

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Evaluación del diseño hidráulico y estructural de las  
defensas ribereñas en la margen izquierda del puente  
comuneros**

Lenin Pérez Silva

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Civil

Huancayo, 2022

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



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

## **ASESOR**

Dr. Giovene Pérez Campomanes

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por guiarme y darme las fuerzas para seguir adelante, enfrentando los problemas que se me presentaban; a mi asesor Dr. Giovene Pérez Campomanes por su esfuerzo y dedicación durante el desarrollo de mi tesis; a Senamhi y la Autoridad Nacional del Agua por brindarme información necesaria para la investigación.

## **DEDICATORIA**

Con mucho amor, a mis padres, que son el motor de mi vida.

A Dios, a mis hermanos y demás familiares en general por el apoyo que me brindaron día a día durante mi formación profesional.

# ÍNDICE

<b>Asesor .....</b>	<b>ii</b>
<b>Agradecimiento .....</b>	<b>iii</b>
<b>Dedicatoria.....</b>	<b>iv</b>
<b>Índice .....</b>	<b>v</b>
<b>Índice de tablas .....</b>	<b>viii</b>
<b>Índice de figuras.....</b>	<b>x</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>xi</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>xii</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>xiii</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>16</b>
<b>PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>16</b>
1.1. Planteamiento del problema .....	16
1.2. Formulación del Problema .....	17
1.2.1. Problema general.....	17
1.2.2. Problemas específicos .....	17
1.3. Objetivos .....	18
1.3.1. Objetivo general.....	18
1.3.2. Objetivos específicos .....	18
1.4. Justificación e importancia .....	18
1.5. Justificación teórica.....	19
1.6. Justificación práctica .....	19
1.7. Justificación metodológica .....	19
1.8. Delimitación .....	20
1.9. Hipótesis y descripción de variables .....	21
1.9.1. Hipótesis general .....	21
1.9.2. Hipótesis Específicas .....	21
1.10. Variables.....	22
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>23</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>23</b>
2.1. Antecedentes del problema .....	23
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	23

2.1.2. Antecedentes nacionales .....	25
2.2. Bases teóricas .....	<b>27</b>
2.2.1. Defensas ribereñas .....	27
2.2.2. Tipos de defensas ribereñas.....	28
2.2.3. Hidrología.....	37
2.3. Definición de términos básicos .....	<b>38</b>
2.3.1. Normas y manuales de diseño aplicados.....	41
2.3.2. Reglamento Nacional de Edificaciones.....	41
2.3.3. Manual de hidrología, hidráulica y drenaje.....	41
2.3.4. Manual de diseño y construcción de defensas ribereñas .....	42
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>43</b>
<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>43</b>
3.1. Método, tipo, nivel, diseño y población de la investigación .....	<b>43</b>
3.1.1. Método de la investigación.....	43
3.1.2. Tipo de investigación .....	43
3.1.3. Nivel de investigación .....	44
3.1.4. Diseño de la investigación .....	44
3.1.5. Población y muestra .....	44
3.1.6. Procedimientos de investigación.....	45
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>47</b>
<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>47</b>
4.1. Identificación de requerimientos .....	<b>47</b>
4.1.1. Estudio de topografía .....	47
4.1.2. Estudios de suelos.....	48
4.2. Estudios de canteras .....	<b>51</b>
4.3. Estudios hidrológicos .....	<b>52</b>
4.3.1. Ubicación de la cuenca .....	52
4.3.2. Geomorfología .....	53
4.3.3. Caudal de diseño por método de Creager .....	54
4.4. Estudio hidráulico.....	<b>57</b>
4.4.1. Coeficiente de rugosidad .....	57
4.4.2. Pendiente hidráulica .....	58
4.4.3. Sección estable o amplitud del cauce (B) .....	59
4.4.4. Simulación hidráulica .....	63

4.5. Predimensionamiento de sistemas de defensas ribereñas .....	<b>65</b>
4.5.1. Enrocados.....	66
4.5.2. Gaviones.....	67
4.5.3. Muros de gravedad .....	69
4.6. Análisis de estabilidad de las estructuras para máximas avenidas.....	<b>70</b>
4.6.1. Estabilidad de enrocados.....	70
4.6.2. Estabilidad de gaviones .....	71
4.6.3. Estabilidad de muro de gravedad .....	75
4.7. Análisis de la estabilidad de estructuras para tiempos de estiaje .....	<b>77</b>
4.7.1. Estabilidad del de enrocado.....	77
4.7.2. Estabilidad del muro de gaviones .....	78
4.7.3. Estabilidad del muro de gravedad.....	79
4.8. Análisis y discusión de resultados .....	<b>80</b>
4.8.1. Análisis de resultados .....	80
4.8.2. Discusión de resultados .....	83
<b>Conclusiones.....</b>	<b>85</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>86</b>
<b>Lista de referencias.....</b>	<b>87</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>92</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características del margen izquierdo del puente Comuneros .....	21
Tabla 2. Características del margen derecho del puente Comuneros.....	21
Tabla 3. Dimensiones estándar para gaviones tipo caja .....	31
Tabla 4. Dimensiones estándar para gaviones tipo colchón .....	32
Tabla 5. Dimensiones estándar para gaviones tipo saco .....	32
Tabla 6. Diferentes usos de los muros de gaviones.....	33
Tabla 7. Características del enrocado.....	34
Tabla 8. Ensayos realizados para la zona de estudio .....	50
Tabla 9. Resultados del ensayo de laboratorio .....	51
Tabla 10. Parámetros geomorfológicas de la cuenca del Mantaro.....	53
Tabla 11. Características geomorfológicas del área de estudio.....	54
Tabla 12. Registro de caudales máximos del puente Stuart .....	55
Tabla 13. Caudal de diseño.....	56
Tabla 14. Registro de caudales máximos mensuales estación puente Breña .	56
Tabla 15. Valores para el cálculo de la rugosidad.....	58
Tabla 16. Métodos de cálculo amplitud de cauce.....	59
Tabla 17. Método de Blench o Altunin.....	59
Tabla 18. Método de Altunin- Manning.....	60
Tabla 19. Método de Simons Henderson .....	60
Tabla 20. Recomendación práctica .....	60
Tabla 21. Resumen del ancho estable del cauce.....	61
Tabla 22. Valores de Ks para cauces naturales .....	61
Tabla 23. Coeficiente $\beta$ por periodo de retorno .....	62
Tabla 24. Selección de X según el tipo de suelo.....	63
Tabla 25. Estabilidad de la estructura de enrocados.....	71
Tabla 26. Cálculo de las fuerzas resistentes .....	74
Tabla 27. Estabilidad de la estructura de gaviones .....	74
Tabla 28. Cálculo de las fuerzas y momentos resistentes .....	75
Tabla 29. Estabilidad de la estructura de muro de gravedad .....	76
Tabla 30. Estabilidad de la estructura para tiempos de estiaje .....	77
Tabla 31. Estabilidad de la estructura de gaviones para tiempos de estiaje ....	78

Tabla 32. Estabilidad del muro de gravedad .....	79
Tabla 33. Resultados del análisis de estabilidad.....	82
Tabla 34. Operacionalización de variables.....	93
Tabla 35. Matriz de consistencia .....	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Hidrograma de caudales del río Mantaro .....	19
Figura 2. Ubicación del puente Comuneros .....	20
Figura 3. Defensas ribereñas .....	27
Figura 4. Representación gráfica del muro de gaviones .....	28
Figura 5. Tipos de gaviones .....	32
Figura 6. Dique enrocado .....	34
Figura 7. Enrocado con roca al volteo.....	34
Figura 8. Enrocado con roca colocada.....	35
Figura 9. Uso de filtro de geotextil .....	36
Figura 10. Partes del muro de gravedad .....	37
Figura 11. Ubicación de las calicatas, margen izquierda, puente Comuneros .	49
Figura 12. Vista satelital de la cantera Pumpunya .....	52
Figura 13. Ubicación de la cuenca Mantaro .....	52
Figura 14. Ubicación del área de estudio .....	54
Figura 15. Orilla del río Mantaro, margen izquierda .....	58
Figura 16. Simulación de flujo para caudal de diseño de $Q=2095.27 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	64
Figura 17. Sección de análisis en el punto de estudio $Q=2095.27 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	64
Figura 18. Sección de análisis en el punto de estudio $Q=80.53 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	65
Figura 19. Dimensionamiento de enrocados.....	66
Figura 20. Predimensionamiento de la estructura de gavión .....	68
Figura 21. Esquema del predimensionamiento .....	69
Figura 22. Predimensionamiento del muro de gravedad.....	69
Figura 23. Esquema para predimensionamiento.....	70
Figura 24. Esquemmatización de la estructura de gaviones .....	73
Figura 25. Esquemmatización del muro de gravedad .....	75
Figura 26. Efecto de subpresiones en muro de gravedad.....	77
Figura 27. Estructura de gaviones para tiempos de estiaje.....	78
Figura 28. Esquema de la estructura para tiempos de estiaje.....	79

