

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS**

**CALIDAD DE AGUA RESIDUAL EN LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN  
ESPINAR – PUNO 2021**

**PRESENTADO POR:**

**CARLOS HUGO ZENON TAPIA HUACOTO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PUNO – PERÚ**

**2022**



Repositorio Institucional ALCIRA by [Universidad Privada San Carlos](#) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](#).

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**TESIS**

**CALIDAD DE AGUA RESIDUAL EN LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN  
ESPINAR – PUNO 2021**

**PRESENTADO POR:**  
**CARLOS HUGO ZENON TAPIA HUACOTO**  
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
**INGENIERO AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

  
\_\_\_\_\_  
Dr. JORGE ABAD CALISAYA CHUQUIMIA

PRIMER MIEMBRO

  
\_\_\_\_\_  
Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINEAZ

SEGUNDO MIEMBRO

  
\_\_\_\_\_  
M.Sc. YESICA MAGNOLIA MAMANI ARPASI

ASESOR DE TESIS

  
\_\_\_\_\_  
M.Sc. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ciencias naturales

Disciplina: Oceanografía, Hidrología y Recursos del Agua

Especialidad: Evaluaciones y Monitoreos Ambientales, Ecosistemas Acuáticos.

Puno, 13 de abril del 2022.

**DEDICATORIA**

Hago la dedicatoria de este trabajo de tesis a mis padres, quienes con infinito amor y dedicación, supieron conducirme por el camino del estudio y la superación, alcanzando las metas que nos planteamos, cuyo fruto hoy se alcanza luego de muchos esfuerzos compartidos.

**Carlos Hugo Zenon**

## AGRADECIMIENTOS

- Quiero agradecer a la Universidad Privada San Carlos de Puno, en donde me formé para ser un profesional y servir a mi país.
- A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por todas sus enseñanzas y esmero en formar a los futuros profesionales en una profesión de tanta importancia.
- A los miembros del jurado de esta tesis, por sus sugerencias valiosas a lo largo de su desarrollo, todo ello permitió mejorar su contenido.
- A mi asesor de tesis M.Sc. Julio Wilfredo Cano Ojeda, por todo su apoyo a lo largo de la formulación y culminación del presente estudio.

**ÍNDICE GENERAL**

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE ANEXOS	7
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
INTRODUCCIÓN	10

**CAPÍTULO I****PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA  
INVESTIGACIÓN**

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.2. ANTECEDENTES	14
1.3. OBJETIVOS	19

**CAPÍTULO II****MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

2.1. MARCO TEÓRICO	20
2.1.1. Calidad de agua residual	20
2.1.2. Variables físicas	21
2.1.3. Parámetros químicos	22

2.1.4. Parámetros microbiológicos	24
2.1.5. Aguas residuales	24
2.1.6. Marco legal	25
2.2. Marco conceptual	26
2.3. Hipótesis	27

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1. ZONA DE ESTUDIO	28
3.2. TAMAÑO DE MUESTRA	29
3.3. MÉTODO Y TÉCNICAS	29
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	36
3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	36

### **CAPÍTULO IV**

#### **EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

4.1. Calidad de agua residual en la laguna de estabilización Espinar, Puno .	37
4.2. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la laguna primaria de acuerdo al límite máximo permisible para este tipo de agua.	39
4.3. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la laguna secundaria de acuerdo al límite máximo permisible para este tipo de agua.	41
4.4. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el efluente de acuerdo al límite máximo permisible para este tipo de agua.	42
4.4. Pruebas de hipótesis	43

<b>CONCLUSIONES</b>	<b>49</b>
---------------------	-----------

<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>50</b>
------------------------	-----------

<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>51</b>
---------------------	-----------

<b>ANEXOS</b>	<b>54</b>
---------------	-----------

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites máximos permisibles (LMP) según normatividad vigente	26
Tabla 2. Diseño de las muestras de agua en la laguna de estabilización Espinar	30
Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la laguna de estabilización el Espinar, Puno 2021.	37
Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la laguna primaria, el Espinar, Puno 2021.	39
Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la laguna secundaria, el Espinar, Puno 2021.	41
Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la el efluente, el Espinar, Puno 2021.	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.Ubicación geográfica de la laguna de estabilización El Espinar (Fuente: Google maps)	28
Figura 2.Equipos utilizados en toma de muestras de agua en la laguna de el Espinar.	58
Figura 3.Preparando los envases para tomar las muestras de agua y reactivos necesarios.	58
Figura 4.Rotulando las muestras con la información necesaria.	59
Figura 5.Rotulando y acondicionando una muestra en frasco acaramelado para análisis de DBO.	59



**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1. Resultados de laboratorio	55
Anexo 2. Matriz de consistencia	56
Anexo 3. Evidencias fotográficas	58

## RESUMEN

El objetivo del estudio fue analizar la calidad de agua residual en la laguna de estabilización el Espinar en la ciudad de Puno 2021. La metodología consistió en un estudio de nivel descriptivo, tomando muestras de agua bajo protocolo establecido, se consideró tres estaciones de muestreo, en la laguna primaria, secundaria y en el efluente de la laguna, se evaluaron los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos según la normatividad vigente para efluentes de PTAR, en el laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C, acreditado por INACAL, se analizó los datos por estadística descriptiva y prueba de Chi cuadrado para probar las hipótesis. Los resultados indican que los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la laguna primaria no cumplen con la normatividad vigente, puesto que el 71.42% de los mismos están por encima de los límites máximos permisibles para este tipo de agua. En la laguna secundaria el agua no cumple con la normatividad vigente, al presentar el 42.86% de los parámetros por encima de los límites máximos permisibles. Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el efluente no cumplen con la normatividad vigente, al presentar el 42.86% de los mismos por encima de los límites máximos permisibles. Se concluye que la calidad de agua residual en la laguna de estabilización Espinar de Puno en el año 2021, no cumple con la normatividad vigente para efluentes de PTAR, al presentar un 42.87% de los parámetros afectados (por encima) de los Límites máximos permisibles.

Palabras clave: contaminación, efluente, parámetros fisicoquímicos, laguna de estabilización.

## ABSTRACT

The objective of the study was to analyze the quality of residual water in the Espinar stabilization lagoon in the city of Puno 2021. The methodology consisted of a descriptive level study, taking water samples under established protocol, three sampling stations were considered, in the primary and secondary lagoon and in the effluent of the lagoon, the physicochemical and microbiological parameters were evaluated according to the current regulations for PTAR effluents, in the laboratory Servicios Analíticas Generales SAC, accredited by INACAL, the data was analyzed by descriptive statistics and Chi square test to test the hypotheses. The results indicate that the physicochemical and microbiological parameters in the primary lagoon do not comply with current regulations, since 71.42% of them are above the maximum permissible limits for this type of water. In the secondary lagoon, the water does not comply with current regulations, presenting 42.86% of the parameters above the maximum permissible limits. The physicochemical and microbiological parameters in the effluent do not comply with current regulations, as 42.86% of them are above the maximum permissible limits. It is concluded that the quality of residual water in the Espinar de Puno stabilization lagoon in 2021 does not comply with current regulations for PTAR effluents, presenting 42.87% of the affected parameters (above) the maximum permissible limits.

Keywords: contamination, effluent, physicochemical parameters, stabilization water.

## INTRODUCCIÓN

Desde que el ser humano empezó a formar poblados, ciudades y ahora megalópolis, ha requerido plantear nuevas formas de tratar el agua que ha utilizado en sus actividades diarias y de producción, de manera inicial cuando los volúmenes de aguas servidas eran de menor caudal, estos desembocaban en ríos, lagos y mares que asimilaban las sustancias contaminantes, sin embargo cuando por el crecimiento de las poblaciones fue incrementando se debieron idear sistemas de tratamiento de aguas servidas, desde básicos hasta de suma complejidad, todas orientadas a intentar devolver el agua tal como se había encontrado al inicio antes de ser utilizada (Fernandez, 2018).

En este sentido en el presente estudio abordamos un tema de particular interés ambiental, como es la evaluación de la calidad de agua residual en la laguna de estabilización Espinar de la ciudad de Puno, considerando que los efluentes de la misma desembocan de manera directa en el lago Titicaca, un recurso hídrico de características especiales y fragilidad por su naturaleza endorreica.

En el aspecto ambiental el estudio tiene una importancia relevante, puesto que permitirá conocer cuál es la calidad de las aguas residuales de la laguna de estabilización Espinar, puesto que su efluente es descargado de forma directa hacia la bahía interior de Puno en el lago Titicaca, la calidad se establecerá en función de los límites máximos permisibles (LMP) de los parámetros que se encuentran vigentes en la actualidad para nuestro país.

Mientras que en el aspecto técnico científico, el estudio aportará con resultados para comprender el funcionamiento de un sistema de tratamiento básico como es el de lagunas de estabilización, bajo las condiciones particulares de la ciudad de Puno a una altitud de 3800 msnm, en donde las concentraciones de oxígeno son menores y también la temperatura tiende a disminuir significativamente, lo cual limita en parte la actividad de

los microorganismos en el proceso de descomposición y degradación de la materia orgánica.

