

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Evaluación y análisis de riesgos ambientales en las
pozas de estabilización de aguas residuales
San pablo - Sapallanga 2020**

Alvaro Brayan Torres Guerrero

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

ASESORA

Ing. Mirjana Alice Porlles Arteaga

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mis padres que, sin el apoyo de ellos, no hubiera sido posible la culminación de este proyecto.

También quiero expresar un sincero agradecimiento a los docentes y administrativos de la Universidad Continental, que con vocación me brindaron los medios necesarios para mi formación profesional.

Finalmente agradezco a todos mis amigos, con los que compartí grandes momentos inolvidables y también un agradecimiento especial a mi asesora, que sin su ayuda no hubiera sido posible la culminación de este proyecto.

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mis padres y hermano, por su apoyo incondicional, por regalarme enseñanzas y oportunidades y porque nunca dejaron de creer en mí, lo cual me motivo a seguir adelante y culminar este trabajo y también va dedicado a todos mis docentes que durante la etapa universitaria me transmitieron conocimientos y experiencias.

ÍNDICE

ASESORA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO I	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.2. Formulación del problema	4
1.2. Objetivos	4
1.2.1. Objetivo general	4
1.2.2. Objetivos específicos.....	5
1.3. Justificación.....	5
1.3.1. Justificación ambiental.....	5
1.3.2. Justificación metodológica.....	6
1.3.3. Justificación teórica	6
1.4. Hipótesis y variables.....	6
1.4.1. Hipótesis de investigación	6
1.4.2. Hipótesis nula.....	7
1.4.3. Hipótesis alterna.....	7
1.4.4. Hipótesis específicas.....	7
1.4.5. Operacionalización de las variables.....	7

CAPÍTULO II	9
2.1. Antecedentes de la investigación.....	9
2.1.1. Antecedentes encontrados en artículos científicos	9
2.1.2. Antecedentes encontrados en tesis	10
2.2. Bases teóricas	14
2.2.1. Riesgo ambiental.....	14
2.2.2. Aguas residuales	14
2.2.3. Tratamiento de aguas residuales domésticas	14
2.2.4. Poza de estabilización	14
2.2.5. Parámetros asociados a las aguas residuales	15
2.2.6. Evaluación del Riesgo Ambiental.....	19
2.2.7. Etapas de la evaluación de riesgos ambientales	19
2.3. Definición de términos	24
CAPÍTULO III	25
3.1. Método, tipo y nivel de la investigación.....	25
3.1.1. Métodos de la investigación.....	25
3.1.2. Tipo de la investigación	26
3.1.3. Nivel de la investigación	26
3.2. Diseño de la investigación	26
3.3. Población y muestra	26
3.3.1. Población.....	26
3.3.2. Muestra	26
3.4. Descripción de la metodología.....	27
3.4.1. Determinación de escenarios	27
3.4.2. Análisis de escenarios	28
3.4.3. Estimación de la probabilidad de ocurrencia.....	29
3.4.4. Estimación de la gravedad.....	29
3.4.5. Estimación del riesgo.....	31

CAPÍTULO IV	32
4.1. Resultados de la investigación.....	32
4.1.1. Determinación de escenarios	32
4.1.2. Evaluación del riesgo ambiental	46
4.1.3. Medidas de control de los riesgos ambientales.....	56
4.2. Discusión de resultados.....	57
CONCLUSIONES	59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
ANEXOS	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Fórmula para la estimación del riesgo ambiental.....	23
Figura 02. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo.....	27
Figura 03. Mapa de ubicación de las pozas de estabilización San Pablo - Sapallanga.....	33
Figura 04. Diagrama de flujo de las pozas de estabilización.....	38
Figura 05. Mapa de ubicación de los de fuentes de peligro.....	41
Figura 06. Mapa de ubicación de los puntos de fuentes de peligro.....	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Variables y operacionalización.....	08
Tabla 02. Cuadro de formulación de escenarios.....	28
Tabla 03. Rangos de estimación de probabilidad de ocurrencia.....	29
Tabla 04. Fórmula para la estimación de la gravedad de las consecuencias.....	29
Tabla 05. Rangos de límite de los entornos.....	30
Tabla 06. Valoración de los escenarios identificados.....	30
Tabla 07. Escala de evaluación de los riesgos ambientales.....	31
Tabla 08. Concentración de nitratos, fosfatos y coliformes fecales.....	37
Tabla 09. Identificación de fuentes de peligro relacionado a las pozas de estabilización.....	39
Tabla 10. Identificación de causas y efectos de peligros.....	40
Tabla 11. Sucesos iniciadores en el entorno humano.....	43
Tabla 12. Sucesos Iniciadores en el entorno natural.....	43
Tabla 13. Sucesos iniciadores en el entorno socioeconómico.....	44
Tabla 14. Formulación de escenarios.....	44
Tabla 15. Probabilidad de ocurrencia de los escenarios del entorno humano.....	46
Tabla 16. Probabilidad de ocurrencia de los escenarios del entorno natural.....	46
Tabla 17. Probabilidad de ocurrencia de los escenarios del entorno socioeconómico.....	47
Tabla 18. Rangos de valoración del escenario de riesgo N° 1 en el entorno humano.....	47
Tabla 19. Rangos de valoración del escenario de riesgo N° 2 en el entorno humano.....	48
Tabla 20. Rangos de valoración del escenario de riesgo N° 3 en el entorno humano.....	48
Tabla 21. Rangos de valoración del escenario de riesgo N° 4 en el entorno natural.....	49
Tabla 22. Rangos de valoración del escenario de riesgo N° 5 en el entorno natural.....	50
Tabla 23. Rangos de valoración del escenario de riesgo N° 6 en el entorno natural.....	50
Tabla 24. Rangos de valoración del escenario de riesgo N° 7 en el entorno socioeconómico.....	51
Tabla 25. Rangos de valoración del escenario de riesgo N° 8 en el entorno socioeconómico.....	52
Tabla 26. Gravedad de los escenarios en el entorno humano.....	53
Tabla 27. Gravedad de los escenarios en el entorno natural.....	53
Tabla 28. Gravedad de los escenarios en el entorno socioeconómico.....	54
Tabla 29. Estimación del riesgo ambiental por escenarios.....	54
Tabla 30. Resultado de nivel de riesgo por entorno.....	55
Tabla 31. Medidas de control de los riesgos ambientales.....	56

RESUMEN

La evaluación de riesgos ambientales es considerada como un instrumento que permite estudiar y evaluar los problemas ambientales, en este caso a las pozas de estabilización San Pablo, que son mecanismos aplicados para el tratamiento de aguas residuales y se caracterizan por su bajo costo y alta eficiencia, sin embargo, su inoperancia y falta de mantenimiento las convierten en una fuente de riesgos ambientales.

El objetivo general de la investigación fue evaluar el nivel de riesgo ambiental que se genera a partir de las pozas de estabilización de aguas residuales San Pablo en el distrito de Sapallanga. La evaluación de riesgos se realizó tomando en cuenta la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales del Ministerio del Ambiente (MINAM) que tiene como referencia a la Norma UNE 150 008; el método empleado en la investigación fue el inductivo, basado en la descripción del resultado de las observaciones para plantear una hipótesis o teoría, para lo cual se realizó un diagnóstico de la zona de estudio a través de recorridos en campo, toma de muestras y recopilación de información en la municipalidad, posteriormente se formularon los escenarios de exposición para calcular la probabilidad de ocurrencia y la gravedad de éstos; los escenarios de riesgo identificados fueron: descarga de aguas residuales al río Chanchas, descargas clandestinas de aguas residuales, acumulación de residuos sólidos en los canales de aguas residuales y áreas aledañas, riego de áreas forestales y agrícolas con aguas residuales y paso de las aguas residuales por áreas de pastoreo. Finalmente, se estimó el nivel de riesgo, obteniendo como resultado que dicho nivel para los tres entornos (humano, natural y socioeconómico) es significativo (72 %). Con el resultado de la evaluación de riesgos se concluye que las autoridades locales y la población deben generar acciones para eliminar los escenarios con mayor influencia en la generación del riesgo ambiental.

Palabras clave: riesgo ambiental, poza de estabilización, descarga, agua residual, escenario de exposición.

ABSTRACT

The evaluation of environmental risks is considered as an instrument that allows studying and evaluating environmental problems, in this case the San Pablo stabilization ponds, which are mechanisms applied to the treatment of wastewater and are characterized by their low cost and high efficiency. However, their ineffectiveness and lack of maintenance make them a source of environmental risks.

The general objective of the research was to evaluate the level of environmental risk that is generated from the San Pablo wastewater stabilization ponds in the district of Sapallanga. The risk assessment was carried out taking into account the Environmental Risk Assessment Guide of the Ministry of the Environment of Peru, which refers to the UNE 150 008 Standard. The method used in the research was inductive, based on the description of the result of the observations to propose a hypothesis or theory, for which a diagnosis of the study area was made through field trips, sampling and collection of information in the municipality, subsequently the exposure scenarios were formulated to calculate the probability of occurrence and the severity of these. The risk scenarios identified were: wastewater discharge to the Chanchas river, clandestine wastewater discharges, accumulation of solid waste in wastewater canals and surrounding areas, irrigation of forest and agricultural areas with wastewater, and passage of wastewater by grazing areas. Finally, the level of risk was estimated, obtaining as a result that said level for the three environments (human, natural and socioeconomic) is significant (72 %). With the result of the risk assessment, it is concluded that the local authorities and the population should generate actions to eliminate the scenarios with the greatest influence on the generation of environmental risk.

Key words: environmental risk, stabilization pond, discharge, wastewater, exposure scenario.

INTRODUCCIÓN

Los problemas ambientales en todo el mundo cada vez son más, y el Perú no es ajeno a esto, pero también se han incrementado las herramientas para controlar o eliminar estos problemas, uno de ellos es la evaluación de riesgos ambientales.

El tratamiento de aguas residuales es un proceso necesario que se realiza para evitar que los vertimientos sean perjudiciales para el ambiente, existiendo distintos métodos que se pueden aplicar de acuerdo a las necesidades y contexto. En el Perú una de las técnicas más utilizadas para el tratamiento de las aguas residuales, debido a su bajo costo y alta eficiencia, son las pozas de estabilización, las mismas que pueden ser: aerobias, anaerobias, facultativas y/o de maduración. El distrito de Sapallanga, provincia de Huancayo, tiene pozas de estabilización para realizar el tratamiento de las aguas residuales, pero lejos de evitar daños al ambiente, dichos espacios se han convertido en fuente de riesgo para la salud, ambiente y economía de la población.

Con la presente investigación se busca evaluar los riesgos ambientales en las pozas de estabilización de aguas residuales San Pablo - Sapallanga, teniendo en cuenta la guía brindada por el Ministerio del Ambiente (MINAM), con la finalidad de conocer el nivel de riesgo y lo que esto puede significar para la salud y el ambiente.

Los objetivos de la investigación fueron evaluar los riesgos ambientales en las pozas de estabilización San Pablo - Sapallanga en el año 2020, además de analizar las causas de los riesgos, determinar las consecuencias y proponer medidas de control. De igual manera, el presente trabajo está compuesto por capítulos que contienen lo siguiente:

El primer capítulo abarca de forma detallada el planteamiento de la investigación, la formulación del problema, los objetivos y la justificación que se tomaron en cuenta para realizar la evaluación de riesgos ambientales que se generan en la poza de estabilización.

El segundo capítulo expone los antecedentes del estudio, además de los principales conceptos para la investigación y la definición de términos básicos relacionados a la evaluación de riesgos ambientales.

El tercer capítulo muestra la metodología empleada, las variables, indicadores e instrumentos que se consideraron para realizar la Evaluación de Riesgos Ambientales (ERA) asociados a las pozas de estabilización de aguas residuales.

El cuarto capítulo expone los resultados de la identificación de peligros, del análisis de los entornos humano, ecológico y socioeconómico, de la formulación de escenarios y la valoración de las consecuencias, la probabilidad de ocurrencia y el nivel de riesgo calculado.

El autor.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

El tratamiento de las aguas residuales es un problema en todo el mundo, ya que la disposición final de éstas, en muchos casos, se da en estructuras que, si bien son preparadas para su tratamiento, contextos como la falta de mantenimiento o su inadecuado uso llegan a generar problemas ambientales, generando riesgos que pueden afectar a la salud de las personas, las actividades que se realizan en el entorno y al ambiente.

De acuerdo al “Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017”, más del 80 % de las aguas residuales producidas en el planeta (en países en vías desarrollo cerca al 95 %) son descargadas al ambiente sin tratamiento alguno. Por otro lado, se encuentran las plantas que no realizan el tratamiento adecuado, incrementándose así los escenarios de riesgos ambientales con respecto a las aguas residuales. Los resultados del Programa Mundial de Monitoreo de la Calidad del Agua en los continentes de América, Asia y África, evidencian la existencia de contaminación por patógenos, que generan graves consecuencias en la tercera parte de todos los segmentos fluviales de los continentes evaluados, lo que pone en grave riesgo la calidad de la salud de millones de personas (1).

En América Latina, el vertimiento de las aguas residuales urbanas se ha ido incrementando debido a dos puntos importantes: el incremento de la población, que pasó de 314 millones en 1990 a casi 496 millones al 2017 y se espera que la cifra llegue a 674 millones en el 2050 y, por otro lado, se debe al aumento de los servicios de abastecimiento de agua y de saneamiento (1). No obstante, este incremento no es equivalente a las mejoras de los procesos en el tratamiento de las aguas residuales, convirtiéndose en un importante problema en la región.

En el marco del evento: “Perú, ¿un reflejo de la región? Tratamiento y reúso de las aguas residuales - 2017”, el Banco Mundial concluyó que en el Perú existen serias deficiencias en el proceso de selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales, y también se evidenció que en el Perú aún no se entiende que el principal objetivo en la gestión de aguas residuales no es el tratamiento, sino la disposición final segura del efluente, para evitar la exposición de la población a riesgos de salud (2).

Según Ramón Espinoza, “en virtud de la deficiente investigación sobre la presencia de organismos patógenos en aguas residuales de países en desarrollo, como en el Perú, las consideraciones que se toman para el diseño y construcción de lagunas para el tratamiento de aguas residuales son tomadas de las experiencias de otros países industrializados, los cuales tienen como prioridad reducir los compuestos orgánicos, sin brindar mayor atención a la salud de la población” (3).

En el Perú se observan constantemente fallas o la inoperancia de las distintas plantas de tratamiento de aguas residuales, lo cual se atribuye a que en su construcción no se tomaron en cuenta aspectos claves para su buen funcionamiento como la ubicación de la planta, las características del espacio donde se desarrollara el tratamiento, el costo de mantenimiento, la adecuada selección de tecnologías y el aspecto social, todo esto provoca que el proceso de tratamiento de las aguas residuales se convierta en un riesgo para la salud y el ambiente.

Huancayo, una ciudad ubicada en la parte central del país, no es ajena a los problemas ambientales, ya que en los últimos años se han presenciado conflictos referidos a los residuos y efluentes que no reciben el tratamiento

adecuado. En toda esta zona hay muy pocas plantas de tratamiento de aguas residuales que se encuentran funcionando correctamente y que cuentan con el equipamiento adecuado, esto debido a que se construyen plantas con distintas tecnologías que solo funcionan pocos meses, además los gobiernos locales no cuentan con los recursos económicos y con el personal capacitado para mantener en funcionamiento estas estructuras diseñadas para el tratamiento de las aguas residuales. Todo esto deriva en que los sistemas de saneamiento que están diseñados para terminar en las plantas de tratamiento, omitan este importante proceso y conduzcan las aguas residuales directamente a medios naturales como ríos, lagunas, bofedales y otros.

