



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis

Diseño de defensa ribereña margen derecha río Mishquiyacu para protección frente a inundaciones en la Localidad de Tres Unidos

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

María Yamile Bautista Alcantara

<https://orcid.org/0000-0002-8321-8085>

Asesor:

Ing. Dr. José del Carmen Pizarro Baldera

<https://orcid.org/0000-0002-9321-1370>

TOMO I

Tarapoto, Perú

2024



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis


**Diseño de defensa ribereña margen derecha río
Mishquiyacu para protección frente a
inundaciones en la Localidad de Tres Unidos**

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

María Yamile Bautista Alcantara


Sustentado y aprobado el 22 de agosto del 2024 por los siguientes jurados:



Presidente de Jurado
Ing. M. Sc. Gilberto Aliaga Atalaya



Secretario de Jurado
Ing. M. Sc. Carlos Segundo Huamán
Torrejón



Vocal de Jurado
Ing. M. Sc. Carlos Enrique Chung
Rojas



Asesor
Ing. Dr. José del Carmen Pizarro
Baldera

Tarapoto, Perú
2024



UNIVERSIDAD NACIONAL
DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE
INGENIERÍA CIVIL
Y ARQUITECTURA



Acta de Sustentación de Trabajo de Investigación Para Título de Ingeniero Civil Nº 004-2

Jurado reconocido con Resolución Nº 301-2023-UNSM/FICA-CFAU

Facultad: Ingeniería Civil y Arquitectura

Escuela profesional: Ingeniería Civil



A las 11:00 horas del día Jueves 22 de Agosto del 2024
inició al acto público de sustentación del trabajo de investigación:

“DISEÑO DE DEFENSA RIBEREÑA MARGEN DERECHA RIO MISHQUIYACU PARA PROTECCIÓN FRENTE A INUNDACIONES EN LA LOCALIDAD DE TRES UNIDOS” para optar el título de Ingeniero Civil, presentado por la bachiller: **MARÍA YAMILE BAUTISTA ALCANTARA**, Con asesoría del Ing. Dr. José del Carmen Pizarro Baldera, Instalada la Mesa Directiva conformada por: Ing. M. Sc. Gilberto Aliaga Atalaya (presidente del jurado), Ing. M. Sc. Carlos Segundo Huamán Torrejón (secretario), Ing. M. Sc. Carlos Enrique Chung Rojas (vocal), y acompañados por: Ing. Dr. José del Carmen Pizarro Baldera (asesor); el presidente del jurado dirigió brevemente unas palabras y a continuación el secretario dio lectura a la Circular Nº 023-2024-UNSM/FICA.

Seguidamente el autor expuso el trabajo de investigación y el jurado realizó las preguntas pertinentes, respondidas por el sustentante y eventualmente, con la venia del jurado, por el asesor.

Una vez terminada la ronda de preguntas el jurado procedió a deliberar para determinar la calificación final, para lo cual dispuso un receso de quince (15) minutos, con participación del asesor con voz pero sin voto; sin la presencia del sustentante y otros participantes del acto público.

Luego de aplicar los criterios de calificación con estricta observancia del principio de objetividad y de acuerdo con los puntajes en escala vigesimal (de 0 a 20), según el Anexo 4.2 del RG – CTI, la nota de sustentación otorgada resultante del promedio aritmético de los calificativos emitidos por cada uno de los miembros del jurado fue Diecisiete (17); tal como se deja constar en la siguiente descripción:



UNIVERSIDAD NACIONAL
DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE
INGENIERÍA CIVIL
Y ARQUITECTURA



correspondiente a la calificación de *Diecisiete (17)*. Leído este resultado en presencia de todos los participantes del acto de sustentación, el secretario dio lectura a las observaciones subsanables al informe final que el autor deberá corregir y alcanzar al jurado en un plazo de treinta (30) días calendario.

Se deja constancia que la presente acta se inscribe en el Libro de Sustentaciones N° *004-2* De *la Escuela Profesional de Ingeniería Civil*


Firman los integrantes de la Mesa Directiva y el autor del trabajo de investigación en señal de conformidad, dando por concluido el acto a las *12:15* horas, el mismo día de *Jueves 22 de Agosto* del 20 *24*


Ing. M. Sc. Carlos Segundo
Huaman Torrejón
Secretario del Jurado


Ing. M. Sc. Gilberto
Aliaga Atalaya
Presidente de Jurado


Ing. M. Sc. Carlos
Enrique Chung Rojas
Vocal de Jurado


Bach. María Yamile Bautista
Alcantara
Autor


Ing. Dr. José del
Carmen Pizarro Baldera
Asesor de Jurado

Declaratoria de autenticidad

María Yamile Bautista Alcantara, con DNI N° 74938816, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín, autor de la tesis titulada: **Diseño de defensa ribereña margen derecha río Mishquiyacu para protección frente a inundaciones en la localidad de Tres Unidos.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido plagiada.
4. Los datos presentados son resultados reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Tarapoto, 22 de agosto del 2024.



María Yamile Bautista Alcantara

DNI: 74938816

Ficha de identificación

<p>Título del proyecto: Diseño de defensa ribereña margen derecha río Mishquiyacu para protección frente a inundaciones en la localidad de Tres Unidos.</p>	<p>Área de investigación: Hidráulica. Línea de investigación: Estrategias de tecnologías de información y comunicación (TIC) y sistemas constructivos convencionales y no convencionales para el desarrollo sostenible. Sublínea de investigación: Infraestructura hidráulica con fines socio-productivos. Grupo de investigación: Resolución N° 137-2023-UNSM/FICA-D-NLU Tipo de investigación: Básica <input type="checkbox"/>, Aplicada <input checked="" type="checkbox"/>, Desarrollo <input type="checkbox"/>, experimental <input type="checkbox"/></p>
<p>Autores: María Yamile Bautista Alcantara</p>	<p>Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil https://orcid.org/0000-0002-8321-8085</p>
<p>Asesor: Ing. Dr. José del Carmen Pizarro Baldera</p>	<p>Dependencia local de soporte: Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil Unidad o Laboratorio Ingeniería Civil https://orcid.org/0000-0002-9321-1370</p>

Dedicatoria

A mis padres, Marcela Alcantara Ruiz y Domel Bautista Cubas por su apoyo incondicional, por motivarme siempre en las buenas y en las malas, por enseñarme a afrontar las dificultades sin perder nunca la cabeza ni morir en el intento, por creer y confiar en mí; que me han convertido en la persona que hoy soy; los valores mis principios, mi perseverancia y empeño.

También quiero dedicarles a mis hermanos; Richard, Roicer, Blanca Yaneli y Tatiana; por su guía y su apoyo; que de una y otra manera ayudaron en poder cumplir este importante avance en mi carrera profesional

A mis abuelitos Luz Florentina y Víctor, a mis sobrinos; Stefano, Bianca Patrick y Alessia, por ser mi motivación a que nunca deba rendirme, y a toda mi familia que se sumaron para cumplir una de mis mayores metas.

Agradecimiento

Expreso mi gratitud primeramente al Ser Supremo por concederme vida, salud y guía, proporcionándome la fuerza necesaria para perseverar. Reconozco que mi situación actual y mi identidad son fruto de Sus bendiciones constantes.

Extiendo mi agradecimiento a mi núcleo familiar, con especial énfasis en mis progenitores, cuyo respaldo inquebrantable ha sido fundamental en la consecución de mis aspiraciones académicas y personales. Su afecto y cariño han sido el motor que me ha impulsado a perseguir mis metas sin desfallecer ante los obstáculos. Su apoyo, tanto emocional como material y económico, me permitió enfocarme en mis estudios sin interrupciones.

Manifiesto un reconocimiento particular al Dr. Ing. José del Carmen Pizarro Baldera, cuya orientación, paciencia, dedicación y sabiduría fueron invaluableles durante este proceso. Asimismo, agradezco a mi amiga más cercana, Patty Delgado Núñez, por su apoyo incondicional.

Para concluir, expreso mi gratitud hacia la Universidad Nacional de San Martín, en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil. Agradezco a cada miembro por su gestión y a los docentes por impartir conocimientos que resultaron cruciales en el desarrollo de este proyecto.

Índice general

Ficha de identificación.....	6
Dedicatoria	7
Agradecimiento	8
Índice general.....	9
Índice de tablas	11
Índice de figuras.....	13
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN	16
1.1. Marco General del problema	16
1.2. Formulación del problema de investigación.....	16
1.3. Hipótesis de la Investigación	17
1.4. Objetivos	17
1.4.1. Objetivo general.....	17
1.4.2. Objetivos específicos.....	17
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes de la investigación	18
2.2. Fundamentos Teóricos	22
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1. Ámbito y condiciones de la investigación.....	30
3.1.1. Ubicación política.....	30
3.1.2. Ubicación geográfica	30
3.1.3. Periodo de Ejecución.....	31
3.1.4. Autorizaciones y permisos	31
3.1.5. Control ambiental y protocolos de bioseguridad.....	31
3.1.6. Aplicación de principios éticos internacionales.....	31
3.2. Sistemas de variables.....	32
3.2.1. Variables principales	32
3.2.2. Variables secundarias	32
3.3. Procedimientos de investigación	32
3.3.1. Objetivo específico 1	32
3.3.2. Objetivo específico 2	33

3.3.3. Objetivo específico 3	49
3.3.4. Objetivo específico 4	53
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
4.1. Resultado del objetivo específico 1	55
4.2. Resultado del objetivo específico 2	55
4.3. Resultado del objetivo específico 3.....	57
4.4. Resultado del objetivo específico 4.....	58
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
ANEXOS.....	75

Índice de tablas

Tabla 1	Valores en función de n, desviación y valor medio	28
Tabla 2	Valores de k en función de retorno y del coeficiente de asimetría	29
Tabla 3	Descripción de variables por objetivo específico	32
Tabla 4	Obtención de resultados de estudio hidrológico	34
Tabla 5	Precipitación total anual - Estación Sauce	35
Tabla 6	Precipitación máxima en 24 hrs anual - Estación Sauce.....	37
Tabla 7	Características fisiográficas.....	38
Tabla 8	Precipitación máxima en 24 horas para el cálculo de caudales	39
Tabla 9	Distribución porcentual de la Pmax hr para diferentes Tr.....	39
Tabla 10	Valores de Ei para diferentes Tr.....	40
Tabla 11	Precipitación total anual - Estación Sauce.....	41
Tabla 12	Niveles de intervención.....	41
Tabla 13	Coefficientes adimensionales de escala	42
Tabla 14	Parámetros de la cuenca.....	43
Tabla 15	Caudales máximos para diferentes Tr, método de Creager.....	43
Tabla 16	Perfil de la sección hidráulica SH	44
Tabla 17	Datos técnicos de la sección	45
Tabla 18	Cálculo del valor del coeficiente n.....	46
Tabla 19	Valores de caudales máximos calculados por diferentes métodos.....	48
Tabla 20	Características de suelo - calicata N° 01	49
Tabla 21	Características del suelo - calicata N ^a 02.....	49
Tabla 22	Características del suelo - calicata N ^a 03.....	50
Tabla 23	Características del suelo - calicata N ^a 04.....	50
Tabla 24	Características del suelo - calicata N ^a 05.....	51
Tabla 25	Características del suelo - calicata N ^a 06.....	51
Tabla 26	Características del suelo - calicata N ^a 07.....	52
Tabla 27	Características del suelo - calicata N ^a 08.....	52
Tabla 28	Características del suelo - trinchera N ^a 01.....	53
Tabla 29	Características del suelo - trinchera N ^a 02.....	53
Tabla 30	Características del suelo - trinchera N ^a 03.....	53
Tabla 31	Estudio hidráulica fluvial	54
Tabla 32	Relación de hitos y BMs	55

Tabla 33	Parámetros geomorfológicos - cuenca río Mishquiyacu.....	56
Tabla 34	Parámetros geomorfológicos hasta el punto de interés	57
Tabla 35	Ensayos de mecánica de suelos	57
Tabla 36	Cálculo de la pendiente del cauce río Mishquiyacu.....	58
Tabla 37	Cálculo del coeficiente de rugosidad según Cowan	59
Tabla 38	Cálculo del valor n - cauce río Mishquiyacu.....	60
Tabla 39	Perfil hidráulico del río Mishquiyacu.....	62
Tabla 40	Valores del NAME para la avenida de diseño.....	62
Tabla 41	Cálculo de la gradiente hidráulica en el tramo de interés.....	62
Tabla 42	Simulación del NAME para la avenida de diseño	63
Tabla 43	Ancho estable del cauce río Mishquiyacu.....	66
Tabla 44	Ancho medio del cauce natural	68
Tabla 45	Profundidad de socavación total	69

Índice de figuras

Figura 1 Gavión tipo caja	23
Figura 2 Gavión saco	23
Figura 3 Gavión tipo colchón	24
Figura 4 Proceso de construcción de dique longitudinal	25
Figura 5 Ciclo hidrológico	26
Figura 6 Ciclo hidrológico a nivel de cuenca	26
Figura 7 Ubicación del proyecto en el país, región y provincia.....	30
Figura 8 Área de influencia del estudio topográfico	33
Figura 9 Cuenca del río Mishquiyacu	34
Figura 10 Mapa de la regionalización de avenidas del Perú	42
Figura 11 Ubicación de sección SH en el río Mishquiyacu.....	44
Figura 12 Sección hidráulica SH río Mishquiyacu.....	44
Figura 13 Cálculo del tirante de agua-sección km 000+00.....	61
Figura 14 Cálculo del tirante mediante HCanales.....	68

RESUMEN

Diseño de defensa ribereña margen derecha río Mishqiyacu para protección frente a inundaciones en la Localidad de Tres Unidos

La localidad de Tres Unidos, situada en el distrito homónimo de la Provincia de Picota, Región San Martín, ha experimentado inundaciones recurrentes en la margen derecha del río Mishqiyacu. Estas crecidas han afectado tanto la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) como el área urbana. Para contrarrestar estos efectos adversos, se propuso la construcción de una defensa ribereña. El estudio involucró la recopilación y análisis de datos existentes en cuatro áreas clave: topografía, hidrología, mecánica de suelos e hidráulica fluvial. Se emplearon técnicas específicas como el Número de Curva N y el Método de Creager para calcular diversos parámetros cruciales como el caudal de diseño, tirante de máxima avenida, rugosidad del cauce, pendiente media del cauce, velocidad del flujo y profundidad de socavación. En la etapa de gabinete, se llevó a cabo el dimensionamiento hidráulico y estructural de la defensa ribereña, que incluyó la vista en planta, el perfil longitudinal del río, las secciones transversales. El diseño final consiste en un muro de encauzamiento con las siguientes características: Longitud de 2,250 metros, Altura Variable entre 5 y 7 metros y Composición a base de Gaviones rellenos con piedra de río. Este muro tiene un doble propósito: Prevenir la erosión de los taludes y evitar inundaciones en la zona urbana de Tres Unidos.

Palabras Clave: erosión, diseño hidráulico, diseño estructural, muro de encauzamiento, hidrología.

ABSTRACT

Design of riparian defense on the right bank of the Mishquiyacu River for flood protection in the town of Tres Unidos

The village of Tres Unidos, located in the district of the same name in the Province of Picota, San Martin Region, has experienced recurrent flooding on the right bank of the Mishquiyacu River. These floods have affected both the wastewater treatment plant (WWTP) and the urban area. To counteract these adverse effects, the construction of a riparian defense was proposed. The study involved the collection and analysis of existing data in four key areas: topography, hydrology, soil mechanics and river hydraulics. Specific techniques such as Curve Number N and Creager's Method were used to calculate various crucial parameters such as design flow, maximum flood flow, channel roughness, average channel slope, flow velocity and scour depth. In the cabinet stage, the hydraulic and structural dimensioning of the riverbank defense was carried out, which included the plan view, the longitudinal profile of the river, and the cross sections. The final design consists of a channeling wall with the following characteristics: Length of 2,250 meters, Variable height between 5 and 7 meters and Composition based on gabions filled with river stone. This wall has a double purpose: To prevent slope erosion and to avoid flooding in the urban area of Tres Unidos.

Keywords: erosion, hydraulic design, structural design, channel wall, hydrology.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

1.1. Marco General del problema

En el Perú, particularmente en la zona de ceja de selva, el calentamiento global ha desencadenado cambios climáticos significativos afectando también a la Región San Martín. Estos cambios afectan directamente las cuencas, subcuencas y microcuencas que forman parte de la red hidrográfica de la vertiente del Amazonas. La cuenca amazónica, con su vasta red de ríos, incluye el afluente Huallaga y sus numerosos tributarios, como el afluente Mishquiyacu.

El río Mishquiyacu, con una longitud de 46.97 km y una altitud que varía entre 1,242.00 y 200.00 m.s.n.m., fluye hasta su confluencia con la quebrada Umazapa. A lo largo de su recorrido, el río atraviesa cauces estrechos y rocosos, lo que, junto con las condiciones cambiantes del clima, ha llevado a una creciente erosión del lecho y los taludes. Estos fenómenos causan desplazamientos significativos que afectan las zonas urbanas ribereñas, como Tres Unidos, incrementando la vulnerabilidad de la región a inundaciones.

Las inundaciones recurrentes, exacerbadas por el aumento del caudal del río Mishquiyacu, han impactado áreas cruciales como la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y otras infraestructuras urbanas. Las avenidas extremas de agua registradas en años recientes subrayan la necesidad urgente de medidas de mitigación.

Este trabajo se enfoca en el diseño hidráulico y estructural de una defensa ribereña para controlar la erosión e inundación en Tres Unidos. Incluye estudios topográficos para comprender la configuración del cauce, estudios hidrológicos para calcular parámetros esenciales, estudios de mecánica de suelos y granulometría para definir la cimentación, y estudios de hidráulica fluvial para el planteamiento del diseño. El objetivo es implementar una solución integral que controle la erosión y las inundaciones, protegiendo a la comunidad y sus infraestructuras.

1.2. Formulación del problema de investigación

¿El diseño hidráulico y estructural de la defensa ribereña constituye una alternativa técnica para solucionar problemas frente a inundaciones ocasionados por las aguas del río Mishquiyacu, que periódicamente afectan a la localidad de Tres Unidos?

1.3. Hipótesis de la Investigación

El diseño hidráulico y estructural de la defensa ribereña constituye una alternativa técnica para solucionar problemas frente a inundaciones ocasionados por las aguas del río Mishquiyacu, que periódicamente afectan a la localidad de Tres Unidos.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Elaborar el diseño hidráulico y estructural de la defensa ribereña para solucionar problemas frente a inundaciones ocasionados por las aguas del río Mishquiyacu, que periódicamente afectan a la localidad de Tres Unidos, Provincia de Picota, región de San Martín.

1.4.2. Objetivos específicos

- Desarrollar el Estudio Topográfico para conocer la configuración del cauce del río Mishquiyacu y el área urbana ribereña en la localidad de Tres Unidos.
- Elaborar el Estudio Hidrológico, que nos permita calcular el valor de los parámetros hidrológicos a ser empleados en el dimensionamiento de los componentes estructurales de la defensa ribereña.
- Realizar el Estudio de Mecánica de suelos (Granulometría) que nos permita calcular el valor de los parámetros necesarios para definir la cimentación y transmisión de los efectos de la carga de la estructura al suelo.
- Realizar el Estudio de Hidráulica Fluvial que permita definir el planteamiento hidráulico del diseño de la defensa ribereña para controlar la erosión e inundación causada por el río Mishquiyacu en la localidad de Tres Unidos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Antecedentes Internacionales

Díaz & Ibarra (2020), en su investigación de grado denominado, “Estudio de amenaza de inundación del río Culagá, sector Puente pr2 en la vía Toledo- Labateca, departamento Norte de Santander”. La investigación abarcó un tramo de 500 metros, tanto río arriba como río abajo del puente. Utilizando herramientas informáticas de gestión de Información Geográfica (SIG), se logró delimitar las zonas propensas a inundaciones y analizar los caudales característicos para distintos períodos de retorno. Esta metodología basada en SIG permitió una identificación visual clara de las áreas susceptibles a inundaciones y una evaluación detallada de la unidad hidráulica del viaducto actual. Para este último análisis, se empleó el software especializado HECRAS. La modelación hidrológica de la cuenca, basada en un modelo lluvia-escorrentía implementado en HECHMS y el uso de tormentas de diseño derivadas de curvas IDF, permitió estimar los caudales máximos con precisión. La información obtenida del estudio revela datos fundamentales sobre el comportamiento del caudal en el río Culagá. Estos hallazgos son de vital importancia para tres aspectos clave de la gestión hídrica: El manejo adecuado de la cuenca, la planificación estratégica de recursos hídricos y la administración eficiente del sistema fluvial. Estos resultados proporcionan un antecedente consistente para la toma de decisiones informadas en relación con el río Culagá y su cuenca hidrográfica. Este estudio no solo es beneficioso para la continuación de investigaciones similares, sino también para la implementación de nuevos proyectos que puedan beneficiar a la población local.

Rodriguez & Velasco (2019), en su investigación “Obras de Infraestructura para el control de inundaciones”, menciona que las inundaciones, caracterizadas por el acopio estacional de agua externamente de las ramblas y espacios de reserva de agua de los puntos de vaciado, se producen cuando “el aforo de conservación e infiltración del suelo y la capacidad de transporte de los canales se ven superadas; a lo largo de la historia, estas inundaciones han jugado un papel crucial en el desarrollo de civilizaciones”, al enriquecer los suelos agrícolas con nutrientes y facilitar la movilidad y navegación. Esta investigación expone soluciones implementadas en países como Holanda, México, Perú y Colombia para enfrentar las inundaciones. En particular, se analizan las medidas adoptadas en Colombia tras las inundaciones de 2010 y se destaca la importancia del

Proyecto de Jarillón del Río Cauca para prevenir futuras inundaciones en áreas críticas como Dolores y Cali. A pesar de las medidas correctivas tomadas, es fundamental que Colombia avance en proyectos de prevención, especialmente en zonas industriales como Palmira, donde muchas fábricas corren el riesgo de pérdida total. Declarar estas áreas como zonas de riesgo no mitigable ha reducido su valor comercial a cero. Es esencial aplicar los conocimientos adquiridos en obras anteriores y realizar un seguimiento minucioso del proceso constructivo para evitar catástrofes que conlleven pérdidas económicas y humanas.

Antecedentes Nacionales

Ccorimanya (2018), en su investigación denominado: “Diseño de defensas ribereñas en el río Chili, para el tramo comprendido entre el poblado de Chusicani y Arancota, distrito de Sachaca, en una longitud de 1.3 km. Arequipa”, establece que el diseño de protecciones ribereñas es fundamental para el soporte y cuidado de habitantes y sus predios en zonas vulnerables al desborde del cauce. La construcción de muros perimetrales, conocidos como diques, es una solución eficaz en áreas donde la profundidad mínima del río varía entre 0.30 m y 1.20 m. Estos diques, construidos con material local como grava, tienen una elevación media de 3.5 m y un talud adecuado de 1V:2H que garantiza su estabilidad. Para mejorar la eficacia de estas estructuras, “se incorporó un filtro que evite el ingreso de agua y una capa de enrocado que las proteja de la erosión causada por el material de arrastre durante eventos extremos”. Además, el incremento y recuperación de franjas de vegetación son esenciales para regular los caudales, mejorar la infiltración del agua en el terreno, retener sedimentos y disminuir la velocidad del agua, reduciendo así la erosión. Estas medidas integrales no solo protegen la infraestructura y la población, sino que también promueven la sostenibilidad ambiental en las áreas ribereñas.