En lo social el estudio enfatizará en la responsabilidad de la sociedad respecto a su papel en la generación de contaminación del agua, mediante malas prácticas de evacuación de sustancias como aceites y otros que se deben tratar de manera diferente y no evacuarlas al alcantarillado público, por lo que la concientización se debe realizar con resultados que demuestran lo perjudicial de dichas prácticas, este aspecto será cumplido con los resultados de laboratorio que permitan identificar cual es el nivel de calidad de estas aguas y si podrían tener algún perjuicio no solo para el ser humano sino también en los componentes ambientales.

En cuanto a las implicancias prácticas los resultados serán de utilidad directa para la empresa de saneamiento público (EMSAPUNO), que es la encargada de prestar tanto el servicio de alcantarillado como del tratamiento de las aguas servidas que se recolectan en la laguna de estabilización Espinar, lo cual permitirá contar con una evaluación en el sistema de tratamiento que administra.

El presente informe en su estructura inicia con el primer capítulo trata del planteamiento del problema, en el mismo se especifican los antecedentes y objetivos, posteriormente en el segundo capítulo se muestra el marco teórico, conceptual, así como las hipótesis de la investigación. En el capítulo tres se exponen el aspecto metodológico especificando la zona de estudio, tamaño de muestra, métodos y técnicas, las variables de estudio y el análisis estadístico. En el capítulo cuarto se exponen los resultados, en forma de tablas y figuras para cada objetivo, además de las discusiones de los mismos, finalmente se especifican las conclusiones y recomendaciones, la bibliografía utilizada y los anexos respectivos.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Cuando se evidenció a nivel mundial el problema de contaminación por aguas servidas, se generó la tecnología de los sistemas de tratamiento de aguas servidas con las denominadas lagunas de estabilización, que no son sino lagunas excavadas de poca profundidad y por lo general de tierra, que permiten exponer al sol y al aire las aguas colectadas de un sistema de alcantarillado, en donde por un proceso de autodepuración o de estabilización natural, en donde intervienen procesos a nivel físico, químico y microbiológico, logran obtener resultados para situaciones en que la carga es mayormente orgánica y de poblaciones relativamente pequeñas (Fernandez, 2018). Sin embargo, en el caso particular de la laguna de estabilización Espinar en la ciudad de Puno, al momento actual ha perdido eficiencia por el alto caudal que ingresa como efecto del crecimiento de la población en la ciudad, por lo que las aguas que ingresan hacia el lago Titicaca podrían no tener la calidad requerida para este tipo de agua según la normatividad vigente (Asesores Técnicos Asociados, 1997).

En este sentido al igual que en otros tipos de aguas existe normatividad vigente que señala cuáles deben ser los valores de los parámetros de estas aguas, así en el Perú se tiene el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM en donde se Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (El Peruano, 2010). Es recomendable realizar monitoreos continuos para verificar que los efluentes no afecten a un ecosistema de tanta fragilidad como es el lago Titicaca y específicamente la bahía interior de la ciudad de Puno.

Un estudio señala que en esta laguna de estabilización la concentración de coliformes fue de  $7.67 \times 10^5$  NMP/ 100 mL al ingreso y de  $7.82 \times 10^4$  NMP/ 100 ml en la salida de la laguna primaria, estimándose que la remoción de coliformes termotolerantes fue de 1 ciclo logarítmico (Lencinas, 2016), sin embargo hasta el momento se dispone de datos actualizados de la calidad del agua de esta laguna y sobretodo de su efluente, sin embargo estudios de toxicidad de las mismas señalan que “el efluente presentó una carga tóxica calificada como considerable” (Lencinas, 2016), por lo que permite aseverar que la calidad de estas aguas son potencialmente peligrosas para la salud humana, así como para la flora y fauna del ámbito de influencia dentro de la bahía interior de Puno.

Por lo cual formulamos los siguientes problemas:

#### **Problema general**

¿Cuál es la calidad de agua residual en la laguna de estabilización Espinar, Puno 2021?

#### **Problemas específicos**

- ¿Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la laguna primaria cumplirán con los límites máximos permisibles para este tipo de agua?
- ¿Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la laguna secundaria cumplirán con los límites máximos permisibles para este tipo de agua?

- ¿Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el efluente cumplirán con los límites máximos permisibles para este tipo de agua?

## 1.2. ANTECEDENTES

### A nivel internacional.

Cuellar (2010) en el estudio “Determinación de la calidad del agua residual de la colonia La Mina Torreón, COAH”, señala como resultados que de acuerdo a la Norma Mexicana NOM-001-ECOL-1996, realizó se compararon ocho parámetros físico-químicos de agua residual, obteniendo para temperatura (°C), Potencial de hidrógeno (pH), sólidos suspendidos totales (SST), sólidos sedimentables (SS), grasa y aceites (G y A), nitrógeno total (N Total), demanda biológica de oxígeno (DBO) y fósforo total (F Total), los valores de 7 parámetros se encontraron dentro de lo permitido para este tipo de agua, mientras que la demanda bioquímica de oxígeno presentó valores por encima de lo permitido de acuerdo a la Norma Mexicana NOM-001-ECOL-1996.

Sánchez & Matsumoto (2016) en la investigación en Brasil “Evaluación del desempeño de la planta de tratamiento de aguas residuales urbanas de ILHA Solteira (SP) por lagunas facultativas primarias”. La metodología se desarrolló por un estudio descriptivo con la toma de muestras de agua de la PTAR en forma secuencial a lo largo de un año, se realizó un levantamiento de batimetría en las lagunas facultativas primarias, además de un monitoreo de 24 horas y el seguimiento de su desempeño en 3 etapas. Los resultados indican una eficiencia de remoción de DBO de 80,2%; tres muestras presentaron un NMP de Coliformes Fecales menores al límite permisible de 1000/100mL; en la tercera etapa, los sólidos sedimentables superaron el límite permisible de 1,0 mL/L. Se concluye que se



debe implementar un sistema de pos tratamiento, para reducir los eventuales impactos ambientales producidos por los efluentes y los riesgos a la salud pública.

Sánchez (2018) en el estudio “Comportamiento de Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible -SUDS- a escala laboratorio para el tratamiento de agua de escorrentía urbana y agua residual doméstica”, señala como resultado que se evaluaron dos Sistemas de Drenaje Urbanos Sostenibles para ser evaluados en términos de calidad a escala de laboratorio, debido a que estas alternativas se adecúan mejor a las condiciones urbanas actuales y futuras de las ciudades en Colombia, además pueden dar respuesta dar al manejo de aguas de lluvia y de aguas residuales contemplando factores de tipo climático, urbano, económico, técnico, entre otros. Para llevar a cabo este estudio, se simularon condiciones de eventos de escorrentía y de vertimiento en los sistemas, se analizó la eficiencia de remoción de los contaminantes presentes en cada una de estas aguas. Finalmente, se encontró que los jardines de lluvia alimentados con agua de escorrentía urbana y agua residual presentaron mayor eficiencia en remoción de contaminantes en Cu, N, P, DQO, HCT y Coliformes Totales respecto a las zanjas de infiltración, los cuales oscilaron entre 42.5% y 87.0 % lo que deduce una alta probabilidad de ser eficientes a escala real.

Villacis (2011) en el estudio “Estudio de un sistema de depuración de aguas residuales para reducir la contaminación de Río Ambato y los sectores aledaños, en el sector de Pisocucho, de la parroquia Izamba, del Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua”, señala que el proceso de lagunaje aireado es esencialmente un reactor o depósito excavado en el terreno, en donde el oxígeno necesario para el funcionamiento del proceso, se suministra mediante difusores o aireadores superficiales. En una planta aeróbica, la totalidad de los sólidos se mantiene en suspensión. Las lagunas aireadas, con diversos esquemas de aporte de aire, se fueron implementando a medida que la

carga a las lagunas facultativas crecía a más de 60 Kg. hectárea/día. Esta variante de diseño se utiliza con tasas de carga en un amplio rango: desde 8 hasta 320 Kg. DBO<sub>5</sub> por cada 1.000 m<sup>3</sup>/día. El tiempo de retención hidráulica teórica de las aguas residuales cae en el rango de 3 a 6 días. La profundidad de estas lagunas van desde 2 hasta 6 metros de profundidad hasta 3.7 metros se hace necesario emplear sistemas de aireación mediante difusores.

#### **A nivel nacional.**

Lencinas (2016) en la investigación “Toxicidad del efluente de la laguna de estabilización El Espinar mediante bioensayos con *Daphnia pulex* y *Lactuca sativa*”, indica que al realizar bioensayos con *Lactuca sativa* L, se observó la inhibición del crecimiento a nivel de radícula. Mientras que en los ensayos con *Daphnia pulex*, los niveles de toxicidad del efluente fue de CL<sub>50</sub> de 78.82% para el mes de agosto y de 69.20% para noviembre, este efecto es atribuido a la alta carga orgánica, así como altas concentraciones de nitrógeno amoniacal y por el contrario a concentraciones de oxígeno muy bajas en el efluente, en términos toxicológicos esta agua es catalogada como “considerable” para los meses de estudio, por tanto existe el riesgo de afectar de manera directa a organismos sensibles de la cadena trófica e incluso al ecosistema adyacente (bahía interior del Lago Titicaca), también se evidencia un riesgo potencial para la salud pública, siendo necesarias medidas de atención prioritaria a esta problemática ambiental.

