



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Determinación de longitud de zona de mezcla de aguas
residuales municipales en cuerpos lóticos para la ubicación
de puntos de monitoreo, Pucallpa - 2020.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental**

AUTOR:

Lopez Ramirez, Orlando (ORCID: 0000-0002-7763-6061)

ASESOR:

Mg. Sc. Pillpa Aliaga, Freddy (ORCID: 0000-0002-8312-6973)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA – PERÚ

2020

DEDICATORIA:

A mis padres, Orlando y Luz, por apoyarme en cada etapa de mi vida y estar conmigo a pesar de la distancia. A mis hermanas, Karol y Daniela, por su constante motivación.

A mis amigos, Hobrayan, Diana y Julio, por compartir no solo conocimientos, sino también su tiempo y dedicación para con mi persona.

A mi persona, por demostrar que todo en esta vida es posible si realmente te lo propones.

Agradecimientos:

A Dios por darme la energía necesaria para culminar esta etapa académica.

A todo el personal de la Administración Local del Agua Pucallpa por brindarme los conocimientos y herramientas necesarias para desarrollarme como profesional

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1 Tipo y diseño de investigación	11
3.2 Variables y operacionalización.....	12
3.3 Población, muestra y muestreo.....	12
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	13
3.5 Procedimientos	14
3.5.1. Ubicación de Puntos de Vertimientos	15
3.5.2. Determinación de características hidráulicas y morfológicas.	15
3.5.3. Cálculo del Límite de Zona de Mezcla (LZDM)	16
3.6. Método de análisis de datos.....	17
3.7. Aspectos éticos.....	17
IV. RESULTADOS	17
4.1. Cálculo de parámetros hidráulicos y morfológicos	17
4.2. Cálculo de Longitud de Zona de Mezcla (Lzdm)	26
4.3. Ubicación de puntos de monitoreo en las quebradas Pacacocha, Manantay y Yumantay.....	27
4.4. Análisis estadístico de resultados	28
V. DISCUSIÓN.....	31
VI. CONCLUSIONES	35
VII. RECOMENDACIONES.....	36
REFERENCIAS.....	37
ANEXOS.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ubicación de la muestra de puntos de vertimiento de agua residual municipal.....	13
Tabla 2: Técnica de observación in situ	13
Tabla 3: Técnica de medición de parámetros hidráulicos	14
Tabla 4: Técnica de determinación de longitud de zona de mezcla.....	14
Tabla 5: Resultados de los parámetros hidráulicos de la quebrada Pacacocha	18
Tabla 6: Parámetros hidráulicos de la quebrada Manantay.....	21
Tabla 7: Parámetros hidráulicos de la quebrada Yumantay	24
Tabla 8: Longitud de zona de mezcla (Lzdm) de las quebradas Pacacocha, Manantay y Yumantay.	26
Tabla 9: Ubicación de puntos de monitoreo de calidad de agua (aguas abajo del vertimiento)	28
Tabla 10: Resultados de velocidad de flujo y velocidad de corte en la zona de mezcla	28
Tabla 11: Prueba de normalidad Shapiro Wilk	29
Tabla 12: Prueba de muestras emparejadas - Diferencias emparejadas	29
Tabla 13: Matriz de operacionalización de variables	60
Tabla 14: Relación de parámetros analizados en los principales cuerpos lóticos del casco urbano de la ciudad de Pucallpa	69
Tabla 15: Relación de parámetros analizados en los principales cuerpos léticos del distrito de Yarinacocha	69
Tabla 16: Puntos de colecta del monitoreo de la calidad del agua superficial en las principales quebradas del casco urbano de la ciudad de Pucallpa.	70

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1: Normal climatológica (1981-2010) de la selva centro.	9
Figura 2: Proceso de la investigación.....	15
Figura 3: Mapa de ubicación de la quebrada Pacacocha	19
Figura 4: Altitud del relieve del área aledaña a la quebrada Pacacocha	20
Figura 5: Mapa de ubicación de la quebrada Manantay	22
Figura 6: Altitud del relieve del área aledaña a la quebrada Manantay	23
Figura 7: Mapa de ubicación de la quebrada Yumantay.....	25
Figura 8: Altitud del relieve del área aledaña a la quebrada Yumantay	26
Figura 9: Longitud de zona de mezcla (Lzdm) de las quebrada Pacacocha, Manantay y Yumantay	27

Resumen

Actualmente, los vertimientos de aguas residuales municipales en los diferentes cuerpos lóaticos, tales como, ríos y quebradas de la ciudad de Pucallpa, no cuentan con el cálculo de su longitud de zona de mezcla, en consecuencia, no poseen una ubicación precisa de los puntos de monitoreo (aguas abajo) que permitan determinar la calidad de agua del cuerpo hídrico para los análisis correspondientes. En este sentido, el objetivo de la investigación fue determinar la longitud de zona de mezcla de vertimientos de aguas residuales municipales para la ubicación de puntos de monitoreo de calidad de agua. Para ello, se realizó una investigación de enfoque cuantitativo, no experimental y transversal. Además, para esta investigación se consideró determinar la longitud de zona de mezcla de tres (03) puntos de vertimientos ubicadas en las principales quebradas de la ciudad de Pucallpa. La investigación consistió en cuatro etapas, un trabajo de reconocimiento donde se identificó vertimientos existentes, dos etapas de gabinete donde se elaboraron los mapas de ubicación, georreferenciación de los puntos de vertimiento y procesamiento de los datos obtenidos y una etapa de campo donde se realizó el trabajo de medición y descripción de las características hidráulicas y morfológicas. Posteriormente se reemplazó la data ya procesada en la ecuación del Método Simplificado de US-EPA para obtener la longitud de zona de mezcla de cada vertimiento y con ello establecer la ubicación de los puntos de monitoreo.

Palabras clave: Longitud de zona de mezcla, Aguas residuales municipales, punto de monitoreo, calidad de agua.

Abstract

Actually, municipal wastewater discharges in the different lotic bodies, such as rivers and streams in the city of Pucallpa, also don't have the calculation of their mixing zone length. Consequently, they don't have a precise location of the monitoring points (downstream) that allow the determination of the water quality in the water body for the corresponding analyzes. In this sense, the objective of the research was to determine the length of the municipal wastewater discharge mixing zone for the location of water quality monitoring points. For this research is quantitative, non-experimental and cross-sectional. In addition, for this research it was considered to determine the length of the mixing zone of three (03) discharge points located in the main streams of the city of Pucallpa. The investigation consisted of four stages, a reconnaissance work where existing discharges were identified, two stages of the office where the location maps were elaborated, georeferenced of the points of discharge and processing of the data obtained and a last stage of the field where the work of measurement and description of the hydraulic and morphological characteristics was carried out. Finally, the data already processed was replaced in the equation of the US-EPA Simplified Method to obtain the length of the mixing zone of each discharge and thereby establish the location of the monitoring points.

Keywords: Mixing zone length, Municipal wastewater, monitoring point, water quality

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas técnicos y metodológicos que se presenta al momento de desarrollar el monitoreo de calidad de un cuerpo hídrico afectado por vertimientos de aguas residuales, es la ubicación de los puntos de monitoreo. Se debe establecer un punto de monitoreo aguas abajo de fuentes contaminantes (puntuales y difusas), asimismo, en cuencas hidrográficas muy pobladas se establece puntos de monitoreo por el tipo de fuente contaminante (ANA, 2016, p. 32). Sin embargo, para ubicar los puntos de monitoreo con mayor exactitud es necesario estimar la extensión longitudinal de la zona de mezcla del vertimiento de agua residual en el cuerpo de agua. La zona de mezcla es el volumen de agua donde se obtiene la dilución total del vertimiento con el cuerpo receptor por procesos hidrodinámicos y dispersión (ANA, 2017, p. 16). El objetivo de la zona de mezcla es establecer un volumen limitado para la dilución total del efluente con la cantidad de agua del cuerpo hídrico (ANA, 2017, p. 16).

En ese sentido, la determinación de la longitud de zona de mezcla de vertimientos de aguas residuales en un cuerpo de agua guarda mucha relación con la ubicación de los puntos de monitoreo de calidad de agua. Para el muestreo de descargas aguas abajo, el proceso debe realizarse después de la longitud de mezcla. Si el flujo es amplio, puede ocurrir muchos cambios, por eso es recomendable tomar varias muestras en el área transversal (Sierra, 2011, p. 229).

Las zonas urbanas en pleno proceso de expansión, generan una gran cantidad de efluentes (aguas residuales municipales), estas son vertidas en el sistema de alcantarillado, y en el mejor de los casos son destinadas hacia una planta de tratamiento de aguas residuales antes de ser vertidas en un cuerpo de agua natural. Un gran parte de estas aguas, provenientes de los sectores más pobres, son vertidas en los drenajes de agua superficial o alcantarillas informales más cercanas (UNESCO, 2017, p. 53).

Por otra parte, las Entidades Operadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) son las encargadas de velar por la recolección (sistemas de alcantarillado), transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales municipales.

“Las EPS prestan servicios en el ámbito urbano y rural de agua potable, alcantarillado sanitario, disposición sanitaria de excretas y tratamiento de aguas residuales para disposición final o reúso” (MVCS, 2016, p. 7). La actividad de saneamiento ocupa el segundo lugar como descarga significativa en los cuerpos lóticos, como los ríos, con un 27.22 hm³ al año, siendo superado por la actividad minera con 145 hm³ al año (Aquino, 2017, p. 74).

Una de las principales ciudades de la amazonía peruana es Pucallpa, principal casco urbano de la provincia de Coronel Portillo en la región Ucayali. La región Ucayali, cuenta con una (01) EPS, EMAPACOP S.A, que presta servicios de agua potable y alcantarillado en la zona urbana de la provincia de Coronel Portillo (GOREU, 2018, p. 12). Posteriormente las aguas residuales tratadas y sin tratar son vertidas en quebradas, tales como, Manantay, Yumantay, Pacacocha entre otras, siguiendo su trayectoria y desembocadura hasta el río Ucayali.

El monitoreo de calidad de agua de los cuerpos hídricos de la ciudad de Pucallpa es de competencia de la Administración Local del Agua Pucallpa y prueba de ello son los resultados de sus monitoreos de calidad de agua en la cuenca del río Ucayali (Parte Baja), tanto en épocas de avenida y en épocas de estiaje (anexos 5 y 6). En ese sentido, el desarrollo y homogenización de metodologías que permitan evaluar con mayor precisión los monitoreos de calidad de agua están a cargo de estas entidades. Sin embargo, actualmente los principales vertidos de aguas residuales municipales ubicados en los diferentes cuerpos lóticos no cuentan con el cálculo de su longitud de zona de mezcla (Lzdm), en consecuencia, la ubicación de los puntos de monitoreo aguas abajo en los cuerpos de agua natural es imprecisa y/o inexistente.

Es por ello que la presente investigación está destinada a calcular las respectivas longitudes de zona de mezcla (Lzdm) de los vertimientos de aguas residuales municipales en los cuerpos de agua natural del casco urbano de la ciudad de Pucallpa, aplicando una metodología denominada como el Método Simplificado de US-EPA. Se propone utilizar el Método Simplificado de la US-EPA, para poder calcular la extensión longitudinal de la zona de mezcla (ANA, 2017, p. 17). Asimismo, se utilizaron equipos que permitieron calcular las características hidráulicas de los cuerpos de agua en estudio y sobre todo que se tuvo en cuenta

la ventaja de cada equipo para las diferentes características morfológicas de las quebradas, de esta manera la investigación adquirió un fundamento tecnológico.

Respecto a la realidad problemática se formuló el problema general y los problemas específicos de la presente investigación. El problema general de la investigación fue, ¿Cómo la determinación de la longitud de zona de mezcla de aguas residuales municipales en cuerpos lóticos permite la ubicación de puntos de monitoreo en la ciudad de Pucallpa? Los problemas específicos planteados fueron, ¿De qué manera los parámetros hidráulicos de la longitud de zona de mezcla de aguas residuales municipales en cuerpos lóticos se vinculan con la ubicación de puntos de monitoreo?, y ¿De qué manera las características morfológicas de la longitud de zona de mezcla de aguas residuales municipales en cuerpos lóticos se vinculan con la ubicación de puntos de monitoreo?

El objetivo general fue evaluar la determinación de longitud de zona de mezcla de aguas residuales municipales en cuerpos lóticos para la ubicación de puntos de monitoreo en la ciudad de Pucallpa. Los objetivos específicos fueron: 1) Determinar los parámetros hidráulicos de la longitud de zona de mezcla de aguas residuales municipales en cuerpos lóticos para la ubicación de puntos de monitoreo. 2) Describir las características morfológicas de la longitud de zona de mezcla de aguas residuales municipales en cuerpos lóticos para la ubicación de puntos de monitoreo.

La hipótesis general planteada fue, la determinación de longitud de zona de mezcla de agua residuales municipales en cuerpos lóticos permite la ubicación de puntos de monitoreo. Las hipótesis específicas fueron: 1) Los parámetros hidráulicos de la longitud de zona de mezcla se vinculan con la ubicación de puntos de monitoreo. 2) Las características morfológicas de la longitud de zona de mezcla se vinculan con ubicación de puntos de monitoreo.

II. MARCO TEÓRICO

Según, Puma Y. (2017, p. 62) en su trabajo por determinar el impacto de vertimientos de aguas residuales de origen industrial, calculó la zona de mezcla de dicho vertimiento con el cuerpo receptor, obteniendo como resultado que la L_{zdm} era igual a 90 metros. Puma Y. (2017, p. 78) concluyó que los contaminantes provenientes del vertimiento de origen industrial y que son vertidos en un tramo del río Rimac se diluyen, debido a las características morfológicas e hidrodinámicas del cuerpo hídrico.

Respecto al cálculo de zona de mezcla, Rubio, Amezcua y Martínez (2017, p. 86), en su trabajo por determinar la capacidad de asimilación del vertimiento de una PTAR mediante el modelo QUAL2KW, utilizó un método basado en aproximaciones empíricas para determinar la longitud de zona de mezcla, aplicando la ecuación propuesta de Yotsukura (1968). Rubio, Amezcua y Martínez (2017, p. 87) concluyeron que la longitud de zona de mezcla del vertimiento en la quebrada Churuguaco es igual a 15.42 metros.

