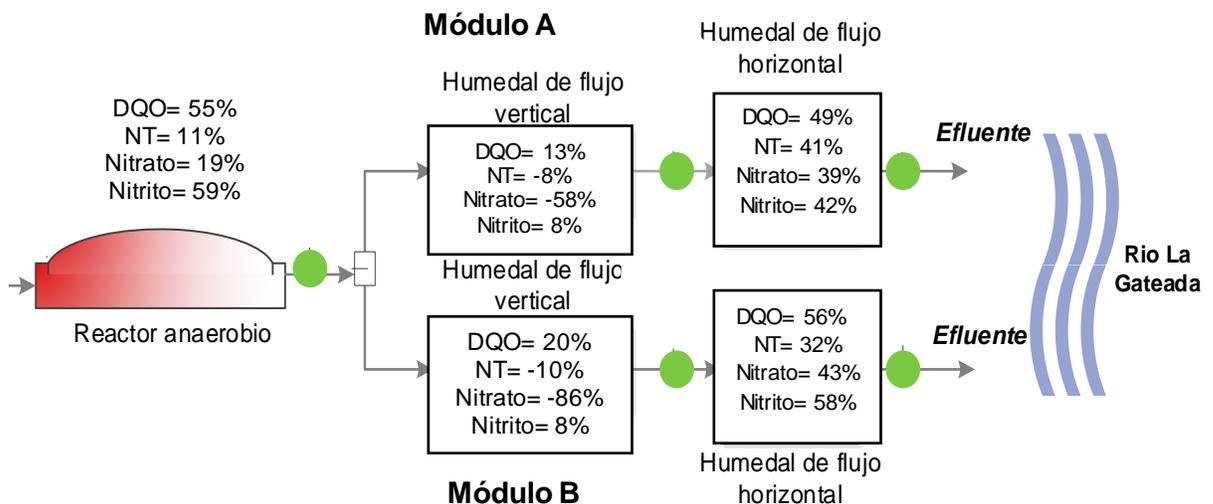
Con respecto al nitrógeno total, se observa que para el humedal horizontal 1 ingresan 16.29 kgNT/día y salen de materia nitrogenada 9.58 kgNT/día, por lo que la eficiencia es de 41%, para el humedal horizontal 2 ingresan 16.53 kgNT/día y salen de materia nitrogenada 11.16 kgNT/día, por lo que la eficiencia es de 32%, Se puede apreciar la mejor eficiencia en el humedal 1, esto debido a que este humedal presenta más densidad de raíces que por medio de sus bellos absorbentes se logra esta reacción, haciendo posible estabilizar a un porcentaje más alto la carga nitrogenada.

### 4.3 Fase 4: Regulaciones ambientales

#### 4.3.1 Determinación de las eficiencias de remoción de contaminantes en la PTAR

Se puede observar en la figura 33, las diferentes eficiencias de remoción de los distintos contaminantes evaluados

**Figura 33:** Eficiencias obtenidas en cada unidad de la PTAR



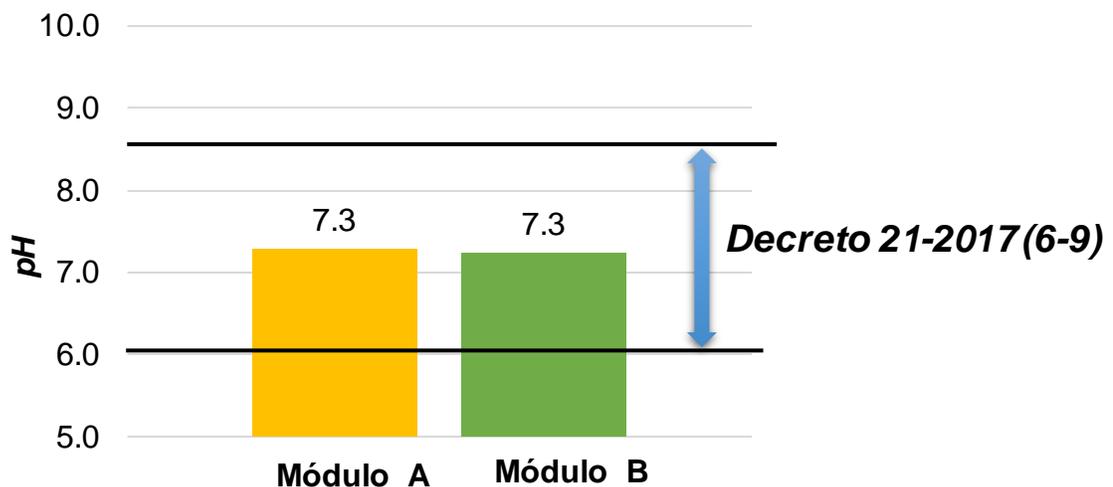
En la figura 33 se presentan las eficiencias obtenidas en cada una de las unidades de depuración, obteniendo un 55 % en el reactor anaerobio en cuanto a DQO, un resultado muy deficiente debido a la falta de mantenimiento y abandono parcial de la PTAR, eficiencias negativas en la remoción de nitrógeno en los humedales verticales debido a la falta de vegetación y un promedio de 38 % en humedales horizontales; según Alarcon Herrera, Lara Borrero, Martinez, & Vidal, (2018) en su acápite 6.1.3 establecen una eficiencia de 40-80% en humedales verticales y horizontales, esto quiere decir que las unidades están operando por debajo de los valores mínimos en ambos módulos de la PTAR.

#### 4.3.2 Resultados de análisis fisicoquímicos con respecto a las regulaciones ambientales

##### a) pH

Se observa en la figura 34, que las muestras analizadas están dentro del límite máximo permisible establecido en el Decreto 21-2017, esto se debe a adición de los tratamientos químicos que están previos a la entrada del reactor y en todo el proceso biológico de la PTAR no se da una gran variabilidad del pH.

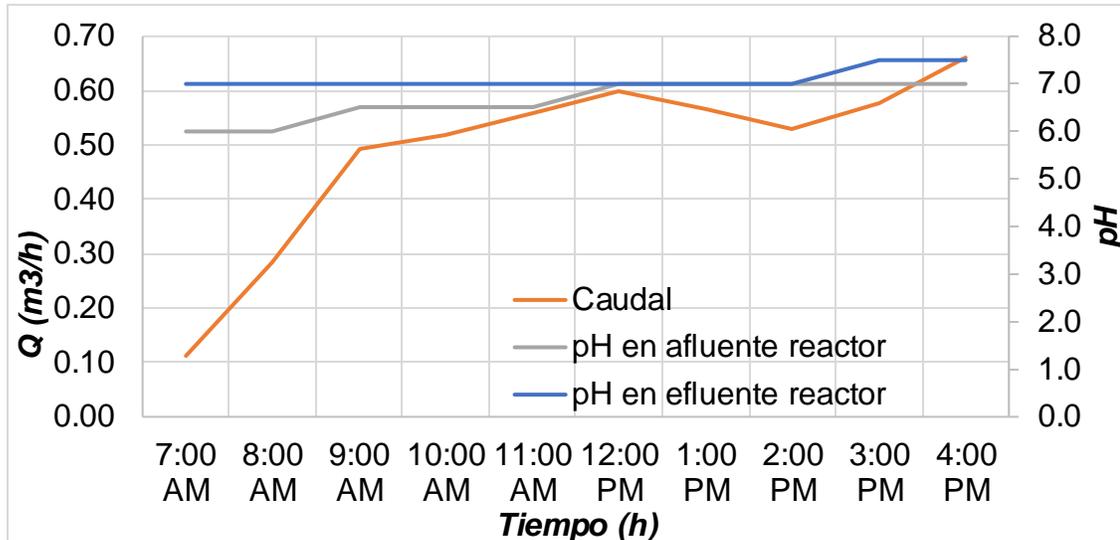
**Figura 34:** Medidas promedio de pH en efluente



Los sistemas de humedales construidos presentan un rango de pH levemente básico próximo a la neutralidad entre 7.00 y 8.00. Esta cualidad de los

humedales se debe a la materia orgánica procedente de la descomposición que tiene lugar en el sistema la cual proporciona una neutralidad en el pH.

**Figura 35:** Caudal vs pH



Se puede observar en la figura 35 el comportamiento proporcional que tiene el pH con el caudal del afluente, esto se debe en mayor parte al elevado uso de soda caustica (químico alcalino) en las operaciones de limpieza que son llevadas a cabo en la planta de proceso, esto quiere decir que, el agua por su procedencia de origen lácteo tiende a tener pH ácidos y con el uso de soda caustica actúa sobre el agua residual logrando hacer el cambio de ácido a alcalino.

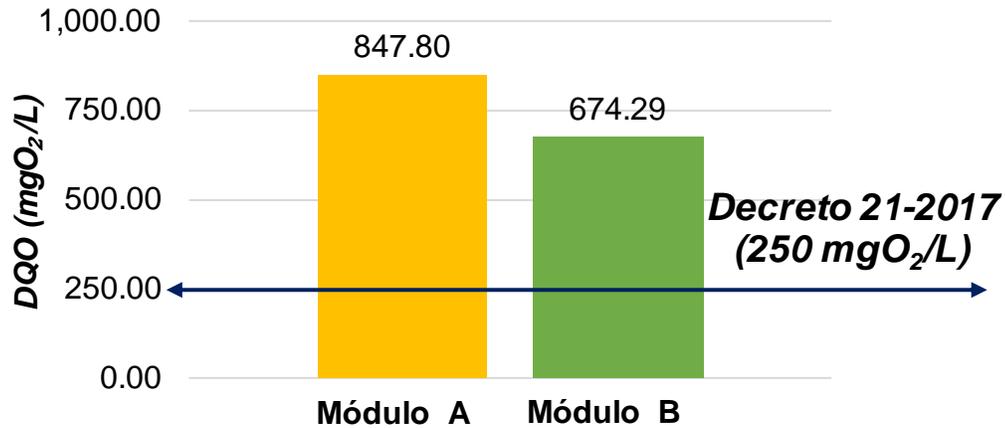
De igual forma el pH en el efluente presenta las mismas características debido al proceso que se lleva a cabo en las unidades de tratamiento las cuales estabilizan el pH en un valor de 7-7.5, el cual es idóneo para vertimiento en los cuerpos receptores.

### **b) Concentración de DQO**

En la figura 36 se muestran los análisis de resultados de las concentraciones de efluentes de 847.8 mgO<sub>2</sub>/L y 674.29 mgO<sub>2</sub>/L, que se encuentran por encima del rango establecido según la norma. Esto se debe a que el sistema no

trabaja correctamente, debido a que el reactor tiene un funcionamiento deficiente además a que tiene más de 10 años sin mantenimiento y las bacterias no logran asimilar toda la carga orgánica en el medio.

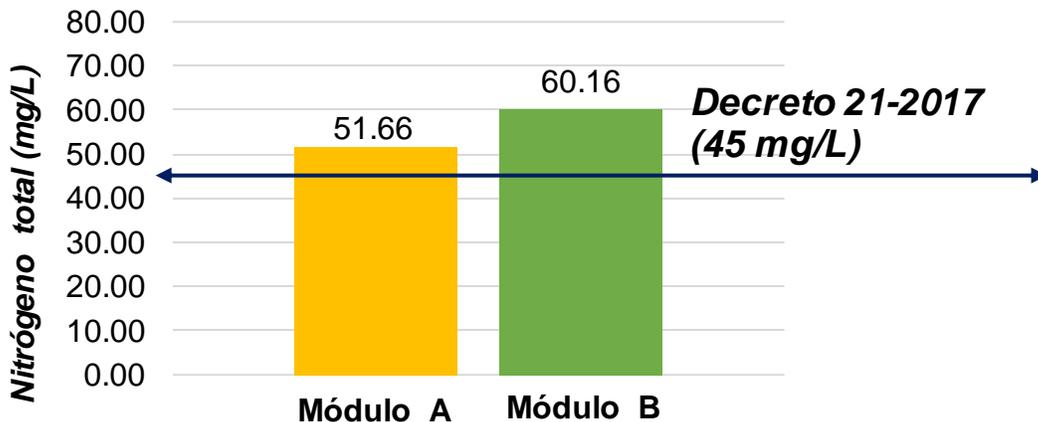
**Figura 36:** Concentraciones promedio de DQO en efluente



### c) Concentración de nitrógeno total

En la figura 37 se logra apreciar la concentración de nitrógeno en cada módulo de operación en la PTAR, para el módulo A se obtuvo una concentración de 51.66 mg/L y para el módulo B una concentración de 60.16 mg/L, siendo que el LMP es 45 mg/L, el tratamiento secundario no logra cumplir con la concentración de vertimiento y por ende puede provocar la eutrofización del cuerpo receptor de la PTAR.

