

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

Propuesta de estrategias de control y medidas de prevención de los impactos ambientales identificados en la instalación de la PTAR Pucayacu del distrito de Yanacancha, Pasco – 2022

Para optar el título profesional de:
Ingeniero Ambiental

Autor:

Bach. Sthif Andryu TELLO LOPEZ

Asesor:

Dr. Luis Alberto PACHECO PEÑA

Cerro de Pasco – Perú – 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

Propuesta de estrategias de control y medidas de prevención de los impactos ambientales identificados en la instalación de la PTAR Pucayacu del distrito de Yanacancha, Pasco – 2022

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Rommel Luis LOPEZ ALVARADO
PRESIDENTE

Dr. David Johnny CUYUBAMBA ZEVALLOS
MIEMBRO

Mg. Edgar Walter, PEREZ JUZCAMAYTA
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ingeniería

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 353-2025-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23º del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**“Propuesta de estrategias de control y medidas de
prevención de los impactos ambientales identificados
en la instalación de la PTAR Pucayacu del distrito de
Yanacancha, Pasco – 2022”**

Apellidos y nombres del tesista

Bach. Sthif Andryu TELLO LOPEZ

Apellidos y nombres del Asesor:

Dr. Luis Alberto PACHECO PEÑA

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Ambiental

Índice de Similitud

3 %

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes.

Cerro de Pasco, 2 de diciembre del 2025



Firmado digitalmente por PALOMINO
ISIDRO Rubén Edgar FAU
20154905046 soñ
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 02.12.2025 10:36:55 -05:00

DEDICATORIA

A mi madre, Vilma Paulina, con infinito amor, gratitud y admiración. Por ser mi guía, mi ejemplo de fortaleza en los momentos más difíciles y mi mayor inspiración para no rendirme nunca. Tu amor incondicional, tus sacrificios extraordinarios y tu fe inquebrantable en mí han sido el motor que me impulsó a llegar hasta aquí. Cada logro en este camino lleva tu nombre, porque sin ti, nada de esto habría sido posible. Esta tesis es tan tuya como mía.

A mi familia, por enseñarme valores como el respeto, la honestidad y la perseverancia. Asimismo, por brindarme su cariño constante y estar siempre presentes dándome sus palabras de ánimo y su confianza. Su apoyo incondicional fue muchas veces el empujón que necesité para alcanzar mis objetivos. Gracias por sostenerme en cada etapa de este camino y por darme motivos para seguir adelante cuando más lo necesité.

A todos ustedes, gracias. Esta tesis no es solo el resultado de mi esfuerzo, sino también del amor, la compañía y los recuerdos inolvidables que cada uno dejó en mí durante este proceso que cierro satisfactoriamente con la sustentación de mi tesis.

AGRADECIMIENTO

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por haberme dado la fortaleza, la salud y la sabiduría necesaria para culminar esta etapa. Sin su guía, este logro no habría sido posible.

A mi madre, a mi familia y a quienes me acompañaron en momentos significativos: su presencia, su apoyo incondicional y sus palabras inspiradoras han sido fundamentales en mi formación.

Al rector de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, por liderar esta institución, y contribuir al fortalecimiento de la educación superior en nuestra región, y especialmente, por brindarme su amistad desinteresada, lo cual valoro profundamente.

A la escuela de formación profesional de Ingeniería Ambiental, por proporcionarme una formación académica sólida y por gestionar visitas técnicas, talleres de especialización y otras actividades académicas que enriquecieron mi aprendizaje y experiencia profesional.

A los docentes, por su compromiso, dedicación y por compartir su conocimiento con responsabilidad. Agradezco especialmente su disposición para cooperar conmigo de forma desinteresada, sin fines económicos, demostrando una vocación auténtica por la enseñanza y el acompañamiento para con los estudiantes.

A todas las personas que fueron parte de este proceso, mi más sincera gratitud.

Gracias.

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar los impactos ambientales físicos y biológicos generados por la instalación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Pucayacu en el distrito de Yanacancha, Pasco, y proponer estrategias de control y medidas de prevención para mitigar dichos efectos. En un contexto de creciente urbanización y expansión poblacional, el tratamiento adecuado de las aguas residuales representa una necesidad prioritaria para mejorar el saneamiento en sectores como el Asentamiento Humano Haya de la Torre, Techo Propio y las asociaciones de vivienda Los Jardines de Pucayacu, entre otras. Durante las fases de construcción y operación de la PTAR, se identificaron impactos significativos sobre la calidad del agua, el suelo y la biodiversidad local. Entre ellos destacan la sedimentación derivada de las excavaciones, la alteración del suelo por la remoción de vegetación y la afectación de la fauna y flora circundante.

Asimismo, en la fase operativa se observaron riesgos relacionados con la calidad del efluente tratado, especialmente por la presencia de coliformes termotolerantes que no cumplen con los estándares ambientales vigentes. Para mitigar estos impactos, se propusieron estrategias de control como la optimización de los sistemas de desinfección con radiación ultravioleta, la cloración automatizada, el manejo adecuado de residuos sólidos, la restauración ecológica y la reforestación de áreas afectadas. Se concluye que la aplicación de estas estrategias contribuirá a minimizar los impactos ambientales y promover la sostenibilidad del proyecto.

Palabras clave: PTAR Pucayacu, estrategias de control, medidas de prevención, impactos ambientales, mitigación.

ABSTRACT

The objective of this research is to evaluate the physical and biological environmental impacts generated by the installation of the Pucayacu Wastewater Treatment Plant (WWTP) in the district of Yanacancha, Pasco, and to propose control strategies and prevention measures to mitigate these effects. In a context of increasing urbanization and population growth, adequate wastewater treatment is a priority for improving sanitation in areas such as the Haya de la Torre and Techo Propio settlements and the Los Jardines de Pucayacu housing associations, among others. During the construction and operation phases of the WWTP, significant impacts on water quality, soil, and local biodiversity were identified. These include sedimentation from excavations, soil disturbance from vegetation removal, and impacts on surrounding fauna and flora.

Likewise, during the operational phase, risks related to the quality of the treated effluent were observed, especially due to the presence of thermotolerant coliforms that do not comply with current environmental standards. To mitigate these impacts, control strategies were proposed, such as optimizing ultraviolet radiation disinfection systems, automated chlorination, proper solid waste management, ecological restoration, and reforestation of affected areas. It is concluded that the application of these strategies will contribute to minimizing environmental impacts and promoting the sustainability of the project.

Keywords: Pucayacu WWTP, control strategies, prevention measures, environmental impacts, mitigation.

INTRODUCCIÓN

La gestión de aguas residuales es uno de los desafíos más significativos en las regiones urbanas y semiurbanas de América Latina. En el caso del distrito de Yanacancha, provincia de Pasco, el aumento de la población y la urbanización acelerada han incrementado la generación de aguas residuales, lo que, sin un adecuado tratamiento, puede acarrear graves consecuencias tanto para el medio ambiente como para la salud pública. La instalación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Pucayacu representa una solución crítica para mitigar la contaminación hídrica y mejorar las condiciones de vida de los habitantes de esta zona (Gobierno Regional de Pasco, 2021).

El tratamiento adecuado de las aguas residuales no solo implica el tratamiento físico-químico de los efluentes, sino también la implementación de estrategias de mitigación para los impactos ambientales que pueden surgir durante las fases de construcción y operación de la planta. Durante la construcción, las actividades de excavación y el movimiento de tierras pueden alterar la calidad del agua y del suelo, mientras que, en la fase operativa, los efluentes generados pueden afectar la biodiversidad local si no se gestionan adecuadamente. Estos impactos, si no se abordan adecuadamente, pueden afectar la salud de la población y deteriorar aún más el ecosistema local (González et al., 2018).

La investigación de la PTAR Pucayacu tiene como objetivo identificar y evaluar los impactos ambientales tanto físicos como biológicos generados por la instalación de la planta. La identificación temprana de estos impactos es fundamental para diseñar medidas de prevención y estrategias de control efectivas que puedan mitigar sus efectos. Diversos estudios han señalado que una adecuada planificación y ejecución de medidas de mitigación y control son esenciales para garantizar que los proyectos de tratamiento

de aguas residuales cumplan con los estándares ambientales sin generar efectos adversos (Aguilar & Dávila, 2019; Ramos et al., 2021).

Además, la aplicación de tecnologías avanzadas, como los sistemas de desinfección con radiación ultravioleta y los sistemas SCADA para el monitoreo continuo, ha demostrado ser efectiva en la mejora de la calidad de los efluentes y en la gestión de los residuos generados durante la operación de estas plantas (Ministerio del Ambiente, 2017). El uso de estas tecnologías, junto con un enfoque integral de gestión ambiental, permitirá a la PTAR Pucayacu alcanzar su objetivo de mejorar el saneamiento en el distrito, reduciendo al mismo tiempo los impactos negativos sobre el medio ambiente.

El presente estudio no solo busca evaluar los impactos y proponer medidas para mitigar los efectos negativos generados por la PTAR Pucayacu, sino también servir de base para futuras investigaciones y proyectos similares en la región. A través de esta investigación, se pretende contribuir al conocimiento de la gestión sostenible de aguas residuales en contextos urbanos y rurales, promoviendo prácticas que beneficien tanto al medio ambiente como a la salud pública.

Sthif Andryu, TELLO LOPEZ

ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	
 CAPÍTULO I	
 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	3
1.3. Formulación del problema	4
1.3.1. Problema general.....	4
1.3.2. Problemas específicos	4
1.4. Formulación de objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos	5
1.5. Justificación de la investigación	5
1.6. Limitaciones de la investigación.....	6
 CAPÍTULO II	
 MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes de estudio	8
2.1.1. Antecedentes Locales	8
2.1.2. Antecedentes Nacionales	10

2.1.3. Antecedentes Internacionales	12
2.2. Bases teóricas científicas	16
2.2.1. Impactos Ambientales	16
2.2.2. Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).....	16
2.2.3. Medidas de Prevención y Mitigación.....	17
2.2.4. ¿Cómo identificar los impactos ambientales.....	17
2.2.5. Impacto Ambiental y su Evaluación	17
2.2.6. Normativa Peruana sobre Evaluación de Impacto Ambiental en Infraestructura	20
2.2.7. Estrategias de control y medidas de prevención de los impactos ambientales	21
2.3. Definición de términos conceptuales	23
2.4. Enfoque filosófico - epistémico	25

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación	28
3.2. Nivel de Investigación	29
3.3. Característica de la Investigación	29
3.4. Método de Investigación	32
3.5. Diseño de Investigación	33
3.6. Procedimiento del muestreo.....	34
3.6.1. Población.....	34
3.6.2. Muestra.....	35
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	36
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	37

3.9. Orientación ética	38
------------------------------	----

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados	41
4.1.1. Descripción de las características técnicas de la planta de tratamiento de aguas residuales Pucayacu	41
4.1.2. Identificación y Descripción de los Impactos Ambientales	43
4.1.3. Medidas de Prevención y Estrategias de Control.....	56
4.1.4. Estableciendo qué tan efectivas serán las estrategias propuestas para minimizar los impactos ambientales físicos y biológicos generados en el proyecto	60
4.2. Discusión de resultados.....	65

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES PTAR PUCAYACU DEL DISTRITO DE YANACANCHA, PASCO	52
TABLA 2. CALIDAD DEL EFLUENTE PROYECTADO	54

INDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. COMPARACIÓN DE PARÁMETROS PROYECTADOS CON LOS LMP.....	55
--	----

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La gestión inadecuada de las aguas residuales representa una problemática ambiental significativa en el distrito de Yanacancha, provincia de Pasco. La ausencia de un tratamiento efectivo de estos efluentes ha contribuido a la contaminación de cuerpos de agua locales, afectando tanto al ecosistema como a la salud de la población circundante. En respuesta a esta situación, el Gobierno Regional de Pasco ha iniciado la construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Pucayacu, con el objetivo de mitigar los impactos negativos asociados al vertido sin tratamiento de las aguas residuales (Gobierno Regional de Pasco, 2021).

Sin embargo, la implementación de la PTAR Pucayacu también conlleva potenciales impactos ambientales durante las fases de construcción y operación. Estos pueden incluir la alteración de suelos, afectación de cuerpos de agua cercanos y generación de residuos sólidos y líquidos (Gobierno Regional de Pasco, 2021). La identificación y evaluación de estos impactos son esenciales

para garantizar que la planta cumpla con su propósito sin generar efectos adversos adicionales en el entorno. Además, es fundamental establecer estrategias de control y medidas de prevención adecuadas para minimizar o eliminar los impactos negativos identificados. Estas estrategias deben estar basadas en un análisis detallado de los posibles efectos ambientales y considerar las particularidades socioeconómicas y ecológicas de la región (Gobierno Regional de Pasco, 2021).

La PTAR Pucayacu ha sido diseñada para atender las necesidades de saneamiento de las diversas comunidades del distrito de Yanacancha, incluyendo el Asentamiento Humano Haya de la Torre, Techo Propio, Columna Pasco, así como las Asociaciones de Vivienda Los Jardines de Pucayacu y Los Próceres. Estas zonas han experimentado un crecimiento poblacional significativo en los últimos años, lo que ha incrementado la generación de aguas residuales y en consecuencia, la urgencia de implementar un sistema de tratamiento eficiente. La operatividad de esta planta no solo contribuirá a mejorar la calidad ambiental del área, sino que también reducirá los riesgos sanitarios para los habitantes de estos sectores.

Por lo tanto, surge la necesidad de desarrollar una propuesta que contemple estrategias de control y medidas de prevención específicas para los impactos ambientales asociados a la instalación y operación de la PTAR Pucayacu. Esta propuesta debe estar fundamentada en un diagnóstico preciso de la situación actual y orientada a promover una gestión ambiental sostenible en el distrito de Yanacancha.

1.2. Delimitación de la investigación

Delimitación Espacial

La investigación se llevó a cabo en el distrito de Yanacancha, provincia de Pasco, región Pasco, específicamente en las zonas beneficiadas por la instalación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Pucayacu. Estas comprenden el Asentamiento Humano Haya de la Torre, Techo Propio, Columna Pasco y las Asociaciones de Vivienda Los Jardines de Pucayacu y Los Próceres.

Delimitación Temporal

El estudio se desarrolló considerando el período correspondiente al año 2022 donde se identificaron los impactos, por ello se tomó como referencia la ejecución del proyecto de instalación de la PTAR Pucayacu y su impacto ambiental durante las etapas de construcción y operación. Además, se analizaron antecedentes relevantes y datos actuales relacionados con el saneamiento y tratamiento de aguas residuales en la región.

Delimitación Temática

La investigación se centró en la identificación y evaluación de los impactos ambientales físicos y biológicos derivados de la instalación de la PTAR Pucayacu del año 2022, para luego desarrollar la otra variable de la investigación que es la propuesta de estrategias de control y medidas de prevención alineados a la actualidad. Asimismo, se analizaron estas estrategias de control y medidas de prevención establecidas para mitigar dichos impactos. Se excluyen los aspectos sociales y económicos del proyecto, priorizando el análisis ambiental y su influencia en los ecosistemas locales.

Delimitación Conceptual

Se emplearon conceptos relacionados con el impacto ambiental, tratamiento de aguas residuales, mitigación y prevención de daños ambientales, gestión sostenible del agua, y normativas ambientales aplicables en el contexto peruano.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuáles son los impactos ambientales físicos y biológicos generados por la instalación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Pucayacu del distrito de Yanacancha, Pasco, cuya identificación permita proponer estrategias de control y medidas de prevención para su mitigación?

1.3.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuáles son los principales impactos ambientales físicos y biológicos generados por la instalación de la PTAR Pucayacu durante su fase de construcción y operación?
- b. ¿Qué medidas de prevención y estrategias de control serán establecidas para el proyecto de instalación de la PTAR Pucayacu para minimizar los impactos ambientales identificados?
- c. ¿Qué tan efectivas serán las estrategias y medidas propuestas para minimizar los impactos ambientales físicos y biológicos generados en el proyecto?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Identificar y evaluar los impactos ambientales físicos y biológicos generados por la instalación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

(PTAR) Pucayacu del distrito de Yanacancha, Pasco, para proponer estrategias de control y medidas de prevención orientadas a su mitigación.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Identificar y describir los principales impactos ambientales físicos y biológicos generados por la instalación de la PTAR Pucayacu durante su fase de construcción y operación.
- b. Determinar las medidas de prevención y estrategias de control para el proyecto de instalación de la PTAR Pucayacu, para minimizar los impactos ambientales identificados.
- c. Establecer qué tan efectivas serán las estrategias propuestas para minimizar los impactos ambientales físicos y biológicos generados en el proyecto.

1.5. Justificación de la investigación

La presente investigación es de suma importancia para comprender los impactos ambientales generados por la instalación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Pucayacu, un proyecto clave en el distrito de Yanacancha, provincia de Pasco. La creciente urbanización y la expansión de la población en esta región han incrementado la demanda de servicios de saneamiento, particularmente en las zonas de Asentamiento Humano Haya de la Torre, Techo Propio, Columna Pasco, y las Asociaciones de Vivienda Los Jardines de Pucayacu y Los Próceres. Sin embargo, esta expansión también ha conllevado la generación de grandes volúmenes de aguas residuales que, en ausencia de un adecuado tratamiento, han tenido efectos negativos sobre la calidad ambiental y la salud pública.