## RESUMEN

Esta investigación nació a partir de la necesidad de buscar las mejores alternativas para la ejecución de la defensa ribereña del río Mantaro cuyo objetivo fue definir la mejor alternativa para elaborar una defensa ribereña, donde se analizaron tres tipos de diseños: enrocados, gaviones y muros de gravedad. Siguiendo una metodología, se calculó el caudal de diseño, que se consiguió por el método estadístico de las 8 distribuciones, “donde para un periodo de retorno (Tr) de 500 años, se obtuvo un caudal de (Q) =2095.27 m<sup>3</sup>/s”. Posteriormente, se determinaron los parámetros hidráulicos, dimensionamiento y diseño para cada estructura. Los resultados obtenidos para el diseño de enrocados fueron la fuerza resistente, presión de flujo, factor de estabilidad y peso de la roca, demostrando la estabilidad del enrocado. Para el diseño de gaviones y muros de gravedad, se verificó la estabilidad de la estructura por deslizamiento y volteo, siendo mayor a 1.5 y el esfuerzo actuante menor a la capacidad portante del suelo. Finalmente, se concluyó que la mejor alternativa de diseño de defensa ribereña es el muro de gravedad por cumplir con la estabilidad hidráulica y estructural, permitiendo proteger las zonas agrícolas aledañas ubicadas en el margen izquierdo del río Mantaro.

**Palabras claves:** defensas ribereñas, diseño estructural, diseño hidráulico, erosión, talud

## ABSTRACT

This research was born from the need to find the best alternatives for the execution of the riparian defense of the Mantaro River whose objective was to define the best alternative to elaborate a riparian defense, where three types of designs were analyzed: rockfill, gabions and walls of gravity. Following a methodology, the design flow was calculated, which was achieved by the statistical method of the 8 distributions, "where for a return period ( $T_r$ ) of 500 years, a flow of ( $Q$ ) = 2095.27 m<sup>3</sup>/s was obtained)". Subsequently, the hydraulic parameters, sizing and design for each structure were determined. The results obtained for the rockfill design were the resistant force, flow pressure, stability factor and rock weight, demonstrating the stability of the rockfill. For the design of gabions and gravity walls, the stability of the structure due to sliding and overturning was verified, being greater than 1.5 and the acting effort less than the bearing capacity of the soil. Finally, it was concluded that the best riverside defense design alternative is the gravity wall to comply with the hydraulic and structural stability, allowing to protect the surrounding agricultural areas located on the left bank of the Mantaro River.

**Keywords:** erosion, hydraulic design, riparian defenses, slope, structural design

## INTRODUCCIÓN

La investigación “*Evaluación del diseño hidráulico y estructural de las defensas ribereñas en la margen izquierda del puente comuneros*”, tema elegido por la necesidad de proponer un diseño adecuado de defensas ribereñas en esa margen del río que, ya que en la actualidad no cuenta con uno; se definió como objetivo determinar el diseño hidráulico y estructural de las defensas ribereñas en el puente Comuneros, margen izquierda de la cuenca del río Mantaro-Huancayo, que a su vez está desarrollado en cuatro capítulos (planteamiento del estudio, marco teórico, metodología, análisis y discusión de resultados), para la cual se recopiló información de Senamhi, Autoridad Nacional del Agua (Ana) y Electroperú, entidades que permiten conocer las precipitaciones, registro de caudales de la zona de estudio, y con ello se obtuvo, para un periodo de retorno, 500 años el caudal máximo de diseño del río Mantaro, junto a ello se realizaron estudios suelo, topografía de la zona en estudio, y con esos parámetros, se pudo proponer el diseño adecuado de protección del puente Comuneros, aguas arriba.

La conservación marginal contra la erosión en ríos es un factor fundamental y costoso en los medios de protección contra inundaciones. De las más utilizadas son las protecciones de enrocados y gaviones como defensas ribereñas (1). Se definen a las defensas ribereñas como “toda aquella estructura construida dentro del cauce de un río, cuya finalidad es encauzar, corregir, proteger terrenos ribereños, controlar el transporte de sólidos o controlar el curso natural del agua” (2). Estudios realizados por Nayono (3), sobre defensas ribereñas, muestran que son útiles para desviar un río y proteger sus riberas. La investigación sobre el diseño de defensas ribereñas permite elegir una estructura más adecuada para la protección de los márgenes de los ríos y puentes, incrementando la seguridad y estabilidad de las estructuras. Se analizaron que el Riprap es el revestimiento de ingeniería más utilizado para proteger las riberas de los ríos porque es flexible, duradero, fácil de construir y de apariencia natural, donde su estabilidad está determinada principalmente por una combinación del peso sumergido y las fuerzas de enclavamiento entre bloques adyacentes (4). Además, estudios realizados por Maroto, et al. (5) donde construyeron un rip-rap

muro rompeolas en la margen izquierda del río Eresma con el fin de evitar la erosión del pie del talud, cuyo resultado fue satisfactorio en la primera zona, estabilizando el talud, frenando la erosión y evitando derrumbes importantes del talud sobre el río Eresma, localidad de Coca (Segovia, España).

Se define a la erosión como una sucesión destructora de los materiales de la corteza terrestre por acción de los procesos geológicos (6), también se le conoce como el descenso del fondo del suelo, resultado de fenómenos de dinámica fluvial naturales o suscitados por obras del hombre (7), donde es necesario buscar alternativas para el diseño y control de la erosión, incluidos diques de retroceso, revestimiento de rocas y rocas giratorias (8). También se define el diseño hidráulico, como las propiedades mecánicas del fluido y la determinación de la sección de encauzamiento (9); también, las características hidráulicas que proporcionan una perspectiva a gran escala de las características de los ríos.

Referirse al tema de defensas ribereñas, conlleva a identificar los tipos de defensas ribereñas que se tienen, las utilizadas en esta investigación son los muros de gaviones, compuestos por mallas de alambre galvanizado en forma de cajas, los cuales se rellenarán con piedras de río (10), “además son útiles para desviar un río y proteger sus riveras” (3).

El muro de gravedad, estructura cuya estabilidad se basa en su propio peso, tiene la función de prevenir las fallas por inestabilidad de la estructura (10), además “esta estructura no solo está sujeta a la presión que ejerza el suelo sobre el muro sino también se ve afectada por la presión lateral ejercida por el terreno y de las posibles cargas ejercidas en la pared exterior libre” (11), finalmente, las estructuras de enrocados que han sido utilizadas durante varios años como defensa contra la erosión, porque su estabilidad obedece a la forma, tamaño y masa de las rocas (12), todas estas estructuras reducen los riesgos generados por incremento súbito del caudal o por la presencia del deslizamiento del talud.