Estudios previos exponen que en la ciudad de Huancayo los problemas ambientales relacionados a las aguas residuales son consecuencia de tres puntos importantes no considerados en su tratamiento: (i) no se han aplicado estrategias para crear energía a través de la materia orgánica producida por el tratamiento de las aguas residuales, (ii) no se desarrollan nuevas técnicas para el tratamiento y depuración de las aguas residuales que necesiten poca inversión y sean de fácil operación y mantenimiento, y (iii) no se intenta aprovechar el agua tratada, independientemente de la calidad del efluente (4).

Uno de los 28 distritos que componen la provincia de Huancayo es el distrito de Sapallanga, el cual cuenta con un sistema de saneamiento y tratamiento de aguas residuales con serias deficiencias, uno de los puntos más críticos se encuentra en el barrio San Pablo donde se localizan dos pozas de estabilización de aguas residuales en mal estado. Dichas estructuras se encuentran rodeadas por sembríos y muy cercanas a viviendas lo que las convierte un riesgo para su entorno. Las pozas de estabilización reciben muy poca atención por parte de las autoridades locales a pesar de las constantes quejas de la población.

El gobierno local del distrito, en conjunto con la población, desconocen en gran medida la gravedad de esta problemática, ya que la población solo ve a estas pozas como un elemento que da mal aspecto a su entorno o como una fuente de malos olores, sin embargo, existen otros riesgos que no han sido tomados en cuenta, como lo es la afectación a la salud de la población

cercana, la contaminación de los alimentos que se cultivan haciendo uso de agua contaminada y la degradación de ecosistemas acuáticos, que talvez ahora parecen irrelevantes pero que en el futuro pueden traer consecuencias graves si no se realizan las acciones necesarias para evitarlo.

1.1.2. Formulación del problema

a) Problema general:

¿Cuál es el nivel de riesgo ambiental que generan las pozas de estabilización de aguas residuales San Pablo - Sapallanga en el año 2020?

b) Problemas específicos:

- ¿Cuáles son los escenarios de riesgo que generan las pozas de estabilización de aguas residuales San Pablo - Sapallanga en el año 2020?
- ¿Cuáles son las consecuencias de los riesgos ambientales en las pozas de estabilización de aguas residuales San Pablo - Sapallanga en el año 2020?
- ¿Cómo controlar los riesgos ambientales que generan las pozas de estabilización de aguas residuales San Pablo - Sapallanga en el año 2020?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar el nivel de riesgo ambiental que generan las pozas de estabilización de aguas residuales San Pablo - Sapallanga en el año 2020.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar los escenarios de riesgo que generan las pozas de estabilización de aguas residuales San Pablo - Sapallanga en el año 2020.
- Determinar las consecuencias de los riesgos ambientales en las pozas de estabilización de aguas residuales San Pablo - Sapallanga en el año 2020.
- Proponer medidas de control de los riesgos ambientales que generan las pozas de estabilización de aguas residuales San Pablo - Sapallanga en el año 2020.

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación ambiental

Para que se cumplan los compromisos ambientales asumidos por los gobiernos locales y el segundo objetivo del Plan Nacional de Acción Ambiental (PLANAA - PERÚ, 2011 - 2021): “asegurar una calidad ambiental adecuada para la salud y el desarrollo integral de las personas, previniendo la afectación de ecosistemas, recuperando ambientes degradados y promoviendo una gestión integrada de los riesgos ambientales, así como, una producción limpia y ecoeficiente” (5), es necesario que se conozcan los riesgos ambientales que se generan a partir de las estructuras y operaciones que se encuentran bajo la responsabilidad y jurisdicción de las municipalidades.

En la actualidad la Municipalidad Distrital de Sapallanga, como responsable de la operación y mantenimiento de las pozas de estabilización de aguas residuales, está generando impactos ambientales sin tener en cuenta medidas de control e incumpliendo normas legales, de tal modo la presente investigación permitirá identificar, evaluar, analizar las causas y generar medidas de control para evitar los riesgos ambientales generados por las pozas de estabilización.

La evaluación de riesgos es un proceso importante y decisivo, ya que de esto dependerá la aplicación de una estrategia ambiental, para ello se deben tener en cuenta estándares y normas legales aprobadas.

1.3.2. Justificación metodológica

Cuando se determine la veracidad y confiabilidad de la evaluación de riesgos ambientales en las pozas de estabilización de aguas residuales del distrito de Sapallanga, ésta podrá ser usado en otros trabajos de investigación que estén relacionados a la evaluación de riesgos ambientales en espacios destinados al tratamiento de las aguas residuales, teniendo como base, la metodología propuesta por el Ministerio del Ambiente.

En dicho sentido, los aportes metodológicos obtenidos a través de la investigación podrán ser aplicados en otras evaluaciones de riesgos ambientales con similar contexto, con la finalidad de facilitar y mejorar la tarea de recolección de datos, análisis de la información, evaluación y caracterización de los riesgos ambientales.

1.3.3. Justificación teórica

El resultado de la investigación aporta en conocimientos al estudio de los riesgos ambientales en espacios destinados al tratamiento de aguas residuales que se encuentren bajo la responsabilidad de los gobiernos locales; a partir de ello es posible tomar decisiones sobre medidas de control para los riesgos ambientales de acuerdo a la probabilidad de ocurrencia y gravedad de las consecuencias, con la finalidad de evitar daños al entorno humano, natural y socioeconómico.

1.4. Hipótesis y variables

1.4.1. Hipótesis de investigación

H₁: El nivel de riesgo ambiental que generan las pozas de estabilización San Pablo - Sapallanga en el año 2020 es significativo.

1.4.2. Hipótesis nula

H₀: El nivel de riesgo ambiental que generan las pozas de estabilización San Pablo - Sapallanga en el año 2020 es leve.

1.4.3. Hipótesis alterna

H_a: Las pozas de estabilización San Pablo - Sapallanga en el año 2020 no contempla elementos que representen riesgo ambiental.

1.4.4. Hipótesis específicas

- Los escenarios de riesgo que generan las pozas de estabilización San Pablo - Sapallanga en el año 2020, son las descargas clandestinas, acumulación de residuos sólidos y uso de las aguas residuales para riego de cultivos.
- Las consecuencias de los riesgos ambientales en las pozas de estabilización San Pablo - Sapallanga en el año 2020, son las afecciones a la salud de la población, contaminación del agua y afectación a las actividades económicas.
- Las medidas de control de los riesgos ambientales de las pozas de estabilización San Pablo - Sapallanga en el año 2020, están asociadas a la mejora de la gestión ambiental de aguas residuales de la municipalidad distrital de Sapallanga en coordinación con la población.

1.4.5. Operacionalización de las variables

Tabla 01. *Variables y operacionalización.*

TIPO DE VARIABLE	DIMENSIONES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN	
Variable independiente	Pozas de estabilización de aguas residuales	Escenarios de riesgo en las pozas de estabilización.	Escenarios donde se han identificado peligros potenciales.	Gravedad de las consecuencias	<ul style="list-style-type: none"> • Crítico. • Grave. • Moderado. • Leve. • No relevante. 	Cualitativa	Ordinal
				Probabilidad de ocurrencia	<ul style="list-style-type: none"> • Muy probable. • Altamente probable. • Probable. • Posible. • Poco probable. 	Cualitativa	Ordinal
Variable dependiente	Riesgos ambientales	Riesgos ambientales en el entorno humano.	Probabilidad de ocurrencia de que un peligro afecte directa o indirectamente al entorno humano.	Nivel de riesgo	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgo significativo. • Riesgo moderado. • Riesgo leve. 	Cualitativa	Ordinal
		Riesgos ambientales en el entorno natural.	Probabilidad de ocurrencia de que un peligro afecte directa o indirectamente al entorno natural.	Nivel de riesgo	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgo significativo. • Riesgo moderado. • Riesgo leve. 	Cualitativa	Ordinal
		Riesgos ambientales en el entorno socioeconómico.	Probabilidad de ocurrencia de que un peligro afecte directa o indirectamente al entorno socioeconómico.	Nivel de riesgo	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgo significativo. • Riesgo moderado. • Riesgo leve. 	Cualitativa	Ordinal

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes encontrados en artículos científicos

En el artículo científico titulado: “Evaluación del impacto del vertimiento de aguas residuales en la calidad del río Ventilla, Amazonas” se tuvo por objetivo estudiar los parámetros microbiológicos en las aguas del río Ventanilla, el cual atraviesa una extensa zona ganadera y además es cuerpo receptor de una laguna de oxidación para tratar aguas residuales. La metodología usada en dicha investigación se basó en la toma de tres muestras por punto de muestreo, las cuales fueron recolectadas en la margen izquierda, en el centro y la margen derecha del río. Como resultado se identificó la presencia de alta concentración de coliformes fecales (CF), coliformes totales (CT), enterococos fecales (EF) y *E. coli* (EC) (6).

En la investigación titulada: “Análisis de riesgo sanitario en aguas grises de la provincia de Buenos Aires, Argentina” se formuló el objetivo de evaluar los riesgos sanitarios vinculados con la transmisión de enfermedades a través de las aguas grises. La metodología aplicada en la investigación consistió en la toma de diez muestras de agua en el canal Figueredo, para su posterior análisis (cuantitativo) del riesgo microbiológico a través de la sedimentación y filtración. En sus resultados expone la presencia de *Salmonella* spp., además determinó que el

principal riesgo de infección se origina en la ingesta de 0.01 - 0.1 g de tierra, lo que provoca una alta probabilidad de contraer una infección por *E. coli* (7).

En el artículo titulado: “Evaluación del desempeño de la planta de tratamiento de aguas residuales urbanas de ILHA Solteira (SP) por lagunas facultativas primarias”, se propuso por objetivo evaluar el funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (en adelante PTAR), para lo cual se realizó monitoreos en distintas épocas del año, obteniendo como resultados que el 40 % de las lagunas estaban ocupadas por lodos y que el parámetro de coliformes fecales superaba los límites permisibles de la legislación brasilera (1000/100 ml), concluyendo que existe la necesidad de mejorar o implementar un nuevo sistema de tratamiento para evitar impactos al ambiente y riesgos a la salud de la población cercana a las zonas de descarga y aguas abajo del punto de vertimiento (8).

2.1.2. Antecedentes encontrados en tesis

La tesis titulada: “Evaluación del riesgo ambiental asociado a una planta de tratamiento de agua residual de un condominio horizontal ubicado en Santa Ana – Costa Rica”, se realizó debido a que, en la zona de estudio, la administración no mostraba conformidad con el trabajo que realizaba la consultora en la planta de tratamiento de las aguas residuales. En la investigación se planteó por objetivo evaluar el proceso del tratamiento de las aguas residuales con la finalidad de examinar el funcionamiento de la planta y el cumplimiento de las normas legales. El estudio contempló visitas de campo, con el propósito de obtener información primaria mediante conversaciones con los encargados de la planta y tomando muestreos de agua y lodo. Con la información recopilada, se determinó que la planta de tratamiento de agua residual no funcionaba de manera eficiente, debido a que los parámetros DBO, DQO y los sólidos suspendidos totales no se encontraron dentro de los rangos permitidos por las normas legales. Concluye que se recomendó implementar una planta para el tratamiento de lodos activados utilizando la técnica aireación

extendida y esta tendría que trabajar en conjunto con la actual planta que se encuentra en funcionamiento (9).

Relevancia: la investigación descrita tiene especial relevancia para la tesis debido a que, para obtener información, también se realizaron visitas a campo, además de toma de muestras de agua y lodo, de modo que la proyección de la obtención de dichos resultados aporte en la realización de la evaluación del riesgo ambiental producido por las pozas de estabilización.

La tesis titulada: “La planta de tratamiento de aguas residuales PTAR - Loreto, y los conflictos ambientales generados en los asentamientos humanos asentados en su periferia distrito de Punchana, 2014”, se realizó debido a que gran cantidad de personas estaban siendo afectadas por la baja eficiencia de las obras de ingeniería, lo que provocó el malestar general y disminución en la calidad de vida en la población asentada cercana a la planta de tratamiento de aguas residuales. En dicho sentido, se formuló como objetivo el estudiar los conflictos ambientales generados por la PTAR, a través de la metodología de diseño de encuestas y entrevistas personales, realizando un total de 156 encuestas en los cinco sectores seleccionados por el estudio, donde se obtuvo como resultado que los conflictos ambientales son generados por la falta de comunicación entre la población y la empresa que construyó la PTAR y por los incumplimientos de los Estándares de Calidad Ambiental (en adelante ECA) por parte de la empresa. La investigación llega a brindar recomendaciones como: formular y ejecutar un Plan de Acción para la transformación positiva de los conflictos ambientales que se identificaron (10).

Relevancia: la investigación es relevante para la tesis porque explica las causas de los conflictos ambientales, los cuales, potencialmente, también se dan en el contexto de la presente investigación, ya que, en los últimos meses en la zona de estudio, se presentaron conflictos entre la población y la municipalidad debido al ineficiente manejo de las pozas de estabilización San Pablo, a causa de que provocaba malos olores y contaminación de fuentes de agua.

La tesis titulada: “Evaluación de riesgos ambientales en el proceso constructivo de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Rioja - 2017”, señala a la evaluación de riesgos es una parte importante en la gestión ambiental, donde se evalúan los distintos escenarios presentes en un determinado contexto y considerando entornos (humano, ecológico y socioeconómico), para ello se realizó una evaluación preliminar, posteriormente se identificaron los escenarios que se encuentran respecto de dichos entornos, para concluir en la estimación del nivel de riesgo; el trabajo de investigación está orientado en la recopilación de datos en campo, como son los monitoreos, el balance de masa y energía, eventos antrópicos, entre otros. Tras de la obtención de datos en campo, se realizó la comparación con parámetros y rangos que se establecen en normas nacionales e internacionales, y mediante un sistema de matrices, estimó el nivel de riesgo. Se concluye que los riesgos ambientales se determinaron de forma definida y puntual y que el nivel del riesgo que produce el proyecto es moderado, ya que tuvo como resultado un valor porcentual de 25.33 %, valor considerado como medio (moderado) de acuerdo con la escala de medición usada (11).

Relevancia: la investigación es relevante porque consideró los mismos escenarios que en el presente estudio, además de que el trabajo en campo que se realizó también brinda una adecuada referencia para tomar en cuenta la recopilación de información y demás factores importantes que influyen en la evaluación de riesgo ambiental.

La tesis titulada: “Análisis de riesgos en planta de tratamiento de aguas residuales”, se realizó debido a que las plantas de tratamientos de aguas residuales están en contacto con residuos peligrosos y con actividades donde se pueden producir accidentes o enfermedades, además considera que los riesgos no sólo se dan dentro de estas instalaciones sino también en las poblaciones aledañas. En la investigación se planteó como objetivo el identificar y evaluar los riesgos ambientales de una PTAR, mediante la utilización de hojas de identificación, el uso del método Penta para valorizar los riesgos identificados y la aplicación de la herramienta Hazard and Operability (HAZOP), para el análisis de fallas en el sistema. Con la metodología aplicada, se obtuvo como resultado que la planta no cumple

con la normativa de seguridad e higiene ocupacional y que uno de los principales riesgos que se presenta es la fuga de cloro durante el tratamiento, lo cual también se menciona como una oportunidad de mejora; el estudio afirma que este problema se pudo identificar gracias a la comunicación directa con los trabajadores, por lo que considera de vital importancia la interacción con los involucrados del problema a estudiar (12).

Relevancia: la investigación es relevante porque muestra herramientas útiles para ser aplicadas en la presente investigación, como la interacción y comunicación con los trabajadores de la PTAR, además que los problemas que incentivaron a realizar este trabajo también están relacionados con los problemas identificados en las pozas de estabilización San Pablo, como la afectación a la población aledaña y la generación de accidentes y enfermedades.