La instalación de la PTAR Pucayacu representa una solución clave para la gestión de aguas residuales en estas comunidades, buscando mejorar la calidad de vida de sus habitantes mediante el tratamiento adecuado de los efluentes. No obstante, cualquier obra de esta magnitud conlleva impactos ambientales durante sus fases de construcción y operación. Por ello, se hace necesario realizar un estudio detallado de estos impactos y establecer las estrategias de control y prevención que se implementarán para minimizar efectos adversos.

La investigación busca llenar un vacío en la comprensión de los posibles efectos que la instalación de la PTAR podría generar sobre los ecosistemas físicos y biológicos de la zona. Además, contribuirá al desarrollo de medidas más efectivas para mitigar los impactos ambientales y asegurar la sostenibilidad del proyecto en el largo plazo. Este estudio no solo es relevante desde el punto de vista ambiental, sino también en términos de las políticas públicas y la gestión ambiental, ya que permitirá ajustar y fortalecer las estrategias de manejo para proyectos futuros en la región.

Por tanto, la justificación radica en la necesidad de generar un diagnóstico claro y científico sobre los impactos ambientales de la PTAR Pucayacu, con el fin de garantizar que el proyecto cumpla su objetivo de mejorar las condiciones de saneamiento, minimizando a su vez los efectos negativos sobre el medio ambiente y la salud de la población.

1.6. Limitaciones de la investigación

a. Acceso a Información Completa: La disponibilidad limitada de datos precisos y actualizados sobre los impactos ambientales de la PTAR Pucayacu durante su fase de construcción y operación podría restringir el análisis detallado de algunos aspectos específicos del proyecto.

- b. Factores Externos no Controlables:** Factores como el clima, eventos imprevistos o cambios en la normativa ambiental durante el desarrollo del proyecto pueden influir en los resultados, dificultando la predicción exacta de los impactos y la efectividad de las estrategias propuestas.
- c. Ámbito Geográfico:** El estudio se limita al área geográfica específica del distrito de Yanacancha, lo que puede no reflejar los impactos de la PTAR en otras áreas cercanas o de forma más global.
- d. Tiempo de Evaluación:** La evaluación de las medidas de prevención y control solo se basó en datos disponibles hasta el año 2022, por lo que cualquier modificación posterior a este período no es considerada en el análisis de efectividad.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

La instalación de plantas de tratamiento de aguas residuales es una práctica común en regiones con problemas de saneamiento, y su implementación conlleva tanto beneficios como desafíos ambientales. En este contexto, varios estudios han analizado los impactos ambientales asociados a proyectos similares en diversas partes del mundo, lo que ofrece un marco de referencia útil para la investigación del impacto de la PTAR Pucayacu. A continuación, se menciona algunos de los principales antecedentes que están relacionados con esta investigación:

2.1.1. Antecedentes Locales

Estudio de la PTAR de Yanacancha

El Gobierno Regional de Pasco (2021) en su informe sobre las obras de saneamiento en Yanacancha indica que la instalación de la PTAR en este distrito tiene el objetivo de resolver los problemas de saneamiento en áreas con alta densidad poblacional, pero destaca que la falta de planes de manejo adecuados

durante la construcción podría causar afectaciones al medio ambiente local, especialmente en cuanto a la contaminación de fuentes hídricas cercanas. La investigación subraya la importancia de implementar un monitoreo constante durante la operación.

Calixto, K. (2023) desarrolló la investigación titulada “Evaluación de los parámetros de calidad para la determinación de la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Campesina Pariamarca del distrito de Yanacancha, Pasco – 2022”, cuyo objetivo fue analizar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales mediante la evaluación de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del afluente y efluente. Los resultados indicaron que, en el afluente, los niveles de pH, demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y coliformes termotolerantes superaban los límites permitidos para efluentes de plantas de tratamiento domésticas o municipales. En contraste, en el efluente tratado se registraron valores de pH de 8.40, temperatura de 13 °C, aceites y grasas de 2.7 mg/L, DBO_5 de 17.8 mg/L, demanda química de oxígeno (DQO) de 30.9 mg/L, sólidos suspendidos totales de 8.9 mg/L y coliformes termotolerantes de 23 NMP/100 mL, todos dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos por el Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM. La planta alcanzó eficiencias de remoción de 80.99 % en aceites y grasas, 83.83 % en DBO_5 , 74.40 % en DQO, 90.76 % en sólidos suspendidos totales y 99.98 % en coliformes termotolerantes. Estos resultados demostraron que el sistema de tratamiento de aguas residuales de la Comunidad Campesina de Pariamarca cumple con la normativa ambiental vigente y no genera afectaciones al río Huallaga, cuerpo receptor del efluente tratado (p. 55).

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Estudio de Impactos Ambientales en Proyectos de Tratamiento de Aguas Residuales en Perú

Según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) (2020), menciona que diversos proyectos de tratamiento de aguas residuales en Perú han mostrado que, aunque las plantas contribuyen significativamente a la mejora del saneamiento, la fase de construcción y operación puede generar impactos negativos en la calidad del agua, la biodiversidad local y la salud humana si no se implementan medidas adecuadas de control y prevención.

Contreras (2018), desarrolló la investigación titulada Propuesta de una PTAR para reducir el impacto ambiental del sistema de alcantarillado en el Centro Poblado “Andy y su Pueblo”, Carabayllo – Lima, con el propósito de diseñar una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) mediante el uso de humedales artificiales, como alternativa sostenible para el tratamiento de aguas residuales domésticas. El estudio se orientó a determinar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del afluente, evaluar el porcentaje de remoción en cada fase de tratamiento para su posible reutilización y proteger los cuerpos receptores a fin de reducir el impacto ambiental. Los resultados evidenciaron que los humedales artificiales constituyen una tecnología eficiente, de bajo costo y sencilla operación, adecuada para zonas rurales, ya que permiten una efectiva remoción de materia orgánica y nutrientes. Se identificó que las aguas residuales presentaban un nivel de contaminación medio a fuerte, debido a los altos valores de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos totales (SST) y coliformes fecales (CF), los cuales superaban los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos para el riego de áreas verdes. Sin embargo, tras el

tratamiento, se alcanzaron concentraciones de DBO de 14.63 mg/L, SST de 17.47 mg/L y CF de 8.10×10^2 NMP/100 mL, cumpliendo los LMP excepto en CF. Por ello, se recomendó aplicar una desinfección por cloración para reducir la carga microbiológica y garantizar un efluente apto para su reúso (Contreras, 2018).

Estudio de Impactos Ambientales en la Región Andina

Un estudio realizado por Aguilar & Dávila (2019) sobre los impactos ambientales generados por proyectos de saneamiento en la región andina de Perú reveló que los impactos negativos asociados con el tratamiento de aguas residuales, tales como la alteración de la fauna y flora local, la contaminación de suelos y la alteración del paisaje, son comunes cuando no se consideran medidas de prevención adecuadas.

Ramos, Sánchez y Soto (2021) desarrollaron la investigación titulada Propuesta de mejora para el funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) del distrito de Apata – Jauja, en la cual analizaron la necesidad de optimizar la operatividad de las plantas de tratamiento para garantizar la calidad del efluente y minimizar los impactos ambientales asociados. El estudio se centró en el diseño de mejoras orientadas a incrementar la eficiencia del proceso de tratamiento, mediante la evaluación de parámetros fisicoquímicos fundamentales como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO) y los sólidos totales. Los resultados permitieron identificar deficiencias en la operación del sistema, las cuales incidían directamente en la calidad del efluente descargado. En consecuencia, se propusieron acciones técnicas para fortalecer el funcionamiento del sistema, asegurar el cumplimiento de la normativa ambiental y contribuir a la reducción de la contaminación hídrica en el ámbito local (Ramos, Sánchez, & Soto, 2021).

2.1.3. Antecedentes Internacionales

Greeley & Hansen (2017) desarrollaron el estudio técnico y ambiental de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Guangarcucho, ubicada en la ciudad de Cuenca, Ecuador, como parte del programa de saneamiento integral impulsado por la Empresa de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (ETAPA EP). En dicho estudio se analizaron los impactos ambientales derivados de la fase de construcción y operación de la planta, enfocándose en la calidad del agua, manejo de lodos, emisiones atmosféricas y ruido. Los autores identificaron impactos tanto negativos como positivos, proponiendo medidas de mitigación orientadas al control de emisiones, tratamiento adecuado de residuos y recuperación paisajística del entorno. El documento enfatiza la importancia de la planificación ambiental previa para reducir los efectos sobre los ecosistemas acuáticos y terrestres, demostrando que la implementación de plantas de tratamiento adecuadamente diseñadas contribuye significativamente a la mejora de la calidad ambiental de los cuerpos receptores.

Este antecedente guarda relación con la presente investigación, ya que ambos estudios buscan identificar y controlar los impactos ambientales asociados a proyectos de saneamiento, en especial los vinculados a las fases constructiva y operativa de una planta de tratamiento de aguas residuales.

López, J. & Parra, K. (2022) en su investigación: Diseño e implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales industriales (PTAR), para la mitigación del impacto ambiental en la Curtiembre La Villa, del municipio de Villapinzón, departamento de Cundinamarca, dedicada a la transformación de pieles en cuero, se evidenció que sus procesos productivos

utilizan grandes volúmenes de agua y sustancias químicas, las cuales son vertidas directamente al río Bogotá, generando un alto riesgo para la salud de la población y el medio ambiente. Esta situación se debe a que las actividades de la empresa son de carácter artesanal y no cuentan con tecnología adecuada para el tratamiento de sus efluentes. Frente a esta problemática, el diseño e implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) fue planteado como una alternativa viable para disminuir la carga contaminante y cumplir con la normativa ambiental vigente. La planificación del proyecto estimó una duración de 126 días y una inversión total de \$128.101.765, demostrando la factibilidad técnica y económica de su ejecución.

Este antecedente resulta relevante para la presente investigación, ya que evidencia la necesidad de contar con sistemas de tratamiento eficientes en empresas que generan descargas contaminantes, como una medida efectiva para mitigar los impactos ambientales asociados a la contaminación hídrica.

Alférez, Babativa y Moreno (2023) desarrollaron una investigación centrada en la construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en el humedal La Cuerera, ubicado en Villavicencio, Meta, Colombia. El estudio aborda la problemática del acceso al saneamiento básico en comunidades vulnerables, específicamente en el sector de Aguas Claras, y analiza los impactos ambientales derivados de la ejecución del proyecto. Asimismo, los autores proponen un Plan de Manejo Ambiental orientado a prevenir, mitigar y compensar los efectos negativos generados durante la construcción, con el propósito de mejorar la calidad de vida de los habitantes y preservar el ecosistema del humedal.

Los resultados del estudio evidencian que la instalación de la PTAR es fundamental para reducir la contaminación y mejorar las condiciones sanitarias; no obstante, genera impactos ambientales asociados a emisiones de gases, alteración del paisaje y contaminación acústica. En respuesta, el Plan de Manejo Ambiental plantea medidas específicas como el control de maquinaria, la minimización de áreas intervenidas, la socialización con la comunidad y la protección de la fauna local, con el fin de mitigar los impactos y garantizar la sostenibilidad del entorno natural durante la ejecución del proyecto.

Escobar, M. J. (2022). desarrolló una investigación orientada a diagnosticar el estado actual de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en las veredas Rionegro, Media Naranja y Chicharronal del municipio de Corinto, departamento del Cauca, Colombia. El estudio surge ante la preocupación por la deficiente gestión del agua y los impactos ambientales ocasionados por las aguas residuales domésticas que, sin tratamiento adecuado, afectan los ecosistemas y la salud de la población. El autor destaca que, en las zonas rurales del municipio, los sistemas de acueducto y alcantarillado presentan limitaciones significativas, lo que se refleja en la baja cobertura de saneamiento básico y en la ineficiencia de los tratamientos aplicados.

La investigación aplicó un diagnóstico participativo con la intervención de autoridades municipales, administradores de las plantas y representantes comunitarios. Los resultados evidenciaron que las PTAR existentes cuentan con tratamientos primarios y secundarios que no operan correctamente, por lo que no logran reducir de manera efectiva la carga contaminante de los vertimientos. Esta situación genera riesgos para la salud humana y contribuye a la contaminación de las fuentes hídricas locales. Escobar concluye que los hallazgos del estudio

constituyen una línea base para el mejoramiento y adecuación de las plantas de tratamiento, en concordancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, específicamente el ODS 6, que promueve el acceso universal al agua limpia y saneamiento.

Para Garzón, D. M. (2023) En su investigación titulada: Análisis y diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Girardot Cundinamarca para la Urbanización los prados primera y segunda etapa. Universidad Nacional de Colombia, El recurso hídrico es un insumo fundamental para la existencia de la humanidad considerándola un elemento crucial para el correcto funcionamiento de la sociedad, debido a la contaminación presente en el agua se han evidenciado serias amenazas a sus consumidores ya que el recurso no cuenta con un buen tratamiento, para mejorar las condiciones de salud es necesario implementar sistemas de saneamiento básico eficientes para el manejo de aguas residuales, es por ello que será necesario seleccionar la tecnología y el tren de tratamiento apropiado para transformar la calidad del agua mediante el uso de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la urbanización los Prados en Girardot – Cundinamarca. Concluyendo que la investigación determinó que la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) propuesta beneficiará a 229 viviendas de la urbanización Los Prados, en el municipio de Girardot. A partir de los parámetros de diseño, se establecieron criterios técnicos que garantizan un tratamiento eficiente y conforme a los estándares de calidad ambiental. El sistema propuesto es económico viable y tiene una vida útil estimada de 25 años, sujeta a un mantenimiento adecuado. Finalmente, se concluye que la implementación de la PTAR contribuirá significativamente a la reducción de la contaminación ambiental y al cumplimiento de los Objetivos de

Desarrollo Sostenible (ODS) y del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) del municipio para el periodo 2020–2023. (p. 58)

Estos antecedentes proporcionan una base sólida para la investigación de la PTAR Pucayacu, permitiendo identificar posibles impactos y validar las estrategias de mitigación que podrían aplicarse en el proyecto. Además, ayudan a situar la investigación dentro del contexto de los desafíos y soluciones más amplias en el manejo de aguas residuales en zonas rurales y semiurbanas de Perú.

2.2. Bases teóricas científicas

2.2.1. Impactos Ambientales

Los impactos ambientales de los proyectos de infraestructura, como la instalación de una PTAR, incluyen efectos físicos, como la alteración del paisaje, la emisión de gases contaminantes, la alteración de los suelos y la fauna, y efectos biológicos, como la reducción de la biodiversidad (Alvarez & Tovar, 2019). En particular, el tratamiento de aguas residuales puede tener impactos significativos sobre la calidad del agua y la salud del ecosistema acuático circundante (González et al., 2018).

2.2.2. Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)

Una PTAR es una instalación encargada de eliminar los contaminantes del agua residual antes de su retorno al medio ambiente. La tecnología utilizada en estas plantas depende de la calidad del agua a tratar, y puede incluir procesos como sedimentación, filtración, desinfección y tratamiento biológico (Espinoza, 2017). Estas instalaciones son esenciales para mejorar la calidad del agua y reducir la contaminación hídrica (Martínez, 2020).

2.2.3. Medidas de Prevención y Mitigación

Las medidas de prevención y mitigación son esenciales para reducir los impactos negativos en el medio ambiente durante la fase de construcción y operación de una PTAR. Entre las estrategias destacan el control de emisiones de gases, el manejo adecuado de residuos sólidos, la protección de la fauna local y el control del ruido (Ríos & Pérez, 2020). Estas medidas deben ser implementadas según las normativas ambientales locales e internacionales para asegurar la sostenibilidad del proyecto (Vargas et al., 2019).

2.2.4. ¿Cómo identificar los impactos ambientales

Para identificar los impactos ambientales, es necesario evaluar las actividades de un proyecto que puedan alterar el equilibrio del entorno. Esto incluye impactos físicos (modificaciones en el suelo, agua, aire) y biológicos (efectos en la fauna y flora). La identificación de impactos puede realizarse mediante métodos como la matriz de impactos, que permite clasificar según la intensidad y la temporalidad del impacto.

Tipos de impactos:

1. **Directos:** Provocados directamente por las actividades del proyecto (e.g., emisión de contaminantes).
2. **Indirectos:** Efectos secundarios no siempre inmediatos (e.g., alteraciones en el ecosistema).

2.2.5. Impacto Ambiental y su Evaluación

La evaluación del impacto ambiental (EIA) es hoy una herramienta de gestión clave para decidir si un proyecto es viable –no solo técnicamente y económicamente, sino también desde el desempeño ambiental y social. De acuerdo con la International Association for Impact Assessment (IAIA), la EIA

se entiende como un proceso sistemático para identificar, predecir, evaluar y mitigar los efectos biofísicos, sociales y otros efectos relevantes de propuestas de desarrollo antes de que se tomen decisiones y se asuman compromisos. (International Association for Impact Assessment, 2009).

Autores de referencia como Glasson, Therivel y Chadwick resaltan que la EIA no es un mero trámite, sino un instrumento de planificación y apoyo a la decisión, que integra variables ambientales en el ciclo del proyecto (screening, scoping, línea base, valoración de impactos, diseño de medidas de manejo, seguimiento y retroalimentación).