**Figura 37:** Concentraciones promedio de nitrógeno total en efluente



#### d) Concentración nitratos

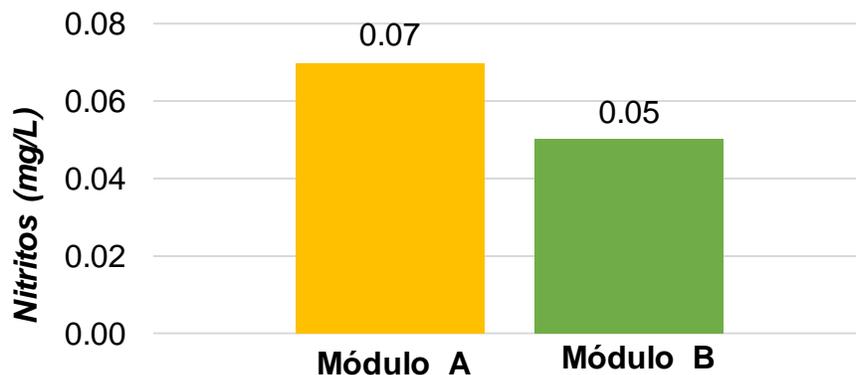
Figura 38: Concentraciones promedio de efluente



En la figura 38 se logra apreciar los resultados de las concentraciones de nitratos en efluentes del módulo A y B resultados de la oxidación (nitrificación) en los humedales, en donde se obtuvo para el módulo A 49.90 mg/L con una eficiencia de -59.62% esto debido a que estos sistemas están operando de forma deficiente en mayor parte a que la configuración de los humedales verticales requieren mayores tasas de oxígeno y por falta de este las bacterias autótrofas no logran nitrificar el amonio produciendo la acumulación de nitrógeno se obtienen estos resultados; para el módulo B el resultado fue de 55.05 mg/L el cual está operando con una eficiencia de -86.37% ya que presenta las mismas características con respecto al módulo A.

#### e) Concentración nitritos

Figura 39: Concentraciones promedio de efluente



En la figura 39 se presentan los resultados de las concentraciones de nitritos en efluentes del módulo A y B, en donde se obtuvo como resultado para el módulo A 0.07 mg/L con una eficiencia de 41.67%, los procesos que se dan es la reducción (desnitrificación) que requiere un sustrato oxidable, ya sea orgánico o inorgánico, que actúa como fuente de energía, por lo que la desnitrificación es llevada a cabo por bacterias heterótrofas y autótrofas, esto quiere decir que aunque el nitrógeno no es convertido en nitrato en los humedales verticales las bacterias autótrofas en presencia de oxígeno logran nitrificar para luego las bacterias heterótrofas poder desnitrificar en el mismo humedal horizontal.

Estas acciones son realizadas en menores rendimientos debido a que los humedales horizontales no son buenos para nitrificar, pero si para desnitrificar, es por ello que se utilizan los humedales verticales como unidad anterior a los humedales horizontales ya que estos si son buenos para nitrificar, esto quiere decir que la ausencia de oxígeno afecta a las bacterias autótrofas y la presencia de oxígeno a las bacterias heterótrofas, como resultado final se obtiene una desnitrificación bastante baja.

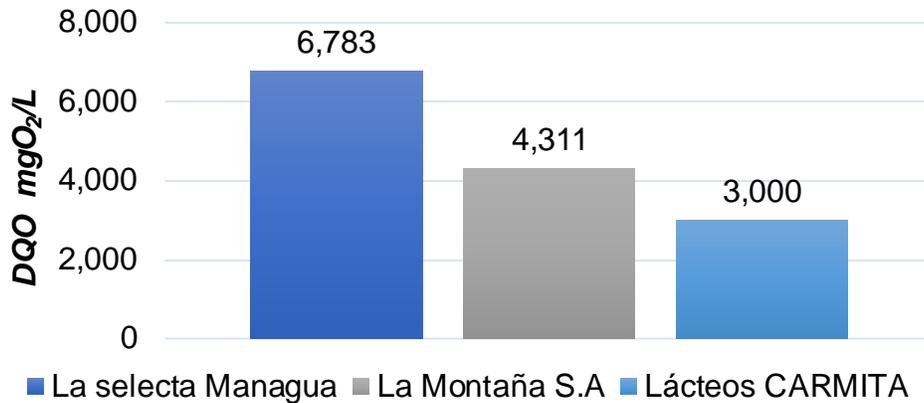
Para el módulo B se obtuvo una concentración de 0.05 mg/L con una eficiencia de 58.33%, este presenta una diferencia mayor al módulo A de 16.66 mg/L debido a que este humedal contiene una vegetación más completa y las bacterias estabilizan los nitratos en condiciones mayormente anoxicas.

#### **4.3.3 Análisis fisicoquímicos con respecto a otras PTAR**

En la figura 40, se presentan las concentraciones de afluentes con respecto a DQO de la PTAR La Montaña S.A, La Selecta y Lácteos Carmita (Industria extranjera), en los cuales se observa una variabilidad de las concentraciones, esto se debe a que la DQO en los afluentes dependen inicialmente de las áreas de procesos industriales que son vertidas a las PTAR.

### a) Concentración de DQO

**Figura 40:** Concentraciones de DQO en afluentes

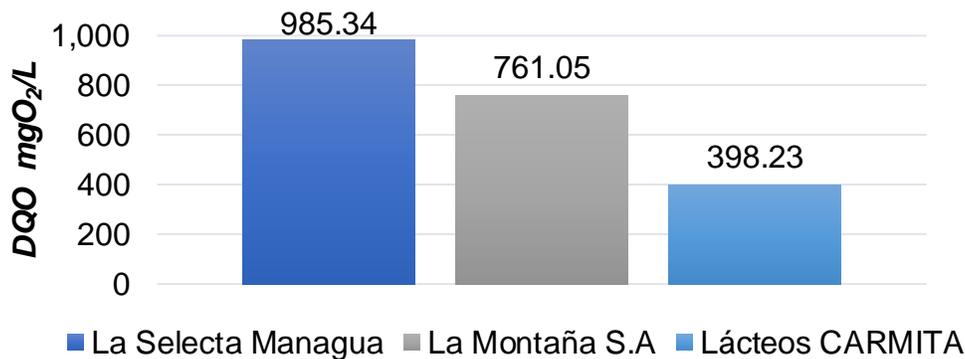


**Fuente:** Thoe Ramos, VelasquezCastillo, & Zelaya Blandon, (1992); Medina, (2014)

Se puede observar en la figura 40 que la empresa La Selecta Managua, presenta una elevada concentración de 6,783.33 de mgO<sub>2</sub>/L de DQO esto debido a que sus procesos de producción son de 24 horas y se basan más en leches saborizadas y producción de quesos, esto provoca mayores cargas orgánicas con respecto a las otras PTAR. En cuanto a Lácteos Carmita presenta concentraciones inferiores respecto a La Montaña S.A en el orden de 3,000 mgO<sub>2</sub>/L esto debido a que su producción se basa en leche en polvo y baja producción de quesos.

Con respecto a los efluentes que se generan de las industrias analizadas, se muestran en la figura 41, las concentraciones de DQO, de las PTAR.

**Figura 41:** Concentraciones de DQO en efluente



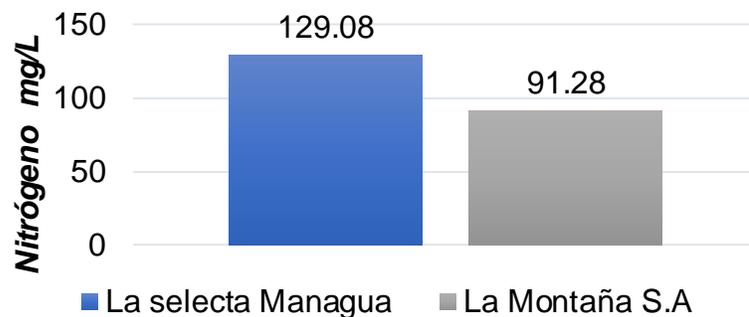
**Fuente:** Thoe Ramos, VelasquezCastillo, & Zelaya Blandon, (1992); Medina, (2014)

Al realizar la interpretación de los resultados mostrados en la figura 41 se obtienen las concentraciones de las PTAR dado que operan con reactores anaerobio estas presentan las mismas características de estabilización de la materia, en cuanto a La Selecta, es de 985.34 mgO<sub>2</sub>/L con 85.47% de eficiencia en remoción de DQO, con respecto a la empresa Lácteos Carmita, presenta 398.23 mgO<sub>2</sub>/L, la cual tiene una eficiencia del 86.73 % en la remoción de DQO, no obstante La Montaña S.A reporta una concentración de 761.05 mgO<sub>2</sub>/L con una eficiencia de 82.35%, se logra observar que debido al mismo sistema de tratamiento las unidades presentan eficiencias muy similares, sin embargo debido a los abandonos y bajo mantenimiento estos no logran cumplir con los objetivos de estabilización y por ende no cumplir con el Decreto 21-2017.

### b) Nitrógeno total

En la figura 42, se presentan las concentraciones de afluente con respecto a nitrógeno de las PTAR La Selecta, La Montaña S.A y Lácteos Carmita, las cuales varían, considerando los procesos de limpieza en las diferentes áreas de procesos industriales, así como, los diferentes productos empleados para la limpieza.

**Figura 42:** Concentraciones de nitrógeno total en afluente



**Fuente:** Thoe Ramos, VelasquezCastillo, & Zelaya Blandon, (1992)

De los resultados mostrados en la figura 42, se observa que las concentraciones son muy variables en mayor parte debido al tipo de producto que elaboran, por esta razón, se observa que La Selecta Managua presenta 129.08 mg/L, esto se

debe al tipo de limpieza en CIP de equipos que generan altos volúmenes de agua con altas cargas de nutrientes, mientras que La Montaña S.A presenta 91.28 mg/L.

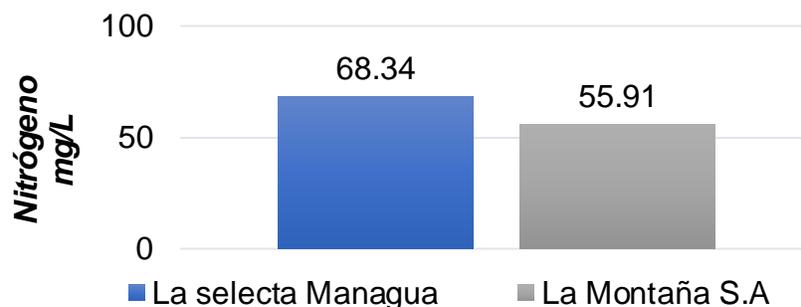
Los residuos lácteos deben ser retirados de los equipos e instalaciones para asegurar las condiciones de asepsia que establecen las normativas de inocuidad de alimentos, por lo que se requiere de grandes cantidades de agua y productos químicos de limpieza (detergentes, soda caustica).

Luego, La Montaña S.A, presenta las mismas características, pero en menor escala con 91.28 mg/L añadiendo también que, en cada etapa de procesamiento se generan residuos lácteos, así como, el lavado de las lecheras metálicas durante la mañana, limpieza preoperacional, operacional, pos operacional y limpiezas profundas que aportan muchos nutrientes.

Con respecto a los efluentes que se generan de las industrias analizadas, se muestra en la figura 43, las concentraciones de NT, de las PTAR.

En la figura 43 se observa que La Selecta S.A presenta una concentración de 68.34 mg/L, siendo muy cercana a las reportadas por otros investigadores como Benítez (2021), En cuanto a La Montaña S.A se observa que vierte un efluente de 55.91 mg/L entre ambos módulos con una eficiencia promedio de 38.75%, Benítez (2021) sugiere eficiencias entre 90 y 95%, tal eficiencia se da debido al incorrecto uso de los humedales que son esenciales en la remoción de nutrientes y ya que estos están en deterioradas condiciones, provoca esos resultados.

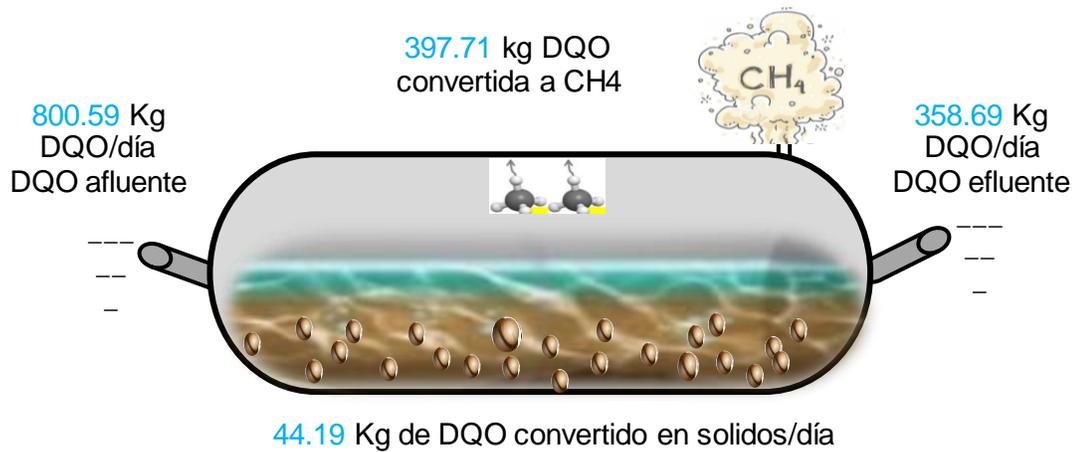
**Figura 43:** Concentraciones de nitrógeno total en efluente



Fuente: Thoe Ramos, VelasquezCastillo, & Zelaya Blandon, (1992)

#### 4.3.4 Balance de masa con respecto a DQO

**Figura 44:** Biodegradación de materia orgánica en el reactor



Se logra apreciar en la figura 44 una entrada de carga másica diaria de 800.59 kg DQO/día, de los cuales el 49.7% es materia orgánica disuelta que se transforma en CH<sub>4</sub> en la zona anaerobia por medio de la transformación de la materia orgánica lo que corresponde a 397.71 kg de DQO/día, por otro lado, el 5.5 % es materia orgánica suspendida que es metabolizada en la zona anaerobia en lodo, lo que representa 44.19 kg de sólidos/día, como resultado de estos procesos metabólicos se logra una reducción de la carga másica del 55.2 % y un 44.8% en la salida, que equivale a una carga másica diaria de 358.69 kg DQO/día, que posteriormente esta carga es distribuida en los módulos A y B.