El puente Comuneros, que se encuentra ubicado en la provincia de Huancayo, está expuesto a peligros ocasionados por la naturaleza que, debido

al fenómeno de El Niño y eventos extremos y periodos de avenidas, se generan desbordes de aguas, ocasionando aluviones y erosiones en la margen izquierda del río, donde hay una terraza aluvial importante casi a nivel del cauce, presentando grandes montículos de material suelto ubicados en esa margen (13), el riesgo que presenta en las épocas de avenidas, también se debe a la topografía y su ubicación; puede ser dañado por el incremento del caudal del río Mantaro, que en tiempos de lluvia (octubre - abril), genera grandes volúmenes de agua, causando desastres en su recorrido, por ello, esta investigación busca proponer un diseño de las defensas ribereñas, para proteger la estructura que es de vital importancia para el crecimiento y desarrollo de la ciudad de Huancayo, es un acceso principal para el transporte de vehículos, que evita la congestión.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

### 1.1. Planteamiento del problema

El incremento de las lluvias en el Perú, hace que existan inundaciones en algunas parte de las regiones del país, básicamente en la ciudad de Huancayo; específicamente en zonas aledañas al río Mantaro, que debido a su topografía se ven afectados por los fenómenos naturales, generando pérdidas económicas, y daños a estructuras que se encuentran atravesando este río, como es el puente Comuneros, que se ve profundamente afectado en la margen izquierda, dado que no cuenta con unas defensas ribereñas que puedan contener el incremento del río, como la tiene la margen derecha, a esto se suma que a orillas se encuentran grandes montículos de material acumulado, existiendo un **Peligro Muy Alto** (PMA), “en la medida que existe muy alta probabilidad que se produzcan inundaciones erosiones en periodos de precipitaciones pico anuales y; más aún, por alguna anomalía climática extrema, como un fenómeno de El Niño” (13). haciéndolo aún más peligrosa la exposición de esta estructura, llegando a causar socavación o fracturas en los estribos de la estructura.

Las inundaciones son fenómenos naturales que siempre han estado presentes en la historia del planeta, interfiriendo en las actividades humanas, aumento del costo económico y social, creando inseguridades en las personas aledañas a la ribera de los ríos. El valle del Mantaro no es ajeno a estos fenómenos, el cual se extiende por Jauja, Concepción, Huancayo y Chupaca de

Norte a Sur. “Se tienen registros, año 2010, de inundaciones generadas en los distritos de Ingenio, Sicaya, Mito, Huaripampa, Ataura, El Mantaro, Matahuasi, San Lorenzo, Orcotuna y Chilca; a razón del aumento del río Mantaro que afectó a más de 1034 familias en una expansión de 833 hectáreas, incluyendo pérdidas humanas y costos económicos” (14).

El departamento de Junín, por sus características geomorfológicas y climáticas, es una región donde se producen con frecuencia lluvias intensas cuya precipitación máxima es de 60.45 mm para un periodo de retorno de 500 años, que pueden causar daños severos a poblaciones asentadas en las riberas, áreas de cultivo y fajas marginales de los ríos, a las carreteras, trochas e infraestructura de transporte como a las unidades productoras de servicios públicos, establecimientos de salud, instituciones educativas, sistemas de agua y desagüe, dependiendo de su intensidad y frecuencia, siendo recurrentes en zonas declaradas en Alto y Muy Alto Riesgo (15).

Ante los problemas que se están presentando, sobre todo en las épocas de avenidas, en la región de Junín y específicamente a alturas del puente Comuneros, se justifica el estudio para evaluar un diseño adecuado de defensas ribereñas, que permita contribuir con la protección de terrenos adyacentes al río, con la propuesta de construcción de la estructura.

## **1.2. Formulación del Problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cómo interviene el diseño hidráulico y estructural en el diseño de defensas ribereñas para la margen izquierda del puente Comuneros de la ciudad de Huancayo?

### **1.2.2. Problemas específicos**

¿Cómo intervienen los parámetros hidrológicos en el diseño de defensas ribereñas para el puente Comuneros?

¿Cómo intervienen los parámetros hidráulicos para el diseño de defensas ribereñas para el puente Comuneros?

¿Qué diseño de defensa ribereña tiene mejor comportamiento estructural e hidráulico para la margen izquierda del puente Comuneros?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar el diseño hidráulico y estructural de las defensas ribereñas en el puente Comuneros, margen izquierda de la cuenca del río Mantaro, Huancayo.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

Determinar los parámetros hidrológicos para el diseño de defensas ribereñas para el puente Comuneros, Huancayo, margen izquierda.

Determinar los parámetros hidráulicos para el diseño de defensas ribereñas para el puente Comuneros, Huancayo, margen izquierda.

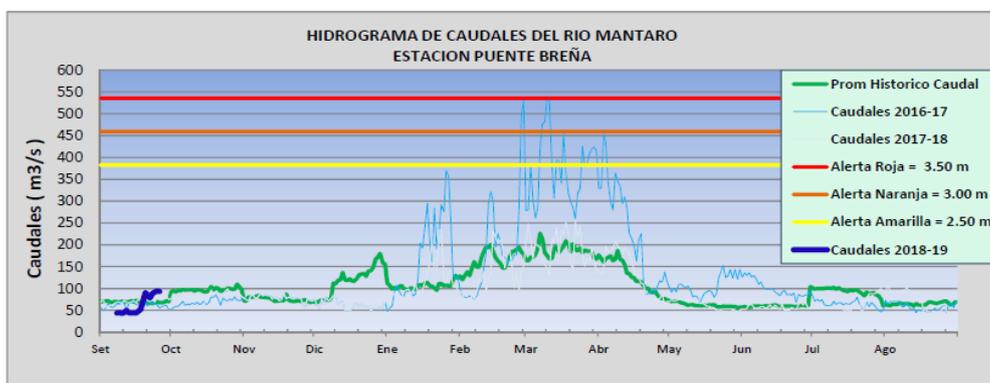
Identificar la defensa ribereña con mejor comportamiento estructural e hidráulico para la margen izquierda del puente Comuneros.

### **1.4. Justificación e importancia**

Contribuir con esta investigación es de gran importancia para el río Mantaro, dado que ayuda a tener una propuesta de prevención frente a las situaciones que se presentan debido al crecimiento del río, lo cual es perjudicial en la zona de estudio del puente Comuneros. En la actualidad, no cuenta con defensas ribereñas en la margen izquierda, solo tiene un pequeño enrocado debajo del puente, por lo que no es suficiente para contener las grandes crecidas del río, viendo esa necesidad es que se realiza este estudio.

“De acuerdo a los registros de la estación de HLG puente Breña en la fecha 12 de febrero 2018, el nivel de agua registrado hasta las 10:00 horas es de 3.10 m, que representa un caudal de 854.79 m<sup>3</sup>/s. Este dato es superior en 1.27 m a su promedio histórico y se encuentra a 0.40 m por debajo de su nivel crítico de desborde. Asimismo, ya se presentaron desbordes en los alrededores de Huamancaca debido al incremento del nivel y caudal del río Mantaro. Según

los pronósticos, para los próximos días del mes de febrero, continuará el incremento de las precipitaciones en la cuenca alta y media del río Mantaro; por ende, los niveles de agua y caudales podrían seguir una tendencia ascendente y ocasionar desbordes e inundaciones” (16).



**Figura 1. Hidrograma de caudales del río Mantaro (16)**

### 1.5. Justificación teórica

En esta investigación se busca definir la mejor propuesta del tipo de defensa ribereña para proteger la margen izquierda del río Mantaro a la altura del puente Comuneros, conociendo los parámetros hidrológicos, hidráulicos y diseño del mismo para la zona de estudio, el cual está justificado a través de los resultados obtenidos, escogiéndose la mejor alternativa para solucionar el problema de la zona de estudio.

### 1.6. Justificación práctica

El proponer un diseño adecuado de defensas ribereñas para la zona de estudio, el cual busca minimizar los riesgos, evitando el colapso de la estructura y a sus alrededores. De esa manera, se contribuye con tener una mejor calidad en el entorno de las márgenes del río y un adecuado funcionamiento de la estructura del puente Comuneros.