En la tesis titulada: “Riesgos ambientales por aguas residuales de la producción de vacunos en la unidad de producción Pachacayo - SAIS “Túpac Amaru”, Junín”, se tuvo por objetivo evaluar el riesgo ambiental que es producido por las aguas residuales generados en la producción de vacunos. La metodología que usó en este trabajo para la evaluación y análisis de riesgos ambientales se tomó de la Norma UNE 150 008, donde se consideran las distintas etapas para la producción de vacunos, desde el engorde hasta la producción de leche, con dicha metodología se determinaron los parámetros para los contaminantes, donde se obtuvo como resultado que las aguas residuales provenientes de la producción de vacunos presentan elevadas concentraciones provocando valores altos de DBO₅, fosfatos y nitratos. Como conclusión, la investigación menciona que las aguas residuales generan riesgos moderados y que se requieren medidas de control y preventivas para reducir los riesgos ambientales descritos (13).

Relevancia: la investigación descrita es relevante para el presente trabajo debido a que en las pozas de estabilización San Pablo también encuentran los mismos contaminantes, toda vez que en la zona de estudio se encuentran ubicados camales clandestinos los cuales descargan sus aguas residuales a la red de alcantarillado sin ningún tratamiento previo, provocando elevadas concentraciones de fosfatos y nitratos.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Riesgo ambiental

El riesgo ambiental es definido como la posibilidad de que un peligro se concrete, el cual puede provocar consecuencias negativas al medio y a su biodiversidad; éste está delimitado por un tiempo y espacio, y puede ser originado por actividades humanas o de forma natural (14).

2.2.2. Aguas residuales

Las aguas residuales son aquellas que tienen características naturales modificadas debido a las actividades del hombre, éstas son vertidas a un cuerpo natural de agua, pero debido a sus características originales alteradas, deben recibir un tratamiento previo para evitar la contaminación del ambiente. Además, el vertimiento de aguas residuales en un cuerpo natural tiene que ser autorizado por la Autoridad Nacional del Agua (15).

2.2.3. Tratamiento de aguas residuales domésticas

El tratamiento de las aguas residuales se realiza a través de mecanismos y procesos químicos, biológicos, y físicos, los cuales tienen como principal objetivo limpiar el agua residual hasta llegar a un nivel de calidad aceptable por las normas vigentes, para que posteriormente se pueda realizar su disposición final o reaprovechamiento (16).

El sistema de tratamiento de aguas residuales se debe elegir teniendo en cuenta la calidad del efluente que se quiere lograr, inversión económica, disponibilidad de área, cantidad de población, entre otros aspectos que dependerán de la situación de cada lugar (16).

2.2.4. Poza de estabilización

Las pozas de estabilización son estructuras diseñadas para mejorar las características sanitarias de las aguas residuales; este mecanismo es recomendado por su fácil operación y alta eficiencia, ya que utiliza el proceso llamado estabilización natural o auto depuración (17).

Estas pozas generalmente sólo tienen una profundidad de dos a cuatro metros, existiendo dos tipos: las facultativas, que se diseñan cuando existe baja carga orgánica y favorece al crecimiento de algas microscópicas y a la producción de oxígeno, y las pozas anaeróbicas, las cuales se diseñan cuando hay presencia de alta carga orgánica que provoca que la demanda bioquímica de oxígeno supere la producción de oxígeno de las algas, haciendo que la poza sea totalmente anaeróbica (17).

Para evaluar la eficiencia de las pozas de estabilización se recomienda evaluar los parámetros asociados a la DBO, lo que ayudará a caracterizar la carga orgánica, el número más probable de coliformes fecales, lo cual evidenciará la presencia de contaminación microbiológica, además de los sólidos totales, entre otros (17).

2.2.5. Parámetros asociados a las aguas residuales

a) Aceites y grasas:

Son materiales compuestos por ácidos grasos de origen animal y vegetal que se han recuperado de forma soluble, también incluyen los materiales extraídos de muestras acidificadas como los tintes orgánicos, compuestos de azufre y clorofila (18).

Algunos compuestos de los aceites y grasas pueden tener influencia en el tratamiento de las aguas residuales, si existe un exceso de éstos elementos interferirán en los procesos biológicos aeróbicos y anaeróbicos, y afectará la eficiencia del tratamiento de las aguas residuales. Cuando se realicen descargas de aceites y grasas en aguas residuales o tratadas, se formarán películas superficiales y otros depósitos a las orillas que contribuyen a la degradación ambiental (18).

Es importante conocer las cantidades de aceites y grasas presentes en las aguas residuales, ya que influye en el diseño y funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales (18).

b) Coliformes termotolerantes:

Las bacterias coliformes han sido usadas como indicadores de la calidad de agua, ya que provienen de los intestinos de los animales de sangre caliente, por lo tanto, también es un indicador de contaminación fecal. Los coliformes termotolerantes también llamados coliformes fecales, son aquellos que son capaces de fermentar lactosa a una temperatura aproximada de 45°C para producir gas. Por lo usual, se encuentran en aguas ricas en materia orgánica y climas tropicales, Si se busca evidencia de contaminación fecal reciente lo recomendable es realizar una prueba para identificar *E. coli* (18).

c) Demanda Bioquímica de Oxígeno:

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), se aplica como indicador de la cantidad de oxígeno que se requiere en las aguas residuales, aguas contaminadas y otros efluentes, para degradar material orgánico. Las pruebas de DBO miden el oxígeno molecular en el periodo de incubación, específicamente para (18):

- Materia orgánica degradada bioquímicamente.
- Oxidar materia inorgánica (hierro ferroso y sulfuros).
- Medir la cantidad de oxígeno que se ha usado para oxidar formas reducidas de nitrógeno.

d) Demanda Química de Oxígeno:

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) es definido como la cantidad de un oxidante con la capacidad de reaccionar con la muestra. El oxidante consumido es expresado en términos de su equivalente de oxígeno (18).

La DQO es una prueba bien definida y puede alterarse por algunos factores; el grado de oxidación de la muestra puede afectarse por la concentración del reactivo, tiempo de la digestión y la concentración de DQO presente en la muestra (18).

La DQO es utilizada para medir los contaminantes de aguas residuales y otros cuerpos de agua. Ésta también se puede relacionar con otros parámetros, alguno de ellos son la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), la DTO (Demanda Total de Oxígeno) y el COT (Carbono Orgánico Total). La DBO es un parámetro que mide el consumo de oxígeno de los microorganismos en condiciones específicas, mientras que el parámetro COT mide la cantidad de carbono orgánico concentrado en una muestra y la DTO es un parámetro que mide la dosis de oxígeno que consumen los componentes de la muestra al lograr la oxidación completa (total) (18).

e) pH:

El pH (potencial de hidrógeno) es un parámetro fundamental y por ende bastante usado en el estudio de la química del agua. Durante distintos procesos para el abastecimiento de agua potable para el consumo humano y en el tratamiento de las aguas residuales ocurren distintas reacciones y procesos (control de corrosión, precipitación, neutralización, desinfección, entre otros) donde interviene este parámetro. El pH es un parámetro que se aplica en la medición de alcalinidad, CO_2 y para equilibrios ácido base. Si se busca obtener la neutralidad de una muestra de agua, es necesario utilizar las capacidades acidez y alcalinidad (18).

f) Sólidos Suspendidos Totales:

Los Sólidos Suspendidos Totales (SST) hacen referencia a la materia suspendida o disuelta en el agua superficial, potable, o aguas residuales domésticas e industriales (18).

Los SST pueden causar efectos negativos en la calidad del agua o del efluente. Las aguas con presencia de alto contenido de sólidos suspendidos generalmente no pueden ser usados para ninguna actividad y pueden causar reacciones fisiológicas negativas en el consumidor o usuario. Las aguas con alta concentración de minerales tampoco son adecuadas para las aplicaciones industriales o de consumo (18).

Las aguas con presencia de alto contenido de sólidos suspendidos también pueden ser estéticamente insatisfactorias para cualquier tipo de uso. El análisis de sólidos en suspensión es importante porque permite controlar los procesos del tratamiento de las aguas residuales y así dar cumplimiento a las normativas relacionadas a los recursos hídricos (18).

g) Nitrato:

Los iones de nitrato están conformados por nitrógeno y oxígeno, y son compuestos solubles. El nitrato es un elemento importante para el crecimiento de las plantas y debido a su solubilidad es muy frecuente en el agua, las principales fuentes de contaminantes nitrogenados de aguas naturales son las actividades ganaderas, industriales, agronómicas y las aguas residuales domésticas. La consecuencia de la ingesta de nitrato en el ser humano es que causa metahemoglobinemia, enfermedad que ataca a los niños menores de seis meses y causa que los glóbulos rojos bajen su capacidad de transportar oxígeno (18).

h) Fosfato:

El ion fosfato proviene del fósforo inorgánico y se puede encontrar como fragmentos sueltos y partículas en algunos organismos acuáticos. El agua de lluvia que contiene distintas concentraciones de fosfato y la presencia de detergentes en las aguas residuales son los principales aportantes de fosfato a las aguas naturales. El ion fosfato

es un nutriente para el crecimiento desmedido de algas en las aguas, lo que afecta a la cantidad de oxígeno y provoca mayor descomposición, lo cual finalmente termina en un escenario de eutrofización (18).

i) Temperatura:

La temperatura es un parámetro importante para el estudio de los ecosistemas acuáticos. Las temperaturas altas que son producidas por las descargas de agua caliente generalmente tienen un impacto negativo significativo en el ambiente. Las fuentes de suministro de agua, como aguas subterráneas de pozos profundos, pueden ser identificados solo mediante las mediciones de temperatura. Algunas plantas industriales en ocasiones requieren datos sobre la temperatura del agua para ser usadas en distintos procesos o para calcular la transmisión de calor (18).

2.2.6. Evaluación del Riesgo Ambiental

La evaluación de riesgos es un proceso que ayuda a determinar la existencia de una amenaza para alguno de los componentes del ambiente (suelo, agua y aire), lo que también significa un peligro para la salud humana provocada por la contaminación de un medio por la presencia de productos tóxicos u otros compuestos que pueden provenir de actividades industriales o de cualquier otra fuente de contaminación (14).

En la actualidad existen varias metodologías para desarrollar la evaluación de riesgos ambientales, cada una de ellas tendrá requerimientos específicos para ser concluidas, entre ellos se encuentra el personal capacitado y la información necesaria de acuerdo al espacio o ámbito de estudio (14).

2.2.7. Etapas de la evaluación de riesgos ambientales

La ejecución de cada una de las etapas de evaluación de riesgos ambientales, permite que se logre conocer los riesgos más relevantes y con esa información se podrán generar estrategias para minimizar o prevenir los riesgos ambientales.

a) Identificación de peligros:

En esta etapa de la evaluación de riesgos, se emplean herramientas de apoyo y un método de identificación apropiado, el cuál debe ser seleccionado de acuerdo a la superficie, tipo de contaminantes, vulnerabilidad del entorno, antecedentes, instrumento de gestión aplicado, entre otros (14).

b) Determinación de escenarios:

Para la etapa de determinación de escenarios es necesario llevar un cuadernillo donde se registren las actividades realizadas en la zona de estudio, la información a detalle de las actividades que se llevan a cabo se levantará en el lugar de estudio, teniendo en cuenta los Instrumentos de Gestión Ambiental con los que se cuentan (Plan Regional de Gestión Ambiental, Diagnóstico Ambiental, Plan Regional de Acción Ambiental u otros que se hayan desarrollado) que son aplicados en la región del estudio. El diagnóstico ambiental es un proceso fundamental y de mucha ayuda para identificar peligros ambientales (14).

La finalidad de esta etapa es encontrar la mayor cantidad de información respecto a los componentes que influyen en el peligro ambiental, para lo cual se toman en cuenta los siguientes aspectos (14):

- Características generales de la zona de estudio: en este aspecto se incluye información relacionado a la ubicación de la zona de estudio, al uso actual de esta área, la existencia de redes de drenaje y saneamiento, las vías de acceso, etc.

- Entorno físico: este aspecto incluye las características meteorológicas, físicas (tipo de suelo, pendiente, geología, agrología), vulnerabilidad y pictogramas.
- Recursos humanos: este aspecto incluye las estadísticas de la participación del recurso humano de la zona de estudio y el nivel de capacidades de la población.
- Zona vulnerable/afectada: para este aspecto se incluye información relacionada al área urbana, asentamientos, zona rural, las fuentes de agua natural, áreas protegidas, áreas agrícolas, obras de ingeniería, características geológicas, nevados, quebradas, etc. Toda esta Información puede ser extraída de los gobiernos locales.
- Calidad de la Gestión Ambiental: en este aspecto se toma en cuenta la existencia de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) en la zona de estudio.

Los aspectos mencionados no son los únicos que se deben tomar en cuenta, ya que existen otros que también contribuyen en la determinación de los escenarios, los cuales pueden ser las relaciones públicas que existen en la zona de estudio, procesos industriales existentes, etc.

c) Análisis de escenarios:

Esta es una etapa de la Evaluación de Riesgos Ambientales, que requiere de búsqueda y revisión detallada de la información y estudios disponibles sobre el lugar de estudio, es necesario realizar recorridos en campo, con la finalidad de reconocer los peligros presentes en la zona de estudio y su afectación a cualquiera de los tres entornos considerados en la evaluación de riesgos ambientales (humano, natural y socioeconómicos). Una técnica para realizar el análisis de escenario es el llamado “QUE PASA SI...”, que se realiza considerando las modificaciones que pasarían si se presentan acontecimientos no deseados o por la falta de implementación y ejecución de los Instrumentos de Gestión Ambiental (14).

d) Estimación de la probabilidad de ocurrencia:

Para cada uno de los escenarios estudiados se debe asignar un valor para la probabilidad de ocurrencia. El rango de probabilidad va desde poco probable (“1”) hasta muy probable (“5”), dichos valores se encuentran asignados en la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales, propuesta por el Ministerio del Ambiente (MINAM) (14).

e) Estimación de la gravedad:

Para estimar cuan grave son las consecuencias es necesario realizar la estimación para cada uno de los tres entornos considerados: humano, natural y socioeconómico; la evaluación para cada entorno es diferente ya que se toma en cuenta distintos aspectos (14):

- Cantidad: en la evaluación de riesgos es el volumen de la sustancia tóxica o contaminante emitida al entorno del área de estudio.
- Peligrosidad: es considerada como la propiedad o característica intrínseca de las sustancias para poder causar daño debido a su facilidad de acumulación, toxicidad, bioacumulación, etc.
- Extensión: es definido como el espacio o área en el que tiene influencia el impacto producido.
- Calidad del medio: es considerado como el impacto y su posible reversibilidad en el medio o zona de estudio.
- Población afectada: se considera la cantidad estimada de personas afectadas por los impactos ambientales.
- Patrimonio y capital productivo: dicho término hace referencia al valor del patrimonio social y económico que existe en la zona de estudio, y se considera al patrimonio histórico, las infraestructuras, las actividades agrarias, las actividades industriales, las áreas naturales protegidas, las zonas residenciales y espacios de servicios.

f) Estimación del riesgo:

Para estimar el riesgo ambiental es necesario calcular el producto de la probabilidad de ocurrencia y la gravedad de las consecuencias. Éste se tiene que determinar para el entorno humano, natural y socioeconómico (14).

Para finalizar con la evaluación del riesgo ambiental se debe construir una tabla de doble entrada donde se muestre la puntuación obtenida por cada entorno (humano, natural y socioeconómico), y el resultado del cálculo matemático, que representará el valor del riesgo ambiental cuantitativamente (14).