Loose (2018) en el documento “Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento”, señala que en el Perú mediante las estadísticas de las diferentes tecnologías que se vienen utilizando en las PTAR se verificó que predomina el tratamiento secundario por lagunas facultativas, en términos de números estas son en número de cien en todo el país, en términos tecnológicos las lagunas de estabilización

(lagunas anaerobias, facultativas) no cuentan con sin sistemas de aireación y esta carencia se observa en el 75% de la totalidad de las PTAR evaluadas. Respecto al marco normativo se evidencia la carencia de autorizaciones para el vertimiento o reuso, esto se presenta en el 90% de las PTAR, también se ha evidenciado que los estándares de calidad ambiental para este tipo de agua son muy estrictos, no se cuenta con lugares autorizados para disponer los lodos que se extraen de las lagunas y no se cuenta con autorizaciones para su uso agrícola.

Salazar et al. (2016) en el estudio “Calidad física, química y biológica de las aguas residuales del Jardín Botánico”, indica que el Jardín Botánico de la ciudad de Tolima se obtuvo como resultados que el efecto de la dinámica antrópica tiene repercusiones directas en la calidad de sus aguas, así se tiene que el pH, la DBO y el número de coliformes, son identificados como indicadores del nivel de deterioro físico, químico y microbiológico del acuífero. Respecto a la fauna se identificó a la familia Chironomidae como las más abundante con 82% de macroinvertebrados bentónicos y, a su vez, el 99% de los Dípteros encontrados, estos son indicadores biológicos que señalan un elevado nivel de contaminación de las aguas, las cuales se caracterizan por alta concentración de materia orgánica, un turbiedad evidente y bajo contenido de oxígeno disuelto. El tanque anaerobio sería la estación crítica para monitorear la calidad del cuerpo lótico. Las características físico-químicas y biológicas indican que el grado de aceptación de estas aguas puede considerarse bajo, en general el riachuelo en un contribuyente que disminuye la calidad del río Combeima.

#### **A nivel local.**

Cruz (2019) en la investigación “Evaluación de macronutrientes y metales en los lodos residuales de la laguna de estabilización secundaria de “El Espinar”-Puno”, indica como resultados para el pH de 7,30 a 7,59 unidades y humedad de 68,946 a 76,359%, mientras

que para el nitrógeno total se obtuvo 1,55 a 2,90%, fósforo total de 1,049 a 1,990% y potasio total de 3740 a 3903 ppm. Para los metales pesados se determinó arsénico entre 1,88 a 7,18 mg/kg, Cadmio 0,27 a 0,69 mg/kg, Cobre 15,27 a 26,93 mg/kg, Cromo 0,84 a 2,43 mg/kg, Mercurio 0,05 a 0,47 mg/kg,. Se concluye que el lodo residual en la laguna Espinar presenta cantidades beneficiosas para su uso fertilizante y referente a los metales presenta una calidad de clase A según las normas nacional y norteamericana.

Luque (2020) en la investigación “Efecto de la aireación en aguas de la laguna de estabilización Espinar en la remoción de bacterias coliformes totales y termotolerantes y presencia de organismos en condiciones de laboratorio”, arribó a los siguientes resultados: mediante la técnica de aireación en las aguas residuales, se consiguió una disminución de la cantidad inicial de 2400 NMP/100 ml a 33 NMP/100 ml para coliformes totales y de 2400 NMP/100 ml a 3.5 NMP/100 ml para coliformes termotolerantes, además se consiguió identificar especies como *Chlamydomonas sp*, *Aspidisca sp*, *Paramecium caudatum*, *Podophrya sp*, *Opercularia sp*, *Telotrocho sp*, *Keratella sp*, *Arcella sp*, *Acineta sp*, nematodo y *Vorticella sp.*, estas especies presentes en las aguas presentaron distribuciones diferenciadas. Se concluye que la aireación permite oxigenar las aguas residuales, con el efecto positivo de disminuir de manera significativa la carga bacteriana patógena de coliformes.

Ordoñez (2013) en la investigación “Geotecnia ambiental de la laguna facultativa “El Espinar” – ciudad de Puno 2011”, indica que consiguió identificar que la actividad del hombre es el factor principal que afecta a la bahía interior, debido a que los efluentes de la laguna de El Espinar son vertidas con un exceso de nitrógeno y fósforo, estos elementos provocan un fenómeno denominado eutrofización, que se expresa en un exceso de nutrientes en las aguas y se traduce en un crecimiento en exceso de algas y bacterias, una de las características de este proceso es la turbiedad que toma el agua y

se interpone en el paso de la luz solar, con lo cual se disminuye de manera significativa el proceso fotosintético del cuerpo de agua, en la parte baja los lodos que se forman por la sedimentación tienen a disposición poco oxígeno disuelto necesario para la vida acuática, por lo que se empieza a producir un desbalance de la cadena trófica, mientras que desde el punto de vista de los seres humanos la eutroficación es poco atractiva para realizar actividades recreativas y dañinas para la salud de las personas, porque disminuye la calidad del agua.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **Objetivo general**

Evaluar la calidad de agua residual en la laguna de estabilización Espinar, Puno 2021.

#### **Objetivos específicos**

- Analizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la laguna primaria de acuerdo al límite máximo permisible para este tipo de agua.
- Analizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la laguna secundaria de acuerdo al límite máximo permisible para este tipo de agua.
- Analizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el efluente de acuerdo al límite máximo permisible para este tipo de agua.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1. MARCO TEÓRICO

##### 2.1.1. Calidad de agua residual

La calidad del agua residual se evalúa considerando los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de dichas aguas, para que estos valores que se obtienen a partir de un muestreo representativo de las aguas servidas, se deben contrastar con valores preestablecidos, los cuales son denominados límites máximos permisibles (LMP), los cuales están en función a criterios del tipo de agua que se desee evaluar, estos límites varían según la normatividad vigente de cada país y se corresponden básicamente a criterios técnicos, estas variables mencionadas por (Loose, 2018) son; Variables físicas: El agua que es alterada por diversas sustancias ya sea por su uso a nivel de hogares o

industrias, modifican de manera evidente el aspecto inicial del agua pura, básicamente se observa presencia de sólidos en suspensión, la turbidez que impide el paso de la luz y también la temperatura. Variables químicas: Cuando al agua pura se le adicionan sustancias producto de la actividad humana como metales pesados tóxicos, así como otros derivados de la actividad agrícola como pesticidas, fertilizantes como nitratos y nitritos se produce cambios en los parámetros químicos del agua, tales como la demanda química de oxígeno, aceites y grasas. Variables microbiológicas: se refiere a la presencia de microorganismos que pueden causar enfermedades al ser humano al consumirlas, por lo general esta contaminación se produce por la contaminación del agua con excretas de animales e incluso el propio ser humano, por lo general al evaluar la calidad se evalúa el conteo de coliformes termotolerantes.

### **2.1.2. Variables físicas**

#### **a. Temperatura**

Es la propiedad física que se refiere a las nociones comunes de calor o ausencia de calor, además en el caso del agua está influenciada por la temperatura ambiental, es de suma importancia al evaluar la calidad de agua debido a que influye en la aceleración o retraso de la actividad biológica, también tiene efectos en la disponibilidad del oxígeno disuelto, así como en la precipitación de algunas sustancias, en los procesos de desinfección, en la floculación, filtración y otros (Gomez, 2020).

#### **b. Sólidos totales en suspensión**

Cuando en el agua se presentan sólidos que por su escaso peso no pueden precipitarse, estos se hallan en suspensión en el medio líquido, este peso se encuentra entre las 2.00 *Um.* o menos, este parámetro está relacionado con otros como la conductividad eléctrica. Por lo general el origen de estos sólidos son el producto de la erosión de los suelos, el

detritus de origen orgánico e incluso el plancton. Los sólidos están formados básicamente por virus, limo y arena cuyo tamaño es muy pequeño, se les distingue por el cambio de color que toma el agua y también por el cambio de sabor y olor, su importancia radica en el cumplimiento de la normatividad vigente para su vertimiento en cuerpos de agua (Luque, 2020).

### **c. Potencial hidrógeno (pH)**

Este parámetro del agua permite identificar si la misma es de naturaleza ácida, neutra o básica, se mide en función de los iones hidrógeno en el agua, el agua pura tiene un pH cercano a 7 unidades, de existir variaciones se debe sospechar de la contaminación por metales pesados o de otras sustancias de origen antrópico. La medición de este parámetro se debe realizar de preferencia en el mismo lugar de toma de muestra, la escala de valoración va de 0 a 14 unidades, cuando el valor es menor de 7 se puede señalar la presencia de sustancias ácidas, mientras que cuando se hallan por encima de 7 indican que el agua es básica, en términos técnicos se considera la alcalinidad o acidez titulable, los cuales tienen importancia por encima de 9,6 y por debajo de 4,4 unidades de pH (Sánchez, 2018).