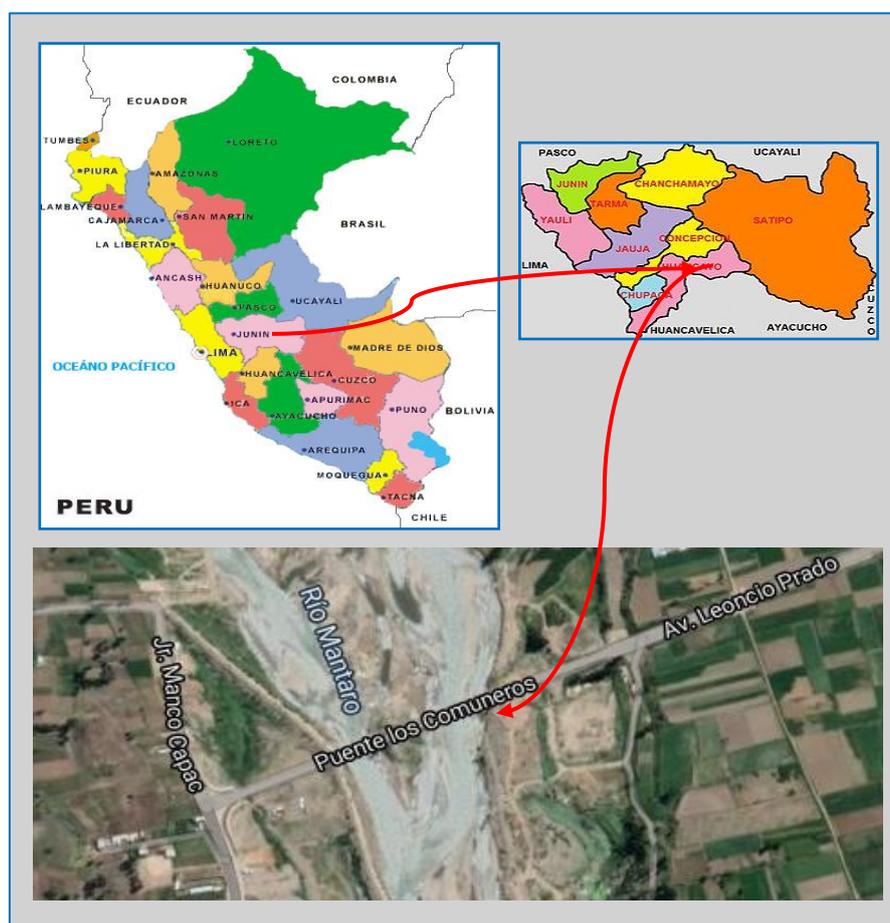
### 1.7. Justificación metodológica

Esta investigación es justificada porque se utilizaron instrumentos para la recolección de datos de campo, fuentes conocidas inmersas en esta área de la ingeniería, también mediante la observación de la zona de estudio, y con ello poder llevar a cabo el desarrollo del proyecto.

## 1.8. Delimitación

El puente está ubicado en la prolongación de la Av. Leoncio Prado, conectando las provincias de Huancayo y Chupaca (distrito de Tres de Diciembre), región Junín.

La presente tesis se desarrolló, específicamente, en las alturas del puente Comuneros, margen izquierda del río, el cual está ubicado mediante coordenadas UTM: 474769.00 m E, 8663269.00 m S. Para el estudio se tomaron 200 metros de longitud, aguas arriba de la margen izquierda, partiendo como punto inicial del puente Comuneros.



**Figura 2. Ubicación del puente Comuneros (16)**

Las características del acceso al margen izquierdo del puente son las siguientes:

**Tabla 1. Características del margen izquierdo del puente Comuneros**

Longitud	191.10 ml
Sección de la vía	6.60 ml
Sección del ciclo de vía	2.55 ml, ambos lados
Cunetas	100 x 25 cm (concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ )
Subbase	20 cm
Base	20 cm
Asfalto de vía	7.50 cm
Tipo de vereda	15 cm (concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ )
Alcantarillado	Red de aguas negras y pluviales

Las características del acceso al margen derecho del puente son las siguientes:

**Tabla 2. Características del margen derecho del puente Comuneros**

Longitud	300 ml
Sección de la vía	13.20 ml
Berma	50 cm, ambos lados
Subbase	20 cm
Base	20 cm
Asfalto de la vía	7.5 cm
Vereda	1.5 ml
Tipo de vereda	15 cm (concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ )
Sostenimiento de talud	Muro de sostenimiento
Mejoramiento del suelo	Enrocados de 1.50 m x 7202.68 m <sup>2</sup>

## 1.9. Hipótesis y descripción de variables

### 1.9.1. Hipótesis general

La determinación del diseño hidráulico y estructural influirá en el diseño de defensas ribereñas para la margen izquierda del puente Comuneros, ciudad de Huancayo.

### 1.9.2. Hipótesis Especificas

Los parámetros hidrológicos influirán en el diseño de defensas ribereñas para el puente Comuneros, margen izquierda.

Los parámetros hidráulicos influirán para las defensas ribereñas del puente Comuneros, margen izquierda.

La identificación de la estructura con mejor comportamiento estructural e hidráulico influye como defensa ribereña en la margen izquierda del puente Comuneros.

## 1.10. Variables

- **Variable independiente:** defensa ribereña

Variable	Descripción	Dimensión
<b>VI</b> <b>Defensa ribereña</b>	Es un “conjunto de medidas tendientes a solucionar problemas generados por la energía erosiva del agua” (6)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Defensas vivas naturales</li><li>• Defensas vivas forestales</li><li>• Defensas permanentes</li></ul>

- **Variable dependiente:** diseño de defensa ribereña

Variable	Descripción	Dimensión
<b>VD</b> <b>Diseño de defensa ribereña</b>	Se consideran defensas ribereñas como “toda aquella estructura construida dentro del cauce de un río, cuya finalidad es encauzar, corregir, proteger terrenos ribereños, controlar el transporte de sólidos o controlar el curso natural del agua” (2).	<ul style="list-style-type: none"><li>• Parámetros hidráulicos</li><li>• Caudal</li><li>• Parámetros hidrológicos</li><li>• Estructura hidráulica</li></ul>

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes del problema**

El uso de defensas ribereñas se realiza partiendo de la necesidad de proteger estructuras y terrenos agrícolas colindantes a los ríos, el proponer una protección a todas esas áreas, permite tener un mejor comportamiento frente al incremento de los caudales. Las investigaciones sobre defensas ribereñas buscan el mejor comportamiento, aplicando los diferentes tipos de defensas, asegurando una estabilidad y seguridad del entorno de los ríos, de esa manera ayudan a mitigar los daños, dado que en los ríos, el caudal siempre es variable con el tiempo, ya que depende mucho del régimen hidrológico de la cuenca, por lo que hay tiempos donde estos caudales presentan crecidas extraordinarias, que pueden transformar la naturaleza o el curso del río, situación que crea una modificación de equilibrio del cauce, formando considerablemente erosiones, provocando desbordes e inundaciones en su entorno. A continuación, se detallan algunas investigaciones sobre defensas ribereñas.

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

En la tesis *“Análisis del muro de contención para condiciones estáticas y dinámicas mediante el uso del software geo-5”* (17), cuyo objetivo fue “el análisis de muros de gravedad y muros de contención en voladizo para diferentes terrenos, condiciones del suelo y nivel de agua”, planteando dos tipos de muros de contención (muros de gravedad

H = 4 m y muro voladizo H = 6 m), acondicionando sobrecargas variables, donde se verificó su estabilidad, concluyendo que el factor de seguridad disminuye con el aumento del ángulo de pendiente, en tanto, las fuerzas y momentos se ven incrementados (17).

En el artículo "*Protección del medio ambiente de la ribera del río hacia la socavación con refuerzo combinado de gaviones y tetrápodos*" (3), cuyo propósito es dirigir el flujo de agua y reducir el proceso de socavación para proteger la orilla del río, para la cual se utilizó el método de emplear un modelo físico, elaborado en laboratorio de hidráulica, donde se realizó una simulación del río con protección de gaviones y sin protección, y se comparó el efecto de la socavación de ambas simulaciones, donde la estructura compuesta por gaviones tuvo menor socavación (3).