Echegaray & Quiroz (2022), en su investigación de grado denominado: “Diseño hidráulico y estructural de la defensa ribereña del río Reque en el Sector Eten. Monsefú, Lambayeque”, establece que, para proteger el río de desbordes e inundaciones, se han planteado defensas necesarias basadas en los conocimientos técnicos y metodologías más actuales. El análisis hidrológico y la delineación de defensas emplearon programas avanzados de libre distribución, como HEC, HMS, CIVIL3D y HEC-RAS, complementados con estudios de campo detallados. El modelado hidrológico basado en HEC-HMS aplicó métodos especializados, como el Número de la curva de la “Sociedad Conservadora de Suelos” y el “hidrograma sintético de Sneider”, para calcular el caudal de diseño. La observación estadística de los caudales, considerando una

etapa de retorno, permitió ajustar el diseño a un caudal final de 1615.57 m³/s. Además, HEC-GEORAS facilitó la simulación de inundaciones, identificando “zonas vulnerables y proporcionando datos clave como cotas de lámina de agua, pendiente de la línea de energía y velocidad del flujo”. La solución propuesta incluye “la cimentación de muelles con material de la litera del río, con un talud de 1V:2.5H, y alturas promedio de 5.15 m en el margen derecho y 4.45 m en el margen izquierdo”. Estos diques estarán protegidos con un tamiz y revestidos con un manto de enrocado. Adicionalmente, se instalarán tres espigones en la curva más pronunciada para reforzar la defensa. Estas medidas integrales buscan garantizar la protección efectiva del río Reque y minimizar el riesgo de inundaciones en la región.

Antecedentes Locales

Lozano & Lozada (2019), en su pesquisa titulada: “Instalación de un sistema de defensa ribereña ante la vulnerabilidad que genera las inundaciones en la margen derecha del río Yuracyacu”, los resultados consideran que la propuesta de implementación de una protección ribereña se ha fundamentado en estudios de ingeniería exhaustivos y un análisis hidráulico minucioso. Los hallazgos de estas investigaciones fueron cruciales para calcular el caudal de diseño óptimo, determinar las dimensiones apropiadas del procedimiento y verificar la persistencia de la estructura propuesta. La solución elegida consiste en la edificación de un muelle de tierra compactada. Este dique se situará próximo y casi paralelo al curso del río Yuracyacu. La meta de esta estructura es reducir el impacto de las inundaciones que afectan a la población local. Este sistema de defensa ribereña tiene como objetivo reducir la vulnerabilidad de la localidad frente a las inundaciones, protegiendo así la margen derecha del río Yuracyacu y previniendo los problemas similares observados en el río Mishquiyacu. La ejecución de esta obra proporcionará una solución efectiva para proteger a la población local y minimizar los riesgos asociados con las inundaciones.

Tenazoa (2018), en su investigación “Propuestas de diseño de defensa ribereña en la localidad de Machungo, margen derecha del río Huallaga, Distrito de Alberto Leveaú, Provincia de San Martín, Tarapoto”, llegó a la conclusión que el diseño propuesto para la protección litoral del río Huallaga se basa en “un caudal de diseño de $Q_{max} = 13,126.41$ m³/seg, calculado por una temporada de retorno de 70 años; la pendiente media del cauce en el tramo de interés es de 0.000919 m/m, y el ancho estable del río en esta sección es de 323.87 m, lo que sugiere que el cauce aún no ha alcanzado completa estabilidad”. Los repliegues del cauce, determinada mediante el método de Cowan, es de 0.035. El tiempo de duración útil estimado para las formulaciones de

diseño es de veinte años, con un peligro de error del 25%. En cuanto al tirante de diseño, calculado con el Software HCanales, es de 11.00 m. Estas cifras son esenciales para asegurar que las defensas ribereñas sean adecuadas para manejar los caudales esperados y proteger eficazmente la zona contra las inundaciones, teniendo en cuenta las condiciones actuales del cauce y los riesgos asociados.

Roldán & Chávez (2021), en su tesis de investigación “Diseño de obras de protección para mitigar la vulnerabilidad por inundaciones del río Caynarachi en la ribera del puerto del Distrito de Barranquita, Provincia de Lamas”, obtuvieron como conclusión que, para reducir el riesgo de inundaciones, se ha determinado que una solución factible es la implementación de obras de protección. Específicamente, se ha concluido que la construcción de espigones sería una estrategia efectiva para mitigar la vulnerabilidad de esta área ribereña frente a las crecidas del río. Los espigones, como estructuras que se extienden desde la orilla hacia el cauce del río, pueden ayudar a controlar el flujo del agua y proteger las zonas aledañas de la erosión y las inundaciones. “Estos espigones tendrán una longitud de 670.00 m y dimensiones de 48.27 m x 10.0 m (ancho medio)”. La viabilidad del diseño se ve respaldada por un análisis exhaustivo de factores topográficos, hidrológicos, geológicos y climáticos que afectan la región. La implementación de esta infraestructura permitirá abordar eficazmente los riesgos asociados con las inundaciones y mejorar la seguridad de la ribera del río, reduciendo la vulnerabilidad de la zona frente a eventos extremos.

Loyola (2019), en su pesquisa denominada “Evaluación del riesgo por inundación en la quebrada del cauce del río Grande, tramos desde el puente Condopata hasta el puente Cumbicus de la ciudad de Huamachuco, Provincia de Sánchez Carrión-La Libertad”, El análisis concluyó que para proteger el cauce del río Grande se han diseñado estrategias tanto estructurales como no estructurales. Estas propuestas tienen un doble propósito: prevenir futuros problemas y cumplir con la legislación actual. El objetivo final es establecer un sistema de protección y estabilización duradero. La investigación detallada ha puesto de manifiesto un alto nivel de riesgo, atribuido principalmente a dos factores identificados en estudios anteriores: el impacto del cambio climático, el incremento demográfico en la franja. Para contrarrestar a este escenario de alto riesgo, se considera crucial implementar medidas eficaces contra las inundaciones. La estrategia recomendada combina soluciones estructurales (obras físicas de ingeniería) y soluciones no estructurales (como planes de evacuación, zonificación, etc.).

2.2. Fundamentos Teóricos

Defensa Ribereña

Estas construcciones tienen como objetivo resguardar las zonas cercanas a los cauces fluviales. Su función es contrarrestar la erosión y los desbordamientos en las orillas, fenómenos causados por el flujo acelerado del agua. Este movimiento rápido tiende a arrastrar los materiales de la ribera y provoca socavación. Tales efectos se intensifican durante las temporadas lluviosas, especialmente en invierno, cuando las precipitaciones son más abundantes. Como consecuencia, estos factores pueden comprometer la estabilidad tanto de los taludes como de las plataformas viales adyacentes (Galanton, 2007, pág. 25).

Tipos de Defensas Ribereñas

Los sistemas de protección ribereña se clasifican en dos categorías principales: estructuras paralelas al cauce y estructuras perpendiculares al mismo.

Las estructuras paralelas al cauce se emplean principalmente para:

Establecer límites del río y optimizar el uso de terrenos adyacentes.

Salvaguardar las riberas de inundaciones y desgaste.

Recuperar áreas ribereñas.

Estas estructuras deben diseñarse para minimizar su impacto ambiental e integrarse armoniosamente con el entorno. Soluciones como las propuestas por Maccaferri - entre ellas gaviones tipo caja y saco, colchones Reno, sistemas Terramesh® estándar y verde, así como geomantas - responden eficazmente a los requerimientos técnicos, constructivos y económicos de estos proyectos. Por otro lado, las estructuras perpendiculares al cauce se implementan con el propósito de:

Ajustar o modificar la pendiente del río.

Regular el movimiento de sedimentos.

Crear reservorios o amortiguar crecidas.

Facilitar la construcción de obras de captación de agua.

Obras Longitudinales

a. Gaviones tipo Caja

Esta variante de gavión es la más común y solicitada. Se le conoce también como gavión de forma rectangular. Se puede describir como un recipiente prismático, construido a

partir de una caja con forma de paralelepípedo. Esta caja se fabrica utilizando diversos tipos de mallas o materiales (Ogando, 2015, pág. 15).

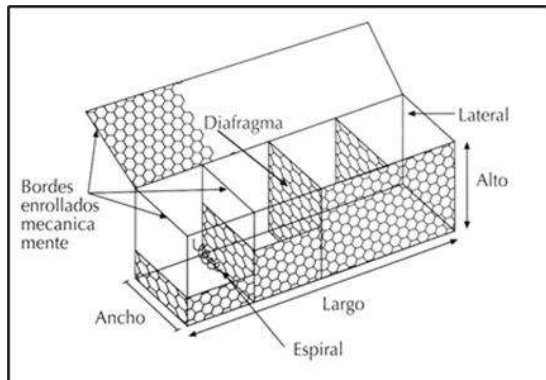


Figura 1

Gavión tipo caja

Fuente: Parque Grama, 2017

b. Gavión Saco

Este tipo de gavión también se conoce como tubular, cilíndrico o “salchicha”. Consiste en sacos cilíndricos rellenos de piedra, fabricados con red de alambrado recubierto. Aunque la materia prima es parecida a los usados en gaviones caja o colchonetas, su forma y método de llenado son distintos. El relleno puede introducirse por una esquina o, por un lado. Un operario se encarga de este proceso, dando forma al gavión para que mantenga su estructura cilíndrica característica (Bianchini, 1934).

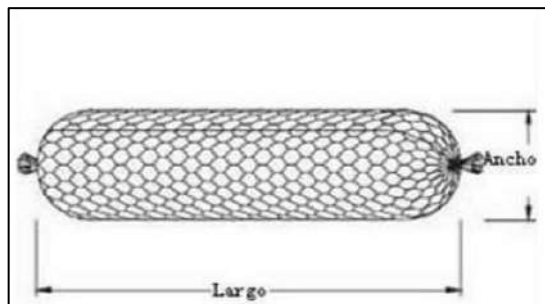


Figura 2

Gavión saco

Fuente: gabionmes.com/sack-gabions

c. Gavión tipo Colchón

Este tipo de gavión se denomina comúnmente gavión de recubrimiento o colchoneta Reno. Según la norma UNE 36730:2006, se define como una estructura prismática caracterizada por su baja altura en comparación con sus dimensiones laterales. Su forma se asemeja a un colchón y está construida como un paralelepípedo.

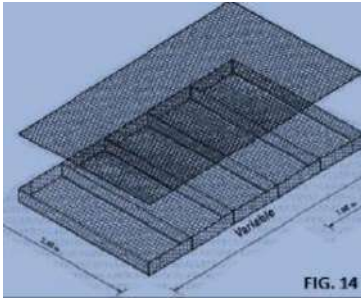


Figura 3

Gavión tipo colchón

Fuente: Gaviones y mallas Procisa R.D.

Inundación

Se trata de un fenómeno causado por precipitaciones intensas (ya sea lluvia, nieve o granizo extremo), oleaje fuerte, mareas de tormenta, o el fallo de estructuras hidráulicas. Este evento provoca una elevación del nivel del agua en ríos o mares, lo que resulta en la presencia de agua en áreas normalmente secas. Como consecuencia, suelen producirse perjuicios que afectan a la población, los cultivos, el ganado y las infraestructuras (Durazo, 2012, pág. 4).

Tipo de inundaciones

a. Inundaciones pluviales

Estas situaciones ocurren como resultado de las precipitaciones. Se producen cuando el suelo alcanza su punto de saturación y el agua adicional no puede ser absorbida, comenzando a acumularse en la superficie. Este exceso de agua puede permanecer estancado durante horas o incluso días. El agua acumulada solo desaparece mediante evaporación o cuando el terreno recupera su capacidad de absorción (Durazo, 2012, pág. 10).

b. Inundaciones fluviales

Este fenómeno ocurre cuando el agua desbordada de los ríos se extiende sobre las áreas terrestres adyacentes. La cantidad de agua se cuantifica en milímetros durante un intervalo específico, lo que se conoce como intensidad. Un factor crucial en este proceso es la duración de la precipitación (Durazo, 2012, pág. 10).

Obras de Protección contra Inundaciones

Estas intervenciones implican la creación de estructuras que interactúan de manera directa con el agua pluvial o fluvial. Su propósito es obstaculizar el flujo, contenerlo, dirigirlo por canales específicos, almacenarlo o alterar su velocidad de desplazamiento y volumen. Estas obras buscan controlar y manejar el agua para prevenir o mitigar los efectos de las inundaciones (Maza, 2013, pág. 14).

Diques Longitudinales

Estas construcciones son barreras hechas de tierra comprimida diseñadas para contener el agua. Su elevación se determina según los niveles de inundación previstos, basados en los caudales de diseño. Se construyen paralelamente al curso del río con el objetivo de retener el agua cuando el cauce principal se desborda. Estos diques se sitúan fuera del cauce principal e incluso más allá de la zona de inundación habitual. Típicamente, se ubican a una distancia de entre 500 y 1000 metros de la orilla del río (Searpi, 2012).



Figura 4

Proceso de construcción de dique longitudinal

Fuente: Searpi, 2019

Estudios Básicos de Ingeniería

La topografía. Es la disciplina que se dedica a investigar y desarrollar técnicas para representar en un plano bidimensional una porción de la superficie de la Tierra, incluyendo todos sus elementos. Esta ciencia abarca también el diseño, comprensión y uso de los instrumentos necesarios para llevar a cabo estas representaciones (García, 1994).

La mecánica de suelos. Esta rama de la ingeniería combina principios de mecánica e hidráulica para abordar problemas relacionados con sedimentaciones y otros depósitos no consolidados de materiales sólidos. Estos materiales son el resultado de la degradación mecánica o química de las rocas, pudiendo contener o no materia orgánica. Karl Von Terzaghi estableció esta disciplina en 1925. Antes de iniciar cualquier proyecto de construcción, es esencial realizar un análisis detallado del suelo. Este análisis tiene como objetivo identificar las particularidades del terreno y determinar cómo aprovecharlas óptimamente para el propósito deseado (Juárez, 1925, pág. 29).

Teorías de Hidrología e Hidráulica Fluvial:

La hidrología. En el contexto de la ingeniería, la hidrología se concentra en los aspectos cuantificables que son relevantes para la organización, el esbozo y el desarrollo de

proyectos de ingeniería y campos relacionados. Su objetivo principal es el aprovechamiento y regulación de los recursos hídricos.

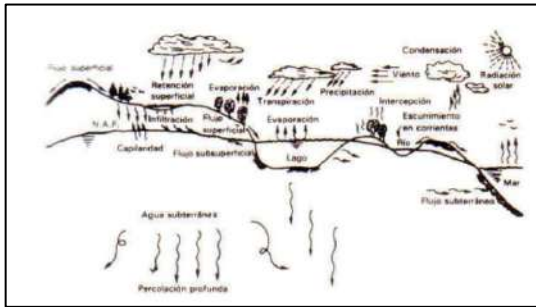


Figura 5

Ciclo hidrológico

Fuente: Fundamentos de la hidrología de superficie

En la figura 6 se representa el ciclo hidrológico a nivel de cuenca:



Figura 6

Ciclo hidrológico a nivel de cuenca

Fuente: Pizarro, 2019

Frecuencia. En el campo de la hidrología, la frecuencia de una precipitación se define como “la cantidad de veces que una lluvia de cierta intensidad se iguala o supera en un período específico de años. Se utiliza también el concepto de intervalo de recurrencia o período de retorno” (Fasanando, 2017, pág. 28), que representa el tiempo máximo entre eventos que alcanzan o superan un valor determinado. Por ejemplo, una lluvia con frecuencia de 1, 2 o 5 años ocurre, en promedio, cada 1, 2 o 5 años respectivamente. En hidrología, existe una correspondencia contrapuesta entre la dimensión de un evento extremo y su periodicidad de ocurrencia. Se asume que los datos hidrológicos analizados son independientes e idénticamente distribuidos, y que el sistema hidrológico que los genera es “estocástico e independiente del espacio y tiempo” (pag. 28). En tal sentido, para realizar un análisis basado en datos detallados y validados, la información debe seleccionarse cuidadosamente para cumplir con estas hipótesis.

“El período de retorno de un evento X mayor que x_t se calcula como el inverso de la probabilidad de ocurrencia P . Es decir: T (Período de retorno) = $1/P$ (Probabilidad de ocurrencia X mayor que x_t)” (Fasanando, 2017, pág. 28).

Procedimiento para la estimación del periodo de retorno:

Para calcular la frecuencia de retorno, se sigue este proceso: se selecciona una estación meteorológica para el análisis; se recopilan los registros de precipitación de esta estación, tomando un valor por año; estos valores se establecen de mayor a menor; se determina un número a cada valor, empezando por el 1 para el más alto, 2 para el siguiente, y así sucesivamente hasta llegar al valor n; el valor más alto (número 1) habrá sucedido una sola vez en la etapa de registro; el segundo valor más alto habrá ocurrido dos veces, y así consecutivamente. Este método permite determinar la frecuencia relativa de cada evento de lluvia, lo que es crucial para calcular su período de retorno (Fasanando, 2017, pág. 28).

El periodo de retorno se deduce a través la fórmula siguiente: o también (2.1).

Donde:

“T= Periodo de retorno en años.

n= Número de años de registro.

m= Número de orden de la lluvia” (Fasanando, 2017)

Metodología para el Cálculo de Caudales máximos

a. Método Gumbel. Es una técnica estadística empleada para pronosticar la magnitud de eventos hidrológicos, partiendo del supuesto de que estas magnitudes no están relacionadas entre sí. Este método es particularmente eficaz cuando se aplica a datos de caudales máximos anuales registrados en un punto específico de control en una cuenca o río. La fortaleza del método Gumbel radica en su capacidad para analizar eventos extremos independientes, lo que lo hace especialmente útil en el estudio de fenómenos hidrológicos máximos anuales (Monsalve, 1995), se expresan de la siguiente manera.

$$x = + K.....(2.2)$$

Donde:

“X= Caudal o precipitación con una probabilidad dada.

= Media de la serie de caudales o precipitaciones.

= Desviación estándar de la serie.

K= un factor de la frecuencia definido por cada distribución” (Monsalve, 1995).

La ley de Gumbel está dada por la expresión:

$$P = 1 - \quad (2.3)$$

Donde:

P= Probabilidad de que un valor x sea igualado o excedido, y= Variable reducida.

Despejando (y) de la ecuación interior tendríamos: $y = - \quad (2.4)$

El factor de frecuencia (K), está dada por la siguiente expresión:

$$K = \quad (2.5)$$

Donde:

“y= variable reducida.

valor medio esperado de la variable reducida (tabla 1).

= desviación estándar de la variable reducida (tabla 1)” (Monsalve, 1995)

Tabla 1

Valores en función de n, desviación y valor medio

n	yn	dn	n	yn	dn	n	yn	dn
8	0.4843	0.9043	26	0.532	1.0961	44	0.5458	1.1499
9	0.4902	0.9288	27	0.5332	1.1004	45	0.5463	1.1519
10	0.4952	0.9497	28	0.5343	1.1047	46	0.5468	1.1538
11	0.4996	0.9676	29	0.5353	1.1086	47	0.5473	1.1557
12	0.5053	0.9833	30	0.5362	1.1124	48	0.5477	1.1574
13	0.507	0.9972	31	0.5371	1.1159	49	0.5481	1.159
14	0.51	1.0095	32	0.538	1.1193	50	0.5485	1.1607
15	0.5128	1.0206	33	0.5388	1.1226	100	0.56	1.2065
16	0.5157	1.0316	34	0.5396	1.1255	150	0.5646	1.2253
17	0.5181	1.0411	35	0.5403	1.1285	200	0.5672	1.236
18	0.5202	1.0493	36	0.541	1.1313	250	0.5688	1.2429
19	0.522	1.0566	37	0.5418	1.1339	300	0.5699	1.2479
20	0.5236	1.0628	38	0.5424	1.1363	400	0.5714	1.2545
21	0.5252	1.0696	39	0.543	1.1388	500	0.5724	1.2588
22	0.5268	1.0754	40	0.5436	1.1413	750	0.5738	1.2651
23	0.5283	1.0811	41	0.5442	1.1436	1000	0.5745	1.2685
24	0.5296	1.0864	42	0.5448	1.1458			
25	0.5309	1.0915	43	0.5453	1.148			

Fuente: Monsalve, 1995

b. Método de Long Pearson Tipo II. Debido a la complejidad de las ecuaciones de Long Pearson, se han desarrollado métodos alternativos que facilitan el proceso de sistematización de sus cuantificaciones. Una las cuales son aproximaciones más ágiles que utiliza una versión simplificada de las ecuaciones originales junto con tablas

específicamente diseñadas. Este enfoque establece una relación entre “el coeficiente de asimetría, la probabilidad y el periodo”, lo que se expresa mediante una ecuación simplificada. Esta metodología permite obtener resultados similares a los del método completo de Long Pearson, pero con un proceso de cálculo significativamente más sencillo y rápido (Monsalve, 1995).

$$x = + S (K) \dots\dots (2.6)$$

$$\text{Log } Y = + \sigma \log Y (K) \dots\dots\dots(2.7)$$

El cálculo de la descarga máxima es la siguiente:

- a) Se procede a determinar los logaritmos de las descargas.
- b) Se calcula la media ($X = \text{Log } Y$) y la desviación estándar S ($\text{slog } Y$) de los logaritmos de descargas.
- c) Se determina el coeficiente de sesgo o coeficiente de asimetría Ag :
- d) Con la ayuda de la tabla 2 encontramos los valores de k (variable reducida para cada nivel de probabilidad deseada o también en función al intervalo ocurrencia)” (Monsalve, 1995).

Tabla 2
Valores de k en función de retorno y del coeficiente de asimetría

Coef. Asimet. Ag	Periodo de retorno en años							
	1.0101	1.25	2	5	10	25	50	100
	Nivel de probabilidad (%)							
99	80	50	20	10	4	2	1	
1.80	-1.087	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499
1.60	-1.197	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388
1.40	-1.318	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271
1.20	-1.449	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149
1.00	-1.588	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022
0.80	-1.733	-0.856	-1.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891
0.60	-1.880	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755
0.40	-2.029	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615
0.20	-2.178	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472
0.00	-2.326	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326
-0.20	-2.472	-0.830	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178
-0.40	-2.615	-0.816	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029

Fuente: Monsalve, 1995

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. **Ámbito y condiciones de la investigación**

3.1.1. **Ubicación política**

Sector: Urbano Ribereño de la Localidad de Tres Unidos

Distrito: Tres Unidos.

Provincia: Picota

Región: San Martín.

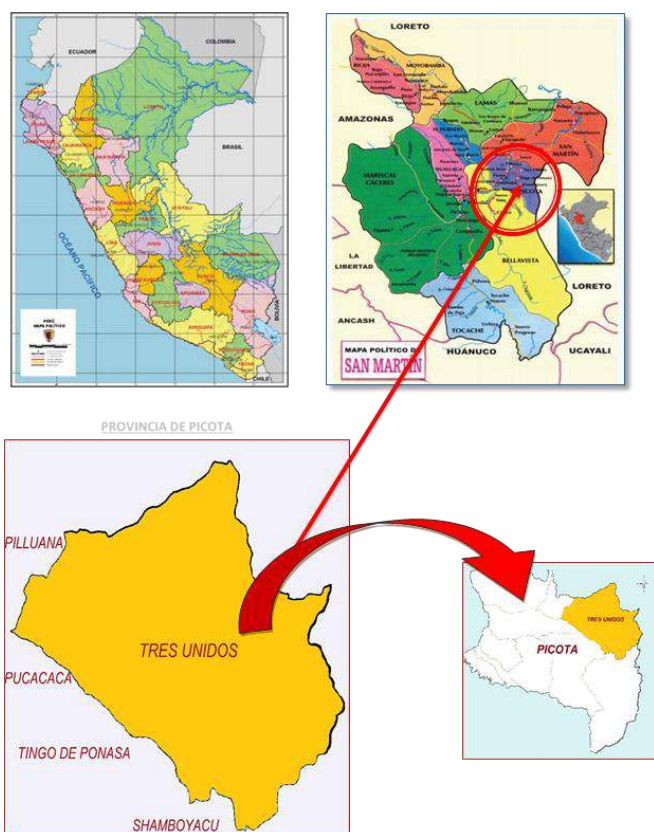


Figura 7

Ubicación del proyecto en el país, región y provincia

Fuente: Elaboración Propia

3.1.2. **Ubicación geográfica**

Corresponde las siguientes coordenadas UTM- WGS 84- zona 18 Sur.

