

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO  
SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE CONTROL DEL SISTEMA DE  
TRATAMIENTO DE EFLUENTE DE LA EMPRESA PAPELERA  
NACIONAL S.A., PARAMONGA - 2017**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

**KAREN TATIANA GONZALES GAMARRA**

**HUACHO – PERÚ**

**2021**

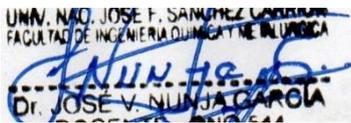
**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO  
SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE CONTROL DEL SISTEMA DE  
TRATAMIENTO DE EFLUENTE DE LA EMPRESA PAPELERA  
NACIONAL S.A., PARAMONGA - 2017**

**Sustentado y aprobado ante el Jurado evaluador**



UNIV. NAC. JOSÉ F. SÁNCHEZ CARRIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y BIOLÓGICA  
Dr. JOSÉ V. NUNJA GARCÍA

**JOSE VICENTE NUNJA GARCIA**

**Presidente**



**JESUS GUSTAVO BARRETO MEZA**

**Secretario**



**ERONCIO MENDOZA NIETO**

**Vocal**



JHON HERBERT OBISPO GAVINO  
INGENIERO QUÍMICO  
Reg. CIP. N° 68007

**JHON HERBERT OBISPO GAVINO**

**Asesor**

**HUACHO – PERÚ**

**2021**

## **DEDICATORIA**

A mis padres:

De manera especial por todo el respaldo incondicional, su paciencia y dedicación que aflora en mí sus enseñanzas.

A mis abuelos Nicolás y Rina:

Por haber cuidado de mí, por sus consejos, por haber sido como unos segundos padres, por haberme hecho muy feliz.

A mi hermano:

Por estar siempre a mi lado y apoyarme en todo momento, buenos y malos que nos tocó vivir, un logro que comparto con mucha alegría.

A mis tías, primas y primos:

Por todas sus ayudas y su compromiso como parientes, al estar pendiente de mí desde la infancia hasta hoy en día.

*Karen Tatiana Gonzales Gamarra*

## **AGRADECIMIENTO**

A la UNJFSC:

Por haber permitido ser parte de ella y poder estudiar mi carrera profesional, así como también a los diferentes docentes que me brindaron sus conocimientos y apoyo día a día.

A mi asesor:

Por la confianza, paciencia, consejos y la oportunidad de concluir con éxitos esta etapa de mi vida.

A mis mejores Amigos Maira y Christian:

Por haberlos conocido en esta etapa de mi vida. Ya que gracias a su compañerismo, amistad y apoyo moral han aportado a mis ganas de seguir adelante en mi carrera profesional.

*Karen Tatiana Gonzales Gamarra*

# ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
ÍNDICE.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xii
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	xv
CAPITULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Descripción de la realidad problemática .....	1
1.2 Formulación del problema.....	3
1.2.1 Problema general.....	3
1.2.2 Problemas específicos .....	3
1.3 Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1 Objetivo general .....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Justificación de la investigación .....	4
1.4.1 Justificación teórica.....	4
1.4.2 Justificación práctica .....	4
1.4.3 Justificación legal.....	4
1.4.4 Justificación metodológica.....	4
1.5 Delimitaciones del estudio.....	5

1.5.1	Delimitación espacial .....	5
1.5.2	Delimitación temporal.....	5
1.5.3	Delimitación teórica .....	6
1.6	Viabilidad del estudio.....	6
1.6.1	Viabilidad técnica.....	6
1.6.2	Viabilidad ambiental .....	6
1.6.3	Viabilidad financiera .....	6
1.6.4	Viabilidad social.....	7
CAPITULO II.....		8
MARCO TEÓRICO .....		8
2.1	Antecedentes de la investigación.....	8
2.1.1	Investigaciones internacionales.....	8
2.1.2	Investigaciones nacionales .....	10
2.2	Bases teóricas .....	11
2.2.1	Aguas residuales.....	11
2.2.1.1	Clasificación de las aguas residuales.....	12
2.2.1.2	Características de las aguas residuales .....	12
2.2.2	Parámetros de contaminación del agua .....	13
2.2.2.1	Parámetros físicos.....	13
2.2.2.2	Parámetros químicos.....	14
2.2.2.3	Parámetros microbiológicos .....	16
2.2.3	Industria del papel .....	17
2.2.3.1	Proceso de fabricación de papel .....	17
2.2.3.2	El agua en la fabricación de papel y cartón .....	18
2.2.3.3	Fuentes de contaminación .....	19
2.2.3.4	Tratamiento del agua en la industria papelera .....	19

2.2.4	Legislación .....	20
2.3	Bases filosóficas .....	20
2.4	Definiciones de términos básicos .....	21
2.5	Hipótesis de investigación .....	22
2.5.1	Hipótesis general .....	22
2.5.2	Hipótesis específicas .....	22
2.6	Operacionalización de las variables .....	23
CAPITULO III .....		24
METODOLOGÍA.....		24
3.1	Diseño metodológico.....	24
3.1.1	Tipo de investigación .....	24
3.1.2	Nivel de investigación.....	25
3.1.3	Diseño.....	25
3.1.4	Enfoque .....	26
3.2	Población y muestra.....	26
3.2.1	Población.....	26
3.2.2	Muestra.....	26
3.3	Técnicas de recolección de datos.....	26
3.3.1	Técnicas a emplear .....	27
3.3.2	Descripción de los instrumentos .....	27
3.4	Técnicas para el procesamiento de la información.....	28
CAPITULO IV .....		29
RESULTADOS .....		29
4.1	Análisis de Resultados.....	29
4.1.1	Parámetros del efluente de fábrica a monitorear empresa PANASA.....	29
4.1.2	Diagnóstico del efluente evacuado del proceso empresa PANASA .....	31

4.1.3	Diagnóstico de la planta de tratamiento de efluentes empresa PANASA.....	36
4.1.3.1	Unidades de la planta de tratamiento de efluentes PANASA .....	36
4.1.3.2	Diagnóstico planta de tratamiento de efluentes primario .....	41
4.1.3.3	Diagnóstico planta de tratamiento de efluentes secundario.....	49
4.1.3.4	Parámetros no controlados en la planta de tratamiento de efluentes .....	51
4.1.4	Propuestas de mejoras al sistema de tratamiento de efluentes .....	57
4.1.4.1	Propuestas generales en la empresa PANASA .....	57
4.1.4.2	Propuestas para el control de parámetros físicos.....	59
4.1.4.3	Propuestas para el control de parámetros químicos.....	59
4.1.4.4	Propuestas para el control de parámetros microbiológicos .....	65
4.2	Contrastación de hipótesis .....	68
CAPITULO V.....		69
DISCUSIÓN.....		69
5.1	Discusión de resultados .....	69
CAPITULO VI.....		72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		72
6.1	Conclusiones.....	72
6.2	Recomendaciones .....	72
REFERENCIAS .....		74
7.1	Fuentes documentales.....	74
7.2	Fuentes bibliográficas .....	75
7.3	Fuentes hemerográficas .....	76
7.4	Fuentes electrónicas.....	77
ANEXOS .....		78

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Lugar de ejecución. ....	5
<i>Figura 2.</i> Diagnóstico parámetros físicos efluente fábrica PANASA.....	33
<i>Figura 3.</i> Diagnóstico parámetro microbiológico efluente fábrica. PANASA. ....	34
<i>Figura 4.</i> Diagnóstico parámetro químicos del efluente de fábrica PANASA. ....	35
<i>Figura 5.</i> Tanque de tratamiento GRAVERS. ....	36
<i>Figura 6.</i> Máquina papelera #6. ....	37
<i>Figura 7.</i> Rebobinadora 5.....	37
<i>Figura 8.</i> Almacén de producto terminado (jumbos). ....	38
<i>Figura 9.</i> Diagnóstico de distribución de flujos en la planta de tratamiento de efluentes de PANASA – Paramonga.....	39
<i>Figura 10.</i> Poza intermedia de la planta de tratamiento de PANASA – Paramonga. ....	40
<i>Figura 11.</i> Poza zona administración próxima a la planta PANASA – Paramonga. ....	40
<i>Figura 12.</i> Tanque de ecualización de la planta de tratamiento PANASA – Paramonga. ..	41
<i>Figura 13.</i> Representación del tanque de flotación DAF. ....	43
<i>Figura 14.</i> Vista frontal del tanque de flotación Daf-Meri. ....	43
<i>Figura 15.</i> Funcionamiento del tanque de flotación Daf-Meri. ....	44
<i>Figura 16.</i> Material flotado en acumulación en el tanque de flotación Daf-Meri.....	44
<i>Figura 17.</i> Control automático de alimentación al tanque de flotación Daf-Meri.....	45
<i>Figura 18.</i> Representación Equipo UDS 360 (ASR). ....	46
<i>Figura 19.</i> Tanque Meri. ....	46
<i>Figura 20.</i> Unidad de preparación y dosificación de polímeros. ....	47
<i>Figura 21.</i> Filtro prensa para tratamiento de lodos. ....	48
<i>Figura 22.</i> Formación torta en el Filtro prensa. ....	48

<i>Figura 23.</i> Control automático del filtro Rotoflex 1. ....	50
<i>Figura 24.</i> Control automático del filtro Rotoflex 2. ....	50
<i>Figura 25.</i> Vista de los dos filtros Rotoflex. ....	51
<i>Figura 26.</i> Análisis de los parámetros físicos del efluente.....	54
<i>Figura 27.</i> Comparación respecto al LMP del parámetro microbiológico a la salida de la planta de tratamiento de efluentes. ....	55
<i>Figura 28.</i> Comparación respecto a los LMP de los parámetros químicos a la salida de la planta de tratamiento de efluentes. ....	56
<i>Figura 29.</i> Distribución de flujos propuesto para la planta de tratamiento de efluentes.....	58
<i>Figura 30.</i> Proceso de la planta de tratamiento de aguas residuales. ....	61
<i>Figura 31.</i> PTAR: Reactor biológico y DAF. ....	62
<i>Figura 32.</i> Tanque de preparación de polímeros.....	62
<i>Figura 33.</i> Parte inferior de la PTAR. ....	63
<i>Figura 34.</i> Zona superior de bombas sumergibles de mezclas.....	63
<i>Figura 35.</i> Parte Superior de la PTAR. ....	64
<i>Figura 36.</i> Tanque de flotación DAF. ....	64
<i>Figura 37.</i> Microlocalización de la empresa PANASA. ....	79
<i>Figura 38.</i> Sistema de tratamiento de efluentes empresa PANASA. ....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 <i>Funciones del agua en la industria papelera</i> .....	18
Tabla 2 <i>Operacionalización de variables</i> .....	23
Tabla 3 <i>LMP según legislación en el monitoreo de efluentes empresa PANASA</i> .....	30
Tabla 4 <i>Análisis del efluente del proceso de fábrica de la empresa PANASA</i> .....	31
Tabla 5 <i>Diagnóstico de los parámetros de efluente de fábrica empresa PANASA</i> .....	32
Tabla 6 <i>Análisis del efluente de la planta de tratamiento</i> .....	52
Tabla 7 <i>Parámetros no controlados del efluente de la planta de tratamiento empresa PANASA</i> .....	53
Tabla 8 <i>Dosificación y punto de aplicación de biosidas</i> .....	65
Tabla 9 <i>Resultados pruebas de tratamiento microbiológico</i> .....	66
Tabla 10 <i>Resumen del diagnóstico y propuesta de control de contaminantes del efluente empresa PANASA</i> .....	67
Tabla 11 <i>Legislación IFC, Corporación Financiera Internacional</i> .....	81
Tabla 12 <i>Legislación del IFC/BM: Banco Mundial</i> .....	81
Tabla 13 <i>Legislación del Ministerio de Comercio e Industrias, Dirección General de Normas y Tecnología Industrial</i> .....	81
Tabla 14 <i>Análisis de parámetros del efluente salida del proceso de fábrica</i> .....	82
Tabla 15 <i>Análisis de parámetros del efluente dispuestos por la empresa</i> .....	83
Tabla 16 <i>Referencia de métodos de ensayo</i> .....	84
Tabla 17 <i>Antes del tratamiento microbiológico</i> .....	85
Tabla 18 <i>Después del tratamiento microbiológico</i> .....	85
Tabla 19 <i>Dosificación y punto de aplicación</i> .....	86

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Ubicación de la empresa PANASA .....	79
Anexo 2. Diagrama del sistema de tratamiento de efluentes PANASA .....	80
Anexo 3. Normativa de comparación aplicable al estudio .....	81
Anexo 4. Análisis de los parámetros del efluente salida del proceso de fábrica. ....	82
Anexo 5. Análisis de los parámetros del efluente dispuesto al cuerpo receptor. ....	83
Anexo 6. Referencia de métodos de ensayo de los parámetros controlados .....	84
Anexo 7. Dosificación de biocidas para control de coliformes en el efluente final .....	85
Anexo 8. Tratamiento microbiológico realizado .....	86
Anexo 9. Ficha técnica hipoclorito de sodio 7,5 % Min .....	87
Anexo 10. Mejorador del rendimiento del Cloro / Estabilizador. ....	88
Anexo 11. Carta de presentación para realizar el trabajo de investigación en la empresa	89
Anexo 12. Carta de aceptación para realizar el trabajo de investigación en la empresa PANASA Paramonga. ....	90

Diagnóstico y propuesta de control del sistema de tratamiento de efluente de la empresa  
Papelería Nacional S.A., Paramonga -2017

Karen Tatiana Gonzales Gamarra<sup>1</sup>

## RESUMEN

**Objetivo:** Realizar un diagnóstico al sistema de tratamiento de efluentes de fábrica y plantear propuestas para el control de los contaminantes de la empresa Papelería Nacional S.A. de Paramonga. **Métodos:** Estudio No experimental descriptivo transversal, enfoque mixto en el diagnóstico y control de contaminantes de la planta de tratamiento de efluentes de la empresa papelería. Uso de la estadística descriptiva para la evaluación y ofimática en las representaciones para su análisis y propuestas de control. **Resultados:** De acuerdo a la legislación los parámetros monitoreados son los sólidos totales disueltos (STD), sólidos totales en suspensión (STS), sólidos sedimentables (SS), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), aceites y grasas, sulfato, plomo total, numeración de coliformes fecales (NCF). De ellos, los SS, STD, STS, DBO, DQO, NCF aceites y grasas (AyG) del efluente de la fábrica exceden respectivamente en 767 %, 104 %, 1 656 %, 2 096 %, 1 538 %, 41 % y 197 400 % de los LMP. La planta de tratamiento de efluentes reduce los STD en 6,95 %, STS en 93,28 %, SS en 99,00 %, DBO en 54,92 %, DQO en 60,06 %, AyG en 68,09 %, Sulfato en 5,33 %, plomo total en 93,05 % y NCF en 99,38 %; de los cuales no son controlados los STD, STS, DBO, DQO, NCF que exceden respectivamente en 90 %, 18 %, 890 %, 554 %, 1 125 % los LMP. Para su control se proponen mejoras de eficiencia en el tanque DAF, incremento de la recirculación para el control de los STD y STS, instalación del reactor biológico para control de DBO y DQO y la dosificación de biocidas para el control de NCF. **Conclusiones:** A través del diagnóstico se identificaron los parámetros físicos, químicos y microbiológicos no controlados, lo que permitió plantear propuestas para el control de los contaminantes de acuerdo a la normativa del sector industrial para su disposición final.

**Palabras clave:** Diagnóstico, propuesta, tratamiento de efluentes, industria papelería.

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental, email: kgonzalesgamarra@gmail.com

Diagnosis and control proposal of the effluent treatment system of the company Papelera Nacional S.A., Paramonga -2017

Karen Tatiana Gonzales Gamarra<sup>1</sup>

## ABSTRACT

**Objective:** Carry out a diagnosis of the factory effluent treatment system and propose proposals for the control of pollutants of the company Papelera Nacional S.A. of Paramonga. **Methods:** Non-experimental descriptive cross-sectional study, mixed approach in the diagnosis and control of pollutants in the wastewater treatment plant of the paper company. Use of descriptive statistics for evaluation and office automation in representations for analysis and control proposals. **Results:** According to the legislation, the monitored parameters are total dissolved solids (STD), total suspended solids (STS), sedimentable solids (SS), biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), oils and fats, sulfate, total lead, fecal coliform numbering (NCF). Of these, the SS, STD, STS, BOD, COD, NCF oils and fats (AyG) of the factory effluent exceed respectively by 767%, 104%, 1,656%, 2,096%, 1,538%, 41% and 197 400% of the LMP. The effluent treatment plant reduces STD by 6.95%, STS by 93.28%, SS by 99.00%, BOD by 54.92%, COD by 60.06%, AyG by 68.09%, Sulfate at 5.33%, total lead at 93.05% and NCF at 99.38%; of which the STD, STS, BOD, COD, NCF are not controlled, which respectively exceed the PML by 90%, 18%, 890%, 554%, 1125%. For its control, efficiency improvements are proposed in the DAF tank, increased recirculation for the control of STD and STS, installation of the biological reactor to control BOD and COD and the dosage of biocides for the control of NCF. **Conclusions:** Through the diagnosis, uncontrolled physical, chemical and microbiological parameters were identified, which made it possible to propose proposals for the control of contaminants according to the regulations of the industrial sector for their final disposal.

**Keywords:** Diagnosis, proposal, treatment of effluents, paper industry.

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental, email: kgonzalesgamarra@gmail.com

## INTRODUCCIÓN

El estudio denominado “Diagnóstico y propuesta de control del sistema de tratamiento de efluente de la empresa Papelera Nacional S.A., Paramonga -2017”, se realizó en vista que las unidades instaladas de tratamientos no estaban operando a una máxima capacidad de eficiencia, lo que viabilizó la realización del estudio.

Para ello la empresa PANASA, con el propósito de controlar sus contaminantes que dispone hacia el cuerpo receptor, implementa hace varios años atrás mejoras periódicas en la planta con objeto de mejorar el control de los parámetros de contaminación.

El estudio comprende la realización de un diagnóstico para el planteamiento de propuestas para controlar los parámetros de contaminación monitoreados por la empresa PANASA de Paramonga.

Haciendo referencia al sector que pertenece la empresa, el estudio se ejecutó en fases; identificación de los parámetros en el efluente de fábrica que requieren ser monitoreados de acuerdo a la legislación nacional e internacional, seguido del diagnóstico del efluente evacuado del proceso de fábrica de acuerdo a los estándares de comparación, para luego diagnosticar el funcionamiento de las unidades de la planta, seguido a ello se plantearon propuestas de mejoras a efectos de controlar los parámetros que estaban incumpliendo la norma referente a la disposición final del efluente de la empresa.

En base a ello, el estudio tiene el propósito de realizar un diagnóstico y plantear propuestas para el control de los contaminantes para una disposición final del efluente que cumpla con los Límites Máximos Permisibles (LMP) que estipula el sector a la que pertenece la empresa PANASA.

## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Descripción de la realidad problemática

La contaminación ambiental en el mundo se está incrementando día a día. Al respecto, la ciudadanía se involucra en mayor grado y que sumada por políticas de gobiernos orientadas al desarrollo sostenible, permiten incrementar gradualmente las acciones necesarias para disposición final apropiada de los residuos.

Al respecto, las Naciones Unidas Perú (2020) presenta metas (objetivo 06) para el Perú al año 2030, como la de garantizar la disponibilidad de agua. Entre ellos se puede resaltar objetivos que permiten mejorar la calidad de agua, por eliminación del vertimiento, minimización en la disposición de residuos y en todos los sectores aumentar el uso eficiente del agua, su protección y restablecimiento de los ecosistemas como los humedales y los ríos (párr. 3, 4, 5 y 8).

Asimismo, es bastante conocido que el agua se hace cada vez más escaso y a la vez se encuentra más contaminada y por ende requiere un mayor tratamiento. Ante ello, la Organización Mundial de la Salud (2020) indica, que es una preocupación en todos los países del mundo, la calidad del agua potable que afecta a la salud de las personas (párr. 1).

La Autoridad Nacional del Agua (2019) considera que la contaminación de las aguas debe ser abordada en coordinación de todos los actores involucrados, lo que permitirá de manera conjunta plantear estrategias de gestión de recursos hídricos (párr. 4).

En nuestro país, el sector papelerero es una de las actividades empresariales que presentan una elevada carga contaminante en sus efluentes, y que para ser controladas se requiere de técnicas y/o procedimientos de comprobada eficacia para su control. Por ello,

como parte de un proceso de mejora continua deberá adecuar sus operaciones y procesos al cumplimiento de los LMP de acuerdo a la normativa nacional e internacional.

Los contaminantes contenidos en efluentes que son dispuestos inapropiadamente, causan serios problemas ambientales si se disponen directamente a un cuerpo receptor no contaminado, por lo que se hace necesario e imprescindible que sean tratadas antes de su disposición final con el fin de reducir y/o eliminar a niveles aceptables por debajo de los LMP. Bajo estas consideraciones, la empresa PANASA identificó un problema de control de algunos contaminantes que se disponen al cuerpo receptor autorizados a la empresa.

Las causas pasan por diversos aspectos, podemos mencionar algunos de ellos, como la baja motivación del personal, baja eficiencia de las maquinarias y equipos, baja efectividad de los insumos químicos utilizados, método de operación ineficientes, medición de controles inapropiados y falta de disponibilidad de un ambiente apropiado.

Las consecuencias de disposición inadecuada son también muy diversas, siendo la principal la queja de los usuarios del canal por uso de esta agua con vertimiento. Adicionalmente esto acarrearía por un lado pérdidas de imagen de la empresa ante la localidad y en segundo lugar no estar encaminadas a los lineamientos de desarrollo sostenible para el Perú al 2030.

También es importante resaltar que el elevado contenido de algún contaminante que sobrepase lo dispuesto por la normativa, produciría fuentes de contaminación potencial en la zona, el cual podría conllevar en el deterioro de la salud de los pobladores que usan el agua para riego y asimismo ocasionar el deterioro de la salud de los consumidores finales de aquellos productos.

En ese sentido, por la problemática expuesta, en la empresa PANASA se detectaron potencialidades de mejora que pueden ser implementadas para el control de los contaminantes, por lo que se hace relevante realizar el diagnóstico de operación de las unidades de tratamiento, que permitirá conocer en detalle su operación y control de los parámetros contaminantes, y en base a ello plantear una propuesta de control de todos los parámetros con las unidades existentes y de ser necesario la instalación de unidades adicionales para garantizar una disposición adecuada en cumplimiento de la normativa del sector.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

- ¿En qué condiciones se encuentra el sistema de tratamiento de efluentes de fábrica y qué propuestas son necesarias para el control de los contaminantes de la empresa PANASA de Paramonga?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Cuáles son los parámetros de contaminación a monitorear en el efluente de fábrica de la empresa PANASA?
- ¿Qué parámetros del efluente evacuado del proceso de fábrica requieren ser tratados y enviados a la planta de tratamiento de efluentes de la empresa PANASA?
- ¿Qué parámetros del efluente evacuado de la planta de tratamiento de efluentes requieren ser controlados en la empresa PANASA?
- ¿Qué propuestas de mejora al sistema de tratamiento del efluente de fábrica son necesarias para el control de los parámetros de contaminación en la empresa PANASA?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

- Realizar un diagnóstico al sistema de tratamiento de efluentes de fábrica y plantear propuestas para el control de los contaminantes de la empresa PANASA de Paramonga.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Identificar los parámetros de contaminación a monitorear en el efluente de fábrica de la empresa PANASA.
- Realizar el diagnóstico del efluente de fábrica e identificar qué parámetros requieren ser tratados en la planta de tratamiento de la empresa PANASA.
- Realizar el diagnóstico del funcionamiento de la planta de tratamiento de efluentes e identificar qué parámetros requieren ser controlados por la planta de tratamiento de la empresa PANASA.

- Formular propuestas de mejoras al sistema de tratamiento del efluente de fábrica para el control de los parámetros contaminantes dispuestos por la empresa PANASA.

## **1.4 Justificación de la investigación**

### **1.4.1 Justificación teórica**

A través del estudio se podrá mejorar el control de contaminantes, lo que permitirá conocer en más detalle la evolución de los contaminantes dentro de la planta a efectos de controlarlos apropiadamente.

### **1.4.2 Justificación práctica**

Lo que el estudio reporta servirá de base en primer lugar para otras investigaciones a realizarse en la empresa y en segundo lugar como soporte y antecedente para otros trabajos similares en otras empresas del sector. Asimismo, el estudio contribuirá en dar la solución a un problema particular de la empresa que beneficie a toda el área de influencia de la misma.

### **1.4.3 Justificación legal**

En primer lugar es necesario precisar que en toda actividad profesional se debe buscar opciones que beneficien tanto al personal y a la empresa. En tal sentido, el estudio es relevante para la empresa, y como se aprecia en el anexo se contó con la autorización correspondiente. Asimismo, como fin personal la consolidación y culminación de mi profesión universitaria.

### **1.4.4 Justificación metodológica**

El estudio utiliza metodologías de muestreo, conservación de muestras, análisis estandarizados y validados nacional e internacionalmente. El estudio además permitirá construir propuestas de mejora en la empresa.

## 1.5 Delimitaciones del estudio

### 1.5.1 Delimitación espacial

Lugar : Av. Tulio Peschiera S/N Zona Industrial.

Distrito : Paramonga.

Provincia : Barranca.

Departamento : Lima.

Región : Lima provincias.

Se realizó en las instalaciones internas de PANASA, en el área que corresponde al tratamiento de efluentes. En la Figura 1 se indica el lugar de ejecución.

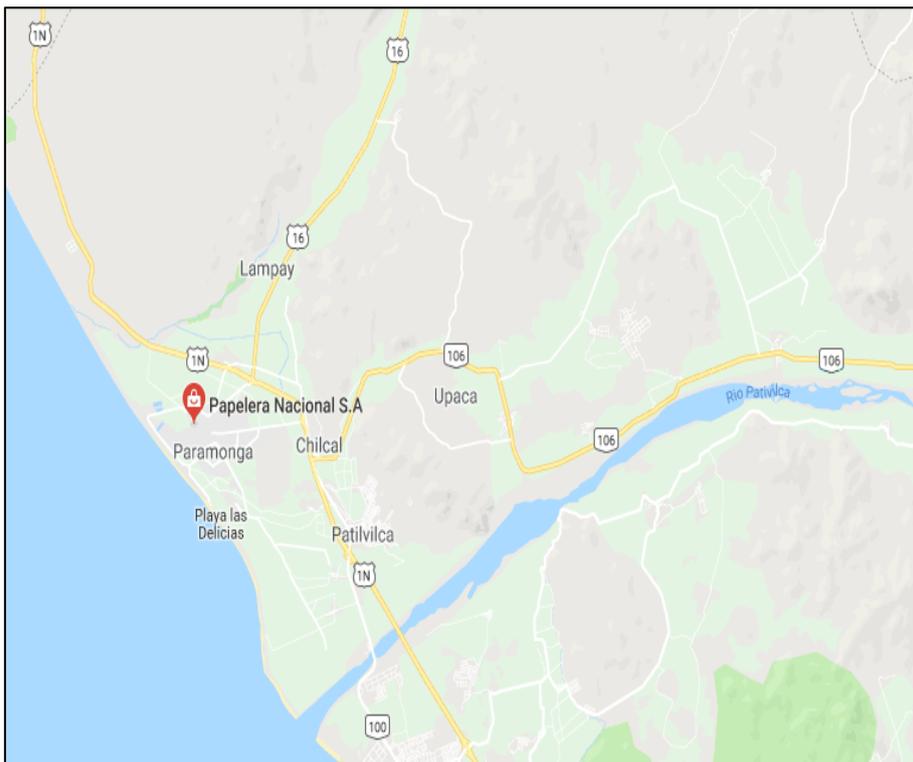


Figura 1. Lugar de ejecución.

Nota: Google (2019). Recuperado el 15 de agosto del 2019 de <https://bit.ly/3aGpwED>

### 1.5.2 Delimitación temporal

Año : 2017.

### **1.5.3 Delimitación teórica**

El estudio se realizó al sistema de tratamiento de efluentes, desde su recepción del efluente de la fábrica pasando por su tratamiento y disposición final hacia un canal de regadío como cuerpo receptor. Para ello, se delimita secuencialmente el estudio por identificación de parámetros en el efluente de fábrica a monitorear, identificación de cuales parámetros requieren ser tratados y controlados por la planta de tratamiento y por último la formulación de la propuesta de mejoras para dichas unidades.

## **1.6 Viabilidad del estudio**

### **1.6.1 Viabilidad técnica**

Presenta viabilidad gracias a las facilidades otorgadas por la empresa para el diagnóstico del sistema de tratamiento a través de información documental y las facilidades para el acopio de la información in situ, mediante la observación directa de las mediciones de los parámetros a controlar en el efluente evacuado. Por tanto, se viabiliza debido a que el investigador cuenta con la documentación de nivel secundario, desde datos históricos a niveles operativos facilitados por la empresa.

### **1.6.2 Viabilidad ambiental**

Es viable ambientalmente, toda vez que no se generan impactos ambientales negativos. El estudio permitirá reducir los impactos de la empresa en la localidad cumpliendo la normatividad vigente. Por tanto, se contribuirá en la reducción de la contaminación que afecta a la localidad de Paramonga, cumpliendo con los LMP dispuestos por los organismos pertinentes del sector.

### **1.6.3 Viabilidad financiera**

Los costos fueron cubiertos parcialmente por la empresa en lo referente a los análisis, reactivos y pruebas en campo, las que fueron facilitadas oportunamente. Los gastos adicionales que involucró el desarrollo del estudio hasta presentar el informe final estuvieron a cargo del investigador.

#### **1.6.4 Viabilidad social**

Viable, debido principalmente a que desde la planificación, ejecución e informes estuvieron garantizado las condiciones de seguridad de todo el personal involucrado en la realización del estudio. Asimismo, dado que plantea la solución de un problema recurrente de la empresa en materia de contaminación, es muy beneficioso para sus trabajadores y de gran relevancia para la población del distrito.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1 Investigaciones internacionales

Gonzales (2015), en su trabajo de titulación “*Optimización del tratamiento biológico de la planta de aguas residuales de Papelera Nacional S.A.*”, tuvo por objetivo realizar un estudio del sistema actual de la planta cumpliendo con los parámetros de la empresa al cuerpo receptor, así como diseñar el tratamiento secundario para el vertimiento de las aguas residuales de la empresa. Planteó soluciones de acuerdo a los resultados evaluados mediante monitoreos mensuales, se adecuó la laguna con la construcción de la laguna de retención de sólidos, el tratamiento de los efluentes cumple con las exigencias para controlar el DQO igual a 200 mg/l y el DBO5 en 100 mg/l.

Según Martínez y De la Macorra (2014), en la investigación titulada “*Caracterización y tratamiento de las aguas obtenidas en el reciclaje de cartón corrugado tipo C*”, tuvo como objetivo caracterizar y tratar las aguas residuales. Indica que el efluente contiene coliformes fecales elevadas. Tratamientos de coagulación y floculación consiguieron eliminar el 100 % de la turbidez, eliminando el color en su totalidad, los aceites y grasas se redujeron en un 40 %, permaneció constante la DQO; el tratamiento tiene el inconveniente de aumentar la conductividad. La adsorción con carbón activo eliminó el color verdadero, la turbidez y los aceites y las grasas en su totalidad y la DQO disminuyó en un 98,6 % a un valor de 95 ppm. El tratamiento de desinfección con UV reduce significativamente la presencia de bacterias coliformes totales desde valores superiores de 1 600 hasta 900 NMP/100 ml. Concluye que con el tratamiento terciario hace innecesario el tratamiento primario de coagulación-floculación, además la efectividad de la lámpara ultravioleta se mejora con el aumento del tiempo de retención y a mayor contacto.

Según Ordóñez (2013), en su trabajo titulado: “*Tratamiento avanzado de regeneración de efluentes en la producción del papel*”, tuvo como objetivo estudiar el reciclaje del efluente y uso del agua regenerada municipal para minimizar el uso del agua alimentada al proceso de fabricación de papel reciclado, logrando reutilizar el 20 % del efluente de la fábrica. Demuestra la viabilidad del uso combinado de procesos biológicos y de membrana en la regeneración de efluentes con bajo contenido de carga orgánica. El contenido de sílice limita el porcentaje de reutilización de agua en los sistemas de osmosis inversa, para reducirlo demostró que con policloruros de aluminio altamente básica (70 a 85 %) reducen la sílice (60 %) y DQO (50 %). Reduce el consumo de agua de alimentación por sustitución de diferentes orígenes en la preparación de agentes de retención y drenaje (10 y el 15 % del consumo total). El proceso de membranas multibarreras, filtración, osmosis inversa y desinfección por UV es viable técnica y económicamente para regenerar aguas residuales de origen municipal.

Según Rodríguez, Mañunga y Cárdenas (2012), en su artículo titulado “Influencia de las fracciones de materia orgánica sobre el desempeño de un sistema de tratamiento de agua residual de una industria papelera”, donde se analizan la materia orgánica que es y no es biodegradable. Reportando que sólo se biodegrada un 31 % de la DQO total del afluente. Las unidades analizadas comprendían un clarificador primario, donde la laguna aireada facultativa redujo la fracción biodegradable soluble de 44 hasta 12 % y la laguna de sedimentación redujo la fracción particulada. Manifiesta que a mayor tratamiento la materia orgánica no biodegradable soluble se incrementó desde un 19 hasta 45 % en el efluente evacuado desde la laguna de sedimentación.

Según Salamanca-Torres, Geissler y Sánchez-Salas (2009), en su trabajo de investigación “Tratamiento de aguas provenientes de la industria papelera por medio de la combinación de un proceso de fotooxidativo y un proceso microbiológico”, donde trató el agua residual para degradar sus contaminantes. Utilizó diferentes variantes, entre ellas la remoción del 96 % por oxidación con luz ultravioleta, ozono y 0,2 ml de peróxido de hidrógeno. Remoción del 67,5 y 75,7 % (15 y 25 min) por oxidación con luz ultravioleta, ozono y 0,1 ml de peróxido de hidrógeno e inoculación de microorganismos por un tiempo de 12 días. Remoción de 45,4 y 45 % (15 y 25 min) por tratamiento fotooxidativo, para ambos casos con 15 días de inoculación.

Según Lozano (2005), en su estudio “*Memoria técnica de la implementación del sistema de tratamiento externo de efluentes en Papelera Nacional S.A.*”, aborda sobre los proyectos implementados en la empresa con el objeto de reducir el impacto ambiental, con unidades principales (clarificación y prensa de lodos) y unidades auxiliares (sistema de bombeo, lagunas de oxidación, tuberías de agua clarificada y canal direccionado a las lagunas). Entre los parámetros que evaluó en la planta consideró la conductividad, STD, STS, Sólidos flotantes, pH, Temperatura, DQO, Oxígeno Disuelto (OD). Entre sus resultados, redujo en 93 % de los STS, 29 % de STD, 48 % de DQO y 53 % de DBO<sub>5</sub>. Concluyendo además que a través de un manejo técnico y consciente en el control ambiental la industria papelera no puede ser considerada altamente contaminante.

### **2.1.2 Investigaciones nacionales**

Según Suyo (2018), en su estudio titulado “*Reducción del impacto ambiental en la industria papelera a través del uso tecnológico*”. Entre uno de sus objetivos consideró el análisis del impacto que la industria papelera genera en los efluentes líquidos. Concluye que los parámetros evaluados tras mejoras de tecnología en la planta, arrojan una reducción de temperatura, de DBO, de DQO, de SST y de Aceites y Grasas en 19, 94, 97, 96 y 87 % respectivamente. Reduciendo el impacto ambiental en 78,6 %.

Según Rivera (2017), en su trabajo titulado “*Evaluación del impacto de vertimiento de aguas residuales de una industria papelera a un tramo del río Rimac*”, entre sus objetivos se propuso determinar la concentración de los parámetros del vertimiento e identificar cuáles de ellos presenta riesgo de incumplir la normativa de acuerdo al cuerpo receptor (río Rímac) considerado para la evaluación. Los parámetros evaluados como pH, Aceites y Grasas, DQO no presentan inconvenientes de incumplimiento del ECA Para la DBO<sub>5</sub> se debe tener cuidado por superarlo ligeramente, para ello se debe mejorar la eficiencia en el tratamiento con lodos activados (secundario) hasta un máximo de 23,87 mg/l de DBO<sub>5</sub>. Al final manifiesta que la dilución de los parámetros aguas abajo en el río Rímac reducen tales concentraciones.

Según Céspedes (2016), en su estudio titulado “*Control de los procesos de clarificación y tratamiento biológico en la industria del Papel Tissue*”, tuvo como objetivo controlar las variables operacionales del tratamiento biológico y optimizar la dosis de insumos químicos utilizados para la clarificación y la reutilización del agua residual. El control del proceso le permitió asegurar que la DBO<sub>5</sub> sea inferior a 500 mg/l y por otro lado

la DQO también inferior a 1 000 mg/l) en las aguas residuales dispuestas al cuerpo receptor. La optimización de productos químicos en la clarificación, permitió reducir su consumo en 25 %. Afirma que la reutilización del agua se posibilitó por una adecuada clarificación.