En esa línea, la EIA permite comparar alternativas, transparentar trade-offs y reducir riesgos regulatorios, reputacionales y financieros a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Desde una perspectiva metodológica, la EIA se estructura en varias fases:

- Identificación de impactos (qué puede pasar y dónde).
- Predicción de impactos (cuánto, con qué probabilidad y en qué horizonte temporal).
- Evaluación de la significancia (qué tan críticos son los impactos según su magnitud, duración, reversibilidad, área de influencia y sensibilidad del entorno).
- Diseño de medidas de mitigación y compensación, así como planes de manejo y monitoreo.

Morris y Therivel sintetizan este enfoque como un conjunto de métodos para traducir información técnica en juicios de significancia que apoyen decisiones de inversión y licenciamiento.

Dentro del portafolio de métodos, la matriz de Leopold es uno de los enfoques clásicos y más citados. Diseñada por Leopold y colaboradores en el U.S. Geological Survey, esta metodología organiza en una matriz bidimensional las acciones del proyecto (filas) y los factores ambientales (columnas), permitiendo valorar para cada interacción tanto la magnitud como la importancia del impacto.

Aunque la matriz completa contempla miles de posibles interacciones, en la práctica se focaliza en las más críticas, lo que la convierte en una herramienta útil para priorizar impactos relevantes y comunicar resultados de manera visual a decisores y stakeholders.

Complementariamente, los análisis de redes causales (cause–effect networks) modelan las relaciones encadenadas entre acciones del proyecto, impactos directos e indirectos, y receptores ambientales (por ejemplo, “extracción de agua → reducción de caudal → cambio en hábitat acuático → impacto en biodiversidad”). Canter describe estas redes como uno de los métodos “simples” de identificación de impactos, junto con matrices y listas de chequeo, útiles para capturar impactos secundarios y acumulativos que una matriz bidimensional podría subestimar. Leopold, L. B., Clarke, F. E., Hanshaw, B. B., & Balsley, J. R. (1971).

La literatura reciente enfatiza que la EIA se apalanca cada vez más en herramientas integradas (GIS, modelos de simulación, evaluaciones de riesgo, indicadores y sistemas de monitoreo) para robustecer la predicción y el seguimiento de impactos, manteniendo el mismo núcleo conceptual: identificar, predecir, evaluar y mitigar impactos de manera anticipada y transparente.

2.2.6. Normativa Peruana sobre Evaluación de Impacto Ambiental en Infraestructura

En el Perú, la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es un proceso fundamental para identificar, prevenir, mitigar y corregir los posibles efectos negativos que proyectos de infraestructura puedan tener sobre el medio ambiente. La normativa peruana establece un marco legal y procedural para garantizar que estas evaluaciones sean realizadas de manera efectiva.

Marco Legal:

Ley N° 27446 - Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA): Esta ley crea el SEIA como un sistema único y coordinado destinado a la identificación, prevención, supervisión, control y corrección anticipada de los impactos ambientales negativos derivados de proyectos, políticas, planes y programas. (MINAM, 2011)

Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM - Reglamento del SEIA: Este reglamento detalla los procedimientos y criterios para la evaluación y aprobación de los estudios de impacto ambiental, estableciendo las categorías de proyectos y los instrumentos de gestión ambiental requeridos.

Procedimientos de Evaluación:

- **Estudio de Impacto Ambiental Detallado (EIA-d):** Requerido para proyectos que puedan generar impactos ambientales significativos. Este estudio analiza detalladamente los posibles efectos y propone medidas de mitigación.
- **Informe Técnico Sustentatorio (ITS):** Utilizado para modificaciones o ampliaciones de proyectos existentes que impliquen impactos no

significativos. Permite una evaluación más ágil de cambios específicos en el proyecto. (Wikipedia, 2023)

Entidades Competentes:

- **Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles (SENACE):** Encargado de evaluar y aprobar los EIA-d de proyectos de inversión en sectores como minería, energía, hidrocarburos, transportes, agricultura y residuos sólidos. (Wikipedia, 2024)
- **Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA):** Responsable de supervisar el cumplimiento de las normas ambientales y sancionar las infracciones.

Importancia de la Normativa:

La normativa peruana sobre evaluación de impacto ambiental en infraestructura busca asegurar que el desarrollo de proyectos no comprometa la calidad ambiental y la salud de las comunidades. Además, promueve la participación ciudadana en los procesos de evaluación, fortaleciendo la transparencia y la legitimidad de las decisiones tomadas.

Es esencial que los proyectos de infraestructura en el Perú cumplan con esta normativa para promover un desarrollo sostenible que respete y preserve el medio ambiente.

2.2.7. Estrategias de control y medidas de prevención de los impactos ambientales

Las estrategias de control y medidas de prevención ambiental son acciones planificadas y sistemáticas que buscan evitar, minimizar, mitigar o compensar los efectos negativos que puede generar un proyecto sobre el ambiente. Estas estrategias son fundamentales dentro del marco de la gestión

ambiental y deben estar alineadas con las fases del proyecto (construcción, operación, cierre).

1. Prevención de impactos ambientales

La prevención es la acción más eficiente, pues busca evitar que el impacto se produzca, eliminando la fuente del mismo o modificando el diseño del proyecto.

- **Selección adecuada del sitio:** Evitar zonas ecológicamente sensibles o de alto valor ambiental.
- **Diseño sostenible:** Incorporar tecnologías limpias, reutilización de agua, eficiencia energética.
- **Estudios previos de línea base ambiental:** Permiten entender el entorno antes del proyecto y planificar mejor.

Según **CONAM (2005)**, “la prevención de los impactos es el principio rector de la política ambiental, ya que resulta más eficiente actuar antes de que se generen los daños” (p. 44).

2. Mitigación de Impactos

La mitigación consiste en reducir la magnitud o intensidad del impacto cuando no puede ser completamente evitado.

- **Control de emisiones atmosféricas:** Filtros en maquinarias, mantenimiento regular.
- **Reducción de ruidos:** Barreras acústicas, horarios de trabajo adecuados.
- **Manejo de residuos sólidos y peligrosos:** Clasificación, almacenamiento, transporte y disposición final según normativa.

El Ministerio del Ambiente del Perú (2017) indica que “la mitigación debe implementarse de forma continua, adaptándose al monitoreo y

evaluación de los impactos en la etapa de operación” (MINAM, Guía para la elaboración del Plan de Manejo Ambiental).

3. Medidas de control

Estas son acciones de seguimiento y verificación que permiten comprobar la efectividad de las medidas implementadas.

- **Monitoreo ambiental:** Seguimiento periódico de calidad del aire, agua, suelo y biodiversidad.
- **Auditorías ambientales internas o externas.**
- **Protocolos de respuesta ante emergencias (derrames, incendios, fallos operativos).**

4. Medidas Compensatorias

Cuando los impactos no pueden ser prevenidos ni mitigados completamente, se aplican acciones de compensación ambiental, como:

- Reforestación en otras áreas por pérdida de cobertura vegetal.
- Programas de conservación de fauna silvestre.
- Apoyo a la educación ambiental en comunidades locales.

El Reglamento del SEIA (D.S. N° 019-2009-MINAM) establece que “las medidas compensatorias deben garantizar que no se reduzca el nivel general de calidad ambiental del área de influencia”.

2.3. Definición de términos conceptuales

Estrategias de Control Ambiental: Conjunto de técnicas o acciones implementadas durante la ejecución de un proyecto para reducir o eliminar los efectos adversos sobre el medio ambiente. (Sánchez, 2013)

Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). Es el conjunto de estudios técnicos sistemáticos que permiten identificar, predecir y valorar los impactos ambientales de un proyecto antes de su ejecución. (Ley N.º 27446, 2001)

Fase de Construcción. Etapa del proyecto que incluye la preparación del sitio, movimiento de tierras, instalación de estructuras y componentes de la PTAR. Esta fase suele generar los mayores impactos físicos sobre el ambiente. (OEFA, 2021)

Fase de Operación. Etapa posterior a la construcción en la cual la PTAR entra en funcionamiento, tratando aguas residuales de manera continua y generando ciertos impactos operativos. (SUNASS, 2020)

Impacto Ambiental. Es cualquier cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso, resultante total o parcialmente de las actividades, productos o servicios de una organización. En esta investigación, se refiere a los efectos físicos y biológicos provocados por la instalación y operación de la PTAR Pucayacu. (MINAM, 2020)

Medidas de Prevención. Acciones diseñadas para evitar la generación de impactos ambientales negativos desde el diseño o planificación del proyecto. (Ministerio del Ambiente, 2017)

Medio Físico. Componente del ambiente que incluye el aire, agua, suelo, clima, y geología. Es uno de los principales afectados durante la construcción de infraestructuras como una PTAR. (MINAM, 2020)

Medio Biológico. Según el Ministerio del Ambiente (MINAM) de Perú, el "medio biológico" hace referencia a la biodiversidad, es decir, la variedad de especies existentes en un ecosistema, región o país. También se define el "medio

"ambiente" como el conjunto de elementos físicos, químicos y biológicos (naturales o antropogénicos) que posibilitan el desarrollo de la vida.

Mitigación. Incluye evitar el impacto por completo al no realizar una acción o parte de ella; minimizar los impactos limitando el grado o la magnitud de la acción y su implementación; rectificar el impacto mediante reparar, rehabilitar o restaurar el entorno afectado; reducir o eliminar el impacto a lo largo del tiempo mediante operaciones de preservación y mantenimiento durante la vida de la acción; y compensar el impacto proveyendo o sustituyendo recursos o ambientes» (Council on Environmental Quality, 40 CFR § 1508.20, citado en U.S. Department of the Interior, 2009).

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). Infraestructura destinada a tratar las aguas residuales domésticas, industriales o municipales, removiendo contaminantes antes de ser descargadas al medio ambiente, reduciendo riesgos para la salud y los ecosistemas. (OTASS, 2022).

2.4. Enfoque filosófico - epistémico

Toda investigación científica se sustenta en un marco filosófico–epistémico que orienta la manera en que el investigador concibe la realidad y la forma de conocerla. En el caso de la presente investigación, cuyo propósito es identificar los impactos ambientales físicos y biológicos derivados de la instalación de la PTAR Pucayacu y proponer estrategias de control y medidas de prevención, se articulan tres enfoques principales: el positivista–empírico, el constructivista–interpretativo y el pragmático.

1. Perspectiva Positivista – Empírica

El positivismo sostiene que el conocimiento válido se obtiene a través de la observación sistemática, la descripción y el análisis verificable de los

fenómenos de la realidad (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). En este estudio, dicha perspectiva se refleja en el análisis de documentos técnicos, fichas de impacto ambiental y normativas, que constituyen fuentes empíricas y verificables.

Desde este enfoque, los impactos ambientales físicos y biológicos son considerados hechos observables, los cuales se describen mediante matrices de análisis (Leopold y Conesa). Este posicionamiento asegura que los resultados presentados mantengan un nivel de objetividad y rigurosidad técnica, características propias de la investigación científica en el campo ambiental.

2. Perspectiva Constructivista – Interpretativa

Si bien la base del estudio es empírica, también resulta necesario un marco constructivista, en el cual se reconoce que los impactos ambientales no solo son hechos físicos, sino fenómenos que requieren de interpretación para comprender su magnitud, significancia y consecuencias ecológicas.

El constructivismo plantea que el conocimiento es producto de la interacción entre el investigador y el objeto de estudio, en un proceso de construcción de significados (Guba & Lincoln, 1994). En este caso, el investigador interpreta los impactos ambientales identificados en función de su relevancia ecológica y su incidencia en los ecosistemas locales del distrito de Yanacancha.

De este modo, la epistemología interpretativa permite no solo describir, sino también comprender la forma en que dichos impactos afectan al medio físico (suelo, aire, agua) y biológico (flora y fauna), aportando un análisis integral.

3. Perspectiva Pragmática

Finalmente, la investigación se inscribe en una visión pragmática, entendida como la búsqueda de un conocimiento orientado a la solución de problemas reales. Desde este enfoque, la utilidad del conocimiento no radica únicamente en su validez teórica, sino en su capacidad para generar propuestas aplicables que respondan a las necesidades sociales y ambientales (Creswell, 2014).

En este sentido, el valor de la investigación se concreta en la propuesta de estrategias de control y medidas de prevención, que representan un aporte práctico a la gestión ambiental. De acuerdo con el pragmatismo, la investigación científica debe generar insumos que contribuyan a la toma de decisiones y a la sostenibilidad del desarrollo (Patton, 2002).

En conclusión, el enfoque filosófico–epistémico de esta investigación combina tres perspectivas complementarias:

Positivista–empírica, porque describe los impactos a partir de datos documentales y observables.

Constructivista–interpretativa, porque otorga significado a los impactos en relación con el ecosistema local.

Pragmática, porque busca generar conocimiento útil para la gestión ambiental y la prevención de impactos negativos.

Este marco epistemológico asegura que la investigación no solo se limite a la descripción técnica, sino que se oriente hacia la comprensión y solución de los problemas ambientales, aportando propuestas de valor para la sostenibilidad del distrito de Yanacancha.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo descriptiva propositiva, ya que se orienta a identificar, analizar y describir los impactos ambientales físicos y biológicos generados por la instalación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Pucayacu, en el distrito de Yanacancha, Pasco, sin intervención directa en el entorno evaluado. Posteriormente, con base en dichos hallazgos, se propone estrategias de control y medidas de prevención orientadas a minimizar dichos impactos.

Además, tiene un enfoque cualitativo y no experimental, dado que no se manipulan variables ni se realiza una aplicación práctica, sino que se analizan documentos técnicos y normativos ya existentes para formular una propuesta.

Clasificación según el propósito y el diseño:

Criterio	Tipo de Investigación
Por el propósito	Descriptiva – Propositiva
Por el enfoque	Cualitativa (con apoyo documental-técnico)
Por el diseño metodológico	No experimental – Transversal
Nivel	Propositivo

3.2. Nivel de investigación

La presente investigación se ubica en el nivel descriptivo – propositivo.

Se considera descriptiva porque busca identificar y caracterizar los principales impactos ambientales físicos y biológicos derivados de la instalación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Pucayacu, durante sus fases de construcción y operación. Este tipo de investigación no manipula variables, sino que se limita a describir con detalle las características y efectos observados a partir de fuentes documentales y técnicas (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

Asimismo, es de carácter propositivo, ya que, a partir de los hallazgos obtenidos en la fase descriptiva, se plantea una propuesta de estrategias de control y medidas de prevención orientadas a mitigar los impactos identificados. De esta manera, la investigación no solo describe un fenómeno ambiental, sino que genera alternativas de solución que pueden ser consideradas por las autoridades competentes para la gestión ambiental del distrito de Yanacancha.

3.3. Característica de la Investigación

Las características de la investigación pueden definirse en función de diversos aspectos relacionados con el enfoque, el tipo de datos y el propósito del

estudio. En este caso, la investigación se enmarca en un estudio descriptivo y propositivo. A continuación, se detallan las principales características:

a. Tipo de Investigación:

Descriptiva: Se enfoca en identificar y describir los impactos ambientales generados por la instalación de la PTAR Pucayacu, así como las estrategias y medidas de control propuestas para minimizar esos impactos. No se realizan intervenciones, sino que se recopila, organiza y presenta información existente.

Propositiva: Se plantea la propuesta de medidas de prevención y control para minimizar los impactos ambientales, aunque su implementación corresponderá a la empresa en etapas posteriores si lo consideran conveniente.

b. Propósito:

Exploratorio: El objetivo principal es profundizar en la comprensión de los impactos ambientales relacionados con la instalación de la PTAR Pucayacu y formular estrategias de control que podrían implementarse en el futuro. Aunque no se realizarán pruebas ni experimentos, se plantea una propuesta.

Analítico: A partir de los datos obtenidos, se analizan los impactos, identificando las mejores estrategias y prácticas recomendadas.

c. Enfoque:

Cualitativo: El estudio se basa en el análisis de información técnica como informes, documentos de impacto ambiental, y la revisión de la normativa existente. Se trata de un análisis más centrado en el contenido descriptivo y menos en la cuantificación de datos.

Documental: La recolección de datos se realiza a partir de la revisión de informes y documentos existentes, como la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) y otros informes técnicos del proyecto.

d. Temporalidad:

Transversal: La investigación se realiza en un solo momento, donde se analiza la información disponible sin realizar intervenciones o análisis a lo largo del tiempo. Se centra en los datos actuales disponibles.

e. Alcance:

Propuesta de Medidas: Aunque la investigación no implementará las estrategias, su alcance es el desarrollo de estrategias de control y medidas de prevención basadas en la documentación existente y las normativas vigentes.

f. Método de Recolección de Datos

Revisión de Documentos: Se utilizaron fuentes documentales como informes de impacto ambiental, fichas técnicas y normativa ambiental para construir las propuestas.

Análisis Cualitativo: No se emplearon instrumentos cuantitativos, sino que se utilizó el análisis de contenido cualitativo para estructurar la información obtenida y formular propuestas.

g. Enfoque Normativo:

La investigación toma en cuenta las normas y regulaciones ambientales peruanas, como la Ley General de Evaluación de Impacto Ambiental y las regulaciones sobre el manejo de aguas residuales, para formular las propuestas de medidas preventivas.

3.4. Método de Investigación

1. Método Documental:

Definición: El método documental se refiere a la recopilación y análisis de fuentes secundarias, como informes, publicaciones académicas, libros, y documentos legales que permiten conocer el estado actual de un tema específico (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

Aplicación en la investigación: En este caso, se utilizarán informes como la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) y otros documentos relevantes para analizar los impactos ambientales generados por la instalación de la PTAR Pucayacu.