En el artículo científico "*Desplazamientos como origen de falla de escollera colocada en pendientes pronunciadas*" (18), cuyo objetivo fue el estudio relacionado a escolleras vertidas y colocadas en pendientes pronunciadas, realizando pruebas con los dos modelos físicos, obteniendo los resultados de un estudio de modelo a escala relacionada con la estabilidad de escolleras colocadas y vertidas con pendiente  $S = 0.67$  y un talud 1:1.50 (vertical y horizontal), donde se realizaron pruebas de comportamiento de cada estructura, cuyo resultado para un Riprap con piedra colocada tiene una estabilidad cinco veces mayor a un riprap vertido (18).

En la investigación "*Análisis de riesgo por desbordamiento del río Chiquito en la zona urbana del municipio de Sogamoso, Boyacá*" (19), el objetivo fue determinar el riesgo por inundación del área urbana del municipio de Sogamoso - Boyacá, donde se determinaron las zonas de inundación en el área de estudio a través de un modelo en Hec Ras. Obteniendo como resultados que, para periodos de retorno de 100 años, se genera un desborde del río en ciertos tramos, generando un área 100 % afectada, para periodos de 50 años hay un desborde en las mismas

zonas, pero de menor magnitud y para periodos de 10 años, ningún tramo se desborda, pero la probabilidad de ocurrencia es alta y la totalidad de los pobladores que tienen sus viviendas a 10 metros de la orilla están considerablemente propensos a una inundación, concluyendo que se logró definir el riesgo por inundación para el área urbana del municipio de Sogamoso - Boyacá producto del desbordamiento del río Chiquito (19).

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

En la investigación "*Diseño hidráulico y estructural de la defensa ribereña del río Nepeña, sector puente Huambacho, distrito de Nepeña, Santa, Ancash*" (20), el objetivo fue realizar un diseño hidráulico y estructural de la defensa ribereña del río Nepeña en el sector puente Huambacho, del distrito de Nepeña, provincia de Santa, departamento de Ancash, para la cual llegaron a utilizar material de la zona de estudio como es roca y materiales sueltos, teniendo como resultado la construcción de un dique, tanto para la margen derecha e izquierda del río de 2 kilómetros, un kilómetro aguas arriba y un kilómetro aguas abajo, considerando dos tipos de enrocado para el dique proyectado, protección contra la erosión y socavación, colocados en forma paralela a la corriente, concluyendo que el enrocado tipo I se empleará para velocidades de 3.9 - 4.50 m/s y, el tipo II, se empleará para velocidades de 4.50 - 5.10 m/s (20).

En la investigación "*Proyecto de encauzamiento y defensas ribereñas en el río Yarabamba, sector Villa Yarabamba*" (21), el objetivo fue disponer de una obra de infraestructura hidráulica como defensas ribereñas de protección a los pobladores y cultivos del pueblo de Villa Yarabamba ante una posible inundación, teniendo como alternativas de solución a estructuras de gaviones, muro armado y dique enrocado; eligiendo como mejor alternativa de defensa ribereña con gaviones, por la disponibilidad de canto rodado en el lugar de estudio; concluyendo que las personas de las zonas agrícolas del pueblo están ante una probable inundación en los meses de enero, febrero y marzo, donde existe la probabilidad que el caudal aumente ( $Q = 115\ 71\ \text{m}^3/\text{s}$ ) en un periodo de

retorno ( $T_r = 100$  años), ante ello se necesita la construcción de defensa ribereña para proteger a la población y sus cultivos (21).

En la investigación “*Análisis comparativo de soluciones de defensas ribereñas para el puente Tahuamanu, Madre de Dios*” (22), el objetivo fue contribuir al desarrollo de recientes alternativas de defensa ribereña con un sistema de geoestructuras y gaviones, determinando los factores de seguridad para ambas estructuras de gaviones ( $F_s = 1.784$ ) y geoestructuras ( $F_s = 2.448$ ), mejorando la estabilidad, concluyendo que “la solución más viable, tanto técnica como económicamente, es la implementación de un sistema de defensa ribereña con geoestructuras para proteger las riberas del río Tahuamanu en la zona de estudio” (22).

En la investigación “*Sistema de prevención y control de erosión en la ribera del río San Fernando*” (23), el objetivo fue determinar qué tipo de sistema de prevención y control de erosión se utilizan en las riberas del río San Fernando, usando el método de Fuller, un caudal de diseño ( $Q = 68,04 \text{ m}^3/\text{s}$ ), el cual influye en el desborde del río San Fernando en el tramo Chayhuamayo, Shucusma (Huancayo), a su vez se “estimó la velocidad y esfuerzo cortante del río cuando esta queda desbordada por el margen derecho, obteniendo una velocidad máxima de  $2,59 \text{ m/s}$  y un esfuerzo cortante máximo de  $80,27 \text{ N/m}^2$ ”(23).

En la investigación “*Propuesta de diseño de defensas ribereñas en el río Locumba, anexo de Oconchay, zona rural del distrito Ilabaya, provincia de Jorge Basadre Grohmann*” (24), el objetivo fue proponer un diseño de defensa ribereña que evite el desbordamiento del río Locumba para impedir la erosión y socavación de los bordes del río en el anexo de Oconchay (Tacna), para la cual definió dos tipos de defensas ribereñas: muro de gravedad y gaviones, en donde se determinó la estabilidad de cada tipo de estructura, teniendo como resultado acorde a la necesidad de la zona, un sistema flexible como es el caso del muro de gaviones, concluyendo que, debido a la necesidad de desbordamiento e

inundaciones frecuentes, es necesario construir un sistema de protección como son los gaviones (24).

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Defensas ribereñas**

“Son estructuras construidas para proteger las áreas aledañas a los ríos, contra los procesos de erosión de sus márgenes, producto de la excesiva velocidad del agua, que tiende a arrastrar el material ribereño y la socavación que ejerce el río, debido al régimen de precipitaciones abundantes en épocas de invierno, siendo causantes de la desestabilización del talud inferior y de la plataforma de la carretera” (2). “Estas pueden ser efectivas para el área particular que se va a defender, pero cambian el régimen natural del flujo y tienen efectos sobre áreas aledañas, los cuales deben ser analizados antes de construir las obras” (25). “Estas obras se ubican en puntos localizados, que por lo general protegen zonas poblacionales, resultan efectivas para el área designada; sin embargo, también cambian el régimen natural del flujo, por ello, es de suma importancia un correcto análisis y diseño previo a su construcción” (26).



**Figura 3. Defensas ribereñas (27)**

## 2.2.2. Tipos de defensas ribereñas

### 2.2.2.1. Gaviones

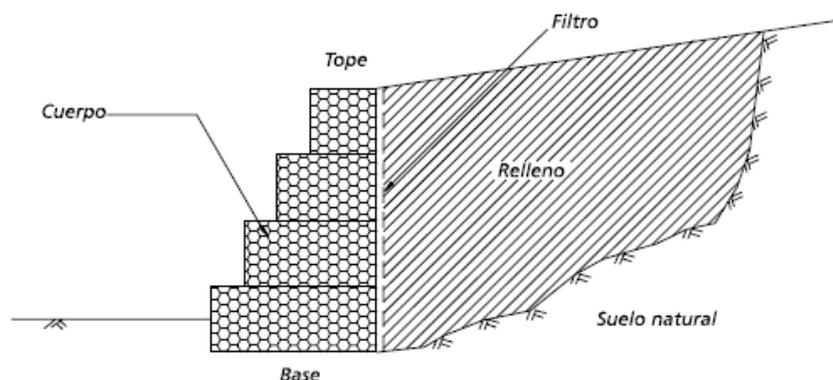
“Los gaviones son cajas de alambre galvanizado armadas *in situ* y se rellenan con piedras, usualmente obtenidas del lecho del río. Con la superposición de estos elementos se logra la conformación de muros tipo gravedad, de características permeables y flexibles. Asimismo, se indica que requieren de filtros para evitar pérdida de sustrato y hundimiento” (9).