### **2.1.3. Parámetros químicos**

#### **a. Aceites y grasas**

Los aceites y grasas es la denominación de cualquier material ya sea de origen vegetal o animal conformados por triglicéridos o también llamados ésteres de la glicerina, con ácidos grasos de larga cadena de hidrocarburos que generalmente varían en longitud. Su evaluación en las aguas servidas es de importancia porque los mismos son perjudiciales para la vida acuática, puesto que forman una película sobre la superficie del agua, reduciendo el intercambio de oxígeno e interfiere con el paso de la luz reduciendo el



proceso de fotosíntesis de la vegetación, también puede afectar a los animales cuando estos entran en contacto con aceites y grasas, puesto que ya se ha determinado su toxicidad (Fernandez, 2018).

#### **b. Demanda bioquímica de oxígeno o demanda biológica de oxígeno**

Con la denominación de  $DBO_5$ , es definida como la cantidad de oxígeno, expresada en mg/L, que se requiere para realizar el proceso oxidativo biológico de los componentes de las aguas residuales en un periodo de cinco días de incubación bajo condiciones específicas de laboratorio, se efectúa por la medición de la concentración de oxígeno, para conseguir la descomposición por acción bacteriana, en un período de incubación de cinco días a una temperatura de 20°C. Mide el oxígeno disuelto, utilizado por los microorganismos en la oxidación bioquímica de la materia orgánica (Gomez, 2020).

#### **c. Demanda química de oxígeno**

Denotado como DQO, este parámetro mide la cantidad de oxígeno que se necesita para producir la oxidación química de la materia orgánica e inorgánica en el agua, para ello se emplea un oxidante, como el Dicromato de Potasio, el análisis del mismo se realiza en el plazo de 3 horas y tiene relación con la DBO. La diferencia entre ambos análisis es que la DQO no distingue entre la materia biodegradable y el restante, por lo que su valoración no permite identificar la velocidad de degradación bajo condiciones normales, por lo que siempre el valor de la DQO será superior a la DBO, puesto que ambas son expresadas en mg/L. Se utiliza este parámetro para medir la cantidad de materia orgánica en las aguas residuales, atribuibles solamente a reacciones químicas, en donde la composición del agua incluye materia orgánica e inorgánica con capacidad de ser oxidadas, por lo que se expresa en el oxígeno disuelto que se requiere para oxidar la materia, utilizando un agente químico (Loose, 2018).

#### **2.1.4. Parámetros microbiológicos**

##### **a. Coliformes termotolerantes**

Se definen como el grupo de organismos coliformes que presentan la capacidad para fermentar la lactosa a una temperatura de 44 a 45°C, comprenden un grupo muy reducido de microorganismos, mediante cuyo conteo se determina la calidad microbiológica del agua, considerando que su origen es fecal debería estar ausente en la mayoría de categorías de agua, por lo general está formado por el microorganismo del género *E. coli*. Los coliformes fecales integran el grupo de los coliformes totales, pero se diferencian de los demás microorganismos que hacen parte de este grupo, que son indol positivo, su rango de temperatura óptima de crecimiento es muy amplio (hasta 45°C) y son mejores indicadores de higiene en alimentos y en aguas, ya que las heces contienen dichos microorganismos, presentes en la flora intestinal y de ellos un 90% y un 100% son *E. coli* mientras que en aguas residuales y muestras de agua contaminadas este porcentaje disminuye hasta un 59% (Suca, 2019).

#### **2.1.5. Aguas residuales**

Las aguas residuales son definidas como aquellas que han sido alteradas en su composición inicial, esta alteración se puede atribuir a eventos naturales o a la actividad del hombre (antrópica), estas sustancias pueden ser de origen doméstico, agrícolas, industriales entre los principales, específicamente se tiene a las grasas y aceites, detergentes, materia orgánica, residuos de la industria, todos estos modifican de manera drástica las propiedades del agua y por ello son denominadas residuales o servidas (Salazar et al., 2016).

Las aguas residuales que tienen su origen por residuos domésticos, son denominadas como aguas cloacales, servidas o fecales. Son llamadas como cloacales debido al

transporte que ellas realizan mediante alcantarillas o cloacas y se llaman también residuales puesto que al haber sido utilizadas el recurso constituyen un residuo, algo que cumplido su funcionamiento ya el usuario directo no necesita y lo desecha (Huahuasoncco, 2018).

El agua considerada como pura presenta también otras sustancias en cantidades variables en su composición, lo cual le confiere ciertas características físicas, químicas y microbiológicas particulares, en el caso del agua residual se produce una incorporación de un conglomerado de sustancias de diverso origen (Arocutipa, 2013).

#### **2.1.6. Marco legal**

Existe abundante marco normativo relacionado con la presente investigación, entre los principales se tiene:

- Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos.
- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.

Sin embargo se utiliza como principal marco legal y normativo al Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, donde se establece “Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales” (El Peruano, 2010).

Respecto a la toma de las muestras de agua se seguirá el protocolo establecido por la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2016).

**Tabla 1.** Límites máximos permisibles (LMP) según normatividad vigente

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA
		VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

## 2.2. Marco conceptual

**Agua residual:** son los desechos líquidos, considerados como aguas de drenaje doméstico y de servicios, así como los subproductos industriales y las aguas pluviales colectadas en la red municipal (Cruz, 2019).

**Demanda bioquímica de oxígeno:** se usa como una medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación de la materia orgánica biodegradable, presente en la muestra de agua, como resultado de la acción de oxidación aerobia

**Demanda química de oxígeno:** es la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo.

**Grasas y aceites:** son triglicéridos o ésteres de la glicerina, con ácidos grasos de larga cadena de hidrocarburos que son variables en longitud.

**pH:** potencial de hidrógeno, parámetro que indica la concentración de iones de hidrógeno  $[H]^+$  que existen en una solución, indica el grado de acidez de una solución. Los valores del pH varían en una escala que va de 0 hasta 14.

### 2.3. Hipótesis

#### Hipótesis general

La calidad de agua residual en la laguna de estabilización Espinar no cumple con el límite máximo permisible vigente.

#### Hipótesis específicas

- Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la laguna primaria no cumplen con los límites máximos permisibles para este tipo de agua.
- Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la laguna secundaria no cumplen con los límites máximos permisibles para este tipo de agua.
- Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el efluente no cumplen con los límites máximos permisibles para este tipo de agua.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

El estudio se realizó, respecto a la toma de muestra, en la laguna de estabilización de El Espinar ubicada en la zona sur de la ciudad de Puno, en la cual se realiza el tratamiento de las aguas servidas de la ciudad de Puno, entre la Isla Espinar y a cercanías de la urbanización Chanu Chanu, la altitud de esta laguna es de 3810 msnm, cuyas coordenadas geográficas son Latitud  $15^{\circ}51'6.03''S$  - Longitud  $70^{\circ} 0'25.05''O$  (Lencinas, 2016).



**Figura 1.** Ubicación geográfica de la laguna de estabilización El Espinar

Fuente: Google maps)

### 3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

**Población:** Las aguas servidas que son tratadas en la laguna El Espinar en los tres lugares específicos (laguna primaria, secundaria y efluente).

**Muestra:** Parte del agua en la laguna Espinar bajo el criterio de muestra no probabilística, considerando el criterio de muestra representativa de la población.

### 3.3. MÉTODO Y TÉCNICAS

#### 3.3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación corresponde al no experimental, partiendo del principio que no se intervino o modificó la variable de estudio, sino que se buscó describir la situación de la calidad de las aguas servidas en la laguna de estabilización Espinar al momento de realizar la investigación (Hernández et al. 2010).

#### 3.3.2. Diseño de investigación:

El diseño de la investigación fue descriptivo simple, puesto que se recogieron las muestras de agua sin alterar o modificar su composición, de manera que los resultados de laboratorio son una descripción real de las características fisicoquímicas y biológicas tal como se encuentran al momento del estudio (Hernández et al. 2010).

Esquema:

M - O

Donde:

M: Muestra de estudio

O: Resultados de los análisis de laboratorio.

### 3.3.3. Metodología

#### Para determinar los parámetros fisicoquímicos

##### Toma de muestras

La toma de muestra de aguas residuales se realizaron siguiendo el protocolo señalado por la Autoridad Nacional del Agua, donde se especifica los siguientes pasos:

Utilización de frascos de vidrio o plástico debidamente desinfectados y de preferencia de boca ancha, en el caso del volumen de la muestra este debe ser según el tipo de análisis al cual será referido. Las muestras fueron rotuladas y contenían información que lo identifique claramente, para ello se utilizó plumones indelebles por la naturaleza líquida de las muestras (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

**Tabla 2.** Diseño de las muestras de agua en la laguna de estabilización Espinar

Muestra	Laguna primaria	Laguna secundaria	Efluente
Repetición 1	1	1	1
Repetición 2	1	1	1
Repetición 3	1	1	1
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

Una vez tomadas las muestras se enviaron para su análisis al laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C. el cual se encuentra acreditado por INACAL, para lo cual se utilizó un cooler que mantuvo la temperatura baja (entre 4 a 6 °C) para evitar procesos de degradación, además se dispuso de bolsas de burbujas entre los frascos para evitar su rompimiento accidental (Loose, 2018).

La información que se consignó en el formato de custodia fue:

- Puntos de muestreo bien definidos



- Código numérico de la muestra.
- Fecha y hora de toma de muestra.
- Lugar de toma de muestra.
- Coordenadas UTM
- Nombre completo y firma del personal que tomó la muestra.
- Observaciones adicionales de ser necesario.