2. Método Descriptivo:

Definición: El método descriptivo busca caracterizar una situación o fenómeno específico, brindando una comprensión detallada y clara del objeto de estudio (Creswell, 2014).

Aplicación en la investigación: Este método se utilizará para describir los impactos ambientales de la PTAR Pucayacu, tanto en su fase de construcción como de operación, sin intervenir en el fenómeno.

3. Método Analítico:

Definición: El método analítico permite descomponer una situación compleja en sus partes más simples para analizar sus causas, efectos e interrelaciones (Guba & Lincoln, 1994).

Aplicación en la investigación: Este método se usará para examinar los impactos identificados y para evaluar las estrategias de control y medidas preventivas propuestas.

4. Método Comparativo:

Definición: El método comparativo permite estudiar y contrastar dos o más fenómenos para identificar sus similitudes y diferencias (Gerring, 2007).

Aplicación en la investigación: Se utilizará para comparar los impactos de la PTAR Pucayacu con los impactos de otros proyectos similares y evaluar las estrategias de control aplicadas.

5. Método Inductivo:

Definición: El método inductivo permite llegar a generalizaciones a partir de la observación de hechos o fenómenos específicos (Patton, 2002).

Aplicación en la investigación: Se aplicará al recopilar datos sobre los impactos de la PTAR Pucayacu y generar conclusiones más generales sobre cómo prevenir o mitigar estos impactos en futuros proyectos.

6. Método Deductivo:

Definición: El método deductivo parte de principios generales o teorías para llegar a conclusiones específicas, aplicando normas o principios previamente establecidos (Babbie, 2010).

Aplicación en la investigación: Este método se utilizará para aplicar principios y normativas ambientales a los impactos específicos generados por la PTAR Pucayacu.

3.5. Diseño de investigación

Diseño No Experimental y Transversal: La investigación será no experimental, ya que no se intervendrá en el proceso de instalación ni se manipularán variables. Además, será transversal porque los datos y análisis se centrarán en una evaluación en un único momento o período de tiempo.

El diseño no experimental es adecuado debido a que no se puede controlar el proceso de instalación de la PTAR, pero sí se pueden analizar sus impactos y proponer medidas para mitigar esos impactos en un contexto específico. Además, la investigación será realizada en un tiempo determinado para evaluar los impactos de la instalación.

Enfoque Descriptivo: El enfoque de la investigación es descriptivo, ya que tiene como objetivo identificar, describir y analizar los impactos ambientales generados por la instalación de la PTAR Pucayacu. Además, la investigación busca proponer estrategias de control y medidas de prevención sin intervenir directamente en su implementación.

3.6. Procedimiento del Muestreo

3.6.1. Población

La población de la investigación está constituida por la totalidad de la información ambiental generada en torno al proyecto “Instalación de la PTAR Pucayacu del distrito de Yanacancha, Pasco”, en sus fases de formulación, evaluación y puesta en marcha.

Este universo comprende todos los documentos técnicos y de gestión ambiental vinculados a la PTAR Pucayacu, tales como:

- Declaraciones e instrumentos de gestión ambiental elaborados para el proyecto (DIA u otros equivalentes).
- Fichas técnicas y matrices de identificación y evaluación de impactos ambientales.
- Informes de diseño y memorias descriptivas de la infraestructura de la PTAR y su área de influencia.

- Informes, reportes y registros de monitoreo ambiental (agua, suelo, medio biótico) asociados al proyecto.
- Normas, guías y lineamientos técnicos específicos aplicables a la instalación y operación de la PTAR Pucayacu.

Por tanto, la población está conformada por todos los documentos ambientales oficiales relacionados con la PTAR Pucayacu y su entorno, de los cuales se extrae la evidencia necesaria para evaluar los impactos físicos y biológicos y plantear la propuesta de estrategias de control y medidas de prevención.

3.6.2. Muestra

La muestra se definió mediante un muestreo no probabilístico intencional, seleccionando aquellos documentos que concentran la información crítica para responder a los objetivos de la investigación y representan de manera suficiente a la población descrita.

La muestra estuvo conformada por:

- La Declaración de Impacto Ambiental (DIA) y/o instrumento de gestión ambiental principal del proyecto de instalación de la PTAR Pucayacu, donde se identifica y valora el conjunto de impactos ambientales del proyecto.
- La Ficha Técnica de Impactos Ambientales y la matriz de identificación y evaluación de impactos elaboradas para la PTAR Pucayacu.
- Los informes de diseño y memorias descriptivas de la planta (línea de tratamiento, caudal de diseño, puntos de descarga y área de influencia), que permiten contextualizar los impactos físicos y biológicos.

- Los registros de monitoreo de calidad de efluente y de la fuente receptora disponibles para el año 2022, considerando parámetros como pH, DBO₅, DQO, sólidos suspendidos totales y coliformes termotolerantes, entre otros.

A partir de esta muestra documental se construyen los indicadores de la investigación (tipos de impactos, matrices de valoración, parámetros de calidad de agua, etc.), pero dichos indicadores no constituyen la muestra en sí, sino el resultado del análisis aplicado sobre esta selección de documentos.

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Dado el enfoque cualitativo de la investigación, las técnicas utilizadas fueron las siguientes:

- a. Análisis Documental:** Se analizaron los informes y documentos técnicos relacionados con el proyecto de instalación de la PTAR Pucayacu. Esto incluye la Ficha Técnica de Impactos Ambientales, la Declaración de Impacto Ambiental y otros documentos normativos que puedan ofrecer información sobre los impactos ambientales identificados y que se tengan a la mano.
- b. Revisión de Normativa y Documentos Técnicos:** Se llevó a cabo una revisión sistemática de las normas ambientales peruanas y las guías de buenas prácticas para el manejo de impactos ambientales. Esto proporcionó una base sólida para las estrategias propuestas en la investigación.
- c. Análisis Cualitativo:** A través de un análisis cualitativo, se extrajeron los principales impactos y las medidas de control de los documentos revisados para presentar una propuesta clara y estructurada.

Los instrumentos utilizados son los siguientes:

- Guías de análisis para evaluar el contenido de los informes y fichas técnicas.

- Listado de normas aplicables y guías de buenas prácticas.
- Herramientas de análisis cualitativo (como tablas y mapas conceptuales) para organizar la información obtenida.
- Páginas de internet referentes al tema
- Otros de ser necesario

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para garantizar la rigurosidad y validez de la investigación, los datos recopilados fueron procesados y analizados mediante técnicas cualitativas y cuantitativas, permitiendo una evaluación integral de los impactos ambientales identificados.

1. Procesamiento de Datos

- **Codificación y organización de datos:** Se clasificaron los impactos ambientales en función de su naturaleza (físicos o biológicos) y su relevancia en el contexto del proyecto.
- **Tabulación de información:** Los datos obtenidos de las matrices de evaluación y las mediciones ambientales fueron registrados en tablas y gráficos para facilitar su interpretación.

2. Análisis de Datos

Método de Análisis: El análisis de los datos fué cualitativo, ya que la investigación busca comprender y describir los impactos ambientales y las medidas de control desde un enfoque interpretativo.

Justificación: El análisis cualitativo es el adecuado dado que el objetivo de la investigación es proponer estrategias para mitigar impactos ambientales, lo cual requiere un análisis profundo y descriptivo basado en documentos y teorías existentes, más que en datos numéricos.

Procedimiento:

- **Selección de la muestra documental:** Identificación de los documentos clave relacionados con el proyecto PTAR Pucayacu y proyectos similares en la región.
- **Revisión de la información documental:** Lectura y análisis de los documentos seleccionados.
- **Propuesta de estrategias:** Con base en el análisis, se elaboró un conjunto de estrategias y medidas de prevención para mitigar los impactos ambientales.
- **Elaboración de conclusiones y recomendaciones:** Presentar conclusiones sobre los impactos identificados y las estrategias propuestas, así como recomendaciones para su aplicación futura.

3.9. Orientación ética

La orientación ética de una investigación es fundamental para garantizar que el proceso de recolección, análisis y presentación de datos se realice de manera responsable y respetuosa con las personas, el medio ambiente y la sociedad en general. En este caso las siguientes pautas éticas son esenciales:

1. Honestidad y Transparencia

Integridad en la Recolección de Datos: Es esencial que toda la información recopilada a través de la revisión documental sea fiel por lo cual no se manipuló para ajustarse a los resultados deseados. Cualquier dato utilizado fue verificado y citado adecuadamente, conforme a las normas de citación académica. (Pérez & González, 2021)

Transparencia en los Resultados: Los resultados obtenidos de la investigación son presentados de manera clara y precisa, sin sesgos, para

proporcionar un panorama real de los impactos identificados y las posibles medidas de prevención y control. (Pérez & González, 2021)

2. Responsabilidad Social y Ambiental

Impacto en la Comunidad: Como esta investigación está enfocada en los impactos ambientales de la instalación de la PTAR, fue fundamental considerar el bienestar de las comunidades locales. Las propuestas de medidas preventivas son planteadas con la intención de mejorar las condiciones de vida de las personas y reducir el riesgo de enfermedades o afectaciones por la contaminación del agua. (Constitución Política del Perú, 1993).

Minimización de Daños Ambientales: La investigación busca siempre propuestas que promuevan la protección del medio ambiente, basándose en la minimización de los impactos negativos sobre los recursos hídricos, la fauna, y la flora local. (Ley N° 28611, 2005).

3. Respeto a la Normativa Legal

Cumplimiento de Normativas Ambientales: Fue crucial que todas las propuestas de medidas de prevención y control que se elaboraron en la investigación respetan al máximo la legislación ambiental nacional e internacional vigente. En Perú, esto implica cumplir con la Ley General del Ambiente (Ley N° 28611) y las normas vinculadas a la gestión de residuos y el tratamiento de aguas residuales. (Ley N° 28611, 2005).

Evaluación de Impactos Ambientales (EIA): Las propuestas se alinean con las normativas sobre Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), siguiendo los procedimientos establecidos en la normativa peruana, como los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) y Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA),

que son obligatorios para la instalación de proyectos de infraestructura. (Ministerio del Ambiente, 2017).

4. Responsabilidad Profesional

Compromiso con la Calidad y Rigor Científico: Como investigador, es fundamental que los análisis y las propuestas sean realizadas con el máximo rigor científico. Por tanto, las fuentes de información son fiables y verificadas, y todas las conclusiones están basadas en evidencias claras y consistentes. (Pérez & González, 2021)

Reconocimiento de Fuentes: Fue imprescindible reconocer adecuadamente las fuentes de información utilizadas, los cuales son citados todos los documentos, investigaciones previas y datos empleados en el desarrollo de la tesis. (Aguilar, 2018).

La ética en la investigación no solo es crucial para la validez y fiabilidad de los resultados, sino también para asegurar que las propuestas formuladas tengan un impacto positivo en la comunidad, el medio ambiente y la salud pública. Por tanto, esta investigación está guiada por principios éticos sólidos que fomenten el respeto, la responsabilidad y el compromiso con la sostenibilidad.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.1.1. Descripción de las características técnicas de la planta de tratamiento de aguas residuales Pucayacu

El proyecto denominado “Instalación de la planta de tratamiento de aguas residuales Pucayacu para el AA.HH. Haya de la Torre, Techo Propio, Columna Pasco, Asociación de Vivienda Los Jardines de Pucayacu y Los Próceres, distrito de Yanacancha, provincia y región Pasco” fue declarado viable en fase de perfil con el código SNIP N.º 250722 y posteriormente desarrollado en expediente técnico por el Gobierno Regional de Pasco, en coordinación con el Ministerio de Vivienda. (Gobierno Regional de Pasco, s. f.).

La Memoria Descriptiva de la Etapa I – Componente Red de Emisor de la Alcantarilla detalla la secuencia de hitos administrativos (resoluciones ejecutivas regionales, reformulaciones presupuestales y registro del expediente técnico en el PMO Pasco) y confirma la responsabilidad del Gobierno Regional de Pasco como unidad ejecutora del proyecto. (Gobierno Regional de Pasco, s. f.).

De acuerdo con la Memoria Descriptiva del proyecto, la PTAR Pucayacu considera una línea de tratamiento convencional para aguas residuales domésticas, conformada por:

- Cámara de rejas de 6,55 m × 0,90 m y sedimentador de 2,55 m × 0,65 m.
- Dos tanques Imhoff de 6,30 m × 4,70 m y profundidad de 6,40 m, con un volumen de digestión de 138,84 m³.
- Dos lechos de secado de 20,00 m × 9,90 m ($\approx 198 \text{ m}^2$ cada uno).
- Filtro biológico con dimensiones útiles de 6,80 m × 3,95 m.
- Caseta de cloración de 8,00 m × 4,00 m y profundidad de 2,50 m.
- Cerco perimétrico de 142,82 m lineales.

A ello se suma la ejecución de redes colectoras ($\approx 1\,548 \text{ m}$), emisor ($\approx 5\,284 \text{ m}$) y 180 buzones, lo que confirma que la PTAR Pucayacu forma parte de un sistema integral de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales para los asentamientos humanos beneficiarios. (Gobierno Regional de Pasco, s. f.).

Adicionalmente, el subpresupuesto 002 “PTAR Pucayacu” de la Etapa II del proyecto, elaborado por el Gobierno Regional de Pasco, consolida las cantidades de obra, mano de obra y materiales necesarios para la construcción de la planta, con fecha de corte 01 de julio de 2020 y ubicación 190113 Pasco–Pasco–Yanacancha. (Gobierno Regional de Pasco, s. f.).

Este documento de costos detalla partidas específicas asociadas a la PTAR (estructura civil, equipos, componentes hidráulicos, obras de seguridad y cierre), lo que evidencia el nivel de madurez técnico-económica del proyecto más allá de la etapa de perfil.

Desde el punto de vista regulatorio, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) trató la solicitud presentada por el Gobierno Regional de Pasco para la

autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas provenientes del proyecto “Instalación de la planta de tratamiento de aguas residuales Pucayacu...”. Mediante la Resolución Directoral N.º 0200-2022-ANA-DCERH, de fecha 27 de septiembre de 2022, la ANA declara improcedente la solicitud debido a que el administrado no acreditó contar con el instrumento de gestión ambiental aprobado ni con la evaluación del efecto del vertimiento sobre el cuerpo receptor, entre otros requisitos. (ANA, 2022).

Este pronunciamiento confirma que la PTAR Pucayacu forma parte de un proceso formal de gestión ambiental y de recursos hídricos, sujeto al cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECA-Agua) y los Límites Máximos Permisibles (LMP) para vertimientos, de acuerdo con la Ley de Recursos Hídricos y su reglamento. (ANA, 2022).

A nivel de avance físico, el Gobierno Regional de Pasco ha difundido a través de canales oficiales la nota titulada “Construcción de planta de tratamiento de aguas residuales en Pucayacu con buen avance físico”, publicada el 26 de octubre de 2021, donde se reporta el progreso de las obras de la PTAR Pucayacu y su relevancia para mejorar el saneamiento en los asentamientos humanos beneficiarios. (Gobierno Regional de Pasco. 2021).

4.1.2. Identificación y Descripción de los Impactos Ambientales

La instalación de la PTAR Pucayacu tiene como objetivo mejorar el tratamiento de aguas residuales en el distrito de Yanacancha, pero durante su construcción y operación se generarán impactos ambientales tanto físicos como biológicos. Estos incluyen la alteración de la calidad del agua, el suelo y la biodiversidad local, así como la generación de residuos. La implementación de

estrategias de control y medidas preventivas es esencial para minimizar estos impactos y garantizar que el proyecto sea ambientalmente sostenible.

A. Impactos Ambientales Físicos:

✓ Alteración de la Calidad del Agua:

Descripción: La instalación de la PTAR Pucayacu está diseñada para mejorar la calidad del agua mediante el tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, la fase de construcción estaría generando impactos temporales, como la turbidez de los cuerpos de agua cercanos debido al movimiento de tierras y las excavaciones para instalar la infraestructura. Además, el vertimiento del efluente tratado hacia la quebrada seca debe cumplir con las normativas ambientales para evitar alteraciones en los cuerpos de agua receptores.

Parámetros del Efluente: Se proyectó que los efluentes cumplan con los límites establecidos, como los niveles de pH (6.5-8.5), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), sólidos suspendidos totales, coliformes termotolerantes, entre otros, cumpliendo con los estándares de calidad para agua residual tratada.

✓ Alteración del Suelo:

Descripción: Durante la fase de construcción, el movimiento de tierras necesario para la instalación de los componentes de la planta, como los tanques Imhoff, filtros biológicos y lechos de secado, está causando la alteración temporal del suelo. Esto incluye la compactación, pérdida de estructura y posibles cambios en la calidad del suelo debido a las excavaciones y la instalación de infraestructura.

Impactos relacionados: Se ha identificado que el suelo en la zona de la PTAR es arenoso y arcilloso, lo que implica problemas de drenaje si no se manejan adecuadamente las excavaciones y el tratamiento de residuos

✓ **Generación de Residuos Sólidos:**

Descripción: Durante la construcción y operación de la PTAR, se generaron residuos sólidos tanto peligrosos como no peligrosos. La gestión adecuada de estos residuos es esencial para evitar la contaminación del suelo y los cuerpos de agua. Los residuos incluyen material de construcción sobrante, lodos generados en el tratamiento de aguas residuales y desechos del mantenimiento de la planta.