Al analizar la biodegradación de la materia orgánica y nitrogenada de las aguas residuales industriales de la empresa La Montaña S.A, las rutas metabólicas y subproductos resultados de la estabilización de los contaminantes analizados.

Se puede observar en la figura 45 que la carga másica de materia orgánica diaria es de 800.59 kg DQO/día y la carga másica nitrogenada es de 16.93 kg NT/día que fueron metabolizados por los microorganismos en tres fracciones:



Con respecto a la primera fracción corresponde a la transformación de 397.71 kg DQO/día y 1.92 kg NT/día en la biodegradación anaerobia, se puede observar que en las rutas metabólicas se da una transformación por bacterias hidrolíticas de los carbohidratos (C), lípidos (L) y proteínas (P) en compuestos solubles, tales como, azúcares, ácidos grasos de cadena larga, aminoácidos y alcoholes.

Luego estos compuestos solubles son convertidos por parte de las bacterias acidogénicas en compuestos más simples de cadena corta (ácidos grasos volátiles), y también subproductos tales como el amonio, dióxido de carbono e hidrogeno.

Seguidamente pasan a la etapa acetogénica donde los productos intermedios en la etapa acidogénica son oxidados a ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono y por último estos productos son convertidos a gases como CH<sub>4</sub> (75%), CO<sub>2</sub> (25%), en bajos porcentajes H<sub>2</sub>S (2%) y N<sub>2</sub> (3%)

Resultado de esta transformación se obtiene biogás el cual es contenido en el reactor, tales reacciones requieren de nutrientes para llevar a cabo el crecimiento de los microorganismos y la síntesis de proteínas, esto conlleva a la descarga de 15.01 kg NT/día en efluente.

En la segunda fracción la materia orgánica suspendida, es usada por los microorganismos para el catabolismo y anabolismo, ocurre la transformación de 44.19 kg DQO/día de materia orgánica suspendida, de tal manera que el 5 % se convierte en lodo.

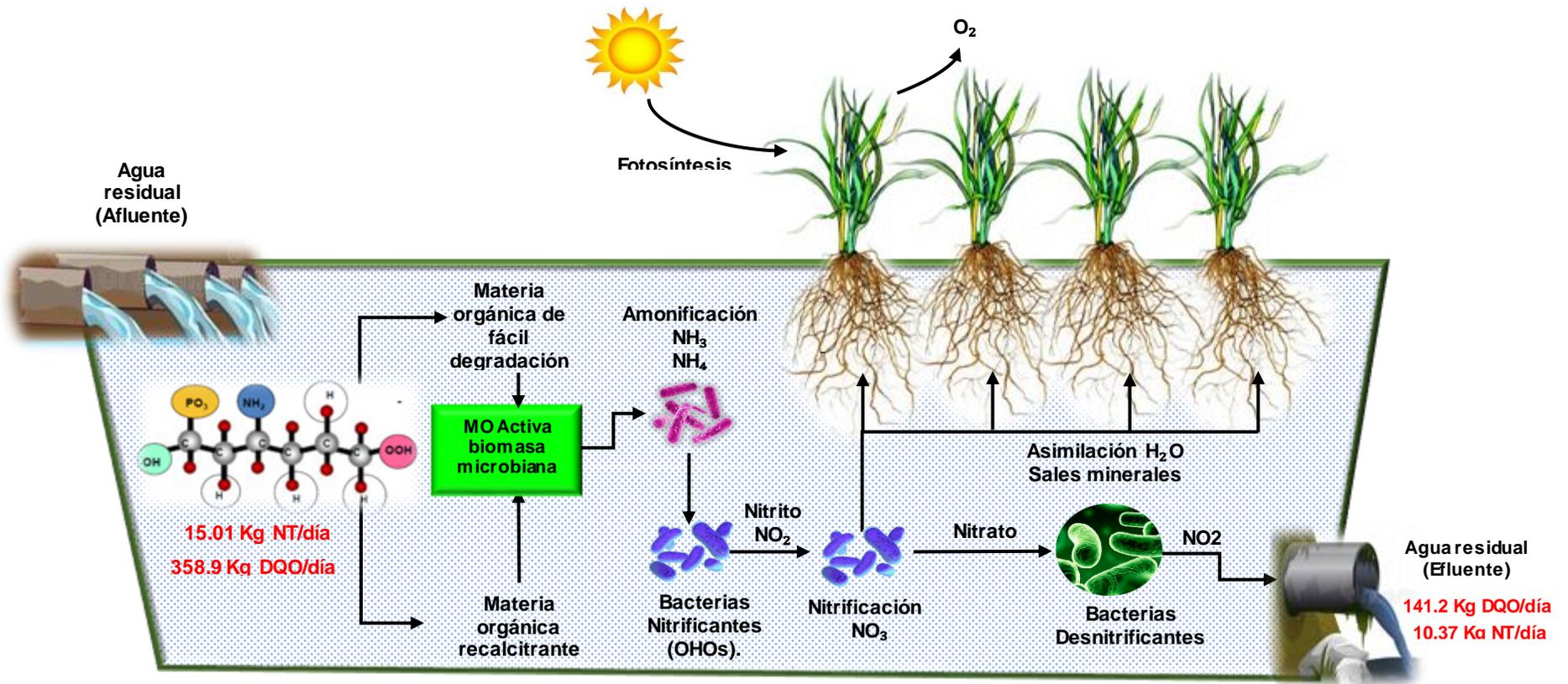
El subproducto de la estabilización de la materia orgánica suspendida en el fondo del reactor es el metabolito conocido como biogás el cual también se mezcla con la fracción del 75% del biogás producido en el reactor.

Por último, en la tercera fracción se tiene un 20% que se encuentra diluido de manera floculante en la matriz de agua, el cual por ser de difícil degradación pasa directamente al efluente que equivale a 358.9 kg DQO/día.

### 4.3.6 Biodegradación del nitrógeno total en humedales

En la figura 46 se representa la biodegradación de la materia orgánica con respecto a la carga nitrogenada en la PTAR La Montaña S.A.

**Figura 46:** Rutas metabólicas de cargas nitrogenadas



Al analizar la biodegradación orgánica y nitrogenada de las aguas residuales industriales de la empresa La Montaña S.A, las rutas metabólicas y subproductos resultados de la transformación de los contaminantes analizados. Se puede observar en la figura 46 que la carga de materia orgánica másica diaria es de 358.9 kg DQO/día y la carga másica nitrogenada es de 15.01 kg NT/día que fueron metabolizados por los microorganismos

Se puede observar que se tiene un afluente de materia orgánica de fácil degradación y materia orgánica recalcitrante de difícil degradación, las cuales se unen en una sola biomasa para posteriormente durante la oxidación biológica del carbono orgánico gran parte del nitrógeno orgánico sea convertido en nitrógeno amoniacal.

Se da una transformación de amonio a nitritos a partir de la materia orgánica (358.9 kg de DQO/día) en las poblaciones de microorganismos autótrofos en la que el nitrito es oxidado a nitrato por bacterias nitrificantes en el catabolismo para liberar energía, el proceso de nitrificación se inhibe y la concentración de nitrato se reduce a valores aproximadamente a cero por lo que se transforma en nitrito, de aquí surge el anabolismo (incorporación de energía) esto quiere decir que, una parte es asimilado por las plantas en donde lo absorben a través de sus raíces y lo incorporan a sus tejidos y la otra que es descargado en el efluente con una carga másica de 10.37 kg NT/día.

Con respecto a la carga orgánica, la reducción de la DQO en el humedal se da debido al suministro de oxígeno en las pocas plantas existentes, lo cual favorece el desarrollo de la comunidad microbiana responsables del proceso de remoción de este parámetro, cabe mencionar que también las plantas emergentes incrementan tal remoción, porque dan lugar a velocidades bajas de agua, lo que favorece el proceso de sedimentación de la materia orgánica en suspensión teniendo como resultado en el efluente de 141.2 kg DQO/día.



## ***Conclusiones y recomendaciones***

***“El nuevo paradigma de este siglo es pasar del agua residual al agua reutilizable”***



***Erling López***

***Iveth Ordeñana***

***Berlinton Miranda***

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

El resultado de la determinación de la biodegradación de contaminantes orgánicos y nitrogenados, en la planta de tratamiento de aguas residuales industriales lácteos La Montaña S.A, dio inicio conforme al funcionamiento operacional de la planta de tratamiento, se encontró que existe un abandono parcial en cuanto al mantenimiento de obras civiles en las unidades de depuración. En particular, en el mantenimiento del reactor anaerobio y en los humedales verticales ya que no poseen en su totalidad ninguna vegetación.

Conforme a las unidades de tratamiento preliminares, las rejillas presentan deterioros de oxidación; con respecto al exceso de natas, grasas y sólidos flotantes en el tanque de homogenización.

En cuanto a la determinación del caudal se realizaron 15 aforos consecutivos en el afluente de 14 horas y en el afluente de 16 horas, realizados desde el 26 de septiembre al 10 de octubre del 2021, dando como resultado en el afluente un caudal promedio de 7.73 m<sup>3</sup>/h,

Para el caso de las cargas contaminantes de DQO, se concluye que, el reactor anaerobio no cumple con la estabilización de materia orgánica y especificaciones de diseño, debido a la falta de mantenimiento que existe en la PTAR. Con respecto a los humedales subsuperficiales se obtuvo una baja eficiencia de remoción en los humedales, siendo que estas unidades no son diseñadas para la remoción de materia orgánica, por tanto, el efluente no es apto para el vertido dadas sus altas concentraciones de materia orgánica que provocaran un efecto de eutrofización.

Por lo que se refiere al funcionamiento operacional de la planta La Montaña S.A, se determina que, en el manejo de las aguas residuales, la entidad no ha tomado en cuenta la contaminación que está provocando al cuerpo receptor, esto se

identifica en los resultados evaluados y condiciones físicas que se encuentra la PTAR.

Con respecto a las concentraciones obtenidas en el efluente, se concluye que la PTAR no cumple con los límites máximos permisibles, con respecto a DQO ya que, el valor máximo permisible es de 250 mgO<sub>2</sub>/L y la concentración del efluente es de 847.80 mgO<sub>2</sub>/L en el módulo A y en el módulo B 674.29 mgO<sub>2</sub>/L, por otro lado, el nitrógeno total no cumple ya que el valor máximo permisible es de 45 mg/L mientras que en el efluente para el módulo A, es de 51.66 mg/L y para el módulo B de 60.16 mg/L. Otro parámetro es el potencial de hidrógeno que cumple con el LMP ya que se encuentra dentro del rango de 6-9, con un valor de 7.3.

En relación a la eficiencia de remoción de los contaminantes, se determinó que el tratamiento primario tiene una eficiencia en cuanto a: DQO el 55%, 11% NT, 19% NO<sub>3</sub>, 59% NO<sub>2</sub>. Para el tratamiento secundario para el módulo A se tiene una eficiencia en cuanto a: DQO el 31%, 16.5% NT, -19% NO<sub>3</sub>, 25% NO<sub>2</sub> y para el módulo B una eficiencia en cuanto a: DQO el 38%, 11% NT, -21.5% NO<sub>3</sub>, 33% NO<sub>2</sub>. En consecuencia, la PTAR cuenta con una muy baja eficiencia respecto a la remoción de DQO Y NT, su disposición final no cumple con el valor máximo permisible en cuanto a DQO, sin embargo, logra cumplir con los parámetros de nitrógeno total y pH con base al artículo 34 del Decreto 21-17.

Como último aspecto se tiene la interpretación de la ruta metabólica de la materia orgánica en un proceso anaeróbico en donde se tiene una entrada de carga másica diaria de 800.59 kg DQO/día, de los cuales el 49.7% es materia orgánica disuelta que se transforma en CH<sub>4</sub>, lo que corresponde a 397.71 kg de DQO/día, por otro lado, el 5.5 % es materia orgánica suspendida, lo que representa 44.19 kg de sólidos/día, como resultado de estos procesos metabólicos se logra una reducción de la carga másica del 55.2 % y un 44.8% en la salida, que equivale a una carga másica diaria de 358.69 kg DQO/día.