Las muestras recogidas fueron enviadas de manera inmediata al laboratorio indicado para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos respectivos, los cuales se realizaron sin superar las 48 horas a partir de la toma de las muestras, posteriormente los resultados fueron remitidos en un documento con valor oficial.

### **Análisis de laboratorio**

#### **a. Determinación de Aceites y Grasas (A y G)**

**Procedimiento** (Cuellar, 2010).

Se inició el proceso aforando una botella hasta donde indicó la muestra de agua, se filtró la muestra utilizando papel filtro y facilitando el proceso con una bagueta de vidrio, tratando que la mayor parte de la muestra sea filtrada, de ser necesario se utilizó una bomba de vacío para acelerar este proceso, se debe procurar que la muestra nunca rebose el medio filtrante. Se lleva la muestra a una temperatura de 103 °C por el lapso de 30 minutos, luego de lo cual la muestra se lleva para su digestión en un equipo Soxhlet. Antes de iniciar este proceso se pesó los vasos en los cuales se realizó la extracción, los cuales fueron limpiados prolijamente con sustancias solventes, esto con la finalidad de lograr la extracción de la totalidad de la muestra, el aforo de muestra se realizó en un vaso de 180 ml de capacidad, posteriormente el vaso fue llevado a la plancha de calor, sellando herméticamente el vaso y se adiciona el indicador de palanca en closed monitoreando que la temperatura llegue a 110 °C en este paso se tomó el tiempo de 4

horas. Finalizado el tiempo se abrió la válvula en posición open del equipo, luego se apagó el equipo y se pudo utilizar un flujo de agua fría para acelerar este paso. Mediante el uso de pinzas de sujeción se retiró los vasos con cuidado de no tocarlos con las manos, luego fueron trasladados a una cabina extractora buscando eliminar todos los residuos del solvente, luego se trasladaron las muestras a un desecador por un lapso de 30 minutos, finalmente se tomaron y registraron los pesos.

### Cálculos

Para el cálculo se utilizaron los pesos del vaso usado en la extracción, que es el contenido de grasa y aceite.

$$\text{GyA,mg/L} = \frac{(pf - pi)}{V} * 10^6$$

Donde;

Pf = peso final g.

Pi = peso inicial g.

V = Volumen ml.

### b. Determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

**Procedimiento** (Fundación Nacional de Salud, 2013).

Primero se tomó una muestra inicial, la cual se sometió a diluciones se agitó vigorosamente la muestra hasta conseguir una muestra homogeneizada, luego trasladada a un vaso beaker, en este proceso se mantuvo el pH entre 6.5 a 7.5 unidades, luego se prepararon cuatro botellas Winkler las cuales deben estar debidamente rotuladas, poniendo particular cuidado en el día y la hora de inicio del análisis, en cada botella de dispondrá una cantidad igual de muestra, en cada una se adiciona la cepa en volumen de 2 mL. Al momento de realizar las lecturas se debe realizar por el medio de las botellas para que el electrodo entre en contacto con la muestra, buscando que no se

realice intercambio de oxígeno, se registra los resultados y la muestra es incubada a 20 °C por el tiempo de cinco días, luego de transcurrido este tiempo se procede a la segunda lectura del oxígeno, el resultado se anota y se procede con los cálculos.

### Cálculos

Se realizó los cálculos por medio de la ecuación:

$$DBO_{5,mgO_2/L} = \frac{(OD \text{ consumido} - OD \text{ consumo cepa}) * V}{V_m}$$

Donde:

OD: consumido:  $OD_i - OD_r$

OD: consumo cepa:  $OD_i (\text{agua de dilución} + \text{cepa}) - OD_r (\text{agua de dilución} + \text{cepa})$

V = Volumen de la botella Winkler, que el valor promediado es de 293 ml.

$V_m$  = Volumen de alícuota de la muestra afectado por el factor de dilución.

### c. Determinación de Demanda Química de Oxígeno (DQO)

#### Digestión de la muestra

Primeramente, se realizó el pre calentamiento del digestor hasta alcanzar los 150 °C. Se procedió a preparar los blancos, tomando 2.5 mL de agua ultrapura en un tubo digestor, se incorporó 1.5 mL de solución de digestión, además de 3.5 mL de ácido sulfúrico, teniendo cuidado de adicionar gota a gota por las paredes del tubo, se debió tapar los tubos y agitarlos varias veces, el número de tubos para el blanco fueron seis, tres de ellas fueron remitidas al proceso de digestión, mientras que las restantes no fueron procesadas. Las muestras son procesadas en el proceso de digestión, tapándose herméticamente y agitándose. La temperatura para el inicio de la digestión debe verificarse que se encuentre a 150 °C, el tiempo de digestión de la muestra debe ser de 2

horas, luego de él mismo los tubos se extrajeron y enfriados en las gradillas. Se transfirió cuantitativamente el contenido de cada tubo a un erlenmeyer de vidrio marcado previamente con el número de muestra, así como del blanco o control.

#### Valoración del titulante

- Para la lectura de los resultados se debió tomar la misma en todos los tubos analizados, toda la muestra debe de transferirse en su totalidad a un erlenmeyer de capacidad de 300 mL, en este proceso se debe realizar un lavado hasta conseguir la totalidad de la muestra, luego se adiciona las dos gotas del indicador ferroína y proceder a su homogeneización con el agitador magnético.
- Se procedió a realizar la titulación con el FAS aprox 0,04 N (si usó dicromato 0.025 N ó 0.10 N) o aprox. 0.10 N (si usó dicromato 0.25N). Se debe verificar el punto de titulación por el viraje de color que era inicialmente azul verdoso hasta conseguir un café rojizo.

#### Cálculos

$$\text{DQO como mg O}_2/\text{L} = \frac{(A-B) \times N \times 8 \times 1000}{\text{mL de muestra}}$$

Donde:

A = Promedio de mL de FAS utilizado para los blancos digeridos

B = mL de FAS utilizado para la muestra

N = Normalidad del FAS

8= Peso equivalente del Oxígeno.

#### d. Determinación de Sólidos Suspendidos Totales (S.S.T.)

**Procedimientos de laboratorio** (Fundación Nacional de Salud, 2013)

- Se procedió al lavado de las membranas a utilizarse para tener la seguridad de la no presencia de alguna partícula restante, se deben secar los mismos por un tiempo de

30 minutos en un horno manteniendo la temperatura a 104 grados centígrados, luego de este proceso se debe sacar las membranas en un desecador y se procedió a su pesaje, este paso se realiza por varias veces hasta obtener un peso constante.

- Se hizo el filtrado de la muestra en volumen de 100 mL, para lo cual se utilizó los filtros ya secados.
- Poner cada filtro en su propio recipiente de aluminio y secar cada uno en un horno por una hora a 104 °C. Enfriar el filtro y el recipiente en un desecador y pesar.
- Se repitió todo el proceso hasta obtener un peso promedio constante y se obtiene el valor de los TSS.

### Cálculos

$$\text{TSS mg/L} = \frac{(\text{peso promedio después de filtrar en g} - \text{peso promedio antes de filtrar en g})(1000\text{mg/g})}{\text{Volumen de muestra de agua en L}}$$

### e. Coliformes termotolerantes

**Procedimientos de laboratorio** (Fundación Nacional de Salud, 2013)

Se inicia con la preparación de la solución de agua de dilución y de los diferentes medios de cultivo. Realizar la siembra en los tubos, los que ya contienen el medio de cultivo Caldo Lactosado con Purpurea de Bromocresol (CLPB) de concentración simple o doble.

Se realiza la incubación de los tubos por un lapso de 48 horas a  $35 \pm 0.5^\circ\text{C}$ .

Se realiza la medición de los tubos positivos (color amarillo y/o producción de gas en la campana Durham).

En tubos de medio EC para análisis de los coliformes fecales, e incubar 24h a  $44.5 \pm 0.2^\circ\text{C}$  (termobañero).

Cuantificar los tubos positivos y anotar en los formatos de la prueba confirmativa.

### 3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Calidad de agua residual: características originales del agua modificadas por actividades humanas, por lo que requieren un tratamiento previo, antes de ser vertidas a un cuerpo de agua o reutilizadas en otra actividad.

#### Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Calidad de agua residual.	Parámetros físicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pH.</li> <li>- Sólidos totales en suspensión.</li> <li>- Temperatura.</li> </ul>
	Parámetros químicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aceites y grasas.</li> <li>- Demanda bioquímica de oxígeno.</li> <li>- Demanda química de oxígeno.</li> </ul>
	Parámetros microbiológicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coliformes termo tolerantes.</li> </ul>

### 3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

Se empleó estadística inferencial para probar las hipótesis planteadas en el estudio, mediante la prueba de Chi cuadrado de bondad de ajuste con un nivel de confianza del 95%.