Medidas de Mitigación: Se ha establecido un plan de manejo de residuos sólidos, siguiendo las normativas del Ministerio de Vivienda y la legislación peruana, que incluye la disposición adecuada de los residuos sólidos y el tratamiento de los lodos generados.

B. Impactos Ambientales Biológicos:

✓ **Alteración de la Biodiversidad:**

Descripción: La construcción de la PTAR está afectando los ecosistemas circundantes, especialmente las especies de fauna y flora locales. La remoción de vegetación y la alteración de los hábitats para la instalación de la infraestructura causan desplazamiento de especies locales, especialmente en áreas cercanas a cuerpos de agua.

Especies Afectadas: Se ha observado que la fauna en el área incluye especies como zorros, venados, águilas, y aves migratorias, mientras que

la flora se compone de arbustos y árboles como el molle, el quinual y el huamantinpa

La alteración de estos ecosistemas ocasiona tener un impacto negativo en la biodiversidad local.

✓ **Contaminación por Emisiones y Efluentes:**

Descripción: Durante la operación de la planta, si no se gestionan correctamente los efluentes tratados, puede haber impactos biológicos en los ecosistemas acuáticos cercanos debido a la acumulación de materiales no tratados o contaminantes. Además, el proceso de cloración del agua y el manejo de lodos puede generar emisiones de olores que afecten la calidad del aire.

Medidas de Mitigación: Se han propuesto medidas de control, como el monitoreo de la calidad del aire y del agua, para asegurar que los efluentes cumplan con los estándares ambientales establecidos, reduciendo el impacto sobre la biodiversidad local.

C. Fuentes de Datos o Mediciones:

✓ **Monitoreos de Calidad del Aire, Agua y Suelo:**

Durante la construcción y operación de la PTAR, se deben realizar monitoreos de la calidad del aire, el agua y el suelo en las áreas cercanas para verificar los impactos del proyecto. Los parámetros relevantes a considerar incluyen:

- a. **Calidad del Agua:** Se debe analizar el pH, los sólidos suspendidos, los coliformes termotolerantes, la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO) de los efluentes

tratados, con el fin de verificar el cumplimiento de los límites establecidos por las normativas ambientales nacionales.

- b. **Calidad del Aire:** Los contaminantes a evaluar incluyen las partículas en suspensión (PM10), los gases como CO, NO₂, SO₂ y otros compuestos que puedan ser generados durante la construcción y operación, como los derivados de las máquinas y equipos utilizados.
- c. **Calidad del Suelo:** Es necesario realizar un análisis para verificar la posible contaminación del suelo debido a la disposición de residuos sólidos o materiales generados durante la construcción y operación de la planta.

Cabe resaltar que, durante la construcción y operación de la PTAR, se debe realizar un monitoreo constante de la calidad del agua, que incluye parámetros como el pH, DBO, sólidos suspendidos y coliformes termotolerantes. Estos se deben comparar con los límites establecidos por las normativas nacionales e internacionales (Gobierno Regional de Pasco, 2021). Además, se debe monitorear la calidad del aire, tomando en cuenta contaminantes como PM10, CO y NO₂, que pueden generarse durante las actividades de construcción (Ministerio del Ambiente, 2010).

✓ **Generación de Residuos:**

Durante la construcción y operación de la PTAR, se generarán diferentes tipos de residuos:

Durante la construcción: Residuos de excavación, materiales de construcción sobrantes, y residuos peligrosos, como aceites y grasas derivados de maquinaria.

Durante la operación: Lodos generados en el proceso de tratamiento de aguas, residuos no peligrosos como plásticos, metales, y otros materiales procedentes del mantenimiento y limpieza de las instalaciones.

✓ **Impacto en el Ecosistema Local:**

Los monitoreos también deben incluir la evaluación de cómo las actividades de construcción y operación afectan la fauna y flora local, especialmente en las áreas cercanas a la planta. Por ejemplo, las actividades de excavación pueden provocar el desplazamiento de especies locales, y la alteración de la vegetación podría tener efectos en el hábitat de algunas especies.

D. Referencias a Normativas o Estándares Ambientales:

✓ **Estándares Ambientales Nacionales e Internacionales:**

Los límites permisibles de contaminantes establecidos por organismos nacionales como el Ministerio del Ambiente (MINAM) deben ser cumplidos. Esto incluye las normas sobre la calidad del agua, la calidad del aire y la gestión de residuos sólidos. Algunas de las normativas a considerar incluyen:

- a. **Ley General de Salud (Ley N.^º 28.506):** Define los parámetros para la calidad del aire y agua, y establece los límites para la emisión de contaminantes.
- b. **Reglamento de la Ley General de Saneamiento (DS N.^º 001-2010-VIVIENDA):** Establece los requisitos técnicos para la construcción de sistemas de saneamiento y el tratamiento de aguas residuales.

c. **Normas internacionales:** Como las del Organismo Mundial de la Salud (OMS) y los Estándares de la Unión Europea también pueden servir como referencia para comparar los resultados y verificar el cumplimiento.

El cumplimiento con las normativas nacionales como la Ley General de Salud y el Reglamento de la Ley General de Saneamiento asegura que el tratamiento de aguas residuales cumpla con los estándares establecidos. Esto es clave para la gestión de efluentes y residuos generados en el proceso de tratamiento (Ministerio del Ambiente, 2010).

Cabe resaltar que según los resultados obtenidos el parámetro coliformes termotolerantes no cumple con la norma que establece que el valor máximo permitido debe ser menos de 10,000 NMP/100 ml. Esto indica que, aunque el sistema de tratamiento proyectado para la PTAR Pucayacu cumple con varios parámetros, como el pH, DBO, DQO, y sólidos suspendidos, el control microbiológico (en términos de coliformes) podría necesitar ajustes en el sistema de desinfección.

E. Descripción de las Fases de la Planta:

a. Fase de Construcción:

Durante la fase de construcción, los impactos ambientales incluyen:

Generación de ruido: Las actividades de excavación, el uso de maquinaria pesada y el movimiento de tierra pueden generar altos niveles de ruido, afectando tanto la fauna local como la calidad de vida de los residentes cercanos.

Alteración de la calidad del agua: El movimiento de tierra y la excavación pueden causar sedimentación en los cuerpos de agua

cercanos, afectando la calidad del agua antes de que se implementen los sistemas de tratamiento.

Alteración del suelo: Las excavaciones necesarias para la instalación de la infraestructura de la PTAR podrían provocar compactación del suelo, afectando su estructura y fertilidad temporalmente.

b. Fase de Operación:

Durante la fase de operación, los impactos ambientales incluyen:

Generación de efluentes y lodos: Los lodos generados durante el tratamiento de las aguas residuales deben ser tratados y dispuestos adecuadamente para evitar la contaminación del suelo y cuerpos de agua cercanos.

Generación de olores: La acumulación de lodos en la PTAR podría generar malos olores, afectando la calidad del aire en las inmediaciones de la planta.

Emisión de gases contaminantes: La operación de la planta puede generar emisiones de gases contaminantes derivados del proceso de tratamiento de aguas y la desinfección con cloro, aunque estos deben estar dentro de los límites permitidos por las normativas ambientales.

Impactos sobre la fauna y flora: La presencia constante de humanos y maquinaria puede alterar la fauna local, desplazando especies y afectando su hábitat natural.

Se debe realizar un monitoreo constante de la calidad del aire, agua y suelo, tanto durante la fase de construcción como en la operación de la PTAR Pucayacu. Además, es esencial que todos los impactos

identificados estén alineados con las normativas nacionales e internacionales para asegurar el cumplimiento de los estándares ambientales. Las fases de construcción y operación tienen diferentes impactos que deben ser mitigados adecuadamente a través de medidas de gestión ambiental y monitoreo constante.

En la fase de construcción, las actividades de excavación y movimiento de tierras podrían alterar la calidad del agua temporalmente, provocando sedimentación en los cuerpos de agua cercanos (Gobierno Regional de Pasco, 2021). Durante la fase de operación, la acumulación de lodos en la PTAR podría generar malos olores que afecten la calidad del aire, lo que debe ser monitoreado y controlado para evitar impactos negativos en la comunidad (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017).

A continuación, se presenta los impactos ambientales identificados en la PTAR Pucayacu del distrito de Yanacancha, Pasco; los cuales servirán de base para realizar la propuesta de estrategias de control y medidas de prevención de los impactos ambientales identificados de la zona de estudio:

Tabla 1. Identificación de Impactos Ambientales PTAR Pucayacu del distrito de Yanacancha, Pasco

Impacto	Fase	Descripción	Estrategia de mitigación
Alteración de la Calidad del Agua	Construcción	Durante la construcción, puede ocurrir sedimentación en los cuerpos de agua cercanos debido a las actividades de excavación, afectando temporalmente la vida acuática.	Monitoreo de la calidad del agua y aplicación de técnicas de control de sedimentación para limitar el flujo de sedimentos hacia los cuerpos de agua cercanos.
Alteración del Suelo	Construcción	Las excavaciones para la instalación de infraestructura podrían causar compactación del suelo, pérdida de su estructura y problemas de drenaje del agua.	Uso de técnicas adecuadas de manejo del suelo, incluyendo la minimización de áreas excavadas y la restauración de los suelos alterados después de la construcción.
Generación de Residuos Sólidos	Construcción y Operación	La construcción generará escombros y durante la operación, la planta producirá lodo y otros residuos.	Implementar métodos de segregación y disposición de residuos, y asegurar el tratamiento y disposición adecuados durante la operación de la planta.
Desplazamiento de la Biodiversidad	Construcción	La instalación podría desplazar a la fauna local debido a la destrucción de hábitats, particularmente cerca de las zonas de construcción.	Restauración de hábitats, incluyendo programas de reforestación con especies nativas y reubicación de la fauna.

Emisión de Contaminantes Atmosféricos	Operación	La planta podría generar malos olores debido a la acumulación de lodo, y emisiones de gases por el uso de maquinaria.	Uso de digestores anaeróbicos para tratar el lodo e instalación de sistemas de purificación del aire para minimizar los olores y emisiones durante la operación.
Generación de Residuos Sólidos	Construcción y Operación	La construcción generará escombros y durante la operación, la planta producirá lodo y otros residuos.	Implementar métodos de segregación y disposición de residuos, y asegurar el tratamiento y disposición adecuados durante la operación de la planta.
Contaminación del Agua por Coliformes	Operación	El efluente tratado podría contener niveles de coliformes termotolerantes superiores a los permitidos.	Mejorar los sistemas de desinfección, considerando radiación ultravioleta y sistemas automáticos de cloración para cumplir con los estándares microbiológicos.

Fuente: Elaboración propia en base al Proyecto PTAR Pucayacu, 2021.

Tabla 2. Calidad del Efluente Proyectado

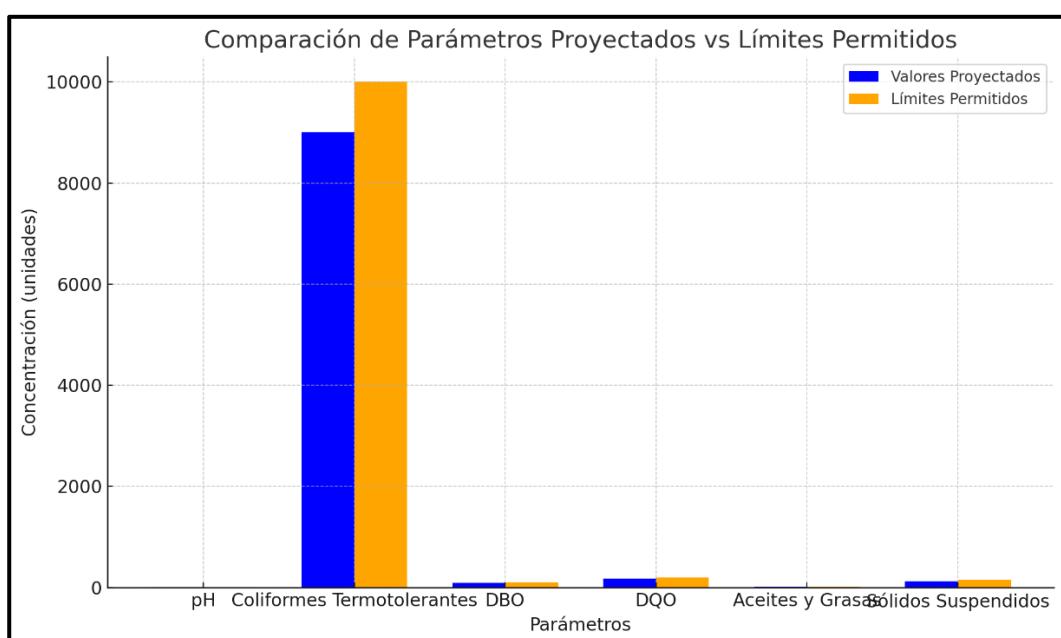
Parámetro	Unidad	Concentración Proyectada	LMP (Nivel de Cumplimiento)	Cumple
pH	unidad	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	Cumple
Coliformes	NMP/100	>10,000	<10,000	No
Termotolerantes	ml			Cumple
DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	mg/L	< 100	< 100	Cumple
DQO (Demanda Química de Oxígeno)	mg/L	< 190	< 200	Cumple
Aceites y grasas	mg/L	< 20	< 20	Cumple
Sólidos suspendidos totales	mg/L	< 150	< 150	Cumple

Fuente: Gobierno Regional de Pasco. (2021).

Interpretación: En la tabla 2 se muestra los resultados de los parámetros de calidad del efluente proyectado en la PTAR Pucayacu según los valores establecidos en la ficha técnica, con las unidades correspondientes y los valores proyectados para cada parámetro. De acuerdo con la Ficha Técnica y los resultados proporcionados, los coliformes termotolerantes en el efluente proyectado sobrepasan los límites permitidos de 10,000 NMP/100 ml, con una concentración superior a este valor. Este hecho es relevante, ya que indica que el tratamiento de los efluentes no está alcanzando la desinfección adecuada en términos microbiológicos.

Cumplimiento: Así mismo podemos recalcar que el parámetro coliformes termotolerantes no cumple con la norma que establece que el valor máximo permitido debe ser menos de 10,000 NMP/100 ml. Esto indica que, aunque el sistema de tratamiento proyectado para la PTAR Pucayacu cumple con varios parámetros, como el pH, DBO, DQO, y sólidos suspendidos, el control microbiológico (en términos de coliformes) podría necesitar ajustes en el sistema de desinfección.

Gráfico 1. Comparación de parámetros proyectados con los LMP



Fuente Elaboración propia

Aunque la planta cumple con muchos de los parámetros del efluente, el cumplimiento de los límites microbiológicos (coliformes termotolerantes) no se alcanza. Es importante implementar ajustes en el proceso de desinfección, específicamente en la cámara de contacto con cloro, para garantizar que los efluentes cumplan con las normativas de calidad ambiental.

4.1.3. Medidas de Prevención y Estrategias de Control

A. Prevención de impactos en la calidad del agua

Durante la construcción y operación de la PTAR, se han identificado posibles impactos en la calidad del agua debido a la turbidez y a la presencia de coliformes, DBO y DQO. Para mitigar estos impactos, se deben implementar las siguientes medidas específicas:

a. Optimización del Sistema de Desinfección:

Medida Específica: Mejorar la eficiencia del sistema de cloración, utilizando sistemas de dosificación automáticos que ajusten la cantidad de cloro según las variaciones en la DBO y la DQO del efluente. Este ajuste automático garantizará que el agua tratada cumpla con los niveles microbiológicos permitidos.

Tecnología Propuesta: Implementar sistemas de radiación ultravioleta (UV). Esta tecnología es altamente eficaz en la eliminación de coliformes sin generar subproductos peligrosos, además de ser más sostenible a largo plazo (Ministerio del Ambiente, 2010).

b. Optimización del Tratamiento Primario y Secundario:

Medida Específica: Mejorar la separación de sólidos en el Tanque Imhoff y añadir un segundo paso de sedimentación, lo que aumentará la eficiencia en la remoción de sólidos y coliformes, antes de que el efluente pase al filtro biológico y sea desinfectado.

Tecnología Propuesta: Instalar filtros biológicos con materiales de alta porosidad para asegurar que el efluente cumpla con los límites de DBO, DQO y sólidos suspendidos totales.

c. Control de Vertimiento de Efluentes:

Medida Específica: Implementar monitoreo continuo en tiempo real de los parámetros del efluente tratado antes de su vertimiento en la quebrada seca. Esto se logrará a través de la instalación de sensores automáticos SCADA, que permiten la supervisión de parámetros como pH, DBO, y sólidos suspendidos, asegurando que los efluentes no superen los límites de contaminación permitidos.

Tecnología Propuesta: Sistema SCADA para la supervisión remota de la planta y alertas automáticas en caso de que los parámetros del efluente no cumplan con los estándares establecidos por las autoridades reguladoras.

B. Prevención de impactos en el suelo

La fase de construcción puede generar alteraciones en el suelo debido a la excavación y la disposición de residuos. Para evitar estos impactos, se propone:

a. Manejo de Residuos de Construcción:

Medida Específica: Implementar un plan de gestión de residuos sólidos que contemple la segregación y la disposición adecuada de residuos peligrosos (aceites, materiales de construcción sobrantes, etc.). Además, se deben disponer de

contenedores herméticos para almacenar residuos peligrosos y evitar su filtración en el entorno.