## Recomendaciones

Para que la PTAR de Lácteos La Montaña S.A tenga sostenibilidad a largo plazo, se deberán de tomar las siguientes recomendaciones:

1. Crear manual de operación y mantenimiento de la PTAR, con el fin de capacitar operadores.
2. Evitar que se produzcan mezclas del subproducto de la leche como lo es el lactosuero para evitar el aumento de la materia orgánica.
3. Diseñar y construir una trampa de grasa y de esta manera evitar el exceso de nata en el tanque de homogenización y las demás unidades de tratamiento.
4. Evaluar las inversiones necesarias para conseguir el nivel deseado de calidad del agua y, para proteger y restaurar ecosistemas relacionado con el cuerpo receptor para evitar una futura eutrofización.
5. Implementar un fondo económico con el que puedan cubrir los costos para la limpieza de lodos en el reactor anaerobio cada 2 años.
6. Diseñar y construir otro tren de tratamiento preliminar (rejillas, trampa de grasa, desarenador, criba) y primario (tanque de homogenización, reactor anaerobio).
7. Realizar un levantamiento de estructuras dañadas para la reconstrucción de las mismas en cuanto a fugas, bloques de reacción, estructura metálica del reactor anaerobio y taludes en humedales horizontales.
8. Realizar cambio del medio filtrante y plantar vegetación en humedales verticales y horizontales para lograr la eliminación eficiente de los nutrientes.
9. Rehabilitar quemador de gas para evitar la contaminación del aire con los gases producidos en el reactor anaerobio.
10. Realizar inventario de pozos para conocer si existe una contaminación en los pozos cercanos según el acápite 6 de la NTON 05-027 05.
11. Realizar mejora de dosificación de productos químicos tales como: soda cáustica, detergentes, ácido no fosforado y ácidos que eliminan los residuos que deja la leche en equipos con respecto a las necesidades reales de los volúmenes de producción en verano e invierno.

## BIBLIOGRAFIA

- Aenor y J,L. (1998). *ingenieria de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilizacion*. madrid: McGraw-Hill.
- Alarcon Herrera, M. T., Lara Borrero, J., Martinez, F. Z., & Vidal, G. (2018). *Humedales de tratamiento: Alternativa de Saneamiento*. Bogota.
- Alarcón Herrera, M. T., Martínez, F. Z., Lara-Borrero, J., & Vidal, G. (2018). *Humedales de tratamiento*. Bogotá.
- Álvaro Arango Ruiz, ,. F. (2007). *Tratamiento de aguas residuales en la industria lactea*.
- Andres, C., perea, E., & Machado, N. (2016). *Calidad fisica, quimica y biologica de las aguas residuales* . colombia.
- Arthur, J. (1984). *Notes on the desig and operation and waste stabilization ponds in wam climates of Developing countries*. Technical paper Number 7 E.U.A.
- Benítez, M. G. (2021). *Diseño de un sistema de tratamiento de efluentes producidos por una empresa procesadora de productos lacteos*. Bogotá.
- Bers, B. (2014). Tratamiento avanzado de aguas residuales. En *Aguas residuales* (pág. 94). México: Alfaguara.
- Espigares, G., & Perez, L. (1985). *Aspectos sanitarios del estudio de las aguas*. Granada.: Universidad de Granada. Servicio de Publicaciones.
- Fernández, C., Baptista, P., & Hernandez, R. (2000). *Metodologia de la Investigación* . 6a.
- FLOWEN. (s.f.). <https://flowen.com.pe/site/tratamiento-de-aguas-residuales-de-la-industria-lactea/>.
- Hebber, F. (2019). *nutrientes en las aguas residuales industriales* . madriz.
- Henze, M. (2012). *Tratamiento Biologico de Aguas Reciduales* . Paisas bajos : International Water Association .
- Heriberto, O. (2014). *ingenieria sanitaria y recursos hidricos*. Guatemala.
- Instituto Nicaraguense de Acuedutos y Alcantarillado, I. (1976). *Guías tecnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales*.
- J. Glynn Henry, & Heinke, G. (1999). *Ingenieria Ambiental*. Mexico: 2a.
- Maldonado, J. (2015). *sistema hidrosanitario*. colombia.

- Marquez Vazquez, M., & Martinez Gonzáles, S. (2011). *Reactores anaerobios de flujo ascendente*.
- Medina, M. (2000). *La Montaña S.A.*
- Medina, V. P. (2014). *Evaluación de la eficiencia de remoción de materia orgánica para un reactor anaerobio horizontal en lacteos carmita*. Quito.
- Mendoza. (2014). *Biodegradación (Descomposición Organica)*. Obtenido de [www.mendoza.conicet.gov.ar](http://www.mendoza.conicet.gov.ar)
- Metcalf-Eddy. (2003). *ingeniería sanitaria, tratamiento y reutilización de aguas residuales*. Mexico.
- Migel, O., & Ortíz, R. (Febrero de 2014). [www.prezi.com](http://www.prezi.com). Obtenido de cribado en el tratamiento de aguas residuales.
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. (2006). *Normas técnicas obligatorias nicaraguense para regular los sistemas de tratamientos de aguas residuales y su reúso*. Managua.
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. (2017). *Ley General de Medio ambiente y los Recursos Naturales*. Managua, Nicaragua.
- Noti Jenck. (agosto de 2013). Obtenido de [www.notijenk.com.ar](http://www.notijenk.com.ar)
- Oviedo, C. (2003). *Contaminación e ingeniería ambiental*. México: FICYT.
- Programa de Apoyo a la Mejora del Clima de Negocios e Inversiones en Nicaragua. (2010). Sistema de aguas residuales para el sector lacteo. En I. L. Korsak (Ed.), *Sistema de aguas residuales para el sector lacteo*, (pág. 283).
- Ramalho R. (1995). *Tratamiento de aguas residuales*. Quebec, Canada : Laval University.
- Reverte . (1991). *tratamiento de aguas residuales*. Mexico.
- Sáens, A. (2015). *Balance de masa de procesos industriales para aguas de desecho*. Mexico.
- Santana, C. (2018). *planta de tratamiento de agua*. Colombia.
- Sastre, H., & Lavin, G. (1998). *análisis de agua en vertidos industriales*. medio ambiente Tomo 2. Madrid.
- Sousa, B. (2018). *Calidad del agua y medio ambiente Tomo 1*. Madrid: Reverte .
- spenagroup. (2012). *planta de tratamiento de aguas residuales -ptar*. Peru.

- Thoe Ramos, N. P., Velasquez Castillo, L., & Zelaya Blandon, E. (1992). *Caracterización físico-químico de las aguas residuales de la industria láctea La Selecta, Managua*. Managua.
- Thompson, J E, and Duthie, J R. (1968). *"The BIODEGRADABILITY and Treatment of NTA"*. Cincinnati.
- Torrente, S. Y. (2018). *Influencia del pH en la eficiencia de tratamiento de aguas residuales en humedales*.
- VENTO, G. (s.f.). <https://evaporadoresindustriales.grupovento.com/aguas-residuales-industriales-caracteristicas/>.

# ANEXOS

## ANEXO 1: Resultados de análisis fisicoquímicos en la PTAR La Montaña S.A. correspondiente al día 26 de septiembre del 2021



**Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Universidad Nacional de Ingeniería  
 Managua, Nicaragua

### CERTIFICADO DE ENSAYOS

AR-2109-0197

FTP-7.8.2.1

CLIENTE		DIRECCIÓN		TELEFONO
Erling José López		Km 217 Carretera al Rama, La Montaña S.A		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Erling José López		Tesista	<a href="mailto:erlinglopezr12@gmail.com">erlinglopezr12@gmail.com</a>	7646-1702
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO	
Fecha y Hora de recolección	26/09/2021 ; 8 horas		Ingreso de muestra	27/09/2021
Fuente	PM-1. Reactor Afluyente		Inicio de análisis	27/09/2021
Tipo de muestra	Agua Residual Compuesta Afluyente		Finalización de análisis	04/10/2021
Ubicación de la fuente	Lácteos La Montaña		Emisión del certificado	05/10/2021
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	4851
Recolectada por	Erling José López		Código de muestra	LA-2109-1408
Supervisor en campo	Iveth Ordeñana		Muestra No.	Uno (01)
				Rango o valor máximo permisible o recomendado
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	Art. 34*
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5,227.72	250
4500-B	Nitrógeno Total	mg/L	129.50	45
4500-D	Nitratos	mg/L	72.50	NE
4500-B	Nitritos	mL/L	0.30	NE

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.  
**Abreviaturas y símbolos:** ≤ menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NR = No Reporta, NE = No especificado en el decreto  
**Metodos, Normas y/o Decreto empleados:** SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017  
 EPA = Environmental Protection Agency, \*Decreto N° 21-2017 Reglamento en el que se establecen las Disposiciones para el vertido de Aguas Residuales.

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

Ing. María Lidia Gómez  
 Coordinadora de Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

001988

Dirección: Av. Universitaria, frente a la escuela de danza, Recinto Universitario Simón Bolívar. Contactos: Director: 2278-1462 ; Atención al Cliente: 2270-1517/8152-7314 (T), Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (T) • e-mail: [atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni](mailto:atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni), Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

## ANEXO 2: Resultados de análisis físicoquímicos en la PTAR La Montaña S.A. correspondiente al día 26 de septiembre del 2021



**Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Universidad Nacional de Ingeniería  
 Managua, Nicaragua

### CERTIFICADO DE ENSAYOS

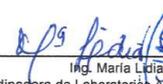
AR-2109-0197  
 FTP-7.8.2.1

CLIENTE		DIRECCIÓN		TELEFONO
Erling José López		Km 217 Carretera al Rama, La Montaña S.A		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Erling José López		Tesista	<a href="mailto:erlinglopezr12@gmail.com">erlinglopezr12@gmail.com</a>	76461702
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO	
Fecha y Hora de recolección	26/09/2021 ; 8 horas		Ingreso de muestra	27/09/2021
Fuente	PM-2. Reactor Efluente		Inicio de análisis	27/09/2021
Tipo de muestra	Agua Residual Compuesta Efluente		Finalización de análisis	04/10/2021
Ubicación de la fuente	Lácteos La Montaña		Emisión del certificado	05/10/2021
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	4851
Recolectada por	Erling José López		Código de muestra	LA-2109-1409
Supervisor en campo	Iveth Ordeñana		Muestra No.	Dos (02)
				Rango o valor máximo permisible o recomendado
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	Art. 34*
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	2,429.04	250
4500-B	Nitrógeno Total	mg/L	97.16	45
4500-D	Nitratos	mg/L	46.35	NE
4500-B	Nitritos	mL/L	0.18	NE

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.  
**Abreviaturas y símbolos:** ≤ menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NR = No Reporta, NE = No especificado en el decreto  
**Metodos, Normas y/o Decreto empleados:** SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017  
 EPA = Environmental Protection Agency, \*Decreto N° 21-2017 Reglamento en el que se establecen las Disposiciones para el vertido de Aguas Residuales.

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

*Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente*

  
 Ing. María Lidia Gómez  
 Coordinadora de Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI  


*Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.*

001989

Dirección: Av. Universitaria, frente a la escuela de danza, Recinto Universitario Simón Bolívar. Contactos: Director: 2278-1462 ; Atención al Cliente: 2270-1517/8152-7314 (T), Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (T) • e-mail: [atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni](mailto:atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni), Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

## ANEXO 3: Resultados de análisis físicoquímicos en la PTAR La Montaña S.A. correspondiente al día 26 de septiembre del 2021



**Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Universidad Nacional de Ingeniería  
 Managua, Nicaragua

### CERTIFICADO DE ENSAYOS

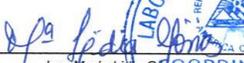
AR-2109-0197

CLIENTE		DIRECCIÓN		TELEFONO	
Erling José López		Km 217 Carretera al Rama, La Montaña S.A		NR	
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR	
Erling José López		Tesista	<a href="mailto:erlinglopezr12@gmail.com">erlinglopezr12@gmail.com</a>	75461702	
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO		
Fecha y Hora de recolección	26/09/2021 ; 8 horas		Fecha de	Ingreso de muestra	27/09/2021
Fuente	PM-3. Efluente Humedal Vertical			Inicio de análisis	27/09/2021
Tipo de muestra	Agua Residual Compuesta Efluente			Finalización de análisis	04/10/2021
Ubicación de la fuente	Lácteos La Montaña			Emisión del certificado	05/10/2021
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	4851	
Recolectada por	Erling José López		Código de muestra	LA-2109-1410	
Supervisor en campo	Iveth Ordeñana		Muestra No.	Tres (03)	
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	Art. 34*	
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	2,112.21	250	
4500-B	Nitrógeno Total	mg/L	102.76	45	
4500-D	Nitratos	mg/L	83.30	NE	
4500-B	Nitritos	mL/L	0.14	NE	

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.  
**Abreviaturas y símbolos:** ≤ menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NR = No Reporta, NE = No especificado en el decreto  
**Metodos, Normas y/o Decreto empleados:** SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017  
 EPA = Environmental Protection Agency, \*Decreto N° 21-2017 Reglamento en el que se establecen las Disposiciones para el vertido de Aguas Residuales.