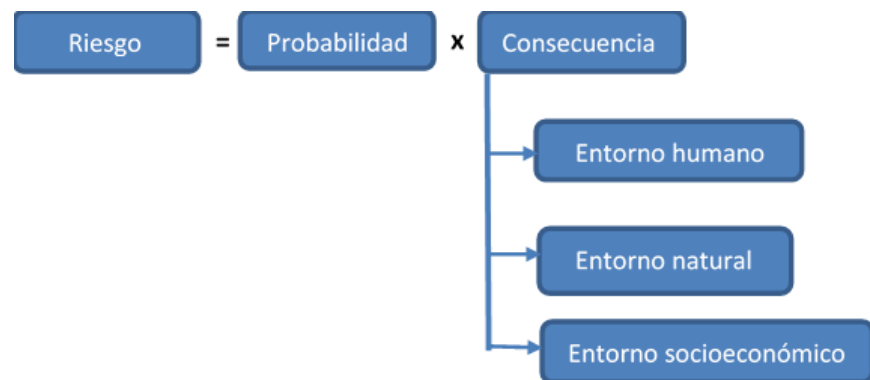


Figura 01. Fórmula para la estimación del riesgo ambiental.

Fuente: Ministerio del Ambiente (14).

g) Caracterización del riesgo:

La etapa de caracterización del riesgo ambiental se realiza en base a los tres entornos considerados desde la primera etapa, natural, humano y socioeconómico; se determina al obtener el promedio de cada entorno para después expresarlo en porcentaje, para que luego se realice la sumatoria y la media de los tres entornos, obteniendo el resultado final, enmarcando el resultado en uno de los tres niveles establecidos por la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales (riesgo significativo, moderado o leve) (14).

2.3. Definición de términos

- Actividad altamente riesgosa: es la acción u operación como parte de las actividades de comercio, fabricación, industria, ventas y distribución en las que podemos encontrar alguna sustancia con características de peligrosidad, que al liberarse en cantidades no reportadas puede ocasionar accidentes o impactos en el ambiente (14).
- Contaminación: se ocasiona por la presencia de algún compuesto o sustancia química en un componente del ambiente (agua, aire o suelo), que puede conllevar efectos negativos para el entorno humano, natural o socioeconómico. El origen de la contaminación puede encontrarse en las actividades industriales, de transporte u otras (14).
- Cultura de prevención: comprende a las actitudes que adopta la sociedad, con respecto a los principios, valores, normas y doctrinas frente a la prevención de los desastres y la seguridad. La incorporación de la cultura preventiva contribuye a una respuesta adecuada ante los desastres y emergencias (14).
- Descontaminación: consiste en disminuir o extraer los contaminantes presentes en el ambiente y las personas, con la finalidad de prevenir efectos negativos a la salud. Así también se logra evitar el contacto con los materiales peligrosos (14).
- Monitoreo: es el proceso de observación y seguimiento de un fenómeno, teniendo en cuenta su desarrollo y variaciones, ya sea con el uso de instrumentos o visualmente (14).
- Vulnerabilidad: es definido como el grado de resistencia y/o exposición de un elemento frente a la a un peligro. Puede ser: física, económica, social, cultural y otros (14).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método, tipo y nivel de la investigación

3.1.1. Métodos de la investigación

a) Método general o teórico de la investigación:

El método general que se empleó en la investigación es el inductivo, método que se basa en la descripción del resultado de las observaciones o experiencias para plantear hipótesis o teorías (19). Esto permite determinar y analizar cada escenario y posteriormente estimar la gravedad y el riesgo ambiental de las pozas de estabilización de aguas residuales.

b) Método específico de la investigación:

El método específico de investigación empleado fue la observación directa, ya que se entró en contacto directo con el fenómeno en estudio, con el fin de saber algo de aquel escenario (19), es decir, con las pozas de estabilización, con el fin de conocer los riesgos que esta pueda generar al entorno humano, natural y socioeconómico.

3.1.2. Tipo de la investigación

El tipo de investigación abordó a la perspectiva básica, ya que tiene como finalidad el estudio de la realidad para el progreso del conocimiento científico (19).

3.1.3. Nivel de la investigación

El nivel de investigación fue el descriptivo ya que se buscó medir y evaluar diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o fenómenos a investigar. Desde el punto de vista científico, describir es medir (19), en dicha perspectiva se buscó evaluar los riesgos ambientales que genera el funcionamiento de las pozas de estabilización de aguas residuales.

3.2. Diseño de la investigación

La investigación fue no experimental y de tipo transeccional descriptivo (20) ya que se buscó medir los niveles de riesgos ambientales generados por las pozas de estabilización de aguas residuales en un determinado tiempo.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población seleccionada para el estudio fue toda el agua residual contenido en las pozas de estabilización San Pablo desde el ingreso hasta su descarga.

3.3.2. Muestra

La muestra de investigación fue delimitada no probabilísticamente y se realizó bajo los criterios señalado en la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales propuesta por el Ministerio del Ambiente.

La cantidad de muestras tomadas para el estudio fueron tres, recolectadas en el punto de ingreso, punto de salida y una muestra integrada tomada de las dos pozas de estabilización San Pablo.

3.4. Descripción de la metodología

3.4.1. Determinación de escenarios

Para determinar los escenarios se realizó la evaluación en campo, mediante visitas a las pozas de estabilización de aguas residuales “San Pablo”. Se realizó un recorrido desde la descarga de las aguas residuales de las tuberías del sistema de saneamiento a las pozas, hasta la descarga de las aguas residuales al río Chanchas.

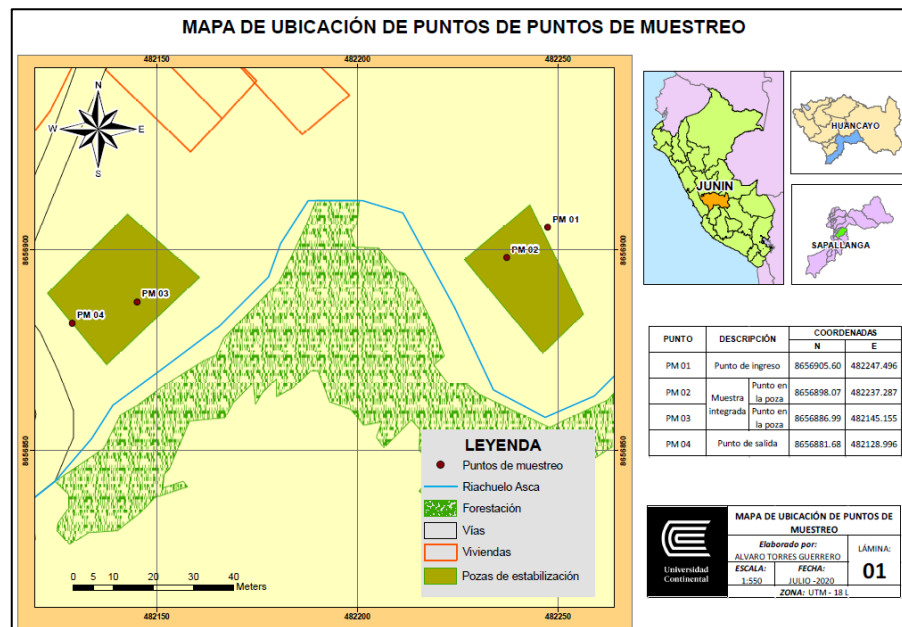


Figura 02. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo.

Fuente: elaboración propia.

Con la finalidad de conocer la concentración de coliformes fecales, nitratos y fosfatos en las aguas residuales de las pozas de estabilización, se tomaron tres muestras (ver figura 02), recolectadas en el canal de ingreso de las aguas residuales, en el punto de salida y en las pozas de estabilización, éstas últimas fueron integradas en una sola muestra. Después de recolectar las muestras, estas se almacenaron a bajas temperaturas en un cooler para luego ser llevadas al laboratorio en menos de 24 horas para su respectivo análisis.







Para la obtención de información respecto al manejo de las pozas de estabilización se visitó la oficina de Servicios Públicos y Medio Ambiente de la Municipalidad Distrital de Sapallanga, donde el responsable de la Gestión Ambiental facilitó la información requerida. La información recopilada fue analizada en gabinete.

3.4.2. Análisis de escenarios

Identificados los escenarios durante las visitas de campo, se procedió a definir la tipología del peligro, las causas y consecuencias de los escenarios en cada entorno (ver tabla 02).

Esta información generada facilitó la obtención de la probabilidad de ocurrencia y posteriormente el cálculo la gravedad de las consecuencias de los escenarios para cada entorno.

Tabla 02. Cuadro de formulación de escenarios.

Tipología de peligro		Sustancia o evento	Escenario de riesgo	Causas	Consecuencias
Ubicación de la zona	Natural	Antrópico	Peligros de origen antrópico		
					
					
Identificar peligros		Identificar posible desencadenante suceso iniciador		Principales causas suceso iniciador	
				Consecuencias asociadas en primera instancia	

Fuente: Ministerio del Ambiente (14).

3.4.3. Estimación de la probabilidad de ocurrencia

Para evaluar la probabilidad de ocurrencia de cada escenario identificado, se asignó un valor de acuerdo con el rango de estimación probabilística propuesto en la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales del Ministerio del Ambiente (14).

Tabla 03. *Rangos de estimación de probabilidad de ocurrencia.*

Valor	Probabilidad	
5	Muy probable	< una vez a la semana
4	Altamente probable	> una vez a la semana y < una vez al mes
3	Probable	> una vez al mes y < una vez al año
2	Posible	> una vez al año y < una vez cada 05 años
1	Poco probable	> una vez cada 05 años

Fuente: Ministerio del Ambiente (14).

3.4.4. Estimación de la gravedad

Para estimar la gravedad de las consecuencias se usó una fórmula, la cual es diferenciada para cada entorno.

Tabla 04. *Fórmula para la estimación de la gravedad de las consecuencias.*

Gravedad	Límites del entorno	Vulnerabilidad
Entorno natural	= cantidad +	+ calidad del medio
Entorno humano	2 peligrosidad +	+ población afectada
Entorno socioeconómico	extensión	+ patrimonio y capital productivo

Fuente: Ministerio del Ambiente (14).

Para asignar un valor a cada parámetro se consideraron los rangos expuestos en la tabla 05; ello se realizó con la información recopilada en campo y gabinete, además de considerar los resultados de muestreo del agua residual.

Tabla 05. Rangos de límite de los entornos.

Entorno humano				
Valor	Cantidad	Peligrosidad	Área de influencia	Población afectada
4	Muy alto	Muy peligroso	Muy extenso	Muy alto
3	Alto	Peligroso	Extenso	Alto
2	Poco	Poco peligroso	Poco extenso	Bajo
1	Muy poco	No peligroso	Puntual	Muy bajo
Entorno natural				
Valor	Cantidad	Peligrosidad	Área de influencia	Daño al medio
4	Muy alto	Muy peligroso	Muy extenso	Muy elevado
3	Alto	Peligroso	Extenso	Elevado
2	Poco	Poco peligroso	Poco extenso	Medio
1	Muy poco	No peligroso	Puntual	Bajo
Entorno socioeconómico				
Valor	Cantidad	Peligrosidad	Área de influencia	Daño a la productividad
4	Muy alto	Muy peligroso	Muy extenso	Muy alto
3	Alto	Peligroso	Extenso	Alto
2	Poco	Poco peligroso	Poco extenso	Bajo
1	Muy poco	No peligroso	Puntual	Muy bajo

Fuente: Ministerio del Ambiente (14).

Los rangos mostrados en la tabla anterior fueron cuantificados, para lo cual fue necesario asignar valores de acuerdo con los escenarios que se formularon en los resultados de la investigación.

Tras la obtención de resultados a través de la fórmula para la estimación de la gravedad de las consecuencias para cada entorno, se procedió a valorizar cada escenario de acuerdo con lo mostrado en la tabla 06.

Tabla 06. Valoración de los escenarios identificados.

Valor	Valoración	Valor asignado
Crítico	20 - 18	5
Grave	17 - 15	4
Moderado	14 - 11	3
Leve	10 - 8	2
No relevante	7 - 5	1

Fuente: Ministerio del Ambiente (14).

3.4.5. Estimación del riesgo

Tras el cálculo de los valores de probabilidad y gravedad de las consecuencias, se procede a estimar el valor del riesgo ambiental que es el producto de ambos valores calculados. Este valor fue determinado para los tres entornos, para posteriormente obtener un promedio.

Al tener el valor del riesgo ambiental, este se debe comparar con la tabla de escala de riesgos ambientales para conocer el nivel de riesgo ambiental.

Tabla 07. *Escala de evaluación de los riesgos ambientales.*

		Valor matricial	Equivalencia porcentual (%)	Promedio (%)
	Riesgo significativo	16 - 25	64 - 100	82
	Riesgo moderado	6 - 15	24 - 60	42
	Riesgo leve	1 - 5	1 - 20	10.5

Fuente: Ministerio del Ambiente (14).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de la investigación

4.1.1. Determinación de escenarios

a) Diagnóstico de la zona:

- Ubicación: el área de estudio se encuentra en el distrito de Sapallanga, perteneciente a la provincia de Huancayo en el departamento de Junín. Las pozas de estabilización se encuentran al Este (E) del distrito, en el barrio San Pablo, rodeada por zona urbana y agrícola.

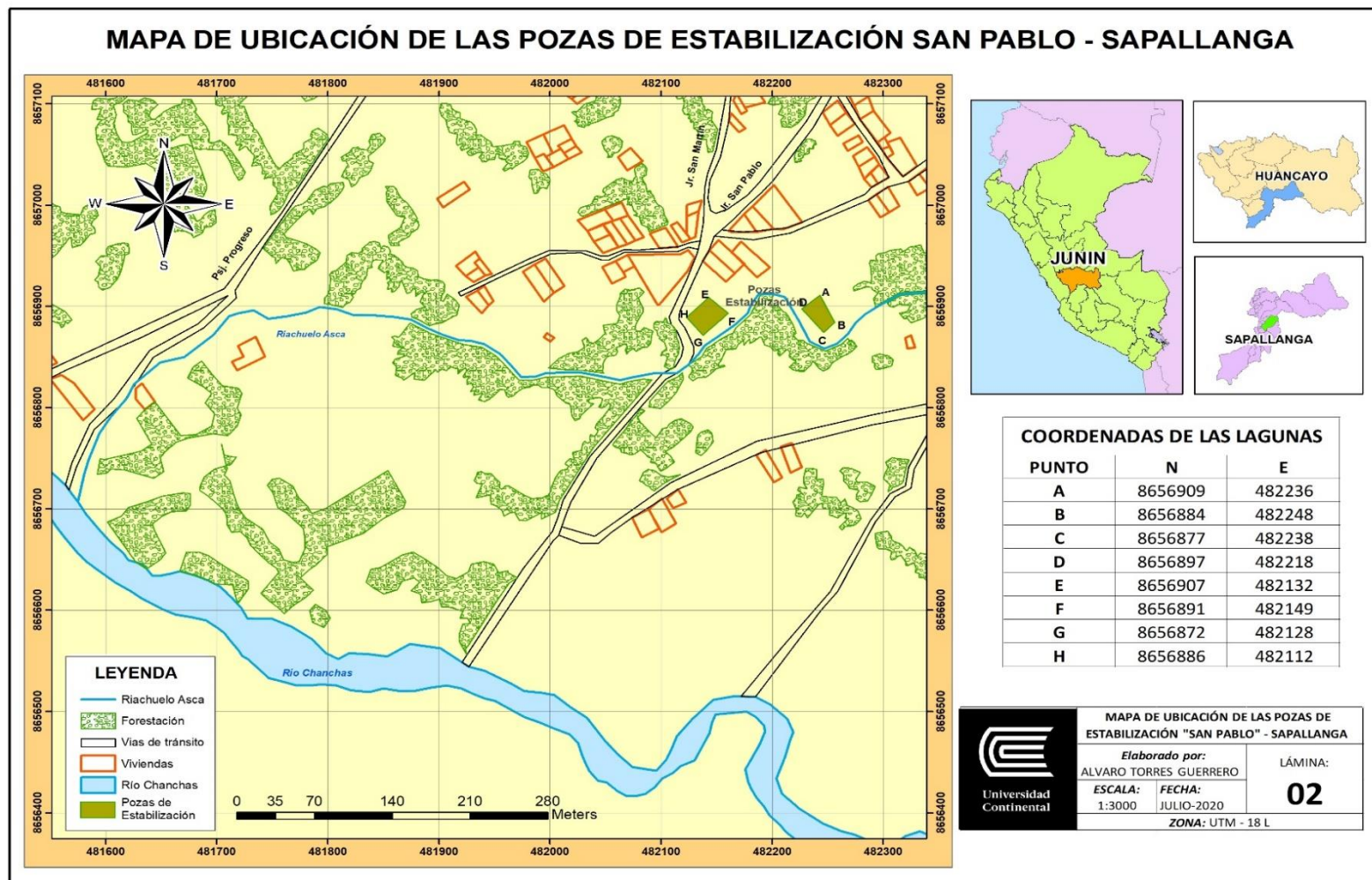


Figura 03. Mapa de ubicación de las pozas de estabilización San Pablo - Sapallanga.