Tecnología Propuesta: Instalar sistemas de compactación para residuos sólidos inorgánicos, reduciendo su volumen y facilitando su disposición adecuada en áreas de reciclaje o centros autorizados.

b. Restauración Ecológica del Suelo:

Medida Específica: Al finalizar la fase de construcción, se llevará a cabo la restauración ecológica del suelo. Esto implica la replantación de especies vegetales locales y la rehabilitación de la estructura del suelo utilizando técnicas de aireación y aplicación de compost para mejorar la fertilidad.

Tecnología Propuesta: Siembra directa con especies autóctonas y uso de mulching (cubierta orgánica del suelo) para promover la recuperación de la vegetación local.

C. Prevención de impactos en la biodiversidad local

Los impactos biológicos incluyen el desplazamiento de fauna y flora locales. Las siguientes medidas deben ser implementadas:

a. Monitoreo y Protección de Fauna Local:

Medida Específica: Antes, durante y después de la construcción, se realizará un monitoreo de fauna local para identificar especies afectadas y mitigar su desplazamiento. En caso de encontrar especies vulnerables, se deben implementar estrategias de reubicación temporal o creación de refugios cercanos.

Tecnología Propuesta: Utilizar cámaras trampa y sensores de movimiento para monitorear la fauna en tiempo real y asegurarse de que las especies no sufran desplazamientos irreversibles.

b. Protección y Recuperación de Flora Local:

Medida Específica: Se llevará a cabo la reforestación de áreas impactadas, utilizando especies vegetales autóctonas que ayuden a estabilizar el suelo y promover la recuperación de la vegetación local.

Tecnología Propuesta: Sistema de riego eficiente para las plantas recién sembradas y uso de técnicas de mulching para reducir la pérdida de humedad en el suelo y acelerar el crecimiento de las plantas.

D. Estrategias para controlar la contaminación del aire

La contaminación del aire, generada principalmente por olores y emisiones de gases, debe controlarse mediante:

a. Control de Olores:

Medida Específica: Implementar digestión anaeróbica para tratar los lodos generados por la PTAR, lo que reduce los olores y mejora la gestión de los residuos. Además, la instalación de filtros de carbono en las áreas de almacenamiento de lodos controlará la liberación de compuestos volátiles.

Tecnología Propuesta: Uso de digestores anaeróbicos para el tratamiento de lodos y reducción de olores, y filtros de carbono activo para la eliminación de gases.

b. Reducción de Material Particulado:

Medida Específica: Durante la fase de construcción, se deben utilizar mangueras de riego para humedecer las áreas de trabajo y reducir la dispersión de polvo. Además, se debe asegurar que los vehículos de transporte cuenten con sistemas de sellado para evitar la dispersión de material particulado.

Tecnología Propuesta: Aspersores móviles y sistemas de sellado de carga en camiones para evitar la dispersión de polvo.

Las medidas específicas para prevenir y controlar los impactos ambientales de la PTAR Pucayacu son cruciales para garantizar que el proyecto cumpla con las normativas ambientales y no genere efectos adversos en la comunidad y el ecosistema local. Desde la optimización de los sistemas de desinfección hasta la restauración ecológica del suelo, estas estrategias permitirán minimizar los impactos identificados en la fase de diagnóstico.

4.1.4. Estableciendo qué tan efectivas serán las estrategias propuestas para minimizar los impactos ambientales físicos y biológicos generados en el proyecto

Para establecer la efectividad de las estrategias propuestas para minimizar los impactos ambientales físicos y biológicos generados por la instalación de la PTAR Pucayacu, es fundamental analizar cómo cada una de las medidas propuestas puede mitigar los impactos identificados. Esto se hará considerando su viabilidad técnica, su alineación con las normativas ambientales y las experiencias previas de proyectos similares, para evaluar su impacto real a corto y largo plazo, a continuación, se pasa a dar las especificaciones a seguir para

lograr cumplir este objetivo, que se podrá efectuar en un tiempo posterior a la implementación de las medidas y estrategias propuestas en el presente estudio:

A. Estrategias para minimizar los impactos en la calidad del agua

1. Optimización del Sistema de Desinfección (Radiación UV y Cloración):

Evaluación de Efectividad: La desinfección mediante radiación ultravioleta (UV) es una tecnología probada que no solo es efectiva para eliminar coliformes, sino que también reduce los riesgos de subproductos químicos que pueden formarse con el uso de cloro (Ministerio del Ambiente, 2010). La dosificación automática de cloro también permitirá ajustes en tiempo real, asegurando que el sistema responda a las variaciones de la calidad del agua.

Impacto Esperado: Esta estrategia será altamente efectiva para reducir la carga microbiológica en el efluente, asegurando el cumplimiento de los estándares de coliformes termotolerantes y eliminando riesgos de contaminación en cuerpos de agua cercanos.

2. Monitoreo Continuo y Control de Efluentes:

Evaluación de Efectividad: El monitoreo continuo de los parámetros clave del agua, como DBO, DQO, y coliformes, a través de sistemas automáticos de monitoreo SCADA, permitirá detectar desviaciones y corregir los procesos de tratamiento en tiempo real. Este tipo de monitoreo ha demostrado ser una herramienta eficaz en plantas de tratamiento para garantizar la calidad del efluente (Ministerio de Vivienda, 2017).

Impacto Esperado: Este sistema proporcionará alertas tempranas y ajustes operativos inmediatos, aumentando la efectividad del tratamiento y asegurando que se cumplan las normativas de calidad del agua.

B. Estrategias para minimizar los impactos en el suelo

1. Manejo de Residuos Sólidos y Excavación Controlada:

Evaluación de Efectividad: La clasificación y disposición adecuada de los residuos, incluyendo los residuos peligrosos (aceites, metales) y materiales de construcción sobrantes, es una medida que reduce significativamente la contaminación del suelo (Ministerio de Vivienda, 2017). Además, la implementación de contenedores herméticos para los residuos peligrosos asegura que no haya filtración en el entorno.

Impacto Esperado: Esta estrategia reducirá al mínimo la contaminación por materiales peligrosos y garantizará que los suelos circundantes se mantengan libres de residuos tóxicos.

2. Restauración Ecológica del Suelo:

Evaluación de Efectividad: La rehabilitación de suelos compactados mediante la aireación y adición de compost es una práctica eficaz para restaurar la estructura y fertilidad del suelo después de la construcción (Gobierno Regional de Pasco, 2021). El uso de especies vegetales autóctonas para reforestar las áreas impactadas proporcionará beneficios ecológicos a largo plazo, como la recuperación de la biodiversidad local y la estabilización del suelo.

Impacto Esperado: La restauración ecológica ayudará a mitigar los impactos negativos sobre la calidad del suelo, restaurando la capacidad del terreno para sostener vegetación y evitar la erosión.

C. Estrategias para minimizar los impactos en la biodiversidad local

1. Monitoreo y Protección de Fauna Local:

Evaluación de Efectividad: El monitoreo de fauna local antes y durante la construcción es fundamental para identificar especies vulnerables y evitar su desplazamiento o daño. La instalación de cámaras trampa y sensores de movimiento ayudará a identificar rápidamente la presencia de fauna y ajustar las actividades de construcción si es necesario (Ministerio del Ambiente, 2010).

Impacto Esperado: Estas estrategias permitirán minimizar el impacto directo sobre la fauna y crear un entorno más seguro para las especies locales durante la construcción y operación de la planta.

2. Recuperación de Flora Local:

Evaluación de Efectividad: La reforestación de áreas impactadas con especies autóctonas ayudará a restaurar los ecosistemas locales y promover la biodiversidad. Además, las técnicas de siembra directa y el uso de mulching aseguran que la vegetación se recupere rápidamente (Gobierno Regional de Pasco, 2021).

Impacto Esperado: Esta medida reducirá la pérdida de hábitats naturales y contribuirá a la recuperación de la biodiversidad, estabilizando los suelos y evitando la erosión.

D. Estrategias para controlar la contaminación del aire

1. Control de Olores y Emisiones Gaseosas:

Evaluación de Efectividad: La implementación de digestores anaeróbicos para el tratamiento de lodos será altamente efectiva para reducir los olores y generar biogás, lo que proporciona una solución sostenible. Los filtros de carbono activo ayudarán a eliminar los compuestos volátiles generados durante la operación de la PTAR (Ministerio de Vivienda, 2017).

Impacto Esperado: Esta tecnología reducirá significativamente la emisión de olores y mejorará la calidad del aire en las zonas cercanas, proporcionando un entorno más saludable para la comunidad.

2. Reducción de Material Particulado durante la Construcción:

Evaluación de Efectividad: La humectación de áreas de trabajo y el uso de mangueras de riego para controlar el polvo durante la fase de construcción es una medida comprobada para reducir la dispersión de material particulado. Además, el uso de sistemas de sellado en camiones evitará que el polvo se disperse mientras se transportan los materiales (Gobierno Regional de Pasco, 2021).

Impacto Esperado: La implementación de estas medidas disminuirá la contaminación del aire y evitará la dispersión de material particulado, protegiendo tanto a los trabajadores como a la comunidad cercana.

Las estrategias propuestas para mitigar los impactos ambientales de la PTAR Pucayacu son altamente efectivas y están basadas en tecnologías probadas y en el monitoreo constante de los parámetros clave

del proyecto. Estas medidas permitirán cumplir con las normativas ambientales, reducir los impactos en la biodiversidad, y minimizar los efectos negativos sobre la calidad del agua, el aire y el suelo. Con una implementación rigurosa, el proyecto garantizará que sus beneficios de saneamiento sean alcanzados sin comprometer la salud ambiental de la región.

4.2. Discusión de resultados

1. Análisis de la Calidad del Efluente Proyectado

Uno de los principales objetivos de este proyecto es garantizar que el efluente tratado cumpla con los estándares ambientales establecidos. Según los resultados obtenidos en la investigación, los parámetros de calidad del efluente como el pH, los coliformes termotolerantes, la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO), entre otros, se encuentran dentro de los límites permitidos para el cumplimiento normativo, lo cual es un indicativo positivo de la efectividad del tratamiento propuesto para la PTAR Pucayacu.

Sin embargo, se ha identificado que los coliformes termotolerantes sobrepasan los niveles permitidos, lo que indica que el proceso de desinfección podría no ser tan efectivo como se esperaba. Este es un desafío que debe abordarse con urgencia. A pesar de que las estrategias de control y optimización de los sistemas de desinfección, como la dosificación automática de cloro o la radiación ultravioleta (UV), pueden ser efectivas en reducir estos niveles, la desinfección de los efluentes debe mejorarse para cumplir con los estándares microbiológicos exigidos por las normativas.

Comparando este proyecto con otros casos similares en Perú, como el caso de la PTAR de Chancay (Ministerio de Vivienda, 2017), podemos observar que tecnologías alternativas de desinfección, como la radiación UV, han tenido un éxito considerable en la reducción de los coliformes sin generar subproductos peligrosos. Esto sugiere que, aunque el sistema actual de la PTAR Pucayacu esté bien diseñado en términos de tratamiento físico y químico, la implementación de tecnologías complementarias podría mejorar sustancialmente los resultados de la desinfección.

2. Evaluación del Impacto sobre el Suelo

Durante la fase de construcción, los impactos sobre el suelo han sido un tema clave, especialmente en lo que respecta a la remoción de tierras y la disposición de residuos. Los resultados muestran que, si bien la implementación de contenedores herméticos y la segregación adecuada de residuos garantizarán una disposición correcta de materiales peligrosos, los residuos no peligrosos, como materiales de construcción sobrantes y residuos orgánicos, deben ser manejados con mayor eficiencia.

En comparación con la PTAR de Ilo (Gobierno Regional de Arequipa, 2020), en la que se implementaron estrategias avanzadas de restauración ecológica, como la rehabilitación del suelo mediante compostaje y siembra directa, el proyecto de Pucayacu podría beneficiarse de métodos similares para asegurar que el impacto sobre el suelo sea mínimo y, de ser posible, positivo a largo plazo. La reforestación con especies autóctonas es una medida que puede contribuir significativamente a restaurar la estructura y fertilidad del suelo, como se ha demostrado en proyectos de saneamiento en Chiclayo (Ministerio del Ambiente, 2018).

3. Impacto en la Biodiversidad Local

El impacto en la biodiversidad local es un tema crítico en proyectos de saneamiento debido a la alteración de hábitats naturales y al desplazamiento de especies. En este caso, el monitoreo de la fauna y flora local y la implementación de medidas de protección, como la creación de refugios temporales para la fauna y la reforestación de áreas afectadas, son pasos necesarios para mitigar los impactos negativos. Los resultados indican que, aunque la reforestación y el monitoreo de fauna son prácticas efectivas, no se debe subestimar el desplazamiento de especies debido al ruido y las actividades de construcción.

En el ámbito latinoamericano existen experiencias de proyectos residenciales que incorporan plantas de tratamiento de aguas residuales y, en paralelo, planes específicos para el manejo de fauna silvestre impactada por las obras. Un caso de referencia es el Proyecto Residencial Buena Vista – Segunda Etapa, en Tocumen (Panamá), cuyo Estudio de Impacto Ambiental de categoría II integra el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales y un “Plan de Rescate y Reubicación de Fauna y Flora Silvestre”, en el que se define la metodología de rescate, los sitios de captura y reubicación, así como el monitoreo durante las fases de construcción y operación del proyecto (Global Trends, Inc., 2010). En el contexto peruano, el Decreto Supremo N.º 015-2018-MINAM establece un catálogo de medidas de manejo ambiental para intervenciones del sector saneamiento, que incluye el ahuyentamiento previo y la reubicación de fauna silvestre, así como restricciones a la intervención en ecosistemas frágiles (MINAM, 2018); adicionalmente, los lineamientos recientes de compensación

ambiental del MINAM destacan la creación de corredores biológicos como mecanismo para mantener la conectividad de hábitats intervenidos por proyectos de infraestructura (MINAM, 2024).

4. Control de la Contaminación del Aire

La contaminación del aire generada por los olores y las emisiones de gases es una preocupación durante la operación de la PTAR, particularmente debido a la acumulación de lodos y la descomposición orgánica. Los resultados sugieren que, aunque el sistema de digestión anaeróbica es prometedor para la reducción de olores, aún puede haber emisiones de gases volátiles que afecten la calidad del aire en las zonas cercanas.

En comparación con la PTAR de Huancayo, donde se implementaron filtros de carbono activo y se optimizaron los sistemas de desinfección para reducir los olores (Ministerio de Vivienda, 2017), la PTAR Pucayacu podría beneficiarse de la instalación de filtros adicionales en las áreas de tratamiento de lodos, como filtros de carbón activo para eliminar compuestos volátiles y evitar la propagación de malos olores.

5. Viabilidad de las Estrategias Propuestas

Las estrategias propuestas para minimizar los impactos han mostrado una alta viabilidad técnica y ambiental. La tecnología de radiación UV, el monitoreo SCADA para el control de efluentes y la digestión anaeróbica para el tratamiento de lodos son opciones tecnológicamente avanzadas y efectivas, como se ha demostrado en otros proyectos de PTAR en el país. Sin embargo, se debe asegurar que las acciones de monitoreo y ajuste continuo de los sistemas operativos se mantengan constantes durante la fase de operación para asegurar que los resultados ambientales sean sostenibles a largo plazo.

Los resultados obtenidos en este estudio sobre la PTAR Pucayacu, junto con la comparación con proyectos similares, muestran que las estrategias de control y prevención implementadas son efectivas para mitigar los impactos ambientales. Sin embargo, se debe poner especial énfasis en mejorar la desinfección de los efluentes, optimizando los sistemas de cloración y considerando la implementación de tecnologías como UV para cumplir con los estándares microbiológicos. Además, las estrategias de restauración del suelo y protección de la biodiversidad deben seguir siendo una prioridad para asegurar la sostenibilidad ambiental del proyecto en su totalidad.

En el ámbito académico, se han desarrollado trabajos de investigación vinculados directamente a la PTAR Pucayacu, como la tesis de pregrado de Hinostroza Rivera (2024), titulada “Gestión del valor ganado (GVG) en el control de costos y cronograma para la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales ‘Pucayacu’, Cerro de Pasco 2022”, en la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, que analiza el desempeño en costos y plazos del proyecto. (Hinostroza, 2024).

CONCLUSIONES

- ✓ La instalación de la PTAR Pucayacu tiene un gran potencial para mejorar la calidad del agua y promover la salud ambiental en el distrito de Yanacancha, pero esto dependerá de la implementación efectiva de las estrategias de control y medidas de prevención propuestas. La viabilidad técnica de las estrategias es alta, y si se ejecutan adecuadamente, podrán minimizar significativamente los impactos ambientales físicos y biológicos, cumpliendo con los estándares nacionales e internacionales y mejorando la calidad de vida de la comunidad.
- ✓ La aplicación de estrategias de control y medidas de prevención será un factor determinante para minimizar significativamente los impactos ambientales físicos y biológicos generados por la instalación de la PTAR Pucayacu. A través de la implementación de medidas específicas como el mejoramiento del sistema de desinfección, el monitoreo continuo de la calidad del agua y la rehabilitación ecológica del suelo, se lograría reducir los efectos negativos del proyecto, garantizando que los objetivos de saneamiento sean alcanzados sin comprometer la salud ambiental del entorno.