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

*Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente*

  
 Ing. María Lidia Gómez  
 Coordinadora de Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

*Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.*

001990

Dirección: Av. Universitaria, frente a la escuela de danza, Recinto Universitario Simón Bolívar. Contactos: Director: 2278-1462 ; Atención al Cliente: 2270-1517/8152-7314 (T), Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (T) • e-mail: [atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni](mailto:atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni), Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

**ANEXO 4: Resultados de análisis físicoquímicos en la PTAR La Montaña S.A. correspondiente al día 26 de septiembre del 2021.**



**Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Universidad Nacional de Ingeniería  
 Managua, Nicaragua

**CERTIFICADO DE ENSAYOS**

AR-2109-0197  
 FTP-7.6.2.1

CLIENTE		DIRECCIÓN		TELEFONO
Erling José López		Km 217 Carretera al Rama, La Montaña S.A		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Erling José López		Tesista	<a href="mailto:erlinglopezr12@gmail.com">erlinglopezr12@gmail.com</a>	76461702
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO	
Fecha y Hora de recolección	26/09/2021 ; 8 horas		Ingreso de muestra	27/09/2021
Fuente	PM-4. Efluente Humedal Vertical 2		Inicio de análisis	27/09/2021
Tipo de muestra	Agua Residual Compuesta Efluente		Finalización de análisis	04/10/2021
Ubicación de la fuente	Lácteos La Montaña		Emisión del certificado	05/10/2021
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	4851
Recolectada por	Erling José López		Código de muestra	LA-2109-1411
Supervisor en campo	Iveth Ordeñana		Muestra No.	Cuatro (04)
				Rango o valor máximo permisible o recomendado
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	Art. 34*
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	1,188.12	250
4500-B	Nitrógeno Total	mg/L	93.33	45
4500-D	Nitratos	mg/L	81.20	NE
4500-B	Nitritos	mL/L	0.16	NE

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.  
**Abreviaturas y símbolos:** ≤ menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NR = No Reporta, NE = No especificado en el decreto  
**Metodos, Normas y/o Decreto empleados:** SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017  
 EPA = Environmental Protection Agency, \*Decreto N° 21-2017 Reglamento en el que se establecen las Disposiciones para el vertido de Aguas Residuales.

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

*Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente*

Fig. María Lidia Gómez  
 Coordinadora de Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

*Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.*

001991

Dirección: Av. Universitaria, frente a la escuela de danza, Recinto Universitario Simón Bolívar. Contactos: Director: 2278-1462 ; Atención al Cliente: 2270-1517/8152-7314 (T), Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (T) • e-mail: [atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni](mailto:atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni), Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

**ANEXO 5: Resultados de análisis físicoquímicos en la PTAR La Montaña S.A. correspondiente al día 26 de septiembre del 2021.**



**Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Universidad Nacional de Ingeniería  
 Managua, Nicaragua

**CERTIFICADO DE ENSAYOS**

**AR-2109-0197**  
FTP-7.8.2.1

<b>CLIENTE</b>		<b>DIRECCIÓN</b>		<b>TELEFONO</b>	
Erling José López		Km 217 Carretera al Rama, La Montaña S.A		NR	
<b>ATENCIÓN</b>		<b>CARGO</b>	<b>EMAIL</b>	<b>CELULAR</b>	
Erling José López		Tesista	<a href="mailto:erlinglopezr12@gmail.com">erlinglopezr12@gmail.com</a>	76461702	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			<b>CONTROL DEL LABORATORIO</b>		
<b>Fecha y Hora de recolección</b>	26/09/2021 ; 8 horas		<b>Fecha de</b>	<b>Ingreso de muestra</b>	27/09/2021
<b>Fuente</b>	PM-5. Efluente Humedal Horizontal 1			<b>Inicio de análisis</b>	27/09/2021
<b>Tipo de muestra</b>	Agua Residual Compuesta Efluente			<b>Finalización de análisis</b>	04/10/2021
<b>Ubicación de la fuente</b>	Lácteos La Montaña			<b>Emisión del certificado</b>	05/10/2021
<b>Coordenadas</b>	NR		<b>No. Cadena de custodia</b>	4851	
<b>Recolectada por</b>	Erling José López		<b>Código de muestra</b>	LA-2109-1412	
<b>Supervisor en campo</b>	Iveth Ordeñana		<b>Muestra No.</b>	Cinco (05)	
<b>METODO SM // EPA</b>	<b>ENSAYO REALIZADO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>RESULTADOS</b>		<b>Art. 34*</b>
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	723.81		250
4500-B	Nitrógeno Total	mg/L	52.64		45
4500-D	Nitratos	mg/L	41.75		NE
4500-B	Nitritos	mL/L	0.05		NE

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.  
**Abreviaturas y símbolos:** ≤ menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro, **NR** = No Reporta, **NE** = No especificado en el decreto  
**Metodos, Normas y/o Decreto empleados:** **SM** = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017  
**EPA** = Environmental Protection Agency, \*Decreto N° 21-2017 Reglamento en el que se establecen las Disposiciones para el vertido de Aguas Residuales.

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

*Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente*

*epa piensa uni*  
 Ing. María Lidia Gómez  
 Coordinadora de Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

*Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confiabilidad e imparcialidad del informe.*

001992

Dirección: Av. Universitaria, frente a la escuela de danza, Recinto Universitario Simón Bolívar. Contactos: Director: 2278-1462 ; Atención al Cliente: 2270-1517/8152-7314 (T), Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (T) • e-mail: [atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni](mailto:atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni), Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

**ANEXO 6: Resultados de análisis físicoquímicos en la PTAR La Montaña S.A. correspondiente al día 26 de septiembre del 2021.**



**Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Universidad Nacional de Ingeniería  
 Managua, Nicaragua

**CERTIFICADO DE ENSAYOS**

AR-2109-0197

FTP-7.8.2.1

<b>CLIENTE</b>		<b>DIRECCIÓN</b>		<b>TELEFONO</b>
Erling José López		Km 217 Carretera al Rama, La Montaña S.A		NR
<b>ATENCIÓN</b>		<b>CARGO</b>	<b>EMAIL</b>	<b>CELULAR</b>
Erling José López		Tesista	<a href="mailto:erlinglopezr12@gmail.com">erlinglopezr12@gmail.com</a>	76461702
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			<b>CONTROL DEL LABORATORIO</b>	
Fecha y Hora de recolección	26/09/2021 ; 8 horas		Ingreso de muestra	27/09/2021
Fuente	PM-6. Efluente Humedal Horizontal 2		Inicio de análisis	27/09/2021
Tipo de muestra	Agua Residual Compuesta Efluente		Finalización de análisis	05/10/2021
Ubicación de la fuente	Lácteos La Montaña		Emisión del certificado	04/10/2021
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	4851
Recolectada por	Erling José López		Código de muestra	LA-2109-1413
Supervisor en campo	Iveth Ordeñana		Muestra No.	Seis (06)
<b>METODO SM // EPA</b>	<b>ENSAYO REALIZADO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>Art. 34*</b>
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	253.47	250
4500-B	Nitrógeno Total	mg/L	45.36	45
4500-D	Nitratos	mg/L	46.10	NE
4500-B	Nitritos	mL/L	0.06	NE

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.  
**Abreviaturas y símbolos:** ≤ menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NR = No Reporta, NE = No especificado en el decreto  
**Metodos, Normas y/o Decreto empleados:** SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017  
 EPA = Environmental Protection Agency, \*Decreto N° 21-2017 Reglamento en el que se establecen las Disposiciones para el vertido de Aguas Residuales.

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

*Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente*

Ing. María Lidia Gómez  
 Coordinadora de Laboratorios Ambientales

*Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.*

001993

**ANEXO 7: Resultados de análisis físicoquímicos en la PTAR La Montaña S.A. correspondiente al día 03 de octubre del 2021.**



**Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Universidad Nacional de Ingeniería  
 Managua, Nicaragua

**INFORME DE ENSAYOS DE AGUAS RESIDUALES**

AR-2110-0202.01  
 LA-PT-09.RT02

NOMBRE DEL CLIENTE		DIRECCION DEL CLIENTE		TELEFONO
Erling José López		Km 217 carretera al Rama, La Montaña S.A		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Erling José López		Tesista	<a href="mailto:erlinglopezr12@gmail.com">erlinglopezr12@gmail.com</a>	7646-1702
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA	
Fecha y Hora de recolección	03/10/2021; 8 horas		Ingreso de muestra	04/10/2021
Fuente	PM-1-Reactor Afluente		Inicio de análisis	04/10/2021
Tipo de muestra/preservación/ /Estado envase	Agua residual compuesta Afluente/Térmica/Aceptable		Finalización de análisis	13/10/2021
Ubicación de la fuente	Lácteos La Montaña		Emisión del informe de resultados	14/10/2021
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	4869
Recolectada por	Erling José López		Código de muestra	LA-2110-1514
Supervisor en campo	Bernington Castellón		Muestra No.	Uno (01)
METODO SM // EPA/MH	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	Art 34 <sup>1</sup>
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	2745.1	250
4500-B	Nitrógeno Total	mg/L	68.04	45
4500-D	Nitratos	mg/L	51.50	NE
4500-B	Nitritos	mg/L	0.42	NE

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva. Abreviaturas y símbolos: s menor o igual al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NE = No especificado en el decreto **Metodos, Normas y/o Decreto empleados:** SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017, EPA = Environmental Protection Agency, <sup>1</sup>Decreto N° 21-2017 Reglamento en el que se establecen las Disposiciones para el vertido de Aguas Residuales.

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el cliente a la Oficina de Atención al Cliente, el cual proporciona los datos de la muestra reportada en el presente informe, para la realización de los ensayos ejecutados en las instalaciones de los laboratorios ambientales PIENSA-UNI. El Laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados.

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe. Los resultados emitidos se relacionan únicamente con los ítems de ensayo.

*Ing. María Lidia Gómez*  
 Coordinadora de Laboratorios ambientales PIENSA-UNI

.....Fin del Informe.....

002082

**ANEXO 8: Resultados de análisis físicoquímicos en la PTAR La Montaña S.A. correspondiente al día 03 de octubre del 2021.**



**Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Universidad Nacional de Ingeniería  
 Managua, Nicaragua

**INFORME DE ENSAYOS DE AGUAS RESIDUALES**

AR-2110-0202.02  
 LA-PT-09.RT02

NOMBRE DEL CLIENTE		DIRECCIÓN DEL CLIENTE		TELEFONO
Erling José López		Km 217 carretera al Rama, La Montaña S.A		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Erling José López		Tesista	<a href="mailto:erlinglopezr12@gmail.com">erlinglopezr12@gmail.com</a>	7646-1702
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA	
Fecha y Hora de recolección	03/10/2021; 8 horas		Ingreso de muestra	04/10/2021
Fuente	PM-2-Reactor Efluente		Inicio de análisis	04/10/2021
Tipo de muestra/preservación/ Estado envase	Agua residual compuesta Efluente/Térmica/Aceptable		Finalización de análisis	13/10/2021
Ubicación de la fuente	Lácteos La Montaña		Emisión del informe de resultados	14/10/2021
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	4869
Recolectada por	Erling José López		Código de muestra	LA-2110-1515
Supervisor en campo	Bernington Castellón		Muestra No.	Dos (02)
METODO SM // EPA/MH	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	Art 34 <sup>1</sup>
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	2405.23	250
4500-B	Nitrógeno Total	mg/L	93.24	45
4500-D	Nitratos	mg/L	63.00	NE
4500-B	Nitritos	mg/L	0.14	NE

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva. Abreviaturas y símbolos: ≤ menor o igual al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NE = No especificado en el decreto  
**Metodos, Normas y/o Decreto empleados:** SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017, EPA = Environmental Protection Agency, 'Decreto N° 21-2017 Reglamento en el que se establecen las Disposiciones para el vertido de Aguas Residuales.

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el cliente a la Oficina de Atención al Cliente, el cual proporciona los datos de la muestra reportada en el presente informe, para la realización de los ensayos ejecutados en las instalaciones de los laboratorios ambientales PIENSA-UNI. El Laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados.

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe. Los resultados emitidos se relacionan únicamente con los ítems de ensayo.

*Ing. María Lidia Gómez*  
 Ing. María Lidia Gómez  
 Coordinadora de Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

.....Fin del Informe.....