Hervás (2017, p. 3), realizó un estudio sobre el uso de diferentes métodos existentes para calcular la longitud de la región de mezcla de un área específica. Mostró el análisis de las zonas de mezcla desde dos puntos de vista, el enfoque técnico (Normativa técnica de la Comisión Europea) y el enfoque legislativo de cada país europeo. Hervás (2017, p. 45), destacó entre sus principales conclusiones, que a pesar de que la definición de ZM puede ser una buena herramienta para el cumplimiento de las NCA (límites de aceptación de calidad), tanto España como sus países vecinos todavía no han explotado este recurso. No se ha definido prácticamente ninguna ZM en vertidos reales.

Skorbiłowicz, Skorbiłowicz, Wójtowicz y Zamojska (2017, p. 195), realizaron una investigación donde su objetivo principal fue analizar varios métodos para determinar la distancia de la mezcla de aguas residuales completamente descargadas. Su metodología se fundamentó en la revisión, análisis e interpretación de diversas fórmulas como las de Fisher, Sawicki, Rutherford, Jirka y Rup. Skorbiłowicz, Skorbiłowicz, Wójtowicz y Zamojska (2017, p. 197),

concluyeron que la complejidad de los procesos que tienen lugar en el medio acuático y la multiplicidad de factores que determinan la mezcla de las aguas residuales previamente tratadas con las aguas receptoras hace que crear un método uniforme y universal para estimar la distancia de la zona de mezcla sea difícil y a menudo imposible.

Kriauciuniene et al. (2016, p. 736), realizaron un estudio que tiene por objeto proponer medidas prácticas para la gestión del riesgo de contaminación química en una región transfronteriza mediante la mezcla de zonas. Modelaron utilizando una prueba de descarga seleccionada, y aseguraron la evaluación de las dimensiones de la zona de mezcla. Concluyeron que la prueba de descarga basada en Excel es una herramienta apropiada para calificar las zonas de mezcla para una evaluación de nivel 1 a nivel 2. Las ventajas de la herramienta son: la simplicidad, la accesibilidad abierta y la capacidad de proporcionar una longitud de zona de mezcla para cada sustancia de entrada.

Según, Bolaños, Montero, Rodríguez y Sánchez (2015, p. 61), analizaron la calidad de aguas superficiales de la quebrada Estero en Costa Rica, y para establecer los puntos de monitoreo se basaron en un método organoléptico, es decir, dividieron el área de estudio en tres zonas, de acuerdo al olor y color de las aguas superficiales. La zona 1, presenta poca turbidez; la zona 2, presenta turbidez media, tonalidad anaranjada y roja en el fondo; y la zona 3, presenta alta turbidez.

Por otra parte, Rodríguez y García (2015, p. 209), mencionó que para definir la zona de mezcla se necesita de modelos matemáticos, por ello en su estudio realizado sobre la definición de zona de mezcla, propuso una metodología que consiste en la obtención de datos de concentración hidrodinámica y contaminante en el efluente y en el agua receptora; la construcción de mallas de cálculo, calibración y validación del modelo y definición de las condiciones críticas.

Castro y Ortiz (2015, p. 3), realizaron una investigación sobre el análisis en la zona de mezcla de la desembocadura del río Bogotá al río Magdalena y poder

conocer las principales afectaciones en la población. Respecto a la determinación de zona de mezcla, presentaron diferentes metodologías, tales como, la fórmula de Yotsukura, la fórmula de Camacho Botero Luis y la fórmula de Mc. Quivey y Kearfer. Sin embargo, Castro y Ortiz (2015, p. 33) usaron, la fórmula de Yotsukura, obteniendo como resultado que la distancia longitudinal fue de 616.37 metros.

Por otra parte, Guillermo (2014, p. 15), determinó la extensión longitudinal de zona de mezcla de cuerpos lóticos superficiales de la cuenca del río tambo para poder establecer una red de monitoreo de calidad de agua. Utilizó el método simplificado de la US – EPA, para el cálculo de la zona de mezcla, además equipos, entre los que destaca el correntómetro para el cálculo del caudal de las quebradas. Se concluyó que en 10 quebradas la longitud de zona de mezcla es corta, ya que varió ente 5 a 10 metros y eso debido a la alta velocidad y flujo turbulento del agua, mientras que en otras 9 quebradas de la cuenca la longitud de la zona de mezcla es larga, ya que varió entre 50 a 1300 metros y donde la velocidad de flujo es moderada. Asimismo, Guillermo (2014, p. 75) recomendó considerar 3 estaciones hidrométricas y 3 estaciones climáticas para una evaluación integrada de calidad y cantidad.

Para Micanik y Sajer (2012, p. 579), en su artículo científico sobre zonas de mezcla mencionaron que la contaminación accidental de las aguas superficiales representa una grave amenaza para la biota y la calidad del agua, en el caso de tales eventos, es importante determinar la pluma de contaminación. Asimismo, el desarrollo de métodos que permitan calcular y modelar la pluma de contaminación es de suma importancia, por ello, Micanik y Sajer (2012, p. 580) desarrollaron para el modelado del proceso de la zona de mezcla una prueba de contaminación Checa (CPT) que permite la simulación de la zona de mezcla tanto longitudinal como transversalmente en las secciones del río.

Constain (2012, p. 32), presentó un método para determinar la distancia a la cual una sustancia conservativa vertido en una corriente de agua alcanza su mezcla completa. La metodología usada se basa en el principio ergódico y emplearon dos trazadores, uno salino (NaCl) y otro fluorimétrico. Además, Constain (2012,

p. 33), menciona que una corriente con una gran longitud de mezcla se verá más en peligro que otro que tenga esta longitud mucho más corta. Constain (2012, p. 40) concluye que la aplicación del principio ergódico en ambos trazadores fue positivo, asimismo, menciona que este método puede brindar información valiosa acerca de la longitud de mezcla.

Moreno, Toro y Carvajal (2008, p. 57), presentaron un estudio sobre la revisión de principios y metodologías de diseño de redes para el monitoreo de la calidad del agua en ríos. Mencionaron que existen tres niveles del diseño para localizar los puntos de monitoreo: la macrolocalización (la sección del río donde debe instalarse la estación), la microlocalización (sitio específico considerando la longitud de zona de mezcla) y localización representativa del muestreo. Moreno, Toro y Carbajal (2008, p. 65), concluyeron que respecto al nivel de diseño de microlocalización no han sido tan estudiadas como la macrolocalización, ya que la microlocalización puede ser estudiada en campo mediante el análisis de las condiciones específicas de la zona.

Constain, Carvajal J., Carvajal A. y Lemos (2006, p. 191), en su investigación por calcular la longitud de mezcla en un cuerpo hídrico, propuso un método basado en el análisis matemático de la velocidad media utilizando trazadores conservativos. Constain, Carvajal J., Carvajal A. y Lemos (2008, p. 200), concluye que, para evaluaciones particulares sobre la longitud de zona de mezcla, este método puede ofrecer significativas ventajas sobre otros de naturaleza empírica o estadística, ya que su formulación puede ser aplicada a una predicción racional de eventos de contaminación.

Luego de describir los antecedentes, se definió las teorías respecto a las variables de la tesis de investigación. Respecto a la definición de longitud de zona de mezcla tenemos conceptos de diferentes autores, por ejemplo, los investigadores de la Agencia de Protección Ambiental (US EPA) (2014, p. 1), mencionaron: “Una zona de mezcla es un área o volumen limitado de agua donde tiene lugar la dilución inicial de una descarga y donde se puedan exceder ciertos criterios numéricos de calidad del agua”.

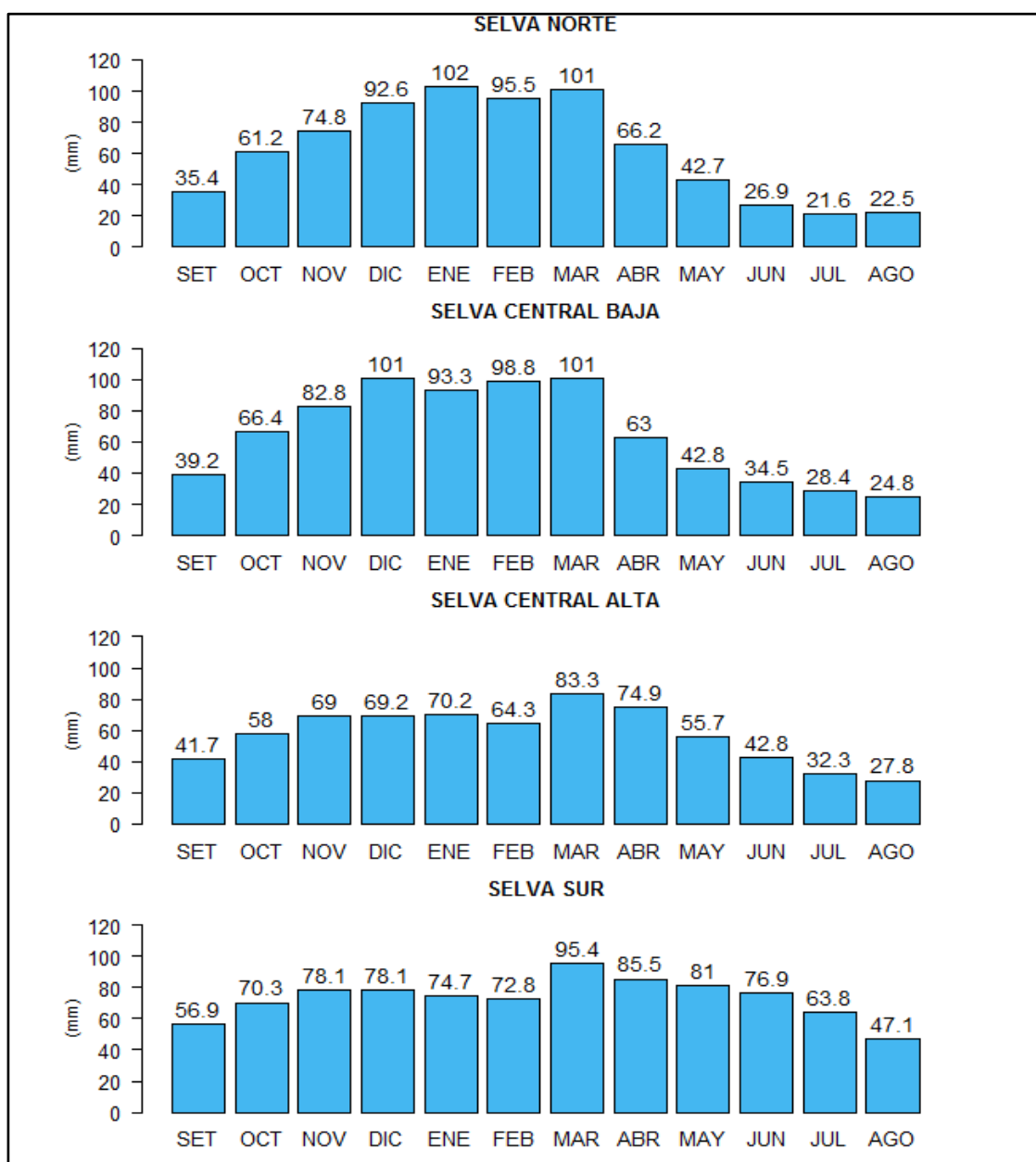
Por otra parte, “la longitud de zona de mezcla puede calcularse basándose en la velocidad del agua receptora, el ancho del arroyo, un coeficiente de mezcla transversal que incorpora la profundidad y se evalúa en el lugar de descarga” (Commins et al., 2011, p. 20). Además, “mientras tanto el aumento de la anchura del canal como el aumento de la velocidad del agua aumentan la longitud de la zona de mezcla, el aumento de la mezcla transversal disminuye la longitud de la zona de mezcla” (Commins et al., 2011, p. 20).

Asimismo, profesionales de entidades públicas del ámbito internacional hablaron sobre la importancia de la estimación de la zona de mezcla y su relación con los puntos de muestreo. Se debe estimar la extensión de la zona mixta para delimitar los puntos de control del estándar de calidad que debe implementar la autoridad competente, y luego limitar los puntos de restricción de uso de agua (Ministerio del Ambiente de Colombia, MinAmbiente, 2018, p. 37).

Otro término considerado para la presente investigación, son las aguas residuales. Para algunos especialistas, las aguas residuales son aquellas donde las propiedades han sido alteradas por el desarrollo de actividades de los humanos y que necesitan ser tratadas antes de su vertimiento a un cuerpo hídrico (OEFA, 2014, p. 2). Existen diversos tipos de aguas residuales, sin embargo, para la presente investigación, se estudiaron las aguas residuales municipales. Las aguas residuales municipales resultan de una combinación de distintos flujos de agua que descargan en el sistema de alcantarillado de la ciudad, asimismo, contiene una variedad de sustancias contaminantes procedentes de viviendas, instituciones, comercios e industrias (Noyola, Morgan y Güereca, 2013, p. 5).

Cabe mencionar que según la metodología propuesta se sugiere que en el uso de estos modelos matemáticos se debe evaluar el impacto del vertimiento en el flujo de agua receptora dentro de un ambiente donde las condiciones sean críticas, es decir, presenten caudal mínimo y precipitaciones escasas (ANA, 2017, p. 18). En ese sentido, según lo mencionado anteriormente, el trabajo de campo se desarrolló en los meses de estiaje, es decir donde las precipitaciones son menores y por ende el caudal de los cuerpos de agua son críticos.

Figura 1: Normal climatológica (1981-2010) de la selva centro.