Fuente: elaboración propia.

- Redes de drenaje y saneamiento: el distrito de Sapallanga cuenta con un sistema de saneamiento integral que abarca gran parte del distrito, como parte de este sistema se han considerado cuatro espacios destinados para el tratamiento de las aguas residuales ubicados en las zonas de San Pedro, San Bernardo, Mariscal Castilla y San Pablo, siendo esta última la que cuenta con serias deficiencias.

- Características físicas:
 - Topografía: la topografía del distrito es variada; se identifican pendientes que van desde 0.1 % a 12.543 % aproximadamente. Gran parte del territorio habitado tiene una superficie plana (21).
 - Clima: el distrito de Sapallanga se encuentra en la cuenca del río Mantaro, el cual pertenece al Sistema Hidrográfico del Océano Atlántico. El clima del distrito pertenece a una formación típica Páramo Húmedo Sub Alpino y Tundra Muy Húmedo Alpino, clasificación según la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), las temperaturas de la zona van desde los 6.06°C hasta los 16.13°C aprox., el valor de evaporación es alto, con un promedio mensual de 113.24 mm; la precipitación promedio del distrito es de 723.65 mm/añual y el mes de agosto hay presencia de fuertes vientos y la humedad relativa media anual tiene valores que varían desde el 64 % al 75 % (21).

- Tipos de descargas: la oficina de Servicios Públicos y Medio Ambiente de la Municipalidad Distrital de Sapallanga manifiesta que en el año 2019 realizó un diagnóstico del sistema de aguas residuales del distrito, donde se identificaron las fuentes de descargas de aguas residuales; la mayor cantidad de agua residual proviene de las actividades domésticas, mientras que en los últimos años hubo un incremento de descargas provenientes de actividades agroindustriales como son los camales. Muchos de

los camales que se encuentran instalados en esta zona, generalmente de porcinos, no cuentan con ningún tipo de registro y descargan sus aguas residuales clandestinamente al sistema de alcantarillado del distrito, que finalmente llega a las pozas de estabilización San Pablo.

- Zonas vulnerables: por antecedentes de aluviones y desbordes en años pasados, el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) y la Subgerencia de Defensa Civil del Gobierno Regional Junín, consideraron a la microcuenca del río Chanchas como una zona vulnerable; esta micro cuenca atraviesa los distritos de Sapallanga y Pucará. Las pozas de estabilización en estudio vierten sus aguas al riachuelo Asca, el cuál desemboca en el río Chachas, lo que significa que las pozas de estabilización se encuentran dentro de la zona vulnerable (22).

- Relaciones públicas:
 - Municipalidad Distrital de Sapallanga: tiene la función de brindar los servicios básicos y accesos al desarrollo dentro de su área de jurisdicción, teniendo en cuenta la normatividad vigente y la disponibilidad de presupuesto asignado (21).
 - Comunidad Campesina: comunalmente, el distrito de Sapallanga tiene una organización bastante compacta y constante, lo que se ve reflejado en la disponibilidad inmediata de mano de obra de los comuneros para cualquier tipo de trabajo que beneficie a la comunidad y sus familias; la organización se basa en una junta comunal, conformado por un presidente, tesorero, secretario, teniente gobernador, fiscal, juez de paz y otras autoridades que representen cada una de las organizaciones internas (21).
 - Juntas vecinales: estas organizaciones representan a un grupo más pequeño de la población y en el distrito de Sapallanga están divididos en catorce sectores, teniendo la función de comunicar a la municipalidad y a la comunidad

campesina sus principales problemas y necesidades que involucran a su sector (21).

- Calidad de la Gestión Ambiental: el municipio del distrito de Sapallanga mediante la Subgerencia de Servicios Públicos y Medio Ambiente se encarga de la gestión ambiental del distrito, teniendo como función de acuerdo al Manual de Organización y Funciones de la municipalidad, la administración de las oficinas de Gestión de Riesgos y Desastres, Seguridad Ciudadana, Limpieza Pública, Servicios de Agua potables y saneamiento, Transporte, Defensa Civil y finalmente el cementerio municipal (23). La oficina de Gestión Ambiental y Área Técnica Municipal de Servicios de Agua y Saneamiento, tiene a su cargo el manejo y mantenimiento de las pozas de estabilización de aguas residuales del distrito, incluyendo las pozas de San Pablo. El manejo de aguas residuales forma parte de la gestión ambiental, para lo cual la oficina cuenta con dos instrumentos de gestión, el plan operativo y el manual de operaciones de las pozas de estabilización. Estos instrumentos de gestión no son implementados en la actualidad, debido a la deficiencia presupuestal, falta de capacitación y sensibilización en la población y trabajadores de la municipalidad. La municipalidad tiene serias deficiencias en la gestión ambiental, lo que ha provocado reacciones por parte de la población, siendo estas reflejadas en protestas y plantones en la municipalidad, estos problemas aún no han sido solucionados y la población se encuentra a la espera de acciones por parte de la municipalidad distrital.

b) Características de las pozas de estabilización:

Las pozas de estabilización de aguas residuales San Pablo, fueron construidas como parte de la obra “Mejoramiento y ampliación del sistema de saneamiento básico, distrito de Sapallanga, Huancayo, Junín”, según un informe técnico solicitado por la Municipalidad

Distrital de Sapallanga, se instalaron 689 conexiones domiciliarias y 214 cámaras de inspección. La obra comprende 2 pozas de estabilización, estructuras construidas sin recubrimiento de geomembrana, con forma rectangular, estas tienen paredes y veredas exteriores cubiertas con material orgánico debido a la falta de mantenimiento (24). La primera poza tiene un área de 644 m² y la segunda 587 m², ambas con una altura de 1.8 m, el volumen total de ambas pozas es de 2 227 m³ y el caudal del agua residual a la entrada la primera poza es de 2.3 l/s (24).

- Análisis de las muestras de aguas residuales: el muestreo de las aguas residuales se realizó de acuerdo al “Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales” del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Se tomaron dos muestras de aguas residuales por punto, una para el análisis de nitratos y fosfatos (100 ml) y otro para los coliformes fecales (250 ml). Las muestras fueron almacenadas en botellas estériles debidamente etiquetadas, en las muestras para el análisis de coliformes se agregó el preservante tiosulfato de sodio (Na₂S₂O₃). Después de realizar la recolección de muestras, éstas se almacenaron en un cooler junto a gel packs para su conservación en frío, finalmente se enviaron las muestras y la cadena de custodia al laboratorio en menos de 24 horas. En el análisis de las aguas residuales de las pozas de estabilización San Pablo se obtuvieron los siguientes resultados para la concentración de nitratos, fosfatos y coliformes fecales en los tres puntos seleccionados de las pozas de estabilización San Pablo (punto de entrada, punto representativo y punto de salida; ver anexo 03).

Tabla 08. *Concentración de nitratos, fosfatos y coliformes fecales.*

Punto de muestreo	Nitratos	Fosfatos	Coliformes fecales
P01	< 0.20 mg/l	< 0.50 mg/l	9.2 x 10 ⁶ NMP/100ml
P02	0.33 mg/l	< 0.50 mg/l	3.5 x 10 ⁶ NMP/100ml
P03	0.30 mg/l	< 0.50 mg/l	3.5 x 10 ⁶ NMP/100ml

Fuente: elaboración propia.

Los resultados del análisis de las aguas residuales indican que la concentración de nitratos y fosfatos no representan un peligro alto para los componentes del ecosistema, mientras que la concentración de coliformes fecales supera en gran medida los Estándares de Calidad del Agua (ECA), haciéndolo peligroso para la bebida de animales, riego de vegetales o cualquier otro uso.

Por otro lado, también es importante conocer que existen tramos de la red con tuberías y buzones con el cuerpo expuesto. Las pozas de estabilización ya han sobrepasado su capacidad de recepción de aguas residuales. El cerco perimétrico de las pozas no cuenta con puerta de ingreso y tampoco con postes o alguna otra estructura y finalmente mencionar que la obra fue ejecutada por el Consorcio Saneamiento Sapallanga. También es importante mencionar que en el Registro Único de Adecuación Progresiva del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento está inscrito el proyecto de mejoramiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales del distrito de Sapallanga, donde considera como caudal de vertimiento de las pozas San Pablo 2.25 l/s (25).

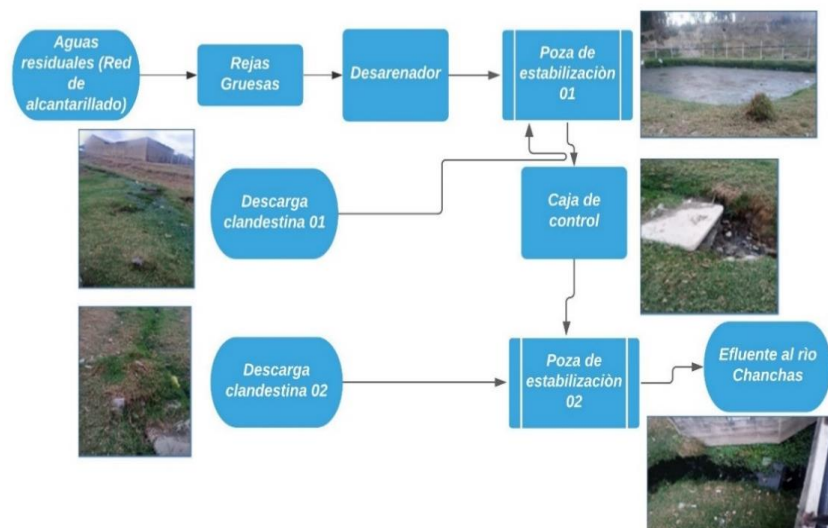


Figura 04. Diagrama de flujo de las pozas de estabilización.

Fuente: elaboración propia.

El sistema de tratamiento de aguas residuales del distrito de Sapallanga, en el sector de San Pablo, está compuesto por una deficiente red de alcantarillado que desemboca en las pozas de estabilización, estructuras que cuentan con rejas gruesas, desarenador, caja de control y finalmente un canal descubierto que conducen las aguas residuales al río Chanchas, adicional a esto se encuentran dos descargas clandestinas de aguas residuales, las cuales se observan en el anterior diagrama (figura 04).

c) Identificación de fuentes de peligro:

Tras el recorrido por las pozas de estabilización, hasta su descarga en el río Chachas, se identificaron que las fuentes de peligro están relacionadas con las deficiencias de la estructura de las pozas, descargas clandestinas, exposición de la población a contaminación y deficiente gestión de residuos; dichas condiciones se describen en la siguiente tabla.

Tabla 09. *Identificación de fuentes de peligro relacionado a las pozas de estabilización.*

Tipo de peligro	Fuentes de peligro
Antrópico	Tuberías de saneamiento incompletas que no llegan al punto de entrada de las pozas.
Antrópico	Descargas clandestinas de aguas residuales sin tratamiento, provenientes de camales.
Antrópico	Cajas de control inoperativas y llenas de residuos sólidos.
Antrópico	Cerco perimétrico incompleto y sin mantenimiento alguno.
Antrópico	Canales de conducción de aguas residuales descubiertos que atraviesan zonas agrícolas y forestales.
Antrópico	Acumulación de residuos sólidos en distintos puntos del recorrido de las aguas residuales hacia el río Chanchas.
Antrópico	Descarga de las aguas residuales al río Chanchas.

Fuente: elaboración propia.

Las fuentes de peligros descritas en la tabla 09 fueron identificadas durante las visitas de campo, en las que se tomaron fotografías y se localizaron cada uno de ellos con ayuda de la información geográfica disponible, los resultados se observan en las figuras 05 y 06, en forma de mapas de ubicación de los puntos de fuentes de peligro. Así también, tras identificar los puntos de peligro, se realizó la identificación de las causas y efectos de los peligros existentes en las pozas de estabilización de aguas residuales San Pablo para el entorno humano, ecológico y socioeconómico, los cuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 10. *Identificación de causas y efectos de peligros.*

Factor	Humano	Ecológico	Socioeconómico
Causas	<ul style="list-style-type: none"> • Los olores emitidos por las pozas de estabilización incrementan la contaminación del aire. • La descarga de aguas residuales incrementa el nivel de contaminación de las fuentes hídricas naturales. • La mala disposición de residuos sólidos, contribuye a la contaminación del suelo y recurso hídrico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los olores emitidos por las pozas de estabilización incrementan la contaminación del aire. • La descarga de aguas residuales incrementa el nivel de contaminación de las fuentes hídricas naturales. • La mala disposición de residuos sólidos, contribuye a la contaminación del suelo y fuentes hídricas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de actividad agrícola. • Pérdida de actividad turística.
	Antrópico		
Efectos	<ul style="list-style-type: none"> • Daño a la salud de la población • Presencia de enfermedades gastrointestinales y respiratorias en la población. • Consumo de productos agrícolas contaminados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Deterioro del ecosistema acuático. • Deterioro del paisaje natural. • Disminución de áreas agrícolas. • Disminución de la actividad pecuaria. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de ingresos económicos por la deficiente actividad agrícola. • Ausencia de actividades comerciales en la zona.

Fuente: elaboración propia.