En el inicio del tramo de estudio (Km 00+ 000), las coordenadas, según registros geodésicos son:

Este: 364816.026

Norte: 9246817.118

Altitud: 244.520 m.s.n.m.

3.1.3. Periodo de Ejecución

Mediante Resolución N° 137-2023-UNSM/FICA-D-NLU, con fecha 27 de setiembre de 2023, la universidad Nacional de San Martín, aprobó el proyecto de investigación para su ejecución, el plazo establecido para culminar el desarrollo es de dos (2) años, contando a partir del 28 de setiembre del 23 y que concluye el 28 de setiembre del 2025.

3.1.4. Autorizaciones y permisos

La universidad encargada gestionó permisos y autorizaciones desde el inicio del proyecto para llevar a cabo la investigación. Además, se solicitaron permisos a las entidades involucradas en el área de estudio para la recolección de datos. También se obtuvo autorización para utilizar el laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la UNSM.

3.1.5. Control ambiental y protocolos de bioseguridad

En este proyecto de investigación no se ocasionaron ningún perjuicio vinculado con la explotación de los recursos naturales renovables y la administración del medio ambiente; es decir, no se alterará la buena calidad de las aguas, del suelo, la flora, la fauna ni el modo calidad de vida de la población ribereña y menos aún, se contaminará el medio ambiente. Además, a lo largo de la ejecución de los ensayos en el laboratorio de Mecánica de suelos y Pavimentos, de la facultad de ingeniería civil y arquitectura-UNSM-T, se utilizó los equipos de protección personal como son los guantes, lentes, guardapolvos, etc.

3.1.6. Aplicación de principios éticos internacionales

La investigadora señala que la ejecución de la presente investigación se llevó a cabo de un marco de los principios éticos internacionales de la investigación. En particular, se adhirió a los principios de totalidad e integridad, realizando esta tesis con el más alto nivel de responsabilidad científica y ética. Además, mostró respeto hacia las personas, reconociendo en todo momento su autonomía, singularidad y libertad. También se comprometió a proteger el ecosistema, evitando cualquier impacto negativo en su evolución natural y evitando el uso de factores externos artificiales que pudieran causarle daño.

3.2. Sistemas de variables

3.2.1. Variables principales

Variable Dependiente: Dimensionamiento hidráulico y estructural.

3.2.2. Variables secundarias

Variable independiente: Estudios de ingeniería.

Tabla 3

Descripción de variables por objetivo específico

Objetivo específico N° 1: Desarrollar el Estudio Topográfico para conocer la configuración del cauce del río Misquiyacu y área urbana ribereña en la localidad de Tres Unidos.			
Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Desarrollar	Estudio topográfico	AutoCAD	m., m/m
Objetivo específico N° 2: Elaborar el Estudio Hidrológico, que nos permita calcular el valor de los parámetros hidrológicos a ser empleados en el dimensionamiento de los componentes estructurales de la defensa ribereña.			
Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Elaborar	Estudio hidrológico	Métodos estadísticos hidrometeorológico.	m ³ /seg
Objetivo específico N° 3: Objetivo específico N°03: Realizar el Estudio de Mecánica de suelos (Granulometría) que nos permita calcular el valor de los parámetros necesario para definir la cimentación y transmisión de los efectos de carga de la estructura al suelo.			
Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Realizar	Estudio de mecánica de suelos	Ensayos granulométricos	mm
Objetivo específico N° 4: Realizar el Estudio de Hidráulica Fluvial que permita definir el Planteamiento Hidráulico del diseño de la defensa ribereña para controlar la erosión e inundación causada por el río Misquiyacu en la localidad de Tres Unidos.			
Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Realizar	Estudio de hidráulica fluvial	Software HECRAS 5.07, HCANALES	m/seg

Fuente: Elaboración propia

3.3. Procedimientos de investigación

3.3.1. Objetivo específico 1

Este procedimiento en el tramo ribereño del río Mishquiyacu, donde se construirán las obras de protección ribereño, abarcó tanto la superficie como el cauce del río. La medición se llevó a cabo utilizando una estación total y un nivel de ingenieros en un tramo de 2.50 km, que incluye la franja destinada al muro de encauzamiento. La recolección de información de la zona permitió obtener datos específicos de la zona litoral involucrada por los desbordamientos y de la litera del río. Se desarrolló una representación cartográfica detallada que incluye curvas de nivel, permitiendo una visualización clara de las características morfológicas del terreno. Este mapa abarca un segmento de aproximadamente 2.50 km del cauce del río. La elaboración de este plano topográfico cumplió un papel crucial en el proceso de análisis. Específicamente, facilitó

la evaluación y determinación de los elementos estructurales requeridos para implementar medidas de protección efectivas. Estas medidas están diseñadas con dos objetivos principales: Contrarrestar la erosión del terreno y Mitigar el riesgo de inundaciones en la zona urbana de la localidad de Tres Unidos. Este estudio topográfico proporcionó una base sólida para el diseño de obras de defensa ribereña adaptadas a las condiciones específicas del área.

Estudio Topográfico

El estudio topográfico se ha llevado a cabo en un tramo ribereño y en el cauce del río Mishquiyacu con una extensión de 2.50 km, donde se proyecta la instalación de un muro de encauzamiento. El levantamiento se realizó utilizando una estación total y un nivel de ingeniero. En la Figura 8 se muestra el área afectada por el estudio, que abarca tanto la zona ribereña como el cauce del río, en el cual se instalarán gaviones como parte del muro de encauzamiento.



Figura 8

Área de influencia del estudio topográfico

Fuente: Elaboración Propia

3.3.2. Objetivo específico 2

Se reunió la información disponible del área de estudio, incluyendo la carta nacional, datos de pluviometría e hidrometría. La delimitación de la cuenca se realizó utilizando información cartográfica digital, procesada con AUTOCAD y ArcGIS de forma simultánea. Los parámetros de la cuenca se determinaron aplicando fórmulas y métodos descritos en el marco teórico. Para el polígono de Thiessen, se utilizaron datos del área de la cuenca del río Mishquiyacu y registros de precipitación de estaciones dentro y fuera de la cuenca, utilizando el programa ArcGIS para el diseño.

Para la determinación de las curvas isoyetas, se trazaron aplicando la metodología correspondiente con la información de precipitaciones anuales. Se empleó el programa ArcGis para el diseño.

En cuanto a la determinación de caudales máximos, para la obtención de este resultado se utilizó datos de precipitaciones máximas en 24 horas, obtenidas en las estaciones especificadas.

Tabla 4

Obtención de resultados de estudio hidrológico

Parámetro	Unidad de medida
Caudales máximos	m ³ /seg
Caudal de diseño	m ³ /seg

Fuente: Elaboración Propia

Estudio Hidrológico

Parámetros de la cuenca del río Mishquiyacu

En la figura 9 se presenta la delimitación de la cuenca del río Mishquiyacu.

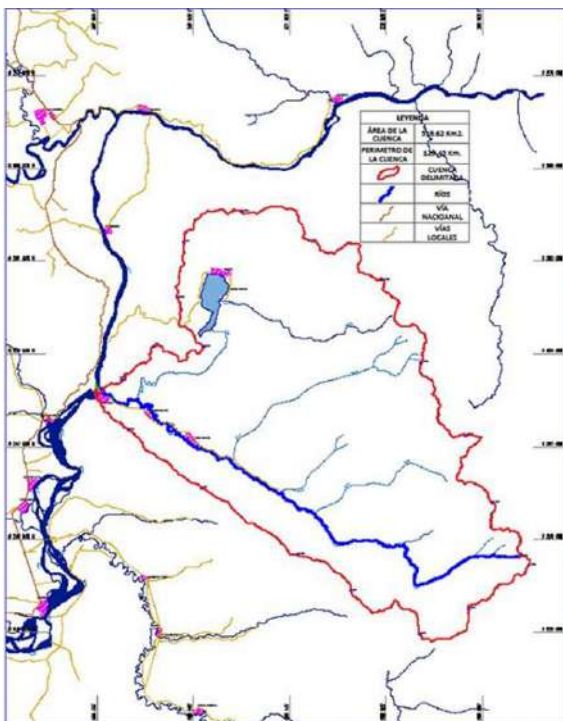


Figura 9

Cuenca del río Mishquiyacu

Fuente: Elaboración propia

Hidrología en el área de estudio

La hidrología del área contempla 2 periodos diferentes a lo largo del año: un período de lluvias continuas que va de febrero a junio, y una fase de menor precipitación que abarca de julio a enero. De acuerdo con los datos registrados por la Estación CO SAUCE del

SENAMHI contiguo a área de investigación, la precipitación anual promedio en los últimos veinte años (2000-2019) es de 1,348.20 mm. En este estudio, se analizaron dos parámetros de precipitación: la precipitación mensual total en milímetros en la cuenca y la precipitación máxima en 24 horas en milímetros, para estimar los caudales máximos en distintos períodos de retorno.

Análisis de los registros de Precipitación

Análisis de la precipitación mensual. La precipitación total mensual, ha sido estudiada teniendo los registros de la precipitación durante el periodo 2000-2019 en la tabla del anexo 6. Las tablas periódicas de precipitación anual (Tal como se presenta en la tabla del anexo 8), van desde los 1,040.20 mm hasta los 1,638.40 mm, 1,348.20 mm anuales en promedio.

En la tabla 5, se presentan valores de las láminas anuales de precipitación.

Tabla 5

Precipitación total anual - Estación Sauce

N°	AÑO	PRECIPITACION, TOTAL ANUAL (mm)
1	2000	1405.6
2	2001	1625.1
3	2002	1151.1
4	2003	1458.6
5	2004	1168.2
6	2005	1638.4
7	2006	1181.3
8	2007	1405.1
9	2008	1256.5
10	2009	1307.9
11	2010	1141.8
12	2011	1430.9
13	2012	1364.8
14	2013	1348.2
15	2014	1473.2
16	2015	1582.8
17	2016	1040.2
18	2017	1513.9
19	2018	1367.7
20	2019	1101.7
SUMA:		26,963.00
Precipitación media multianual		1348.2

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, la lámina anual promedio de precipitación en el área de estudio es de 1348.20 mm.

Análisis de la precipitación máxima caída en 24 horas. Al igual que la precipitación total mensual también ha sido realizada durante el período 2000- 2019 tal como se presenta en la Tabla del anexo 07 Y también se presentan los datos de precipitación máxima en 24 hr registrados en la Estación SAUCE.

Después del análisis, se encontró que los valores de precipitación máxima varían entre 43.40 mm/hr y 123.00 mm/hr, los cuales son considerados altos en comparación con otras cuencas de la región San Martín. Entre los años 2000 y 2019, la precipitación máxima en 24 horas osciló entre 5.2 mm en agosto y 19.10 mm en abril, los datos de precipitación máxima en 24 horas muestran que cerca del área de estudio, la cuenca exhibe alta humedad en consonancia con su clima, lo cual contribuye significativamente al escurrimiento del río Mishquiyacu.

Análisis estadístico de los datos de precipitación

Los datos fueron analizados utilizando el método de Gumbel para calcular los parámetros estadísticos necesarios y determinar las intensidades máximas correspondientes a diferentes períodos de retorno.

Método de Gumbel y Distribución Normal.

Dada por:

$$F(x) = e^{-e^{-y}}$$

$$y = a (X - x_f)$$

$$X_f = X - 0.45005 S_x = a = 0.78S_x$$

Donde:

x_f = Parámetro de dispersión,

a = parámetro de asimetría o factor de ajuste

S_x = Desviación estándar

A continuación, en la tabla 6, se presentan los registros de la precipitación máxima en la estación Sauce.

Tabla 6
Precipitación máxima en 24 hrs anual - Estación Sauce

N°	AÑO	PRECIPITACION MAXIMA 24 hr (mm)
1	2000	57
2	2001	70.8
3	2002	43.4
4	2003	68
5	2004	54.6
6	2005	123
7	2006	49.8
8	2007	74.1
9	2008	85.7
10	2009	60.6
11	2010	64.2
12	2011	68.8
13	2012	52.8
14	2013	87.2
15	2014	112.8
16	2015	61.2
17	2016	52.1
18	2017	59.2
19	2018	57.4
20	2019	68

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se desarrolló el procesamiento estadístico de los datos de precipitación máxima en 24 horas.

Aspectos generales para el cálculo de caudales máximos. El objetivo principal en el cálculo de los niveles máximos de agua en los ríos fue determinar el flujo máximo en una localidad específico de interés. En el actual análisis, el foco está en el río Mishquiyacu, cerca de la localidad de Tres Unidos, en un momento determinado. Dada la ausencia de estaciones de aforo en el río Mishquiyacu, se recurrió a un método alternativo para estimar los caudales máximos. El método elegido es el del “Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos”, también reconocido como “Método de la Curva Número” (CN). Este método requiere como input principal los datos de precipitación máxima en un período de 24 horas. Para obtener esta información, se han utilizado los registros de la Estación SAUCE, que se localiza dentro del área de estudio. La elección de este método y la fuente de datos permiten una estimación razonable de los caudales máximos, crucial para el diseño de medidas de ayuda contra desbordamientos del río.

Método de la Curva N para el cálculo de caudales máximos. Se determinan anteriormente, las características que se detallan a continuación:

Tabla 7
Características fisiográficas

SIMBOLO	DESCRIPCION	VALOR
A	Área de la cuenca colectora en Km ²	329.79 Km²
TC	Tiempo de concentración en horas	4: 00 horas
N	<p>El número de curva de escurrimiento es un valor sin dimensiones que se determina para una cuenca en condiciones medias de humedad. Su cálculo se basa en dos factores principales: La condición hidrológica, que se categoriza como: Buena Regular Pobre “El grupo hidrológico del suelo, que se clasifica en cuatro categorías según su potencial de escorrentía: Grupo A: Bajo potencial de escorrentía Grupo B: Potencial de escorrentía moderado-bajo Grupo C: Potencial de escorrentía moderado-alto Grupo D: Alto potencial de escorrentía Esta clasificación permite una evaluación más precisa del comportamiento hidrológico de la cuenca, lo que es crucial para la estimación de caudales y el diseño de obras hidráulicas” (Monsalve Sáenz, 1995). Además, se considera el uso del suelo, como áreas cultivadas, cubiertas de pastos, bosques, o con cultivos permanentes, especialmente en condiciones hidrológicas pobres. Para la cuenca del río Mishquiyacu, se determinó un valor de N = 70 considerando todas estas características.</p>	N=70

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de caudales máximos en el río Mishquiyacu, en el punto de interés utilizando información de precipitación máxima en 24 hrs. Para calcular los valores de precipitación (P) correspondientes a 6 horas y diversos períodos de retorno, se utilizó como base la precipitación máxima en 24 horas. Este proceso se realiza en dos etapas principales:

Recopilación de datos: Se obtuvieron los registros de precipitación máxima en 24 horas de la Estación CO SAUCE, proporcionados por el SENAMHI, para el período 2000-2019. Así mismo, de los doce valores mensuales de cada año, se identifica el más alto, que se considera como el valor máximo anual.

Análisis estadístico: Los datos recopilados se organizaron y sometieron a un análisis estadístico. Se aplicó el Método de Gumbel para calcular la precipitación máxima en 24 horas para diferentes períodos de retorno (Tr). Finalmente, los resultados de este análisis se presentaron en la tabla 14 del documento original. Este enfoque permitió estimar las precipitaciones máximas probables para diferentes escenarios temporales,

lo cual es crucial para el diseño de obras hidráulicas y la planificación de medidas de prevención de inundaciones. Los resultados se muestran en la tabla 11.

Tabla 8

Precipitación máxima en 24 horas para el cálculo de caudales

Período de retorno (Tr) en años	Precipitación máxima 24 hr en (mm)
5	83.10
10	94.95
20	106.31
25	109.91
50	121.02
100	132.04
150	138.46
200	143.02
300	149.43
400	153.98
500	157.50

Fuente: Elaboración propia

Distribución porcentual de la precipitación para intervalos de 6, 12 y 24 horas.

Tabla 9

Distribución porcentual de la Pmax hr para diferentes Tr

Distribución Porcentual de la Precipitación(mm)			
Período de Retorno (Tr)	6 horas - 75%	12 horas - 85%	24 horas - 100%
5	62.33	70.64	83.10
10	71.21	80.71	94.95
20	79.73	90.36	106.31
25	82.44	93.43	109.91
50	90.76	102.86	121.02
100	99.03	112.23	132.04
150	103.85	117.69	138.46
200	107.26	121.56	143.02
300	112.07	127.01	149.43
400	115.48	130.88	153.98
500	118.13	133.88	157.50

Fuente: Elaboración propia

Utilizando el indicador de $N = 70$, se computa la escorrentía (E_i) para cada tipo de precipitación con periodo de 6 horas y distintas frecuencias de retorno establecidos anteriormente, mediante la aplicación de la fórmula siguiente:

$$E_i = \frac{[N(P + 50.80) - 5080]^2}{N[N(P - 203.20) + 20320]}, \text{ en mm.}$$

Cálculo del escurrimiento (E_i) para diferentes T_r .

Tabla 10

Valores de E_i para diferentes T_r

Período de Retorno T_r (años)	E_i (mm)
5	11.01
10	15.44
20	20.14
25	21.71
50	26.76
100	32.07
150	35.28
200	37.61
300	40.94
400	43.35
500	45.24

Fuente: Elaboración propia

Utilizando el tiempo de concentración ($T_c = 4.00$ hr) previamente calculado, se estableció el caudal unitario (q) de acuerdo con los valores indicados en la tabla del anexo 9; el valor obtenido es:

$$q = 0.063 (m^3/seg) / (mm - m^2)$$

Con base en el tiempo de concentración ($T_c = 4.00$ hr) calculado anteriormente, se calculó el caudal unitario (q) siguiendo los valores de la tabla del anexo 9; el resultado obtenido es:

$$Q_{max} = E_i \times q \times A$$

Cálculo de caudales máximos en el río Mishquiyacu aplicando el método de Iszkowski. El método en cuestión se basa en características específicas de la cuenca hidrográfica, centrándose en el área que drena hasta el punto de interés, que en este caso es la zona urbana de Tres Unidos. Además, utilizó datos de precipitación promedio anual de la cuenca. Para este estudio particular, se han seleccionado los registros pluviométricos de la estación Sauce, cuyos datos se presentan en la tabla 19 del documento original. La elección de esta estación se justifica por su ubicación estratégica en la parte alta de la cuenca receptora. Esta zona es crucial ya que allí se producen las precipitaciones más intensas que contribuyen significativamente al caudal del río Mishquiyacu. El siguiente paso en el análisis será la aplicación del método ISZOWSK, utilizando estos datos como input principal. El método se considera en la siguiente expresión:

$$Q = m * C * P * A * (10)^{-3}$$

Donde:

Q= Caudal máximo / m^3seg

M= Factor determinado según tamaño de la cuenca.

C= coeficiente de escorrentía

P= precipitación total anual promedio multianual en mm.

A= Área colectora de la cuenca en km^2

Tabla 11

Precipitación total anual - Estación Sauce

N°	AÑO	Precipitación anual (mm)
1	2000	1405.6
2	2001	1625.1
3	2002	1151.1
4	2003	1458.6
5	2004	1168.2
6	2005	1638.4
7	2006	1181.3
8	2007	1405.1
9	2008	1256.5
10	2009	1307.9
11	2010	1141.8
12	2011	1430.9
13	2012	1364.8
14	2013	1348.2
15	2014	1473.2
16	2015	1582.8
17	2016	1040.2
18	2017	1513.9
19	2018	1367.7
20	2019	1101.7
SUMA:		26,963.00
Precipitación media multianual		1348.2

Fuente: Elaboración propia

El valor de cada uno de los elementos de ecuación de Iszkowski y el cálculo correspondiente, se presenta en la tabla 17.

Tabla 12

Niveles de intervención

CALCULO DEL CAUDAL MAXIMO

PARAMETRO	VALOR	DESCRIPCION
m	2.8	Las respuestas a las precipitaciones a transformarse en escurrimiento son más lentas, cuanto más grandes o largas son las cuencas. La cuenca del río Mishquiyacu,

		es ligeramente oblonga $Kc=1.34$, de allí que tiene un relativo bajo valor de m .
C	0.5	Corresponde a zonas montañosas de gran pendiente, suelos arcillosos (impermeables) con cobertura vegetal normal.
P	1348.2	En mm. Total anual promedio, del periodo 2000 - 2019 (Estación CO Sauce). Ver Cuadro adjunto
A	329.79	En km^2 , hasta el punto de interés. aproximadamente – cuenca colectora (emplazamiento de obras)
Q	622.5	$m^3/seg.$ Caudal Máximo Probable

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de caudales máximos aplicando el método de Curvas envolventes de Creager

$$Q_{MAX} = (C1 - C2)\log(T)A^2$$

Para $z = m \cdot A^{-n}$

Donde:

A: Área de cuenca colectora en km^2 , Q_{max} : Caudal máximo en $\frac{m^3}{seg}$, T= Periodo de retorno.

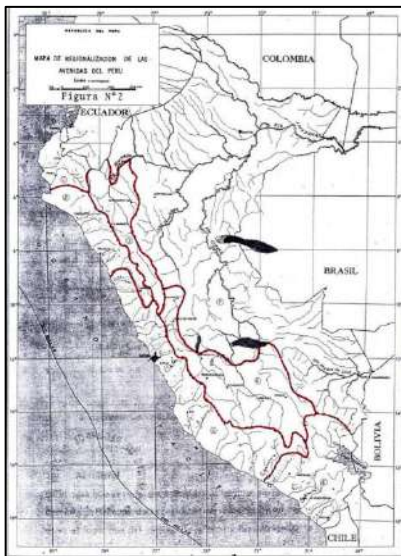


Figura 10

Mapa de la regionalización de avenidas del Perú

Fuente: Análisis regional de las avenidas en los ríos del Perú

El Mapa de Regionalización de Avenidas del Perú comprende 7 regiones. Para cada una de estas regiones se han establecido los valores correspondientes a la fórmula de Creager, estos valores son:

Tabla 13

Coeficientes adimensionales de escala

Región	C1	C2	m	n
--------	----	----	---	---

1	1.01	4.37	1.02	0.04
2	0.10	1.28	1.02	0.04
3	0.27	1.48	1.02	0.04
4	0.09	0.36	1.24	0.04
5	0.11	0.26	1.24	0.04
6	0.18	0.31	1.24	0.04
7	0.22	0.37	1.24	0.4

Fuente: Elaboración propia

La cuenca del río Mishquiyacu está ubicada en la región 7, cuyos valores de los parámetros son los siguientes:

Tabla 14

Parámetros de la cuenca

REGIÓN	C1	C2	m	n
7	0.22	0.37	1.24	0.04

Fuente: Elaboración propia

Con los valores indicados líneas arriba, aplicando la Fórmula de Creager para diferentes periodos de retorno, se obtiene las descargas máximas instantáneas en el río Mishquiyacu en el punto de interés:

Tabla 15

Caudales máximos para diferentes T_r , método de Creager

Punto de interés en el río Mishquiyacu: Punto de interés.	Períodos de retorno (años)								
	25	50	75	100	150	200	300	400	500
Caudales máximos (m^3/seg)	246.5	299.5	330.6	352.6	383.7	399.5	436.7	458.8	475.8

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de caudal máximo en el río Mishquiyacu, aplicando el método hidráulico o directo en la sección. Para establecer el caudal máximo utilizando el procedimiento hidráulico o directo, se seleccionó una sección del río Mishquiyacu con la característica principal de confinar todo el caudal durante las avenidas sin desbordarse.