Fuente: Ciclos horarios de precipitación en el Perú utilizando información satelital, Senamhi (2016)

Las características hidráulicas son importantes para definir la dinámica de las partículas en suspensión del cuerpo de agua, sin embargo, existen factores de variabilidad como la pendiente del cauce longitudinal, el caudal, la velocidad media del flujo, entre otros (Ochoa, 2011, p. 30). Asimismo, “el flujo de agua y el transporte de sedimentos que lo acompañan, cambian la geometría hidráulica y las características geomórficas de un río y conducen a un equilibrio dinámico”

(Hee y Sik, 2018, p. 2290). Otro término que está muy relacionado con las características hidráulicas, son las características morfológicas de un río, estas a su vez, “se pueden explicar por patrones de canal y formas, los cuales son afectados por factores como la pendiente, la velocidad del agua, profundidad y ancho del canal” (Sholagberu, 2016, p. 471). Para Bañales, Salazar y Mao (2020, p. 3), las herramientas de GIS, tales como, el ArcGIS son de utilidad para generar la red hidrográfica de una zona y por ende poder estudiar su morfología. Para Roccati (2019, p. 4), para evaluar los cambios de un canal utilizó un software GIS, el QGIS, y poder medir los parámetros morfológicos. En estudios con ríos amazónicos sucede lo mismo, Orfeo y Stevaux (2002, p. 312) indicaron que los anchos de canales y llanuras de inundación se midieron desde fotografías e imágenes de satélite, es decir procesaron las imágenes a través de GIS. Además, respecto a la influencia de las características hidráulicas en un cauce de río, la interacción de parámetros hidráulicos, tales como, ancho, profundidad media, velocidad media y pendiente determinan el curso de la descarga en el cuerpo hídrico (Elliot, 2010, p. 32).

Por otra parte, para algunos especialistas, el monitoreo de la calidad del agua es un proceso que puede medir y evaluar la calidad de los cuerpos hídricos para monitorear y controlar la exposición a contaminantes (ANA, 2016, p. 85).

Existen diversas interrogantes respecto a las estaciones o puntos de muestreo de calidad de agua, entre las que destacan, por ejemplo, ¿cuántos sitios de monitoreo son necesarios para obtener resultados confiables?, ¿dónde ubicar los sitios de monitoreo para que realmente sean representativos de un cuerpo de agua? (Arle, Mohaupt y Kirst, 2016, p. 224). Para establecer estaciones o puntos de muestreo de calidad de agua, se debe considerar como uno de los principales criterios la identificación de las fuentes contaminantes que afectan al cuerpo de agua (De Souza *et al*, 2019, p. 3). Asimismo, para Bastidas *et al*. (2017, p. 20136), “uno de los criterios básicos para la ubicación de los sitios de muestreo en superficie es la identificación de importantes afluentes fluviales principales contribuyentes de descargas de cargas contaminantes específicas”, es decir, vertimientos de aguas residuales.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

De acuerdo al enfoque, la investigación es de tipo cuantitativo. Implica probar la hipótesis desde la perspectiva de la probabilidad, y si es aceptada y probada, generar una teoría general a partir de la hipótesis. La observación se convierte en una herramienta para los fenómenos de "selección" y, en el caso de la experimentación, en una herramienta de rescate de datos (Guerrero y Guerrero, 2014, p. 48). Por lo tanto, la presente investigación se considera cuantitativo porque demostraremos nuestra hipótesis a partir de la experimentación en campo, y la recopilación y procesamiento de estos datos.

El tipo de investigación es aplicada. La investigación aplicada utiliza el conocimiento adquirido como insumo para lograr un objetivo práctico, además de generar aplicaciones para la ciencia básica existente. (Colomé y Femenia, 2018, p. 15). En ese sentido, la presente investigación es aplicada porque se calculará la distancia longitudinal de la región de mezcla mediante la obtención de datos en campo y la interpretación de estos en un modelo matemático para posteriormente poder aplicarlos en la ubicación de la red de monitoreo de calidad en cuerpos lóticos.

El diseño de investigación es no experimental. En los estudios no experimentales las variables independientes ocurren y no se pueden manipular, por lo que las variables no se pueden controlar directamente, ni se pueden influenciar porque ya ocurrieron (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 149). Además, se considera un diseño no experimental transversal. El diseño de un estudio transversal puede recaudar datos en una sola pasada y su propósito es describir variables, evaluar su alcance e interrelación en un periodo de tiempo. (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p. 151). En ese sentido, la presente investigación fundamenta su diseño en las características antes mencionadas porque se recolectará los datos obtenidos en campo, en un solo momento y periodo determinado para posteriormente ser procesados e interpretados en gabinete.

3.2 Variables y operacionalización

Variable Independiente

Determinación de longitud de zona de mezcla. El estudio de esta variable abarcó el análisis de parámetros hidráulicos y características morfológicas de los cauces del río y se le asignó indicadores, tales como, longitud (m), velocidad (m/s), caudal (m³/s), ancho (m), profundidad (m) y factor de irregularidad.

Variable Dependiente

Puntos de monitoreo, desarrollada desde una dimensión de ubicación y se le asignó las coordenadas UTM Datum WGS 84 como principal indicador.

3.3 Población, muestra y muestreo

La población, muestra y muestreos considerados para la presente investigación fueron los siguientes:

A. Población:

La población considerada son todos los vertimientos de aguas residuales municipales existentes en la zona urbana de la ciudad de Pucallpa, y que se encuentran en los diferentes cuerpos de agua comprendidos en los distritos de Calleria, Manantay y Yarinacocha.

B. Muestra:

Se consideró tres (03) vertimientos representativos para la investigación, divididos de la siguiente manera, un vertimiento de agua residual por cada quebrada existente dentro del casco urbano de la ciudad de Pucallpa. Las quebradas dentro del área de estudio son la quebrada Manantay, Yumantay y Pacacocha.

C. Muestreo:

La técnica de muestreo es no probabilística porque las muestras fueron escogidas según los criterios del investigador, tales como, ubicación

geográfica, representatividad de cada vertimiento; es decir por conveniencia y sin basarse en técnicas estadísticas.

Tabla 1: *Ubicación de la muestra de puntos de vertimiento de agua residual municipal*

Quebrada	Ubicación de Puntos de Vertimiento		
	Código (Asignado)	Coordenadas UTM	
		Este (X)	Norte (Y)
Pacacoha	PV1P	547125	9076439
Manantay	PV2M	550509	9070529
Yumantay	PV3Y	551516	9072163

Fuente: Elaboración propia

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos han sido elaborados de acuerdo a las circunstancias y realidades del área de estudio. Se consideró la geografía e hidrología del lugar para poder establecer los parámetros y características en los formatos.

Tabla 2: *Técnica de observación in situ*

Técnica	Procedimiento	Instrumento
Observación	<ul style="list-style-type: none"> • Georreferenciación de la zona de estudios (vertimientos y cuerpos de agua). • Procesamiento de información geográfica del cuerpo de agua. • Elaboración de gráficos para la comparación de longitudes de zona de mezcla. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de posicionamiento global (GPS). • Software de sistemas de información geográfica (ArcGIS). • Gráficos de software Excel.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3: *Técnica de medición de parámetros hidráulicos*

Técnica	Procedimiento	Instrumento
Medición de parámetros hidráulicos	<ul style="list-style-type: none"> Recopilación de datos hidráulicos. 	<ul style="list-style-type: none"> Formato de parámetros hidráulicos.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4: *Técnica de determinación de longitud de zona de mezcla*

Técnica	Procedimiento	Instrumento
Determinación de longitud de zona de mezcla	<ul style="list-style-type: none"> Cálculo basado en un modelo matemático 	<ul style="list-style-type: none"> Método Simplificado de la US-EPA

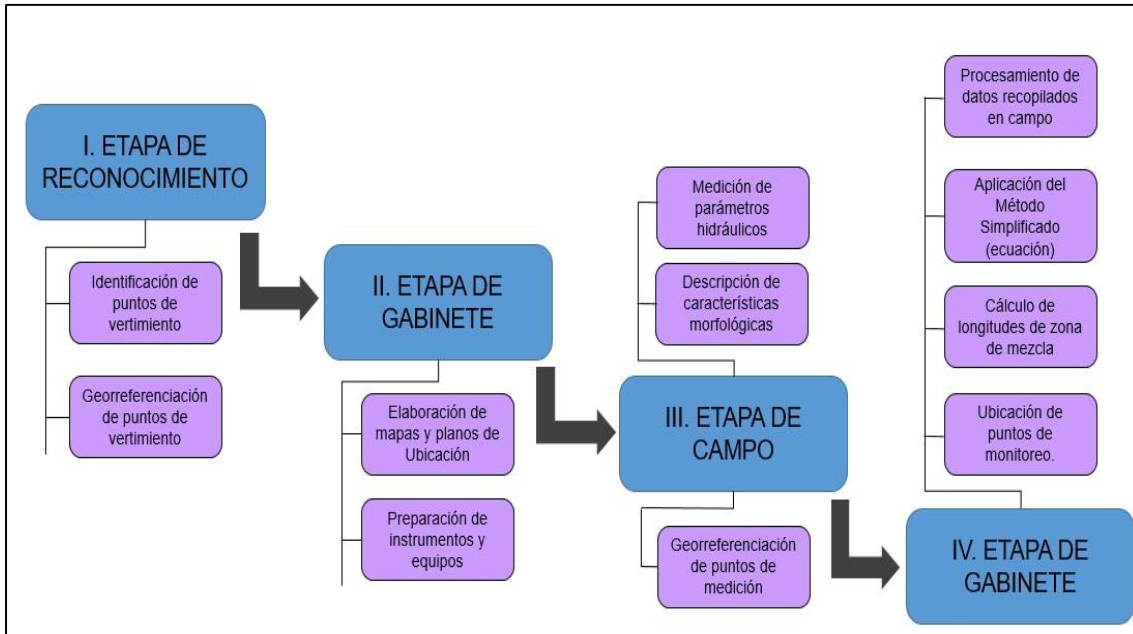
Fuente: Elaboración propia

3.5 Procedimientos

La recolección de información se fundamentó en las inspecciones realizadas en el área de influencia de cada quebrada afectada por los vertimientos de aguas residuales municipales. Se usó como instrumento la guía para la determinación de la zona de mezcla (aprobada con Resolución Jefatural N° 108 – 2017 – ANA).

Los procedimientos realizados se dividieron básicamente en dos ámbitos, investigación en campo e investigación en gabinete. El trabajo de campo consistió principalmente en determinar las variables hidráulicas y morfológicas del cuerpo de agua, asimismo la data recopilada fue interpretada en gabinete y sirvió como recurso para la estimación de la distancia longitudinal de la zona de mezcla.

Figura 2: Proceso de la investigación



Fuente: Elaboración propia

3.5.1. Ubicación de Puntos de Vertimientos

En gabinete se ubicaron los puntos de vertimientos en un plano y en coordenadas UTM WGS 84. Posteriormente se trasladaron los puntos al GPS, esto con la finalidad de facilitar el acceso durante el trabajo de campo.

Por otra parte, en campo se realizó un diagnóstico de campo para conocer in situ los puntos de vertimiento ubicados anteriormente en gabinete.

3.5.2. Determinación de características hidráulicas y morfológicas.

En gabinete se configuró y calibró los equipos para la medición de los parámetros hidráulicos, entre los que destacan: longitud (metros), velocidad del flujo de agua (m/s), caudal (m³/s), ancho medio (metros), profundidad media (metros).

También se verificó mediante imágenes satelitales la forma del cauce del cuerpo de agua, esto con la finalidad de poder valorizar su factor de irregularidad (c).

Asimismo, para la medición de los parámetros hidráulicos en campo se utilizó los siguientes equipos:

Correntómetro: Permitió desarrollar el aforo respectivo de los cuerpos de agua midiendo los valores de velocidad y profundidad del mismo. A diferencia de otros métodos de aforo para calcular el caudal, este equipo es mucho más eficiente para el presente trabajo de investigación. Se usará este equipo para profundidades menores a dos (02) metros.

Mainstream Portátil: Permitió medir valores de velocidad y caudal de la sección transversal de la quebrada.

Todos los datos obtenidos durante esta etapa, fueron recopilados en el Formato de Parámetros Hidráulicos (anexo 4)

Es importante mencionar que cada medición que se realizó in situ, fue georreferenciado para facilitar su ubicación mediante coordenadas UTM WGS84. Además, los parámetros hidráulicos fueron medidos durante un periodo donde el caudal y las precipitaciones eran mínimas. Esto con la finalidad de calcular sus valores en su etapa crítica.

3.5.3. Cálculo del Límite de Zona de Mezcla (LZDM)

Los valores de los parámetros hidráulicos obtenidos durante el trabajo de campo fueron usados en la ecuación matemática del método simplificado de la US-EPA para calcular la longitud de la zona de mezcla (LZdM).

$$LZdM = \frac{(W_{mín})^2 u}{2\pi Dy}$$

Donde:

$$Dy = c \times d \times u^*$$

$$u^* = \sqrt{g \times d \times s}$$

Lzdm:	Longitud de zona de mezcla	c:	Factor de irregularidad del cauce
Wmín:	Ancho medio	d:	Profundidad media
u:	Velocidad de flujo de agua	u*:	Velocidad de corte de mezcla
Dy:	Coefficiente de dispersión lateral	g:	Aceleración por la gravedad
s:	Pendiente		

Cabe mencionar que las mediciones de las características hidráulicas durante la etapa de trabajo de campo se realizaron teniendo en cuenta la accesibilidad a la zona.

3.6. Método de análisis de datos

Los resultados obtenidos en las mediciones de los parámetros hidráulicos fueron procesados en programas de cálculos, tales como, Microsoft Excel, y con ello se pudo aplicar los datos en la ecuación para el cálculo de la longitud de zona de mezcla (Método Simplificado). Asimismo, las características morfológicas que se observó en campo fueron procesados en el software ArcGIS 10.8, y se elaboraron los mapas de ubicación, mapas de elevación y descripción del relieve de cada área aledaña a los cuerpos de agua.

3.7. Aspectos éticos

Este estudio de investigación fundamentó sus resultados en la veracidad y transparencia de los datos obtenidos durante la fase de campo. Asimismo, se respetó la zona de influencia del estudio, es decir todos los componentes ambientales y sociales no fueron afectados por el desarrollo de la investigación. Por otra parte, se respetó la autoría de las fuentes de información, con las citas y uso apropiados de los estilos de las normas.