Según Burgos (2015), en su estudio titulado “*Tratamiento del efluente generado en la fabricación de papel de la empresa Trupal S.A. para su reúso en el proceso*”, donde evaluó el tratamiento del efluente generado para ser reusado en el proceso. El tratamiento estuvo conformado por dos clarificadores (para planta de pulpa 12 000 ppm y la máquina papelera 1 000 ppm de sólidos suspendidos) y una prensa de tornillo para lodos evacuados de los clarificadores. El uso combinado de coagulante y floculante le permitió obtener 222 ppm de sólidos suspendidos totales y para el efluente evacuado desde la máquina papelera 58 ppm de sólidos suspendidos totales. Tales resultados posibilitaron su reúso en el proceso de la planta. Por otro lado, los lodos evacuados por la prensa de tornillo disponen de 54,6 % de humedad lo que posibilitó su reúso como combustible enviándose a la caldera de vapor. Los resultados le permitieron concluir la factibilidad del tratamiento del efluente, reduciendo el consumo de agua fresca en un 51 %.

Según Flores y Lozano (2013), en su estudio titulado “Disminución de DBO y color en el licor negro de la Industria Papelera Trupal mediante ozonización catalizada con carbón activado”, entre sus objetivos planteó tal disminución en la empresa, determinando para ello el tiempo óptimo de ozonización y adicionalmente la remoción de estos con carbón activado. Entre sus resultados, indica que a una dosificación de 9,2 ppm de ozono disminuye la DBO y el color en 24,3 y 29,9 % respectivamente. Por otro lado, la ozonización con carbón activado a razón de 4 g/l a una malla 50 y 100 y a un tiempo de retención de 3 horas presenta una mayor disminución de DBO y color en 59,9 y 28,3 % respectivamente.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Aguas residuales**

En toda actividad o proceso de fábrica utilizan el agua como materia prima e insumo en sus diferentes estados de materia y entre sus principales ventajas radica su relativa accesibilidad, su bajo costo, su abundancia e inocuidad y la gran capacidad de transportar energía térmica. Además, el agua siendo el solvente universal por su naturaleza química, se va contaminando en el proceso lo que hace inevitable su purga o evacuación del proceso, generando aguas residuales como efluentes de la actividad industrial.

Una característica notoria en las aguas residuales es su alteración y/o cambio por las actividades antrópicas, y que para su reúso o vertimiento a un cuerpo receptor, esta debe tener un tratamiento previo que garantice su calidad (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2014, p. 6). En consecuencia, las plantas de tratamiento de efluentes juegan un papel de suma importancia en las empresas industriales para educir o eliminar los contaminantes a niveles aceptables.

### **2.2.1.1 Clasificación de las aguas residuales**

Las aguas residuales varían fundamentalmente de la fuente generadora. Al respecto, la OEFA (2014) los califica en aguas residuales domésticas, industriales y urbanas (p. 7). Los mismos que se describen a continuación.

#### **a) Aguas residuales domésticas**

Se catalogan a aquellas aguas residuales de origen doméstico residencial y comercial, las cuales llevan consigo restos fisiológicos y otros inherentes a la actividad humana (OEFA, 2014, p. 7).

#### **b) Aguas residuales industriales**

Comprende aquellas aguas residuales de origen industrial, como las que evacuan las empresas mineras, empresas energéticas, empresas agroindustriales y otros que las evacuan después de darle algún tipo de uso en sus procesos fabriles (OEFA, 2014, p. 7).

#### **c) Aguas residuales urbanas**

Son las aguas residuales como se indica de origen urbano, que ocasionalmente están conformadas por una mezcla entre el agua residual doméstica, el agua de drenaje pluvial y el agua residual industrial con tratamiento previo para su autorización de disposición a la red de alcantarillado de tipo combinado (OEFA, 2014, p. 7).

### **2.2.1.2 Características de las aguas residuales**

Los contaminantes de las aguas residuales de naturaleza física, química y biológica varían entre las fuentes de generación del efluente y que para que su control se hace necesario cuantificarlos apropiadamente. Al respecto, Romero (2004) manifiesta que para su

caracterización se hace necesario un adecuado muestreo que asegure su representatividad y con análisis de laboratorio que garanticen resultados confiables conforme a las metodologías aprobadas internacionalmente (p. 19). Siendo por ello necesario disponer de equipos calibrados con una sensibilidad acorde a la significancia del parametro evaluado, sumada de una marcha analítica del análisis con personal calificado de experiencia.

## **2.2.2 Parámetros de contaminación del agua**

Los parámetros de contaminación monitoreados en la industria papelera, de acuerdo a la legislación internacional y nacional se indican en el Anexo 3. En base a ello se definirán los principales parámetros de contaminación en los efluentes industriales.

### **2.2.2.1 Parámetros físicos**

#### **a) Color**

Según Romero (2004) manifiesta que la industria de pulpa y papel presenta un color fuerte y además expresa que el color es un indicativo del deterioro o buen estado de operación de las plantas de tratamiento (p. 36).

#### **b) Olor y sabor**

El olor de las aguas residuales son característicos y desagradables de acuerdo al proceso de origen, que causan críticas u observaciones ambientales y que las plantas de tratamiento deben controlar (Romero, 2004, p. 63).

#### **c) Temperatura**

Al respecto, Romero (2004) indica los efectos de la temperatura en el agua, como la alteración del contenido de oxígeno disuelto, la actividad bacterial y cinética de reacciones químicas lo que afecta la vida acuática (p. 70).

Asimismo, Sierra (2011) manifiesta que es uno de los más importantes parámetros del agua, que afecta a la viscosidad y velocidad de reacción en el medio. Parámetros necesarios a considerar en el diseño de una planta de tratamiento (p. 58).

#### **d) Sólidos sedimentables**

Es el material que se encuentra en suspensión susceptible a depositarse en un periodo de tiempo definido (Water Environment Federation[WEF], American Water Works Association [AWWA] y American Public Health Association [APHA], 2017, párr. 4). Asimismo, Sierra (2011) considera aquel material que se deposita en el fondo de un envase expresados en ml/l (p. 59).

#### **e) Sólidos totales disueltos**

Se debe tener en cuenta lo afirmado por Rigola (1999) donde indica que los sólidos disueltos y en suspensión constituyen los sólidos totales (p. 32). Además, según WEF, AWWA y APHA (2017) indican que los sólidos totales disueltos corresponden al análisis de la muestra de agua que sobrepasan un filtro con porosidad menores iguales a 2,0  $\mu\text{m}$  (párr. 5). De igual manera, Sierra (2011) manifiesta que para determinar los sólidos totales disueltos inicialmente se hace pasar por un filtro y luego se analiza el filtrado (p. 59). Por otro lado, Rigola (1999) indica que los sólidos totales disueltos en el agua corresponden a la cantidad de materia disuelta obtenida por evaporación del filtrado (p. 32).

#### **f) Sólidos totales en suspensión**

Es la porción retenida en el filtro (WEF, AWWA y APHA, 2017, párr. 8). Por otro lado, Rigola (1999) lo complementa afirmando que representan a los sólidos no disueltos, y se determina secando y pesando el residuo retenido del filtro (p. 32).

### **2.2.2.2 Parámetros químicos**

#### **a) pH**

Expresa la intensidad de acidez o basicidad del agua (Sierra, 2011, p. 59). Asimismo, Romero (2004) considera que a valores inferiores de 6 de pH se favorece el desarrollo de hongos respecto a las bacterias en tratamiento biológicos (p. 66).

Además, Metcalf & Eddy (1995) menciona un parámetro importante de la calidad de agua natural y residual es la concentración de ión hidrógeno, siendo crítico y estrecho su intervalo para el desarrollo de la vida biológica (p. 95).

#### **b) Oxígeno disuelto (OD)**

El oxígeno disuelto depende de la temperatura, presión atmosférica y las sales contenidas en ella, presenta una baja solubilidad en el agua lo que limita su auto purificación requiriendo por ello de tratamientos antes de disponerse en cuerpos receptores (Romero, 2004, p. 64). Además, Metcalf & Eddy (1995) indica que los microorganismos aerobios requieren de oxígeno en el medio para su respiración, siendo este muy baja por la baja solubilidad de este gas en el agua (p. 101).

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

Término generalizado para evidenciar la calidad del agua residual y superficial, cuantifica la cantidad de oxígeno requerida para oxidar la materia orgánica en condiciones aeróbicas (Romero, 2004, p. 38). Asimismo, Rigola (1999) refiere que la DBO<sub>5</sub> cuantifica la cantidad de oxígeno que se consume en 5 días medidos en ppm (p. 37).

#### **d) Demanda química de oxígeno (DQO)**

Según Romero (2004), representa el consumo de un agente químico oxidante fuerte medido por el oxígeno que equivale a la oxidación de la materia orgánica (p. 54). Asimismo, Rigola (1999) indica el oxidante químico utilizado comúnmente dicromato o permanganato, su reporte se expresa en ppm de O<sub>2</sub>. La biodegradabilidad de la materia contaminante se da por la relación entre la DBO y la DQO (pp. 37, 38).

#### **e) Aceites y grasas**

Romero (2004) considera a aquellos compuestos de carbono e hidrogeno que flotan y recubren las superficies de las aguas, difíciles de degradar y que interfieren en las actividades biológicas del medio acuático (p. 59).

#### **f) Plomo total**

Respecto a los metales tóxicos para el ser humano, Rigola (1999) indica los más comunes: As, Cd, Pb, Cr, Ba y Se, manifestando que deben ser estrictamente controlados (p. 36). Por otro lado Romero (2004) manifiesta algunos criterios para definirlos como su densidad, localización en la tabla periódica, toxicidad y respuesta específica zoológica (p. 60).

### **g) Sulfato**

Romero (2004) indica que el sulfato interviene en la síntesis de proteínas y que es liberado en su descomposición, anaeróbicamente origina problemas de olor (p. 69). Asimismo, Rigola (1999) indica que son muy solubles alcanzando 1 500 ppm como  $\text{SO}_4\text{Ca}$  en aguas puras y se ve incrementado por la presencia de otras sales (p. 33).

### **2.2.2.3 Parámetros microbiológicos**

#### **a) Bacterias**

Romero (2004) manifiesta que son los más importantes para descomponer y estabilizar la materia orgánica de las aguas (p. 31).

Asimismo, Metcalf & Eddy (1995) las clasifica en cuatro grupos (esferoides, bastón, bastón curvado y filamentosas), desempeñan funciones amplias e importantes para descomponer y estabilizar la materia orgánica en los medios acuosos (p. 104).

Además, Valdez y Vázquez (2003) indican que las bacterias son microorganismos comúnmente sin coloración y unicelulares, que ocasionan enfermedades cuyos síntomas comúnmente asociadas a estos son los desórdenes intestinales (p. 25)

#### **b) Virus**

Constituyen de mucho riesgo para la salud, su remoción conlleva la dosis de cloro superiores a la del punto de quiebre (Romero, 2004, p. 71). La luz ultravioleta, según Geissler y Arroyo (2011) elimina muy bien bacterias, virus u hongos y es ineficaz para destruir esporas o matar parásitos (p. 124).

Además, Valdez y Vázquez (2003) indican que para observarlos se requiere de un microscopio electrónico, estos se alojan en un huésped presentando síntomas asociados de desórdenes del sistema nervioso

Los virus son parásitos obligados que requieren un huésped en donde alojarse. Los síntomas asociados con infecciones causadas por virus transportados por el agua comúnmente involucran desórdenes del sistema nervioso más que los desórdenes intestinales (p. 25).

### **c) Coliformes termotolerantes**

Los coliformes son un indicativo de la contaminación de organismos productores de enfermedades (Romero, 2004, p. 36).

## **2.2.3 Industria del papel**

Tuset (2019) indica que la tercera parte de la madera procesada en el mundo se utiliza para producir pulpa y papel. Para ello utiliza enormes cantidades de materia prima, productos químicos, energía y agua. De ellos, en la fabricación del papel se utiliza el agua para desintegrar la materia prima, su transporte y formación del producto.

### **2.2.3.1 Proceso de fabricación de papel**

Asimismo, Tuset (2019) muestra información del proceso:

#### **a) Separación de la celulosa**

La separación de las fibras de celulosa se puede realizar por pulpa mecánica y química. Para el primer caso, la madera se muele y no se genera muchos residuos líquidos, produciéndose por este método el 30 % de la producción mundial. Para el segundo caso, la madera es tratada químicamente para disolver la lignina y dejar libre la fibra de celulosa, presentando el inconveniente que el material celulósico no retenido incrementa la DQO del efluente (Tuset, 2019).

#### **b) Blanqueo de la pasta**

Se realiza el blanqueo para producir pulpa blanca, pudiéndose realizar con diferentes insumos químicos entre ellos el  $H_2O_2$ ,  $Cl_2$ ,  $ClO_2$  y  $O_3$  (Tuset, 2019).

### c) Obtención de papel

Para mejorar sus cualidades los tipos de pulpa húmeda se añaden sustancias como parte de relleno y la adición de aditivos para la mejora de sus propiedades físicas en la línea de producción de papel. Para escritura e impresión se alisa en una serie de rodillos (Tuset, 2019).

#### 2.2.3.2 El agua en la fabricación de papel y cartón

Para Ainhoa (2000) se utiliza el agua como medio de dispersión y el transporte de fluidos en la fabricación de papel y cartón, desde la formación de la pulpa hasta formación del papel y/o cartón, también es utilizada en la generación de vapor, medio de calefacción, generación de vacío, enfriamiento, lubricación y otros (p. 10).

Tabla 1

*Funciones del agua en la industria papelera*

Nº	Usos	Función
1	Agua de Proceso	Transporte
		Dilución
		Mojado
		Lubricante
2	Agua para rociadores y toberas	Corte, desbarbe
		Limpieza
		Dilución
3	Agua para rociadores y toberas	Enfriamiento
		Enfriamiento
		Antiespumante
3	Agua de refrigeración	Enfriamiento
4	Agua de caldera	Producción de vapor
5	Agua de sellado	Sellado
6	Agua de limpieza	Transporte

Nota. (Ainhoa, 2000, p. 10)

Ainhoa (2000) manifiesta que el consumo de agua es variable en cada industria y que depende principalmente del tipo de fibra que se procesa como materia prima, el producto a fabricar y la tecnología utilizada para su procesamiento (p. 10).

Ainhoa (2000) indica que en la actualidad las fábricas modernas presentan consumos de agua por tonelada de producto muy inferiores que las fábricas que tienen maquinarias antiguas de baja eficiencia. Presentado diferencias significativas para cartón de 3 a 8 m<sup>3</sup> (35 m<sup>3</sup> ineficiente), papel de periódico de 10 a 15 m<sup>3</sup> (30 m<sup>3</sup> ineficiente), papel tisú de 15 a 20 m<sup>3</sup> (60 m<sup>3</sup> ineficiente), papel de impresión y escritura 200 m<sup>3</sup> (pp. 10, 11).

### **2.2.3.3 Fuentes de contaminación**

#### **a) Materias primas fibrosas**

Ainhoa (2000) sostiene que estos representan la principal fuente de contaminación, su naturaleza varía de acuerdo a la fibra utilizada, siendo el contenido y/o concentración de partículas de finos, materia orgánica soluble y microorganismos tres parámetros de importancia que deben ser consideradas (p. 12).

#### **b) Aditivos**

Ainhoa (2000) considera a los aditivos la segunda fuente de contaminación, la cantidad elevada de aditivos utilizados en el proceso dificultan definir su naturaleza e importancia. Entre los aditivos comúnmente utilizados se les tipifica en cargas, almidones, agentes encolante, agentes mejoradores de la resistencia en húmedo y agentes de destintado (pp. 14,15).

#### **c) Agua de alimentación**

Para Ainhoa (2000) también el agua que se alimenta al proceso puede introducir contaminantes que pueden interferir en el proceso, está íntimamente ligada a la fuente de abastecimiento del agua utilizada (p. 15).

### **2.2.3.4 Tratamiento del agua en la industria papelera**

En la industria papelera, para Tuset (2019) el consumo de agua es elevado y la calidad exigida es alta, de acuerdo a la naturaleza del agua, materia prima, insumos y proceso

utilizado los efluentes generados puede contener más de 250 compuestos entre de origen natural (lignina, taninos, etc.) y otros sintéticos como fenoles, dioxinas y furanos, por ello es una necesidad que las empresas busquen la reutilización de sus efluentes. La composición del agua condiciona la tecnología adecuada a utilizar para su reutilización o en su defecto reusada en otra unidad que reduzca el consumo global de agua en la empresa. Por tanto, se presentan dos opciones de tratamiento: ciclo abierto para aquellos tratamientos en donde las aguas no se reutilizan, por lo que el efluente debe ser tratado adecuadamente antes de disponerlo, ciclo cerrado con tratamiento para que sean reutilizadas en su integridad en el proceso fabril, sistema de vertido cero.

#### **a) Ciclo abierto: tratamiento de las aguas sin reutilización**

Tuset (2019) considera que una alternativa muy sencilla es tratar adecuadamente los efluentes y descargarlo al medio ambiente. El tratamiento reduce los contaminantes a niveles inferiores exigidas por la normativa evitando así el impacto ambiental.

#### **b) Ciclo cerrado: tratamiento de las aguas con sistemas de vertidos cero**

Tuset (2019) manifiesta la existencia de una alternativa sostenible y económica, eliminando la disposición final recuperando la totalidad del agua para su recirculación y reutilización o que pueda ser enviada y aprovechada en otra etapa del proceso.

### **2.2.4 Legislación**

La legislación aplicable para el control de los contaminantes de los efluentes de la empresa PANASA, se indica en el Anexo 3.

### **2.3 Bases filosóficas**

Considerando lo expresado por Comins (2016) donde la filosofía ecológica llamada ecosofía manifiesta que nace ante la problemática medioambiental existente desde hace muchos años. Un pensamiento ecológico que se puede lograr como aporte de la filosofía. El hombre coexiste con su naturaleza por lo que se hace necesario reeducarlo para el desarrollo y sostenibilidad de nuestro medio ambiente

## **2.4 Definiciones de términos básicos**

### **Agua contaminada**

Camacho y Ariosa (2000) define como “agua cuyos usos previstos se han comprometido como resultado del deterioro de su calidad original, producto de la incorporación de elementos contaminantes” (p. 19).

### **Aguas residuales**

“Aguas resultantes de un proceso o actividad productiva cuya calidad se ha degradado, debido a la incorporación de elementos contaminantes” (Camacho y Ariosa, 2000, p. 20).

### **Aguas residuales industriales**

“Son aquellas que resultan del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras” (OEFA, 2014, p. 7).

### **Biocida**

“Sustancia química capaz de exterminar la vida totalmente, puede ser bactericida, fungicida, herbicida, insecticida, nematocida, plaguicida, etc.” (Camacho y Ariosa, 2000, p. 23).

### **Cuerpo receptor**

“Componente del medio ambiente que recibe los aportes de carga contaminante generados por la actividad económica y social” (Camacho y Ariosa, 2000, p. 30).

### **Efluente**

“Residual líquido, tratado o sin tratar, que se origina en un proceso industrial o actividad social y se dispone generalmente en los suelos o diversos cuerpos de agua superficiales o subterráneos” (Camacho y Ariosa, 2000, p. 35).

## **Límite máximo permisible (LMP)**

“Medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente” (OEFA, 2014, p. 3).