Esto asegura que el caudal obtenido sea lo más preciso posible. Se determinaron ciertos parámetros en el cauce del río en la sección de interés, obtenidos directamente en el campo a partir de las trazas dejadas por las aguas máximas y corroborados por los pobladores de la localidad de Tres Unidos.

La Sección de aforo SH, se presenta en la siguiente figura 11.



Figura 11
Ubicación de sección SH en el río Mishquiayacu
Fuente: Elaboración propia

La sección hidráulica transversal SH, vista en planta desde la margen izquierda hacia la margen derecha, se presenta la tabla 16 y en la figura 12.

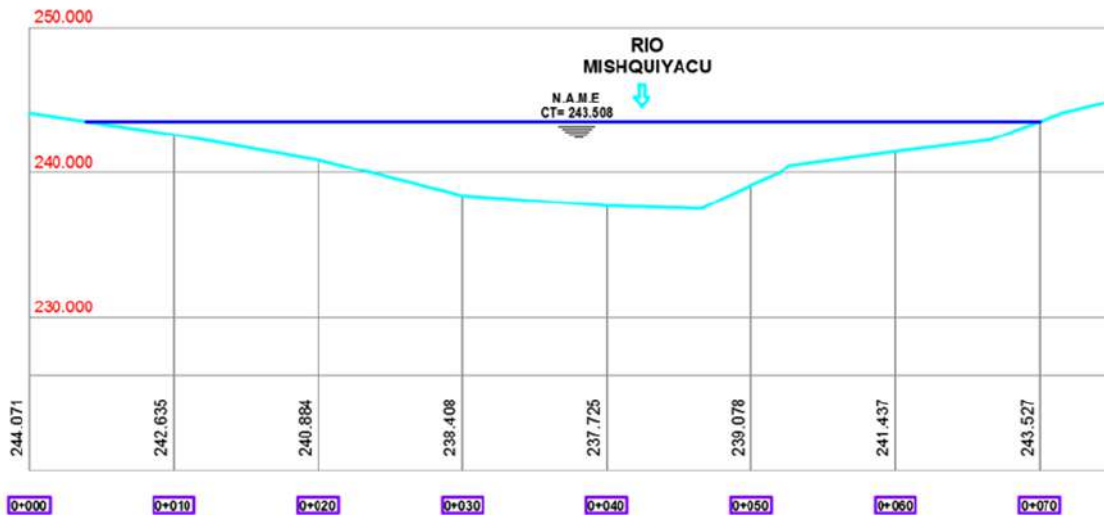


Figura 12
Sección hidráulica SH río Mishquiayacu
Fuente: Elaboración propia

Tabla 16
Perfil de la sección hidráulica SH

PROGRESIVA P. K	COTA DE CAUCE msnm	OBSERVACIÓN
00+000	244.071	
00+004	243.508	NAME = 243.508 (Traza dejada en el cauce por las aguas máximas)
00+010	242.635	

00+020	240.884
00+030	238.408
00+040	237.725
00+050	239.078
00+060	241.437
00+070	243.527
00+080	245.952

BM-1 = 244.00(Hito de Concreto)

BM-2 = 246.00 (Hito de Concreto)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17

Datos técnicos de la sección

**DATOS TECNICOS EN LA SECCIÓN
HIDRÁULICA SH**

n rugosidad cauce	0.046
S pendiente cauce	0.004702
A área hidráulica	211.40 m ²
P perímetro hidráulico	67.62 m
R radio hidráulico	3.126 m
Q caudal m ³ /seg	673.70 m ³ /seg
V velocidad de flujo	3.186 seg

Fuente: Elaboración propia

Área hidráulica máxima en la sección SH. Expresado en m² y corresponden al nivel máximo instantáneo alcanzado por las aguas en la sección SH del río Mishquiyacu en épocas de avenidas extraordinarias.

$$A = 211.40 \text{ m}^2$$

Rugosidad del cauce en el tramo de la sección SH

Para determinar el coeficiente de rugosidad de Manning, se empleó el método de Cowan, basándose en datos recopilados directamente en el terreno. Este enfoque toma en cuenta varios factores que influyen en la resistencia al flujo del agua en el cauce: la sinuosidad del río: qué tan serpenteante es su trayecto; la inclinación del lecho: la pendiente del cauce; la composición del lecho: el tipo de material que forma el fondo y las orillas del río; la presencia de vegetación: qué tanta cobertura vegetal hay en el cauce y sus márgenes; las obstrucciones potenciales: elementos que puedan interferir con el flujo del agua.

La consideración de estos múltiples factores permite una estimación más precisa del coeficiente de rugosidad, lo cual es crucial para modelar el comportamiento hidráulico del río.

El valor de n, calculado se presenta en la siguiente tabla 18.

Tabla 18
Cálculo del valor del coeficiente n

CONDICION DEL CAUCE	SIMBOLO	VALOR
Material: Grava fina y gruesa	n_0	0.026
Irregularidad: Moderado	n_1	0.01
Variación de la sección Transversal: ocasionalmente alternante	n_2	0.005
Efecto relativo de obstrucciones: Despreciable.	n_3	0
Vegetación: Baja.	n_4	0.005
Presencia de meandros: Menor.	n_5	1

Fuente: Elaboración propia

Desarrollando el método se tiene:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)n_5$$

Reemplazando los valores se tiene:

$$n = (0.026 + 0.01 + 0.005 + 0 + 0.005)1 = 0.046$$

Perímetro hidráulico en la sección SH

Dado por:

$$R = \frac{A}{P} = \frac{211.40\text{m}^2}{67.62\text{m}} = 67.62 \text{ m}$$

Caudal máximo instantáneo en la sección SH

Después de realizar los cálculos pertinentes, se determinó el valor de cada uno de los parámetros descritos según la sección hidráulica SH en el punto de interés, y los resultados se presentan a continuación:

$$A = 211.40 \text{ m}^2$$

$$n = 0.046$$

$$S = 0.004702$$

$$P = 67.62 \text{ m.}$$

$$R = 3.126 \text{ m}$$

A continuación, estos datos se reemplazan en la ecuación de Manning- Strickler

$$Q_{max} = \frac{(A)(R)^{2/3}(S)^{1/2}}{n}$$

$$Q_{max} = \frac{(211.40)(3.126)^{2/3}(0.004702)^{1/2}}{0.046}$$

Habiéndose obtenido que:

$$Q_{max} = 673.70 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Cálculo de caudal de diseño para las obras de defensa ribereña

Para diseñar las estructuras de protección en la orilla derecha del río Mishquiyacu, cerca de Tres Unidos, se estableció un caudal de diseño basado en un período de retorno (Tr) específico. La obra principal fue un muro de encauzamiento, que funcionará como defensa ribereña. Se espera que esta estructura logre asegurar el cauce del río en un plazo breve. El proyecto se ha planificado considerando dos factores clave: Vida útil: Se estima que las obras mantendrán su funcionalidad durante 20 años y riesgo hidráulico: Se ha aceptado un margen de riesgo del 20% para posibles fallas hidráulicas durante la vida útil de la estructura.

Estos parámetros son fundamentales para determinar el nivel de protección que ofrecerá la obra y su capacidad para manejar eventos hidrológicos extremos.

Cálculo del Período de Retorno (Tr)

Se ha procedido a calcular el período de retorno basándose en dos parámetros clave:

La duración prevista de la estructura: En este caso, se trata de una obra de defensa ribereña que consiste en muros de encauzamiento. Estos muros tienen un doble propósito: Controlar la erosión del cauce y Mitigar el riesgo de inundaciones.

El riesgo hidrológico o probabilidad de falla: Este factor representa la posibilidad de que la estructura no cumpla su función adecuadamente durante su vida útil.

La integración de estos dos elementos facilita determinar el período de retorno apropiado para el diseño de la obra. Este valor es crucial para asegurar que la defensa ribereña sea capaz de manejar eventos hidrológicos extremos durante toda su vida operativa.

R = 0.20 (Nivel de seguridad 80%), n = 20 años.

Luego:

$$R = 1 - (1 - 1/Tr)^n$$

Dónde:

R = Riesgo de falla hidrológico permitido,

Tr = Período de retorno en años.

n = Vida útil de la estructura. Reemplazando valores, tenemos:

$$0.20 = 1 - (1 - 1/Tr)^{20}$$

Hechos los cálculos respectivos, se tiene que:

$$Tr = 90.12 \text{ años}$$

Este valor se ajusta al valor inmediato superior de 100 años.

Por lo tanto:

$$Tr = 100 \text{ años}$$

Análisis comparativo y selección del caudal de diseño para las obras de defensa ribereña.

Seguidamente, se presenta la evaluación comparativa de los valores de los caudales obtenidos por diferentes métodos para un periodo de retorno de 100 años.

Tabla 19

Valores de caudales máximos calculados por diferentes métodos

N°	METODO	CAUDAL MAXIMO (m3/seg)
1	Curva N de US Soil Conservation Service	679.89
2	Iszkowski	622.5
3	Curvas envolventes de Creager	352.6
4	Hidráulico o directo	673.7

Fuente: Elaboración propia

Considerando estudios previos sobre trabajos de resguardo ribereño en el río Huallaga, río Mayo, río Huayabamba y otros ríos en la región de San Martín, se ha determinado que el método de la Curva N ofrece una alta confiabilidad. En tal sentido, el caudal máximo obtenido con este método se ha seleccionado como caudal de diseño, siendo 679.89 m³/seg para un período de retorno de 100 años, con una vida útil de la estructura de protección de 20 años y un riesgo de falla hidrológico del 20%.

3.3.3. Objetivo específico 3

Ubicar dentro del tramo de estudio los puntos donde se realizarán las exploraciones o calicatas.

A continuación, se procedió con la excavación de las calicatas, que tendrán unas dimensiones de 1.00 m de ancho, 1.50 m de largo y 3.00 m de profundidad, conforme a las normas para el estudio de mecánica de suelos E-050. Se recopilaron muestras representativas del suelo para su análisis, asegurando que sean adecuadas para las pruebas de laboratorio. Las muestras fueron extraídas de manera que se mantengan inalteradas para preservar las características naturales del suelo y así determinar sus propiedades mecánicas. Posteriormente, se realizó un análisis granulométrico para conseguir la distribución del tamaño de las partículas del material en el fondo y las orillas del cauce en la margen derecha del río Mishquiyacu. También se efectuaron ensayos de plasticidad y se midió el contenido de humedad del suelo. En estos ensayos, el suelo se sometió a un amasado hasta que se rompe y se resquebraja, produciendo partículas de aproximadamente 3 mm de diámetro. La clasificación de los suelos se basó exclusivamente en los límites de Atterberg para la fracción que pasa por el tamiz N°40.

Estudio Geológico y de mecánica de Suelos

Geotecnia en el Sitio de estudio. En seguida, se exhiben las lecturas obtenidas de las calicatas, así como la clasificación de los suelos que constituyen los distintos estratos.

Tabla 20

Características de suelo - calicata N° 01

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (m)	CARACTERISTICAS DEL SUELO
1	0.00 - 1.70	Presenta un potente estrato formado por arena arcillosa, estrato medianamente compactado, material fino de color marrón claro, presenta 6.80 % de humedad natural, material baja plasticidad (IP= 10.80 %) con contenido de humedad de 56.11 % de arena y 43.89 % de arcilla. Clasificación SUCS: SC; AASTHO: A-6(1) .
2	1.70 - 3.00	Estrato conformado por grava arcillo limosa, medianamente compacto, material fino de color beige oscuro, presenta 10.30% de humedad natural material de baja plasticidad, (IP= 4.40%) con contenido de 75.56% de grava, 12.07% de arena y 12.37% de arcilla y limo. Clasificación SUCS: GC-GM; AASHTO: A-1 a (0) . Presenta bloque y bolones de roca de tamaño máximo de 20 pulg.
Zapatillas Continuas		Presión admisible: 2.14 kg/ [cm] ^2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21

Características del suelo - calicata N° 02

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (m)	CARACTERISTICAS DEL SUELO
-----------	-----------------	---------------------------

1	0.00 - 0.30	"Arcilla limosa CL-ML, con restos de raíces y palos propia de la vegetación de la zona, de color negro y/o gris oscuro.
2	0.30 - 1.30	Arcilla Limo Orgánico CL-ML, de consistencia semidura y de color marrón, de alta plasticidad con 97.79% de finos (que pasa la malla N°20)
3	1.30 - 2.10	Arcilla Limosa CL-ML, de consistencia semi dura y de color marrón claro, de baja plasticidad con 80.71% de finos (que pasa la malla 200)
4	2.10 - 3.00	Limo Arenoso LM, de consistencia semi dura, de color marrón claro, de baja plasticidad con 70.18% de finos que pasa la malla 200" (Meléndez , 2018)

Zapatas Continuas Presión admisible: 1.57 kg/ [cm] ^2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22

Características del suelo - calicata Nª 03

HORIZO NTE	PROFUNDIDAD (m)	CARACTERISTICAS DEL SUELO
1	0.00 - 0.10	"Arcilla Limosa CL-ML, con resto de raíces y palos propia de la vegetación de la zona, color negro y/o gris oscuro
2	0.10 - 1.00	Presenta un potente estrato conformada por arcilla arenosa, de consistencia firme, material de color marrón, presenta 9.30% de humedad natural, estrato mediana plasticidad (IP=16.40 %) con contenido de 32.29% arena y 76.22% de arcilla. Clasificación SUCS: CL; AASTHO: A-6(8)
3	1.00 - 2.40	Presenta un potente estrato conformada por arcilla arenosa, de consistencia firme, material de color marrón, presenta 14.00% de humedad natural, estrato mediana plasticidad (IP= 17.70%) con contenido de 23.78% arena y 76.22% de arcilla. Clasificación SUCS: CL; AASHTO: A-6-(11)
4	2.40- 3.00	Estrato conformado por grava mal gradada arcillosa, estrato de compacidad suelta, presenta 4.10% de humedad natural, material fino de color gris claro, baja plasticidad, (IP=4.70%), con contenido de 57.50% de grava, 35.70% de arena y 6.80% de arcilla. Clasificación: SUCS: GP-GC; ASHTO: A-1b (0) . Presenta fragmentos de roca aislados de 8 pulg, de diámetro" (Meléndez , 2018)

Zapatas Continuas Presión admisible: 1.37 kg/ [cm] ^2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23

Características del suelo - calicata Nª 04

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (m)	CARACTERISTICAS DEL SUELO
1	0.00-0.20	Estrato por grava mal gradada limosa, estrato de compacidad suelta, presenta 4.10% de humedad natural, material fino de color gris claro; con (I. P= 3.90%), contenido de humedad 53.35% de grava, 39.51% de

arena y 7.14% de limo. Clasificación **SUCS: GP-GM; AASHTO: A-1b (0)**. Presenta fragmentos de roca aisladas de 8 pulg, de diámetro.

Zapatras Continuas Presión admisible: 2.11 kg/ [cm] ^2.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24

Características del suelo - calicata Nª 05

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (m)	CARACTERISTICAS DEL SUELO
1	0.20 - 1.10	Estrato conformado por arena arcillosa, estrato medianamente compacto, presenta 13.10% de humedad natural, material fino de color marrón claro, material de baja plasticidad (IP=10.30%) con contenido de 59.00% de arena y 41.00% de arcilla. Clasificación SUCS: SC; AASHTO: A-6(1) .
2	1.10 - 2.30	Estrato conformado por grava arcillosa, estrato medianamente compactado, presenta 7.40% de humedad natural, material fino de color marrón claro, de baja plasticidad, (IP=10.30%), con contenido de 54.02% de grava, 28.27% de arena y 17.71% de arcilla. Clasificación: SUCS: GC; AASHTO: A-2(0) .
3	2.30 - 3.00	Estrato conformado por arena limosa con grava, estrato medianamente compactado, en estrato saturado, material fino de color gris, de baja plasticidad, (IP=4.10%) grava sub redondeada de tamaño máximo 2 pulg, el estrato presenta contenido de 39.072% de grava, 45.18% de arena y 15.75% de arcilla y limo. Clasificación SUCS: SC-SM; AASHTO: A-2-4(0) . Presenta fragmentos de roca aisladas de 8 pulg, de diámetro.

Zapatras Continuas Presión admisible: 1.68 kg/ [cm] ^2.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25

Características del suelo - calicata Nª 06

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (m)	CARACTERISTICAS DEL SUELO
1	0.10-2.30	"Presenta un potente estrato conformada por arcilla arenosa, de consistencia firme, material de color marrón, presenta 13.10% de humedad natural, estrato de mediana plasticidad (IP=16.30%) con contenido de 41.37% arena y 58.63% de arcilla. Clasificación SUCS: CL; AASHTO: A-6(7) .
2	2.30 - 2.80	Estrato conformado por arcilla arenosa, de consistencia firme, material de color marrón claro, presenta 17.20% de humedad natural, estrato de mediana plasticidad (IP=15.40%) con contenido de 47.53% arena y 52.47% de arcilla. Clasificación SUCS: CL; AASHTO: A-6(5) .
3	2.80 - 3.00	Presenta un potente estrato conformada por arcilla arenosa, de consistencia firme, material de color beige oscuro, presenta 14.70% de humedad natural, estrato de baja plasticidad (IP=7.80%) con contenido de 36.18% arena y 63.82% de arcilla. Clasificación SUCS: CL; AASHTO: A-4(6) " (Meléndez , 2018)

Zapatras Continuas Presión admisible: 1.99 kg/ [cm] ^2.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26
Características del suelo - calicata Nª 07

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (m)	CARACTERISTICAS DEL SUELO
1	0.00 -0.30	“Arcilla limosa CL-ML, con resto de raíces y palos propia de la vegetación de la zona, de color negro y/o gris oscuro.
2	0.30 - 2.20	Presenta un potente estrato conformada por arcilla arenosa, de consistencia firme, material de color marrón, presenta 5.40% de humedad natural, estrato de baja plasticidad (IP=10.80%) con contenido de 34.44% arena y 65.56% de arcilla. Clasificación SUCS: CL; AASHTO: A-6(6).
3	2.20 - 2.60	Presenta un potente estrato conformada por arcilla arenosa, de consistencia firme, material de color beige oscuro, presenta 14.70% de humedad natural, estrato de baja plasticidad (IP=7.80%) con contenido de 36.18% arena y 63.82% de arcilla. Clasificación SUCS: CL; AASHTO: A-4(6).
4	2.60- 3.00	Estrato conformado por grava limosa, medianamente compacto, material fino de color beige oscuro, presenta 9.50% de humedad natural material con IP= 2.90%, estrato con contenido de 49.52% de grava, 35.15% de arena y 15.33% de limo. Clasificación SUCS:GM; AASHTO: A-1b (0)” (Meléndez , 2018)
Zapatas Continuas Presión admisible: 1.97kg/ [cm] ^2.		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27
Características del suelo - calicata Nª 08

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (m)	CARACTERISTICAS DEL SUELO
1	0.10 -1.70	“Estrato conformado por arena limosa, estrato medianamente compacto, presenta 4.00% de humedad natural, material fino de color crema, material con IP= 2.50%, estrato con contenido de 77.52% de arena y 22.48% de limo. Clasificación SUCS: SM; AASHTO: A-2-4(0)
2	1.70 - 3.00	Presenta un potente estrato conformada por arcilla arenosa, de consistencia firme, material de color marrón con manchas anaranjadas, presenta 14.00% de humedad natural, estrato de mediana plasticidad (IP=14.60%) con contenido de 37.21% arena y 62.79% de arcilla. Clasificación SUCS: CL; AASHTO: A-6(7)” (Meléndez , 2018).
Zapatas Continuas Presión admisible: 1.29 kg/ [cm] ^2.		

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta las lecturas hechas a las trincheras, así como, la clasificación de suelos que conforman los diversos estratos.

Tabla 28
Características del suelo - trinchera N° 01

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (m)	CARACTERISTICAS DEL SUELO
1	0.00 -3.00	"Estrato conformado por arcilla arenosa, de consistencia media, estrato de consistencia media, de color marrón claro, presenta 29.70% de humedad natural, de mediana plasticidad (IP=14.60%) con contenido de, 28.85% arena, 71.15% de arcilla. Clasificación SUCS: CL; AASHTO: A-6(8)" (Meléndez , 2018)
Zapatras Continuas Presión admisible: 1.28 kg/ [cm] ^2.		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29
Características del suelo - trinchera N° 02

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (m)	CARACTERISTICAS DEL SUELO
1	0.00 -3.00	Estrato conformado por grava mal gradada arcillosa, estrato de compacidad suelta, presenta 8.90% de humedad natural, estrato con material fino de color beige oscuro, de baja plasticidad, (IP=5.30%), con contenido de 59.20% de grava, 29.18% de arena y 11.62% de arcilla. Clasificación SUCS: GP-GC; ASHTO: A-1b (0). Presenta piedras aisladas de 3 pulg, de diámetro.
Zapatras Continuas Presión admisible: 1.71 kg/ [cm] ^2.		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30
Características del suelo - trinchera N° 03

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (m)	CARACTERISTICAS DEL SUELO
1	0.00 -3.00	Estrato conformado por arena arcillosa, estrato de compacidad suelta, presenta 25.90% de humedad natural, material fino de color beige claro, de baja plasticidad (IP=9.00%) con contenido de 65.90% de arena y 34.10% de arcilla. Clasificación SUCS: SC; AASHTO: A-2-4(0)
Zapatras Continuas Presión admisible: 1.41 kg/ [cm] ^2.		

Fuente: Elaboración propia

3.3.4. Objetivo específico 4

Se llevó a cabo una inspección general del área del proyecto, enfocándose en la ribera de la margen derecha, que sufre erosión e inundación durante los picos de caudal. Con el respaldo del plano topográfico, el estudio hidrológico y el análisis de mecánica de suelos, se procedió de la siguiente manera:

Determinar la dirección del flujo de agua.

Evaluar la variación del nivel del agua correspondiente al caudal de diseño en cada sección transversal.

Graficar el perfil hidráulico del flujo de agua para la avenida de diseño.

Describir la morfología del curso de agua en el tramo de interés.

Calcular el ancho estable del cauce usando las metodologías de Blench-Altunin y Simons-Henderson.

Determinar la profundidad de socavación general utilizando el método de Listch Van Lebediev. Calcular la profundidad de socavación local con el método de Artamonov.

Evaluar la socavación total en el cauce del río Mishquiyacu en el tramo de estudio.

Definir el o los niveles de cimentación adecuados para las estructuras de protección contra inundaciones. Si es necesario, calcular el transporte de sedimentos durante la avenida de diseño.

Finalmente, se realizó un modelamiento hidráulico, tanto con el proyecto como sin él, utilizando el software HEC-RAS versión 5.0.

Tabla 31
Estudio hidráulica fluvial

Parámetro	Unidad de medida
Tirante de agua en cada sección transversal	m
Gradiente hidráulico del flujo de agua	m/m
Ancho estable del cauce	m
Socavación total en el cauce del río Mishquiyacu	m
Modelamiento hidráulico	Adimensional

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultado del objetivo específico 1

A continuación, se muestra el registro de los hitos que se encuentran empotrados en el área. Estos hitos tienen un núcleo de acero en el cual que se han determinado la altitud y las coordenadas.