IV. RESULTADOS

4.1. Cálculo de parámetros hidráulicos y morfológicos

Para la aplicación de la ecuación del método Simplificado se realizó en campo las mediciones de las características hidráulicas y morfológicas de las quebradas Pacacocha, Manantay y Yumantay en áreas cercanas a los vertimientos de aguas residuales municipales.

4.1.1. Cálculo de parámetros hidráulicos y morfológicos en la quebrada Pacacocha.

Las mediciones de las características hidráulicas y morfológicas de la quebrada Pacacocha se realizó en épocas de estiaje, es decir, cuando la quebrada presenta un caudal crítico causado por las escasas precipitaciones en la zona. Los resultados se muestran en la tabla N°5

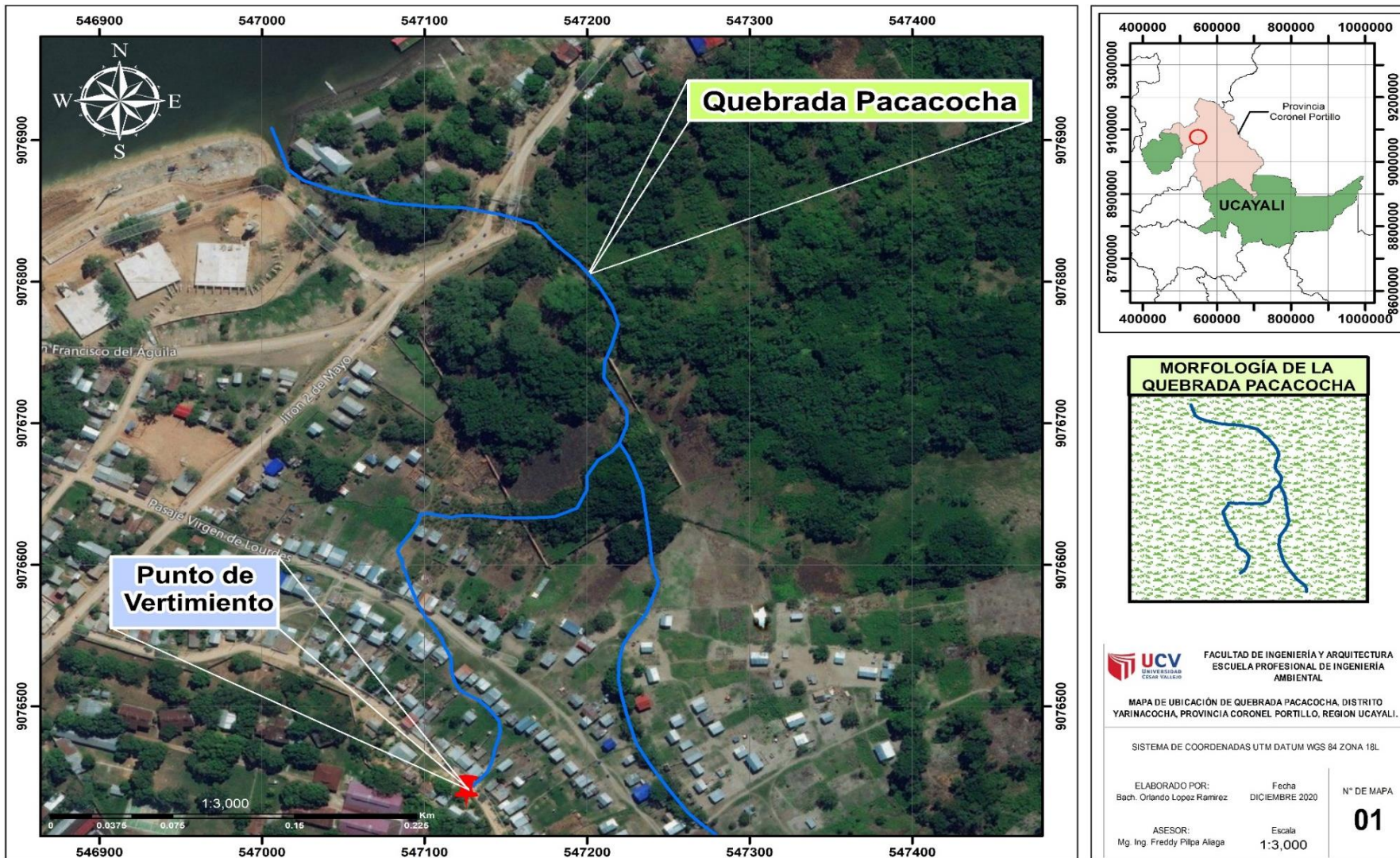
Tabla 5: *Resultados de los parámetros hidráulicos de la quebrada Pacacocha*

Distancia desde la orilla	Profundidad	Profundidad de Medición	Velocidad	ΔX	Área	Caudal
(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	(m²)	(m³/s)
0.35	0.15	0.10	0.5	0.35	0.0525	0.02625
0.70	0.26	0.20	0.9	0.35	0.091	0.0819
1.05	0.18	0.10	0.6	0.35	0.063	0.0378
1.40						0.14595

Fuente: Elaboración propia

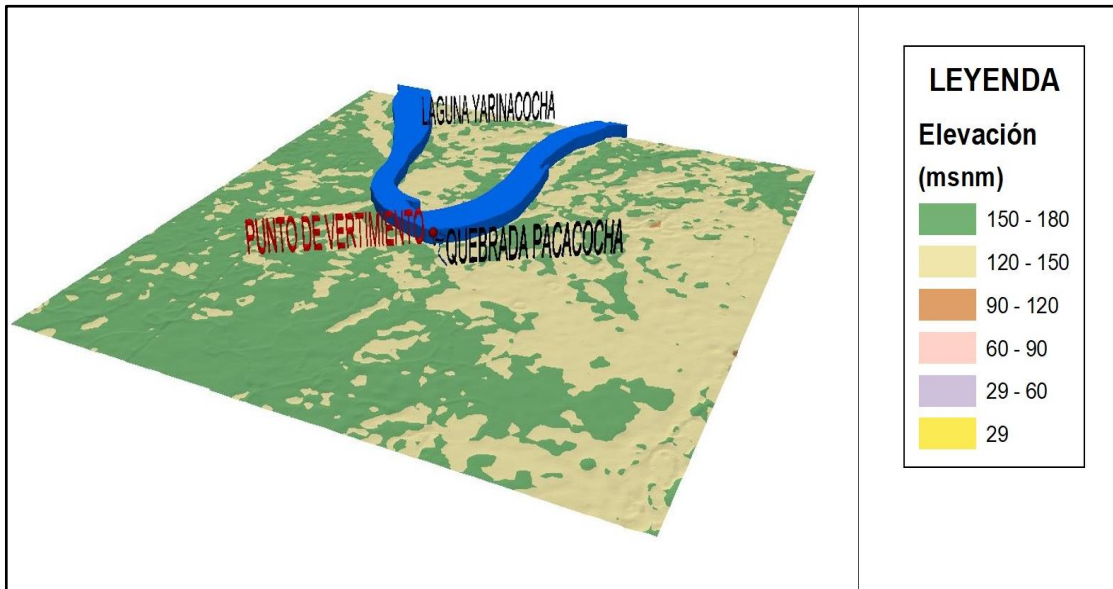
En la tabla N° 5 se puede apreciar que el ancho de la sección transversal de quebrada presenta una distancia reducida de 1.40 metros, al igual que una baja profundidad promedio de 0.20 metros. Por otra parte, según la ubicación en que se midió (margen izquierdo, medio o margen derecho) de la sección transversal. la velocidad oscila entre 0.5 m/s y 0.9 m/s. Aplicando el método de la sección-velocidad se obtuvo un caudal de 0.14595 m³/s, es decir, por el área transversal de la quebrada Pacacocha circula 145.95 litros por cada segundo. Por otra parte, según las características morfológicas que se observó a lo largo del trayecto de la quebrada Pacacocha, se determinó que su factor de irregularidad del cauce es de 0.6 (c), ya que presenta un serpentear moderado (figura N°3)

Figura 3: Mapa de ubicación de la quebrada Pacacocha



Fuente: Elaboración propia

Figura 4: Altitud del relieve del área aledaña a la quebrada Pacacocha



Fuente: elaboración propia

La altitud del relieve de la zona donde se ubica la quebrada Pacacocha presenta en la totalidad del terreno, valores que oscilan entre los 120 msnm y 180 msnm, y debido a ello esta superficie es considerada como relativamente llana, relieve característico de las zonas de selva baja. Asimismo, cabe resaltar que, debido al relieve mencionado anteriormente, la quebrada Pacacocha es una quebrada de suave pendiente y no torrentosa, estas características influyeron, en gran parte, en los valores obtenidos durante el trabajo de campo.

4.1.2. Cálculo de parámetros hidráulicos y morfológicos en la quebrada Manantay.

Las mediciones de las características hidráulicas y morfológicas de la quebrada Manantay se realizó en época de estiaje, con caudal mínimo y precipitaciones escasas. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla N° 6.

Tabla 6: *Parámetros hidráulicos de la quebrada Manantay*

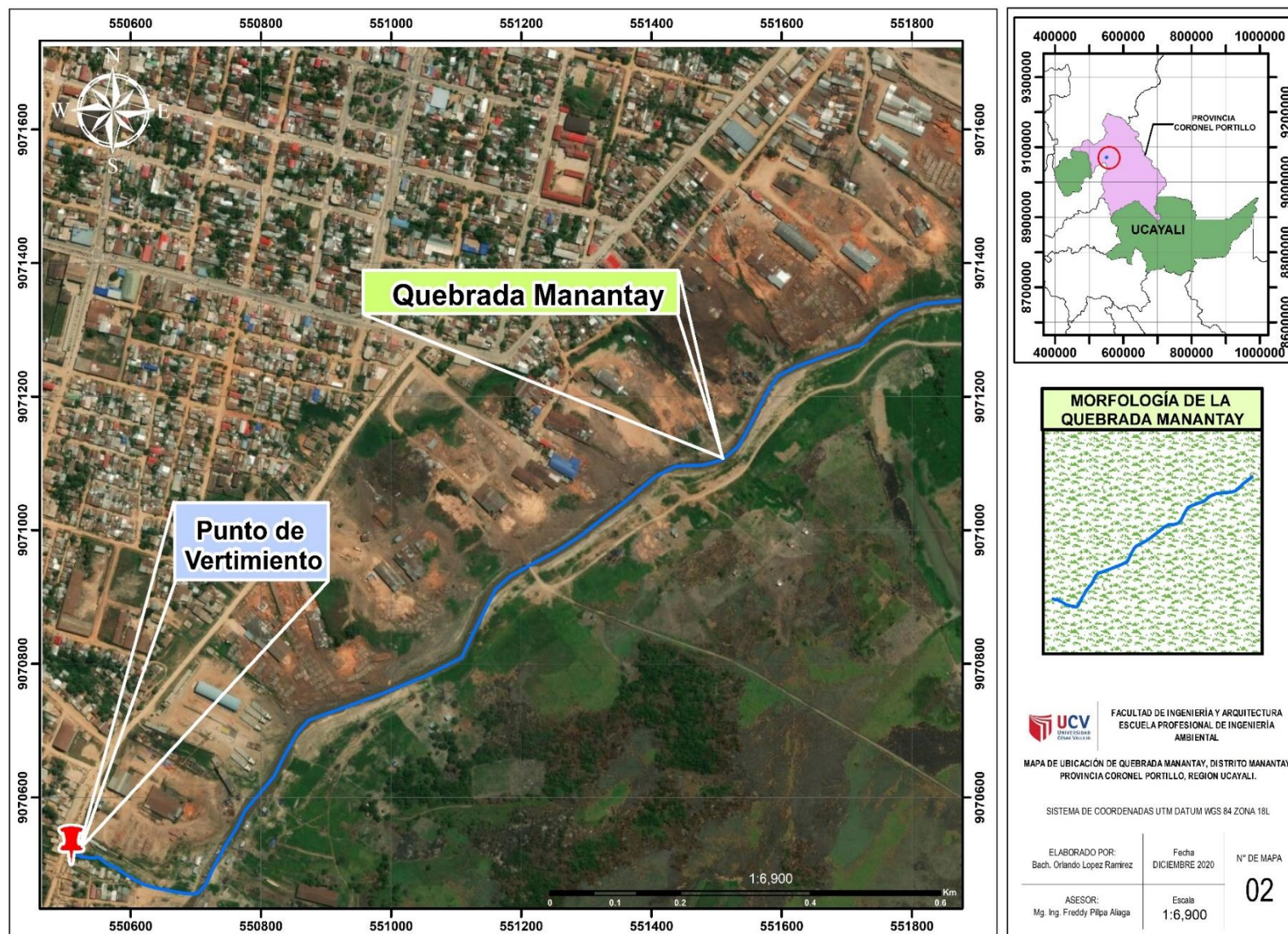
Cálculo de Parámetros Hidráulicos de la quebrada Manantay				
Tramo	Distancia (m)	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Caudal (m ³ /s)
01	1	0.5	0.109	0.026
02	2	0.65	0.309	0.175
03	3	0.8	0.326	0.183
04	4	0.9	0.361	0.285
05	5	1	0.387	0.396
06	6	0.97	0.413	0.358
07	7	0.91	0.289	0.331
08	8	0.9	0.25	0.318
09	9	0.85	0.226	0.282
10	10	0.72	0.208	0.229
11	11	0.64	0.186	0.143
12	12	0.52	0.107	0.095
13	13	0	0	0
Promedio		0.78	0.26425	0.235083333

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla N° 6, el ancho de la sección transversal de la quebrada Manantay presenta un valor de 13 metros y una profundidad promedio de 0.78 metros. Asimismo, la velocidad oscila entre 0.109 m/s y 0.413 m/s. A diferencia, del caso anterior, en la quebrada manantay se observó que los valores de las velocidades obtenidas en campo son menores a las obtenidas en la sección transversal de la quebrada Pacacocha. Sin embargo, el ancho del cauce de la quebrada Manantay es superior al de la quebrada Pacacocha.