## CAPÍTULO IV

## EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

## 4.1. Calidad de agua residual en la laguna de estabilización Espinar, Puno 2021.

**Tabla 3.** Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la laguna de estabilización el Espinar, Puno 2021.

Parámetro	Unidades	Laguna	Laguna	Efluente
		Primaria	Secundaria	
pH	Unid. pH	Normal	Normal	Normal
Temperatura	°C	Normal	Normal	Normal
DBO	mg/L	Afectado	Afectado	Afectado
DQO	O <sub>2</sub> mg/L	Afectado	Afectado	Afectado
TSS	mg/L	Afectado	Normal	Normal
Aceites y grasas	mg/L	Afectado	Normal	Normal
Coliformes fecales	NMP/100mL	Afectado	Afectado	Afectado

Los resultados del análisis de calidad del agua en la laguna de estabilización, indican que en la laguna primaria se obtuvo cinco parámetros afectados, estos fueron la DBO, DQO, TSS, aceites y grasas y coliformes fecales, mientras que solo la temperatura y pH

mostraron ser normales, es decir se determinó que un 71.42% de los parámetros se halla afectado con valores por encima de los límites máximos permisibles para agua de efluentes de PTAR.

Se evidencia que en la laguna primaria el agua tiene una mala calidad, debido a que en la misma aun no se ha producido el proceso de estabilización, por tanto, estas aguas no deberían ser vertidas hacia el lago Titicaca que es el cuerpo receptor de este sistema de tratamiento.

En la laguna secundaria se obtuvo tres parámetros afectados, que son DBO, DQO y coliformes fecales, es decir se tiene un 42.87% de parámetros afectados, si bien en esta laguna se tiene una reducción importante de parámetros afectados, aun la calidad del agua no es la adecuada para desembocar hacia el lago Titicaca, mientras que en el efluente se tienen también tres parámetros afectados que son DBO, DQO y coliformes fecales, es decir se tiene un 42.87% de parámetros afectados, esto indica que no existe variación respecto a los resultados de la laguna secundaria, por tanto, el efluente de la laguna de estabilización de el Espinar no presenta la calidad adecuada para ser vertida hacia las aguas del cuerpo receptor; al respecto en su estudio (Cuellar, 2010) indica que la demanda bioquímica de oxígeno presentó valores por encima de lo permitido para aguas de efluente de una PTAR, en los resultados del presente estudio también la DBO presentó valores elevados, esto trae como consecuencia que el agua del efluente no es apta para la vida acuática, puesto que se produce una falta de oxígeno en este medio. Respecto a la toxicidad del agua en la laguna de estabilización el Espinar (Lencinas, 2016).en su estudio indica que la misma presentó toxicidad para la pulga de agua (*Daphnia pulex*), atribuible a las bajas concentraciones de oxígeno en el efluente, esto como se señala en el presente estudio se debe a una elevada DBO, por tanto la vida acuática en la bahía interior de Puno se ve afectada por la descarga de estas aguas.



#### 4.2. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la laguna primaria de acuerdo al límite máximo permisible para este tipo de agua.

**Tabla 4.** Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la laguna primaria, el Espinar, Puno 2021.

Parámetro	Unidades	Laguna		Interpretación
		Primaria	LMP	
<b>pH</b>	Unid. pH	8.05	6.5 a 8.5	Normal
<b>Temperatura</b>	°C	14.4	<35	Normal
<b>DBO</b>	mg/L	229.5	100	Afectado
<b>DQO</b>	O <sub>2</sub> mg/L	410	200	Afectado
<b>TSS</b>	mg/L	183	150	Afectado
<b>Aceites y grasas</b>	mg/L	57.77	20	Afectado
<b>Coliformes fecales</b>	NMP/100mL	490000	10000	Afectado

En la laguna primaria, los resultados para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, indica que la DBO con 229.5 mg/L excede al límite máximo permisible, la DQO con 410 O<sub>2</sub> mg/L también excede dicho valor, lo mismo ocurre con los sólidos suspendidos totales con 183 mg/L, así mismo los aceites y grasas con 57.77 mg/L excede el LMP y finalmente también los coliformes fecales con 490000 superan el LMP establecido.

De los resultados se evidencia que la calidad de agua en la laguna primaria no cumple con la mayoría de los parámetros evaluados, el 71.42% de ellos se encuentra por encima de lo recomendado, por tanto, se debe continuar su tratamiento para cumplir con el estándar de calidad requerido para ser vertido en el lago Titicaca que es el cuerpo

receptor. Al respecto Loose (2018) indica que en términos tecnológicos las lagunas de estabilización (lagunas anaerobias, facultativas) en el Perú no cuentan con sistemas de aireación y esta carencia se observa en el 75% de la totalidad de las PTAR evaluadas, esto explica porque en la laguna primaria se obtuvo valores de la mayoría de los parámetros elevados para las aguas residuales. Salazar et al. (2016) indica que al estudiar las aguas de una PTAR, los indicadores biológicos señalan un elevado nivel de contaminación de las aguas, las cuales se caracterizan por alta concentración de materia orgánica y bajo nivel de oxígeno, esto se expresa en los resultados en la laguna secundaria donde la DBO continúa siendo elevado según la normatividad vigente. Luque (2020) indica que mediante la técnica de aireación en las aguas residuales, se consiguió una disminución de la cantidad inicial de coliformes fecales, en el presente estudio sin tratamiento de aireación, se consiguió disminuir la cantidad de coliformes, sin embargo esta no es suficiente, puesto que en la laguna secundaria se obtiene valores por encima de los límites establecidos.

#### 4.3. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la laguna secundaria de acuerdo al límite máximo permisible para este tipo de agua.

**Tabla 5.** Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la laguna secundaria, el Espinar, Puno 2021.

Parámetro	Unidades	Laguna		
		Secundaria	LMP	Interpretación
pH	Unid. pH	7.73	6.5 a 8.5	Normal
Temperatura	°C	17.4	<35	Normal
DBO	mg/L	107.1	100	Afectado
DQO	O <sub>2</sub> mg/L	256	200	Afectado
TSS	mg/L	64.3	150	Normal
Aceites y grasas	mg/L	11.84	20	Normal
Coliformes fecales	NMP/100mL	790000	10000	Afectado

En la Tabla 5, En la laguna secundaria se evidencia una mejora en la calidad del agua, puesto que se determina tres parámetros afectados, la DBO con 107.1 mg/L supera ligeramente el LMP, así también la DQO con 256 O<sub>2</sub> mg/L supera el LMP, también los coliformes fecales con 790000 NMP/100mL supera el LMP establecido.

De los resultados queda claro que existen parámetros que aún no presentan la calidad requerida para esta categoría de agua, el 42.86% de los parámetros se hallan por encima de lo recomendado, por lo que el tratamiento de las mismas se debe continuar con un sistema complementario antes de verter las aguas hacia el lago Titicaca, coincidiendo con lo señalado por Ordoñez, (2013) que indica que los efluentes de la laguna de El Espinar son vertidas con un exceso de nitrógeno y fósforo, estos elementos provocan un

fenómeno denominado eutrofización, los resultados del presente estudio confirman lo señalado puesto que existe aun un valor elevado de la DBO, DQO y coliformes fecales, por tanto el agua de esta laguna secundaria aún no tiene la calidad necesaria para la categoría de efluente de PTAR.

#### 4.4. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el efluente de acuerdo al límite máximo permisible para este tipo de agua.

**Tabla 6.** Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el efluente, el Espinar, Puno 2021.

Parámetro	Unidades	Efluente	LMP	Interpretación
pH	Unid. pH	7.67	6.5 a 8.5	Normal
Temperatura	°C	18.1	<35	Normal
DBO	mg/L	137	100	Afectado
DQO	O <sub>2</sub> mg/L	230	200	Afectado
TSS	mg/L	89.6	150	Normal
Aceites y grasas	mg/L	8	20	Normal
Coliformes fecales	NMP/100mL	700000	10000	Afectado

En la Tabla 6, en el efluente de la laguna de estabilización El Espinar, se tiene que aun tres parámetros se hallan por encima de los LMP, si bien las diferencias son menores se establece que la DBO con 137 mg/L supera los mismos, así también la DQO con 230 O<sub>2</sub> mg/L, mientras que los coliformes fecales superan de manera importante el LMP con 700000 NMP/100mL.

Estos resultados permiten señalar que el efluente de la laguna aún presenta parámetros que superan los LMP, un 42.86% de los parámetros se hallan por encima de lo

recomendado, por lo que se debe mejorar el sistema de tratamiento o continuar con un sistema complementario, puesto que bajo las condiciones actuales no es recomendable verter el efluente hacia el lago Titicaca. En este sentido Cuellar (2010) coincide en indicar que el tratamiento de aguas permite mejorar la calidad del agua, sin embargo la demanda bioquímica de oxígeno presentó valores por encima de lo permitido, de manera similar se reporta en el presente estudio que tanto la DBO, DQO y coliformes fecales presentan aún valores por encima de los LMP, esto se explica por la falta de eficiencia de la laguna y por falta de mantenimiento, puesto que se observa que la acumulación de lodos es evidente, al respecto Villacis (2011) indica que la profundidad de una laguna de estabilización va desde 2 hasta 6 metros de profundidad, siendo necesario emplear sistemas de aireación mediante difusores, en el presente estudio se verifica la necesidad de utilizar la aireación para mejorar la situación actual de la laguna de el Espinar.