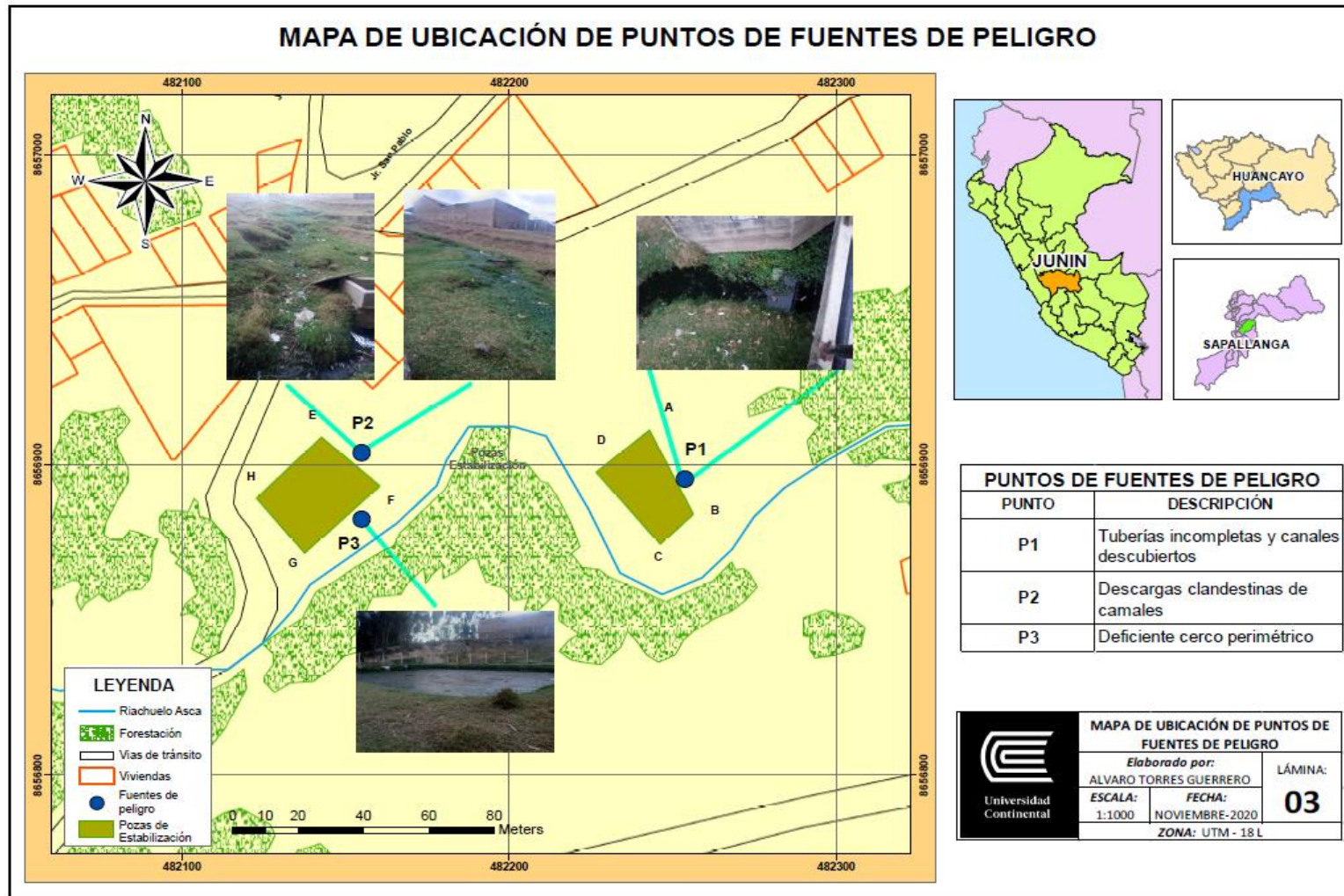


Figura 05. Mapa de ubicación de los de fuentes de peligro.

Fuente: elaboración propia.

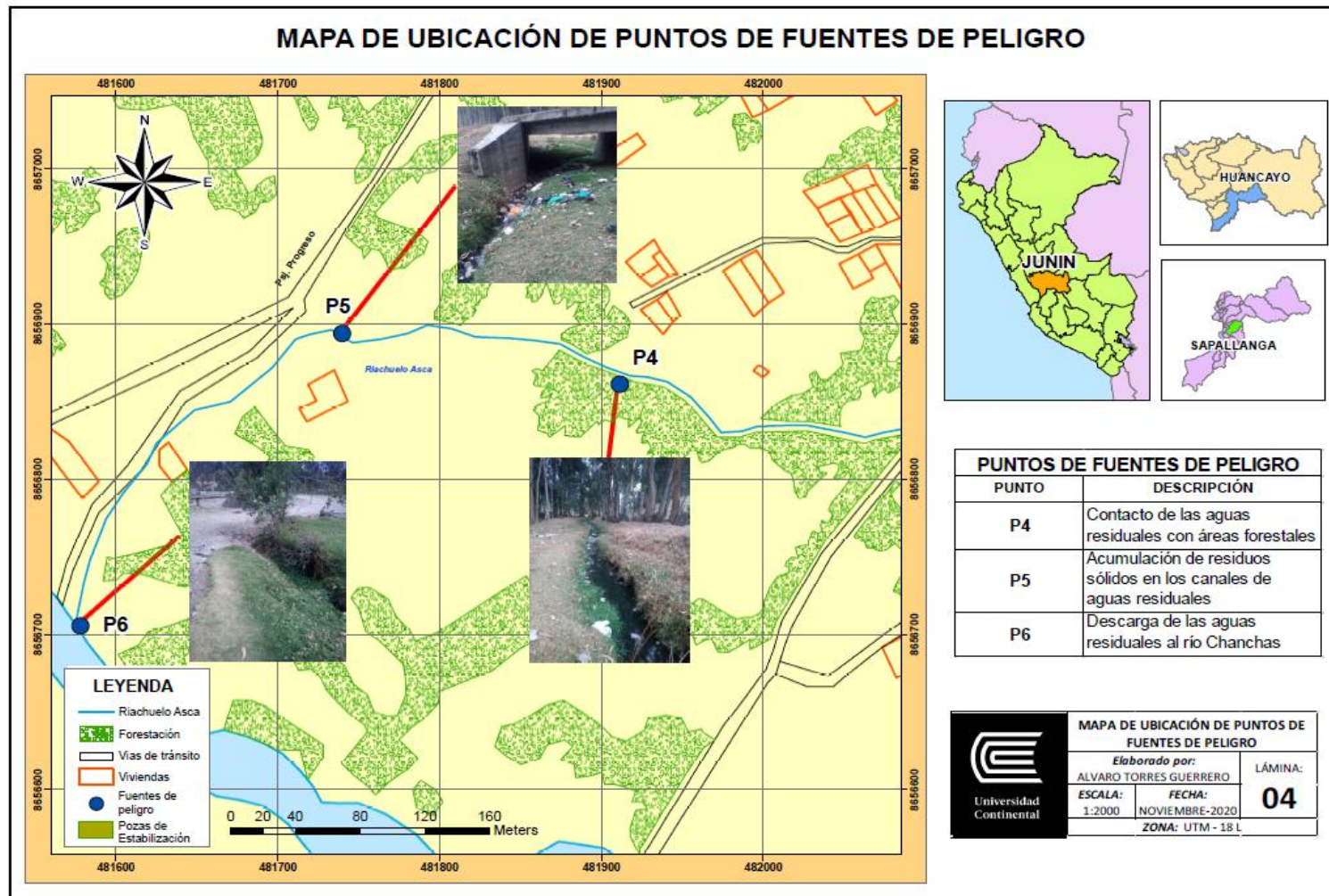


Figura 06. Mapa de ubicación de los puntos de fuentes de peligro.

Fuente: elaboración propia.

d) Definición del suceso iniciador:

Después de identificar las fuentes de peligro y los elementos de riesgo tras la recolección de información mediante las visitas de campo, se lograron definir los sucesos iniciadores para cada entorno considerado, los mismos que se presentan en las tablas 11,12 y 13.

Tabla 11. *Sucesos iniciadores en el entorno humano.*

Elemento de riesgo	Suceso iniciador	Fuente de información
Exposición potencial de agua a contaminación superficial y subterránea.	Descarga de aguas residuales al río Chanchas.	Flujograma de la poza de estabilización "San Pablo".
Exposición potencial de aire a malos olores.	Aguas residuales sin tratamiento.	Flujograma de la poza de estabilización "San Pablo".
Exposición potencial de suelo a contaminación por residuos sólidos.	Acumulación de residuos sólidos en los canales de aguas residuales.	Flujograma de la poza de estabilización "San Pablo".

Fuente: elaboración propia.

Tabla 12. *Sucesos Iniciadores en el entorno natural.*

Elemento de riesgo	Suceso iniciador	Fuente de información
Exposición potencial de agua a contaminación superficial y subterránea.	Descarga de aguas residuales al río Chanchas.	Flujograma de la poza de estabilización "San Pablo".
Exposición potencial de suelo a contaminación por residuos.	Acumulación de residuos sólidos en los canales de aguas residuales.	Flujograma de la poza de estabilización "San Pablo".
Exposición potencial de flora a marchitamiento y hongos.	Canales de las aguas residuales atraviesan zonas agrícolas y forestales.	Diagnóstico de la zona.
Exposición potencial de fauna a intoxicación.	Canales de las aguas residuales atraviesan zonas de pastoreo.	Diagnóstico de la zona.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 13. *Sucesos iniciadores en el entorno socioeconómico.*

Elemento de riesgo	Suceso iniciador	Fuente de información
Exposición potencial del espacio físico en aire, agua y suelo contaminado.	Cambio de uso de zona agrícola a zona urbana.	Población y gobierno local.
Exposición potencial de la población y ganado a las pozas de estabilización.	Reducción de disponibilidad de área para el pastoreo de animales.	Población y gobierno local.
	Incremento de vías de acceso hacia las pozas de estabilización.	
Poza de estabilización expuesta.	Inseguridad de las pozas de estabilización (Cerco perimétrico deficiente).	Población y gobierno local.

Fuente: elaboración propia.

e) Formulación de escenarios:

La formulación de escenarios fue una de las principales etapas para el desarrollo de la investigación, porque es el resultado de la recolección de información documentaria, visitas de campo y análisis del agua residual. Después de la fase de identificación de sucesos iniciadores para los tres entornos en evaluación, se realizó la formulación de los escenarios, teniendo en cuenta la ubicación del escenario, el tipo de peligro presente, las causas y las consecuencias de cada uno de ellos; la información se presenta en la tabla 14.

Tabla 14. *Formulación de escenarios.*

Ubicación de zona	Tipología de peligro		Sustancia o evento	Escenario de riesgo	Causas	Consecuencias
	Natural	Antrópico				
Peligros de origen antrópico						
Entorno humano						
Sapallanga		X		Descarga de aguas residuales sin tratamiento al río Chanchas.	Inactividad de las pozas de estabilización "San Pablo".	Afectación de la calidad del agua del río.

				Desarrollo de enfermedades gastrointestinales en la población.
Sapallanga	X	Descargas clandestinas de aguas residuales provenientes de canales.	No existe vigilancia por parte de la municipalidad.	Colapso de las pozas de estabilización.
Sapallanga	X	Acumulación de residuos sólidos en los canales de aguas residuales y áreas aledañas.	Canales de aguas residuales descubiertos y sin mantenimiento.	Afectación a la calidad del suelo y afectación a la calidad de vida de la población.
Entorno natural				
Sapallanga	X	Descarga de aguas residuales sin tratamiento al río Chanchas.	Inactividad de las pozas de estabilización "San Pablo".	Afectación de la calidad del agua del río. Afectación a la diversidad acuática.
Sapallanga	X	Acumulación de residuos sólidos en los canales de aguas residuales y áreas aledañas.	Canales de aguas residuales descubiertos y sin mantenimiento.	Contaminación de animales.
Sapallanga	X	Riego de áreas forestales y agrícolas con las aguas residuales sin tratamiento.	Exposición de las aguas residuales en las zonas agrícolas.	Afectación a la calidad del suelo. Contaminación de los productos agrícolas. Marchitamiento de las especies forestales.
Entorno socioeconómico				
Sapallanga	X	Riego de áreas forestales y agrícolas con las aguas residuales.	Exposición de las aguas residuales en las zonas agrícolas.	Contaminación de los productos agrícolas.

Sapallanga	X	Paso de las aguas residuales por áreas de pastoreo.	Exposición de las aguas residuales a zonas de pastoreo.	Contaminación de ganado.
------------	---	---	---	--------------------------

Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Evaluación del riesgo ambiental

a) Estimación de la probabilidad:

Para estimar la probabilidad de ocurrencia de los escenarios, se verificó la frecuencia con la que sucede cada uno, entonces se identificó que gran parte de los escenarios suceden más de una vez a la semana y les corresponde el valor 5, que significa que el escenario es muy probable que suceda, a excepción de los escenarios “descargas clandestinas de aguas residuales provenientes de camales” y “riego de áreas forestales y agrícolas con las aguas residuales”, que ocurre más de una vez al mes y le corresponde el valor 4.

Tabla 15. *Probabilidad de ocurrencia de los escenarios del entorno humano.*

Entorno humano		
N°	Escenario de riesgo	Frecuencia/probabilidad
1	Descarga de aguas residuales al río Chanchas.	5
2	Descargas clandestinas de aguas residuales provenientes de camales.	4
3	Acumulación de residuos sólidos en los canales de aguas residuales y áreas aledañas.	5

Fuente: elaboración propia.

Tabla 16. *Probabilidad de ocurrencia de los escenarios del entorno natural.*

Entorno natural		
N°	Escenario de riesgo	Frecuencia/probabilidad
4	Descarga de aguas residuales al río Chanchas.	5
5	Acumulación de residuos sólidos en los canales de aguas residuales y áreas aledañas.	5
6	Riego de áreas forestales y agrícolas con las aguas residuales sin tratamiento.	4

Fuente: elaboración propia.

Tabla 17. Probabilidad de ocurrencia de los escenarios del entorno socioeconómico.

Entorno socioeconómico		
N°	Escenario de riesgo	Frecuencia/probabilidad
7	Riego de áreas forestales y agrícolas con las aguas residuales.	4
8	Paso de las aguas residuales por áreas de pastoreo.	5

Fuente: elaboración propia.

b) Estimación de la gravedad de las consecuencias:

Para estimar la gravedad de las consecuencias de los escenarios, se evaluaron cada una de las categorías consideradas, pero antes se asignaron rangos de acuerdo con cada escenario identificado, los cuales se presentan en las siguientes tablas.

Tabla 18. Rangos de valoración del escenario de riesgo N° 1 en el entorno humano.

Entorno humano					
Escenario: descarga de aguas residuales al río Chanchas.					
Cantidad (l/s)			Peligrosidad		
4	Muy alto	> 5	4	Muy peligroso	*Muy tóxico. *Causa daños irreversibles.
3	Alto	0.5 - 5	3	Peligroso	*Explosivo. *Inflamable. *Tóxico.
2	Poco	0.1 - 0.5	2	Poco peligroso	*Combustible.
1	Muy poco	0.1 >	1	No peligroso	*Daños leves.
Área de influencia (km)			Población afectada (personas)		
4	Muy extenso	> 1 km	4	Muy alto	Más de 100
3	Extenso	0.5 - 1 km	3	Alto	Entre 50 a 100
2	Poco extenso	0.1 - 0.5 km	2	Bajo	Entre 5 a 50
1	Puntual	0.1 km >	1	Muy bajo	Menor a 5

Fuente: adaptación de la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales propuesto por el Ministerio del Ambiente (14).

Tabla 19. Rangos de valoración del escenario de riesgo N° 2 en el entorno humano.

Entorno humano					
Escenario: descargas clandestinas de aguas residuales provenientes de canales.					
Cantidad (l/s)			Peligrosidad		
4	Muy alto	> 5	4	Muy peligroso	*Muy tóxico. *Causa daños irreversibles.
3	Alto	0.5 - 5	3	Peligroso	*Explosivo. *Inflamable. *Tóxico.
2	Poco	0.1 - 0.5	2	Poco peligroso	*Combustible.
1	Muy poco	0.1 >	1	No peligroso	*Daños leves.
Área de influencia (km)			Población afectada (personas)		
4	Muy extenso	> 1 km	4	Muy alto	Más de 100
3	Extenso	0.5 - 1 km	3	Alto	Entre 50 a 100
2	Poco extenso	0.1 - 0.5 km	2	Bajo	Entre 5 a 50
1	Puntual	0.1 km >	1	Muy bajo	Menor a 5

Fuente: adaptación de la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales propuesto por el Ministerio del Ambiente (14).

Tabla 20. Rangos de valoración del escenario de riesgo N° 3 en el entorno humano.

Entorno humano					
Escenario: acumulación de residuos sólidos en los canales de aguas residuales y áreas aledañas.					
Cantidad (N° de puntos de acumulación)			Peligrosidad		
4	Muy alto	> 10	4	Muy peligroso	*Muy tóxico. *Causa daños irreversibles.
3	Alto	5 - 10	3	Peligroso	*Explosivo. *Inflamable. *Tóxico.
2	Poco	3 - 5	2	Poco peligroso	*Combustible.
1	Muy poco	3 >	1	No peligroso	*Daños leves.