0 2 0 8 3

**ANEXO 9: Resultados de análisis físicoquímicos en la PTAR La Montaña S.A. correspondiente al día 03 de octubre del 2021.**



**Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Universidad Nacional de Ingeniería  
 Managua, Nicaragua

**INFORME DE ENSAYOS DE AGUAS RESIDUALES**

AR-2110-0202.03  
 LA-PT-09.RT02

NOMBRE DEL CLIENTE		DIRECCIÓN DEL CLIENTE		TELEFONO
Erling José López		Km 217 carretera al Rama, La Montaña S.A		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Erling José López		Tesista	<a href="mailto:erlinglopezr12@gmail.com">erlinglopezr12@gmail.com</a>	7646-1702
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA	
Fecha y Hora de recolección	03/10/2021; 8 horas		Ingreso de muestra	04/10/2021
Fuente	PM-3-Efluente Humedal Vertical		Inicio de análisis	04/10/2021
Tipo de muestra/preservación/ /Estado envase	Agua residual compuesta Efluente/Térmica/Aceptable		Finalización de análisis	13/10/2021
Ubicación de la fuente	Lácteos La Montaña		Emisión del informe de resultados	14/10/2021
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	4869
Recolectada por	Erling José López		Código de muestra	LA-2110-1516
Supervisor en campo	Bernington Castellón		Muestra No.	Tres (03)
METODO SM // EPA/MH	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	Art 34 <sup>1</sup>
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	2089.22	250
4500-B	Nitrógeno Total	mg/L	89.60	45
4500-D	Nitratos	mg/L	121.00	NE
4500-B	Nitritos	mg/L	0.16	NE

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva. Abreviaturas y símbolos: ≤ menor o igual al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NE = No especificado en el decreto  
**Metodos, Normas y/o Decreto empleados:** SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017, EPA = Environmental Protection Agency, <sup>1</sup>Decreto N° 21-2017 Reglamento en el que se establecen las Disposiciones para el vertido de Aguas Residuales.

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el cliente a la Oficina de Atención al Cliente, el cual proporciona los datos de la muestra reportada en el presente informe, para la realización de los ensayos ejecutados en las instalaciones de los laboratorios ambientales PIENSA-UNI. El Laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados.

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe. Los resultados emitidos se relacionan únicamente con los ítems de ensayo.

*Ing. María Lida Gómez*  
 Coordinadora de Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

.....Fin del Informe.....

02084

**ANEXO 10: Resultados de análisis fisicoquímicos en la PTAR La Montaña S.A. correspondiente al día 03 de octubre del 2021.**



**Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Universidad Nacional de Ingeniería  
 Managua, Nicaragua

**INFORME DE ENSAYOS DE AGUAS RESIDUALES**

AR-2110-0202.04  
 LA-PT-09.RT02

NOMBRE DEL CLIENTE		DIRECCION DEL CLIENTE		TELEFONO		
Erling José López		Km 217 carretera al Rama, La Montaña S.A		NR		
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR		
Erling José López		Tesista	<a href="mailto:erlinglopezr12@gmail.com">erlinglopezr12@gmail.com</a>	7646-1702		
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA			
Fecha y Hora de recolección	03/10/2021; 8 horas		Fecha de	Ingreso de muestra	04/10/2021	Rango o valor máximo permisible o recomendado
Fuente	PM-4-Efluente Humedal Vertical 2			Inicio de análisis	04/10/2021	
Tipo de muestra/preservación/ /Estado envase	Agua residual compuesta Efluente/Térmica/Aceptable			Finalización de análisis	13/10/2021	
Ubicación de la fuente	Lácteos La Montaña			Emisión del informe de resultados	14/10/2021	
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	4869		
Recolectada por	Erling José López		Código de muestra	LA-2110-1517		
Supervisor en campo	Bernington Castellón		Muestra No.	Cuatro (04)		
METODO SM // EPA/MH	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS		Art 34 <sup>1</sup>	
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	2300.65		250	
4500-B	Nitrógeno Total	mg/L	93.33		45	
4500-D	Nitros	mg/L	138.00		NE	
4500-B	Nitritos	mg/L	0.12		NE	

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva. Abreviaturas y símbolos: ≤ menor o igual al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NE = No especificado en el decreto  
**Metodos, Normas y/o Decreto empleados:** SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017, EPA = Environmental Protection Agency, <sup>1</sup>Decreto N° 21-2017 Reglamento en el que se establecen las Disposiciones para el vertido de Aguas Residuales.

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el cliente a la Oficina de Atención al Cliente, el cual proporciona los datos de la muestra reportada en el presente informe, para la realización de los ensayos ejecutados en las instalaciones de los laboratorios ambientales PIENSA-UNI. El Laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados.

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe. Los resultados emitidos se relacionan únicamente con los ítems de ensayo.

*Ing. María Lidia Gómez*  
 Ing. María Lidia Gómez  
 Coordinadora de Laboratorios ambientales PIENSA-UNI

.....Fin del Informe.....

002085

**ANEXO 11: Resultados de análisis fisicoquímicos en la PTAR La Montaña S.A. correspondiente al día 03 de octubre del 2021.**



**Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Universidad Nacional de Ingeniería  
 Managua, Nicaragua

**INFORME DE ENSAYOS DE AGUAS RESIDUALES**

AR-2110-0202.05  
 LA-PT-09.RT02

NOMBRE DEL CLIENTE		DIRECCIÓN DEL CLIENTE		TELEFONO
Erling José López		Km 217 carretera al Rama, La Montaña S.A		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Erling José López		Tesista	<a href="mailto:erlinglopezr12@gmail.com">erlinglopezr12@gmail.com</a>	7646-1702
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA	
Fecha y Hora de recolección	03/10/2021; 8 horas		Ingreso de muestra	04/10/2021
Fuente	PM-5-Efluente Humedal Horizontal 1		Inicio de análisis	04/10/2021
Tipo de muestra/preservación/ /Estado envase	Agua residual compuesta Efluente/Térmica/Aceptable		Finalización de análisis	13/10/2021
Ubicación de la fuente	Lácteos La Montaña		Emisión del informe de resultados	14/10/2021
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	4869
Recolectada por	Erling José López		Código de muestra	LA-2110-1518
Supervisor en campo	Bernington Castellón		Muestra No.	Cinco (05)
METODO SM // EPA/MH	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	Art 34 <sup>1</sup>
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	1286.27	250
4500-B	Nitrógeno Total	mg/L	67.76	45
4500-D	Nitritos	mg/L	77.50	NE
4500-B	Nitritos	mg/L	0.09	NE

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva. Abreviaturas y símbolos: ≤ menor o igual al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NE = No especificado en el decreto  
**Metodos, Normas y/o Decreto empleados:** SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017, EPA = Environmental Protection Agency, <sup>1</sup>Decreto N° 21-2017 Reglamento en el que se establecen las Disposiciones para el vertido de Aguas Residuales.

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el cliente a la Oficina de Atención al Cliente, el cual proporciona los datos de la muestra reportada en el presente informe, para la realización de los ensayos ejecutados en las instalaciones de los laboratorios ambientales PIENSA-UNI. El Laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados.

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe. Los resultados emitidos se relacionan únicamente con los ítems de ensayo.

Ing. María Lidia Gómez  
 Coordinadora de Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

**ANEXO 12: Resultados de análisis fisicoquímicos en la PTAR La Montaña S.A. correspondiente al día 03 de octubre del 2021.**



**Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Universidad Nacional de Ingeniería  
 Managua, Nicaragua

**INFORME DE ENSAYOS DE AGUAS RESIDUALES**

AR-2110-0202.06  
 LA-PT-09.RT02

NOMBRE DEL CLIENTE		DIRECCION DEL CLIENTE		TELEFONO
Erling José López		Km 217 carretera al Rama, La Montaña S.A		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Erling José López		Tesista	<a href="mailto:erlinglopezr12@gmail.com">erlinglopezr12@gmail.com</a>	7646-1702
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA	
Fecha y Hora de recolección	03/10/2021; 8 horas		Ingreso de muestra	04/10/2021
Fuente	PM-6-Efluente Humedal Horizontal 2		Inicio de análisis	04/10/2021
Tipo de muestra/preservación/ /Estado envase	Agua residual compuesta Efluente/Térmica/Aceptable		Finalización de análisis	13/10/2021
Ubicación de la fuente	Lácteos La Montaña		Emisión del informe de resultados	14/10/2021
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	4869
Recolectada por	Erling José López		Código de muestra	LA-2110-1519
Supervisor en campo	Bernington Castellón		Muestra No.	Seis (06)
METODO SM // EPA/MH	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	Art 34 <sup>1</sup>
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	1129.41	250
4500-B	Nitrógeno Total	mg/L	64.12	45
4500-D	Nitratos	mg/L	76.50	NE
4500-B	Nitritos	mg/L	0.06	NE

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva. Abreviaturas y símbolos: ≤ menor o igual al Límite de Detección que se especifica por parámetro. NE = No especificado en el decreto  
**Metodos, Normas y/o Decreto empleados:** SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017, EPA = Environmental Protection Agency, <sup>1</sup>Decreto N° 21-2017 Reglamento en el que se establecen las Disposiciones para el vertido de Aguas Residuales.

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el cliente a la Oficina de Atención al Cliente, el cual proporciona los datos de la muestra reportada en el presente informe, para la realización de los ensayos ejecutados en las instalaciones de los laboratorios ambientales PIENSA-UNI. El Laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados.

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe. Los resultados emitidos se relacionan únicamente con los ítems de ensayo.

Ing. María Lidia Gómez  
 Coordinadora de Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

.....Fin del Informe.....

002087

**ANEXO 13: Resultados de análisis fisicoquímicos en la PTAR La Montaña S.A. correspondiente al día 10 de octubre del 2021.**



**Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Universidad Nacional de Ingeniería  
 Managua, Nicaragua

**INFORME DE ENSAYOS DE AGUAS RESIDUALES**

AR-2110-0205.01  
 LA-PT-09.RT02

NOMBRE DEL CLIENTE		DIRECCION DEL CLIENTE		TELEFONO
Erling José López		Km 217 carretera al Rama, La Montaña S.A		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Erling José López		Tesista	<a href="mailto:erlinglopezr12@gmail.com">erlinglopezr12@gmail.com</a>	7646-1702
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA	
Fecha y Hora de recolección	10/10/2021; 8 horas		Ingreso de muestra	11/10/2021
Fuente	PM-1-Reactor Afluente		Inicio de análisis	11/10/2021
Tipo de muestra/preservación/ /Estado envase	Agua residual compuesta Afluente/Térmica/Aceptable		Finalización de análisis	22/10/2021
Ubicación de la fuente	Lácteos La Montaña		Emisión del informe de resultados	23/10/2021
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	4878
Recolectada por	Berlinton Miranda		Código de muestra	LA-2110-1562
Supervisor en campo	Ing. Henry Vilchez		Muestra No.	Uno (01)
METODO SM // EPA/MH	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	Art 34 <sup>1</sup>
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	<b>4,960.00</b>	250
4500-B	Nitrógeno Total	mg/L	<b>76.30</b>	45
4500-D	Nitratos	mg/L	<b>68.55</b>	NE
4500-B	Nitritos	mg/L	<b>0.55</b>	NE

Rango o valor  
máximo permisible  
o recomendado

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.  
 Abreviaturas y símbolos: ≤ menor o igual al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NR = no reporta  
**Metodos, Normas y/o Decreto empleados:** SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017,  
 EPA = Environmental Protection Agency, <sup>1</sup>Decreto N° 21-2017 Reglamento en el que se establecen las Disposiciones para el vertido de Aguas Residuales.  
 NE = No especificado en el decreto

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el cliente a la Oficina de Atención al Cliente, el cual proporciona los datos de la muestra reportada en el presente informe, para la realización de los ensayos ejecutados en las instalaciones de los laboratorios ambientales PIENSA-UNI. El Laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados.

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe. Los resultados emitidos se relacionan únicamente con los ítems de ensayo.

  
 Ing. María Lidia Gómez  
 Coordinadora Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI



**ANEXO 14: Resultados de análisis fisicoquímicos en la PTAR La Montaña S.A. correspondiente al día 10 de octubre del 2021.**



**Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Universidad Nacional de Ingeniería  
 Managua, Nicaragua

**INFORME DE ENSAYOS DE AGUAS RESIDUALES**

AR-2110-0205.02  
 LA-PT-09.RT02

NOMBRE DEL CLIENTE		DIRECCION DEL CLIENTE		TELEFONO
Erling José López		Km 217 carretera al Rama, La Montaña S.A		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Erling José López		Tesista	<a href="mailto:erlinglopezr12@gmail.com">erlinglopezr12@gmail.com</a>	7646-1702
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA	
Fecha y Hora de recolección	10/10/2021; 8 horas		Ingreso de muestra	11/10/2021
Fuente	PM-2-Reactor Efluente		Inicio de análisis	11/10/2021
Tipo de muestra/preservación/ /Estado envase	Agua residual compuesta Efluente/Térmica/Aceptable		Finalización de análisis	22/10/2021
Ubicación de la fuente	Lácteos La Montaña		Emisión del informe de resultados	23/10/2021
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	4878
Recolectada por	Berlinton Miranda		Código de muestra	LA-2110-1563
Supervisor en campo	Ing. Henry Vilchez		Muestra No.	Dos (02)
METODO SM // EPA/MH	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	Art 34 <sup>1</sup>
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	<b>960.00</b>	250
4500-B	Nitrógeno Total	mg/L	<b>52.36</b>	45
4500-D	Nitros	mg/L	<b>46.51</b>	NE
4500-B	Nitritos	mg/L	<b>0.07</b>	NE

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.  
 Abreviaturas y símbolos: ≤ menor o igual al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NR = no reporta  
**Metodos, Normas y/o Decreto empleados:** SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017,  
 EPA = Environmental Protection Agency, <sup>1</sup>Decreto N° 21-2017 Reglamento en el que se establecen las Disposiciones para el vertido de Aguas Residuales.  
 NE = No especificado en el decreto

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el cliente a la Oficina de Atención al Cliente, el cual proporciona los datos de la muestra reportada en el presente informe, para la realización de los ensayos ejecutados en las instalaciones de los laboratorios ambientales PIENSA-UNI. El Laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados.