Respecto a la toxicidad del efluente de la laguna Espinar, Lencinas (2016) señala que existe el riesgo de afectar de manera directa a organismos sensibles de la cadena trófica e incluso al ecosistema adyacente (bahía interior), lo cual también se expresan en los resultados del presente estudio, puesto que tres de los siete parámetros en el agua del efluente se hallan por encima de los LMP para esta categoría.

#### **4.4. Pruebas de hipótesis**

##### **a. Hipótesis general**

###### **Planteamiento:**

Ha: La calidad de agua residual en la laguna de estabilización Espinar no cumple con el límite máximo permisible vigente.

H0: La calidad de agua residual en la laguna de estabilización Espinar cumple con el límite máximo permisible vigente.

**Estadística de prueba:**

Se utilizó la prueba estadística no paramétrica de Chi cuadrado de bondad de ajuste que permite comparar un conjunto de frecuencias observadas y otras esperadas, para determinar si ambas distribuciones son diferentes, utiliza como nula una distribución uniforme en las categorías analizadas.

**Nivel de confianza:**

Se utilizó un nivel de confianza del 95 % ( $\alpha=0.05$ ).

**Resultados:**

Parámetros	Observado (%)	Esperado (%)
Afectados	71.42	0
Normal	28.58	100

Chi squared

Rows, columns: 2, 2 Degrees freedom: 1

Chi2: 51.008 p (no assoc.): <0.000001

Los resultados indican que existe diferencia estadística significativa ( $p=0.000001$ ), de lo cual se acepta la hipótesis alterna, es decir: La calidad de agua residual en la laguna de estabilización Espinar no cumple con el límite máximo permisible vigente.

**a. Hipótesis específica 1****Planteamiento:**

Ha: Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la laguna primaria no cumplen con el límite máximo permisible para este tipo de agua.

H0: Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la laguna primaria cumplen con el límite máximo permisible para este tipo de agua.

**Estadística de prueba:**

Se utilizó la prueba estadística no paramétrica de Chi cuadrado de bondad de ajuste que permite comparar un conjunto de frecuencias observadas y otras esperadas, para determinar si ambas distribuciones son diferentes, utiliza como nula una distribución uniforme en las categorías analizadas.

**Nivel de confianza:**

Se utilizó un nivel de confianza del 95 % ( $\alpha=0.05$ ).

**Resultados:**

Parámetros	Observado (%)	Esperado (%)
Afectados	71.42	0
Normal	28.58	100

Chi squared

Rows, columns: 2, 2    Degrees freedom: 1

Chi2: 51.008 p (no assoc.): <0.000001

Monte Carlo p : 0.0001

Los resultados indican que existe diferencia estadística significativa ( $p=0.0001$ ), de lo cual se aprueba la hipótesis alterna, es decir: Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la laguna primaria no cumplen con el límite máximo permisible para este tipo de agua.

### **b. Hipótesis específica 2**

#### **Planteamiento:**

Ha: Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la laguna secundaria no cumplen con el límite máximo permisible para este tipo de agua.

H0: Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la laguna secundaria cumplen con el límite máximo permisible para este tipo de agua.

#### **Estadística de prueba:**

Se utilizó la prueba estadística no paramétrica de Chi cuadrado de bondad de ajuste que permite comparar un conjunto de frecuencias observadas y otras esperadas, para determinar si ambas distribuciones son diferentes, utiliza como nula una distribución uniforme en las categorías analizadas.

#### **Nivel de confianza:**

Se utilizó un nivel de confianza del 95 % ( $\alpha=0.05$ ).

#### **Resultados:**

Parámetros	Observado (%)	Esperado (%)
Afectados	42.86	0
Normal	57.14	100

Chi squared



Rows, columns: 2, 2 Degrees freedom: 1

Chi2: 18.37 p (no assoc.): 1.8192E-05

Los resultados indican que existe diferencia estadística significativa ( $p=0.000001$ ), de lo cual se aprueba la hipótesis alterna, es decir: Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la laguna primaria no cumplen con el límite máximo permisible para este tipo de agua.

### **c. Hipótesis específica 3**

#### **Planteamiento:**

Ha: Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el efluente no cumplen con el límite máximo permisible para este tipo de agua.

H0: Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el efluente cumplen con el límite máximo permisible para este tipo de agua.

#### **Estadística de prueba:**

Se utilizó la prueba estadística no paramétrica de Chi cuadrado de bondad de ajuste que permite comparar un conjunto de frecuencias observadas y otras esperadas, para determinar si ambas distribuciones son diferentes, utiliza como nula una distribución uniforme en las categorías analizadas.

**Nivel de confianza:**

Se utilizó un nivel de confianza del 95 % ( $\alpha=0.05$ ).

**Resultados:**

Parámetros	Observado (%)	Esperado (%)
Afectados	42.86	0
Normal	57.14	100

Chi squared

Rows, columns: 2, 2 Degrees freedom: 1

Chi2: 18.37 p (no assoc.): 1.8192E-05

Los resultados indican que existe diferencia estadística significativa ( $p=0.000001$ ), de lo cual se aprueba la hipótesis alterna, es decir: Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el efluente no cumplen con el límite máximo permisible para este tipo de agua.

## CONCLUSIONES

PRIMERA. La calidad de agua residual en la laguna de estabilización Espinar de Puno en el año 2021, no cumple con la normatividad vigente para efluentes de PTAR, al presentar un 42.87% de los parámetros afectados (por encima) de los límites máximos permisibles.

SEGUNDA. Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la laguna primaria no cumplen con la normatividad vigente, al presentar el 71.42% de los parámetros están por encima de los límites máximos permisibles para este tipo de agua.

TERCERA. Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la laguna secundaria no cumplen con la normatividad vigente, al presentar el 42.86% de los parámetros por encima de los límites máximos permisibles para este tipo de agua.

CUARTA. Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el efluente no cumplen con la normatividad vigente, al presentar el 42.86% de los parámetros por encima de los límites máximos permisibles para este tipo de agua.

## RECOMENDACIONES

PRIMERA. A las autoridades encargadas de la laguna de estabilización Espinar de Puno, mejorar la eficiencia de la misma, ya sea mediante el mantenimiento y extracción de lodos o con la ampliación del sistema de tratamiento.

SEGUNDA. A la autoridad municipal, realizar campañas de concientización para optimizar el uso del agua, explicar las consecuencias de un uso indiscriminado de ella y crear conciencia sobre la protección de este recurso.

TERCERA. A los ciudadanos de la ciudad de Puno, reducir la carga contaminante de las aguas servidas, mediante medidas de separación de aceites y grasas para su disposición en rellenos sanitarios, reutilizar el agua, minimizar el uso de sustancias tóxicas.

CUARTA. A las autoridades educativas y docentes, formar generaciones de futuros ciudadanos conscientes sobre el uso racional del agua, por ser un recurso vital para la existencia del ser humano y la biodiversidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arocutipa, L. (2013). *Evaluación y propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales en Massiapo del Distrito de Alto Inambari—Sandia. Sandia—Puno—Perú*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Asesores Técnicos Asociados. (1997). *Conducción, tratamiento y manejo integral de las aguas servidas—Ciudad de Puno (Sistema Salcedo—Cancharani)*. Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca.
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos*. Lima 92 p.
- Cruz, H. (2019). *Evaluación de macronutrientes y metales en los lodos residuales de la laguna de estabilización secundaria de “El Espinar”-Puno*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Cuellar, E. (2010). *Determinación de la calidad del agua residual de la colonia La Mina Torreón, COAH*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- El Peruano. (2010). *Aprueba límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales*. *Diario El Peruano*, 2.
- Fernandez, A. (2018). *Aguas residuales en el Perú, problemática y uso en la agricultura*. Autoridad Nacional del Agua.
- Fundación Nacional de Salud. (2013). *Manual práctico de análisis de aguas* (1.ª ed.). Departamento de Salud Ambiental.
- Gomez, H. (2020). *Fiscalización Ambiental de Aguas Residuales*. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación* (Quinta). McGRAW-HILL.

- Huahuasoncco, E. (2018). *Identificación y valoración de impacto ambiental de la contaminación por aguas servidas en el río Ayaviri*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Lencinas, G. (2016). *Toxicidad del efluente de la laguna de estabilización El Espinar mediante bioensayos con Daphnia pulex y Lactuca sativa I*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Loose, D. (2018). *Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento*. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento.
- Luque, V. (2020). *Efecto de la aireación en aguas de la laguna de estabilización Espinar en la remoción de bacterias coliformes totales y termotolerantes y presencia de organismos en condiciones de laboratorio*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Ordoñez, J. (2013). *Geotecnia ambiental de la laguna facultativa "El Espinar" – ciudad de Puno 2011*. Universidad Privada de Tacna.
- Salazar, C., Perea, E. M., & Oviedo, N. (2016). Calidad física, química y biológica de las aguas residuales del Jardín Botánico. *Revista Tumbaga*, 1(11), 20.
- Sánchez, G. (2018). *IV Conferencia Panamericana de Sistemas de Humedales (1.ª ed., Vol. 1)*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Sánchez, I., & Matsumoto, T. (2016). Evaluación del desempeño de la planta de tratamiento de aguas residuales urbanas de ILHA Solteira (SP) por lagunas facultativas primarias. *Ingeniería y Desarrollo*, 34(61), 24.
- Suca, G. (2019). *Evaluación de los coagulantes, poliacrilamida MT – FLOC 4254 y poliacrilamida MT – FLOC 4216 en la remoción de la carga orgánica y patógena en aguas residuales a tratar en la Laguna el Espinar de la ciudad de Puno*. Universidad Andina Néstor Cáceres Velasquez.
- Villacis, A. (2011). *Estudio de un sistema de depuración de aguas residuales para reducir*


*la contaminación del Río Ambato y los sectores aledaños, en el sector de Pisocucho, de la parroquia Izamba, del Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua.*

Universidad Técnica de Ambato.