Área de influencia (km)			Población afectada (personas)		
4	Muy extenso	> 1 km	4	Muy alto	Más de 100
3	Extenso	0.5 - 1 km	3	Alto	Entre 50 a 100
2	Poco extenso	0.1 - 0.5 km	2	Bajo	Entre 5 a 50
1	Puntual	0.1 km >	1	Muy bajo	Menor a 5

Fuente: adaptación de la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales propuesto por el Ministerio del Ambiente (14).

Tabla 21. Rangos de valoración del escenario de riesgo N° 4 en el entorno natural.

Entorno natural					
Escenario: descarga de aguas residuales al río Chanchas.					
Cantidad (l/s)			Peligrosidad		
4	Muy alto	> 5	4	Muy peligroso	*Muy tóxico. *Causa daños irreversibles.
3	Alto	0.5 - 5	3	Peligroso	*Explosivo. *Inflamable. *Tóxico.
2	Poco	0.1 - 0.5	2	Poco peligroso	*Combustible.
1	Muy poco	0.1 >	1	No peligroso	*Daños leves.
Área de influencia (km)			Daño al medio		
4	Muy extenso	> 1 km	4	Muy elevado	Daño muy alto: explotación indiscriminada de recursos naturales y alto nivel de contaminación.
3	Extenso	0.5 - 1 km	3	Elevado	Daño alto: nivel alto de explotación de recursos naturales y moderado nivel de contaminación.
2	Poco extenso	0.1 - 0.5 km	2	Medio	Daño moderado: nivel moderado de explotación de recursos naturales y contaminación leve.
1	Puntual	0.1 km >	1	Bajo	Daño leve: conservación de recursos naturales y no existe contaminación.

Fuente: adaptación de la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales propuesto por el Ministerio del Ambiente (14).

Tabla 22. Rangos de valoración del escenario de riesgo N° 5 en el entorno natural.

Entorno natural					
Escenario: acumulación de residuos sólidos en los canales de aguas residuales y áreas aledañas.					
Cantidad (N° de puntos de acumulación)			Peligrosidad		
4	Muy alto	> 10	4	Muy peligroso	*Muy tóxico. *Causa daños irreversibles.
3	Alto	5 - 10	3	Peligroso	*Explosivo. *Inflamable. *Tóxico.
2	Poco	3 - 5	2	Poco peligroso	*Combustible.
1	Muy poco	3 >	1	No peligroso	*Daños leves.
Área de influencia (km)			Daño al medio		
4	Muy extenso	> 1 km	4	Muy elevado	Daño muy alto: explotación indiscriminada de recursos naturales y alto nivel de contaminación.
3	Extenso	0.5 - 1 km	3	Elevado	Daño alto: nivel alto de explotación de recursos naturales y moderado nivel de contaminación.
2	Poco extenso	0.1 - 0.5 km	2	Medio	Daño moderado: nivel moderado de explotación de recursos naturales y contaminación leve.
1	Puntual	0.1 km >	1	Bajo	Daño leve: conservación de recursos naturales y no existe contaminación.

Fuente: adaptación de la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales propuesto por el Ministerio del Ambiente (14).

Tabla 23. Rangos de valoración del escenario de riesgo N° 6 en el entorno natural.

Entorno natural					
Escenario: riego de áreas forestales y agrícolas con las aguas residuales sin tratamiento.					
Cantidad (área en m ²)			Peligrosidad		

4	Muy alto	> 10 000	4	Muy peligroso	*Muy tóxico. *Causa daños irreversibles.
3	Alto	1 000 - 10 000	3	Peligroso	*Explosivo. *Inflamable. *Tóxico.
2	Poco	100 - 1 000	2	Poco peligroso	*Combustible.
1	Muy poco	100 >	1	No peligroso	*Daños leves.
Área de influencia (km)			Daño al medio		
4	Muy extenso	> 1 km	4	Muy elevado	Daño muy alto: explotación indiscriminada de recursos naturales y alto nivel de contaminación.
3	Extenso	0.5 - 1 km	3	Elevado	Daño alto: nivel alto de explotación de recursos naturales y moderado nivel de contaminación.
2	Poco extenso	0.1 - 0.5 km	2	Medio	Daño moderado: nivel moderado de explotación de recursos naturales y contaminación leve.
1	Puntual	0.1 km >	1	Bajo	Daño leve: conservación de recursos naturales y no existe contaminación.

Fuente: adaptación de la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales propuesto por el Ministerio del Ambiente (14).

Tabla 24. Rangos de valoración del escenario de riesgo N° 7 en el entorno socioeconómico.

Entorno socioeconómico					
Escenario: riego de áreas forestales y agrícolas con las aguas residuales.					
Cantidad (área en m ²)			Peligrosidad		
4	Muy alto	> 10 000	4	Muy peligroso	*Muy tóxico. *Causa daños irreversibles.
3	Alto	1 000 - 10 000	3	Peligroso	*Explosivo. *Inflamable. *Tóxico.
2	Poco	100 - 1 000	2	Poco peligroso	*Combustible.
1	Muy poco	100 >	1	No peligroso	*Daños leves.

Área de influencia (km)			Daño a la productividad		
4	Muy extenso	> 1 km	4	Muy alto	*Letal: sin productividad y nula distribución de recursos.
3	Extenso	0.5 - 1 km	3	Alto	*Agudo: pérdida parcial e intensa de recursos y productividad escasa.
2	Poco extenso	0.1 - 0.5 km	2	Bajo	*Crónico: pérdida de funciones a largo plazo y productividad mediana.
1	Puntual	0.1 km >	1	Muy bajo	Alta productividad.

Fuente: adaptación de la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales propuesto por el Ministerio del Ambiente (14).

Tabla 25. Rangos de valoración del escenario de riesgo N° 8 en el entorno socioeconómico.

Entorno socioeconómico					
Escenario: paso de las aguas residuales por áreas de pastoreo.					
Cantidad (área en m ²)			Peligrosidad		
4	Muy alto	> 10 000	4	Muy peligroso	*Muy tóxico. *Causa daños irreversibles.
3	Alto	1 000 - 10 000	3	Peligroso	*Explosivo. *Inflamable. *Tóxico.
2	Poco	100 - 1 000	2	Poco peligroso	*Combustible.
1	Muy poco	100 >	1	No peligroso	*Daños leves.
Área de influencia (km)			Daño a la productividad		
4	Muy extenso	> 1 km	4	Muy alto	*Letal: sin productividad y nula distribución de recursos.
3	Extenso	0.5 - 1 km	3	Alto	*Agudo: pérdida parcial e intensa de recursos y productividad escasa.
2	Poco extenso	0.1 - 0.5 km	2	Bajo	*Crónico: pérdida de funciones a largo plazo y productividad mediana.
1	Puntual	0.1 km >	1	Muy bajo	Alta productividad.

Fuente: adaptación de la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales propuesto por el Ministerio del Ambiente (14).

Con los parámetros considerados para cada escenario, se procedió a asignar los valores correspondientes según la evaluación en campo, resultado del muestreo y la evaluación en gabinete; con dichos resultados se calculó la gravedad de cada escenario y se determinó la puntuación que le corresponde.

Tabla 26. *Gravedad de los escenarios en el entorno humano.*

Entorno humano							
N°	Escenario	Cantidad	Peligrosidad	Área de influencia	Población afectada	Gravedad	Puntuación total
1	Descarga de aguas residuales al río Chanchas.	3	3	4	4	17	4
2	Descargas clandestinas de aguas residuales provenientes de camales.	3	3	2	3	14	3
3	Acumulación de residuos sólidos en los canales de aguas residuales y áreas aledañas.	3	3	3	3	15	4

Fuente: elaboración propia.

Tabla 27. *Gravedad de los escenarios en el entorno natural.*

Entorno natural							
N°	Escenario	Cantidad	Peligrosidad	Área de influencia	Daño al medio	Gravedad	Puntuación total
1	Descarga de aguas residuales al río Chanchas.	3	3	4	4	17	4
2	Acumulación de residuos sólidos en los canales de aguas residuales y áreas aledañas.	3	3	3	3	15	4
3	Riego de áreas forestales y agrícolas con las aguas residuales sin tratamiento.	4	3	3	3	16	4

Fuente: elaboración propia.

Tabla 28. Gravedad de los escenarios en el entorno socioeconómico.

Entorno socioeconómico							
N°	Escenario	Cantidad	Peligrosidad	Área de influencia	Daño a la productividad	Gravedad	Puntuación total
1	Riego de áreas forestales y agrícolas con las aguas residuales.	4	3	3	2	15	4
2	Paso de las aguas residuales por áreas de pastoreo.	3	3	3	3	15	4

Fuente: elaboración propia.

c) Estimación del riesgo ambiental:

El nivel de riesgo ambiental se calculó multiplicando los valores de la probabilidad de ocurrencia y la gravedad de cada escenario planteado.

Tabla 29. Estimación del riesgo ambiental por escenarios.

Entorno humano			
Escenario	Probabilidad	Gravedad	Riesgo Ambiental
Descarga de aguas residuales al río Chanchas.	5	4	20
Descargas clandestinas de aguas residuales provenientes de camales.	4	3	12
Acumulación de residuos sólidos en los canales de aguas residuales y áreas aledañas.	5	4	20
Promedio			17
Entorno natural			
Escenario	Probabilidad	Gravedad	Riesgo Ambiental
Descarga de aguas residuales al río Chanchas.	5	4	20
Acumulación de residuos sólidos en los canales de aguas residuales y áreas aledañas.	5	4	20
Riego de áreas forestales y agrícolas con las aguas residuales sin tratamiento.	4	4	16
Promedio			19

Entorno socioeconómico			
Escenario	Probabilidad	Gravedad	Riesgo Ambiental
Riego de áreas forestales y agrícolas con las aguas residuales.	4	4	16
Paso de las aguas residuales por áreas de pastoreo.	5	4	20
Promedio			18

Fuente: elaboración propia.

d) Caracterización del riesgo ambiental:

Las pozas de estabilización de aguas residuales “San Pablo”, caracterizó los siguientes niveles de riesgo para cada entorno.

Tabla 30. Resultado de nivel de riesgo por entorno.

Entorno	Equivalencia porcentual	Nivel de riesgo
Humano	68 %	17
Natural	76 %	19
Socioeconómico	72 %	18

Fuente: elaboración propia.

Para obtener el nivel de riesgo ambiental de las pozas de estabilización se procedió a promediar los tres valores:

$$\text{Caracterización del riesgo} = \frac{17 + 19 + 18}{3}$$

$$\text{Caracterización del riesgo} = 18$$

$$\text{Caracterización del riesgo} = 72 \%$$

$$\text{Caracterización del riesgo} = \text{Riesgo significativo}$$

Comparando los resultados de la evaluación del riesgo ambiental, se observó que el entorno humano tiene mayor puntaje, seguido por el entorno socioeconómico y finalmente el entorno natural. El promedio de los valores de los tres entornos es el nivel de riesgo de las pozas de estabilización “San Pablo”, el cual se caracterizó como riesgo significativo.

4.1.3. Medidas de control de los riesgos ambientales

Después de evaluar los escenarios identificados, se obtuvo como resultado que el nivel de riesgo ambiental de las pozas de estabilización “San Pablo” es significativo, por lo tanto, es importante generar medidas de control para los riesgos ambientales, los cuáles deben buscar la eliminación de instalaciones clandestinas que sólo perjudican el funcionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales; también se deben implementar proyectos de infraestructura y gestión que sean compatibles con las necesidades y contexto del distrito, y también es importante realizar un trabajo de concientización y comunicación constante con la población, ya que ellos son los que se encuentran expuestos al problema. Los detalles de las medidas se describen en la siguiente tabla.

Tabla 31. *Medidas de control de los riesgos ambientales.*

Medidas de control	Indicador
Implementar un plan de vigilancia para evitar las descargas clandestinas a las pozas de estabilización.	Eliminación de descargas clandestinas de aguas residuales.
Entubar el recorrido de las aguas residuales desde las pozas de estabilización hasta la descarga al río Chanchas.	Diminución de distancia de canal descubierto de aguas residuales.
	Disminución del uso de aguas residuales para riego agrícola.
Implementar un plan operativo y de mantenimiento de las pozas de estabilización.	Funcionamiento completo de las pozas de estabilización.
	Registro de mantenimiento de las pozas de estabilización.
Reconstruir y mejorar el cerco perimétrico de las pozas de estabilización.	Disminución de accidentes en las pozas de estabilización.
	Registro de ingresos autorizados a las pozas de estabilización.

Implementar un cerco vivo en las dos pozas de estabilización.	Disminución de quejas en la municipalidad por malos olores.
	Incremento de área forestal alrededor de las pozas.
Incorporar una ruta de recolección de residuos sólidos en la zona de las pozas de estabilización.	Disminución de puntos de acumulación de residuos sólidos.
Delimitar la zona contigua a las pozas de estabilización para evitar nuevas construcciones.	Disminución de nuevas construcciones aledañas a las pozas de estabilización.
Fuente: elaboración propia.	

4.2. Discusión de resultados

Comparando los niveles de riesgo de los tres entornos evaluados, se observa que el entorno natural es el que mayor puntaje tiene; aquello se atribuye a la distancia que las aguas residuales recorren desde las pozas de estabilización hasta la descarga en el río Chanchas, ya que durante todo el recorrido las aguas residuales tienen contacto con zonas de pastoreo, forestales y agrícolas, haciendo que las plantas y animales sufran intoxicación debido a los contaminantes orgánicos y bacteriológicos, estos resultados son similares a los encontrados por Maraví en su investigación (13). Así también, en los canales de conducción de las aguas residuales de las pozas de estabilización San Pablo se evidencia el crecimiento de algas lo que significa la ausencia de oxígeno en las aguas y el deterioro de los ecosistemas acuáticos; aquello también se menciona en el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos (1), que indica que la eutrofización es provocada por el exceso de fósforo y nitrógeno, haciendo que las aguas sean tóxicas y se reduzca la biodiversidad.

Respecto del entorno socioeconómico, éste es el segundo entorno con mayor nivel de riesgo ambiental, debido a que sus escenarios tienen una alta probabilidad de ocurrencia. Dichos escenarios identificados tienen consecuencias negativas para las actividades económicas de la zona, ya que la presencia de coliformes y otros contaminantes en el agua afectan a la producción de alimentos, haciendo que los productos salgan contaminados y no puedan ser comercializados, a la vez la

ganadería también es amenazada por la acción de consumir las aguas contaminadas, tal como se muestra en el estudio de Chávez *et al.* (6); las aguas residuales y sus receptores no pueden ser utilizados para consumo humano, bebida de animales o riego de vegetales, debido a la presencia de bacterias y otros microorganismos que producen enfermedades infecciosas en las personas y animales.

En sentido del entorno humano, es el que tiene menor nivel de riesgo ambiental, sin embargo, sigue siendo significativo; dicho escenario se atribuye al incremento de población en la zona, a la actividad ganadera y a la presencia de las pozas de estabilización. Con el estudio se comprobó la presencia de bacterias en las aguas residuales que son conducidas al río Chanchas, el mismo escenario se presenta en la investigación de Chávez *et al.* (6) en el río Ventilla, Amazonas, donde también se desarrolla la actividad ganadera de vacunos y porcino, y existe una poza de oxidación, siendo el río Ventilla receptor de todos los desechos de esta actividad, dicho estudio describe la alta carga microbiana en el agua, haciéndola inutilizable para el consumo humano y riego agrícola. En concordancia con Quesada (9), las aguas residuales no tratadas son un riesgo significativo para el entorno humano porque contienen microorganismos patógenos que viven en el tracto intestinal de las personas y son capaces de generar daños a la salud si se ingieren.