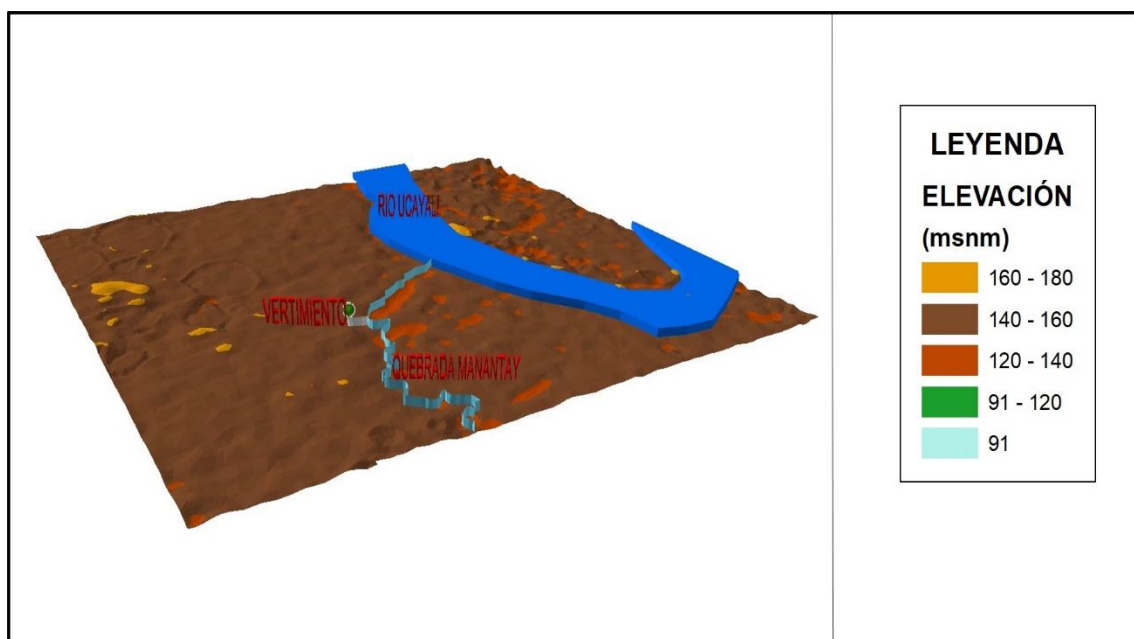
Además, se determinó que el factor de irregularidad del cauce es de 0.6 (c), ya que la quebrada Manantay presenta un serpentear moderado en su trayectoria (figura N°5)

Figura 5: Mapa de ubicación de la quebrada Manantay



Fuente: Elaboración propia

Figura 6: Altitud del relieve del área aledaña a la quebrada Manantay



Fuente: Elaboración propia

La altitud del relieve de la zona donde se ubica la quebrada Manantay presenta en la totalidad del terreno, valores que oscilan entre los 140 msnm y 160 msnm, y debido a ello esta superficie es considerada como llana, relieve característico de las zonas de selva baja. Asimismo, cabe resaltar que, debido al relieve mencionado anteriormente, la quebrada Manantay es un cuerpo de agua lótico de baja pendiente, el cual influyó en gran parte en los valores obtenidos durante el trabajo de campo.

4.1.3. Cálculo de parámetros hidráulicos y morfológicos en la quebrada Yumantay.

Las mediciones de las características hidráulicas y morfológicas de la quebrada Yumantay se realizó en época de estiaje, con caudal mínimo y precipitaciones escasas. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla N° 7.

Tabla 7: *Parámetros hidráulicos de la quebrada Yumantay*

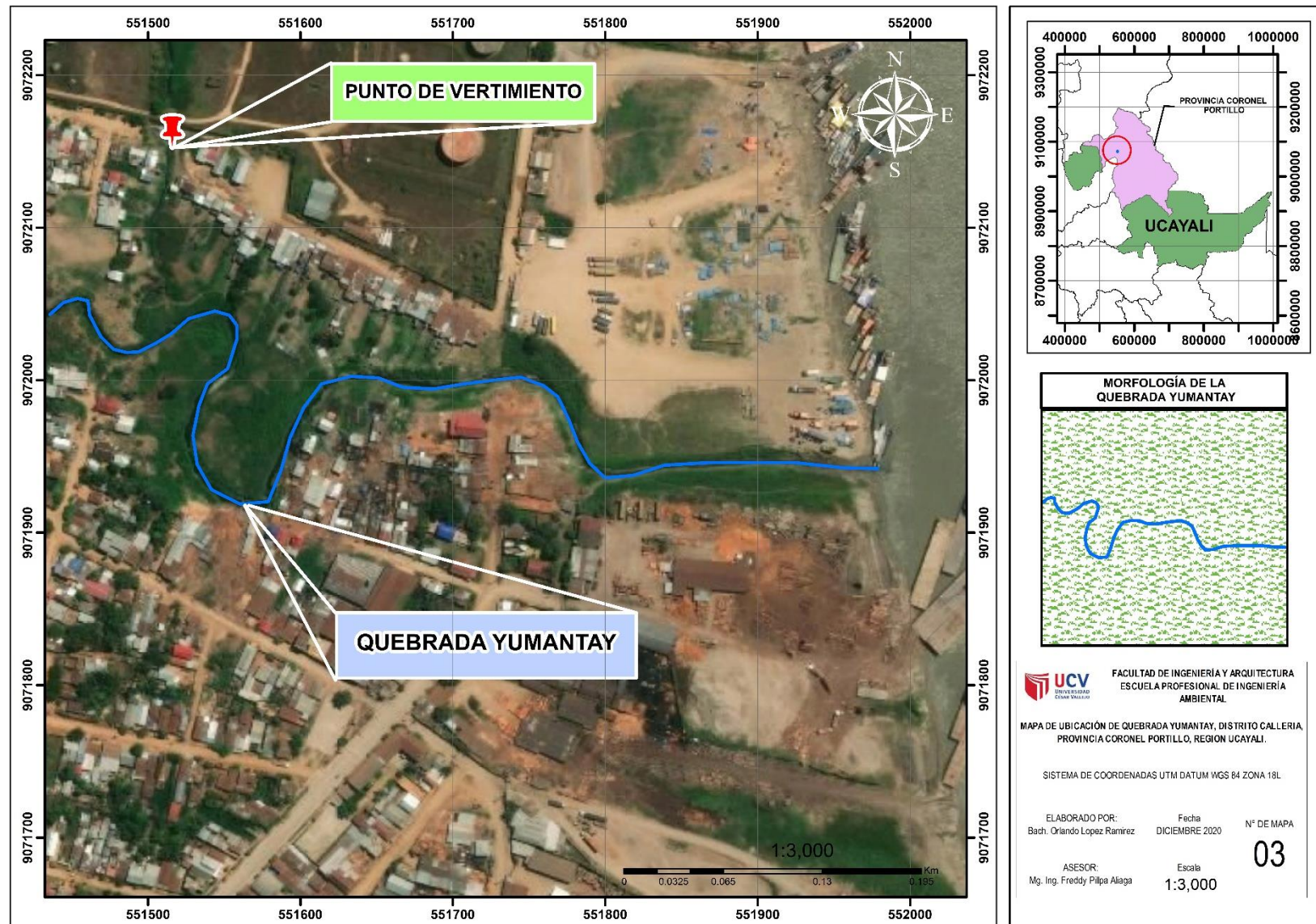
Distancia desde la orilla	Profundidad	Profundidad de Medición	Velocidad	ΔX	Área	Caudal
(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	(m²)	(m³/s)
2	0.69	0.30	0.1	2	1.38	0.138
4	0.84	0.50	0.1	2	1.68	0.168
6	1.43	0.60	0.1	2	2.86	0.286
8	1.46	0.9	0.2	2	2.92	0.584
10	0.81	0.50	0.1	2	1.62	0.162
12	0.65	0.30	0.1	2	1.3	0.13
14						1.468

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla N° 7, el ancho de la sección transversal de la quebrada Yumantay presentó un valor de 14 metros y una profundidad promedio de 0.98 metros. Además, la velocidad oscila entre 0.1 m/s y 0.2 m/s. Asimismo, como en el caso anterior, en la quebrada Yumantay se observó que los valores de las velocidades obtenidas en campo son menores a las obtenidas en la sección transversal de la quebrada Pacacocha. Sin embargo, el ancho del cauce de la quebrada Yumantay es superior al de la quebrada Pacacocha y Manantay.

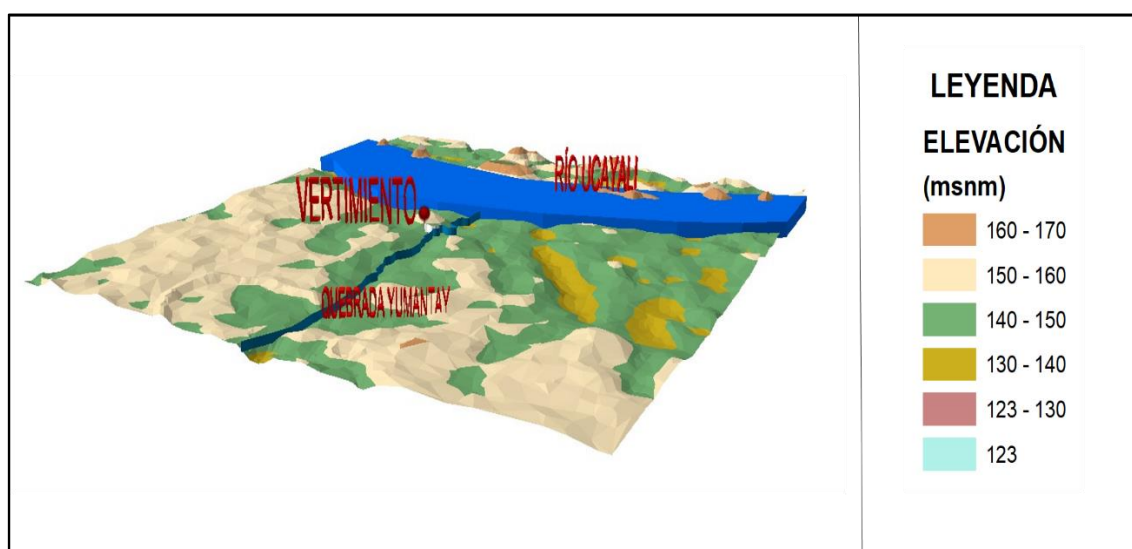
Además, se determinó que el factor de irregularidad del cauce es de 0.6 (c), ya que la quebrada Yumantay presenta un serpenteo moderado en su trayectoria (figura N°7).

Figura 7: Mapa de ubicación de la quebrada Yumantay



Fuente: Elaboración propia

Figura 8: Altitud del relieve del área aledaña a la quebrada Yumantay



Fuente: Elaboración propia.

La altitud del relieve de la zona donde se ubica la quebrada Yumantay presenta en la mayoría de su superficie, valores que oscilan entre los 140 msnm y 160 msnm, y debido a ello esta superficie es considerada como llana, relieve característico de las zonas de selva baja. Asimismo, cabe resaltar que, debido al relieve mencionado anteriormente, la quebrada Yumantay es un cuerpo de agua lótico de baja pendiente, el cual influyó en gran parte en los valores obtenidos durante el trabajo de campo.

4.2. Cálculo de Longitud de Zona de Mezcla (Lzdm)

Para la estimación de longitud de zona de mezcla (Lzdm) se utilizó el método Simplificado descrito por la US-EPA y propuesto por el ANA, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 8: Longitud de zona de mezcla (Lzdm) de las quebradas Pacacocha, Manantay y Yumantay.

Quebrada	Wmin (m)	u (m/s)	c	d (m)	g (m/s ²)	s	u* (m/s)	Dy (m/s) ²	Lzdm (m)
Pacacocha	1.4	0.67	0.6	0.2	9.80665	0.002	0.06263114	0.00751574	27.81
Manantay	13	0.26425	0.6	0.78	9.80665	0.002	0.1236866	0.05788533	122.79
Yumantay	14	0.117	0.6	0.98	9.80665	0.002	0.138639944	0.081520287	44.77

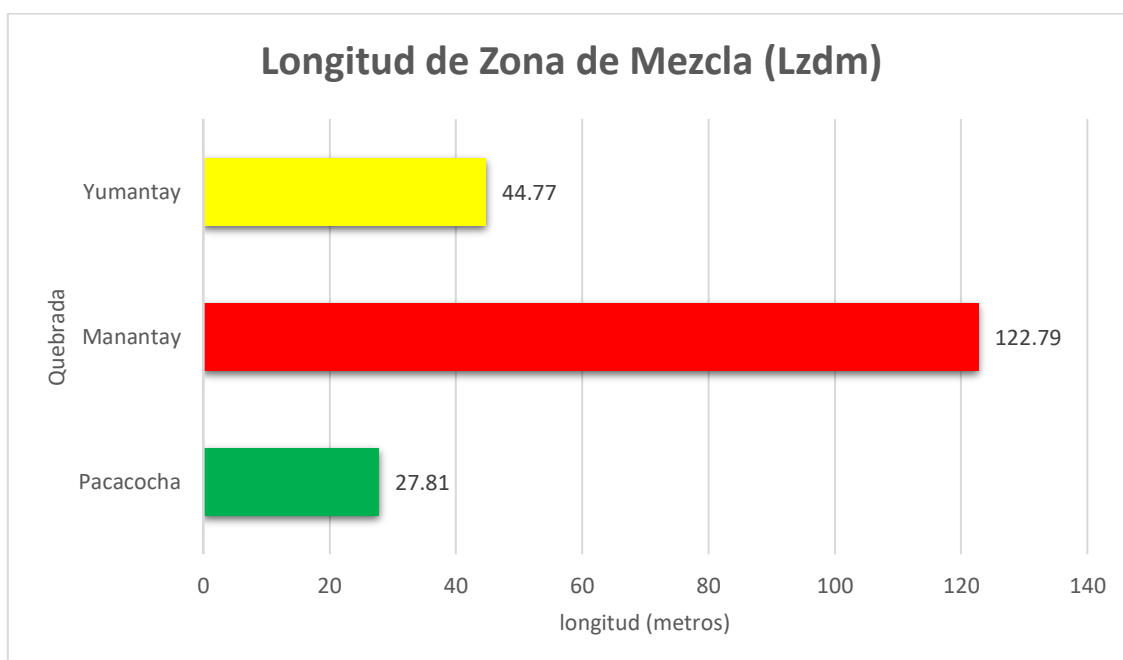
Fuente: Elaboración propia

Según la tabla N° 8 se visualiza que el ancho medio (Wmín) de las quebradas difieren considerablemente entre sí, así como en las profundidades medias (d), y se obtuvo el mayor valor de esos dos

parámetros, en la quebrada Yumantay. Sin embargo, con las velocidades medias (u) de ambas quebradas no sucedió lo mismo, sino todo lo contrario, en la quebrada Pacacocha se evidenció una mayor velocidad media con un valor de 0.67 m/s.