## **2.5 Hipótesis de investigación**

### **2.5.1 Hipótesis general**

- El diagnóstico al sistema de tratamiento de efluentes de fábrica permite identificar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos no controlados, lo que posibilita el planteamiento de propuestas para el control de los contaminantes dispuestos por la empresa PANASA.

### **2.5.2 Hipótesis específicas**

- Se monitorea parámetros físicos (STD, STS y sólidos sedimentables); en parámetros químicos (DBO, DQO, sulfato, plomo total, aceites y grasas); en parámetros microbiológicos (numeración de coliformes fecales o termotolerantes).
- Los parámetros del efluente evacuado del proceso de fábrica que sobrepasan los LMP y que se envían a la planta de tratamiento son: parámetros físicos (sólidos sedimentables, STD, STS), parámetros químicos (DBO, DQO, aceites y grasas) y parámetros microbiológicos: (numeración de coliformes fecales o termotolerantes).
- Los parámetros del efluente evacuado por la planta de tratamiento de efluentes que sobrepasan los LMP y que por tanto requieren ser controlados son: parámetros físicos (STD, STS); parámetros químicos (DBO, DQO) y parámetros microbiológicos (numeración de coliformes fecales o termotolerantes).
- Se realizan propuestas de mejora en las unidades existentes y adición de otras unidades necesarias para el control de contaminantes dispuestos por la empresa.

## 2.6 Operacionalización de las variables

V1: Variable de caracterización:

Diagnóstico del Sistema de tratamiento de Efluentes.

V2: Variable de interés:

Propuesta de control del Sistema de tratamiento de efluentes.

Tabla 2

### *Operacionalización de variables*

Variables	Operacionalización de variables		
	Dimensión	Indicador	Escala
V1 <i>Variable de caracterización</i>	Parámetros a monitorear.	STD, STS, SS, DBO, DQO, AyG, S, Pb, NCF monitoreados en el efluente.	Nominal.
1 Diagnóstico del sistema de tratamiento de efluentes.	Efluente de fábrica.	STD, STS, SS, DBO, DQO, AyG, S, Pb, NCF que requieren ser tratados.	Razón.
	Planta de tratamiento.	STD, STS, DBO, DQO, NCF que requieren ser controlados.	Razón.
V2 <i>Variable de interés.</i>		Propuestas en mejoras unidades existentes.	Nominal.
2 Propuesta de control del sistema de tratamiento de efluentes.	Propuestas.	Propuesta de instalación de unidades adicionales.	Nominal.

Nota. Elaboración propia.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Diseño metodológico**

##### **3.1.1 Tipo de investigación**

Inicialmente se hace preciso definir el tipo de investigación. Al respecto, existen diferentes clasificaciones dadas por diferentes autores. Se cita lo afirmado por Carrasco (2017), quien manifiesta que el tipo de investigación depende del objetivo que persigue y que su enunciado debe ser antes de formular el proyecto de investigación para definirlo convenientemente y desarrollarlo de manera estructurada (p. 43).

Además, se hace necesario tener en cuenta la clasificación según BIOESTADISTICO (2012a, 0:02 - 1:47), donde manifiesta que toda clasificación debe ser exhaustiva y excluyente. Observacional y experimental por la forma que el investigador interviene, prospectivo y retrospectivo por la manera en la recogida de datos, transversal y longitudinal por las veces que se mide la variable a estudiar, descriptivo y analítico por la cantidad de variables de interés.

Adicionalmente a la clasificación anterior, Vara (2015) indica que una investigación es básica o aplicada. Sobre la investigación aplicada el autor indica que son utilizados de manera práctica en dar la solución a problemas en un contexto específico (p. 235).

En base a estas consideraciones, la tipificación del estudio corresponde:

- Observacional, en base a que las mediciones de los parámetros de contaminación serán realizadas por el investigador tal y cual está aconteciendo.
- Prospectivo, dado que el diagnóstico será realizado por el investigador conjuntamente con la empresa de monitoreo del efluente.
- Transversal, en vista que las mediciones de la concentración de los parámetros evaluados en los efluentes serán en un único momento.

- Descriptivo, dado que la variable en estudio se caracteriza por ser univariada.
- Aplicada, en base que los resultados del estudio permitirán a la empresa dar solución a un problema de aseguramiento de cumplimiento de los LMP dispuestos.

### **3.1.2 Nivel de investigación**

Al respecto, se hace necesario tener en cuenta lo afirmado por BIOESTADISTICO (2012b, 0:02 – 5:17), quien manifiesta la existencia de una concordancia entre los niveles de la investigación, la línea de investigación, el análisis y los objetivos estadísticos.

Por tanto, el nivel de la investigación va depender en gran medida del objetivo de la investigación. Al tratarse de un estudio a nivel de propuesta para controlar los parámetros contaminantes en la empresa PANASA, se hace necesario considerar lo afirmado por Hernández, Fernández y Baptista (2007), donde señala que los estudios descriptivos se utiliza para describir situaciones explicando las manifestaciones de un determinado fenómeno sometido a análisis (p. 60).

En base a ello, el estudio corresponde a un nivel descriptivo.

### **3.1.3 Diseño**

Considerando los tipos y nivel de la investigación que corresponde al estudio enunciado en párrafos anteriores, se hace necesario plasmar el diseño de la investigación. Para ello, consideramos lo afirmado sobre diseños transeccionales descriptivos según Hernández, Fernández y Baptista (2007), que indica que tiene como objetivo conocer en un determinado momento, la incidencia y los valores de una o más variables (p. 144).

De acuerdo a las consideraciones expuestas y dado que las mediciones de los parámetros de contaminación se realizaron de manera transversal a la entrada y salida de la planta de tratamiento de efluentes, el diseño para el estudio considerando lo afirmado por Carrasco (2017) corresponde al diseño No experimental transeccional descriptivo (p. 60).

### **3.1.4 Enfoque**

Sobre los enfoques de investigación, Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) indica sobre los enfoques Mixtos (cualitativo y cuantitativo) su interacción y potenciación permitiendo lograr un mayor entendimiento del fenómeno estudiado (p. 10).

Considerando lo afirmado y en base al procesamiento que se le dará a los análisis, la metodología corresponde a una investigación mixta en el diagnóstico y propuesta de mejoras. Cualitativa en la descripción de los equipos y unidades de tratamiento y cuantitativo en lo que respecta al análisis de los parámetros de contaminación del efluente.

## **3.2 Población y muestra**

### **3.2.1 Población**

“Una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones” (Chaudhuri, 2018 y Lepkowski, 2008, como se citó en Hernández-Sampieri y Mendoza, 2019, p. 198). Por tanto, para el estudio:

*Población:* Sistema de tratamiento de efluente de la empresa PANASA.

### **3.2.2 Muestra**

Asimismo, Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) indica “una muestra es un subconjunto de la población o universo que te interesa, sobre la cual se recolectarán los datos pertinentes, y deberá ser representativa de dicha población” (p. 196). En el estudio, la unidad muestral es la misma que la población, por tanto, hablamos de censo.

*Muestra:* sistema de tratamiento de efluente de la empresa PANASA.

## **3.3 Técnicas de recolección de datos**

Según Hernández, Fernández y Baptista (2007) una vez recabado la información del estudio hasta aquí, prosigue la recolección de los datos pertinentes de las variables. Para ello plantea tres actividades: seleccionar los instrumentos validados y confiables, aplicarlos para recabar las mediciones y registrar apropiadamente para su análisis (p. 176).

### **3.3.1 Técnicas a emplear**

En el estudio se utilizaron las siguientes técnicas, de acuerdo al enfoque mixto:

#### **a) Técnicas documentales**

Según Carrasco (2017) esta técnica utiliza el análisis documental, se recopila información documentada a través de fichas de acuerdo al objeto de la investigación (p. 275). Su uso se da en la recolección de la información del proceso de tratamiento de la planta de efluentes y de los parámetros a controlar, el procedimiento de muestreo, conservación y análisis y para recabar las especificaciones técnicas de los diferentes insumos utilizados.

#### **b) Técnicas de observación**

Para las mediciones en el laboratorio de los parámetros de contaminación, de naturaleza cuantitativa se utilizó la técnica de observación. Al respecto, BIOESTADISTICO (2012c, 1:07 - 1:59), manifiesta que la observación debe ser sistemática, controlada y sus resultados confiables.

### **3.3.2 Descripción de los instrumentos**

Para cada técnica se utilizaron los siguientes instrumentos:

#### **a) En la técnica documental**

- Ficha de documentación.

#### **b) En la técnica de observación**

- Ficha de observación.
- Instrumentos para diagnóstico de la planta de tratamiento: balanza analítica, termómetro, manómetro, cronómetro, rotámetro, cámara fotográfica y filmadora.
- Instrumentos especializados para análisis de STD, STS, SS, DBO, DQO, aceites y grasas, sulfato, numeración de coliformes fecales o termotolerantes y plomo total.

### **3.4 Técnicas para el procesamiento de la información**

Para ello se empleará la estadística descriptiva, para poder resumir en forma gráfica y analítica los resultados obtenidos, procesándose de la siguiente manera:

Los datos se procesaron con una hoja de cálculo con aplicación de la estadística descriptiva para cada uno de los parámetros considerados en la evaluación.

La representación de resultados e información obtenida se muestra con tablas y gráficos de barras, representándolo conjuntamente con los LMP para facilitar la comprensión del cumplimiento de dicho parámetro.

Para el desarrollo de diagramas y planos del sistema de tratamiento actual y propuesto y otros de interés, se utilizó un software de diseño gráfico.

Durante el estudio, se utilizó el método científico para el diagnóstico y conjuntamente con herramientas del proceso de mejora continua para la búsqueda de propuestas de control de los parámetros contaminantes del efluente de fábrica.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1 Análisis de Resultados**

Lo obtenido se clasificó de acuerdo a los objetivos planteados:

- Parámetros en el efluente de fábrica a monitorear.
- Diagnóstico del efluente evacuado del proceso de fábrica y determinar los parámetros que requieren ser tratados.
- Diagnóstico de la operación de la planta de tratamiento e identificación de los parámetros que requieren ser controlados.
- Propuestas de mejoras al sistema de tratamiento de efluentes de fábrica para el control de los parámetros de contaminación dispuestos por la empresa.

##### **4.1.1 Parámetros del efluente de fábrica a monitorear empresa PANASA**

La normativa internacional que se aplica en el monitoreo de los efluentes para la empresa está determinada por:

- Guía sobre medio ambiente, salud y seguridad, IFC/BM: Banco Mundial (General Environmental Guideline), 30 abril de 2007.
- Reglamento técnico DGNTI-COPANIT 35 (Panamá, 2000).
- IFC/BM: Banco Mundial (General Environmental Guideline), Julio 1998.

Los parámetros monitoreados con sus respectivos LMP utilizados en el estudio se indican en la Tabla 3.

Tabla 3

*LMP según legislación en el monitoreo de efluentes empresa PANASA*

Parámetro	Unidad	LMP	Legislación aplicable
<b>1 Parámetros físicos:</b>			
STD	mg/l	500	Reglamento técnico DGNTI-COPANIT 35 (Panamá, 2000)
SS		15	
STS		50	Guía sobre medio ambiente, salud y seguridad, IFC/BM: Banco Mundial (General Environmental Guideline), 30 abril de 2007
<b>2 Parámetros químicos:</b>			
DBO <sub>5</sub>	mg/l	30	Guía sobre medio ambiente, salud y seguridad, IFC/BM: Banco Mundial (General Environmental Guideline), 30 abril de 2007
Aceites y Grasas		10	
DQO		100	Reglamento técnico DGNTI-COPANIT 35 (Panamá, 2000)
Sulfato	1 000		
Plomo total		0,1	IFC/BM: Banco Mundial (General Environmental Guideline), Julio 1998
<b>3 Parámetros microbiológicos:</b>			
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	400	Guía sobre medio ambiente, salud y seguridad, IFC/BM: Banco Mundial (General Environmental Guideline), 30 abril de 2007

Nota. Elaboración propia.

#### 4.1.2 Diagnóstico del efluente evacuado del proceso empresa PANASA

Se realizó el del efluente a la salida de la planta, de la empresa PANASA.

Tabla 4

*Análisis del efluente del proceso de fábrica de la empresa PANASA*

N°	Parámetro	Unidad	Análisis
<i>1 Parámetros físicos</i>			
	STD	mg/l	1 022
	STS		878
	SS		130
<i>2 Parámetros químicos</i>			
	DBO	mg/l	658,8
	DQO		1 638,5
	Aceites y Grasas		14,1
	Sulfato		188,46
	Plomo total		0,0403
<i>3 Parámetros microbiológicos</i>			
	Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	790 000

Nota. PANASA Informe de ensayo oficial MA1808161 – Lab. de ensayo acreditado SGS.

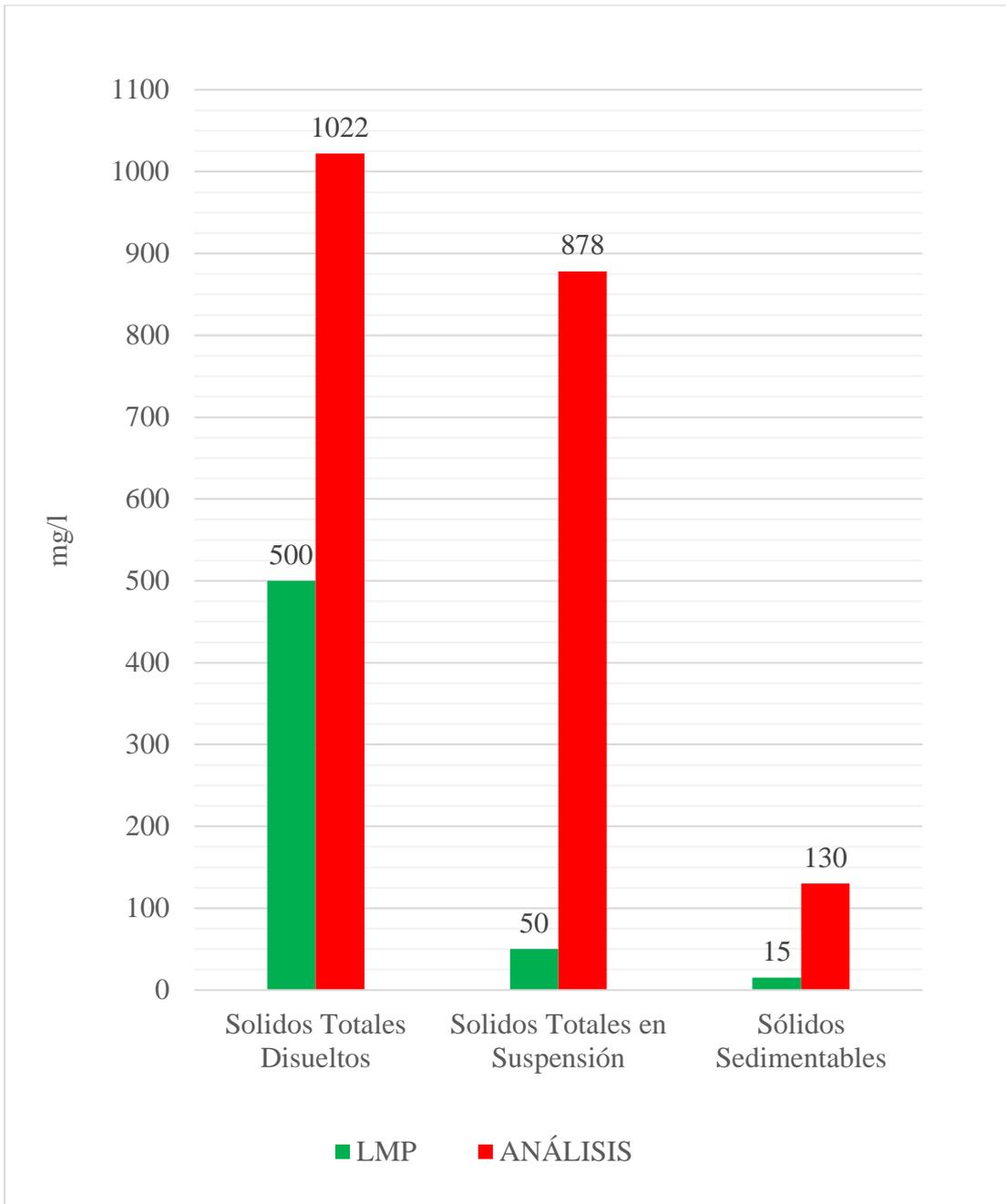
Asimismo, se determinó los parámetros que no cumplen con lo indicado en la Tabla 5, con su respectiva representación.

Tabla 5

*Diagnóstico de los parámetros de efluente de fábrica empresa PANASA*

N°	Parámetro	Unidad	LMP	Análisis del Efluente Salida del proceso	Diagnóstico del efluente		
					Cumplimiento al LMP (Si/no)	% de exceso	% del LMP
1	Parámetros físicos						
	STD		500	1 022	No	104,40	
	STS	mg/l	50	878	No	1 656,00	
	SS		15	130	No	766,67	
2	Parámetros químicos						
	DBO		30	658,8	No	2 096,00	
	SQO		100	1 638,5	No	1 538,50	
	Aceites y Grasas	mg/l	10	14,1	No	41,00	
	Sulfato		1 000	188,46	Si		18,85
	Plomo total		0,1	0,0403	Si		40,30
3	Parámetros microbiológicos						
	Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	400	790 000	No	197 400	

Nota. PANASA.



*Figura 2.* Diagnóstico parámetros físicos efluente fábrica PANASA.

Nota. Elaboración propia.