Los resultados del análisis de las aguas residuales San Pablo tienen similitud con el estudio de Maraví (13) respecto de los parámetros de fosfatos y nitratos, ya que, en ambos estudios, la concentración de fosfatos no supera los 0.5 mg/l, mientras que los nitratos oscilan entre 0.2 y 1.0 mg/l. Algo muy distinto sucede con los coliformes fecales ya que en las pozas de San Pablo la máxima concentración es de 3.5×10^6 NMP/100 ml, mientras que en el estudio de Maraví (13) el resultado más alto es 1 640 NMP/100 ml; dicha diferencia se atribuye a que en su estudio, las actividades que producen las aguas residuales son en gran porcentaje la producción de vacunos, mientras que en San Pablo las aguas domésticas son vertidas en mayor cantidad.

CONCLUSIONES

- Evaluados los tres entornos (humano, natural y socioeconómico) y los escenarios de riesgo generados por las pozas de estabilización de aguas residuales San Pablo, de acuerdo con la Guía De Evaluación De Riesgos Ambientales del Ministerio del Ambiente, se determinó que el nivel de riesgo ambiental en el entorno natural es significativo (76 %), en el entorno socioeconómico también es significativo (72 %) y en el entorno humano igual, pero con menor porcentaje (68 %). Finalmente, el promedio del riesgo ambiental de los tres entornos, respecto de la evaluación de las pozas de estabilización “San Pablo”, es 72 %, lo que representa riesgo significativo.
- Los escenarios de riesgo que generan las pozas de estabilización de aguas residuales “San Pablo” fueron: descarga de aguas residuales al río Chanchas, descargas clandestinas de aguas residuales provenientes de camales, acumulación de residuos sólidos en los canales de aguas residuales y áreas aledañas, riego de áreas forestales y agrícolas con las aguas residuales sin tratamiento y paso de las aguas residuales por áreas de pastoreo.
- Las principales consecuencias de la materialización de los riesgos ambientales en el entorno humano se asocian con efectos en la salud de la población provocada por el exceso de concentración de coliformes fecales (3.5 y 9.2×10^6 NMP/100 ml) lo que conlleva enfermedades gastrointestinales y otras infecciones; para el entorno natural las consecuencias son el deterioro de los ecosistemas acuáticos, contaminación de las aguas naturales y contaminación del suelo, mientras que para el entorno socioeconómico las actividades económicas afectadas son la agricultura y ganadería debido a la contaminación de los productos y enfermedades en los animales.
- La evaluación en las pozas de estabilización de aguas residuales dio como resultado un riesgo significativo, lo que conlleva a plantear medidas de control para modificar o anular las consecuencias de los riesgos ambientales, las medidas a tomar en cuenta son: eliminación de las descargas clandestinas de aguas residuales, mejora de la gestión e infraestructura para el tratamiento de aguas residuales del distrito de Sapallanga y finalmente involucrar a la población en la ejecución de todas las medidas de control.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. WWAP. Programa Mundial de Evaluación de Riesgos Hídricas de las Naciones Unidas. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017*. [En línea] 2017. [Citado el: 03 de julio de 2020.] <http://aneas.com.mx/wp-content/uploads/2017/03/247647S.pdf>.
2. BANCO MUNDIAL. *Tratamiento y reúso de las aguas residuales, Perú, ¿un reflejo de la región?* Lima: s.n., 2017.
3. ESPINOZA, R. *Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en San Juan de Miraflores*. Piura: Universidad de Piura, 2010.
4. RAYMUNDO, J. *Modelo de tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo superficial en el Centro Poblador La Punta - Sapallanga*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2017.
5. MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Plan Nacional de Acción Ambiental PLANAA - Perú 2011 - 2021*. Lima: MINAM, 2011.
6. CHÁVEZ, J., RASCÓN, J. y ENEQUE, A. *Evaluación del impacto del vertimiento de aguas residuales en la calidad del río Ventilla, Amazonas*. 1, Amazonas: Rev. de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva, 2017, **3**. 2520-0119.
7. NÚÑEZ, L. y otros. *Análisis de riesgo sanitario en aguas grises de la provincia de Buenos Aires, Argentina*. 4, Buenos Aires: Rev. Int. de Contaminación Ambiental, 2014, **30**. 0188-4999.
8. SÁNCHEZ, I. y MATSUMOTO, T. *Evaluación del desempeño de la planta de tratamiento de aguas residuales urbanas de ILHA Solteira (SP) por lagunas facultativas primarias*. 2, Brasil: Rev. Ingeniería y Desarrollo, 2012, **30**. 2145-9371.
9. QUESADA, D. *Evaluación del riesgo ambiental asociado a una Planta de Tratamiento de Agua Residual en un condominio horizontal ubicado en Santa Ana - Costa Rica*. Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2013.
10. AHUANARI, D. *La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR - Loreto, y los conflictos ambientales generados en los asentamientos humanos asentados en su periferia, distrito de Punchana*. Iquitos: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, 2014.

11. ALVARADO, R. *Evaluación de riesgos ambientales en el proceso constructivo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad de Rioja - 2017*. Moyobamba: Universidad César Vallejo, 2018.
12. RODRÍGUEZ, M. *Análisis de riesgos en planta de tratamiento de aguas residuales*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2014.
13. MARAVÍ, L. *Riesgos ambientales por aguas residuales en la producción de vacunos en la Unidad de Producción Pachacayo - SAIS "Túpac Amaru", Junín*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2014.
14. MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales*. Lima: MINAM, 2010.
15. AQUINO, P. *Calidad de agua en el Perú. Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales*. Lima: Derecho, Ambiente y Recursos Naturales (DAR), 2017.
16. MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Manual para municipios ecoeficientes*. Lima: Enotria S.A., 2009.
17. ARANA, V. *Guía para la toma de decisiones en la selección de sistemas de tratamiento de aguas residuales no convencionales*. Lima: Foro Ciudades para la Vida, 2010.
18. BAIRD, R. y BRIDGEWATER, L. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washintong D.C.: American Public Health Association, 2017, **23**.
19. CEGARRA, J. *Metodología de la investigación científica y tecnológica*. España: Díaz de Santos, 2004.
20. HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ-COLLADO, C. y BAPTISTA, P. *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill, 2014.
21. MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAPALLANGA. *Mejoramiento del servicio de agua del sistema de riego canal Sapallanga y laterales, en la localidad Miluchaca - Miraflores - Sapallanga y Cocharcas, distrito de Sapallanga, provincia de Huancayo, región Junín*. Sapallanga: MDS, 2021.
22. GOBIERNO REGIONAL JUNÍN. *Resolución Ejecutiva Regional N° 126 - 2019 - GRJ/GR: Plan de contingencias ante peligro de lluvias intensas - Región Junín 2019*. Huancayo: GRJ/GR, 2019.

23. MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAPALLANGA. *Manual de Organizaciones y Funciones*. Sapallanga: MDS, 2019.
24. SATURNO, W. *Informe técnico valorativo del proyecto "Mejoramiento y ampliación del sistema de saneamiento básico, distrito de Sapallanga. Huancayo. Junín"*. Sapallanga: MDS, 2015.
25. MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. *RUPAP del proyecto Mejoramiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales del distrito de Sapallanga*. Lima: MVCS, 2019.

ANEXOS

Anexo 01. Matriz de consistencia.

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>Problema general:</p> <p>¿Cuáles son los riesgos ambientales que generan las pozas de estabilización de aguas residuales San Pablo - Sapallanga en el año 2020?</p> <p>Problemas específicos:</p> <p>*¿Por qué las pozas de estabilización de aguas residuales San Pablo - Sapallanga en el año 2020 genera riesgos ambientales?</p> <p>*¿Cuáles son las consecuencias de los riesgos ambientales en las pozas de estabilización de aguas residuales San Pablo - Sapallanga en el año 2020?</p> <p>*¿Cómo controlar los riesgos ambientales que generan las pozas de estabilización de aguas residuales San Pablo - Sapallanga en el año 2020?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Evaluar el nivel de riesgo ambiental que generan las pozas de estabilización de aguas residuales San Pablo - Sapallanga en el año 2020.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>* Determinar los escenarios de riesgo que generan las pozas de estabilización de aguas residuales San Pablo - Sapallanga en el año 2020.</p> <p>*Determinar las consecuencias de los riesgos ambientales en las pozas de estabilización de aguas residuales San Pablo - Sapallanga en el año 2020.</p> <p>*Proponer medidas de control de los riesgos ambientales que generan las pozas de estabilización de aguas residuales San Pablo - Sapallanga en el año 2020.</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>H₁: El nivel de riesgo ambiental que generan las pozas de estabilización San Pablo - Sapallanga en el año 2020 es significativo.</p> <p>Hipótesis nula:</p> <p>H₀: El nivel de riesgo ambiental que generan las pozas de estabilización San Pablo - Sapallanga en el año 2020 es leve.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <p>*Los escenarios de riesgo que generan las pozas de estabilización San Pablo - Sapallanga en el año 2020, son las descargas clandestinas, acumulación de residuos sólidos y uso de las aguas residuales para riego de cultivos.</p> <p>*Las consecuencias de los riesgos ambientales en las pozas de estabilización San Pablo - Sapallanga en el año 2020, son las afecciones a la salud de la población, contaminación del agua y afectación a las actividades económicas.</p> <p>*Las medidas de control de los riesgos ambientales de las pozas de estabilización San Pablo - Sapallanga en el año 2020, están asociadas a la mejora de la gestión ambiental de aguas residuales de la municipalidad distrital de Sapallanga en coordinación con la población.</p>	<p>Variable dependiente:</p> <p>Riesgos ambientales.</p> <p>Variable independiente:</p> <p>Pozas de estabilización de aguas residuales.</p>	<p>Método general:</p> <p>Método inductivo.</p> <p>Método específico:</p> <p>Observación directa.</p> <p>Tipo de investigación:</p> <p>Básico.</p> <p>Nivel de investigación</p> <p>Descriptivo.</p> <p>Diseño de investigación:</p> <p>No experimental de tipo transeccional descriptivo.</p> <p>Población:</p> <p>Toda el agua residual contenido en las pozas de estabilización San Pablo.</p> <p>Muestra:</p> <p>No probabilística: tres muestras, tomadas en el punto de ingreso, en el punto de salida y una muestra integrada tomada en las pozas de aguas residuales.</p>

Anexo 02. Panel fotográfico: identificación de los escenarios de riesgo.



Fotografías 01 y 02. Ingreso de las aguas residuales del sistema de alcantarillado a las pozas de estabilización conducido por un canal descubierto.



Fotografías 03 y 04. Cajas de control de aguas residuales en inoperancia y sin mantenimiento.



Fotografía 05 y 06. Cercos perimétricos incompletos de las pozas de estabilización de aguas residuales “San Pablo”.



Fotografía 07 y 08. Descargas clandestinas de aguas residuales provenientes de actividades de camales, dirigidas a las pozas de estabilización.



Fotografías 09 y 10. Pozas de estabilización de aguas residuales “San Pablo”.



Fotografías 11 y 12. Acumulación de residuos sólidos en los canales de aguas residuales y en las áreas aledañas.



Fotografías 13 y 14. Paso de los canales de aguas residuales por zonas forestales.



Fotografías 15 y 16. Tuberías que conducen aguas residuales para riego de terrenos agrícolas de la zona.



Fotografías 17 y 18. Pastoreo de animales en las zonas límites de las pozas de estabilización.



Fotografías 19 y 20. Toma de muestras de las aguas residuales de las pozas de estabilización San Pablo.



Fotografías 21 y 22. Almacenamiento y conservación de las muestras de aguas residuales.

Anexo 04. Resultados del análisis de fosfatos, nitratos y coliformes fecales de las aguas residuales de las pozas de estabilización San Pablo.



INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia:	A-21/025478	Tipo Muestra:	Agua Residual Doméstica
Descripción(*):	Poza San Pablo - P01	Fecha Fin:	13/03/2021

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert
Aniones -			
¹³ * Fosfatos	< 0,50	mg/L PO4	-
¹³ * Nitratos	< 0,20	mg/L NO3	-
Microbiología			
* Coliformes Fecales por NMP	9,2 x 10 ⁸	NMP/100mL	-

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC).

(13) Ensayo cubierto por la Acreditación nº TL-502 emitida por IAS.

(8) Ensayo No cubierto por la Acreditación nº TL-502 emitida por IAS.



INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia:	A-21/025478	Tipo Muestra:	Agua Residual Doméstica
Descripción(*):	Poza San Pablo - P01	Fecha Fin:	13/03/2021

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (1)
Aniones -				
¹³ * Fosfatos	PE-2090 Rev.11 2019	Cromatog Iónica		0,50 mg/L PO4
¹³ * Nitratos	PE-2090 Rev.11 2019	Cromatog Iónica		0,20 mg/L NO3
Microbiología				
* Coliformes Fecales por NMP	SMEWW 9221 B.2,3,E.1. 23rd Ed. 2017	Tubos Múltiples		1,8 NMP/100mL

Los parámetros marcados con asterisco (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación.

Resultado del análisis de fosfatos, nitratos y coliformes fecales en el punto P01.

Nº de Referencia:	A-21/025479	Tipo Muestra:	Agua Residual Doméstica
Descripción(*):	Poza San Pablo - P02	Fecha Fin:	13/03/2021

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert
Aniones -			
¹³ * Fosfatos	< 0,50	mg/L PO4	-
¹³ * Nitratos	0,33	mg/L NO3	±0,04
Microbiología			
* Coliformes Fecales por NMP	3,5 x 10 ⁶	NMP/100mL	-

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC).

(13) Ensayo cubierto por la Acreditación nº TL-502 emitida por IAS.

(&) Ensayo No cubierto por la Acreditación nº TL-502 emitida por IAS.

Nº de Referencia:	A-21/025479	Tipo Muestra:	Agua Residual Doméstica
Descripción(*):	Poza San Pablo - P02	Fecha Fin:	13/03/2021

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (1)
Aniones -				
¹³ * Fosfatos	PE-2090 Rev.11 2019	Cromatog iónica		0,50 mg/L PO4
¹³ * Nitratos	PE-2090 Rev.11 2019	Cromatog iónica		0,20 mg/L NO3
Microbiología				
* Coliformes Fecales por NMP	SMEWW 9221 B.2,3,E.1. 23rd Ed. 2017	Tubos Múltiples		1,8 NMP/100mL

Los parámetros marcados con asterisco (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación.

Resultado del análisis de fosfatos, nitratos y coliformes fecales en el punto P02.

Nº de Referencia:	A-21/025480	Tipo Muestra:	Agua Residual Doméstica
Descripción(*):	Pozo San Pablo - P03	Fecha Fin:	13/03/2021

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert
Aniones -			
¹⁾ Fosfatos	< 0,30	mg/L PO4	-
²⁾ Nitratos	0,30	mg/L NO3	±0,04
Microbiología			
[*] Coliformes Fecales por NMP	3,5 x 10 ⁶	NMP/100mL	-

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC).

(1) Ensayo cubierto por la Acreditación nº TL-502 emitida por IAS.
 (2) Ensayo No cubierto por la Acreditación nº TL-502 emitida por IAS.

Nº de Referencia:	A-21/025480	Tipo Muestra:	Agua Residual Doméstica
Descripción(*):	Pozo San Pablo - P03	Fecha Fin:	13/03/2021

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lím Cuantif/ Detec (1)
Aniones -				
¹⁾ Fosfatos	PE-2090 Rev.11 2019	Cromatog iónica		0,50 mg/L PO4
²⁾ Nitratos	PE-2090 Rev.11 2019	Cromatog iónica		0,20 mg/L NO3
Microbiología				
[*] Coliformes Fecales por NMP	SMEWW 9221 B.2,3.E.1. 23rd Ed. 2017	Tubos Múltiples		1,8 NMP/100mL

Los parámetros marcados con asterisco (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación.

Resultado del análisis de fosfatos, nitratos y coliformes fecales en el punto P03.