**ANEXOS**




Anexo 1. Resultados de laboratorio



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



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



INACAL  
DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Accreditado  
Registro N° LE - 047

### INFORME DE ENSAYO N° 160156-2022 CON VALOR OFICIAL

**RAZÓN SOCIAL:** TAPIA HUACOTO CARLOS HUGO ZEÓN  
**DOMICILIO LEGAL:** JUAN VELASCO ALVARADO MZ. D LT 4 - AYAVIRI - PUNO - MELGAR  
**SOLICITADO POR:** TAPIA HUACOTO CARLOS HUGO ZEÓN  
**REFERENCIA:** CALIDAD DE AGUA RESIDUAL EN LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN - PUNO  
**PROCEDENCIA:** LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN ESPINAR  
**FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS:** 2022-01-12  
**FECHA(S) DE ANÁLISIS:** 2022-01-12 AL 2022-01-25  
**FECHA(S) DE MUESTREO:** 2022-01-11  
**MUESTREADO POR:** EL CLIENTE  
**CONDICIÓN DE LA MUESTRA:** LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIÓ

**I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:**

Ensayo	Método	L.C	Unidades
Oil and Grease Aceites y grasas	ASTM D7678 - 17. Standard Test Method for Total Oil and Grease (TOG) and Total Petroleum Hydrocarbons (TPH) in Water and Wastewater with Solvent Extraction using Mid-IR Laser Spectroscopy	0.50	mg/L
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017 Biochemical Oxygen Demand (BOD) 5-Day BOD Test	2.00 <sup>(a)</sup>	mg/L
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017 Chemical Oxygen Demand (COD) Closed Reflux, Colorimetric Method	10.0	O <sub>2</sub> mg/L
Sólidos suspendidos totales (TSS)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540.D, 23rd Ed. 2017. Solids- Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	3.00	mg/L
Numeración de Coliformes Fecales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure	1.8 <sup>(b)</sup>	NMP/100mL

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

**II. RESULTADOS:**

Producto declarado	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Matriz analizada	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Fecha de muestreo	2022-01-11	2022-01-11	2022-01-11
Hora de inicio de muestreo (h)	09:40	10:30	11:07
Coordenadas	0392735.0E	0392736.59E	0393133.11E
	8247257.92N	8247198.77N	8247084.73N
Condiciones de la muestra	Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada
Código del Cliente	PETARE-01	PETARE-02	PETARE-03
Código del Laboratorio	22010667	22010668	22010669

**ENSAYO ACREDITADO ANTE IAS**

Ensayo	Unidades	Resultados
Oil and Grease Aceites y grasas	mg/L	57.77      11.84      8.00

**ENSAYO ACREDITADO ANTE INACAL-DA**

Ensayo	Unidades	Resultados
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	229.50      107.10      137.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	O <sub>2</sub> mg/L	410.0      256.0      230.0
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	183.00      64.30      89.60
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(1)</sup>	NMP/100mL	49 x 10 <sup>4</sup> 79 x 10 <sup>4</sup> 70 x 10 <sup>4</sup>


(1) Coliformes Fecales es lo mismo que coliformes termotolerantes.

**\*\*Resultados de campo proporcionados por el cliente**

Parámetro	Unidades	PETARE-01	PETARE-02	PETARE-03
**pH	unid. pH	8.05	7.73	7.67
**Temperatura	°C	14.4	17.4	18.1

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

Lima, 28 de Enero del 2022

  
 Ing. Marilú Teilo Paucar  
 Director Técnico  
 C.I.P. N° 219624  
 Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU**

DISERVAIONES: • Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento solo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para confirmar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y sus culpables pueden ser procesados de acuerdo a la ley.

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

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

## Anexo 2. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
<p><b>PROBLEMA GENERAL:</b></p> <p>¿Cuál es la calidad de agua residual en la laguna de estabilización Espinar, Puno 2021?</p> <p><b>PROBLEMAS SECUNDARIOS:</b></p> <p>¿Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la laguna primaria cumplirán con los límites máximos permisibles para este tipo de agua?</p> <p>¿Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la laguna secundaria cumplirán con los límites máximos permisibles para este tipo de agua?</p> <p>¿Los parámetros fisicoquímicos y</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL:</b></p> <p>Evaluar la calidad de agua residual en la laguna de estabilización Espinar, Puno 2021.</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL:</b></p> <p>La calidad de agua residual en la laguna de estabilización Espinar no cumple con el límite máximo permisible vigente.</p> <p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</b></p> <p>Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la laguna primaria no cumplen con los límites máximos permisibles para este tipo de agua.</p> <p>Analizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la laguna secundaria de acuerdo al límite máximo permisible para este tipo de agua.</p>	<p><b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</b></p> <p>Se realizará un estudio no experimental, no se interviene de forma directa en la variable de estudio, sino que se busca realizar una descripción de la realidad existente.</p> <p><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:</b></p> <p>Diseño descriptivo comparativo, se busca describir una realidad objetiva mediante la recolección de información y evaluarla con la normatividad ambiental vigente.</p> <p><b>POBLACIÓN:</b></p> <p>La población de estudio estará formada por el agua de la laguna de estabilización Espinar en 2021.</p>	<p>Calidad de agua residual.</p>	<p>Parámetros físicos</p>	<p>Variables Independientes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pH.</li> <li>- Sólidos totales en suspensión.</li> <li>- Temperatura.</li> </ul> <p>Variables Dependientes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aceites y grasas.</li> <li>- Demanda bioquímica de oxígeno.</li> <li>- Demanda química de oxígeno.</li> <li>- Coliformes termo tolerantes.</li> </ul> <p>Variable Dependiente</p> <p>el agua de la laguna de estabilización espinar - puno</p>

<p>microbiológicos en el efluente cumplirán con los límites máximos permisibles para este tipo de agua?</p>	<p>Analizar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el efluente de acuerdo al límite máximo permisible para este tipo de agua.</p>	<p>Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el efluente no cumplen con los límites máximos permisibles para este tipo de agua.</p>	<p><b>MUESTRA:</b> La muestra de agua será en tres zonas de la laguna de estabilización. <b>TÉCNICAS:</b> Para la recolección de información se realizará la toma de muestras de agua siguiendo el protocolo establecido por la Autoridad Nacional del Agua. Los análisis de los parámetros fisicoquímicos del agua se realizarán en laboratorio, siguiendo metodologías establecidas para tal fin.</p>		<p>Parámetros microbiológicos</p>	
---	---	--	---	--	-----------------------------------	--





**Anexo 3. Evidencias fotográficas**

Figura 2. Equipos utilizados para la toma de muestras de agua en la laguna de el Espinar.



Figura 3. Preparando los envases para tomar las muestras de agua y reactivos necesarios.



Figura 4. Rotulando las muestras con la información necesaria.

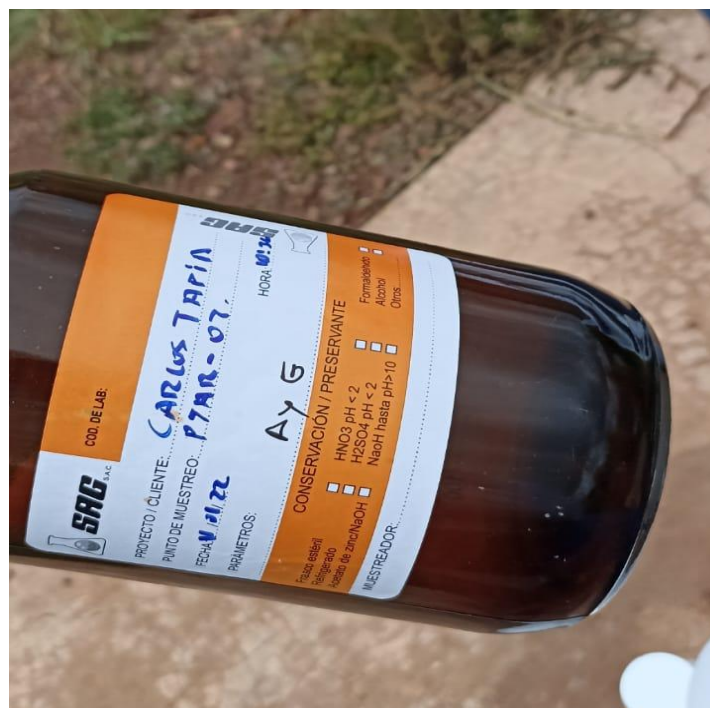


Figura 5. Rotulando y acondicionando una muestra en frasco acaramelado para análisis de DBO.