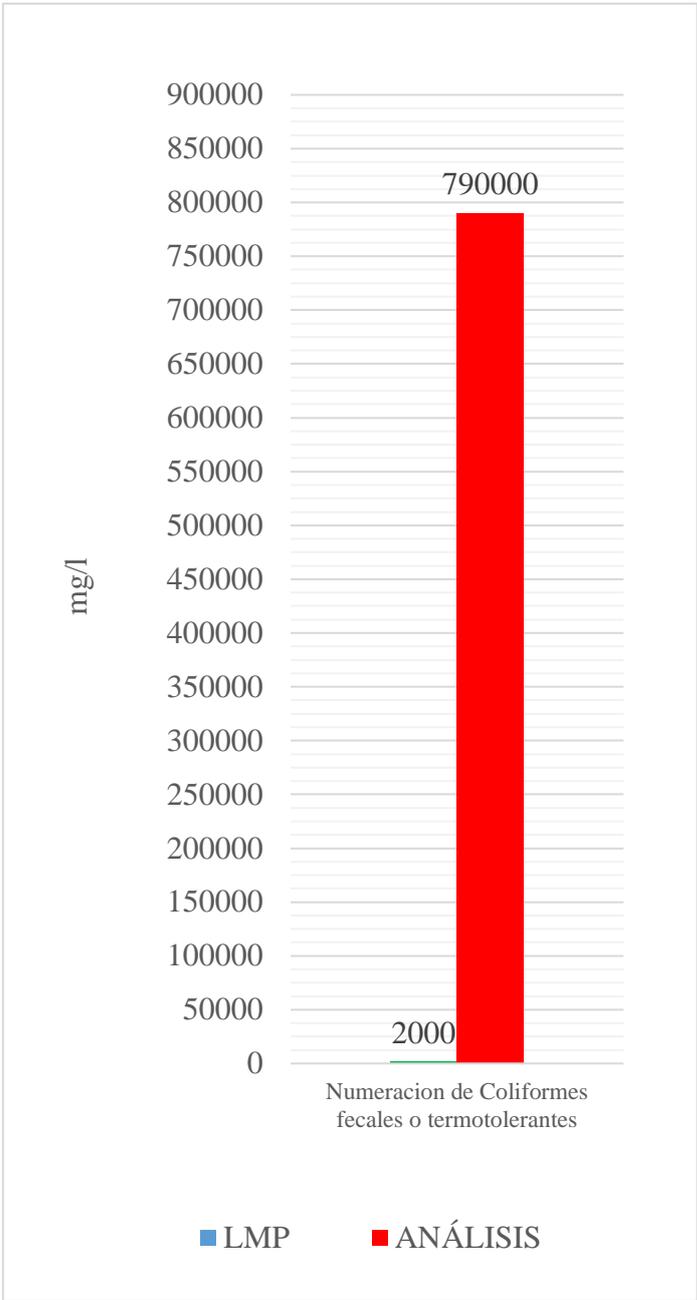


Figura 3. Diagnóstico parámetro microbiológico efluente fábrica. PANASA.

Nota. Elaboración propia.



Figura 4. Diagnóstico parámetro químicos del efluente de fábrica PANASA.

Nota. Elaboración propia.

### **4.1.3 Diagnóstico de la planta de tratamiento de efluentes empresa PANASA**

#### **4.1.3.1 Unidades de la planta de tratamiento de efluentes PANASA**

Las unidades y distribución de flujos se representan en la Figura 9, las unidades antes del tratamiento se diagnostican a continuación:

##### **a) Tanque de tratamiento GRAVERS**

Una parte del aceptado de los filtros; agua filtrada, es dirigido hacia el canal norte EF-01P con un galonaje aproximado de 500 galones por minuto (GPM) y la otra parte es dirigido al Sedimentador (GRAVERS), donde el polímero aun presente en el agua hará decantar restos existente en el Gravers para luego ser retirados como lodos por precipitación. Finalmente, el agua recuperada es mezclada en un tanque central con 1 200 GPM de agua de rio tratada, obteniéndose un agua recuperada que recirculará a los diferentes puntos de las máquinas.



*Figura 5.* Tanque de tratamiento GRAVERS.

Nota. PANASA.

**b) Planta PANASA**

La empresa utiliza como materia prima productos virgen y fibras de reciclaje.



*Figura 6.* Máquina papelera #6.

Nota. PANASA.



*Figura 7.* Rebobinadora 5.

Nota. PANASA.



*Figura 8.* Almacén de producto terminado (jumbos).

Nota. PANASA.

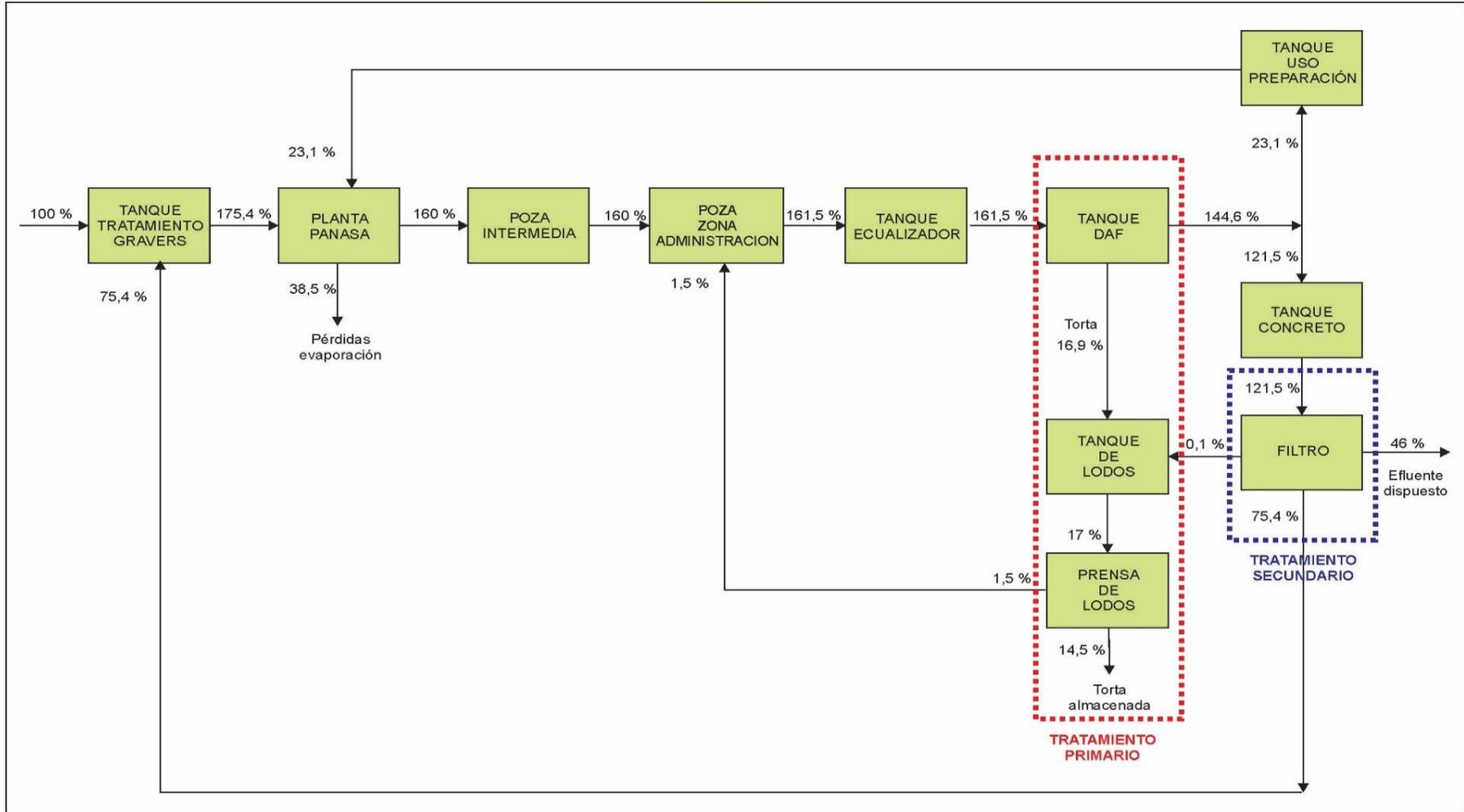


Figura 9. Diagnóstico de distribución de flujos en la planta de tratamiento de efluentes de PANASA – Paramonga.

Nota. Elaboración propia.

**c) Poza intermedia**



*Figura 10.* Poza intermedia de la planta de tratamiento de PANASA – Paramonga.

Nota. PANASA.

**d) Poza zona administración**



*Figura 11.* Poza zona administración próxima a la planta PANASA – Paramonga.

Nota. PANASA.

#### e) Tanque ecualizador



*Figura 12.* Tanque de ecualización de la planta de tratamiento PANASA – Paramonga.

Nota. PANASA.

#### 4.1.3.2 Diagnóstico planta de tratamiento de efluentes primario

La fabricación en la empresa trae consigo en su proceso productivo la generación de aguas residuales, los cuales son direccionados mediante el Canal Norte hacia un cuerpo receptor.

Las unidades del tratamiento primario en la empresa PANASA tienen como objetivos:

- Tratamiento integral de todos los efluentes que van al canal norte.
- Cumplimiento de la normativa ambiental.
- Ahorro y reaprovechamiento del agua tratada.

Los residuales generados por el proceso productivo de la fabricación del papel y cartón son transportados a un gran depósito de acumulación (Tanque de Ecuilización), la cual tiene una capacidad de 458 m<sup>3</sup>.

Desde aquel tanque se alimenta al sistema de flotación denominado Delta Purge NG80 (MERI) o llamado también DAF. En este sistema se logran dos porciones principales: una fracción sólida en forma de lodos que flota gracias a la acción de las micro burbujas de aire disuelto en agua, generadas en el equipo UDS 360 (ASR), e incorporadas a las aguas residuales en el ingreso al flotador, donde la fracción líquida que es el agua es separada de la fracción lodosa.

Los lodos celulósicos son derivados por gravedad hacia tanque donde se almacena los lodos y el agua obtenida se lleva a un Tanque de agua clarificada (Tanque Beach Stock) tanque concreto para luego ser enviada y reaprovechada en las máquinas papeleras.

#### **a) Tanque de flotación DAF-Meri**

El tanque DAF por flotación de aire disuelto permite clarificar las aguas residuales por la remoción de material suspendido, entre ellos los aceites y sólidos en suspensión. Se logra introduciendo aire a presión burbujeando en pequeñas burbujas a un tamaño apropiado que se adhieren a la materia suspendida como las impurezas haciéndolas flotar, liberándose en el tanque de flotación.

En la superficie serán removidas las impurezas acumuladas de manera continua por un cucharón que gira a una velocidad apropiada evitando su excesiva acumulación, circunferencialmente tomando la capa de lodo formada en el DAF y dirigiéndole a la parte central donde es dirigido a un tanque de recepción de lodos para su prensado posterior.

Este sistema posee una capacidad de 2 400 GPM de aguas residuales.

El tanque de flotación Daf-Meri presenta un control automático de evacuación de material flotado, el cual se puede regular la velocidad de rotación en casos en que se incrementa la cantidad de material flotado. Estos cambios son corregidos manualmente por el operador y en consecuencia hay riesgos de incremento de sólidos sedimentables a la salida del tanque.

Ello conlleva a una menor tasa de retorno de los efluentes tratados para ser mezclados con agua fresca que ingresa a la planta y en consecuencia también incrementa la cantidad de efluente a tratar por la empresa.

Este equipo es crítico en el control de los parámetros físicos, como se aprecia en el diagrama de bloque de la planta mostrada en la Figura 13.

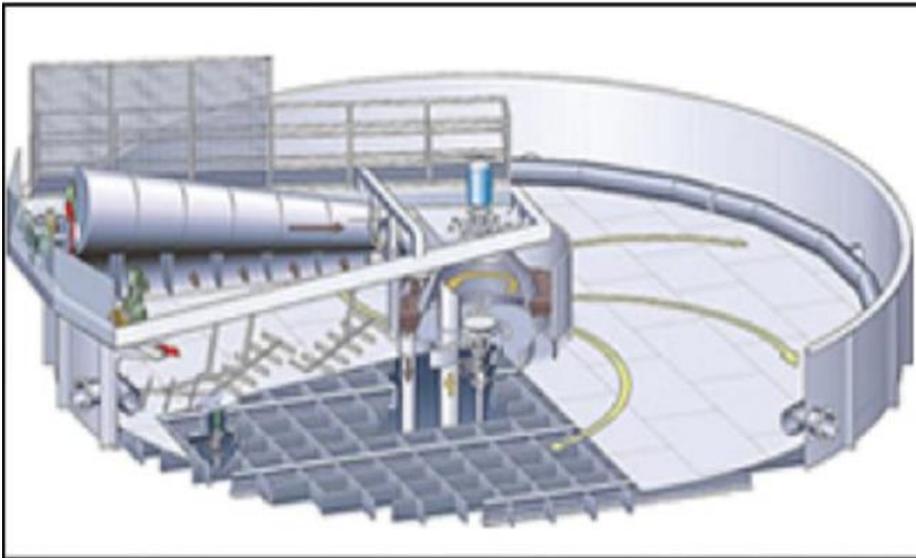


Figura 13. Representación del tanque de flotación DAF.

Nota. PANASA.



Figura 14. Vista frontal del tanque de flotación Daf-Meri.

Nota. PANASA.



*Figura 15.* Funcionamiento del tanque de flotación Daf-Meri.

Nota. PANASA.



*Figura 16.* Material flotado en acumulación en el tanque de flotación Daf-Meri.

Nota. PANASA.



Figura 17. Control automático de alimentación al tanque de flotación Daf-Meri.

Nota. PANASA.

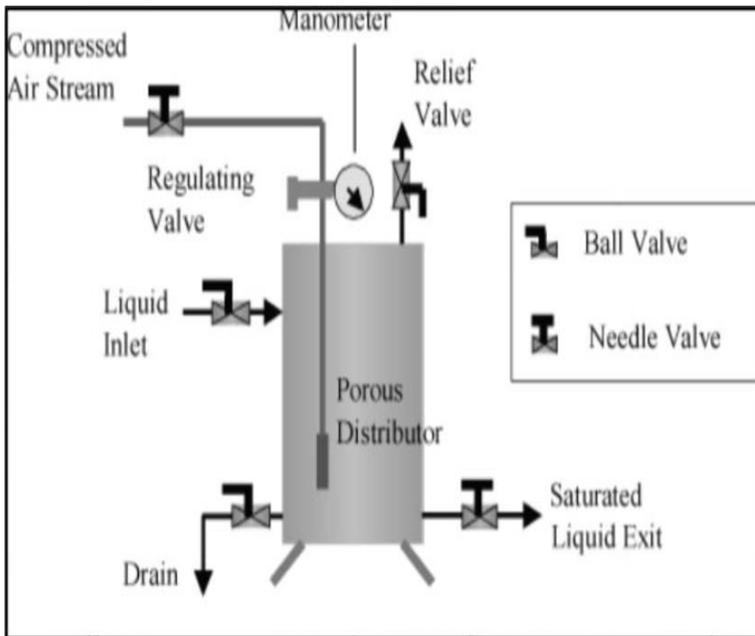
### b) Descripción técnica del ASR

Garantiza alta saturación de agua con aire (eficiencia superior al 95 %) gracias a un sistema especial de inyección de aire.

Desarrollo de una gran cantidad de microburbujas de aire que genera una gran zona de intercambio que permite obtener la mayor disolución de aire en el agua.

Operación incluso con agua cruda (modo parcial o total de presurización), burbujas de aire homogéneas, reducción del consumo de productos químicos.

Micro burbujas creadas por saturación de agua con aire comprimido y posterior expansión en el tanque de flotación.



*Figura 18.* Representación Equipo UDS 360 (ASR).

Nota. PANASA.



*Figura 19.* Tanque Meri.

Nota. PANASA.

### c) Unidad de preparación y dosificación de polímeros

Se utilizan polímeros líquidos y en polvo con el objeto de eliminar los sólidos. Una de las instalaciones ampliamente utilizadas en el sector papelerero es lo suministrado por ProMinent con sus dosificación Ultramat® de altas prestaciones, con muchas ventajas de montaje y manejo sencillo a través de controles automáticos de flujo continuo.



Figura 20. Unidad de preparación y dosificación de polímeros.

Nota. PANASA.

- *Coagulante Polichen – CC 328*. Este coagulante tiene como función principal desestabilizar los coloides que están cargados electrostáticamente.
- *Floculante aniónico Gipolichen– PA8520*. Es un floculante aniónico en polvo de alta carga y peso molecular, tiene como función principal aglomerar los coloides neutralizados por el coagulante y prepararlos para que las burbujas los levanten a la superficie.

#### **d) Filtro prensa para tratamiento de lodos**

La filtración como método de separación de sólidos del licor madre, es uno de los más difundidos para el tratamiento de lodos con elevada composición de sólidos que se encuentran suspendidos.

Consiste de un prensado mecánico a través de dos telas superior inferior y una filtración del agua. Obteniéndose un lodo de 2 % a 35 % de consistencia.



*Figura 21.* Filtro prensa para tratamiento de lodos.

Nota. PANASA.



*Figura 22.* Formación torta en el Filtro prensa.

Nota. PANASA.

El mantenimiento oportuno de las mallas del filtro y un uso eficiente del agua en la maquina es uno de los problemas con más frecuencia observados.

Su operación en buen estado garantizara el retomo de mejor calidad de agua recirculada.

#### **4.1.3.3 Diagnóstico planta de tratamiento de efluentes secundario**

Tratamiento Secundario de los efluentes industriales que van hacia el Canal Norte., el cual consiste en la instalación de un sistema de clarificación, decantación y filtración. Tiene como objetivo:

- Mejorar el tratamiento de los efluentes, lo cual ayudará a cumplir con los LMP considerados.

Después de finalizar con el tratamiento primario y obtener un agua clarificada, ésta pasa por el Tratamiento Secundario la cual consiste en una etapa de filtración con dos mallas Rotoflex de 1 500 GPM de capacidad cada uno.

Mallas # 100 y # 150 que tiene como función principal filtrar pequeños finos de fibras que pudieron haber pasado por la etapa de clarificación.

El rechazo de estos filtros se dirige al tanque de lodos para su posterior prensado.

Una parte del aceptado de los filtros; agua filtrada, es dirigido hacia el canal norte EF-01P con un galonaje aproximado de 500 GPM y la otra parte es dirigido al Sedimentador (GRAVERS), donde el polímero aun presente en el agua hará decantar restos existente en el Gravers para luego ser retirados como lodos por precipitación.

Finalmente, el agua recuperada es mezclada en un tanque central con 1 200 GPM de agua de rio tratada, obteniéndose un agua recuperada que recirculará a los diferentes puntos de las máquinas.

a) Filtro Rotoflex

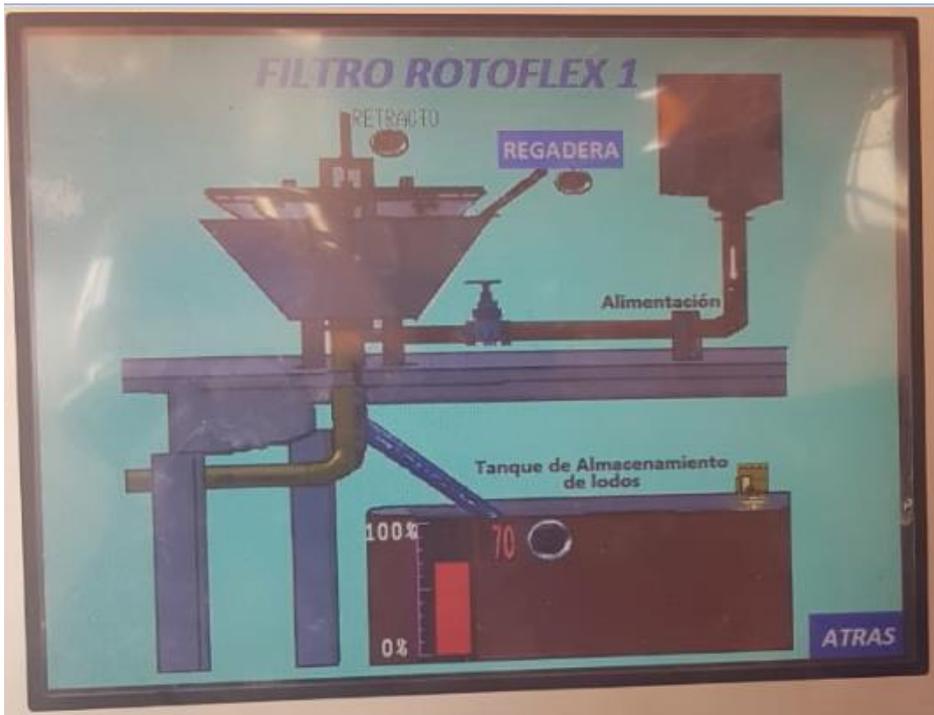


Figura 23. Control automático del filtro Rotoflex 1.