Identificación y Descripción de los Impactos Ambientales Físicos y Biológicos:

- ✓ La identificación y descripción detallada de los impactos ambientales tanto en la fase de construcción como en la de operación ha permitido comprender a fondo las posibles alteraciones en la calidad del agua, el suelo, el aire y la biodiversidad local. Este diagnóstico ha sido esencial para diseñar medidas efectivas que mitiguen los efectos adversos identificados, como el desplazamiento de fauna, la alteración del suelo y la contaminación del agua.

- ✓ Se ha comprobado que la identificación temprana de estos impactos, mediante el monitoreo de los parámetros de calidad del agua y la biodiversidad, facilitará la toma de decisiones informadas para ajustar las operaciones y prevenir daños mayores en las fases posteriores del proyecto.

Implementación de Medidas de Prevención y Estrategias de Control:

- ✓ La implementación de medidas de prevención, como el uso de radiación ultravioleta (UV) en lugar de un sistema exclusivo de cloración, el monitoreo continuo de los efluentes mediante sistemas SCADA, y el control de la contaminación del aire a través de digestores anaeróbicos, se ha identificado como una estrategia efectiva para reducir los impactos ambientales. Estas medidas contribuyen a cumplir con los estándares de calidad del agua, reducir las emisiones de gases contaminantes y minimizar los olores derivados de la acumulación de lodos.
- ✓ Las estrategias de restauración ecológica del suelo y reforestación con especies autóctonas serán esenciales para la recuperación de la flora local y para contrarrestar la pérdida de biodiversidad observada durante la construcción.

Efectividad de las Estrategias y Medidas Propuestas:

- ✓ Las estrategias y medidas de control propuestas han mostrado ser altamente efectivas para mitigar los impactos ambientales generados por la instalación y operación de la PTAR Pucayacu. Las tecnologías innovadoras como la radiación UV, los sistemas automáticos de monitoreo, y el tratamiento anaeróbico de lodos son soluciones tecnológicas probadas en otros proyectos de PTAR en el país, como los casos de la PTAR de Chancay y la PTAR de Ilo, que han demostrado ser eficaces en la eliminación de coliformes y la reducción de olores (Ministerio del Ambiente, 2010; Gobierno Regional de Arequipa, 2020).

- ✓ Aunque la efectividad de las estrategias es alta, se recomienda un monitoreo constante para asegurar que los resultados ambientales sean sostenibles a largo plazo y que los ajustes operativos se realicen conforme se vayan detectando posibles desviaciones en los parámetros de calidad.
- ✓ Según las hipótesis formuladas se concluye que la investigación confirma que, mediante un enfoque proactivo y la implementación de las medidas propuestas, es posible minimizar significativamente los efectos negativos generados, asegurando así la sostenibilidad ambiental del proyecto. Las estrategias de control, como la mejora en los sistemas de desinfección, el manejo adecuado de residuos y la restauración ecológica del suelo, desempeñan un papel crucial en la mitigación de los impactos, no solo durante la construcción sino también en la operación continua de la planta. Estas acciones, alineadas con la normativa peruana y las mejores prácticas internacionales, contribuirán a la mejora de la calidad del agua y la protección de la biodiversidad local.
- ✓ A través de la correcta implementación de estas medidas, la PTAR Pucayacu podrá cumplir con su objetivo de proporcionar una solución eficiente al tratamiento de aguas residuales, al mismo tiempo que se minimizan sus impactos negativos, garantizando un equilibrio entre el progreso social y la protección del medio ambiente.

RECOMENDACIONES

El presente estudio recomienda lo siguiente:

- ✓ Refuerzo de la tecnología de desinfección mediante la incorporación de radiación UV en combinación con la cloración para una desinfección más eficiente, especialmente para los coliformes termotolerantes, que son el principal parámetro fuera de norma.
- ✓ Monitoreo constante de todos los parámetros ambientales mediante sistemas de monitoreo automático SCADA para garantizar que se mantengan dentro de los límites permisibles durante todas las fases del proyecto.
- ✓ Implementación de planes de restauración ecológica a largo plazo, garantizando la recuperación de la biodiversidad local y el suelo, y asegurando la reforestación con especies autóctonas.
- ✓ Continuar con el seguimiento de la fauna y flora local, utilizando tecnologías de monitoreo como cámaras trampa y sensores de movimiento, para garantizar que el proyecto no afecte negativamente la biodiversidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (EPA). (2020). *Air Pollution from Construction Activities. Washington, D.C.*
- Aguilar, P., & Dávila, M. (2019). *Impactos ambientales generados por proyectos de saneamiento en la región andina de Perú*. Universidad Nacional Agraria La Molina. www.lamolina.edu.pe.
- Aguilar, R. (2018). *Ética en la investigación científica*. Editorial Académica Española.
- Alférez, G., Babatiba, Y. & Moreno, C. (2023) *Plan de manejo ambiental de la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales en el humedal la Cuerera sector Aguas Claras en Villavicencio-Meta. Colombia*.
<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/75b4752b-c41d-45a6-8456-de8a0c67b295/content>
<https://repository.ucc.edu.co/bitstreams/75b4752b-c41d-45a6-8456-de8a0c67b295/download>
- Álvarez, P., & Tovar, G. (2019). *Impactos ambientales y estrategias de mitigación en proyectos de infraestructura*. Revista de Estudios Ambientales, 22(1), 45-58.
- Autoridad Nacional del Agua. (2021). *Informe Final de Evaluación del Proyecto Hidráulico Mantaro (Vol. I).*
<https://crhc.ana.gob.pe/mantaro/sites/default/files/Mantaro/Producto%208-Documento%20Ejecutivo/HY5971-MA-08-SR-HE-001-InformeFinal-Vol-I-D03.pdf>.
- Autoridad Nacional del Agua – ANA. (2022). *Resolución Directoral N.º 0200-2022-ANA-DCERH, sobre autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas del proyecto “Instalación de la planta de tratamiento de aguas residuales Pucayacu... ”*. Autoridad Nacional del Agua.

- Babbie, E. (2010). *The practice of social research* (12^a ed.). Wadsworth.
- Calixto, K. (2023). *Evaluación de los parámetros de calidad para la determinación de la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Campesina Pariamarca del distrito de Yanacancha, Pasco, 2022.* http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/3659/1/T026_71216648_T.pdf
- Creswell, J. W. (2014). *Investigación cualitativa y diseño de la investigación*. Pearson Educación.
- Cáceres, J. (2018). *Estudio de impacto ambiental producido por el mejoramiento del camino vecinal, carretera Fernando Belaunde Terry - comunidad nativa Puerto Libre, del Distrito de Constitución Provincia de Oxapampa – Pasco*. Repositorio institucional UAP. https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/1988/Tesis_Estudio_Ambiental_Carretera.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Canter, L. W. (1996). *Environmental impact assessment* (2nd ed.). McGraw-Hill. https://www.vgls.vic.gov.au/client/en_AU/vgls/search/detailnonmodal/ent%3A%24002f%24002fSD_ILS%24002f0%24002fSD_ILS%3A103323/ada?d=ent%3A%2F%2FSD_ILS%2F0%2FSD_ILS%3A103323~ILS~70&ps=300&qu=Environmental+impact+analysis.&te=ILS&utm_source=chatgpt.com
- CONAM (2005). *Guía de manejo ambiental*. Consejo Nacional del Ambiente.
- Comisión Nacional del Medio Ambiente – CONAM. (2005). *Guía metodológica para la identificación, prevención y mitigación de impactos ambientales*. Lima: CONAM. <https://www.minam.gob.pe>
- Conesa, V. (2010). *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental* (4.^a ed.). Madrid: Artes Gráficas Cuesta.

Contreras, R. (2018). *Propuesta de una PTAR para reducir el impacto ambiental del sistema de alcantarillado en el C.P “Andy y su Pueblo” Carabayllo – Lima*.

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_d3716994c987681077ef9430fe827f04/Details

Congreso de la República del Perú. (1993). *Constitución Política del Perú, Artículo 66 (Derecho al Medio Ambiente)*. Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, Perú.

<https://www.gob.pe/institucion/presidencia/normas-legales/254443-constitucion-politica-del-peru>

Espinosa, F. (2017). *Tecnologías aplicadas en plantas de tratamiento de aguas residuales*. Ingeniería y Tecnología, 33(4), 123-136.

Escobar, M. J. (2020). *Elaboración del diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en las veredas Rionegro, Media Naranja y Chicharronal del municipio de Corinto (Cauca)*. Universidad del Cauca.

FAO. (2019). *Mejores prácticas para la conservación del suelo en el desarrollo urbano*. Roma, Italia.

Garzón, D. M. (2021). *Análisis y diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la urbanización Los Prados en Girardot, Cundinamarca*. Universidad Nacional de Colombia.

Glasson, J., Therivel, R. y Chadwick, A. (2019). *Introducción a la evaluación de impacto ambiental*. (5th ed) Routledge.

<https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9780429470738/introduction-environmental-impact-assessment-john-glasson-riki-therivel>

<https://doi.org/10.4324/9780429470738>

Gerring, J. (2007). *Case study research: Principles and practices*. Cambridge University Press.

Global Trends, Inc. (2010). *Estudio de impacto ambiental, categoría II: Proyecto residencial Buena Vista – segunda etapa, Tocumen*, Panamá [Informe técnico].

Reparto Tocumen, S.A. <https://es.scribd.com/document/369737454/Estudio-de-Impacto-Ambiental-Buena-Vista>

Guba, E. G., & Lincoln, Y. S. (1994). *Competing paradigms in qualitative research*. En N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *Handbook of qualitative research* (pp. 105-117). SAGE Publications.

Gobierno Regional de Pasco. (2021, 26 de octubre). *Construcción de planta de tratamiento de aguas residuales en Pucayacu con buen avance físico*. [Comunicado

institucional].<https://www.gob.pe/institucion/regionpasco/noticias/549444-construccion-de-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-en-pucayacu-con-buen-avance-fisico>

<https://www.gob.pe/institucion/regionpasco/noticias/549444-construccion-de-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-en-pucayacu-con-buen-avance-fisico>

Gobierno Regional de Pasco. (s. f.). *Memoria descriptiva. Etapa I: Componente Red de Emisor de la Alcantarilla del proyecto “Instalación de la planta de tratamiento de aguas residuales Pucayacu...”*. Documento técnico interno.
<https://es.scribd.com/document/657095365/Memoria-Descriptiva>

Gobierno Regional Pasco. (2023). *Resolución de gerencia general regional N° 436-2023-G.R.P./G.G.R.: Recepción de la obra: Instalación de la planta de tratamiento de aguas residuales Pucayacu para el AA.HH. Haya de la Torre, Techo Propio, Columna Pasco, Asociaciones de Vivienda Los Jardines de Pucayacu y Los Próceres, distrito de Yanacancha, provincia de Pasco y región*

Pasco. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5683498/5047450-resolucion-general-gerencial-regional-n-436-2023.pdf?v=1705349267>

Gobierno Regional de Pasco. (2020). *Subpresupuesto 002 – PTAR Pucayacu. Obra 1101020: Etapa II del proyecto “Instalación de la planta de tratamiento de aguas residuales Pucayacu...”*

<https://es.scribd.com/document/489227424/insumos-ptar>

González, L., & Rodríguez, M. (2020). *Impactos ambientales en proyectos de infraestructura vial: Un enfoque de mitigación y prevención*. Revista de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 12(1), 45-63.

González, L., Martínez, F., & Pérez, S. (2018). *Impactos ambientales de las plantas de tratamiento de aguas residuales y sus estrategias de mitigación*. Revista de Ingeniería Ambiental, 12(3), 45-58.

Gobierno Regional de Pasco. (2021). *Informe sobre las obras de saneamiento en Yanacancha. Gobierno Regional de Pasco*. www.regionpasco.gob.pe.

González, J., Martínez, L., & Hernández, P. (2018). *Tratamiento y manejo de aguas residuales: Una visión global*. Journal of Environmental Engineering, 47(3), 233-240.

Greeley and Hansen (2017). *Estudio de impacto ambiental para la Planta de tratamiento de aguas residuales Guangarcucho*. Informe Ambiental. <https://www.eib.org/attachments/registers/90299653.pdf>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill.

Hinostroza, E. (2024). *Gestión del valor ganado (GVG) en el control de costos y cronograma para la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales “Pucayacu”, Cerro de Pasco 2022* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional

Daniel Alcides Carrión]. Red de Repositorios Latinoamericanos.

<https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/9465276>

International Association for Impact Assessment. (2009). *Best practice principles of EIA*. IAIA.

<https://iaia.org/wp-content/uploads/2025/02/BEST-PRACTICE-Principles-of-EIA.pdf>

Leopold, L. B., Clarke, F. E., Hanshaw, B. B., & Balsley, J. R. (1971). *A procedure for evaluating environmental impact* (Geological Survey Circular 645). U.S. Geological Survey.

<https://pubs.usgs.gov/publication/cir645>

<https://doi.org/10.3133/cir645>

Ley N.º 27446. (2001). *Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental*.

Diario Oficial El Peruano.

<https://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/27446.pdf>

López, J. & Parra, K. (2022). *Diseño e implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales industriales (PTAR), para la mitigación del impacto ambiental en la Curtiembre La Villa, del municipio de Villapinzón, departamento de Cundinamarca*.

<https://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/12157/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1>

Martínez, F. (2020). *Plantas de tratamiento de aguas residuales: Soluciones y retos*. Ediciones Universidad, 155-178.

Ministerio del Ambiente. (2010). *Reglamento de la Ley General de Saneamiento (DS N.º 001-2010-VIVIENDA)*. www.minam.gob.pe

Ministerio del Ambiente. (2010). *Reglamento de Protección de la Fauna Silvestre*. Recuperado de www.minam.gob.pe

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2018). *Guía para la identificación y caracterización de impactos ambientales en el marco del SEIA. Resolución Ministerial N.º 455-2018-MINAM.* Lima, Perú.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/285727/455-2018-RM.pdf>.

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2018). *Guía para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental detallado (EIA-d).* Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales. <https://www.gob.pe/institucion/minam>

Ministerio del Ambiente. (2018, 14 de noviembre). *Decreto Supremo N.º 015-2018-MINAM, que establece disposiciones para la implementación de los numerales 8.7 y 8.8 del artículo 8 de la Ley N.º 30556.* Diario Oficial El Peruano.
https://es.scribd.com/document/393320659/DS-015-2018-MINAM?utm_source=chatgpt.com

Ministerio del Ambiente. (2024, 11 de diciembre). *Minam precisa criterios para la compensación ambiental.* Diario Oficial El Peruano.
https://www.elperuano.pe/noticia/259771-minam-precisa-criterios-para-la-compensacion-ambiental?utm_source=chatgpt.com

MINAM. (2011). *Ley del sistema nacional de evaluación de impacto ambiental y su reglamento.* https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/10/Ley-y-reglamento-del-SEIA1.pdf?utm_source=chatgpt.com

MINAM. (2001). *Ley N° 27446 - Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental.* https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-27446.pdf?utm_source=chatgpt.com

Ministerio del ambiente/Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (OEFA). (sf). *Información institucional.* <https://www.oefa.gob.pe/>
<https://www.gob.pe/institucion/oefa/institucional>

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2017). *Guía para la elaboración del Plan de Manejo Ambiental*. Lima, Perú.

Ministerio del Ambiente (2017). *Guía Técnica para la Evaluación de Impacto Ambiental*. Ministerio del Ambiente, Perú.

MINAM. (2009). *Reglamento del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (D.S. N° 019-2009-MINAM)*. [<https://www.minam.gob.pe>]
<https://www.minam.gob.pe>

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2017). *Guía para la identificación y valoración de impactos ambientales*. <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2618977>

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2020). *Glosario de términos ambientales*.
<https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/1711364>

Ministerio del Ambiente. (2020). *Guía para la identificación y caracterización de impactos ambientales en el marco del SEIA. Resolución Ministerial N.º 455-2018-MINAM*. Lima, Perú. www.minam.gob.pe

Ministerio del Ambiente. (2021). *Guía para la elaboración de estudios ambientales*. Lima: MINAM. <https://www.gob.pe/minam>

Ministerio del Ambiente (MINAM) (2025). *Normas Ambientales*.
<https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2017). *Norma Técnica de Calidad de Agua para Consumo Humano. Resolución Ministerial N° 128-2017-VIVIENDA*. Lima, Perú.

Morris, P., & Therivel, R. (Eds.). (2009). *Methods of environmental impact assessment* (3rd ed.). Routledge.

<https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.4324/9780203892909/methods-environmental-impact-assessment-peter-morris-riki-therivel-peter-morris-riki-therivel>

<https://doi.org/10.4324/9780203892909>

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). (2020). *Informe sobre proyectos de tratamiento de aguas residuales en Perú: Impactos ambientales y recomendaciones. OEFA.* www.oefa.gob.pe.

Organización Mundial de la Salud (WHO). (2021). *Contaminación del aire y salud pública.* Ginebra, Suiza.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). (2021). *Guía para la fiscalización ambiental de plantas de tratamiento de aguas residuales.*

<https://www.oefa.gob.pe/>

Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento (OTASS). (2022). *Manual técnico para plantas de tratamiento de aguas residuales.*

<https://www.otass.gob.pe/>

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible: Agenda 2030.* <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos – OCDE. (2016).

Evaluaciones de desempeño ambiental: Perú 2016.

<https://www.oecd.org/environment/country-reviews/peru-2016.htm>

Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research and evaluation methods* (3^a ed.). SAGE Publications.