Se recomienda que para el uso de esta estructura se debe tomar en cuenta lo siguiente:

El tamaño de las piedras debe ser suficientemente grande y homogéneos, cuyo tamaño nominal debe ser 1.5 veces el tamaño mínimo de la abertura de la malla.

La altura del muro de gaviones debe ser mayor que el nivel de avenida esperado.

El muro de gaviones debe contar con un colchón antisocavante que se extienda horizontalmente sobre la orilla, a una distancia mínima de 1.5 veces la profundidad de socavación esperada.



**Figura 4. Representación gráfica del muro de gaviones (28)**

## Composición del gavión

El gavión está compuesto por mallas de alambre galvanizado llenas de cantos, formando cajones unidos por amarres de alambre; con el objeto de tener una base general de estudio de los gaviones se tratarán los siguientes aspectos:

Los alambres y mallas

Las unidades de gaviones

Las uniones entre gaviones

## Alambres galvanizados

“Los principales problemas de los alambres de gaviones es la corrosión y abrasión, del cual, la corrosión de la malla se presenta en obras en gaviones que están en contacto permanente con aguas servidas, ya que estas tienen un alto contenido de sustancias químicamente corrosivas que atacan la malla del gavión, hasta el punto de destruirla, conjuntamente con el proceso de corrosión se presenta el problema de la abrasión, es decir, el desgaste por acción de corrientes de agua con sedimentos” (12).

## Las mallas

Generalmente se emplean tres tipos de mallas, las cuales son:

Malla hexagonal o de torsión

Malla de eslabonado simple

Malla electrosoldada

Tipos de malla	Identificación
<p><b>Hexagonal:</b> tienen la forma de un hexágono, del cual el ancho está dado entre dos entronchados paralelos y la altura en entronchados coloniales, permite tolerar esfuerzos en cualquier dirección sin que produzca daños al alambre.</p>	

**Eslabonada:** en esta malla no existe una unión rígida entre los alambres, lo cual facilita tener mayor flexibilidad, su empleo es en obras de gran socavación hidráulica.



**Electrosoldada:** son mallas rígidas, donde su conformación está hecha por cuadrículas de igual dimensión, su uso se ha extendido mayormente en obras de construcción de carreteras, sus diámetros varían en calibres de 10-12, con espaciamentos de diez a doce.




---

## Principales características de los gaviones

Monolitismo	Resistencia
Debido a que todos los elementos que forman estas estructuras están amarrados entre sí, a lo largo de todas las aristas que la conforman (28).	“Este tipo de malla proporciona distribución más uniforme de los esfuerzos a los que son sometidas y tienen resistencia nominal a la tracción” (28).
<p><b>Durabilidad</b></p> <p>“El primer tipo de revestimiento es el resultado de una tecnología moderna y consiste de una aleación compuesta por zinc, aluminio y tierras raras (Zn 5Al MM = Galfan®) que es aplicada al alambre por inmersión en caliente” (28).</p>	<p><b>Versatilidad</b></p> <p>“Por la naturaleza de los materiales que se emplean en la fabricación de los gaviones, estos permiten que su construcción sea sencilla en cualquier condición climática, ya sea en presencia de agua o en lugares de difícil acceso” (29).</p>
<p><b>Flexibles</b></p> <p>Porque estas “estructuras permiten deformaciones y movimientos del terreno, sin perder su estabilidad y eficiencia” (28).</p>	<p><b>Permeables</b></p> <p>“Es un excelente sistema drenante, indispensable para una buena performance y vida útil de las estructuras de contención” (28).</p>
<p><b>De bajo impacto ambiental</b></p> <p>Son estructuras que se adaptan muy bien a este concepto, durante su construcción y a lo largo de la vida útil de la estructura. En situaciones donde genere impacto visual de la estructura, esta se puede revestir con el crecimiento de vegetación (28).</p>	<p><b>Económicas</b></p> <p>No requieren mano de obra “especializada, logrando altos rendimientos en la instalación. Las piedras de relleno pueden ser extraídas del mismo lugar donde se efectúa la instalación” (29).</p>

---

## **Tipos de gaviones y sus dimensiones estándar**

### **Gaviones tipo caja**

“Son paralelepípedos regulares de dimensiones variadas, pero con altura de 1.0 m a 0.50 m; conformados por una malla metálica tejida a doble torsión para ser rellenos en obra con piedra de dureza y peso apropiado” (30).

**Tabla 3. Dimensiones estándar para gaviones tipo caja (31)**

<b>Gaviones caja con diafragmas</b>				
<b>Dimensiones Estándar</b>			<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Diafragmas</b>
<b>Largo (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Alto (m)</b>		
1.50	1.00	0.50	0.75	-
2.00	1.00	0.50	1.00	1
3.00	1.00	0.50	1.50	2
4.00	1.00	0.50	2.00	3
1.50	1.00	1.00	1.50	-
2.00	1.00	1.00	2.00	1
3.00	1.00	1.00	3.00	2
4.00	1.00	1.00	4.00	3

### **Gaviones tipo colchón**

“Son módulos o unidades de gran ancho (2 a 4 metros), alturas entre 0.15 y 0.30 metros y largo entre 3 y 6 metros, elaborados para la construcción de revestimientos de canales y orillas de corrientes” (12), además “tienen la forma de prisma rectangular, producidos en malla hexagonal de doble torsión con abertura de malla de 6 x 8 cm, que son caracterizados por su gran superficie, pequeño espesor y gran flexibilidad. Se utilizan para la protección contra la socavación de las estructuras longitudinales, que son construidas directamente sobre el terreno perfilado” (29).

**Tabla 4. Dimensiones estándar para gaviones tipo colchón (31)**

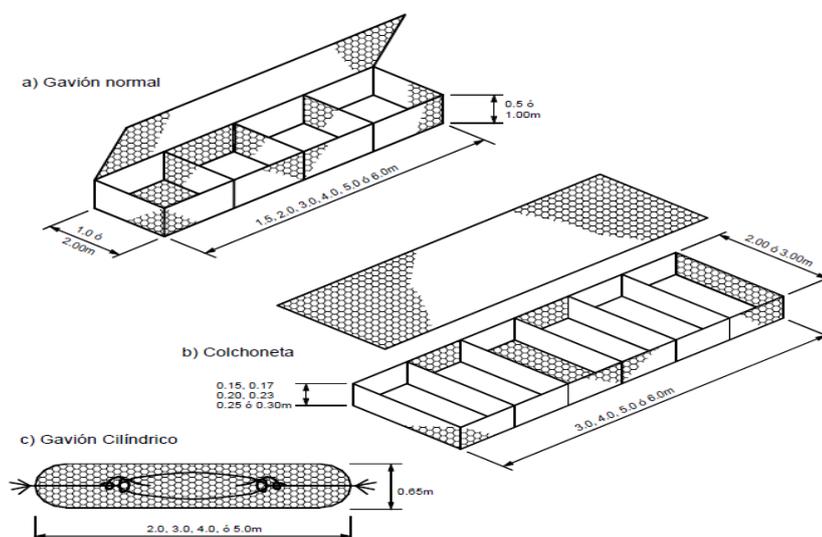
Colchón reno				
Dimensiones estándar			Área (m <sup>2</sup> )	Diafragmas
Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)		
3.00	2.00	0.17	6	2
4.00	2.00	0.17	8	3
5.00	2.00	0.17	10	4
6.00	2.00	0.17	12	5
3.00	2.00	0.23	6	2
4.00	2.00	0.23	8	3
5.00	2.00	0.23	10	4
6.00	2.00	0.23	12	5
3.00	2.00	0.30	6	2
4.00	2.00	0.30	8	3
5.00	2.00	0.30	10	4
6.00	2.00	0.30	12	5

### Gaviones tipo saco

“Se arman generalmente fuera de la obra y se deposita en su lugar mediante el uso de maquinaria de izaje. A través de los bordes libres se inserta en las mallas un alambre más grueso para reforzar las extremidades y permitir el ensamblaje del elemento” como se muestra en la figura 5 (23).