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe. Los resultados emitidos se relacionan únicamente con los ítems de ensayo.

*Ing. María Lidia Gómez*  
 Ing. María Lidia Gómez  
 Coordinadora Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

002176

**ANEXO 15: Resultados de análisis fisicoquímicos en la PTAR La Montaña S.A. correspondiente al día 10 de octubre del 2021.**



**Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Universidad Nacional de Ingeniería  
 Managua, Nicaragua

**INFORME DE ENSAYOS DE AGUAS RESIDUALES**

AR-21110-0205.06  
 LA-PT-09.R102

NOMBRE DEL CLIENTE		DIRECCION DEL CLIENTE		TELEFONO
Erling José López		Krn 217 carretera al Rama, La Montaña S.A		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Erling José López		Tesista	<a href="mailto:erlinglopezr12@gmail.com">erlinglopezr12@gmail.com</a>	7646-1702
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA	
Fecha y Hora de recolección	10/10/2021; 8 horas		Ingreso de muestra	11/10/2021
Fuente	PM-3-Efluente humedal vertical 1		Inicio de análisis	11/10/2021
Tipo de muestra/preservación/ /Estado envase	Agua residual compuesta Efluente/Térmica/Aceptable		Finalización de análisis	22/10/2021
Ubicación de la fuente	Lácteos La Montaña		Emisión del informe de resultados	23/10/2021
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	4878
Recolectada por	Erling López		Código de muestra	LA-21110-1567
Supervisor en campo	Ing. Henry Vilchez		Muestra No.	Seis (06)
<b>METODO SM // EPA/MH</b>	<b>ENSAYO REALIZADO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>Art 34<sup>1</sup></b>
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	<b>832.00</b>	250
4500-B	Nitrógeno Total	mg/L	<b>71.12</b>	45
4500-D	Nitratos	mg/L	<b>42.56</b>	NE
4500-B	Nitritos	mg/L	<b>0.05</b>	NE

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva. Abreviaturas y símbolos: ≤ menor o igual al Límite de Detección que se especifica por parámetro. NR = no reporta  
**Metodos, Normas y/o Decreto empleados:** SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017, EPA = Environmental Protection Agency, <sup>1</sup>Decreto N° 21-2017 Reglamento en el que se establecen las Disposiciones para el vertido de Aguas Residuales. NE = No especificado en el decreto

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el cliente a la Oficina de Atención al Cliente, el cual proporciona los datos de la muestra reportada en el presente informe, para la realización de los ensayos ejecutados en las instalaciones de los laboratorios ambientales PIENSA-UNI. El Laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados.

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe. Los resultados emitidos se relacionan únicamente con los ítems de ensayo.

*Ing. María Lidia Gómez*  
 Coordinadora Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

**ANEXO 16: Resultados de análisis fisicoquímicos en la PTAR La Montaña S.A. correspondiente al día 10 de octubre del 2021.**



**Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI**

Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
Universidad Nacional de Ingeniería  
Managua, Nicaragua

**INFORME DE ENSAYOS DE AGUAS RESIDUALES**

AR-2110-0205.05  
LA-PT-09.RT02

NOMBRE DEL CLIENTE		DIRECCION DEL CLIENTE		TELEFONO
Erling José López		Km 217 carretera al Rama, La Montaña S.A		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Erling José López		Tesista	<a href="mailto:erlinglopezr12@gmail.com">erlinglopezr12@gmail.com</a>	7646-1702
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA	
Fecha y Hora de recolección	10/10/2021; 8 horas		Ingreso de muestra	11/10/2021
Fuente	PM-4-Efluente humedal vertical 2		Inicio de análisis	11/10/2021
Tipo de muestra/preservación/ Estado envase	Agua residual compuesta Efluente/Térmica/Aceptable		Finalización de análisis	22/10/2021
Ubicación de la fuente	Lácteos La Montaña		Emisión del informe de resultados	23/10/2021
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	4878
Recolectada por	Iveth Ordeñana		Código de muestra	LA-2110-1566
Supervisor en campo	Ing. Henry Vilchez		Muestra No.	Cinco (05)
<b>METODO SM // EPA/MH</b>	<b>ENSAYO REALIZADO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>Art 34<sup>1</sup></b>
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	1,120.00	250
4500-B	Nitrógeno Total	mg/L	80.64	45
4500-D	Nitratos	mg/L	71.25	NE
4500-B	Nitritos	mg/L	0.09	NE

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva. Abreviaturas y símbolos: ≤ menor o igual al Límite de Detección que se especifica por parámetro. NR = no reporta  
**Metodos, Normas y/o Decreto empleados:** SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017, EPA = Environmental Protection Agency, <sup>1</sup>Decreto N° 21-2017 Reglamento en el que se establecen las Disposiciones para el vertido de Aguas Residuales.  
NE = No especificado en el decreto

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el cliente a la Oficina de Atención al Cliente, el cual proporciona los datos de la muestra reportada en el presente informe, para la realización de los ensayos ejecutados en las instalaciones de los laboratorios ambientales PIENSA-UNI. El Laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados.

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe. Los resultados emitidos se relacionan únicamente con los ítems de ensayo.

Ing. María Lidia Gómez  
Coordinadora Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

**ANEXO 17: Resultados de análisis fisicoquímicos en la PTAR La Montaña S.A. correspondiente al día 10 de octubre del 2021.**



**Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Universidad Nacional de Ingeniería  
 Managua, Nicaragua

**INFORME DE ENSAYOS DE AGUAS RESIDUALES**

AR-2110-0205.03  
 LA-PT-09.RT02

NOMBRE DEL CLIENTE		DIRECCION DEL CLIENTE		TELEFONO	
Erling José López		Km 217 carretera al Rama, La Montaña S.A		NR	
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR	
Erling José López		Tesista	<a href="mailto:erlinglopezr12@gmail.com">erlinglopezr12@gmail.com</a>	7646-1702	
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA		
Fecha y Hora de recolección	10/10/2021; 8 horas		Fecha de	Ingreso de muestra	11/10/2021
Fuente	PM-5-Efluente humedal horizontal 1			Inicio de análisis	11/10/2021
Tipo de muestra/preservación/ Estado envase	Agua residual compuesta Efluente/Térmica/Aceptable			Finalización de análisis	22/10/2021
Ubicación de la fuente	Lácteos La Montaña			Emisión del informe de resultados	23/10/2021
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	4878	
Recolectada por	Iveth Ordeñana		Código de muestra	LA-2110-1564	
Supervisor en campo	Ing. Henry Vilchez		Muestra No.	Tres (03)	
METODO SM // EPA/MH	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS		Art 34 <sup>1</sup>
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	533.33		250
4500-B	Nitrógeno Total	mg/L	34.58		45
4500-D	Nitratos	mg/L	30.45		NE
4500-B	Nitritos	mg/L	0.07		NE

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva. Abreviaturas y símbolos: ≤ menor o igual al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NR = no reporta  
**Metodos, Normas y/o Decreto empleados:** SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017, EPA = Environmental Protection Agency, Decreto N° 21-2017 Reglamento en el que se establecen las Disposiciones para el vertido de Aguas Residuales.  
 NE = No especificado en el decreto

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el cliente a la Oficina de Atención al Cliente, el cual proporciona los datos de la muestra reportada en el presente informe, para la realización de los ensayos ejecutados en las instalaciones de los laboratorios ambientales PIENSA-UNI. El Laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados.

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe. Los resultados emitidos se relacionan únicamente con los ítems de ensayo.

*Maria Lidia Gomez*  
 Ing. María Lidia Gómez  
 Coordinadora Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

**ANEXO 18: Resultados de análisis fisicoquímicos en la PTAR La Montaña S.A. correspondiente al día 10 de octubre del 2021.**



**Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Universidad Nacional de Ingeniería  
 Managua, Nicaragua

**INFORME DE ENSAYOS DE AGUAS RESIDUALES**

AR-2110-0205.04  
 LA-PT-09.RT02

NOMBRE DEL CLIENTE		DIRECCION DEL CLIENTE		TELEFONO	
Erling José López		Km 217 carretera al Rama, La Montaña S.A		NR	
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR	
Erling José López		Tesista	<a href="mailto:erlinglopezr12@gmail.com">erlinglopezr12@gmail.com</a>	7646-1702	
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA		
Fecha y Hora de recolección	10/10/2021; 8 horas		Fecha de	Ingreso de muestra	11/10/2021
Fuente	PM-6-Efluente humedal horizontal 2			Inicio de análisis	11/10/2021
Tipo de muestra/preservación/ /Estado envase	Agua residual compuesta Efluente/Térmica/Aceptable			Finalización de análisis	22/10/2021
Ubicación de la fuente	Lácteos La Montaña			Emisión del informe de resultados	23/10/2021
Coordenadas	NR			No. Cadena de custodia	4878
Recolectada por	Iveth Ordeñana		Código de muestra	LA-2110-1565	
Supervisor en campo	Ing. Henry Vilchez		Muestra No.	Cuatro (04)	
METODO SM // EPA/MH	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	Art 34 <sup>1</sup>	
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	640.00	250	
4500-B	Nitrógeno Total	mg/L	71.00	45	
4500-D	Nitratos	mg/L	42.56	NE	
4500-B	Nitritos	mg/L	0.03	NE	

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.  
 Abreviaturas y símbolos: <= menor o igual al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NR = no reporta  
**Metodos, Normas y/o Decreto empleados:** SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017.  
 EPA = Environmental Protection Agency, <sup>1</sup>Decreto N° 21-2017 Reglamento en el que se establecen las Disposiciones para el vertido de Aguas Residuales.  
 NE = No especificado en el decreto

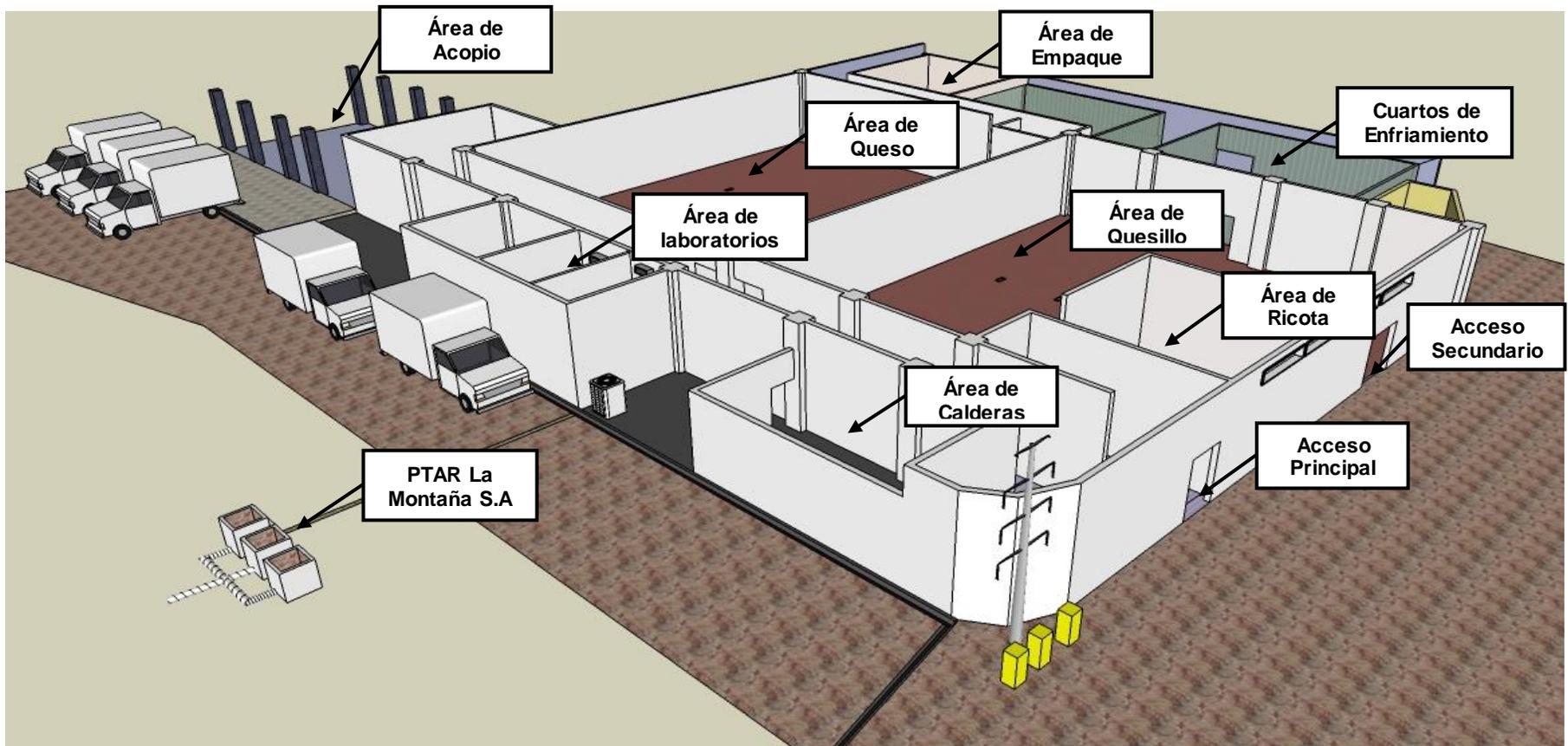
**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el cliente a la Oficina de Atención al Cliente, el cual proporciona los datos de la muestra reportada en el presente informe, para la realización de los ensayos ejecutados en las instalaciones de los laboratorios ambientales PIENSA-UNI. El Laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados.