Por otra parte, la extensión longitudinal de la zona de mezcla (Lzdm) presentó un mayor valor en la quebrada Manantay, con 122.79 metros, superando los 27.81m. y 44.77m. obtenidos en las quebradas Pacacocha y Yumantay respectivamente.

Figura 9: Longitud de zona de mezcla (Lzdm) de las quebrada Pacacocha, Manantay y Yumantay



Fuente: Elaboración propia

4.3. Ubicación de puntos de monitoreo en las quebradas Pacacocha, Manantay y Yumantay.

Para el establecimiento de los puntos de monitoreo de calidad de agua en las quebradas de Pacacocha, Manantay y Yumantay se consideró las longitudes de zona de mezcla de los vertimientos de aguas residuales municipales en cada cuerpo hídrico determinado.

Tabla 9: *Ubicación de puntos de monitoreo de calidad de agua (aguas abajo del vertimiento)*

PUNTOS DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA (aguas abajo)				
Quebrada	Longitud de Zona de Mezcla (m)		Coordenadas UTM	
	Lzdm		Este (X)	Norte (Y)
Pacacocha	27.81		547220	9076715
Manantay	122.79		550797	9070603
Yumantay	44.77		551547	9072032

Fuente: Elaboración propia

Los puntos de monitoreo considerados en la tabla N° 9, fueron ubicados después de la longitud de zona de mezcla de vertimiento de aguas residuales municipales en cada quebrada Asimismo se elaboró un mapa de ubicación de los puntos de monitoreo (Anexo 9).

4.4. Análisis estadístico de resultados

En la presente investigación se determinó la velocidad de flujo inicial de agua y la velocidad de corte de zona de mezcla del agua afectada por la contaminación las cuales tuvieron incidencia en la longitud de zona de mezcla. Cabe mencionar que para la recopilación de estos datos se tuvieron en cuenta otros puntos de vertimientos ubicados en las quebradas Manantay, Yumantay y Pacacocha y se realizó durante los tres días de trabajo en campo.

Tabla 10: *Resultados de velocidad de flujo y velocidad de corte en la zona de mezcla*

Sector de análisis	Velocidad de Flujo de Agua (u)	Velocidad de Flujo de Corte en zona de mezcla (u*)
	(m/s)	(m/s)
Pacacocha	0.67	0.063
Manantay	0.26425	0.124
Yumantay	0.117	0.139
Pacacocha	0.5	0.070
Manantay	0.354	0.112
Manantay	0.294	0.128
Manantay	0.278	0.119
Yumantay	0.24	0.127
Yumantay	0.18	0.117
Yumantay	0.112	0.099

Fuente: Elaboración propia

4.4.1. Prueba de normalidad

Tabla 11: *Prueba de normalidad Shapiro Wilk*

SHAPIRO WILK			
	Estadístico	gl	Sig
Velocidad de flujo de agua	0.897	10	0.201
Velocidad de corte	0.863	10	0.084

- H0: Los datos provienen de una distribución normal
- Ha: Los datos no provienen de una distribución normal

Condición:

P-valor > sig, se acepta H0

P-valor < sig, se acepta Ha

Se tiene:

Para la velocidad de flujo de agua, P-valor= 0.201 > 0.05; y para la velocidad de corte en zona de mezcla, P-valor= 0.084 > 0.05. En ese sentido, se acepta la hipótesis nula por lo tanto los datos provienen de una distribución normal

4.4.2. Prueba de muestras emparejadas

Para relacionar se planteó la siguiente hipótesis:

- Ha = Hay una diferencia significativa entre la velocidad de flujo de agua (u) y la velocidad de corte de zona de mezcla (u*)
- H0 = No hay una diferencia significativa entre la velocidad de flujo de agua (u) y la velocidad de corte den zona de mezcla (u*) H0

Tabla 12: *Prueba de muestras emparejadas - Diferencias emparejadas*

DIFERENCIAS EMPAREJADAS								
Velocidad de flujo de agua - Velocidad de corte	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
				0.19112500	0.19336879			

Los criterios que se tomaron en cuenta para la toma de decisiones fueron:

- si $\text{sig} < \alpha$ se acepta H_a y se rechaza H_0 ($0.012 < 0.05$)
- si $\text{sig} > \alpha$ se acepta H_0 y se rechaza H_a

Ante los resultados evidenciados se obtuvo una diferencia significativa entre la velocidad de flujo de agua (u) y la velocidad de corte de zona de mezcla (u^*) debido a que el flujo de corte de mezcla determina la zona de contaminación de en el agua y determina la longitud de zona de mezcla

V. DISCUSIÓN

Con respecto a la metodología utilizada para la estimación de la longitud de zona de mezcla (Lzdm) de un vertimiento de agua residual en un medio lótico, se utilizó el método simplificado (matemático) desarrollado por la US-EPA, la misma metodología que la ANA, entidad competente en la conservación y protección de los recursos hídricos en el país, propone en su guía para el cálculo de zona de mezcla, la cual contiene los procedimientos para estimar la extensión longitudinal de la región de mezcla, a través de las condiciones hidráulicas y morfológicas de un cuerpo hídrico. Sin embargo, existen otras metodologías propuestas por entidades gubernamentales internacionales, como, por ejemplo, la Guía nacional de modelación del recurso hídrico para aguas superficiales continentales donde proponen utilizar ecuaciones empíricas para la estimación de la longitud de zona de mezcla. Se pueden utilizar las fórmulas empíricas de Dingman (2002), Thomann y Mueller (1987), Fischer (1979), entre otras (MinAmbiente de Colombia, 2018, p. 72). Asimismo, para Rodríguez, García y Álvarez (2016), “El modelado matemático es necesario para la metodología propuesta con el fin de hacer posible el análisis de la influencia de muchos factores diferentes en la evolución de la zona de mezcla” (p. 241), esta conclusión apoya la presente tesis ya que menciona la importancia del uso de modelos matemáticos.

Para Bleninger y Jirka (2011, p. 393), “el concepto normativo de zonas de mezcla no es nada nuevo en un contexto internacional, y también se puede encontrar en las regulaciones de calidad de agua de otros países (por ejemplo, US EPA, 1994), sin embargo, lo es para la mayoría de países europeos”

Asimismo, siendo el cálculo de longitud de zona de mezcla Lzdm un instrumento de carácter técnico y legal en el país, se consideró usarla para la presente investigación, aplicándola en los vertimientos de aguas residuales municipales que la ciudad de Pucallpa presenta en sus principales quebradas (Pacacocha, Manantay y Yumantay). Asimismo, la metodología (método simplificado) al poseer los caracteres antes mencionados, permite la homogenización del cálculo para la determinación de la longitud de zona de mezcla.

Respecto a los resultados obtenidos en la tabla N° 5, la tabla N° 6 y la tabla N° 7 sobre la medición de los parámetros hidráulicos en época de estiaje de la quebrada Pacacocha, Manantay y Yumantay se pudo determinar las características propias de esos cuerpos lóticos, donde el menor valor de ancho ($W_{\text{mín}}$) y profundidad (d) media se obtuvo en la quebrada Pacacocha, con valores de 1.4m. y 0.20 m. respectivamente. Sin embargo, respecto al resultado de la medición de las velocidades medias (u), el mayor valor se obtuvo en la quebrada Pacacocha, con un valor promedio de 0.67 m/s, superando al obtenido en la quebrada Manantay con 0.26 m/s y la quebrada Yumantay con 0.117 m/s. Las diferencias mencionadas anteriormente se deben principalmente a las características propias del cuerpo de agua, es decir, mientras una posee mayores dimensiones de profundidad y ancho de su sección transversal frente a la otra, el otro cuerpo lótico posee una mayor velocidad lo cual se ve reflejado en sus caudales, generando que en la quebrada Pacacocha se obtuvo un caudal promedio (Q) de 0.15 m³/s, en la quebrada Manantay se obtuvo un caudal de 0.24 m³/s y en la quebrada Yumantay un valor de 1.47 m³/s.

Por otra parte, para la determinación del factor de irregularidad (c) de las quebradas se observó in situ la trayectoria del cauce de cada una de ellas. Asimismo, como apoyo técnico se visualizó imágenes satelitales de servidores como Google Earth Pro y ESRI ArcGIS.Imagery. En este sentido, para ambas quebradas, Pacacocha, Manantay y Yumantay se asignó un factor de irregularidad (c) de 0.6, debido a que estas presentan un serpentear moderado sin presencia de trayectorias meándricas significativas, tal y como lo mencionan los especialistas de la ANA (2017): “Para cauces naturales con serpentear moderado, le corresponde un factor de irregularidad (c) de 0.6” (p. 17). Al respecto, lo mencionado anteriormente concuerda con la conclusión establecida por Mahala (2019, p. 15), “El SIG se puede utilizar con éxito para acceder a las características morfométricas del drenaje. Los resultados se pueden utilizar para la planificación hidrológica y morfológica de dichas áreas”

Asimismo, en el estudio realizado por Puma (2017, p.68) se evaluó el impacto de un vertimiento de origen industrial en un tramo del río Rímac, el cual implicaba el cálculo de la extensión longitudinal de su zona de mezcla. Obtuvo como resultado un L_{zdm} igual a 90 metros, y una de las principales variables para ese

cálculo fue la velocidad de flujo ($u = 0,7$ m/s). El valor de dicha variable es mayor a los obtenidos en la presente investigación, y eso se debe principalmente a las características morfológicas e hidrodinámicas de los ríos de la vertiente del Pacífico.

Análogamente, según la investigación realizada por Guillermo Z. (2014) algunos de los factores de irregularidad (c) de las quebradas estudiadas en su investigación tomaron un valor de 0.1, esto debido a que algunas presentan una morfología recta con cauce regular, a diferencia de las que se evidenció en la presente investigación, donde las quebradas presentaron un serpentear moderado característicos de los cuerpos de agua de la vertiente del Amazonas.

Cabe mencionar, con respecto al trabajo realizado en campo de la presente investigación, se pudo observar ciertas limitaciones externas, como, por ejemplo, la accesibilidad hacia los puntos de medición de los parámetros hidráulicos y morfológicos; siendo el área de estudio una zona ubicada en selva baja, donde la vegetación es densa y el relieve accidentado.

Referente a los resultados de la longitud de zona de mezcla (L_{zdm}) de cada vertimiento de agua residual municipal en las distintas quebradas estudiadas se determinó que la L_{zdm} del vertimiento en la quebrada Manantay es de 122.79 metros, en la quebrada Yumantay de 44.77 metros y en la quebrada Pacacocha es de 27.81 metros, y esto debido a la variabilidad en las características hidráulicas y morfológicas de cada cuerpo de agua, ante ello, Commins, Deas, Smith, Sogutlugil, Tanaka y Vaughn (2011), indicaron: “En general, mientras aumente la anchura del canal y la velocidad del agua, aumentará la longitud de la zona de mezcla; asimismo el aumento de la mezcla transversal disminuye la longitud de la zona de mezcla” (p. 20).

Por otra parte, se realizó una comparación entre los posibles puntos de monitoreo de calidad de agua establecidos a partir de la longitud de zona de mezcla de cada vertimiento en las quebradas Pacacocha y Manantay con los puntos de monitoreo que actualmente la Administración Local del Agua Pucallpa desarrolla para sus actividades. Asimismo, la ubicación de los puntos de monitoreo de calidad de agua establecidos a partir del cálculo de L_{zdm} (tabla N° 9) difieren con los puntos de monitoreo establecidos por la entidad pública (tabla

N° 16), y esto se debe en principio por la falta de la aplicación del dato de longitud (Lzdm) como referencia para la ubicación más precisa del punto de monitoreo. En ese sentido, cabe mencionar que uno de los propósitos de la presente investigación fue la de ubicar con fundamento los puntos de monitoreo a partir de la determinación de la longitud de zona de mezcla de cada vertimiento en el medio lótico, asimismo, aportar datos para mejorar la eficiencia en las actividades de monitoreo de calidad de agua que diversas entidades puedan realizar a favor de la protección y conservación de los recursos hídricos del país.

La relevancia científica de la investigación contribuyó en dos aspectos, el primero, en la incorporación de data sobre los resultados de Lzdm de los principales vertimientos de aguas residuales municipales en las quebradas de Pacacocha, Manantay y Yumantay, la misma que servirá para los estudios de diferentes entidades públicas y privadas; y segundo, en la homogenización de la metodología desarrollada, ya que mostró ser una alternativa práctica y simplificada para el cálculo de la longitud de zona de mezcla.