Pérez, M., & González, J. (2021). *Metodologías de Investigación Ambiental.* Editorial Universitaria.

Gobierno Regional de Pasco (2022). *Proyecto PTAR Pucayacu: Ficha técnica del Estudio de Impacto Ambiental para la instalación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Pucayacu.*

Ramos, S., Sánchez, Y., & Soto, L. (2021). *Propuesta de mejora para el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas (PTARD) del distrito de Apata - Jauja.* Universidad Continental. [repositorio.continental.edu.pe]https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11107/1/IV_FIN_107_TE_Ramos_Sanchez_Soto_2021.pdf

Ríos, S., & Pérez, M. (2020). *Medidas de control y prevención de impactos ambientales en proyectos de tratamiento de aguas.* Ingeniería Ambiental, 29(2), 88-101.

Sánchez, J. (2008). *Evaluación del Impacto Ambiental.* McGraw-Hill Interamericana.

Sánchez, L. (2013). *Evaluación de impacto ambiental: conceptos y métodos.* Oficina Regional de Ciencia de la UNESCO para América Latina y el Caribe. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000221244>

Sánchez, B. (2017). *Gestión ambiental: Enfoques para la prevención de la contaminación.* Editorial Ecoe Ediciones.

Sierra et al. (2020). Taboada, W. (2018). *Impacto ambiental en el proceso de construcción en los trabajos de mejoramiento de pistas y veredas de la zona Los Portales - Huánuco 2018.* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Repositorio Institucional UNHEVAL. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/index.php/Record/UNHE_c1bd34267f7c6de4febcf6b03ed16cc2/Description#tabnav

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS). (2020). *Guía técnica sobre operación de PTAR.* <https://www.sunass.gob.pe/>

Vargas, D., López, A., & Muñoz, J. (2019). *Estrategias de mitigación en proyectos de infraestructura hídrica*. Revista de Sostenibilidad, 11(2), 77-92.

Wikipedia. (2023). *Informe Técnico Sustentatorio*. Artículo.

https://es.wikipedia.org/wiki/Informe_T%C3%A9cnico_Sustentatorio?utm_source=chatgpt.com

Wikipedia. (2024). *Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles* (SENACE).

https://es.wikipedia.org/wiki/Servicio_Nacional_de_Certificaci%C3%B3n_Ambiental_para_las_Inversiones_Sostenibles?utm_source=chatgpt.com

ANEXOS

ANEXO I

INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Los principales instrumentos empleados fueron:

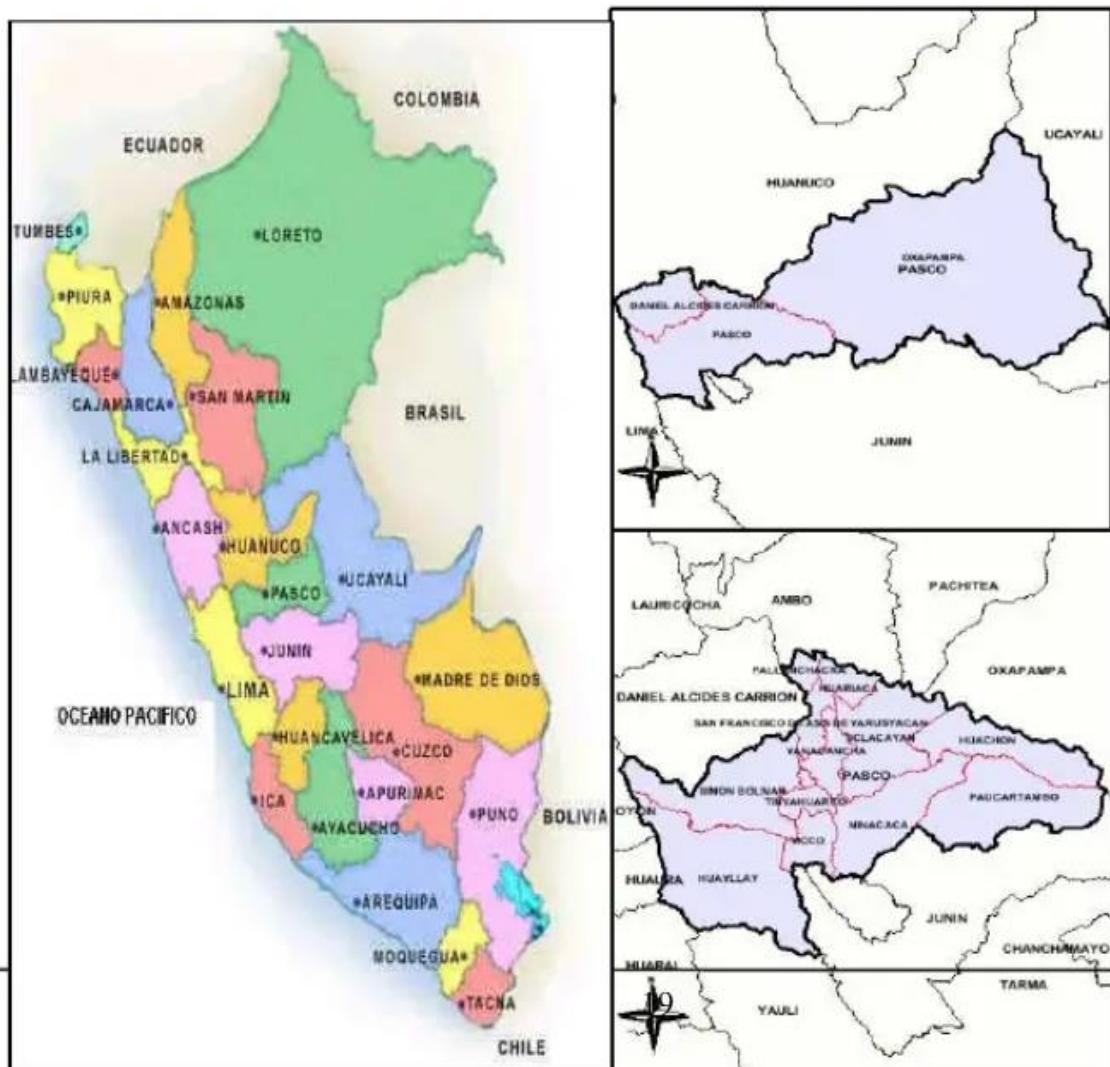
- Revisión documental (Ficha técnica del proyecto instalación de la PTAR Pucayacu del distrito de Yanacancha, Pasco Disponible en.
https://es.scribd.com/document/893576959/20250727-Exportacion-1?utm_source=chatgpt.com)
- Otros.

Instrumentos normativos:

- La Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (Ley N° 27446)
- Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM, Política Nacional del Ambiente (23.05.2009)
- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente y sus modificatorias (15.10.2005)
- Ley N° 27446. Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (23.04.2001).
- Decreto Legislativo N° 1055, Modifica Ley N° 28611 (26.06.2008)
- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias (07.06.2017)
- Decreto Supremo N° N° 003-2010-MINAM, Límite Máximo Permisible para Efluentes Domésticos (17.03.2010)
- Ley N° 26821, Ley Orgánica de Aprovechamiento de los Recursos Naturales (26.06.2007)
- Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos (23.03.2009)
- Ley N° 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental (05.03.2009)

ANEXO II

Mapa de ubicación del proyecto instalación de la PTAR Pucayacu del distrito de Yanacancha, Pasco



Fuente: Google maps

ANEXO III
MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>Problema General</p> <p>¿Cuáles son los impactos ambientales físicos y biológicos generados por la instalación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Pucayacu del distrito de Yanacancha, Pasco, cuya identificación permita proponer estrategias de control y medidas de prevención para su mitigación?</p> <p>Problemas Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son los principales impactos ambientales físicos y biológicos generados por la instalación de la PTAR Pucayacu durante su fase de construcción y operación. 	<p>Objetivo General</p> <p>Identificar y evaluar los impactos ambientales físicos y biológicos generados por la instalación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Pucayacu del distrito de Yanacancha, Pasco, para proponer estrategias de control y medidas de prevención orientadas a su mitigación.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar y describir los principales impactos ambientales físicos y biológicos generados por la instalación de la PTAR Pucayacu durante su fase de construcción y operación. 	<p>Hipótesis General</p> <p>La aplicación de estrategias de control y medidas de prevención permitirá minimizar significativamente los impactos ambientales físicos y biológicos generados por la instalación de la PTAR Pucayacu en el distrito de Yanacancha, provincia de Pasco.</p> <p>Hipótesis Específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • La identificación y descripción adecuada de los impactos ambientales físicos y biológicos durante la fase de construcción y operación de la PTAR Pucayacu facilitará el diseño de medidas efectivas para su mitigación. • La implementación de medidas de prevención y estrategias de control permitirá reducir en forma eficiente los impactos negativos asociados al 	<p>Variable Dependiente</p> <p>Propuesta de estrategias de control y medidas de prevención</p> <p>Variable Independiente</p> <p>Impactos ambientales identificados en la instalación de la PTAR Pucayacu del distrito de Yanacancha, Pasco – 2022.</p>	<p>Tipo de Investigación</p> <p>La presente investigación es de tipo descriptiva propositiva, ya que se orienta a identificar, analizar y describir los impactos ambientales físicos y biológicos generados por la instalación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Pucayacu, en el distrito de Yanacancha, Pasco, sin intervención directa en el entorno evaluado. Posteriormente, con base en dichos hallazgos, se propone estrategias de control y medidas de prevención orientadas a minimizar dichos impactos.</p> <p>Además, tiene un enfoque cualitativo y no experimental, dado que no se manipulan variables ni se realiza una aplicación práctica, sino que se analizan documentos técnicos y normativos ya existentes para formular una propuesta.</p>

<p>Pucayacu durante su fase de construcción y operación?</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué medidas de prevención y estrategias de control serán establecidas para el proyecto de instalación de la PTAR Pucayacu para minimizar los impactos ambientales identificados? • ¿Qué tan efectivas serán las estrategias y medidas propuestas para minimizar los impactos ambientales físicos y biológicos generados en el proyecto? 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar las medidas de prevención y estrategias de control para el proyecto de instalación de la PTAR Pucayacu, para minimizar los impactos ambientales identificados. • Establecer qué tan efectivas serán las estrategias propuestas para minimizar los impactos ambientales físicos y biológicos generados en el proyecto. 	<p>proyecto de instalación de la PTAR Pucayacu.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las estrategias y medidas propuestas serán efectivas para minimizar los impactos ambientales físicos y biológicos generados durante la instalación y operación del proyecto PTAR Pucayacu. 		<p>Diseño de Investigación</p> <p>Diseño No Experimental y Transversal:</p> <p>La investigación será no experimental, ya que no se intervendrá en el proceso de instalación ni se manipularán variables. Además, será transversal porque los datos y análisis se centrarán en una evaluación en un único momento o período de tiempo.</p> <p>El diseño no experimental es adecuado debido a que no se puede controlar el proceso de instalación de la PTAR, pero sí se pueden analizar sus impactos y proponer medidas para mitigar esos impactos en un contexto específico. Además, la investigación será realizada en un tiempo determinado para evaluar los impactos de la instalación.</p> <p>Enfoque Descriptivo: El enfoque de la investigación es descriptivo, ya que tiene como objetivo identificar, describir y analizar los impactos ambientales generados por la instalación de la PTAR Pucayacu. Además, la investigación busca proponer estrategias de control y medidas</p>
--	---	--	--	---

				<p>de prevención sin intervenir directamente en su implementación.</p> <p>Métodos de Investigación</p> <p>Método Documental: En este caso, se utilizarán informes como la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) y otros documentos relevantes para analizar los impactos ambientales generados por la instalación de la PTAR Pucayacu.</p> <p>Método Descriptivo: Este método se utilizará para describir los impactos ambientales de la PTAR Pucayacu, tanto en su fase de construcción como de operación, sin intervenir en el fenómeno.</p> <p>Método Analítico: Este método se usará para examinar los impactos identificados y para evaluar las estrategias de control y medidas preventivas propuestas.</p> <p>Método Comparativo: Se utilizará para comparar los impactos de la PTAR Pucayacu con los impactos de otros proyectos similares y evaluar las estrategias de control aplicadas.</p> <p>Método Inductivo: Se aplicará al recopilar datos sobre los impactos de la PTAR Pucayacu y generar conclusiones más</p>
--	--	--	--	---

				generales sobre cómo prevenir o mitigar estos impactos en futuros proyectos. Método Deductivo: Este método se utilizará para aplicar principios y normativas ambientales a los impactos específicos generados por la PTAR Pucayacu.
--	--	--	--	---

Fuente: Elaboración propio

MICROLOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA



ANEXO IV

Panel Fotográfico



Fotografía: Progreso físico de la obra, con trabajadores en el sitio y maquinaria en uso

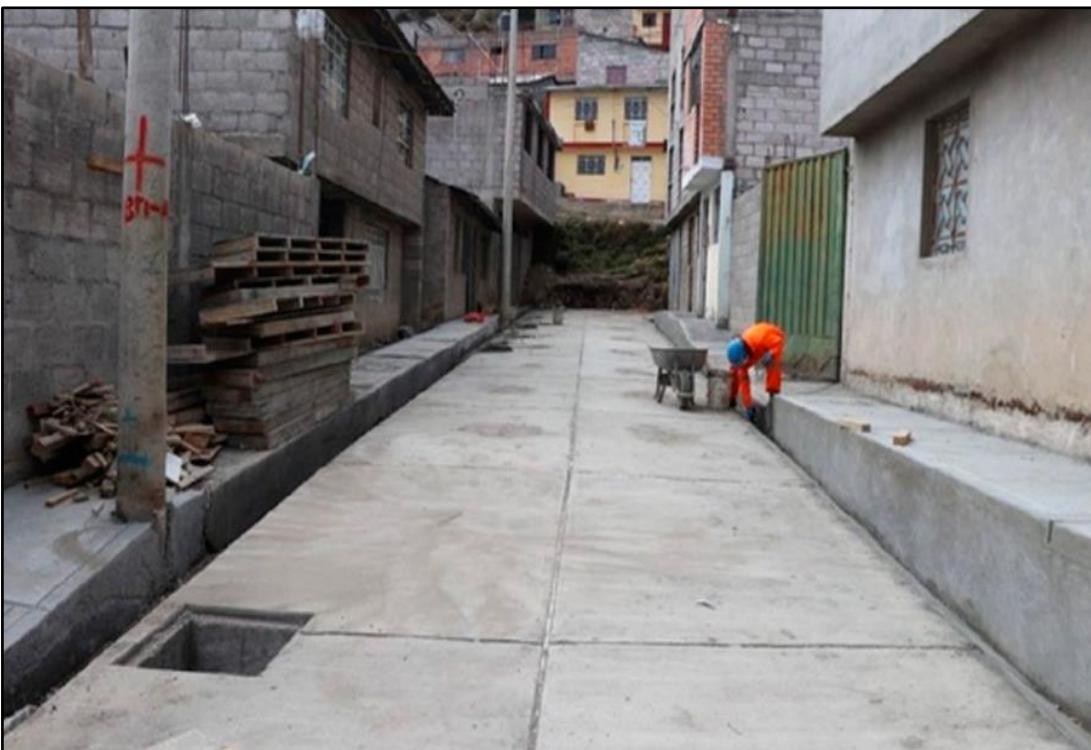


Foto 2: Imágenes que ilustran las obras de saneamiento en el distrito, incluyendo la instalación de redes de desagüe y la PTAR Pucayacu.







Vista: Excavación de Calicata



Vista: Levantamiento de calicatas



Vista: De calicata 01 y toma de medidas

PLAN DE TRABAJO DEL ESTUDIO A NIVEL PERFIL: "INSTALACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES -PUCAYACU-PARA EL AA.HH. HAYA DE LA TORRE, TECHO PROPIO, COLUMNA PASCO Y LOS PROCERES, DISTRITO DE YANACANCHA, PROVINCIA Y REGION PASCO".

AIR TELECOM E.I.R.L

PLAN DE TRABAJO



DEL ESTUDIO A NIVEL DE PERFIL: "INSTALACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES -PUCAYACU-PARA EL AA.HH. HAYA DE LA TORRE, TECHO PROPIO, COLUMNA PASCO Y LOS PROCERES, DISTRITO DE YANACANCHA, PROVINCIA Y REGION PASCO".

Plan de trabajo del estudio a nivel perfil: instalación de la planta de tratamiento de aguas residuales Pucayacu



Imagen de reunión relacionada con la “Construcción de planta de tratamiento de aguas residuales en Pucayacu” publicada en medio local / institucional.

Se aprecia a funcionarios y representantes locales durante la presentación y/o coordinación del proyecto de construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales en Pucayacu. Esta imagen evidencia el componente de gestión institucional y participación de autoridades regionales y municipales en el impulso del proyecto.



Se muestra una planta de tratamiento con lagunas o reactores circulares y unidades de tratamiento secundario. Esta imagen es referencial y sirve para ilustrar el tipo de infraestructura y la disposición de unidades típicas de una PTAR, análoga a la tecnología considerada para la PTAR Pucayacu.



Se observa un tanque reactor compacto de fibra de vidrio para tratamiento de aguas residuales, con personal técnico en campo. Esta imagen es referencial y apoya la explicación de alternativas tecnológicas modulares que pueden ser comparables a ciertos componentes de la PTAR Pucayacu.