Nota. PANASA.

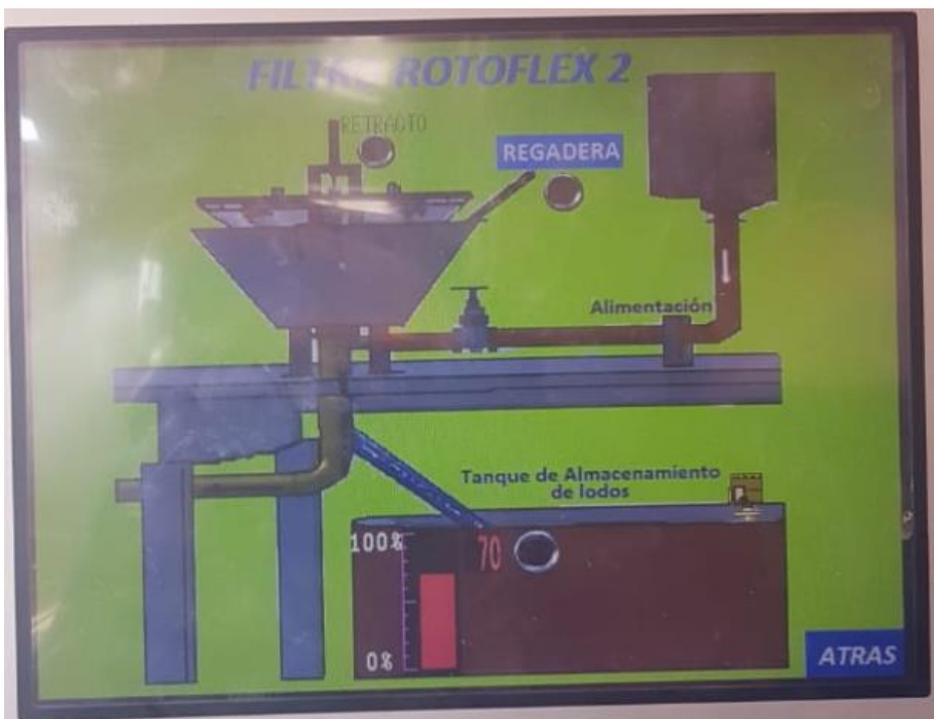


Figura 24. Control automático del filtro Rotoflex 2.

Nota. PANASA.



*Figura 25.* Vista de los dos filtros Rotoflex.

Nota. PANASA.

#### **4.1.3.4 Parámetros no controlados en la planta de tratamiento de efluentes**

Pare ello, se recabó el análisis de laboratorio del efluente de la planta de tratamiento de la empresa PANASA, con objeto de identificar los parámetros que requieren ser controlados, se comparó con los LMP. Se indican el diagnóstico en la Tabla 6 con su respectiva representación Figura 26. 27 y 28.

Tabla 6

*Análisis del efluente de la planta de tratamiento*

N°	Parámetro	Unidad	Análisis
1	Parámetros físicos		
	STD		951
	STS	mg/l	59
	SS		1,3
2	Parámetros químicos		
	DBO		297
	DQO		654,4
	Aceites y Grasas	mg/l	4,5
	Sulfato		178,42
	Plomo total		0,0028
3	Parámetros microbiológicos		
	Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	4 900

Nota. PANASA. - Informe de ensayo oficial MA1808158 – Laboratorio de ensayo acreditado SGS.

Tabla 7

*Parámetros no controlados del efluente de la planta de tratamiento empresa PANASA*

N°	Parámetros	Unidad	LMP	Planta tratamiento de efluentes			Diagnóstico		
				Análisis entrada	Análisis salida	% Remoción	Cumplimiento al LMP (Si/no)	% de exceso	% del LMP
1	Parámetros físicos								
	STD	mg/l	500	1 022	951	6,95	No	90,20	-
	STS		50	878	59	93,28	No	18,00	-
	SS		15	130	1,3	99,00	Si	-	8,67
2	Parámetros químicos								
	DBO		30	658,8	297	54,92	No	890,00	-
	DQO	mg/l	100	1 638,5	654,4	60,06	No	554,40	-
	Aceites y Grasas		10	14,1	4,5	68,09	Si	-	45,00
	Sulfato		1 000	188,46	178,42	5,33	Si	-	17,84
	Plomo total		0,1	0,0403	0,0028	93,05	Si	-	2,80
3	Parámetros microbiológicos								
	Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	400	790 000	4 900	99,38	No	1 125,00	

Nota. Elaboración propia.

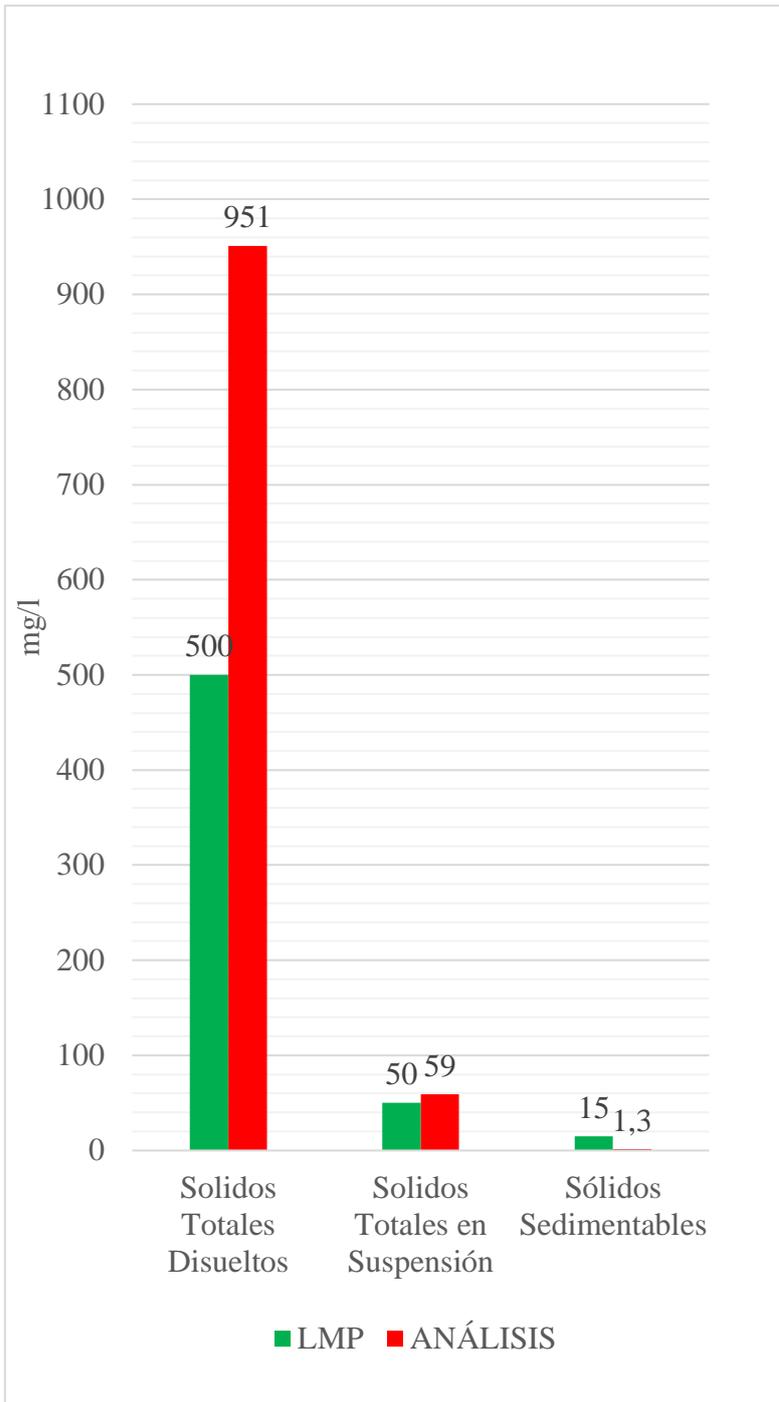


Figura 26. Análisis de los parámetros físicos del efluente.

Nota. Elaboración propia.

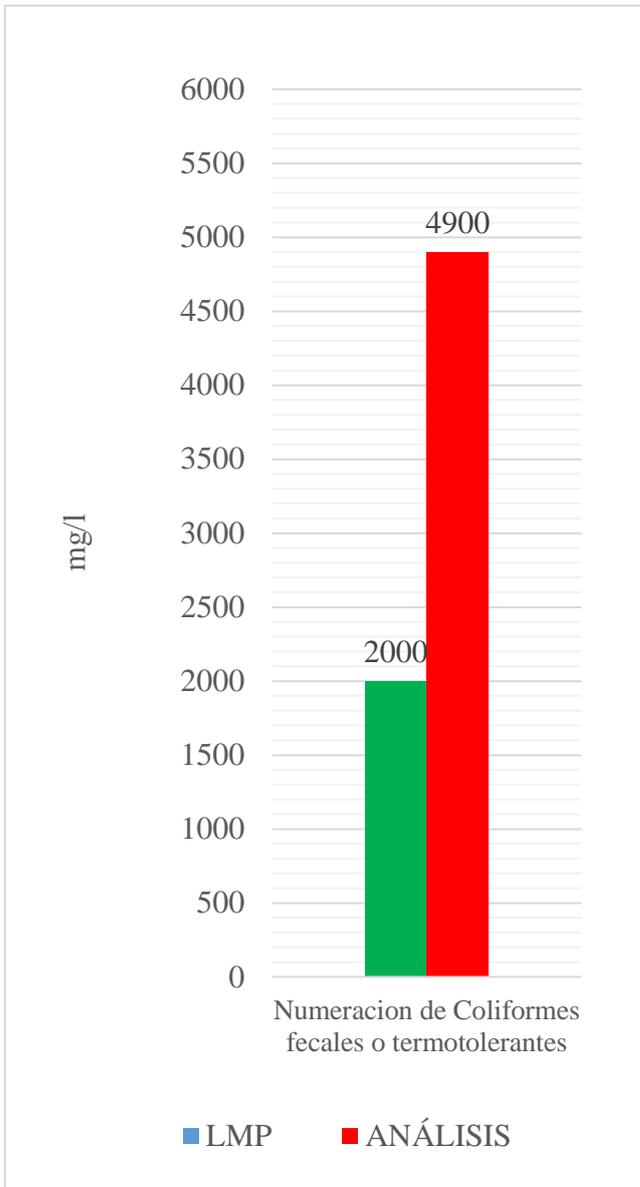


Figura 27. Comparación respecto al LMP del parámetro microbiológico a la salida de la planta de tratamiento de efluentes.

Nota. Elaboración propia.

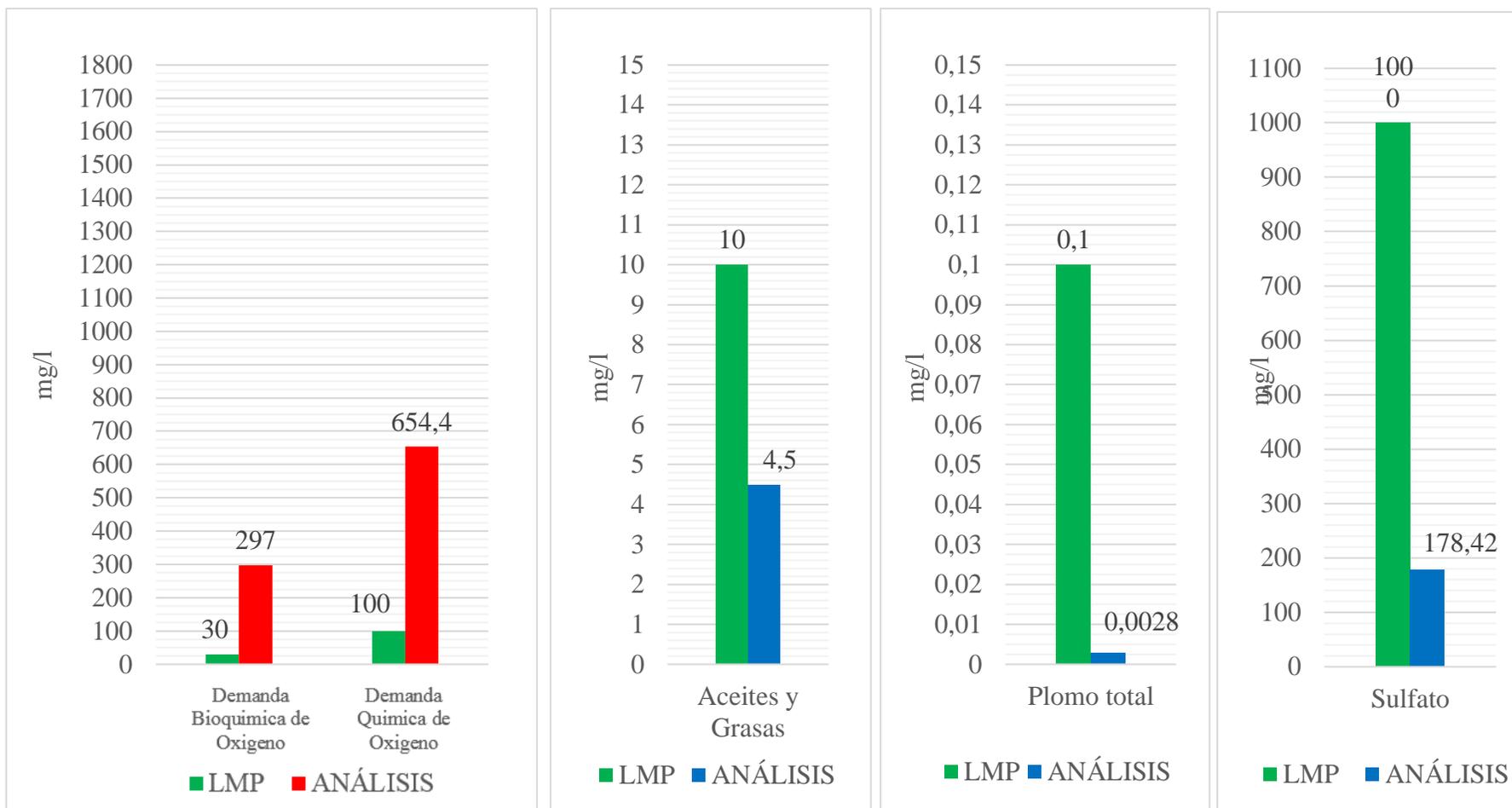


Figura 28. Comparación respecto a los LMP de los parámetros químicos a la salida de la planta de tratamiento de efluentes.

Nota. Elaboración propia.

#### **4.1.4 Propuestas de mejoras al sistema de tratamiento de efluentes**

##### **4.1.4.1 Propuestas generales en la empresa PANASA**

Del diagnóstico a la planta de tratamiento y de lo observado en las instalaciones de la empresa, se propone:

- a) Realizar capacitaciones a los operarios de planta en prevención de la contaminación para su reducción antes de su generación con el uso de técnicas eficientes en el control agua de proceso, lo que posibilitará su reducción en la fuente generadora
- b) Implementar un programa para el uso eficiente del agua en el proceso productivo de la empresa, siendo realizada en el siguiente orden:

- Reducción.

Minimizar el consumo de agua en la empresa, reduciéndola en unidades auxiliares.

- Recirculación.

De los flujos de agua a otras unidades de acuerdo a su análisis y requerimiento de las unidades finales.

- Reúso.

De no ser posible la recirculación reusar en unidades principales o auxiliares. De ser necesario implementar un tratamiento.

- c) Separación de las aguas menos contaminadas de las más contaminadas y reciclado de las aguas de proceso.

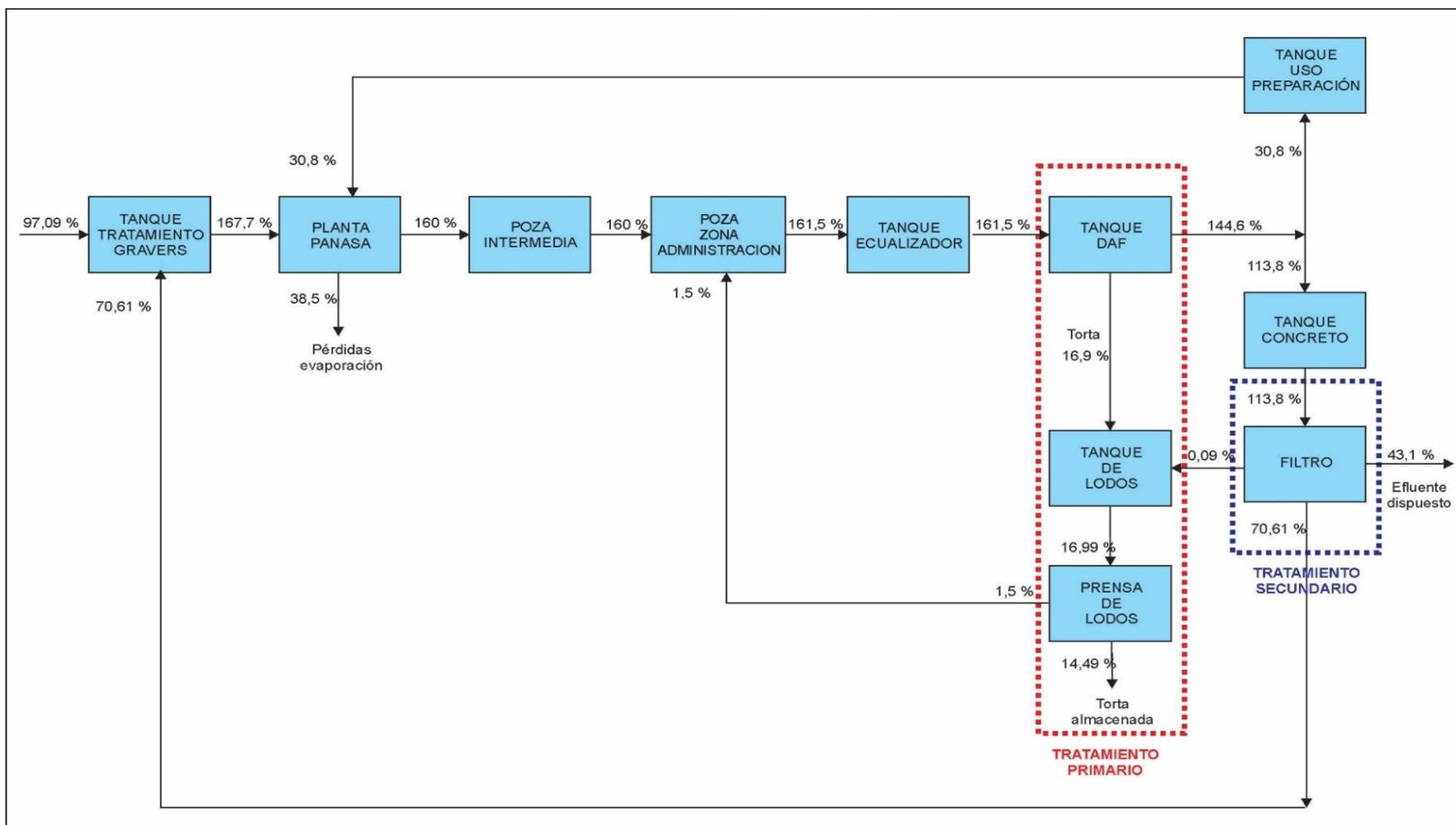


Figura 29. Distribución de flujos propuesto para la planta de tratamiento de efluentes.