Tabla 32
Relación de hitos y BMs

RED DE BMs						
Componente Estructural	HITOS	NOMENCLATURA	COTAS msnm	COORDENADAS		MARGEN DE RIO
				NORTE	ESTE	
MURO DE ENCAUZAMIENTO CONFORMADO POR GAVIONES	H-1	BM-1	244	9246807.4	364825.8	Derecha
	H-2	BM-2	246	9246814.9	364830.7	Derecha
	H-3	BM-3	243.17	9246879.6	364666.1	Derecha
	H-4	BM-4	241.51	9246930.4	364479.9	Derecha
	H-5	BM-5	239.78	9246856.1	364291.5	Derecha
	H-6	BM-6	245.94	9246771	364327.0	Izquierda
	H-7	BM-7	239.42	9247035.2	364074.9	Derecha
	H-8	BM-8	244.29	9246954.3	364040.5	Izquierda
	H-9	BM-9	234.60	9247208.5	363883.3	Derecha
	H-10	BM-10	235.39	9247175.1	363830.9	Izquierda
	H-11	BM-11	233.76	9247378.8	363594.6	Derecha
	H-12	BM-12	235.64	9247346.5	363551.9	Izquierda
	H-13	BM-13	235.26	9247545.4	363493.7	Derecha
	H-14	BM-14	234.52	9247519.3	363456.6	Izquierda
	H-15	BM-15	233.22	9247667.2	363236.1	Derecha
	H-16	BM-16	234.28	9247624.7	363195.1	Izquierda
	H-17	BM-17	232.54	9247909	363075.6	Derecha
	H-18	BM-18	232.06	9247871.51	363057.7	Izquierda

Fuente: Elaboración Propia

4.2. Resultado del objetivo específico 2

La tabla proporciona un compendio de los parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Mishquiyacu. Los detalles se muestran en los anexos.

Tabla 33
Parámetros geomorfológicos - cuenca río Mishquiyacu

PARAMETROS			UNIDAD	NOMENCLATURA	VALORES	
Área total			km ²	At	508.8457	
Perimetro			km	P	113.4854	
RELACION DE FORMA	FACTOR DE CUENCA	FACTOR DE FORMA	Coeficiente de Compacidad		141	
			Longitud de Cauce Principal		46.9722	
			km	Lb		
			km	Am=At/Lb	10.8329	
				Ff=At/Lb ²	0.2306	
	RECTANGULO EQUIVALENTE		LADO MAYOR	km	45.6502	
			LADO MENOR	km	11.1466	
	ORDEN DE DRENAJE		LONGITUD TOTAL	km	1	83.3919
				km	2	56.408
				km	3	36.0086
SISTEMA DE DRENAJE	NUMERO DE CAUCES PARA CADA ORDEN DE DRENAJE			1	23	
				2	8	
				3	15	
	Longitud de los rios de diferente orden		km	Lt	174.8814	
	Número de rios según su orden			Rn	3	
	Longitud de cauce principal		km	Lr	46.972	
	Densidad de drenaje		km/km ²	Dd=Lt/At	0.3437	
	Relación de bifurcación			Rb=Rn/(Rn+1)	0.75	
	Extensión de media cada orden		km	Es=At/(4Lt)	0.7274	
	Frecuencia de los rios		r/km ²	Fr=Rn/At	0.005896	
	Altura mínima de la cuenca (desembocadura)		m.s.n.m	Ht	200.00	
	Altura máxima de la cuenca		m.s.n.m	Hm	1242	
	Pendiente del cauce principal		m/m	S	0.005366	
	Pendiente de la cuenca		%	Ip=(100)(Hm-Ht)/L	2.22	
	Tiempo de concentración		horas	Tc	5.57	
Cota en el punto de interés		m.s.n.m		233.00		
Cota naciente del río		m.s.n.m		1025.00		

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente tabla se presenta un resumen de los Parámetros Geomorfológicos hasta el punto de interés río Mishquiyacu.

Tabla 34
Parámetros geomorfológicos hasta el punto de interés

CUENCA COLECTORA RIO MISHQUIYACU (PUNTO DE INTERES)						
		PARAMETROS	UNIDAD	NOMENCLATURA	VALORES	
RELACION DE FORMA	Área total		km ²	At	329.793732	
	Perimetro		km	P	86.8824	
	FACTOR DE CUENCA	FACTOR DE FORMA	Coeficiente de Compacidad		$kc=0.28/P((At)1/2)$	1.34
			Longitud de Cauce Principal	km	Lb	34.5514
			Ancho medio	km	$Am=At/Lb$	9.545
			Factor de forma		$Ff=At/Lb^2$	0.2763
	RECTANGULO EQUIVALENTE		LADO MAYOR	km		33.6558
			LADO MENOR	km		9.799
	ORDEN DE DRENAJE		LONGITUD TOTAL	km	1	52.6916
				km	2	36.6319
			km	3	23.5879	
SISTEMA DE DRENAJE	NUMERO DE CAUCES PARA CADA ORDEN DE DRENAJE			1	19	
				2	6	
				3	12	
	Longitud de los rios de diferente orden		km	Lt	112.9114	
	Número de rios según su orden			Rn	3	
	Longitud de cauce principal		km	Lr	34.5514	
	Densidad de drenaje		km/km ²	$Dd=Lt/At$	0.342237	
	Relación de bifurcación			$Rb=Rn/(Rn+1)$	0.75	
	Extensión de media cada orden		km	$Es=At/(4Lt)$	0.7302	
	Frecuencia de los rios		r/km ²	$Fr=Rn/At$	0.0091	
	Altura mínima de la cuenca (desembocadura)		m.s.n.m	Ht	223.00	
	Altura máxima de la cuenca		m.s.n.m	Hm	1242.00	
	Pendiente del cauce principal		m/m	S	0.016011	
	Pendiente de la cuenca		%	$Ip=(100)(Hm-Ht)/L$	2.92	
	Tiempo de concentración		horas	Tc	3.95	
Cota en el punto de interés		m.s.n.m		233.00		
Cota naciente del río		m.s.n.m		1025.00		

Fuente: Elaboración Propia

4.3. Resultado del objetivo específico 3

Los detalles se muestran en los anexos.

Tabla 35
Ensayos de mecánica de suelos

Parámetros	Unidades
Granulometría del suelo	mm
Plasticidad del suelo	%
Contenido de humedad	Bares
Clasificación del suelo	Tamiz N°40

Capacidad portante del suelo	kg/cm ²
Fuente: Elaboración Propia	

4.4. Resultado del objetivo específico 4

Ubicación de las obras de defensa ribereña

El emplazamiento de las obras de defensa ribereña para proteger la zona urbana y agrícola de la localidad de Tres Unidos se ubicó en la faja marginal de la margen derecha del río Mishquiyacu.

Cálculo de la pendiente media del cauce del río Mishquiyacu en el tramo de interés

El valor de la pendiente se ha calculado de la siguiente forma:

$$S = \left[\frac{m}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_n}}} \right]^2$$

Como se muestra en la tabla.

Tabla 36

Cálculo de la pendiente del cauce río Mishquiyacu

CALCULO DE LA PENDIENTE				
m	COTAS	DISTANCIA	$S = \frac{CT1-CT2}{DISTANCIA}$	$1/\sqrt{S}$
1	237.5	71.47	0.006996	11.95575
2	237	160.04	0.003124	17.89078
3	236.5	65.56	0.007627	11.45076
4	236	46.92	0.010656	9.6871
5	235.5	223	0.002242	21.11871
6	235	27.19	0.018389	7.37428
7	234.5	21.72	0.02302	6.5909
8	234	182.88	0.002734	19.12485
9	233.5	44.18	0.011317	9.4
10	233	109.75	0.004556	14.81553
11	232.5	51.68	0.009675	10.16661
12	232	140.86	0.00355	16.78452
13	231.5	272.06	0.001838	23.32638
14	231	50.81	0.009841	10.08067
15	230.5	52.67	0.009493	10.26353
16	230	32.12	0.015567	8.01499
17	229.5	407.14	0.001228	28.53559
18	229	216.56	0.002309	20.81154
19	228.5	107.29	0.00466	14.64855
20	228	192.56	0.002597	19.62447
			Σ	291.66553

Fuente: Elaboración propia

$$S = \left[\frac{m}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_{19}}} + \frac{1}{\sqrt{S_{20}}}} \right]^2 = 0.004702$$

En el segmento analizado del río Mishquiyacu, se ha determinado que la inclinación promedio del lecho es de 0.004702. Este valor tiene implicaciones significativas en el comportamiento del río.

Perfil hidráulico del río Mishquiyacu en el tramo de interés

Para determinar el perfil hidráulico del río Mishquiyacu en el tramo de inundación de 2,250 m, se definió primero el eje hidráulico del cauce del río. Luego, se determinaron secciones transversales en puntos estratégicos donde se identificaron los niveles de agua máxima esperada (NAME) para establecer el nivel de inundación que afecta las áreas agrícolas y urbanas, impactando a las diversas Unidades Productoras de Bienes y Servicios Públicos (UPS).

Además de conocer la pendiente del cauce, el procedimiento para determinar el perfil hidráulico incluyó el cálculo del valor de la rugosidad n para todas las secciones del cauce, incluida el área inundable, aplicando el método de Cowan, cuyos valores se presentan en la tabla.

Tabla 37
Cálculo del coeficiente de rugosidad según Cowan

CONDICION DEL CAUCE		VALORES	
Material considerado	Tierra		0.030
	Roca cortada	n_0	0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
	Liso		0.000
Grado de irregularidad	Menor		0.005
	Moderado	n_1	0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la sección transversal del cauce	Gradual		0.000
	Ocasionalmente alternante	n_2	0.005
	Frecuentemente alternante		0.010 – 0.015
	Despreciable		0.000
Efecto relativo de obstrucciones.	Menor	n_3	0.010 – 0.015
	Apreciable		0.020 – 0.030
	Severo		0.040 – 0.060
	Baja		0.005 – 0.010
Vegetación	Media		0.010 – 0.020
	Alta	n_4	0.025 – 0.050
	Muy alta		0.050 – 0.100
Cantidad de meandros.	Menor		1.000
	Apreciable	n_5	1.150
	Severa		1.300

Fuente: Elaboración propia

Se identificaron dos tipos de secciones con respecto al valor de la rugosidad, una en el

área urbana habitada y otra en el área urbana cubierta de vegetación.

El cálculo de los valores de n para el cauce río Mishquiyacu se presenta la tabla.

Tabla 38

Cálculo del valor n - cauce río Mishquiyacu

CONDICION DEL CAUCE	SIMBOLO	VALOR
Material: Grava fina y gruesa	n_0	0.026
Irregularidad: Moderada	n_1	0.010
Variación de la sección Transversal: ocasionalmente alternante	n_2	0.005
Efecto relativo de obstrucciones: Despreciable.	n_3	0.000
Vegetación: Baja.	n_4	0.005
Presencia de meandros: Menor.	n_5	1.00
VALOR	n	0.046

Fuente: Elaboración propia

Una vez calculado el valor de n, el procedimiento es el siguiente:

Para determinar el tirante de agua en cada sección, se ha empleado la fórmula de Manning, dado que se disponen de las dimensiones de cada sección de interés y los valores de los parámetros correspondientes.

Para la sección Km 00+000

Se ha utilizado la fórmula de Manning.

$$Q = \frac{1}{2} AR^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Y también las siguientes relaciones.

$$A = by + zy^2$$

$$Pm = b + 2y\sqrt{1 + z^2}$$

$$R = \frac{by + zy^2}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}}$$

De la ecuación de Manning, sabemos que:

$$(by + zy^2) \left(\frac{by + zy^2}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}} \right)^{\frac{2}{3}} = \frac{Q \times n}{S^{1/2}}$$

De las relaciones previas, se han determinado los datos de Q, n, s, b y z en cada sección de interés en el río Mishquiyacu:

$$Q = 679.89 \frac{m^3}{seg} \dots\dots\dots \text{Caudal de diseño}$$

$b = 25$ m es el ancho natural del río

$z = 1.50$ Talud medio del cauce

$n = 0.046$ Rugosidad del cauce

$S = 0.004072$ Pendiente del cauce según estudio topográfico

A continuación, se sustituyen estos datos en la fórmula y, mediante cálculos repetidos, se obtiene el valor de Y .

$Y = 5.651$ m

También se puede utilizar el programa Hcanales y el resultado es similar, tal como se presenta a continuación:

Lugar:	RIO MISHQUIYACU	Proyecto:	DEFENSA RIBEREÑA
Tramo:	km 00+000	Revestimiento:	MURO ENCAUZAMIENTO

Datos:	
Caudal (Q):	679.89 m ³ /s
Ancho de solera (b):	25 m
Talud (Z):	1.5
Rugosidad (n):	0.046
Pendiente (S):	0.004072 m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	5.6514 m	Perímetro (p):	45.3766 m
Área hidráulica (A):	189.1944 m ²	Radio hidráulico (R):	4.1694 m
Espejo de agua (T):	41.9543 m	Velocidad (v):	3.5936 m/s
Número de Froude (F):	0.5403	Energía específica (E):	6.3097 m·kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico	Cuidado velocidad erosiva	

Figura 13

Cálculo del tirante de agua-sección km 000+00

Fuente: Hcanales

Por lo tanto, el tirante de agua queda determinado para esta sección en 5.651 m.

Para calcular el NAME en cada sección, se ha considerado el valor de la cota del fondo del río, al cual se le ha añadido el tirante de agua, resultando en el valor final del NAME.

Por lo tanto, el NAME para la sección Km 00+000 es:

$\text{NAME} = 237.750 + 5.651 = \text{NAME} = 243.402$ m.s.n.m.

Se han calculado los NAME a lo largo del tramo de interés cada 200 metros, siguiendo similar procedimiento.

A continuación, en tabla, se presenta el cálculo del perfil hidráulico del río.

Tabla 39
Perfil hidráulico del río Mishquiyacu

Sección PK	Caudal de diseño (m ³ /seg)	Rugosidad del Cauce (n)	Pendiente media del cauce (s)	Talud del Cauce (z)	Ancho Medio (m)	Tirante de agua (m)	Cota del cauce (msnm)	NAME (m.s.n.m)
00 + 000	679.89	0.046	0.004702	1.5	25	5.651	237.75	243.401
00 + 200	679.89	0.046	0.004702	1.5	55	3.681	237	240.681
00 + 400	679.89	0.046	0.004702	1.5	45	4.129	236.8	240.929
00 + 600	679.89	0.046	0.004702	1.5	40	4.412	234.5	238.912
00 + 800	679.89	0.046	0.004702	1.5	35	4.747	233.5	238.247
01 + 000	679.89	0.046	0.004702	1.5	25	5.651	231.9	237.551
01 + 200	679.89	0.046	0.004702	1.5	35	4.747	231.8	236.547
01 + 400	679.89	0.046	0.004702	1.5	30	5.153	231.1	236.253
01 + 600	679.89	0.046	0.004702	1.5	25	5.651	229.9	235.551
01 + 800	679.89	0.046	0.004702	1.5	50	3.889	229.5	233.389
02 + 000	679.89	0.046	0.004702	1.5	50	3.889	229.4	232.289

Fuente: Elaboración propia

Simulación del comportamiento hidráulico del río Mishquiyacu, ante la ocurrencia de la avenida de diseño

Para la simulación, se requirió saber los niveles de agua máxima esperada (NAME) y las cotas del borde del río, especialmente en la margen derecha donde está la zona urbana de Tres Unidos, según el estudio topográfico del tramo del río, en la tabla se presenta los cálculos correspondientes.

Tabla 40
Valores del NAME para la avenida de diseño

N.º	Ubicación de la sección transversal PK	Caudal de diseño (m ³ /seg)	Gradiente Hidráulico (IE = GH)	Nivel de agua Avenida de Diseño (NAME)
1	00 + 000	679.89	0.004	243.401
2	00 + 200	679.89	0.004	240.681
3	00 + 400	679.89	0.004	240.929
4	00 + 600	679.89	0.0047	238.912
5	00 + 800	679.89	0.0047	238.247
6	01 + 000	679.89	0.0047	237.551
7	01 + 200	679.89	0.0047	236.547
8	01 + 400	679.89	0.0047	236.253
9	01 + 600	679.89	0.0047	235.551
10	01 + 800	679.89	0.0047	233.389
11	02 + 000	679.89	0.0047	232.289

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41
Cálculo de la gradiente hidráulica en el tramo de interés

CALCULO DE LA PENDIENTE	
--------------------------------	--

m	COTAS		DISTANCIA	$S = \frac{CT1 - CT2}{DISTANCIA}$	$\frac{1}{\sqrt{S}}$
1	243.401	240.681	200.00	0.013600	8.57493
2	240.681	240.929	200.00	0.001240	28.39809
3	240.929	238.912	200.00	0.010085	9.95777
4	238.912	238.247	200.00	0.003325	17.34220
5	238.247	237.551	200.00	0.003480	16.95159
6	237.551	236.547	200.00	0.005020	14.11394
7	236.547	236.253	200.00	0.001470	26.08203
8	236.253	235.551	200.00	0.003510	16.87899
9	235.551	233.389	200.00	0.010810	9.61805
10	233.389	232.289	200.00	0.005500	13.48400
Σ					161.40158

Fuente: Elaboración propia

$$s = \left[\frac{m}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_{19}}} + \frac{1}{\sqrt{S_{20}}}} \right]^2 = 0.004$$

Seguidamente, se presenta la tabla, que describe los valores de simulación para el evento de diseño con un período de retorno de 100 años

Tabla 42
Simulación del NAME para la avenida de diseño

N.º	Ubicación sección transversal PK.	Q diseño (m³/seg)	Nivel Avenida de diseño NAME (msnm)	Nivel de terreno borde derecho de río (msnm)	Observación
1	00 + 000	679.89	243.401	244.52	Necesita obras de protección por erosión fluvial.
2	00 + 200	679.89	240.681	241.23	Necesita obras de protección por erosión fluvial.
3	00 + 400	679.89	240.929	241.20	Necesita obras de protección por erosión fluvial.
4	00 + 600	679.89	238.912	238.84	Necesita obras de protección por inundación fluvial.
5	00 + 800	679.89	238.247	237.11	Necesita obras de protección por inundación fluvial.
6	01 + 000	679.89	237.551	235.54	Necesita obras de protección por inundación fluvial.
7	01 + 200	679.89	236.547	233.93	Necesita obras de protección por inundación fluvial.
8	01 + 400	679.89	236.253	235.24	Necesita obras de protección por inundación fluvial.

9	01 + 600	679.89	235.551	232.25	Necesita obras de protección por inundación fluvial
10	01 + 800	679.89	233.389	234.32	Necesita obras de protección por erosión fluvial
11	02 + 000	679.89	232.289	232.92	Necesita obras de protección por erosión fluvial

Fuente: Elaboración propia

De los resultados de simulaciones de inundación y erosión, se obtuvo que el área inundable alcanza la zona urbana de la localidad de Tres Unidos en la cual existen unidades Productoras de Bienes y Servicios Públicos (UP) y viviendas que es necesario proteger.

Modelamiento Hidráulico con el software HEC RAS 5.07

El proyecto se ubica en una zona de ceja de selva con clima tropical, cálido y lluvioso, y topografía ondulada. En esta región, los cursos de agua cambian de trayectoria, y durante las avenidas, las precipitaciones son elevadas, con un escurrimiento rápido debido a la variabilidad en la pendiente de la microcuenca, la cubierta vegetal y el arrastre de material sólido, palizadas y basura. Por ello, al dimensionar la altura proyectada, se ha considerado que debe ser suficiente para evitar el desbordamiento de agua.

Se ha realizado la ampliación del modelo HEC RAS 5.07 teniendo en consideración el levantamiento topográfico del tramo de interés del río Mishquiyacu en el que tiene previsto emplazar las obras de defensa ribereña, así mismo, los valores de la rugosidad del cauce, caudal de diseño y la pendiente del cauce en el tramo de interés. En el anexo se presentan los resultados hidráulicos más importante del HEC RAS 5.07 y que incidirán en determinar las características geométricas e hidráulicas de las obras de protección, y en el anexo se muestra el modelamiento hidráulico HEC RAS 5.0.7

Ancho de la sección estable del cauce del río Mishquiyacu en el tramo de interés

El ancho estable en los cursos de agua puede determinarse mediante dos métodos reconocidos: la Teoría del Régimen Estable de Blench-Altunin y el método de Símons y Henderson. Estos enfoques fueron empleados análisis de diversos puentes en el Departamento de San Martín, incluyendo el Puente Chaquishca, Puente Belén, Puente Pelejo y Puente Yanayacu, así como en el diseño de defensas ribereñas con espigones y muros de encauzamiento en los ríos Huayabamba y Huallaga, en localidades como Huicungo, Pachiza, Campanilla, Juanjuí, Bellavista, San Hilarión, Puerto Rico, Shapaja y Chazuta. Los resultados obtenidos han demostrado un efectivo funcionamiento

hidráulico.

Cálculo del ancho estable en el tramo de interés, aplicando el Método de Blench – Altunin:

El método, se sustenta en la presente relación.

$$B = 1.81 \left[(Q_{max}) \frac{F_b}{F_s} \right]^{1/2}$$

Donde:

Q_{max} = indica el caudal o flujo de diseño en $\frac{m^3}{seg}$, para el período de retorno y el riesgo de falla estimado (100 años)

Cálculo del Factor de orilla (F_s):

F_s se determina dependiendo el material que compone el cauce (como barro, material altamente cohesivo o arena gruesa) y varía entre 0.10 y 0.30, siendo adimensional. En el caso del cauce del río Mishquiyacu en el tramo de interés, donde el material predominante es arena fina con cierta cohesión, el valor del factor de orilla.

Cálculo del Factor de Fondo (F_b):

$$F_b = F_{bo} (1 + 0.12 C)$$

Donde:

C = Concentración de material de fondo igual a 0.05

Sin embargo:

$$F_{bo} = (D_{50})^{1/3}$$

En el uso del método Blench-Altunin, se establecen los siguientes parámetros:

Factor de orilla (F_s): Se fija en un valor constante de 0.30.

Factor de fondo (F_b): Este valor es variable y depende del diámetro medio del material del lecho del río. Se determinó mediante la curva granulométrica para cada trinchera excavada. Las trincheras se ubican en el talud de la margen derecha del río, en el tramo de interés. La ubicación exacta de estas trincheras se muestra en el Plano PUCT (Plano de Ubicación de Calicatas y Trincheras).

Diámetro medio (D_{50}): Se obtiene a partir de ensayos de laboratorio. Se realizaron pruebas en ocho calicatas y tres trincheras excavadas en el talud.

Los resultados detallados de estos ensayos se encuentran en el Anexo 05. Este enfoque permite una caracterización precisa del material del lecho del río, lo cual es crucial para el diseño de estructuras de protección de las riberas.

Dado que el lecho del río está predominantemente compuesto por material granular, con diámetros medios en grava fina y arena gruesa, se ha tomado un valor promedio entre todos los valores obtenidos en calicatas y trincheras. El valor representativo del diámetro medio (D50) es de 4.00 mm. Se ha determinado el valor de B para la condición granular media, es decir un valor de (D50) igual a 4.00 mm.

Cálculo de F_b para (D50) = 4.00 mm:

Con el valor de (D50), se determina el valor de F_b utilizando la fórmula indicada anteriormente.

$$F_b = F_{b0} (1 + 0.12 C) = F_b = 1.587 (1 + 0.12 \times 0.005) = (1 + 0.006) = 1.596$$

Aplicando la fórmula de ancho estable (B) será:

$$B = 1.81 \left[\frac{(Q_{max}) F_b}{F_s} \right]^{1/2}$$

$$\text{Donde: } Q_{max} = 679.89 \frac{m^3}{seg}, F_b = 1.596, F_s = 0.30$$

A partir de lo cual:

$$B = 60.00 \text{ m}$$

Cálculo de la sección estable: Simón y Hederson

Para el determinar, se utiliza:

$$B = K1 (Q)^{1/2}$$

Donde: $K1 = 2.4$ (condiciones de fondo de arena fina y orillas de material no cohesivo en el talud y lecho del río Mishquiyacu).

$$\text{Así que: } B = 2.4 (679.89)^{\frac{1}{2}} = 62.50 \text{ m}$$

Basado en los cálculos realizados mediante dos métodos para el cauce del río Mishquiyacu, seleccionamos como ancho de la sección estable en el tramo de estudio, el valor promedio obtenido como se especifica en la tabla.