VI. CONCLUSIONES

1. Se calculó los parámetros hidráulicos de la longitud de zona de mezcla de aguas residuales municipales en las quebradas Pacacocha, Manantay y Yumantay. Hallándose que el ancho varió entre 1.40 metros (Pacacocha) a 14 metros (Yumantay), la profundidad varió entre 0.20 metros (Pacacocha) a 0.98 metros (Yumantay), la velocidad varió entre 0.264 m/s (Manantay) a 0.67 m/s (Pacacocha) y el caudal varió entre 0.146 m³/s (Pacacocha) a 1.47 m³/s (Yumantay).
2. Se describió las características morfológicas de la longitud de zona de mezcla de vertimientos de aguas residuales municipales en las quebradas Pacacocha, Manantay y Yumantay. Las tres quebradas estudiadas presentaron un serpentear moderado, es por ello que se les asignó un valor de 0.6 para su factor de irregularidad (c).
3. Se determinó la longitud de zona de mezcla (Lzdm) de aguas residuales municipales en cuerpos lóticos para la ubicación de puntos de monitoreo. La Lzdm en la quebrada Pacacocha fue de 27.81 metros, en la quebrada Manantay 122.79 metro y en la quebrada Yumantay de 44.77 metros. Asimismo, se estableció los puntos de monitoreo teniendo como criterio base las longitudes de mezcla calculadas.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar un inventario de todos los vertimientos de aguas residuales y ampliarla hacia todas las quebradas de las principales ciudades de la provincia Coronel Portillo. Posteriormente determinar la longitud de zona de mezcla de cada una de ellas para establecer los puntos de monitoreo de calidad de agua.
2. Se recomienda incorporar nuevos equipos tecnológicos que mejoren y faciliten el cálculo de los parámetros hidráulicos y morfológicos de las quebradas, y sobre todo que sean adecuados para cada tipo de cuerpo de agua existe en el país, ya que la hidrodinámica y la morfología de cada uno de ellos depende mucho de la ubicación geográfica en que se encuentran.
3. Se recomienda a las autoridades competentes en la conservación y protección de los recursos hídricos, así como a la comunidad de investigación universitaria del ámbito de la región Ucayali, realizar constantemente estudios e investigaciones que permitan la mejora en la calidad de los cuerpos de agua, tanto lénticos como lóticos.
4. Socializar y replicar la metodología desarrollada para la homogenización de la misma en los diferentes estudios e investigaciones que se pretendan realizar.

REFERENCIAS

1. ANA. Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. 1.ª ed. Perú: Industrial Alarcón S.R.L, 2016. 86 pp.
ISBN: 978-612-46009-0-6
2. ARLE, Jens, MOHAUPT Volker y KIRST Ingo. Monitoring of Surface Waters in Germany under the Water Framework Directive—A Review of Approaches, Methods and Results. *Water*, 8(6): 217- 239, 2016.
3. ANA. Guía para la determinación de la zona de mezcla y la evaluación del impacto del vertimiento de aguas residuales tratadas a un cuerpo natural de agua 1.ª ed. Perú: Servicios gráficos de Anghelo M. Rodríguez Paredes, 2017. 364 pp.
ISBN: 978-612-4273-14-8
4. AQUINO, Pavel. Calidad del Agua en el Perú. Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales 1.ª ed. Perú: Derecho, Ambiente y Recursos Naturales (DAR). 2017. 136 pp.
ISBN: 978-612-4210-50-1
5. BAÑALES, Camila, SALAZAR, Alejandra y MAO, Luca. Hydro-morphological characteristics and recent changes of a nearly pristine river system in Chilean Patagonia: The Exploradores river network. *Elsevier*, 98(102444): 1-13, 2020.
ISSN: 08959811
6. BASTIDAS, Juan Carlos *et all*. Design of water quality monitoring networks with two information scenarios in tropical Andean basins. *Environmental Science and Pollution Research International*, 24(25): 20134-20148, 2017.
7. BLENINGER, Tobias y JIRKA, Gerhard. Mixing zone regulation for effluent discharges into EU waters. *Institution of Civil Engineers*, 164(8): 387-396, 2011.
ISSN: 17417589

8. BOLAÑOS John Diego *et al.* Calidad de aguas superficiales: estudio de la quebrada Estero, ubicada en el cantón de San Ramón, Costa Rica. *Revista Pensamiento Actual*, 15(25): 61-76, 2015.
ISSN: 2215-3586
9. CASTRO S. L., y ORTIZ J. P. (2015). Análisis ambiental en la zona de mezcla de la desembocadura del río Bogotá al río Magdalena. (Tesis de pregrado, Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia).
Disponible en https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1313&context=ing_ambiental_sanitaria
10. COLOMÉ Delia Graciela y FEMENIA Paul Eduardo. Metodología de investigación para cursos de posgrado en ingeniería 1.ª ed. Argentina: Ediciones Plaza. 2018. 67 pp.
ISBN: 978-987-770-605-5
11. COMMINS Marcie *et al.* Evaluation of a mixing zone policy for human health related constituents. California, EE.UU: Merritt Smith. 2011. 70 pp.
ISBN: 954041300
12. CONSTAIN Aragón *et al.* Nuevo método de cálculo de la longitud de mezcla en cauces naturales con trazadores conservativos. *Ingeniería del Agua*, 13(3): 191-202, 2006.
13. CONSTAIN Alfredo José. Aplicaciones prácticas del principio ergódico a la condición de “longitud de mezcla” usando trazador: Análisis de dos cauces naturales en Colombia (río Pance y río Cali). *Aqua-LAC*, 4(1): 30-40, 2012.
14. DE SOUZA, Micael *et all.* Methodological proposal for the allocation of water quality monitoring stations using strategic decision analysis. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(12): 1-18, 2019.

15. ELLIOT Simón. El río y la forma. Introducción a la geomorfología fluvial. 1.^a ed. Santiago de Chile: RIL Editores. 2010. 324 pp.
ISBN: 978-956-284-710-0
16. Gobierno Regional de Ucayali (2018). Plan regional de saneamiento de la región Ucayali 2018 – 2021.
17. GUERRERO Guadalupe y GUERRERO María. Metodología de la investigación. 1.^a ed. México: Grupo Editorial Patria, 2014. 25 pp.
ISBN: 978-607-744-004-8
18. GUILLERMO Zulay Vanessa. Determinación de la zona de mezcla en cuerpos naturales de agua superficial para establecer una red de monitoreo de calidad de agua en la cuenca del río Tambo. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Ambiental). Arequipa: Universidad Nacional San Agustín, 2014.
Disponible en <https://prezi.com/tkw0zniewogw/universidad-nacional-de-san-agustin-de-arequipa-facultad-de/>
19. HEE Woong y SIK Heung. Characteristics of Bankfull Discharge and its Estimation using Hydraulic Geometry in the Han River Basin. Hydraulic Engineering, 22(7): 2290-2299, 2018.
ISSN: 19763808
20. HERNÁNDEZ Roberto, FERNÁNDEZ Carlos y BAPTISTA María del Pilar. Metodología de la investigación. 6.^a ed. México D. F.: McGraw Hill, 2014. 632 pp.
ISBN: 978-1-4562-2396-0
21. HERVAS Esther. Estudio de la aplicación de las distintas metodologías existentes para el cálculo de zona de mezcla a un caso concreto. Tesis (Magíster en Ingeniería Ambiental). España: Universidad Politécnica de Valencia. 2017. 68 pp.

Disponible en <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/90994/Esther%20Herv%c3%a0s%20Gonz%c3%a1lez%20%20TFM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

22. KRIAUCIUNIENE Jūrate *et al.* Evaluation of mixing zones in a Latvian-Lithuanian transboundary river basin. Letonia. Hydrology Research, 47(4): 736-747, 2016.
ISSN: 19989563
23. MAHALA Avijit. The significance of morphometric analysis to understand the hydrological and morphological characteristics in two different morpho-climatic settings. Applied Water Science, 10(33): 2-16, 2019.
ISSN: 21905495
24. MICANIK Tomas y SAJER Jiri. Mixing zones designation as a tool for management decision making in the case of the hazardous substances releases into the water environment. Ecology and Environmental Protection, (5): 579-586, 2012.
ISSN: 13142704
25. MINAMBIENTE. Guía nacional de modelación del recurso hídrico para aguas superficiales continentales. 1.ª ed. Bogotá, Colombia: Gobierno de Colombia. 2018. 76 pp.
ISBN: 978-958-8901-84-8
26. MORENO Agustín, TORO Mauricio y CARVAJAL Luis. Revisión de criterios y metodologías de diseño de redes para el monitoreo de la calidad del agua en ríos. Avances en Recursos Hidráulicos, (18): 57-68, 2008.
ISSN: 0121-5701
27. MVCS. La reforma del agua. Ley marco de la gestión y prestación de los servicios de saneamiento.

28. NOYOLA Adalberto, MORGAN Juan Manuel y GÜERECA Leonor. Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales. 1.ª ed. México: Instituto de Ingeniería UNAM. 2013. 140 pp.
ISBN: 978-607-02-4822-1
29. OCHOA Tomás. Hidráulica de ríos y procesos morfológicos. 1.ª ed. Bogotá: Ecoe Ediciones. 2011. 607 pp.
ISBN: 978-958-648-681-1
30. OEFA. Fiscalización ambiental en aguas residuales. 1.ª ed. Perú: Impreso por Billy Víctor Odiaga Franco. 2014. 42 pp.
ISBN: 2014-05991
31. ORFEO O., y STEVEAUX, José. Hydraulic and morphological characteristics of middle and upper reaches of the Parana River (Argentina and Brazil). Elsevier, 44: 309-322, 2002.
ISSN: 0169-555X
32. RIVERA, Yosselin Amelia. Evaluación del impacto del vertimiento de aguas residuales de una industria papelera a un tramo del río Rímac. Tesis (Título Profesional de Ingeniería Ambiental). Perú: Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, 2017. 113 pp.
Disponible en <http://repositorio.untels.edu.pe/handle/UNTELS/197>
33. ROCCATI, Anna [et al]. Morphological changes and human impact in the Entella River floodplain (Northern Italy) from the 17th century. Elsevier, 182(104122): 1-18, 2019.
ISSN: 03418162
34. RODRIGUEZ Alonso, GARCÍA Andrés y ÁLVAREZ César. Definition of mixing zones in rivers. Environmental Fluid Mechanics. 16(1): 209-244, 2016.
ISSN: 15677419

35. RUBIO Ana María, AMEZQUITA Lina Marcela y MARTINEZ Erika Johana. Determinación de la capacidad de asimilación del vertimiento de la PTAR del municipio de Tenjo Cundinamarca en la quebrada Churuguaco mediante el modelo QUAL2KW. Tesis (Título de Especialista en Recursos Hídricos). Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia, 2017. 161 pp. Disponible en <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14631/1/Capacidad%20de%20asimilaci%c3%b3n%20Qda.%20Churuguaco.pdf>

36. SHOLAGBERU Taofeeq. Assessment of morphological and hydrological parameters of Oyun River Basin, Nigeria. *Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management*, 9(4): 470-480, 2016.
ISSN: 19980507

37. SIERRA Carlos. Calidad del agua. Evaluación y diagnóstico. 1.ª ed. Colombia: Ediciones de la Universidad de Medellín. 2011.
ISBN: 9789588692067

38. SKORBIŁOWICZ Mirosław *et al.* Determination of mixing zones for wastewater with receiver waters. *Journal of Ecological Engineering*, 18(4): 192-198, 2017.
ISSN: 22998993

39. UNESCO. The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater, the untapped resource. 1.ª ed. Francia: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). 2017. 198 pp.
ISBN: 978-92-3-100201-4

40. United States Environmental Protection Agency EPA. Water Quality Standards Handbook. Chapter 5: General Policies. EE.UU: EPA. 2014. 18 pp.
EPA 820-B-14-00

ANEXOS

Anexo 1: Declaratoria de originalidad del autor



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR

Yo, ORLANDO LOPEZ RAMIREZ estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan a la Tesis titulado: "Determinación de longitud de zona de mezcla de aguas residuales municipales en cuerpos lóticos para la ubicación de puntos de monitoreo, Pucallpa - 2020", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Apellidos y Nombres del Autor	Firma
LOPEZ RAMIREZ ORLANDO DNI: 70037762 ORCID: 0000-0002-7763-6061	

Anexo 2: Declaratoria de autenticidad del Asesor



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR

Yo, Mg. Sc. Freddy Pillpa Aliaga, docente de la Facultad de Ingenierías y Arquitectura y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo sede Lima Este, revisor de la tesis titulada: "Determinación de longitud de zona de mezcla de aguas residuales municipales en cuerpos lóticos para la ubicación de puntos de monitoreo, Pucallpa - 2020" del estudiante Orlando Lopez Ramirez, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 23 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y he concluido que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima 16 de enero del 2021

Firmado digitalmente por
Freddy Pillpa Aliaga
Nombre de reconocimiento
(DN): cn=Freddy Pillpa Aliaga,
o=Colegio de Ingenieros del
Perú, ou=CIP 196897,
email=fpillpa@gmail.com,
c=PE
Fecha: 2021.02.09 09:47:28
-05'00'

Mg. Sc. Pillpa Aliaga, Freddy

DNI: 70298990



Anexo 3: Matriz de operacionalización de variables

Tabla 13: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIONES
Determinación de longitud de zona de mezcla	La zona de mezcla es aquel volumen de agua en el cuerpo receptor en el que se logra la dilución del vertimiento por procesos hidrodinámicos y de dispersión, sin considerar otros factores además del decaimiento, la sedimentación, la asimilación en materia orgánica y la precipitación química (ANA, 2017, p. 37)	Se calculará mediante el uso de parámetros hidráulicos y morfológicos en el modelo matemático del método simplificado de la US-EPA.	Parámetros Hidráulicos Los parámetros hidráulicos del canal son la base para definir el movimiento de sedimentos, asimismo las variables que influyen son la pendiente longitudinal del canal, el caudal de líquido, la velocidad media, la distribución de la velocidad, entre otros. (Ochoa, 2011, p. 30)	Longitud Velocidad Caudal Ancho Profundidad	Metros (m) Metros por cada segundo (m/s) Metros cúbicos por cada segundo (m ³ /s) Metros (m) Metros (m)
			Características Morfológicas Son la geometría del canal, la sección transversal, forma en planta y propiedades del perfil longitudinal que constituyen la morfología completa. (Gutiérrez, 2008, p. 279)	Factor de irregularidad (c)	C= 0,1 (ríos rectos con cauce rectangular) C= 0,3 (ríos canalizados) C=0.6 (cauces naturales con serpentear moderado) C=1,0 (cauces naturales con serpentear significativo) c>1,0 (ríos con cambios de dirección bruscos de 90° o mayor)
Puntos de monitoreo	El punto de monitoreo es la ubicación geográfica en una zona específica de un cuerpo de agua donde se realiza la toma de muestras de parámetros para la determinación de la calidad del agua (ANA, 2016, p. 86)	Se usará la longitud de zona de mezcla de cada vertimiento estudiado como referencia para la ubicación (aguas abajo) exacta de cada punto de monitoreo.	Ubicación de Puntos de Monitoreo Los puntos de monitoreo en el cuerpo de agua lótico se ubican fuera de la zona de mezcla: un punto de aguas arriba a una distancia de 50 metros del vertimiento y un punto de aguas abajo a una distancia de 200 metros desde donde se realiza el vertimiento. (ANA, 2016, p. 18)	Coordenadas UTM WGS84	Metros (m)