**Tabla 5. Dimensiones estándar para gaviones tipo saco (31)**

Gaviones tipo saco		
Dimensiones estándar		Volumen (m <sup>3</sup> )
Largo (m)	Diámetro (m)	
2.00	0.65	0.65
3.00	0.65	1.00
4.00	0.65	1.30
5.00	0.65	1.65
6.00	0.65	2.00



**Figura 5. Tipos de gaviones (12)**

**Tabla 6. Diferentes usos de los muros de gaviones**

<b>Los muros de gaviones tienen diferentes usos</b>	
<b>Muros de contención</b>	“Están diseñados para mantener una diferencia en los niveles de suelo en sus dos lados, constituyendo un grupo importante de elementos de soporte y protección cuando se localiza en lechos de ríos” (32).
<b>Erosión hídrica</b>	“Es considerada sumamente perjudicial para los suelos, debido a este fenómeno, grandes superficies de suelos fértiles se pierden” (32).
<b>Control de ríos</b>	“Evitar erosiones, transporte de materiales y derrumbamientos de márgenes, además el gavión controla crecientes protegiendo valles y poblaciones contra inundaciones” (32).
<b>Apoyo y protección de puentes</b>	“En los estribos de puentes, se pueden utilizar gaviones tipo caja, tipo saco y tipo colchón combinados o individualmente, logrando gran resistencia a las cargas previstas” (32).

#### **2.2.2.2. Dique enrocado**

“Son estructuras conformadas en base a material de río dispuesto en forma trapezoidal y revestido con roca pesada en su cara húmeda; pueden ser continuos o tramos priorizados donde se presenten flujos de agua que actúan con gran poder erosivo” (6), además son “estructuras que se utilizan para la protección de taludes contra la acción erosiva del agua, generalmente están conformados por material del río, están dispuestos en forma trapezoidal y revestidos con roca pesada que pueda mantenerse estable ante el esfuerzo cortante producido” (33).

También “es una protección estructural flexible, y principal alternativa en ríos donde existe roca en calidad y cantidad. Existen programas para dimensionar enrocados, fórmulas y expresiones prácticas para protecciones en ríos y experiencias que han marchado bien en numerosos casos; sin embargo, el apoyo técnico no es apto de modo tal que se reconozca proyectar escenarios genéricos” (34).



**Figura 6. Dique enrocado (6)**

### Características del enrocado

**Tabla 7. Características del enrocado**

Resistente	Integración paisajística	Durabilidad
Debido a la función estructural que ejerce cada una de las partes del enrocado (34).	Toda la mediación sobre márgenes de los ríos posee una intención paisajista.	Es un factor relacionado con el factor de mantenimiento.

### Forma de colocado

#### Enrocado con roca al volteo

“Son los revestidos con roca pesada al volteo o colocado en forma directa por los volquetes, puede ser en forma parcial, solo la cara húmeda o en forma total, uña y cara húmeda” (6).



**Figura 7. Enrocado con roca al volteo (35)**

#### Enrocado con roca colocada

“Cuando la roca es colocada con empleo de cargador frontal, excavadora o pala mecánica, en la uña y cara húmeda de terraplén. El volumen de roca empleado es menor y el talud que se logra es estable y guarda las especificaciones de diseño” (6).



*Figura 8. Enrocado con roca colocada (36)*

### **Filtro para enrocado**

Las funciones principales de los filtros son:

“Abatir la presión neutral en el agua que se infiltra en la cortina, con lo que se tendrá un mejoramiento de la resistencia al esfuerzo cortante del material y de la estabilidad del dique” (37).

“Protege al suelo de la erosión debido a la corriente de agua, ataque de olas, y de flujos subterráneos; y evita el movimiento de las partículas finas que conforma el suelo protegido” (37).

### **Filtro granular**

“Estos filtros están formados por una mezcla de materiales granulares (arena, grava), el espesor de la capa de filtro varía entre 150 y 450 mm para un filtro de una sola capa y entre 100 y 200 mm para capas individuales de un filtro de varias capas” (29).

### **Filtro de geotextil**

Son otra alternativa con respecto al uso de los filtros granulares, teniendo ventajas y desventajas.

### **Ventajas**

Una instalación fácil y rápida

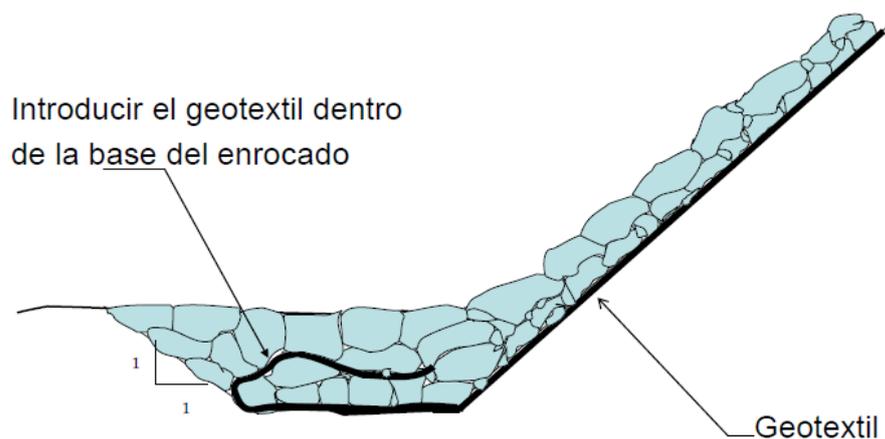
Son más consistentes y por su calidad de material es más confiable.

Por su composición tienden a deformarse con el enrocado y permanecer continuos.

### **Desventajas**

Se puede tener un poco de dificultad al ser colocado debajo del agua.

La aparición de bacterias dentro del suelo o sobre el filtro puede alterar el comportamiento hidráulico.



**Figura 9. Uso de filtro de geotextil (37)**

### **2.2.2.3. Muros de gravedad**

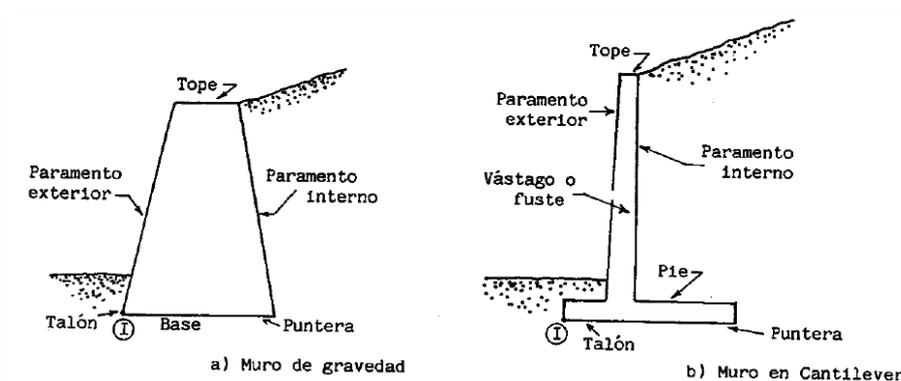
Son estructuras de concreto ciclópeo o armado cuya estabilidad se basa en su propio peso, la cual tienen la función de prevenir las fallas por inestabilidad de la estructura (10); además, esta estructura no solo está sujeta a la presión que ejerza el suelo sobre el muro, sino también se ve afectada por la presión lateral ejercida por el terreno y de las posibles cargas ejercidas en la pared exterior libre (11).

“Se usa para muros de hasta aproximadamente 10 a 12 pies de altura, usualmente se construye con concreto simple y depende

completamente de su propio peso para la estabilidad contra el deslizamiento y el volteo” (38).

Estas estructuras controlan el deterioro de las márgenes de los ríos, son de gran utilidad dado que ayudan a mantener las áreas de cultivo, como también para la delimitación de predios.

### Partes del muro de gravedad



**Figura 10. Partes del muro de gravedad**

### Juntas

“Es necesario construir juntas de contracción y dilatación, cada cierta distancia a lo largo del muro, donde se debe cuidar que el material de relleno no escape por ellas” (39).