Nota. Elaboración propia.

#### 4.1.4.2 Propuestas para el control de parámetros físicos

##### Para los sólidos totales disueltos:

- Mejorar la gestión y distribución de los circuitos de agua.
- Reducir los flujos donde se detecten excesos de sólidos en suspensión, utilizando un programa de reducción de residuos en el punto de origen.
- Mejora sustancial de agua clarificada en la flotación Tanque DAF.

##### Para los sólidos totales en suspensión:

- Mejorar la gestión y distribución de los circuitos de agua.
- Mejora en las condiciones operativas en el tanque DAF por mayor tiempo de retención con la optimización de flujos tratados mejorará la flotación y reciclado de las aguas de proceso para diferentes usos, con un control permanente por parte del operador para la remoción de sólidos flotados.
- Ampliar la capacidad de clarificador (para el efluente de planta de pulpa y de la máquina papelera), que reducirá los STS para su potencial reúso en el proceso.

#### 4.1.4.3 Propuestas para el control de parámetros químicos

##### Para la DBO5 y DQO:

Para su control se plantea medidas adicionales a lo indicado:

- a) Instalación de un reactor biológico con su respectivo DAF.
  - b) La depuración biológica se basa en la utilización de bacterias que, mantenidas en condiciones ambientales determinadas, son capaces de destruir el material orgánico de la metabolización. A través de las sustancias orgánicas se determina el crecimiento y el desarrollo de una biomasa, la producción de CO<sub>2</sub>, agua, sales minerales y productos inorgánicos de desecho biológico. Las partes que constituyen la instalación de depuración, son las siguientes:
- **Oxidación biológica:** A la salida del tratamiento secundario el agua industrial es enviada a la aireación en el cual se producirá la disolución de las sustancias orgánicas restantes. En esta parte se mezcla el agua de entrada con la

recirculación de lodo biológico. El sistema es de tipo lodo activado. Debido a las elevadas cantidades de sustancias orgánicas el oxígeno es insuficiente, por lo que debe añadirse para garantizar la oxidación de toda la materia orgánica.

- **Flotador final:** La separación del lodo biológico en la mezcla aireada se puede hacer por gravedad o por flotación. En este caso, para optimizar el área disponible, se prefiere hacer la separación del lodo biológico de la fase biológica por medio de un flotador. El objetivo principal del sistema DAF es eliminar los sólidos presentes en las aguas. Estos sólidos se prevé que sean básicamente lodo biológico. El sistema DAF es un sistema de flotación por aire disuelto que elimina los SS y parcialmente coloides. Para mejorar su rendimiento se adiciona un polielectrolito catiónico a la entrada del flotador, directamente en las tuberías.
- **Recirculación de lodo:** El lodo que se recoge en el DAF, pasa a través de una tubería y llega a un depósito, de donde, por medio de bombas centrífugas, se envía en parte al inicio del tanque de oxidación, y en parte a la compactación y al descarte

Esta fase de recirculación es muy importante porque permite mantener al interior del tanque de oxidación una elevada concentración de sustancias activas, las cuales son las principales responsables de la degradación de las sustancias orgánicas presentes.

- **Almacén de acumulo lodos:** El lodo que se recoge en el flotador primario y las purgas del lodo biológico, se van a un tanque de acumulo de lodo donde se envía posteriormente a la etapa de deshidratación.
- **Dosificación aditivos:** Se dispone de una serie de dosificadores de productos necesarios al tipo de agua que estamos tratando. Un dosaje de ácido fosfórico y urea se necesita para la viabilidad de las bacterias y se dosificará directamente en el tanque de oxidación. La otra dosificación es de coagulante y polielectrolito antes del flotador y un polielectrolito necesario en la deshidratación.





*Figura 31.* PTAR: Reactor biológico y DAF.

Nota. Productos Tissue del Perú S.A.C.



*Figura 32.* Tanque de preparación de polímeros.

Nota. Productos Tissue del Perú S.A.C.



*Figura 33. Parte inferior de la PTAR.*

Nota. Productos Tissue del Perú S.A.C.



*Figura 34. Zona superior de bombas sumergibles de mezclas.*

Nota. Productos Tissue del Perú S.A.C.



*Figura 35.* Parte Superior de la PTAR.

Nota. Productos Tissue del Perú S.A.C.



*Figura 36.* Tanque de flotación DAF.

Nota. Productos Tissue del Perú S.A.C.

#### 4.1.4.4 Propuestas para el control de parámetros microbiológicos

Para la numeración de coliformes fecales o termotolerantes Se propone la dosificación de biosidas para control de coliformes en el efluente final, se indica las pruebas del tratamiento microbiológico realizado con los siguientes productos:

- **Actibrom N7342:** Es un bromuro sódico. Actúa como biosida cuando es adicionado junto con un agente oxidante como el Hipoclorito de Sodio. El bromuro se convierte en ácido hipobromoso, un biosida de rápida acción y alta eficiencia.
- **Hipoclorito de sodio:** Agente oxidante. Se utiliza como blanqueador de fibras de papel y de ropa.

Tabla 8

##### *Dosificación y punto de aplicación de biosidas*

N°	Producto químico	Punto de dosificación	Cantidad (Kg/TM)
1	Actibrom N7342	Salida filtros Meri	0,43
2	Hipoclorito Na	Salida filtros Meri	1,15
3	Actibrom N7342	Salida canal del Norte	0,20
4	Hipoclorito Na	Salida canal del Norte	0,48
5	Actibrom N7342	Salida filtros Meri	0,57
6	Hipoclorito Na	Salida filtros Meri	1,55
7	Actibrom N7342	Salida canal del Norte	0,27
8	Hipoclorito Na	Salida canal del Norte	0,72

Nota. Elaboración propia.

Tabla 9

*Resultados pruebas de tratamiento microbiológico*

N°	Punto de muestreo	Análisis Microbiológico	Tratamiento microbiológico	
			NMP/100 ml	
			Antes	Después
1	Salida de Efluente Canal del Norte	Numeración de coliformes fecales o termotolerantes	2 800	< 1.8

Nota. Elaboración propia.

Los valores obtenidos luego de la dosificación, donde los resultados arrojaron presencia de coliformes menores a 1,8 muy inferior a 400 NMP/100 ml indicada como la cantidad máxima permisible, por lo que el tratamiento realizado es el adecuado para este tipo de microorganismos, lo que posibilita su recomendación para seguir con la dosificación de dichos productos químicos.

Existen mejoras potenciales a proponer en la planta de tratamiento de efluente; como la mejora en la eficiencia operativa del tanque DAF e incremento de la recirculación para el control de los STD y STS, instalación del reactor biológico para el control de la DBO y DQO y la dosificación de biosidas como parte del control microbiológico.

Tabla 10

*Resumen del diagnóstico y propuesta de control de contaminantes del efluente empresa PANASA*

N°	Parámetros	Unidad	LMP	Cumplimiento al LMP del Efluente de Fabrica (Si/no)	Cumplimiento al LMP del Efluente de la Planta de tratamiento (Si/no)	Propuesta de control
1	Parámetros físicos					
	STD		500	No	No	Mejora eficiencia Tanque DAF
	STS	mg/l	50	No	No	Incrementar la recirculación
	SS		15	No	Si	-
2	Parámetros químicos					
	DBO		30	No	No	Reactor biológico
	DQO	mg/l	100	No	No	Instalación de reactor biológico
	Aceites y Grasas		10	No	Si	-
	Sulfato		1 000	Si	Si	-
	Plomo total		0,1	Si	Si	-
3	Parámetros microbiológicos					
	Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	400	No	No	Dosificación de biosidas

Nota. Elaboración propia.

## **4.2 Contratación de hipótesis**

Considerando que los análisis fueron realizados en la alimentación y descarga de la planta de tratamiento, las que fueron reportados por una empresa autorizada como SGS del Perú. Los resultados se indican en el Anexo 4 y 5 con las metodologías indicadas en el Anexo 6.

Siendo sus reportes oficiales no se justifica la realización del contraste de hipótesis, más aún de tratarse de un estudio de nivel descriptivo

## **CAPITULO V**

### **DISCUSIÓN**

#### **5.1 Discusión de resultados**

Con respecto al estudio realizado por Martínez y De la Macorra (2014), en donde lograron eliminar por coagulación y floculación la totalidad de turbidez, asimismo con UV redujo significativa la presencia de bacterias coliformes totales desde valores superiores de 1 600 hasta 900 NMP/100 ml. Resultados microbiológicos que en nuestro caso fueron controlados con la adición de aditivos químicos.

Con referencia a la investigación realizada por Ordóñez (2013), quien estudio el reciclaje del efluente para minimizar el abastecimiento de agua al proceso de fábrica, lo que le permitió reutilizar el 20 % del efluente de la fábrica a través del uso combinado de procesos biológicos y de membranas en la regeneración de efluentes con bajo contenido de carga orgánica. De igual manera nuestros resultados, se hace evidente también que es posible la recirculación de efluente acondicionado para ser utilizado nuevamente en el proceso.

En relación a la investigación realizada por Rodríguez et al. (2012), quienes analizaron la materia orgánica que es y no es biodegradable en el agua residual de una industria papelera, obteniendo resultados significativos en la reducción de DQO y material particulado. Por el contrario, nuestros resultados evidencian la necesidad de reducir los contaminantes del efluente para tratamiento, lo que dificulta su control.

Refiriendo a la indicado por Salamanca-Torres et al. (2009), quienes trataron el agua residual que evacúa una industria del sector papelero para degradar sus contaminantes. Comparando sus resultados posibilita su evaluación para la mejora del control de los contaminantes.

En cuanto a la investigación realizada por Lozano (2005), quien abordó la reducción del impacto ambiental con unidades principales (clarificación y prensa de lodos) y unidades auxiliares (sistema de bombeo, lagunas de oxidación, tuberías de agua clarificada y canal direccionado hacia las lagunas). Sus resultados obtenidos en la reducción del 93 % de los STS, 29 % de STD, 48 % de DQO y 53 % de DBO<sub>5</sub>, ponen de manifiesto que mediante un adecuado tratamiento de los efluentes se pueden obtener reducciones significativas.

Referente a la investigación realizada por Suyo (2018), quien realizó el análisis del impacto que la industria papelera genera en los efluentes líquidos, donde sus resultados de reducción de DBO, de DQO, de SST y de Aceites y Grasas en 19, 94, 97, 96 y 87 % respectivamente, son significativos y que varían de una empresa a otra. De ahí que, la calidad de efluente a tratar se hace más relevante.

Acerca de la investigación realizada por Rivera (2017), quien identificó los parámetros que corren el riesgo de incumplir la normativa ambiental. Reporta que la DBO<sub>5</sub> se debe prestar mayor atención por superar el límite y que ésta se diluye aguas abajo del cuerpo receptor. En contraste, el efluente de la empresa no descarga a un río, lo que hace necesaria un mayor control de los contaminantes a efectos de cumplir la normativa.

Refiriendo a la investigación realizada Céspedes (2016), quien evaluó el control de insumos y reúso del agua residual, permitiéndole reducir su consumo en 25 % con adecuada clarificación. Sus reportes indican la importancia del control de insumos utilizados, no solo para reducirlos, sino también para mejorar el proceso de tratamiento como es nuestro caso.

En cuanto a la investigación realizada por Burgos (2015), quien evaluó el tratamiento del efluente generado para ser reusado en el proceso y en base a ello logró su reúso en el proceso de la planta, adicionalmente posibilitó la quema de los lodos con 54,6 % de humedad reduciendo los residuos sólidos generados y también el consumo de agua fresca en un 51 %. Estos son elevados respecto a lo obtenido en la empresa, que podría mejorarse sustancialmente si se tiene en cuenta las propuestas planteadas en el uso de las técnicas de reducción, recirculación y reúso del agua en todo nivel en la empresa.

Referente a la investigación realizada por Flores y Lozano (2013), quien estudio la disminución de la DBO con ozono. Su dosificación en 9,2 ppm disminuye en 24,3 % y la ozonización con carbón activado de 4 g/l a malla de 50 y 100 a un tiempo de retención de 3

horas, logró una disminución de DBO en 59,9 %. Sus resultados son relevantes para ser considerados en estudios complementarios, pudiéndose aplicar conjuntamente en el tanque DAF.

## **CAPITULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1 Conclusiones**

- Se identifican los parámetros monitoreados del efluente de fábrica, entre ellos los parámetros físicos (STD, STS y SS); en parámetros químicos (DBO y DQO, sulfato, plomo total, aceites y grasas); en parámetros microbiológicos (numeración de coliformes fecales o termotolerantes).
- Los parámetros del efluente evacuado del proceso de fábrica que sobrepasan los LMP y que se tratan en la planta están entre los parámetros físicos (SS, STD, STS), parámetros químicos (DBO, DQO, aceites y grasas) y entre los parámetros microbiológicos: (numeración de coliformes fecales o termotolerantes).
- Los parámetros del efluente evacuado por la planta de tratamiento que sobrepasan los LMP y que requieren ser controlados están entre los parámetros físicos (STD, STS); parámetros químicos (DBO, DQO) y entre los parámetros microbiológicos (numeración de coliformes fecales o termotolerantes).
- Se da propuestas generales y específicas al control de los parámetros contaminantes del efluente para su disposición final.

#### **6.2 Recomendaciones**

- Implementar las propuestas para el control de los contaminantes respecto a los LMP como lo establece legislación internacional.
- Implementar acciones de prevenir la contaminación en el punto donde se genera, reduciendo o eliminado las fugas en los equipos de proceso.
- Realizar con frecuencia actividades de sensibilización a los trabajadores de la planta en el cuidado de los equipos y uso apropiado de los recursos.

- Realizar la implementación de las técnicas del uso eficiente del agua (reducción, recirculación y reúso), para reducir los efluentes líquidos de contaminación desde la fuente de generación, evitando sobrecarga adicional innecesaria a la planta de tratamiento.

## REFERENCIAS

### 7.1 Fuentes documentales

- Burgos, M. (2015). *Tratamiento del efluente generado en la fabricación de papel de la Empresa Trupal S.A. para su reúso en el proceso* (Tesis de maestría). Recuperado de <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3161/TESIS%20MAESTRIA%20MARLY%20MARIBEL%20BURGOS%20VILLEGAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Comins, I. (2016). *La Filosofía del cuidado de la Tierra como Ecosofía*. Revista Internacional de Filosofía (67), 133 - 148.
- Céspedes, G. (2016). *Control de los procesos de clarificación y tratamiento biológico en la Industria del Papel Tissue*. (Tesis de grado). Recuperado de [https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10752/T055\\_17562452\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10752/T055_17562452_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Flores, D., & Lozano, A. (2013). *Disminución de DBO y color en el licor negro de la Industria Papelera Trupal mediante ozonización catalizada con carbón activado*. (Tesis de grado). Recuperado de [http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3448/FloresGalvez\\_D%20%20LozanoHerrera\\_A.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3448/FloresGalvez_D%20%20LozanoHerrera_A.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Gonzales, M. (2015). *Optimización del tratamiento biológico de la planta de aguas residuales de Papelera Nacional S.A.* (Tesis de maestría). Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/20907/1/TESIS%20MIA%20023%20-%20tratamiento%20biol%20de%20la%20planta%20de%20aguas%20residuales.pdf>

- Lozano, J. (2005). *Memoria Técnica de la implementación del Sistema de Tratamiento Externo de Efluentes en Papelera Nacional S.A.* (Tesis de grado). Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/14564/2/PORTADA.pdf>
- Martínez, P., & De la Macorra, C. (2014). *Caracterización y tratamiento de las aguas obtenidas en el reciclaje de cartón corrugado tipo C*. Revista de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, 12, 1-19.
- Ordóñez, R. (2013). *Tratamientos avanzados de regeneración de efluentes en la producción de papel*. (Tesis doctoral). Recuperado de <http://eprints.ucm.es/18022/1/T34154.pdf>
- Rivera, Y. (2017). *Evaluación del impacto de vertimiento de aguas residuales de una industria papelera a un tramo del río Rimac*. (Tesis de grado). Recuperado de [http://repositorio.untels.edu.pe/bitstream/UNTELS/197/1/Rivera\\_Yosselin\\_Trabajo\\_Profesional\\_2017.pdf](http://repositorio.untels.edu.pe/bitstream/UNTELS/197/1/Rivera_Yosselin_Trabajo_Profesional_2017.pdf)
- Rodríguez, J., Mañunga, T., & Cárdenas, C. (2012). *Influencia de las fracciones de materia orgánica sobre el desempeño de un sistema de tratamiento de agua residual de una industria papelera*. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 15(2), 447-455.
- Salamanca-Torres, A., Geissler, G., & Sánchez-Salas, J. L. (2009). *Tratamiento de aguas provenientes de la industria papelera por medio de la combinación de un proceso fotooxidativo y un proceso microbiológico*. Revista Latinoamericana de Recursos Naturales, 5(1), 50-57.
- Suyo, R. (2018). *Reducción del impacto ambiental en la industria papelera a través del uso tecnológico*. (Tesis de grado). Recuperado de [http://repositorio.untels.edu.pe/bitstream/UNTELS/274/1/Suyo\\_Romina\\_Trabajo\\_Suficiencia\\_2018.pdf](http://repositorio.untels.edu.pe/bitstream/UNTELS/274/1/Suyo_Romina_Trabajo_Suficiencia_2018.pdf)

## 7.2 Fuentes bibliográficas

- Camacho, A., & Ariosa, L. (2000). *Diccionario de términos ambientales*. La Habana, Cuba.
- Carrasco, S. (2017). *Metodología de la Investigación Científica* (2ª ed. 13ª reimpr.). Lima, Perú: San Marcos E.I.R.L.