Tabla 43

Ancho estable del cauce río Mishquiyacu

Método	Sección estable calculada (m)	Sección estable adoptada (m).
--------	-------------------------------	-------------------------------

Blench - Altunin	60	--
Símons – Henderson	62.5	--
Ancho estable		61

Fuente: Elaboración propia

Profundidad de socavación general, local y total para el tránsito de diseño en el tramo de interés

En el estudio actual, se calculó la profundidad de socavación en el cauce del río Mishqiyacu para el paso del caudal de diseño.

Profundidad de socavación general

El modelo que se empleó será:

$$Y_s = \left[\frac{a \times Y^{5/3}}{0.68 \times D_m^{0.28} \times b_0} \right]^{1/(1+X)}$$

Y_s = profundidad a la que se ubica la Socavación, desde la superficie de agua hasta el fondo de cauce.

$D_m = D_{50}$ para la condición granulométrica del cauce.

$D_m = 4.00$ mm

b_0 = coeficiente de frecuencia con la que se repite la avenida (1/100).

Cauce del río Mishqiyacu en el tramo de interés

Cálculo del valor de a

a = coeficiente de sección de pendiente

Proceso de cálculo:

Sabemos que:

$$Qd = \frac{(AR^2 \times S^1)}{n}$$

Luego:

Si; $S = 0.004702$ Y $n = 0.046$, entonces:

$A = 1.076$

Cálculo del valor de Y

Para calcular el valor de Y, fue necesario conocer el ancho medio del cauce natural del río, el cual ha sido determinado en función a las secciones transversales utilizadas para estimar el perfil hidráulico del río, en la siguiente tabla.

Tabla 44

Ancho medio del cauce natural

N	SECCION TRANSVERSAL	ANCHO NATURAL (m)
1	00 + 000	25
2	00 + 200	55
3	00 + 400	45
4	00 + 600	40
5	00 + 800	35
6	01 + 000	25
7	01 + 200	35
8	01 + 400	30
9	01 + 600	25
0	01 + 800	50
1	02 + 000	50
2	02 + 200	45
TOTAL (m)		460
ANCHO MEDIO (m)		38.3

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, el ancho medio del cauce a tenerse en consideración es de 38.00 m.

Empleando la fórmula de Manning, se determinó el valor del tirante de agua que pertenece al caudal de diseño ($679.89 \text{ m}^3/\text{seg}$).

$Q_{(d)} = 679.89 \text{ m}^3/\text{seg}$, $S = 0.004702$, $n = 0.046$, $z = 1.5$, $B = 38.00 \text{ m}$

The screenshot shows a software interface for hydraulic calculations. It includes input fields for location, project, and channel type, a data entry section with values for discharge, width, slope, roughness, and slope, a trapezoidal channel cross-section diagram, and a results section with calculated values for water depth, area, velocity, and energy. A warning message 'Cuidado velocidad erosiva' is displayed in red.

Lugar:		Proyecto:	
RIO MISHQUIYACU		DEFENSA RIBEREÑA	
Tramo:		Revestimiento:	
LOCALIDAD TRES UNIDOS		GAVIONES TIPO CAJA	

Datos:	
Caudal (Q):	679.89 m ³ /s
Ancho de solera (b):	38.00 m
Talud (Z):	1.5
Rugosidad (n):	0.046
Pendiente (S):	0.004702 m/m

Resultados:			
Tirante normal (y):	4.5388 m	Perímetro (p):	54.3650 m
Área hidráulica (A):	203.3777 m ²	Radio hidráulico (R):	3.7410 m
Espejo de agua (T):	51.6165 m	Velocidad (v):	3.3430 m/s
Número de Froude (F):	0.5377	Energía específica (E):	5.1084 m·kg/kg
Tipo de flujo:	Subcrítico	Cuidado velocidad erosiva	

Figura 14

Cálculo del tirante mediante HCanales

Fuente: HCanales

Al realizar el cálculo se obtiene:

$Y = 4.538 \text{ m}$.

Cálculo de la Profundidad de Socavación (H_s)

$$Y_s = \left[\frac{1.076 \times (4.538)^{1/3}}{0.68 \times (4.00)^{0.28} \times 1.00} \right]^{0.70}$$

A continuación; la profundidad de socavación general resultará:

$$H_s = Y_s - S = H_s = 5.830 \text{ m} - 4.538 \text{ m} = 1.292 \text{ m, socavación general}$$

Profundidad de Socavación Local

Se ha calculado empleando el método de Artamonov,

Al proporcionar los valores, se obtiene:

Para el caudal de diseño, el tirante medio de agua asociado al caudal de diseño es de 4.538 m.

$$H_o = 4.538 \text{ m (para un ancho natural del cauce de 38.00m)}$$

$$K_a = 1.00 \text{ (ángulo de } 90^\circ\text{).}$$

$$K_q = 2.00 \text{ (ya } Q_1/Q_2 = 0.10\text{).}$$

$$K_r = 0.91 \text{ (talud } z=0.5, \text{ muro de sección escalonada cada } 0.50 \text{ m.)}$$

Al efectuar los cálculos, se obtiene que

$$Z_L = (1.00)(0.91)(4.538) \quad Z_L = 8.259 \text{ m.}$$

$$\text{Por lo tanto: } S_I = Z_I - H_o$$

$$S_I = 8.259 - 4.538 = 3.721 \text{ m, socavación local}$$

Profundidad de Socavación total

Es la sumatoria de la socavación general más la socavación local, tal como se presenta en la siguiente tabla 50.

Tabla 45
Profundidad de socavación total

Tipo de socavación	Método	Caudal (m ³ /seg)	Periodo de retorno (años)	Valor de la socavación (m)
Socavación general	List Van Lebediev	679.89	100	1.292
Socavación local	Artamanov	679.89	100	3.721
Socavación total				5.013

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

1. Para la realización de estudio de investigación se tuvieron en consideración los resultados de los estudios básicos de ingeniería: estudio topográfico (conocer la configuración del cauce del río Mishqiyacu y del área urbana de la localidad de Tres Unidos, estudio hidrológico (parámetros hidrológicos), estudio de mecánica de suelos (granulometría del cauce y franja urbana ribereña) y estudio de hidráulica fluvial (planteamiento hidráulico).
2. No existe información hidrométrica o de aforos del río Mishqiyacu, tanto como aguas arriba como aguas abajo del tramo de interés, salvo la información pluviométrica de la precipitación máxima en 24 horas registrada en las Estaciones CO Sauce ubicada dentro de la cuenca del río Mishqiyacu y a una altura que corresponde la parte alta de la cuenca.
3. Para el desarrollo del presente estudio, se ha utilizado la información pluviométrica de precipitación máxima caída en 24 horas y registrada en la Estación Sauce durante el periodo: 2000-2019. Así mismo de información Aero fotográfica satelital y la Carta Nacional IGN de la cuenca del río Mishqiyacu.
4. La pendiente media del cauce del río Mishqiyacu en el tramo de interés es de $S=0.004072$.
5. La precipitación media anual calculada durante el periodo de estudio es de 1,348.20 mm, registrados en la Estación CO Sauce por la cual se ubica dentro del área de estudio.
6. Para el cálculo del tiempo de concentración, se ha empleado el método de Kirpich, que utiliza datos de longitud del cauce principal, así como el desnivel que existe entre el punto más alto de la cuenca colectora, en las nacientes del río, hasta el punto o sección de interés (Localidad de Tres Unidos), el valor obtenido del T_c es de 4.00 horas.
7. Los caudales máximos para diferentes periodos de retorno calculados en el tremo de interés son los siguiente:

Período de retorno (Tr) en años	Caudal máximo (m³/seg.)
5	230.3
10	323.03
20	421.3
25	454.15

50	559.88
100	679.89
150	738.09
200	786.72
300	856.54
400	906.93
500	946.48

8. Para el cálculo del caudal de diseño, se ha aplicado cuatro métodos que son los siguientes. Se ha seleccionado como caudal de diseño para las obras de defensa ribereña, al que se obtuvo aplicando el método de Soil Conservation Service SCS, o también conocido como de la curva N que es de 679.89 m³/seg, por ser un método de alta confiabilidad y que ya ha sido aplicado para el diseño de otras obras ya construidas en la región. El caudal ha sido calculado para un periodo de retorno de 100 años, una vida útil de 20 años y un riesgo de falla hidrológico del 20%.

N°	METODO	CAUDAL MAXIMO (m ³ /seg)
1	Curva N de US Soil Conservation Service	679.89
2	Iszkowski	622.5
3	Curvas envolventes de Creager	352.6
4	Hidráulico o directo	673.7

9. El perfil hidráulico en el río Mishquiyacu presenta un gradiente de 0.004, ya que en el río la descarga es libre.
10. El valor de la profundidad de socavación total es de 5.013 m. conformada para una socavación general de 1.292 m. y una de socavación local 3.721 m. sin embargo, por aspectos constructivos se ha adoptado un valor de 6.00 m.
11. El ancho estable o de equilibrio del cauce del río Mishquiyacu es de 61.00 m y de ancho medio natural es de 38.00 metros, esto demuestra que el río aún no ha alcanzado su equilibrio hidráulico, por tanto, las obras de protección deben ser obras longitudinales.
12. El tirante medio de agua que corresponde a la avenida de diseño es de 4.538 m.
13. El nivel del borde del río desde el inicio del tramo de interés hasta su punto final es más bajo que el nivel alcanzado por las aguas, por lo que a lo largo del tramo se produce el desbordamiento de agua, ocasionando la inundación durante la época de avenidas de agua.

RECOMENDACIONES

1. Al gobierno local pertinente, Municipalidad Distrital de Tres Unidos, utilizar los resultados del presente trabajo de investigación, para el desarrollo futuro del proyecto de inversión pública, siendo necesario para su implementación y/o ejecución de obra, ya que esto facilitará la resolución del problema de inundaciones que ha estado padeciendo a lo largo de muchos años la localidad de Tres Unidos.
2. Instalar una estación hidrométrica o de aforos aguas arriba del tramo de estudio para la medición de caudales que permitan planificar la prevención.
3. Evitar la eliminación de la cubierta vegetal en la parte alta de la cuenca para no incrementar la masa de transporte de sólidos en épocas de avenidas, ya que estos se depositan en el fondo del cauce disminuyendo su capacidad de transporte de caudales originando el desborde de agua.
4. Promover la forestación de ambas márgenes del río Mishquiyacu para fortalecer los taludes del cauce, de este modo mitigar la erosión del cauce.
5. Defensa Civil debe capacitar a la población urbana ribereña para una cultura de prevención ante la ocurrencia de inundaciones con la finalidad de minimizar las pérdidas de vidas humanas, colapso de viviendas, etc.
6. Con respecto a la planta de tratamiento de las aguas residuales (PTAR), la autoridad local debe priorizar la ejecución de obras de prevención para evitar la inundación de los componentes de la planta, para de esta manera mitigar los efectos de contaminación por aguas servidas aguas abajo de la localidad de Tres Unidos.
7. Debido a las condiciones hidráulicas del cauce y al comportamiento hidrológico de la cuenca del río Mishquiyacu, el proceso constructivo debe realizarse en época de estiaje teniendo siempre en consideración obras provisionales de desvío de agua con la finalidad de que las obras no se vean afectadas por crecientes menores repentinas que se pudieran presentar eventualmente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Americabos, O. (2006). Departamento de desarrollo Sostenible. Departamento de desarrollo Sostenible.
- Bianchini, I. (1934). Defensas fluviales, marítimas y obras similares por gaviones metálicos. Barcelona: A. Bianchini, Ingenieros S.A.
- Cárdenas Ospina, O. E. (2012). Estudios y diseños de las obras de protección de orillas en la margen izquierda del río cauca en el sector candelaria en el distrito de riego roldanillo – La Unión - Toro. Cali.
- Ccorimanya Timoteo, M. K. (2018). Diseño de defensas ribereñas en el rio Chili, para el tramo comprendido entre el poblado de Chusicani y Arancota, distrito de Sachaca, en una longitud de 1.3km. Arequipa.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2009). Inundaciones.
- Díaz Ramírez, A. G., & Ibarra Jaime, A. C. (2020). Estudio de amenaza de inundación del río Culagá, sector puente pr2+500 en la vía Toledo – Labateca, departamento norte de Santander. Universidad Católica de Colombia, Colombia.
- Durazo, F. A. (2012). Inundaciones. Centro Nacional de Prevención de Desastres.
- Echegaray García, C. R., & Quiroz Castillo, P. B. (2022). Diseño hidráulico y estructural de la defensa ribereña del rio Reque en el sector Eten - Monsefú. Lambayeque.
- Fasanando, J. H. (2017). Dimensionamiento hidráulico y estructural de la defensa ribereña en la margen izquierda del Río Mayo en la localidad de Shanao – Lamas – Región San Martín. Tarapoto.
- Fracassi, G. (2019). Defensas ribereñas con gaviones y geo sintéticos. Colombia
- Galanton M, E., & Romero M, L. (2007). Descripción de las defensas ribereñas. Barcelona.
- García, Rosique, M. F., & Segado, F. E. (1994). Topografía Básica para Ingenieros. Murcia.
- Gil Torres, J., & Velasco, R. (2019). Obras de infraestructura para el control de inundaciones. (Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería). Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.
- Giménez Carbó, E. (2016). Ética de la ingeniería civil. Valencia.

- Guañuna Tuquerres , G. V., & Quispe Gaibor, J. S. (2018). Valores éticos enfocados en el ámbito de la obra civil.
- Juárez Badillo, E. (1925). *Mécanica de Suelos*. Viena.
- Loyola Morales, J. (2019). Evaluación del riesgo por inundación en la quebrada del cauce del Río Grande, tramo desde el Puente Candopata hasta el Puente Cumbicus de la ciudad de Huamachuco, Provincia de Sánchez Carrión.
- Lozano Marín, L. I., & Lozada Oliva, K. L. (2019). Instalación de un sistema de defensa ribereña ante la vulnerabilidad que genera las inundaciones en la margen derecha del río Yuracyacu localidad de Yuracyacu. Tarapoto.
- Maccaferri. (2022). Muro de Contención con Gaviones. Maccaferri, 03.
- Maccaferri. (2022). Muro de contención con gaviones para almacen. Maccaferri, 07.
- Maza, & Franco. (2013). Obras de Protección para el control de inundaciones. En Capítulo 15 Manual de ingeniería de Ríos.
- Meléndez, C. (2018). Diseño de la plaza para mejorar el esparcimiento de los pobladores de la localidad de Nuevo Codo, San Martín.
- Ministerio Desarrollo Agrario y Sostenible. (2019). Enfoque de Cuenca.
- Monsalve Sáenz, G. (1995). Hidrología en la ingeniería. En G. Monsalve Sáenz, Hidrología en la ingeniería. Santiago de Chile.
- Ogando, L. (2015). *Los Gaviones: Análisis, evolución y comportamiento*. Barcelona.
- Roldán, A. C., & Chávez Cabrera, J. (2021). Diseño de obras de protección para mitigar la vulnerabilidad por inundaciones del río Caynarachi en la ribera del puerto del Distrito de Barranquita, Provincia de Lamas. Tarapoto.
- SEARPI. (2012). Servicio de Encauzamiento de Aguas y Regularización del Río Piraí. Servicio de Encauzamiento de Aguas y Regularización del Río Piraí.
- Tenazoa Chichipe, P. M. (2018). Propuestas de diseño de defensa ribereña en la localidad de Machungo, margen derecha del Río Huallaga, Distrito de Alberto Leveaú, Provincia San a Martín, Región San Martín. Tarapoto.
- Varas C, E. (1998). *Hidrología Ambiental*. Santiago de Chile.
- Weather Spark. (2023). El clima y el tiempo promedio en Tres Unidos. Obtenido de El clima y el tiempo promedio en Tres Unidos.

ANEXOS

Matriz de Consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Técnica e Instrumentos						
<p>¿El diseño hidráulico y estructural de la defensa ribereña constituye una alternativa técnica para solucionar problemas frente a inundaciones ocasionados por las aguas del río Mishqiyacu, que periódicamente afectan a la localidad de Tres Unidos?</p>	<p>Objetivo general Elaborar el diseño hidráulico y estructural de la defensa ribereña para solucionar problemas frente a inundaciones ocasionados por las aguas del río Mishqiyacu, que periódicamente afectan a la localidad de Tres Unidos, Distrito Tres Unidos, provincia Picota, región San Martín.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> -Desarrollar el estudio topográfico para conocer la configuración del cauce del río Mishqiyacu y el área urbana ribereña de la Localidad de Tres Unidos. -Elaborar el estudio hidrológico, que nos permita calcular el valor de los parámetros hidrológicos a ser empleados en el dimensionamiento de los componentes estructurales de la defensa ribereña. -Realizar el estudio de mecánica de suelos (Granulometría) que nos permita calcular el valor de los parámetros necesarios para definir la cimentación y transmisión de los efectos de carga de la estructura al suelo. -Realizar el estudio de hidráulica fluvial que permita definir el planteamiento hidráulico del diseño de la defensa ribereña para controlar la erosión e inundación causada por el río Mishqiyacu en la localidad de Tres Unidos. 	<p>El diseño hidráulico y estructural de la defensa ribereña constituye una alternativa técnica para solucionar problemas frente a inundaciones ocasionados por las aguas del río Mishqiyacu, que periódicamente afectan a la localidad de Tres Unidos.</p> <p style="text-align: center;">Variables y dimensiones</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Variables</th> <th style="width: 50%;">Indicadores</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Estudios básicos de ingeniería</td> <td>Pendiente del cauce, secciones transversales, diámetro, caudales máximos, tirantes de agua, velocidad del flujo.</td> </tr> <tr> <td>Dimensionamiento hidráulico y estructural</td> <td>Longitud del muro, altura del muro</td> </tr> </tbody> </table>	Variables	Indicadores	Estudios básicos de ingeniería	Pendiente del cauce, secciones transversales, diámetro, caudales máximos, tirantes de agua, velocidad del flujo.	Dimensionamiento hidráulico y estructural	Longitud del muro, altura del muro	<p>Tipo de investigación: Aplicada</p> <p>Nivel de investigación: Descriptivo</p> <p>Diseño: No experimental</p> <p>Población y muestra: Población: En esta investigación la población está constituida por el cauce del Río Mishqiyacu.</p> <p>Muestra: La muestra está conformada por una parte del río Mishqiyacu en el tramo: progresiva Km 00+000 al Km 02+250 de defensa ribereña en la margen derecha del río Mishqiyacu, en la localidad Tres Unidos.</p>
Variables	Indicadores								
Estudios básicos de ingeniería	Pendiente del cauce, secciones transversales, diámetro, caudales máximos, tirantes de agua, velocidad del flujo.								
Dimensionamiento hidráulico y estructural	Longitud del muro, altura del muro								

Declaratoria de autenticidad

Yo, **María Yamile Bautista Alcantara**, con DNI N° 74938816, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín, autor de la tesis titulada: **Diseño de defensa ribereña margen derecha río Mishquiyacu para protección frente a inundaciones en la localidad de Tres Unidos.**

Declaro bajo juramento que:

5. La tesis presentada es de mi autoría.
6. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
7. Toda la información que contiene la tesis no ha sido plagiada.
8. Los datos presentados son resultados reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndonos a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Morales, 20 de junio del 2023.

The image shows a handwritten signature in black ink on the left, which is connected by a horizontal line to a circular fingerprint on the right. The signature is stylized and appears to be 'M. Y. Bautista Alcantara'.

María Yamile Bautista Alcantara
DNI N° 74938816

Declaratoria de autenticidad

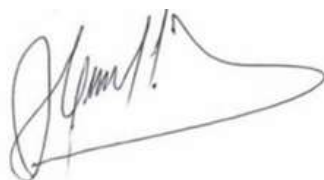
Ing. Dr. José del Carmen Pizarro Baldera, con DNI N° 00868981, docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín, asesor de la tesis titulada: **Diseño de defensa ribereña margen derecha río Mishquiyacu para protección frente a inundaciones en la localidad de Tres Unidos.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de autoría de mis asesorados.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido plagiada.
4. Los datos presentados son resultados reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Morales, 20 de Junio del 2023.



Ing. Dr. José del Carmen Pizarro Baldera
DNI: 00868981

ANEXO: CUADRO DE RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

CALICATA		Muestra	PROFUND. m.	GRANULOMETRIA				D ₅₀ (mm)	PROPIEDADES INDICES			HUMEDAD NATURAL %	CONSISTENCIA /COMPACTADIVDE NSIDAD	TRIAXIAL CD/CU			Nivel Freático (m)	CLASIFICACIÓN	
				MALLA # 4	MALLA #10	MALLA # 40	MALLA #200		LL %	L.P. %	IP %			γ_{nat} (gr/cm ³)	ANG. FRICCION ϕ	COHESION Kg/cm ²		SUCS	AASHTO
C-01	I	0.00-1.70	100.00	99.01	95.34	43.91	-	26.80	16.00	10.80	6.80	DURO	-	-	-	-	SC	A-6(1)	
	II	1.70-3.00	24.43	21.78	19.28	12.36	16.00	20.40	16.00	4.40	10.30	DENSA	2.06	38.2	0.32	-	GC-GM	A-1-a(0)	
C-02	I	0.10-1.40	100.00	99.42	96.17	38.60	-	23.00	15.00	8.00	5.40	MEDIA	-	-	-	-	SC	A-4(0)	
	II	1.40-2.70	100.00	99.76	81.52	30.91	-	22.00	15.00	7.00	14.70	MEDIA	-	-	-	-	SC	A-2-4(0)	
	III	2.70-3.00	41.61	31.23	15.00	6.78	0.20	23.00	17.00	6.00	5.20	DENSA	2.06	28.50	0.00	-	GP-GC	A-1-b(0)	
C-03	I	0.00-1.00	100.00	98.19	88.53	67.71	-	34.00	18.00	16.00	9.30	DURO	-	-	-	-	CL	A-6(8)	
	II	1.00-2.40	100.00	99.91	98.16	76.22	-	34.00	17.00	17.00	14.00	DURO	-	-	-	-	CL	A-6(11)	
	III	2.40-3.00	45.82	37.13	16.75	8.94	5.50	20.00	15.00	5.00	4.10	DENSO	2.07	28.50	0.04	-	GP-GC	A-1-b(0)	
C-04	I	0.00-3.00	46.65	37.51	14.43	7.14	5.00	NP	NP	NP	4.40	DENSO	2.10	39.1	0.00	2.60	GP-GM	A-1-b(0)	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119

TARAPOTO - PERU



REALIZADO : Bachiller MARIA YAMILE BAUTISTA ALCANTARA
TESIS : DISEÑO DE DEFENSA RIBEREÑA MARGEN DERECHA RIO MISHQUIYACU PARA PROTECCIÓN FRENTE A INUNDACIONES EN LA LOCALIDAD DE TRES UNIDOS
UBICACIÓN : LOCALIDAD DE TRES UNIDOS , PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO Y REGION DE SAN MARTIN.
FECHA : MAYO DEL 2024

CUADRO RESUMEN - PROPIEDADES FISICAS, MECANICAS Y DE CLASIFICACION

CALICATA	Muestra	RESULTADOS																
		PROFUND. m.	GRANULOMETRIA				D ₅₀ (mm)	PROPIEDADES INDICES			HUMEDAD NATURAL %	CONSISTENCIA (COMPACTADIDAD) NSIDAD	TRIAIXIAL			Nivel Freático (m)	CLASIFICACIÓN	
			MALLA # 4	MALLA #10	MALLA # 40	MALLA #200		LL %	L.P. %	IP %			γ _{nat} (gr/cm ³)	ANG .FRICCION ∅	COHESION Kg/cm ²		SUCS	AASHTO
C-05	I	0.20-1.10	100.00	99.93	98.10	44.00		26.00	16.00	10.00	13.10	MEDIA	-	-	-	-	SC	A-6(1)
	II	1.10-2.30	45.97	40.84	27.08	17.71	1.20	26.00	16.00	10.00	7.40	DENSA	-	-	-	-	GC	A-2-4(0)
	III	2.30-3.00	60.94	53.02	30.85	15.75		21.00	17.00	4.00	14.70	MEDIA	-	-	-	-	SC-SM	A-2-4(0)
C-06	I	0.10-2.80	100.00	99.06	95.45	52.47	-	32.00	17.00	15.00	17.20	DURO	-	-	-	-	CL	A-6(5)
	II	2.80-3.00	58.42	52.20	42.57	17.81	0.70	NP	NP	NP	7.50	DENSO	-	-	-	-	GM	A-2-4(0)
C-07	I	0.30-2.60	100.00	99.05	95.40	63.82	-	22.00	14.00	8.00	15.30	SEMI DURO	-	-	-	-	CL	A-4(6)
	II	2.60-3.00	50.47	45.16	36.89	15.33	2.80	NP	NP	NP	9.50	DENSO	-	-	-	-	GM	A-2-4(0)
C-08	I	0.10-1.70	100.00	99.99	99.07	22.48	0.11	NP	NP	NP	4.00	DENSO	-	-	-	-	SM	A-2-4(0)
	II	1.70-3.00	100.00	96.33	86.52	62.79	-	38.00	23.00	15.00	14.00	DURO	-	-	-	-	CL	A-6(7)
T-01	I	3.00	100.00	96.66	88.91	71.15	0.01	36.00	21.00	15.00	29.70	BLANDO	1.81	22.8	0.07	-	CL	A-6(8)
T-02	I	3.00	40.79	36.79	27.44	11.62	9.00	21.00	15.00	6.00	8.90	DENSO	-	-	-	-	GP-GC	A-1-b(0)
T-03	I	3.00	100.00	100.00	99.56	34.10	0.10	24.00	15.00	9.00	26.00	SUAVE	1.96	32.1	0.00	-	SC	A-2-4(0)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIUDAD UNIVERSITARIA
 Jr. Amorarca 3^{ra} Cuadra Teléfono 042-52-1402
 MORALES - PERU



CONSTANCIA DE INGRESO Y EJECUCION DE ENSAYOS DE LABORATORIO

EL QUE SUSCRIBE

Ing. M.Sc. Máximo Alcibiades Vilca Cotrina, Jefe del laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos.