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO (FORMATO N°1)

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: *Vasquez Aranda Ahuber Omar*
 1.2. Cargo e institución donde labora: *UNFV. Jefe del Laboratorio de Medio Ambiente F62*
 1.3. Especialidad o línea de investigación: *Maestro en Gestión Ambiental*
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: *ubicación y puntos de Monitoreo*
 1.5. Autor(A) de Instrumento: *Orlando Lopez Ramirez*

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

I. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

II. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95

Lima, 11 de octubre del 2020

Nirupol

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP: *92507*
 DNI N° *07487467* / Telf: *990077269*

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO (FORMATO N°2)
III. DATOS GENERALES

- 1.6. Apellidos y Nombres: *Vásquez Aranda Ahuber Omar*
 1.7. Cargo e institución donde labora: *UNFV. Jefe de Laboratorio de Medio Ambiente FIGAE*
 1.8. Especialidad o línea de investigación: *Maestro en Gestión Ambiental*
 1.9. Nombre del instrumento motivo de evaluación: *Parámetros hidráulicos*
 1.10. Autor(A) de Instrumento: *Orlando Lopez Ramirez*

IV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95

Lima, 11 de octubre del 2020



 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP: 92507
 DNI N° 07748967 Telf 990077269

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO (FORMATO N°1)
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: SANCHEZ MENDOZA LETY LEONOR
- 1.2. Cargo e institución donde labora: RESPONSABLE DE IRSS HOSPITALARIOS / DESA
MAESTRO EN CIENCIAS EN METOS
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: INGENIERIA AMBIENTAL - AMBIENTE COSTERO SECT. I, II, Y III
RES. RESPONSABILIDAD SOCIAL
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: PARÁMETROS HIDRÁULICOS
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: ORLANDO LOPEZ RAMIREZ

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

I. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

II. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95

Lima, ...12 de octubre... del 2020


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP...167662...
 DNI N° 47271392 Telf. 96657608

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO (FORMATO N°2)
III. DATOS GENERALES

- 1.6. Apellidos y Nombres: Sandoval, Melosza, Leticia Leonor
 1.7. Cargo e institución donde labora: RESPONSABLE DE MIPSS HOSPITALARIOS / DESA
 1.8. Especialidad o línea de investigación: INGENIERÍA AMBIENTAL - GESTIÓN EN CIENCIAS AMBIENTALES Y RESPONSABILIDAD SOCIAL - GESTIÓN SOSTENIBLE Y RESPONSABILIDAD SOCIAL
 1.9. Nombre del instrumento motivo de evaluación: UBICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO
 1.10. Autor(A) de Instrumento: ORLANDO LOPEZ DANIEZ

IV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95

 Lima, 12 de octubre del 2020


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP 167662
 DNI N° 47771342 Telf 966657608

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Zegarra Vázquez Mario Junior
 1.2. Cargo e institución donde labora: UNU-ASEO CONSULT
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Especialista Seguridad y Medio Ambiente
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Parámetros Hidráulicos
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Orlando Lopez Ramirez

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

✓

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

97.5

 Lima, 11 octubre del 2020



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP 164801
 DNI N° 4303501 Telf. 953901559



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Zacaría Vologres Mario Junior
 1.2. Cargo e institución donde labora: UNU Tarma
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Especialista Seguridad y Medio Ambiente
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ubicación y Puntos de Monitoreo
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Orlando Lopez Ramirez

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													X

V. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

✓

VI. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

96.5

Lima, ... 03 de octubre del 2020


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP: 964801
 DNI N° 4303587 Telf: 953984559

Anexo 5: Lista de parámetros analizados en las quebradas Pacacocha, Manantay y Yumantay por la Administración Local del Agua Pucallpa

Tabla 14: *Relación de parámetros analizados en los principales cuerpos lóticos del casco urbano de la ciudad de Pucallpa*

N°	Código	Cuerpo Lótico	ECA Agua Categoría 4 - Subcategoría E2: Ríos de la Selva (D.S. N° 004-2017-MINAM)
01	QMana1	Quebrada Manantay	OD
02	QMana2	Quebrada Manantay	OD, Plomo total, Coliformes termotolerantes
03	QMana3	Quebrada Manantay	OD, DBO, Sólidos suspendidos totales, Plomo total, Coliformes termotolerantes.
04	QYuma1	Quebrada Yumantay	OD, DBO, Sólidos suspendidos totales, Fósforo total, Plomo Total, Coliformes termotolerantes.
05	QYuma2	Quebrada Yumantay	OD, DBO, Sólidos suspendidos totales, Fósforo total, Plomo Total, Coliformes termotolerantes.

Fuente: Informe monitoreo calidad del agua superficial, cuenca río Ucayali parte baja (2019), Administración del Agua Pucallpa.

Tabla 15: *Relación de parámetros analizados en los principales cuerpos lénticos del distrito de Yarinacocha*

N°	Código	Fuente de agua	ECA Agua Categoría 4 - Subcategoría E1: Lagunas y Lagos (D.S. N° 004-2017-MINAM)
01	LYari1	Laguna Yarinacocha	OD
02	QPaca1	Quebrada Pacacocha	DBO, Sólidos suspendidos totales, Bario, Plomo total, Coliformes termotolerantes
03	LYari2	Laguna Yarinacocha	OD, Coliformes termotolerantes
04	QTush1	Quebrada Tushmo	Coliformes termotolerantes
05	QCash1	Quebrada Cashibococha	pH, Sólidos suspendidos totales
06	LYari3	Laguna Yarinacocha	OD, sólidos suspendidos totales

Fuente: Informe monitoreo calidad del agua superficial, cuenca río Ucayali parte baja (2019), Administración Local del Agua Pucallpa.

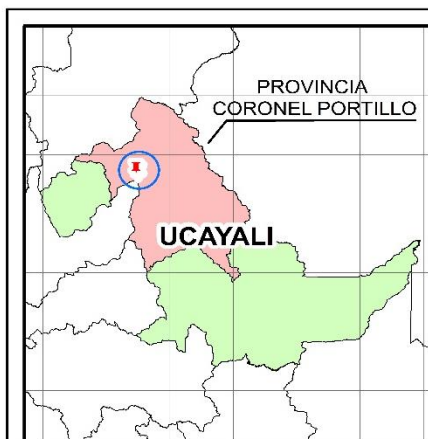
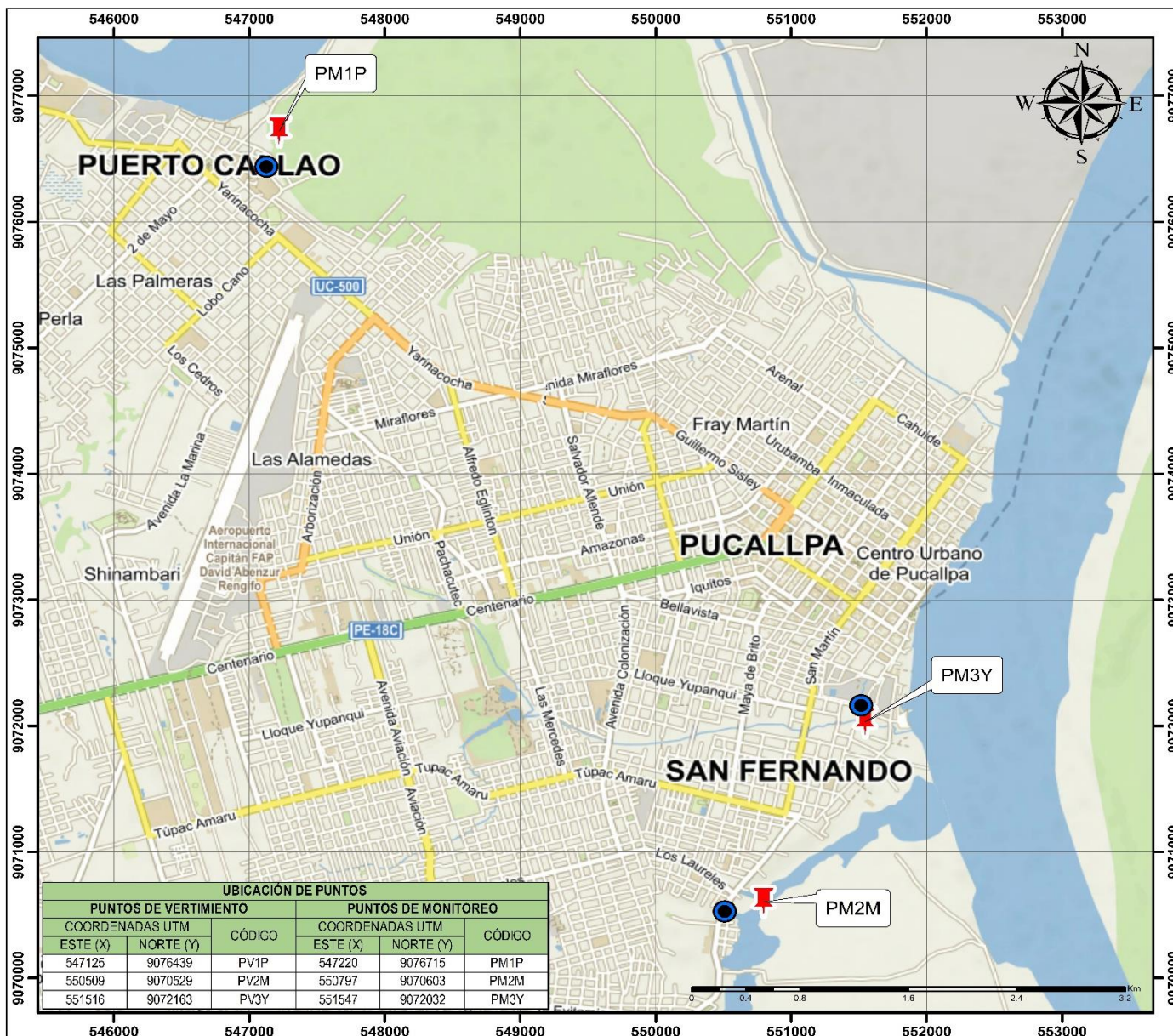
Anexo 6: Puntos de monitoreo de calidad de aguas superficiales de las quebradas Manantay, Yumantay y Pacacocha

Tabla 16: *Puntos de colecta del monitoreo de la calidad del agua superficial en las principales quebradas del casco urbano de la ciudad de Pucallpa.*

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO	PROVINCIA	DEPARTAMENTO	COORDENADAS	
				ESTE	NORTE
QMana1	Quebrada Manantay, puerto ex papelera - distrito de Manantay			550340	9068923
QMana2	Quebrada Manantay, punto intermedio dentro del casco urbano de la ciudad de Pucallpa.			550710	9070496
QMana3	Quebrada Manantay, poco antes de su desembocadura en el río Ucayali.			551884	9071372
QYuma1	Quebrada Yumantay, parque natural (carretera Federico Basadre km 3)	Coronel Portillo	Ucayali	548565	9072000
QYuma2	Quebrada Yumantay poco antes de la desembocadura del río Ucayali			551735	9072001
QPaca1	Quebrada Pacacocha, poco antes de su desembocadura en la laguna de Yarinacocha. Carretera Restinga			547146	9076845
QPaca2	200 m aguas arriba de la quebrada Pacacocha			548006	9078572

Fuente: Informe de resultados de los parámetros de campo del monitoreo de la calidad del agua superficial en la cuenca río Ucayali parte baja, época de estiaje (2020), ALA Pucallpa.

Anexo 7: Ubicación de puntos de monitoreo en las quebradas Manantay, Yumantay y Pacacocha



LEYENDA

- PUNTOS DE MONITOREO
- PUNTOS DE VERTIMIENTO
- RED HIDROGRÁFICA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

MAPA DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO, PUCALLPA, UCAYALI

SISTEMA DE COORDENADAS UTM DATUM WGS 84 ZONA 18L

ELABORADO POR: Bach. Orlando Lopez Ramirez	Fecha DICIEMBRE 2020	N° DE MAPA
ASESOR: Mg. Ing. Freddy Pilpa Aliaga	Escala 1:40,000	04

Anexo 8: Panel fotográfico



Foto 1: Toma de coordenadas de la quebrada



Foto 2: Vista de la quebrada Pacacocho



Foto 3: Toma de coordenadas del punto de medición en la quebrada Pacacocho



Foto 4: Toma de coordenadas del punto de vertimiento



Foto 5: Medición del ancho de la quebrada



Foto 6: Aforo de la sección transversal de la quebrada Pacacochoa



Foto 7: Vista del cauce de la quebrada Manantay



Foto 8: Configuración del equipo Mainstream



Foto 9: Medición de parámetros hidráulicos del cauce de la quebrada



Foto 10: Medición de parámetros hidráulicos en la parte media de la quebrada Manantay



Foto 11: Toma de coordenadas del punto de medición en la quebrada Yumantay



Foto 12: Medición de parámetros hidráulicos en la quebrada Yumantay



Foto 13: Vista del cauce de la quebrada Yumantay



Foto 14: Residuos que traen consigo los vertimientos