- Geissler , G., & Arroyo, M. (2011). *EL agua: como recurso natural renovable* (1ª ed.). México: Trillas.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2007). *Fundamentos de la metodología de la investigación* (1ª ed.). Madrid, España: McGraw-Hill/Interamericana de España S.A.U.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (1ª ed.). México: McGraw-Hill Interamericana Editores S.A.
- Metcalf, & Eddy. (1995). *Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertimiento y reutilización* (3ª ed.). España: McGraw-Hill.
- Rigola, M. (1999). *Tratamiento de aguas industriales: Aguas de proceso y residual* (1ª ed.). México D. F.: Alfaomega grupo editor S.A. de C.V.
- Romero, J. A. (2004). *Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño* (3ª ed.). Colombia: Escuela colombiana de ingeniería.
- Sierra, C. A. (2011). *Calidad de agua: Evaluación y diagnóstico* (1ª ed.). (L. D. López, Ed.) Medellín, Colombia: Ediciones de la U.
- Valdez, E. C., & Vásquez, A. B. (2003). *Ingeniería de los Sistemas de Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales*. México: Fundación ICA.
- Vara, A. A. (2015). *7 pasos para elaborar una tesis* (1ª ed.). Lima: Empresa editora Macro E.I.R.L.

### **7.3 Fuentes hemerográficas**

- Corporación Financiera Internacional. (2007a). *Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad*.
- Corporación Financiera Internacional. (2007b). *General Environmental Guidelines*.

Ministerio de comercio e industrias - Panamá. (2000). *Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 35-2000*.

#### **7.4 Fuentes electrónicas**

Ainhoa, J. S. (2000). *Gestión del agua en la industria papelera*.

Autoridad Nacional del Agua. (19 de agosto de 2019). *Autoridad Nacional del Agua expone sobre descargas de efluentes agroindustriales y mineros*.

BIOESTADISTICO. (12 de febrero de 2012a). *01. Tipos de investigación / Metodología de la investigación científica* [Video].

BIOESTADISTICO. (12 de febrero de 2012b). *02. Niveles de investigación / Metodología de la investigación científica* [Video].

BIOESTADISTICO. (16 de marzo de 2012c). *19. Técnicas de recolección de datos / Metodología de la investigación científica* [Video].

Google. (2019). *Mapa de ubicación de la Empresa Papelera S.A.*

Naciones Unidas Perú. (2020). *Objetivo de desarrollo sostenible 6 Agua limpia y saneamiento*.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales*.

Organización Mundial de la Salud. (2020). *Calidad del agua potable*.

Tuset (2019). *Tratamiento de aguas residuales en la industria papelera*.

Water Environment Federation, American Water Works Association, American Public Health Association. (2017). *2540 Sólidos. Métodos estándar para el examen de aguas y aguas residuales*.

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Ubicación de la empresa PANASA



*Figura 37.* Microlocalización de la empresa PANASA.

Nota. Google (2019). Recuperado el 15 de agosto del 2019, de <https://www.google.com/maps/place/Papelera+Nacional+S.A/@-10.67754,-77.8214569,14.75z/data=!4m5!3m4!1s0x91074967e209bbdb:0x60546373945348a9!8m2!3d-10.6741546!4d-77.8252441>

Anexo 2. Diagrama del sistema de tratamiento de efluentes PANASA

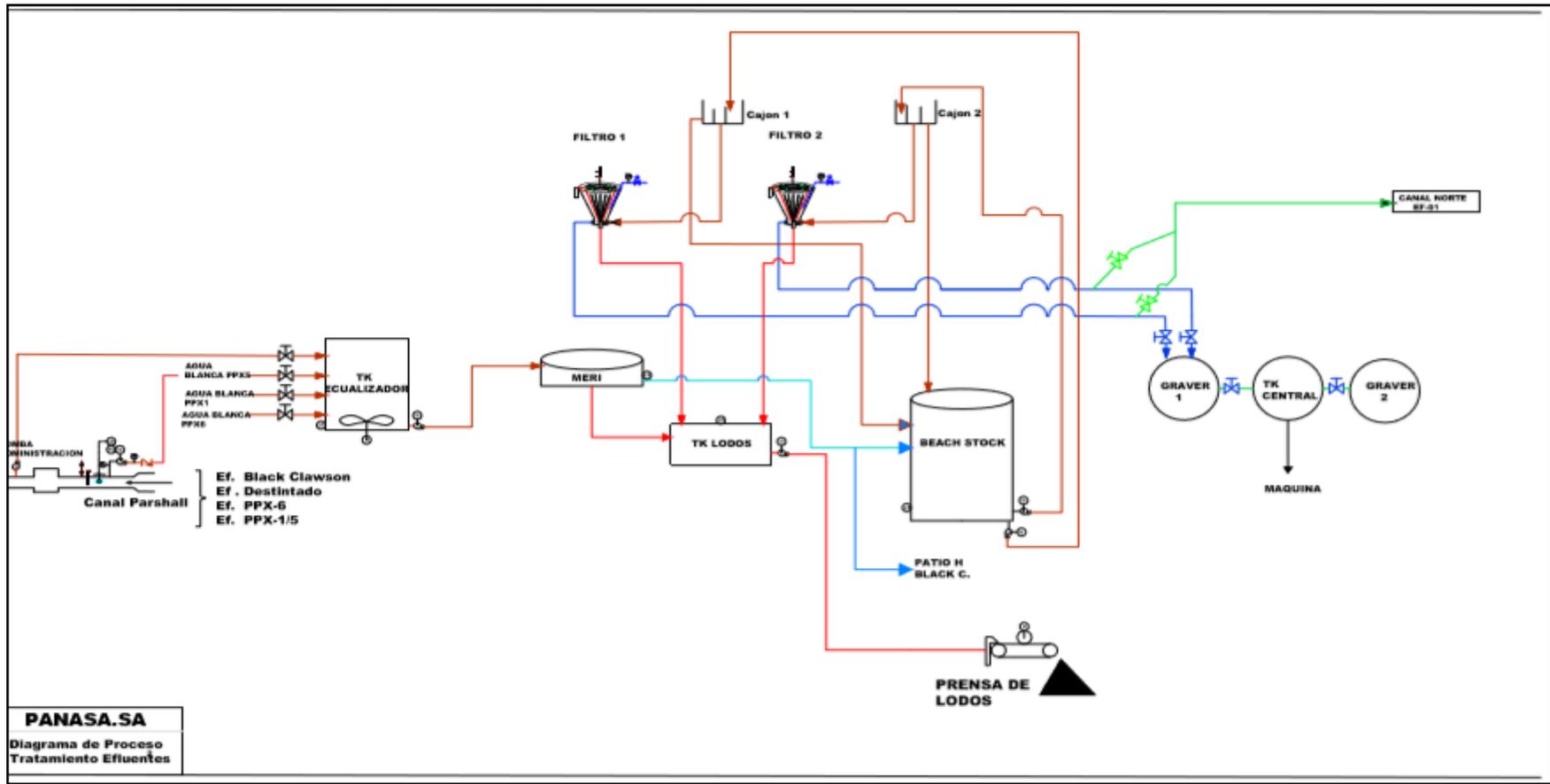


Figura 38. Sistema de tratamiento de efluentes empresa PANASA.

Nota. Empresa PANASA

### Anexo 3. Normativa de comparación aplicable al estudio

Tabla 11

*Legislación IFC, Corporación Financiera Internacional*

N°	Contaminantes	Valor guía (mg/l)
1	DBO	30
2	Aceites y grasas	10
3	STS	50
4	Coliformes totales	400 *

\* : NMP/100 ml

Nota. (Corporación Financiera Internacional, 2007a, p. 35)

Tabla 12

*Legislación del IFC/BM: Banco Mundial.*

N°	Parámetro	LMP (mg/l)
1	Plomo	0,1

Nota. (Corporación Financiera Internacional, 2007b, p. 438)

Tabla13

*Legislación del Ministerio de Comercio e Industrias, Dirección General de Normas y Tecnología Industrial.*

N°	Parámetro	LMP (mg/l)
1	STD	500
2	SS	15
3	Sulfatos	1 000
4	DQO	100

Nota. (Ministerio de comercio e industrias – Panamá, 2000, pp. 5, 6)

Anexo 4. Análisis de los parámetros del efluente salida del proceso de fábrica.

Tabla 14

*Análisis de parámetros del efluente salida del proceso de fábrica*

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	ET-01 8818539N / 191046E				
FECHA DE MUESTREO	18/04/2018				
HORA DE MUESTREO	17:30:00				
<b>Parámetro</b>	<b>Referencia</b>	<b>Unidad</b>	<b>LD</b>	<b>LC</b>	<b>Resultado</b>
<i>Análisis Físicoquímicos</i>					
STD	EW_APHA2540C	mg/l	1	3	1 022
STS	EW_APHA2540D	mg/l	1	3	878
SS	EW_APHA2540F	ml/l/h	0,4	1,0	130,0
DBO	EW_APHA5210B	mg/l	1,0	2,6	658,8
DQO	EW_APHA5220D	mg/l	1,8	4,5	1 638,5
Aceites y Grasas	EW_ASTMD3921	mg/l	0,2	0,4	14,1
<i>Aniones</i>					
Sulfato	EW_EPA300_0	mg/l	0,01	0,03	188,46
<i>Análisis Microbiológicos</i>					
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	EW_APHA9221E_NMP	NMP/100 ml	--	--	790 000
<i>Metales Totales</i>					
Plomo Total	EW_EPA200_8	mg/l	0,0002	0,0006	0,0403

Nota. Informe de ensayo oficial MA1808161 – Laboratorio de ensayo acreditado SGS.

Anexo 5. Análisis de los parámetros del efluente dispuesto al cuerpo receptor.

Tabla 15

*Análisis de parámetros del efluente dispuestos por la empresa*

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	EF-01P: Ubicado previo a la salida del efluente de la Planta de Papel al canal del Norte 8818664 N / 0190985 E				
FECHA DE MUESTREO	18/04/2018				
HORA DE MUESTREO	17:15:00				
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado
<b>Análisis Físicoquímicos</b>					
STD	EW_APHA2540C	mg/l	1	3	951
STS	EW_APHA2540D	mg/l	1	3	59
SS	EW_APHA2540F	ml/l/h	0,4	1,0	1,3
DBO	EW_APHA5210B	mg/l	1,0	2,6	297,0
DQO	EW_APHA5220D	mg/l	1,8	4,5	654,4
Aceites y Grasas	EW_ASTMD3921	mg/l	0,2	0,4	4,5
<b>Aniones</b>					
Sulfato	EW_EPA300_0	mg/l	0,01	0,03	178,42
<b>Análisis Microbiológicos</b>					
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	EW_APHA9221E_NMP	NMP/100 ml	--	--	4 900
<b>Metales Totales</b>					
Plomo Total	EW_EPA200_8	mg/l	0,0002	0,0006	0,0028

Nota. Informe de ensayo oficial MA1808158 – Laboratorio de ensayo acreditado SGS.

Anexo 6. Referencia de métodos de ensayo de los parámetros controlados

Tabla 16

*Referencia de métodos de ensayo*

Parámetro	Método de Ensayo
Sólidos Disueltos Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-C, 23rd Ed.:2017. Solids:Total Dissolved Solid dried at 180°C
Sólidos Totales en Suspensión	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-D; 23rd Ed: 2017. Solids: Total Suspended Solids dried at 103-105 °C
Sólidos Sedimentables	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-F a Volumetric, 23rd Ed: 2017. Solids: Setteable Solids.
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B ;22nd Ed: 2012. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD test
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D; 23rd Ed: 2017. Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221E.1, 23nd Ed. 2017; Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).
Aceites y Grasas	ASTM D3921 - 96 (Reapproved 2011).Standard Test Method for Oil and Grease and Petroleum Hydrocarbons in Water -(Validado)2014
Metales Totales	EPA 200.8, Rev 5.4: 1994. Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry.
Aniones	EPA 300.0. Rev. 2.1. 1993. Determination Of Inorganic Anions By Ion Chromatography.

Nota. Informe de ensayo oficial – Laboratorio de ensayo acreditado SGS.

## Anexo 7. Dosificación de biocidas para control de coliformes en el efluente final

Se indica los resultados del tratamiento sobre coliformes fecales en el Efluente final.

Los datos reportados son:

Tabla 17

### *Antes del tratamiento microbiológico*

Fecha	Punto de muestreo	Análisis Microbiológico	NMP/100 ml
23/02/2018	Salida de Efluente Canal del Norte	Numeración de coliformes fecales o termotolerantes	2 800

Nota. Elaboración propia

Tabla 18

### *Después del tratamiento microbiológico*

Fecha	Punto de muestreo	Análisis Microbiológico	NMP/100 ml
19/03/2018	Salida de Efluente Canal del Norte	Numeración de coliformes fecales o termotolerantes	< 1,8

Nota. Elaboración propia.

Normativa vigente IFC/BM BANCO MUNDIAL 30/04/2007 el límite permisible para Coliformes fecales es 400 NMP/100 ml.

## Anexo 8. Tratamiento microbiológico realizado

El tratamiento consistió en la dosificación de los siguientes productos:

**ACTIBROM N7342:** Es un bromuro sódico. Actúa como biocida cuando es adicionado junto con un agente oxidante como el Hipoclorito de Sodio. El bromuro se convierte en ácido hipobromoso, un biocida de rápida acción y alta eficiencia.

**HIPOCLORITO DE SODIO:** Agente oxidante. Se utiliza como blanqueador de fibras de papel y de ropa. También es utilizado en la potabilización del agua como bactericida y alguicida.

Tabla 19

### *Dosificación y punto de aplicación*

Fecha	Producto químico	Punto de Dosificación	Cantidad (KPT)
18/03/2018	Actibrom N7342	Salida filtros Meri	0,43
18/03/2018	Hipoclorito Na	Salida filtros Meri	1,15
18/03/2018	Actibrom N7342	Salida canal del Norte	0,20
18/03/2018	Hipoclorito Na	Salida canal del Norte	0,48
19/03/2018	Actibrom N7342	Salida filtros Meri	0,57
19/03/2018	Hipoclorito Na	Salida filtros Meri	1,55
19/03/2018	Actibrom N7342	Salida canal del Norte	0,27
19/03/2018	Hipoclorito Na	Salida canal del Norte	0,72

Nota. Elaboración propia

Los valores obtenidos luego de la dosificación, donde los resultados arrojaron presencia de coliformes menores a 1,8 considerando que es muy inferior a los 400 NMP/100 ml la cantidad máxima permisible, indican que el Tratamiento realizado es el adecuado para este tipo de microorganismos.

## Anexo 9. Ficha técnica hipoclorito de sodio 7,5 % Min

Se utilizó el hipoclorito de sodio con las siguientes características:

- Como NaOCl comprendido de 7,5 a 8,0 % w/w
- Como Cl<sub>2</sub> comprendido de 8,04 a 8,6 % w/w
- Como NaOH comprendido de 0,81 a 0,96 % w/w
- Como Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> comprendido de - a 0,69 % w/w
- Agua de 92 a 92,5 % w/w

Se usa como blanqueador y desodorizante, bactericida y alguicida.

## Anexo 10. Mejorador del rendimiento del Cloro / Estabilizador.

El producto ACTI-BROM 7342 de mejora de la actividad y/o acción del cloro a base de bromuro y estabilizador. Se debe usar con un producto registrado de cloro gaseoso o hipoclorito de sodio.

Se usa para intensificar la actividad del cloro en los sistemas de agua de enfriamiento de uso general.

La alimentación se debe realizar en un punto donde se mezcle uniformemente con la dosificación de cloro.

La dosificación específica variará, dependiendo de las características de operación de su sistema, la química del agua y la severidad de los problemas encontrados.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

*Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental*

## Decanato

*"Año del Buen Servicio al Ciudadano"*

Huacho, 5 de julio del 2017

**Carta N°175-2017-D-FIAIAyA**

Señor

**Ing. José Ernesto Ortiz Herrera**

**GERENTE DE OPERACIONES**

**PAPELERA NACIONAL S.A. PARAMONGA**

**Presente.-**

*De mi consideración:*

*Es grato dirigirme a usted, para hacerle llegar el saludo cordial a nombre de la Facultad de Ingeniería Agrarias Industrias Alimentarias y Ambiental la cual actualmente dirijo.*

*La presente es con la finalidad de presentarle a nuestra Egresada de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental : KAREN TATIANA GONZALES GAMARRA, a fin que pueda recabar información para desarrollar su Tesis Intitulado "Diagnóstico y propuesta de control del sistema de tratamiento de la empresa Papelera Nacional S.A: Paramonga - 2017".*

*Agradeciendo en forma especial las facilidades que se le brinde, reitero a usted las muestras de mi especial consideración y estima personal.*

*Atentamente,*



Univ. N. José Faustino Sánchez Carrión  
Esc. Ingeniería Agraria, Alimentarias y Ambiental

*Dr. Carlomagno R. Velázquez Vergara*  
DECANO

CC. Archivo  
CVV/comp.-  
Expediente N° 050099

*Rumbo a la acreditación total*

Av. Mercaderes Indacochea N°600- Ciudad Universitaria • Telef. 2322773 - Telefax 2322773 - Huacho / www.unfsc.edu.pe

Anexo 12. Carta de aceptación para realizar el trabajo de investigación en la empresa  
PANASA Paramonga.

**PAPELERA NACIONAL S.A.**

PAPELES, CARTONES, CARTULINAS NACIONALES E IMPORTADAS;  
UTILILES DE ESCRITORIO, OFICINA Y ESCOLARES  
PAPELES ABSORBENTES

**"Año del Buen Servicio al Ciudadano"**

*Paramonga, 13, de Julio del 2017*

**Carta: PN/PGA-GA - 001 - JUL2017**

**Señor:**

**Dr. Carlomagno R. Velásquez Vergara**

**Decano de la Universidad Nacional José F. Sánchez Carrión  
Facultad de Ingeniería Agraria Industrias Alimentarias y Ambiental**

**Presente.-**

*De mi consideración:*

*Le saludo muy cordialmente, es grato responderle a la atención a su **Carta N° 175-2017-D-FLALyA**, a nombre de la empresa Papelera Nacional S.A. - Sede Paramonga, la cual lidero.*

*Con el fin de comunicarle que su Egresada de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental: **KAREN TATIANA GONZALES GAMARRA**, goza de la Aprobación y se le brinda las facilidades necesarias para que pueda recoger información y lograr realizar su Proyecto de Tesis y Tesis Titulado: "Diagnóstico y Propuesta de Control del Sistema de Tratamiento de Efluentes de la Empresa Papelera Nacional S.A. - Sede Paramonga - 2017".*

*Espero haber atendido con justicia en esta oportunidad a su Carta. Sin otro particular, le hago llegar mis deseos de éxitos a usted y a su Universidad la cual dirige como muestra de mi estima personal.*

*Atentamente*  


**Ing. José Ortiz Herrera  
Gerente de Operaciones de  
Papelera Nacional S.A.- Paramonga**