HACE CONSTAR:

Que el Bachiller **MARÍA YAMILE BAUTISTA ALCANTARA** ha ingresado y ha ejecutado ensayos de laboratorio las cuales son:

Contenido de Humedad Natural

Límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico)

Ensayo granulométrico por tamizado.

Ensayo de Abrasión

Ensayo Triaxial

Ensayos para poder concluir con su Tesis Titulado: “DISEÑO DE DEFENSA RIBEREÑA MARGEN DERECHA RIO MISHQUIYACU PARA PROTECCIÓN FRENTE A INUNDACIONES EN LA LOCALIDAD DE TRES UNIDOS”. Aprobado con resolución decanal N°137-2023-UNSM/FICA-D-NLU.

Se expide el presente a solicitud de los interesados.

Tarapoto 30 de mayo del 2,024



Ing. M.Sc. Máximo Alcibiades Vilca Cotrina

Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos de la FICA



Ing. M.Sc. Robert Navarro Mori

Técnico del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la FICA

***TEC. VERIFICO INGRESO Y ENSAYOS
 REALIZADO POR TESISISTA***

PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (2000-2019) ESTACIÓN SAUCE

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

**PARA: MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE TRES UNIDOS
SEGÚN PRESUPUESTO N° 202010090012-SENAMHI-2020**

ESTACION CO "SAUCE"

Latitud : 06° 41'
Longitud : 76° 15'
Altura : 620 m.s.n.m.

Departamento : San Martín
Provincia : San Martín
Distrito : Sauce

PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (m.m.)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2000	66.5	150.8	84.6	224.2	142.6	81.4	126.2	124.0	68.2	88.0	72.0	177.1	1405.6
2001	51.5	76.2	196.1	370.9	143.6	87.5	165.8	103.6	109.4	151.2	33.2	136.1	1625.1
2002	30.4	42.8	71.8	235.4	124.7	31.3	182.4	81.9	18.1	201.5	66.8	64.0	1151.1
2003	62.6	98.5	137.7	157.5	168.6	255.2	70.1	57.4	61.2	133.8	81.6	174.4	1458.6
2004	23.2	41.4	83.4	59.4	162.5	123.3	75.9	133.6	81.3	174.5	98.4	111.3	1168.2
2005	113.3	185.9	101.7	355.9	124.8	117.3	90.7	37.4	79.3	146.6	227.2	58.3	1638.4
2006	163.9	159.1	139.1	71.1	47.6	77.1	82.0	59.4	50.6	118.8	115.9	96.7	1181.3
2007	74.5	64.5	308.3	165.2	171.6	37.4	49.2	40.2	178.0	112.5	159.9	43.8	1405.1
2008	82.2	194.6	118.9	118.6	82.8	85.0	75.6	71.0	122.4	138.2	149.0	20.2	1256.5
2009	201.2	82.1	120.7	209.0	132.6	89.8	45.7	38.0	275.3	38.4	48.5	26.6	1307.9
2010	42.9	83.1	123.6	150.9	209.9	69.4	19.3	53.9	66.8	161.7	100.6	59.7	1141.8
2011	50.7	74.4	160.4	129.9	102.1	197.0	90.9	28.6	202.8	76.3	187.9	129.9	1430.9
2012	61.7	79.8	186.1	251.1	72.1	152.5	69.5	34.0	81.4	154.3	110.0	112.3	1364.8
2013	115.7	90.8	168.2	55.6	136.7	126.9	69.7	122.6	71.1	122.9	208.2	59.8	1348.2
2014	70.6	75.4	187.6	174.6	119.1	104.3	48.0	193.6	142.5	241.6	82.3	53.6	1473.2
2015	160.4	206.0	220.6	254.8	97.7	112.2	97.1	107.6	55.0	60.1	112.3	99.0	1582.8
2016	31.4	106.1	180.4	183.5	135.1	47.6	74.4	82.0	57.6	34.5	37.6	70.0	1040.2
2017	170.5	98.7	196.5	183.0	107.9	50.3	63.9	138.1	187.2	79.6	135.7	102.5	1513.9
2018	146.7	126.9	163.9	266.6	132.2	101.4	71.0	113.4	35.6	120.8	41.7	47.5	1367.7
2019	137.6	180.9	82.4	89.3	46.2	53.7	98.9	29.9	158.7	82.7	93.6	47.8	1101.7

NOTA: LA PRESENTE INFORMACION METEOROLÓGICA SOLO SERA EMPLEADA PARA EL PROPÓSITO DE LA SOLICITUD, QUEDANDO PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL.



Firma Digital
Firmado digitalmente por GONZALEZ LAUREL, Carlos Enrique FAU
20131366028 hard
Módulo: Soy el autor del documento
Fecha: 11.11.2020 15:30:50 -05:00

PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN PULIVOMÉTRICO)

AÑOS	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio	Lámina anual (mm)
2000	66.50	150.80	84.60	224.20	142.60	81.40	126.20	124.00	68.20	88.00	72.00	177.10	117.13	1405.60
2001	51.5	76.2	196.1	370.9	143.6	87.5	165.8	103.6	109.4	151.2	33.2	136.1	135.43	1625.10
2002	30.4	42.8	71.8	235.4	124.7	31.3	182.4	81.9	18.1	201.5	66.8	64	95.93	1151.10
2003	62.6	98.5	137.7	157.5	168.6	255.2	70.1	57.4	61.2	133.8	81.6	174.4	121.55	1458.60
2004	23.2	41.4	83.4	59.4	162.5	123.3	75.9	133.6	81.3	174.5	98.4	111.3	97.35	1168.20
2005	113.3	185.9	101.7	355.9	124.8	117.3	90.7	37.4	79.3	146.6	227.2	58.3	136.53	1638.40
2006	163.9	159.1	139.1	71.1	47.6	77.1	82	59.4	50.6	118.8	115.9	96.7	98.44	1181.30
2007	74.5	64.5	308.3	165.2	171.6	37.4	49.2	40.2	178	112.5	159.9	43.8	117.09	1405.10
2008	82.2	194.6	116.9	118.6	82.8	85	75.6	71	122.4	138.2	149	20.2	104.71	1256.50
2009	201.2	82.1	120.7	209	132.6	89.8	45.7	38	275.3	38.4	48.5	26.6	108.99	1307.90
2010	42.9	83.1	123.6	150.9	209.9	69.4	19.3	53.9	66.8	161.7	100.6	59.7	95.15	1141.80
2011	50.7	74.4	160.4	129.9	102.1	197	90.9	28.6	202.8	76.3	187.9	129.9	119.24	1430.90
2012	61.7	79.8	186.1	251.1	72.1	152.5	69.5	34	81.4	154.3	110	112.3	113.73	1364.80
2013	115.7	90.8	168.2	55.6	136.7	126.9	69.7	122.6	71.1	122.9	208.2	59.8	112.35	1348.20
2014	70.6	75.4	187.6	174.6	119.1	104.3	48	193.6	142.5	241.6	62.3	53.6	122.77	1473.20
2015	160.4	206	220.6	254.8	97.7	112.2	97.1	107.6	55	60.1	112.3	99	131.90	1582.80
2016	31.4	106.1	180.4	183.5	135.1	47.6	74.4	82	57.6	34.5	37.6	70	86.68	1040.20
2017	170.5	98.7	196.5	183	107.9	50.3	63.9	138.1	187.2	79.6	135.7	102.5	126.16	1513.90
2018	146.7	126.9	163.9	266.6	132.2	101.4	71	113.4	35.6	120.8	41.7	47.5	113.98	1367.70
2019	137.6	180.9	82.4	89.3	46.2	53.7	98.9	29.9	158.7	82.7	93.6	47.8	91.81	1101.70
Promedio	92.88	110.90	151.50	185.33	123.02	100.03	83.32	82.51	105.13	121.90	107.12	84.53		1348.15
Máxima	201.20	206.00	308.30	370.90	209.90	255.20	182.40	193.60	275.30	241.60	227.20	177.10		
Mínima	23.20	41.40	71.80	55.60	46.20	31.30	19.30	28.60	18.10	34.50	33.20	20.20		
Desv.Estándar	53.93	51.02	57.68	88.51	41.03	54.42	38.53	45.51	66.09	52.83	56.41	45.25		
Coef.Variabili	0.58	0.46	0.38	0.48	0.33	0.54	0.46	0.55	0.63	0.43	0.53	0.54		

LAMINA PROMEDIO ANUAL

PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HR (2000-2019) ESTACIÓN SAUCE

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

**PARA: MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE TRES UNIDOS
SEGÚN PRESUPUESTO N° 202010090012-SENAMHI-2020**

ESTACION CO "SAUCE"

Latitud : 06° 41'
Longitud : 76° 15'
Altura : 620 m.s.n.m.

Departamento : San Martín
Provincia : San Martín
Distrito : Sauce

PRECIPITACIÓN MAXIMA EN 24 HORAS (m.m.)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAXIMA
2000	23.0	23.3	17.7	32.4	57.0	39.3	38.0	37.7	18.4	34.3	54.7	26.5	57.0
2001	13.8	18.3	54.5	70.8	34.8	27.2	52.8	15.8	27.6	52.0	14.8	31.0	70.8
2002	21.7	10.2	28.2	39.1	27.5	15.4	43.4	32.1	7.6	40.2	16.1	20.5	43.4
2003	36.5	24.9	30.8	39.1	47.0	68.0	28.1	16.8	15.5	52.6	16.8	33.2	68.0
2004	8.3	24.8	15.5	19.1	53.5	26.2	14.5	38.8	29.2	44.7	54.6	35.5	54.6
2005	50.5	45.2	23.5	123.0	19.3	23.2	34.0	35.1	48.0	33.2	56.3	32.5	123.0
2006	30.4	36.6	43.4	28.5	14.3	21.8	23.4	40.2	19.4	49.8	48.8	37.1	49.8
2007	25.6	36.2	57.4	31.2	59.8	7.5	14.0	13.2	62.0	52.3	74.1	26.6	74.1
2008	23.7	85.7	26.2	46.4	26.8	17.8	36.2	23.4	23.1	31.5	31.5	9.2	85.7
2009	52.0	21.2	23.4	31.8	24.0	30.0	15.5	13.2	60.6	20.5	24.4	16.8	60.6
2010	19.1	27.3	24.0	44.8	64.2	16.8	17.5	23.4	22.2	55.8	25.2	18.2	64.2
2011	33.7	18.0	38.2	23.2	25.5	43.4	25.5	12.6	68.8	18.8	54.2	62.4	68.8
2012	18.0	20.4	44.2	49.0	17.8	33.7	32.4	10.8	29.0	41.2	46.2	52.8	52.8
2013	28.6	30.0	35.2	25.9	48.6	22.5	24.8	44.0	19.6	33.0	87.2	22.5	87.2
2014	16.8	26.2	35.5	35.8	33.4	54.8	13.0	112.8	42.3	75.2	16.0	21.6	112.8
2015	46.0	37.5	61.2	45.3	37.5	34.5	51.2	27.7	20.5	30.5	29.4	21.6	61.2
2016	15.4	22.5	41.7	52.1	20.9	13.2	34.7	32.8	23.4	9.8	17.3	33.3	52.1
2017	33.4	41.4	59.2	24.7	26.0	17.2	18.5	40.6	43.5	20.8	49.1	25.2	59.2
2018	37.0	35.4	45.7	47.7	45.2	32.8	17.4	47.2	15.5	57.4	15.2	11.5	57.4
2019	39.0	68.0	25.8	29.5	14.5	15.0	30.0	5.2	40.9	10.5	17.7	13.5	68.0

**NOTA: LA PRESENTE INFORMACION METEOROLÓGICA SOLO SERA EMPLEADA PARA EL PROPÓSITO DE LA SOLICITUD,
QUEDANDO PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL.**



Firma Digital
Firmado digitalmente por SANCHEZ LAUREL Daniel Enrique FAU
201313695205 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 11.11.2020 15:39:36 -05:00

CAUDALES MÁXIMOS EN EL RÍO MISHQUIYACU-PUNTO DE INTERÉS LOCALIDAD DE TRES UNIDOS

a. Presentación de la información: Precipitación en 24 horas (mm).

AÑO	PRECIPITACION MAXIMA 24 hr (mm)
2000	57.00
2001	70.80
2002	43.40
2003	68.00
2004	54.60
2005	123.00
2006	49.80
2007	74.10
2008	85.70
2009	60.60
2010	64.20
2011	68.80
2012	52.80
2013	87.20
2014	112.80
2015	61.20
2016	52.10
2017	59.20
2018	57.40
2019	68

b. Ordenamos los datos de mayor a menor.

AÑO	Pmax (mm)	(Pi-Pn)
1	123	2966.44
2	112.8	1959.39
3	87.2	348.38
4	85.7	294.64
5	74.1	30.97
6	70.8	5.13
7	68.8	0.07
8	68	0.29
9	68	0.29
10	64.2	18.79
11	61.2	53.8
12	60.6	62.96
13	59.2	87.14
14	57.4	123.99
15	57	133.06
16	54.6	194.18
17	52.8	247.59
18	52.1	270.11
19	49.8	351
20	43.4	631.77
Σ	1370.7	7779.99

$$P_{max} = \frac{\Sigma P_{max}}{n} = \frac{1370.70}{20} = 68.54 \text{ mm}$$

Se calcula la desviación estándar.

$$\delta\zeta = \sqrt{\frac{\sum(P_1 - P_n)^2}{n-1}} = \frac{7779.99}{19} = 20.24$$

c. Cálculo de $P_{max_{24}}$ para diferentes periodos de retorno (Método de Gumbel).

$$Fg = e^{-e^{-y(t)}} = 1 - \frac{1}{TR}$$

Donde:

$$y(t) = \frac{x-u}{\alpha} \quad \text{donde} \quad u = P_{max} - 0.45 X \delta\zeta$$

Dando valores:

$$\text{Cálculo de } u: \quad u=68.535 - 0.45 \times 20.24$$

$$U= 59.429053 \text{ mm} \dots\dots \text{Parámetro de Dispersión}$$

$$\alpha = 0.78 \delta\zeta = 0.78 \times 20.24 = 15.784 \text{ mm}$$

d. Cálculo de P_{max} para diferentes Tiempos de Retorno

Una vez realizado el procesamiento estadístico, se muestra un compendio de las precipitaciones máximas para distintos períodos de retorno.

Período de retorno (Tr) en años	Precipitación máxima 24 hr en (mm)
5	83.1
10	94.95
20	106.31
25	109.91
50	121.02
100	132.04
150	138.46
200	143.02
300	149.43
400	153.98
500	157.5

CÁLCULO DE LOS CAUDALES MÁXIMOS EN EL RIO MISHQUIYACU

Generado a partir de la información pluviométrica de la estación Sauce.

TR (Años)	qi (m ³ /seg/mm/km ²)	Ei=mm	Área Cuenca Colectora (Km2)	Qmax (m ³ /seg)
5	0.063	11.01	329.79	230.3
10	0.063	15.44	329.79	323.03
20	0.063	20.14	329.79	421.3
25	0.063	21.71	329.79	454.15
50	0.063	26.76	329.79	559.88
100	0.063	32.07	329.79	679.89
150	0.063	35.28	329.79	738.09
200	0.063	37.61	329.79	786.72
300	0.063	40.94	329.79	856.54
400	0.063	43.35	329.79	906.93
500	0.063	45.24	329.79	946.48

En la Tabla se muestran los valores de caudales máximos calculados para el río Mishquiyacu en el punto de interés, basados en la información pluviométrica de precipitación máxima en 24 horas registrada en la Estación CO Sauce.

Período de retorno (Tr) en años.	Caudal máximo (m3/seg.)
5	230.3
10	323.03
20	421.3
25	454.15
50	559.88
100	679.89
150	738.09
200	786.72
300	856.54
400	906.93
500	946.48

NÚMERO DE CURVA N PARA COMPLEJOS HIDROLÓGICOS DE SUELOS Y COBERTURA

Cobertura			Número de curva			
Uso de tierra	Tratamiento o práctica	Condición hidrológica	A	B	C	D
Descuidado, en descanso, sin cultivos	Surcos rectos	-----	77	86	91	94
Cultivos	Surcos rectos	pobre	72	81	88	91
	Surcos rectos	buena	67	78	85	89
	Curvas de nivel	pobre	70	79	84	88
	Curvas de nivel	buena	65	75	82	86
	Curvas de nivel y en terrazas	pobre	66	74	80	82
	Curvas de nivel y en terrazas	buena	62	71	78	81
Pequeños granos	Surcos rectos	pobre	65	76	84	88
	Surcos rectos	buena	63	75	83	87
	Curvas de nivel	pobre	63	74	82	85
	Curvas de nivel	buena	61	73	81	84
	Curvas de nivel y en terrazas	pobre	61	72	79	82
	Curvas de nivel y en terrazas	buena	59	70	78	81
Sembríos cerrados, legumbres o sembríos en rotación.	Surcos rectos	pobre	66	77	85	89
	Surcos rectos	buena	58	72	81	85
	Curvas de nivel	pobre	64	75	83	85
	Curvas de nivel	buena	55	69	78	83
	Curvas de nivel y en terrazas	pobre	63	73	80	83
	Curvas de nivel y en terrazas	buena	51	67	76	80
Pastizales o similares.		pobre	68	79	86	89
		regular	49	69	79	84
		buena	39	61	74	80
	Curvas de nivel	pobre	47	67	81	88
	Curvas de nivel	regular	25	59	75	83
	Curvas de nivel	buena	6	35	70	79
Pradera		buena	30	58	71	78
Bosques		pobre	45	66	77	83
		regular	36	60	73	79
		buena	25	55	70	77
Patios		-----	59	74	82	86
Caminos, incluyendo derecho de vía.	Cieno	-----	72	82	87	89
	Superficie firme	-----	74	84	90	92

**GASTO UNITARIO Q (M3/S/MM/KM2), EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE
CONCENTRACIÓN TC (HORAS)**

Tc (hr)	qi
0.10	0.337
0.20	0.300
0.30	0.271
0.40	0.246
0.50	0.226
0.60	0.208
0.70	0.195
0.75	0.193
0.80	0.190
0.90	0.168
1.00	0.158
1.50	0.120
2.00	0.100
2.50	0.086
3.00	0.076
4.00	0.063
5.00	0.054
6.00	0.048
7.00	0.043
8.00	0.039
10.00	0.034
12.00	0.030
14.00	0.027
16.00	0.025
18.00	0.023
20.00	0.021
22.00	0.020
24.00	0.019
60.00	0.006