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe. Los resultados emitidos se relacionan únicamente con los ítems de ensayo.

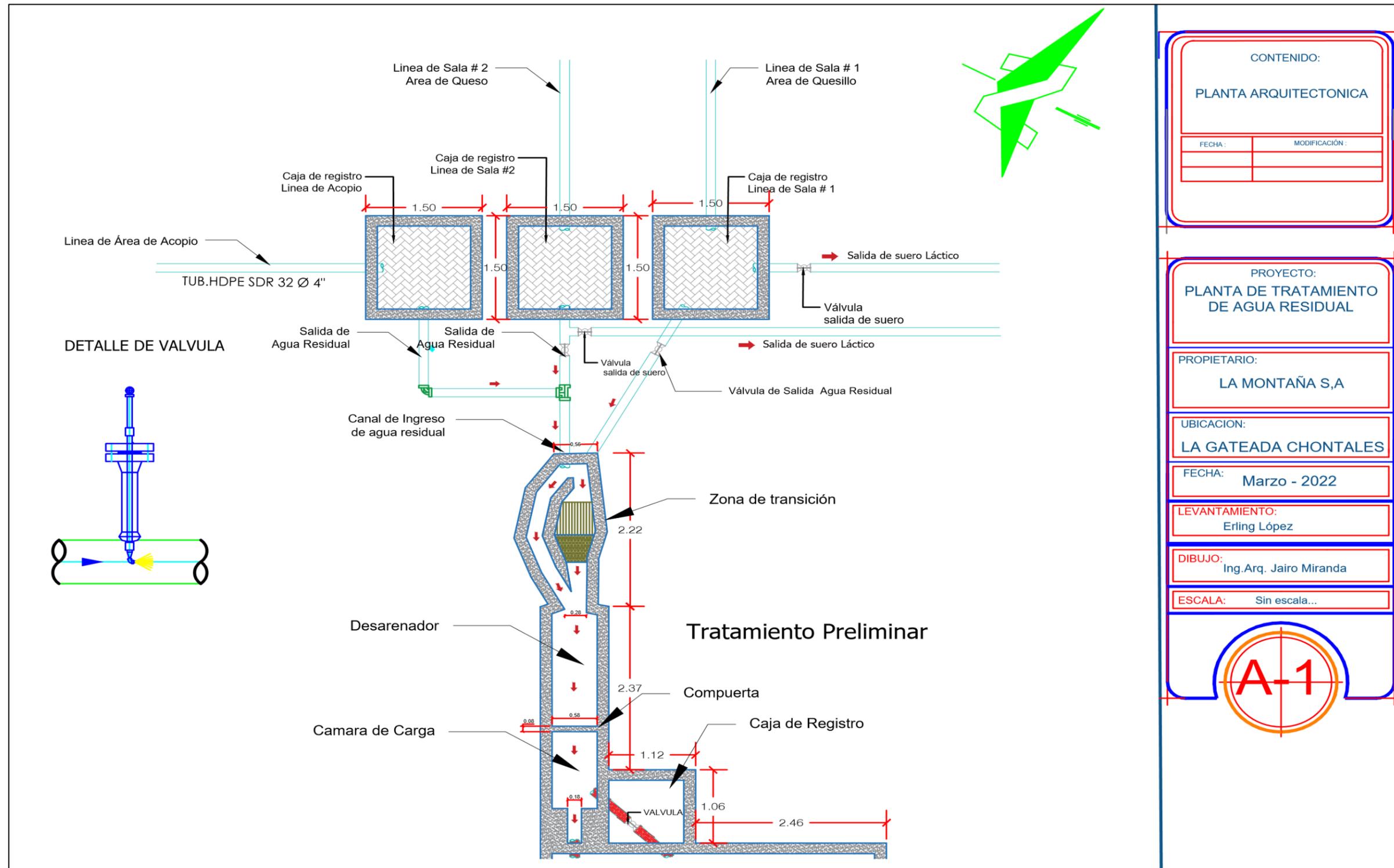
Ing. María Lidia Gómez  
 Coordinadora Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

002178

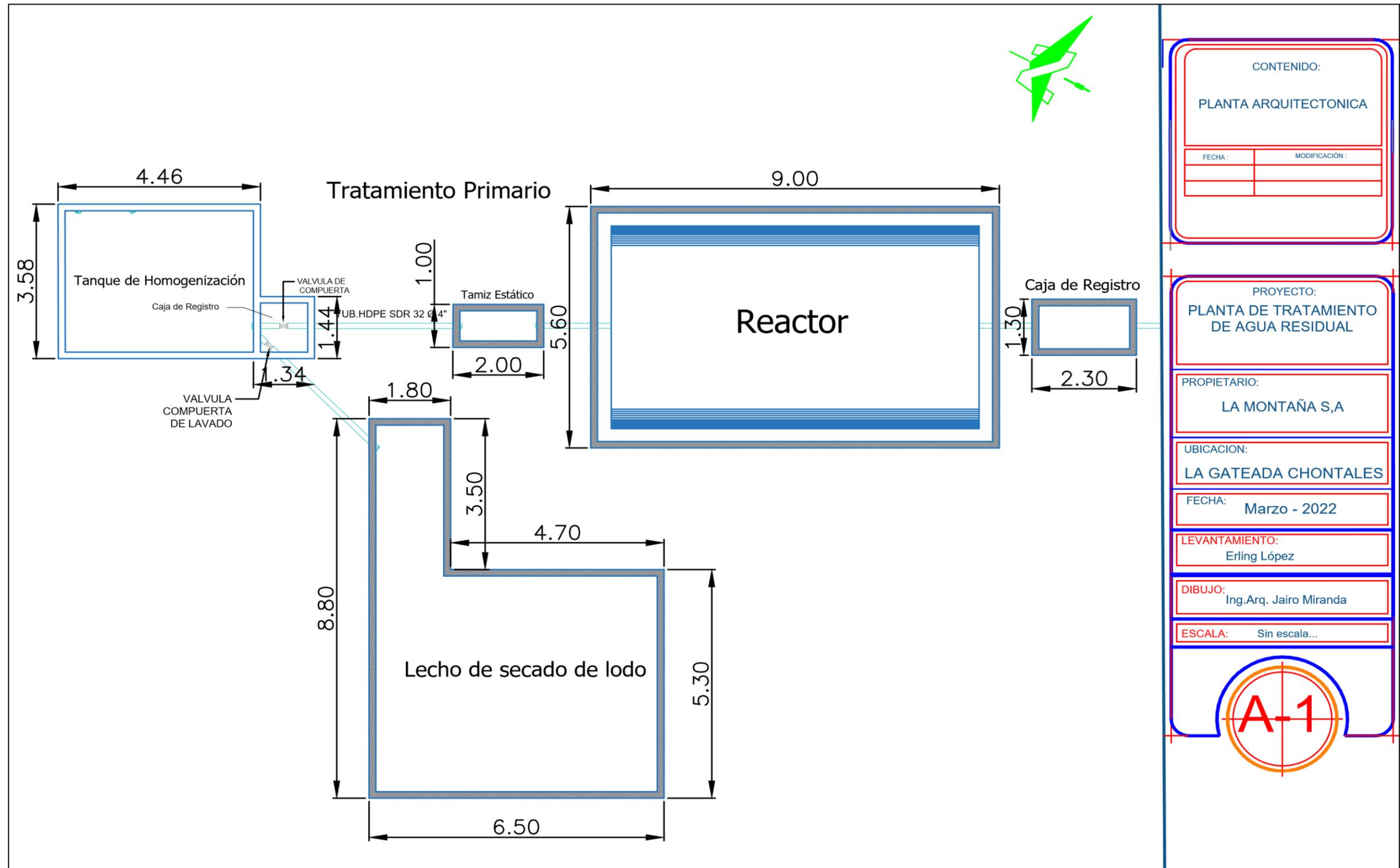
## ANEXO 19: Plano Arquitectónico de la planta de proceso La Montaña S.A



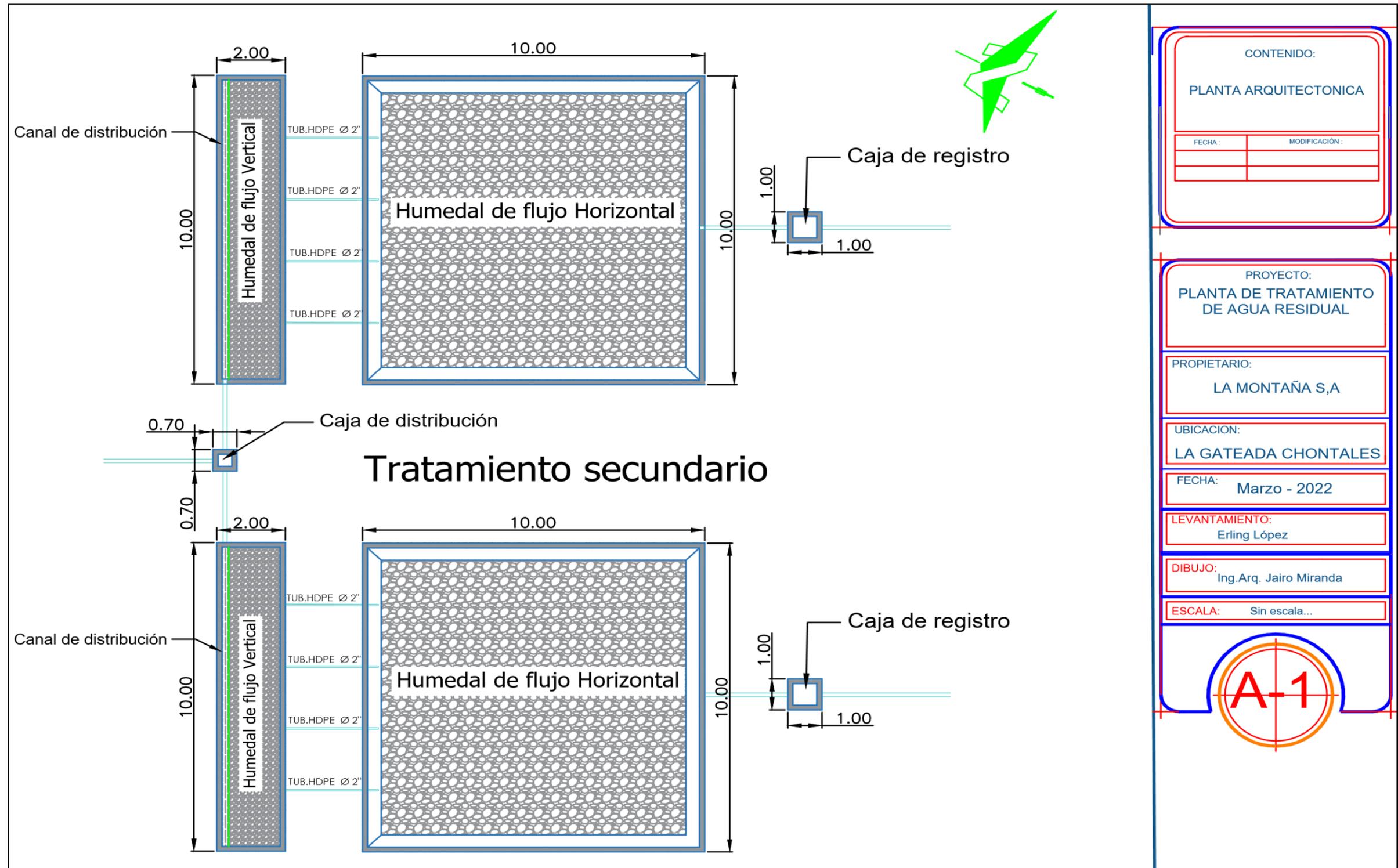
**ANEXO 20: Plano de planta arquitectónica de la PTAR La Montaña S.A, tratamiento preliminar.**



ANEXO 21: Plano de planta arquitectónica de la PTAR La Montaña S.A, tratamiento primario.



ANEXO 22: Plano de planta arquitectónica de la PTAR La Montaña S.A, tratamiento secundario.



CONTENIDO:	
PLANTA ARQUITECTONICA	
FECHA:	MODIFICACIÓN:

PROYECTO:  
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

PROPIETARIO:  
LA MONTAÑA S,A

UBICACION:  
LA GATEADA CHONTALES

FECHA: Marzo - 2022

LEVANTAMIENTO:  
Erling López

DIBUJO:  
Ing.Arq. Jairo Miranda

ESCALA: Sin escala...