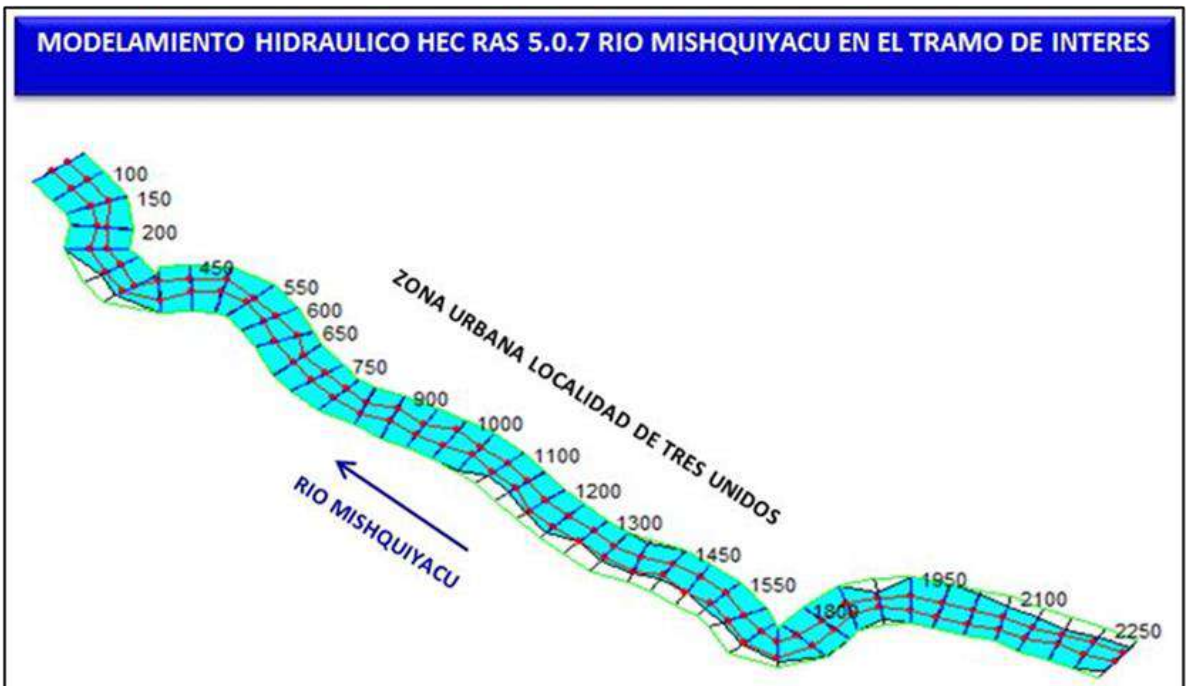
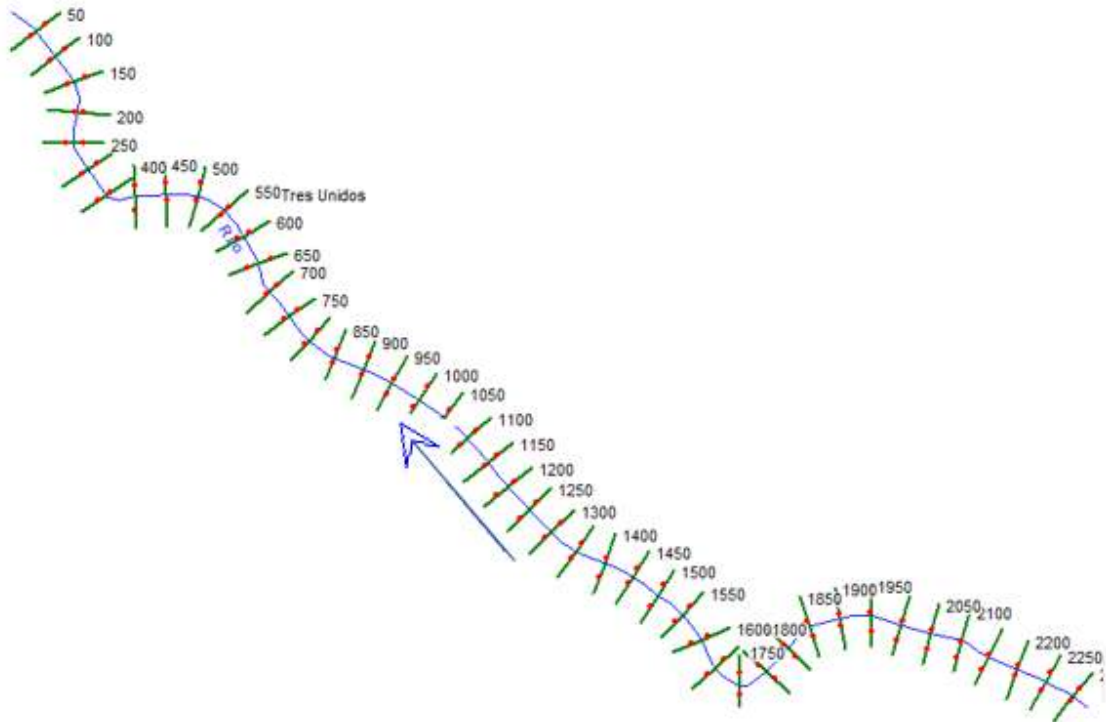
Para la cuenca colectora del río Mishquiyacu el $T_c = 4.00$ hr y le corresponde el valor de
de
 $q_i = 0.063(m^3/s/mm/km^2)$

RESULTADOS DEL MODELO HEC RAS 5.07 EN EL TRAMO DE INTERÉS DE EN EL RÍO MISHQUIYACU

Profile Output Table - Standard Table 1												
HEC-RAS Plan: Rio Tres Unidos River: Rio Reach: Tres Unidos Profile: PF 1 Reload Data												
Reach	River Sta	Profile	Max Chl Dpth (m)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Tres Unidos	2300	PF 1	5.58	237.51	243.09		243.92	0.005288	4.49	188.53	64.99	0.65
Tres Unidos	2250	PF 1	5.24	237.32	242.56	242.50	243.57	0.008245	4.82	171.67	78.53	0.78
Tres Unidos	2200	PF 1	5.21	236.92	242.13	241.59	243.18	0.007571	5.25	172.70	71.11	0.78
Tres Unidos	2150	PF 1	4.76	237.45	242.21		242.75	0.004170	3.70	224.73	77.21	0.57
Tres Unidos	2100	PF 1	4.78	237.25	242.03		242.52	0.004318	3.51	226.29	74.64	0.57
Tres Unidos	2050	PF 1	5.32	236.72	242.03		242.31	0.002158	2.58	302.30	92.09	0.41
Tres Unidos	2000	PF 1	5.55	236.30	241.84		242.19	0.002247	2.91	275.72	84.91	0.43
Tres Unidos	1950	PF 1	5.51	235.87	241.37	240.62	242.01	0.004547	3.88	213.13	94.10	0.59
Tres Unidos	1900	PF 1	4.24	235.97	240.21	240.18	241.59	0.011217	5.99	146.02	59.44	0.93
Tres Unidos	1850	PF 1	4.71	235.81	240.52		241.03	0.003757	3.68	241.97	99.59	0.55
Tres Unidos	1800	PF 1	4.71	235.71	240.42		240.83	0.003139	3.37	266.14	100.00	0.50
Tres Unidos	1750	PF 1	5.01	235.28	240.28		240.68	0.002692	3.12	268.89	97.94	0.46
Tres Unidos	1700	PF 1	5.66	234.32	239.97		240.53	0.003103	3.48	227.69	73.68	0.50
Tres Unidos	1650	PF 1	5.80	233.92	239.72		240.34	0.003975	3.71	213.85	72.47	0.55
Tres Unidos	1600	PF 1	5.09	233.85	238.94	238.71	240.03	0.007434	4.89	163.40	73.27	0.76
Tres Unidos	1550	PF 1	4.90	234.14	239.04		239.60	0.004078	3.64	224.24	78.59	0.56
Tres Unidos	1500	PF 1	5.27	233.66	238.94		239.38	0.003458	3.16	237.25	69.23	0.50
Tres Unidos	1450	PF 1	5.54	233.18	238.72		239.22	0.002794	3.49	242.44	72.15	0.48
Tres Unidos	1400	PF 1	5.28	233.22	238.50		239.05	0.004005	3.57	220.43	71.73	0.55
Tres Unidos	1350	PF 1	5.76	232.66	238.42		238.86	0.002601	3.27	254.51	75.07	0.46
Tres Unidos	1300	PF 1	5.08	232.77	237.85		238.63	0.006078	4.14	185.84	64.00	0.65
Tres Unidos	1250	PF 1	6.18	231.95	238.12		238.34	0.001303	2.27	342.85	86.96	0.32
Tres Unidos	1200	PF 1	5.72	232.21	237.94		238.25	0.002032	2.69	284.72	79.59	0.40
Tres Unidos	1150	PF 1	6.11	231.56	237.67		238.12	0.002861	3.37	246.88	71.76	0.48
Tres Unidos	1100	PF 1	5.66	231.95	237.60		237.96	0.002329	2.87	266.24	73.00	0.43
Tres Unidos	1050	PF 1	5.33	232.22	237.55		237.83	0.001930	2.86	309.55	96.29	0.40
Tres Unidos	1000	PF 1	5.76	231.76	237.52		237.74	0.001194	2.28	357.40	100.00	0.32
Tres Unidos	950	PF 1	5.68	231.82	237.49		237.67	0.001028	2.19	387.68	100.00	0.30
Tres Unidos	900	PF 1	6.19	231.10	237.28		237.59	0.001942	2.74	299.30	100.00	0.39
Tres Unidos	850	PF 1	6.35	230.91	237.26		237.49	0.001252	2.53	343.09	87.29	0.33
Tres Unidos	800	PF 1	5.32	231.45	236.77		237.35	0.004471	3.77	226.86	92.85	0.59
Tres Unidos	750	PF 1	3.45	233.09	236.54		237.05	0.006721	3.69	221.22	100.00	0.68
Tres Unidos	700	PF 1	4.75	231.58	236.32		236.79	0.003841	3.68	251.31	100.00	0.55
Tres Unidos	650	PF 1	6.46	229.84	236.29		236.62	0.001946	2.74	302.70	100.00	0.39
Tres Unidos	600	PF 1	5.34	230.21	235.55	235.46	236.39	0.007354	4.77	193.06	96.51	0.74
Tres Unidos	550	PF 1	5.09	230.22	235.31		236.01	0.006338	4.61	214.38	100.00	0.70
Tres Unidos	500	PF 1	5.83	229.48	235.31		235.70	0.002948	3.17	269.61	100.00	0.47
Tres Unidos	450	PF 1	5.35	229.87	235.22		235.54	0.002529	2.92	290.69	100.00	0.44
Tres Unidos	400	PF 1	5.47	229.70	235.18		235.43	0.001503	2.43	334.60	100.00	0.35
Tres Unidos	350	PF 1	6.26	228.72	234.98		235.33	0.001922	3.02	281.34	76.14	0.40
Tres Unidos	300	PF 1	5.25	228.77	234.02	233.77	235.09	0.007205	4.79	164.14	69.80	0.73
Tres Unidos	250	PF 1	5.02	229.34	234.35		234.67	0.002500	2.78	289.72	100.00	0.43
Tres Unidos	200	PF 1	5.04	229.22	234.26		234.55	0.002029	2.77	305.33	100.00	0.40
Tres Unidos	150	PF 1	4.93	229.22	234.14		234.44	0.002288	2.70	299.20	100.00	0.42
Tres Unidos	100	PF 1	5.43	228.64	234.06		234.33	0.001786	2.58	321.37	100.00	0.38
Tres Unidos	50	PF 1	5.29	228.34	233.63	233.17	234.16	0.004703	3.72	235.46	100.00	0.59

Maximum main channel depth.

SIMULACIÓN HIDRÁULICA PARA EL CAUDAL DE DISEÑO - APLICACIÓN DEL MODELO HEC RAS 5.0.7 – RÍO MISHQUIYACU



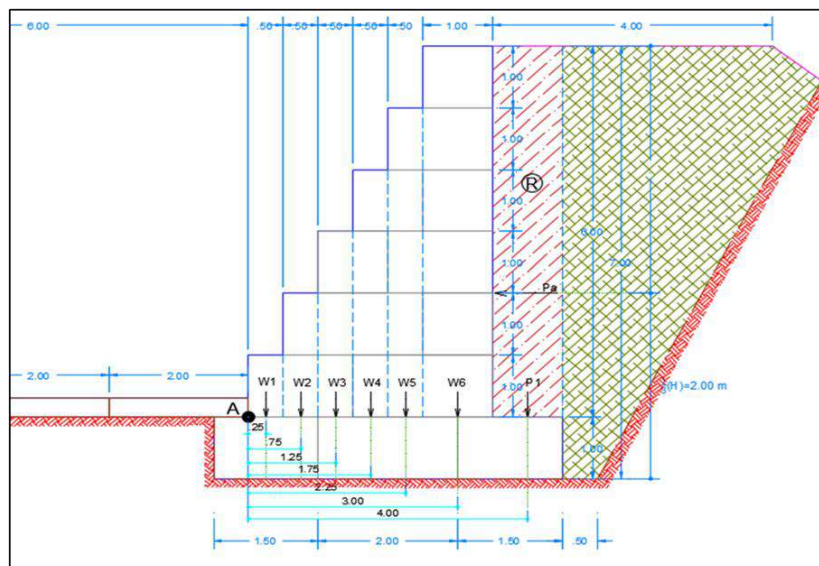
CALCULO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DE LAS OBRAS PROYECTADAS

ESTABILIDAD DEL MURO DE ENCAUZAMIENTO

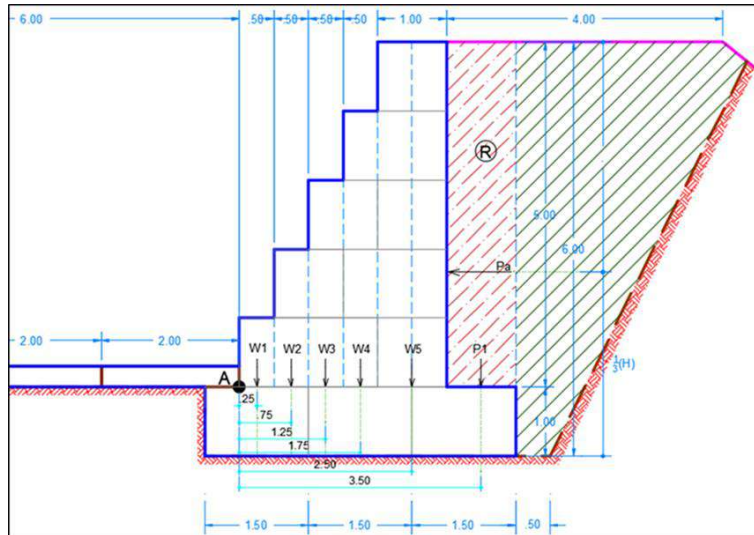
Los cálculos estructurales correspondientes se han basado en la comprobación de la estabilidad del espigón que consiste en:

- Estabilidad al vuelco.
- Estabilidad de deslizamiento.
- Capacidad de soporte del suelo.

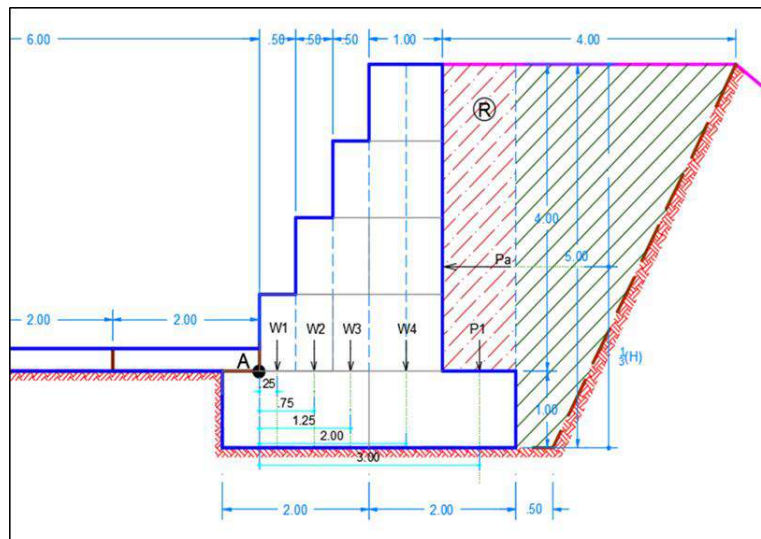
En las siguientes tablas se presentan un breve resumen, de la comprobación de la estabilidad del espigón:



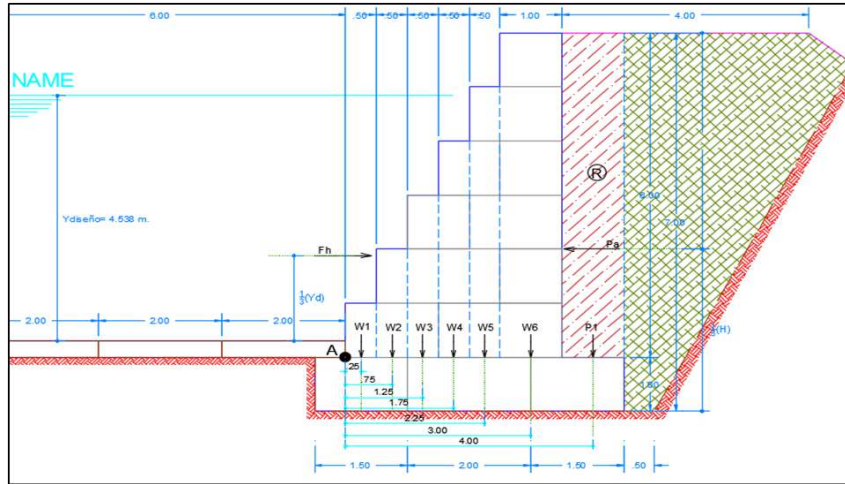
ALTURA DEL MURO H= 7				
ESTABILIDAD PARA LA CONDICION MAS CRITICA (cuando el rio esta en estiaje)		CONDICION	OPERACIÓN	CONCLUSIÓN
ESTABILIDAD AL VUELCO (Ev)	MOMENTO VOLCADOR	16.80 Tn-m	$\frac{Mr}{MV} \geq 1.50$	muro de encauzamiento es estable al volcamiento
	MOMENTO RESISTENTE	93.9875 Tn-m		
ESTABILIDAD AL DESLIZAMIENTO (Ed)	FUERZA RESISTENTE	30.375 Tn	$\frac{Fr}{Pa} \geq 1.50$	muro de encauzamiento es estable al deslizamiento
	EMPUJE ACTIVO	8.1		
ESTABILIDAD AL PUNZONAMIENTO	$\sigma_1 = 0.95 \text{ Kg/cm}^2$	CAPACIDAD PORTANTE		El muro no estará expuesto al efecto del punzonamiento o hundimiento
		$\sigma_s = 2.14 \text{ Kg/cm}^2$		



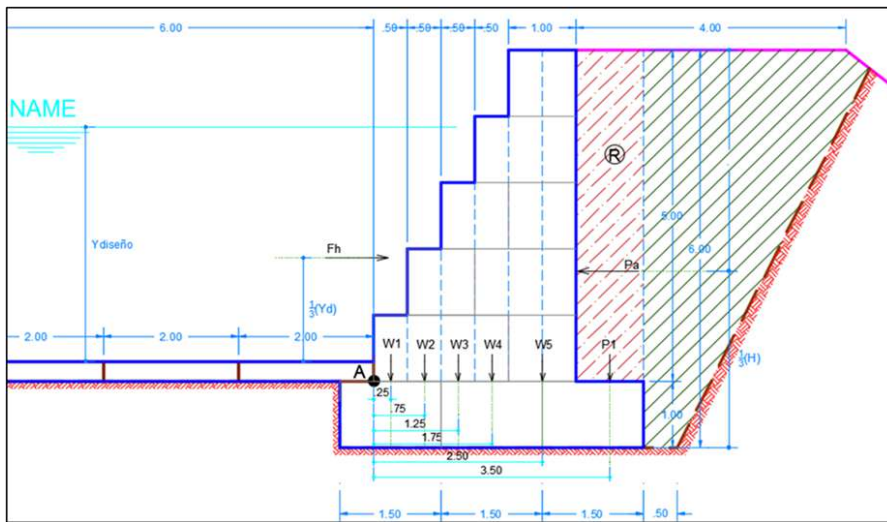
ALTURA DEL MURO H= 6				
ESTABILIDAD PARA LA CONDICION MAS CRITICA (cuando el rio esta vacío en estiaje)		CONDICION	OPERACIÓN	CONCLUSIÓN
ESTABILIDAD AL VUELCO (Ev)	MOMENTO VOLCADOR	9.73 Tn-m	$\frac{Mr}{MV} \geq 1.50$	muro de encauzamiento es estable al volcamiento
	MOMENTO RESISTENTE	63.3750 Tn-m		
ESTABILIDAD AL DESLIZAMIENTO (Ed)	FUERZA RESISTENTE	23.40 Tn	$\frac{Fr}{Pa} \geq 1.50$	muro de encauzamiento es estable al deslizamiento
	EMPUJE ACTIVO	5.84		
ESTABILIDAD AL PUNZAMIENTO	$\sigma_t = 0.75 \text{ Kg/cm}^2$	CAPACIDAD PORTANTE $\sigma_s = 2.11 \text{ Kg/cm}^2$		El muro no estará expuesto al efecto del punzamiento o hundimiento



ALTURA DEL MURO H= 5				
ESTABILIDAD PARA LA CONDICION MAS CRITICA (cuando el rio esta vacío en estiaje)		CONDICION	OPERACIÓN	CONCLUSIÓN
ESTABILIDAD AL VUELCO (Ev)	MOMENTO VOLCADOR	9.73 Tn-m	$\frac{Mr}{MV} \geq 1.50$	muro de encauzamiento es estable al volcamiento
	MOMENTO RESISTENTE	63.3750 Tn-m		
ESTABILIDAD AL DESLIZAMIENTO (Ed)	FUERZA RESISTENTE	23.40 Tn	$\frac{Fr}{Pa} \geq 1.50$	muro de encauzamiento es estable al deslizamiento
	EMPUJE ACTIVO	5.84		
ESTABILIDAD AL PUNZAMIENTO	$\sigma_t = 0.75 \text{ Kg/cm}^2$	CAPACIDAD PORTANTE $\sigma_s = 1.99 \text{ Kg/cm}^2$		El muro no estará expuesto al efecto del punzamiento o hundimiento



ALTURA DEL MURO H= 7.00 m					
ESTABILIDAD DEL MURO DE ENCAUZAMIENTO PARA LA CONDICIÓN DE MÁXIMA AVENIDA			CONDICION	OPERACIÓN	CONCLUSIÓN
ESTABILIDAD AL VUELCO (Ev)	MOMENTO VOLCADOR	40.67 Tn-m	$\frac{Mr}{MV} \geq 1.50$	$\frac{93.9875}{40.67} = 2.31$	muro de encauzamiento es estable al volcamiento
	MOMENTO RESISTENTE	93.9875 Tn-m			
ESTABILIDAD AL DESLIZAMIENTO (Ed)	FUERZA RESISTENTE	20.16 Tn	$\frac{Fr}{Pa} \geq 1.50$	$\frac{20.16}{8.41} = 2.39$	muro de encauzamiento es estable al deslizamiento
	EMPUJE ACTIVO	8.41			
ESTABILIDAD AL PUNZONAMIENTO	$\sigma_t = 0.52 \text{ Kg/cm}^2$	CAPACIDAD PORTANTE		$\sigma_s = 1.29 \text{ Kg/cm}^2$	El muro no estará expuesto al efecto del punzonamiento o hundimiento



ALTURA DEL MURO H= 6.00 m					
ESTABILIDAD DEL MURO DE ENCAUZAMIENTO PARA LA CONDICIÓN DE MÁXIMA AVENIDA			CONDICION	OPERACIÓN	CONCLUSIÓN
ESTABILIDAD AL VUELCO (Ev)	MOMENTO VOLCADOR	40.67 Tn-m	$\frac{Mr}{MV} \geq 1.50$	$\frac{93.9875}{40.67} = 2.31$	muro de encauzamiento es estable al volcamiento
	MOMENTO RESISTENTE	93.9875 Tn-m			
ESTABILIDAD AL DESLIZAMIENTO (Ed)	FUERZA RESISTENTE	20.16 Tn	$\frac{Fr}{Pa} \geq 1.50$	$\frac{20.16}{8.41} = 2.39$	muro de encauzamiento es estable al deslizamiento
	EMPUJE ACTIVO	8.41			
ESTABILIDAD AL PUNZONAMIENTO	$\sigma_t = 0.52 \text{ Kg/cm}^2$	CAPACIDAD PORTANTE		$\sigma_s = 1.29 \text{ Kg/cm}^2$	El muro no estará expuesto al efecto del punzonamiento o hundimiento

PANEL FOTOGRÁFICO



En las imágenes se puede apreciar las actividades de campo para el estudio topográfico



Estudio de mecánica de suelos. Ensayos de laboratorio, análisis granulométrico NTP 339.128 y cauce del río

Diseño de defensa ribereña margen derecha río Mishquiyacu para protección frente a inundaciones en la Localidad de Tres Uni

por MARIA BAUTISTA ALCANTARA

Fecha de entrega: 29-ago-2024 08:36p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2440870074

Nombre del archivo: TESIS_FINAL_-_MARIA_YAMILE_28-08-24.docx (15.33M)

Total de palabras: 19815

Total de caracteres: 104908

Diseño de defensa ribereña margen derecha río Mishquiyacu para protección frente a inundaciones en la Localidad de Tres Uni

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

8%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	8%
2	tesis.unsm.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.ucp.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Nacional de San Martín Trabajo del estudiante	1%
7	tesis.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	VIRHUEZ VELA JERZY RICARDO. "Informe de Gestión Ambiental del Proyecto Creación de	<1%