“La especificación AASHTO exige que, para muros de gravedad al igual que para muros de concreto reforzado, se incluyan juntas de expansión a intervalos de 90 pies o menos y juntas de contracción a no más de 30 pies” (40).

### 2.2.3. Hidrología

“Es la ciencia geográfica que se dedica al estudio de la distribución, espacial y temporal, y las propiedades del agua presente en la atmósfera y en la corteza terrestre” (9). También se define como la “ciencia que estudia el agua, y sus manifestaciones en la atmósfera, sobre y debajo de la superficie terrestre” (41).

## **Cuenca hidrológica**

“Se define como el área de la superficie terrestre por donde el agua de la lluvia escurre y transita o drena a través de una red corrientes que fluye hacia una superficie principal y por esta hacia un punto común de salida” (23).

## **Periodo de retorno**

“Para adoptar el período de retorno a utilizar en el diseño de una obra, es necesario considerar la relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla admisible, dependiendo este último, de factores económicos, sociales, técnicos y otros” (9).

El criterio por considerar para establecer el periodo de retorno de acuerdo al MTC (9), para el cálculo de la socavación, considera  $T_r = 500$  años y para la determinación del nivel de aguas máximas extraordinarias (NAME)  $T_r = 140$  años.

### **2.3. Definición de términos básicos**

**Erosión:** es la “socavación o degradación a la remoción que efectúa el agua de las partículas sólidas constituyentes de un lecho fluvial y cuyo resultado es una profundización del cauce” (42), o como el “desprendimiento, transporte y posterior depósito de materiales de suelo o roca por acción de la fuerza de un fluido en movimiento generados por el agua o vientos” (12); además, es el “proceso destructivo de los materiales por acción de los procesos geológicos, el cual implica fracturamiento, fisuramiento y alteraciones de los materiales” (6).

**Erosión fluvial:** “pérdida de terreno arrasado por las corrientes de agua” (43). Como el trabajo continuo que realizan las aguas corrientes sobre la superficie terrestre (6).

**Encauzar:** “son obras de ingeniería con diques o sin ellos, plantaciones artificiales, entre otros construidos dentro del cauce para dirigir o conducir el flujo por un curso predeterminado” (23); además, un encauzamiento en el sentido

amplio, “es cualquier arreglo o intervención que toma un tramo de un río (tramo de cauce) como su objeto de actuación primordial”. Con esta definición “se excluyen, por ejemplo, las obras de aprovechamiento del río, y las obras de infraestructura que interaccionan con el río” (7).

**Inundaciones:** “es la ocupación por el agua en zonas o áreas que en condiciones normales se encuentran secas, se producen debido al efecto del ascenso temporal del nivel del río”. En cierta medida, las inundaciones pueden ser “eventos controlables por el hombre, dependiendo del uso de la tierra cercana a los cauces de los ríos” (30). También se define como “aumento del agua por arriba del nivel normal del cauce, generando pérdidas económicas y humanas” (44).

**Estructura:** “grupos de elementos resistentes de una construcción cuya finalidad es soportar cargas y transmitir las al suelo” (45); además, son “elementos resistentes capaces de mantener sus formas y cualidades a lo largo de su vida útil, bajo la acción de las cargas y agentes exteriores al que han de estar sometidos” (46).

**Caudal:** volumen de agua que circula a través de una sección transversal por unidad de tiempo ( $m^3/s$ ) (42), o como la cantidad de agua que atraviesa una determinada sección de una corriente, durante una unidad de tiempo concreta.

**Estructuras longitudinales:** “estructuras hidráulicas cuyo desarrollo es paralelo al flujo del río, las estructuras se construyen en las márgenes existentes y se extienden a una distancia definida en el proyecto” (2).

**Velocidad:** es el promedio de las velocidades de la sección de un cauce (47), también se define como promedio de una partícula de un flujo pasando por un punto determinado expresado en m/s.

**Perímetro:** es la suma de las longitudes de lados de una superficie y figuras geométricas conocidas (48).

**Tirante:** distancia vertical desde el nivel inferior hasta el espejo del agua de una sección del canal hasta la superficie libre (37).

**Río:** “corriente de agua de grandes dimensiones que sirve de canal natural en una cuenca de drenaje” (47). O como la conglomeración del agua de un cauce definido (6).

**Área:** es la cantidad de superficie definida de un terreno, cuya medida es metros cuadrados (m<sup>2</sup>).

**Hidrología:** “es la ciencia geográfica que se dedica al estudio de la distribución espacial y temporal, y las propiedades del agua presente en la atmósfera y en la corteza terrestre” (9). Además, es la ciencia que analiza el agua, y su exposición en la atmósfera, superficial y subterráneo (41).

**Hidráulica:** “es una rama de la física y la ingeniería que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas del fluido” (9). Además, estudia el movimiento de los fluidos reales en conductos (47).

**Gaviones:** son las estructuras flexibles constituidas por mallas hexagonales en forma de caja, “tejida a doble torsión. Se arma de alambre galvanizado con recubrimiento plastificado, que debe garantizar una vida útil adecuada del alambre” (2). Son útiles para proteger terraplenes de tierra, revestir canales, proteger estribos de puentes, desviar ríos y como una estructura hidráulica para reducir la velocidad del agua ante un cambio repentino en los niveles del lecho a lo largo del río (49). “Los gaviones son cajas de alambre galvanizado armadas *in situ* y se rellenan con piedras, usualmente obtenidas del lecho del río” (9).

**Enrocados:** “son estructuras conformadas en base a material de río dispuesto en forma trapezoidal y revestido con roca pesada en su cara húmeda” (6). Además, son estructuras conformadas por un muro de protección, a través del arrimado del material del lecho del río en las márgenes (50). Comprende una capa de enrocado sobre un dique de tierra, permitiéndole

trabajar en conjunto, cuya sección es trapezoidal típica del dique y por ende su altura depende del tirante.

**Muros de gravedad:** son estructuras de concreto ciclópeo o armado cuya estabilidad se basa en su propio peso, la cual tienen la función de prevenir las fallas por inestabilidad de la estructura (10), además esta estructura no solo está sujeta a la presión que ejerza el suelo sobre el muro, sino también se ve afectada por la presión lateral ejercida por el terreno y de las posibles cargas ejercidas en la pared exterior libre (11).

### **2.3.1. Normas y manuales de diseño aplicados**

Para el desarrollo de los diseños de defensas ribereñas, se deben conocer los siguientes conceptos básicos sobre el tema, aplicando normas y manuales de diseños.

### **2.3.2. Reglamento Nacional de Edificaciones**

“La norma técnica E.050 suelos y cimentaciones, la cual fue aprobada por el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, mediante la resolución N.º 406-2018-Vivienda, cuyo objetivo es establecer los requisitos mínimos para la ejecución de estudios de mecánica de suelos (EMS), con fines de cimentación y otras obras indicadas en esta norma. Los estudios de mecánica de suelos se ejecutarán con la finalidad de asegurar la estabilidad y permanencia de las obras y para promover la utilización racional de los recursos”.

### **2.3.3. Manual de hidrología, hidráulica y drenaje**

“Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado mediante el Decreto Supremo N.º 034-2008-MTC dispone entre otros la implementación del manual de hidrología, hidráulica y drenaje actualizado al año 2015, documento que tiene por objetivo servir en lo conceptual y lo metodológico para la determinación de los parámetros hidrológicos e hidráulicos de diseño, de obras de infraestructura vial”.

#### **2.3.4. Manual de diseño y construcción de defensas ribereñas**

Manual presentado por Terán, el cual indica los procedimientos para la construcción de estructuras de defensas ribereñas como diques, espigones y enrocados así, como la limpieza y mantenimiento del cauce del río (6).

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método, tipo, nivel, diseño y población de la investigación**

##### **3.1.1. Método de la investigación**

El enfoque para la investigación que se aplicó fue de tipo cuantitativo, debido a que los resultados fueron procesados por técnicas matemáticas y estadísticas. Al respecto, Hernández (51), menciona que el enfoque cuantitativo se emplea para medir o cuantificar los resultados obtenidos y para ello se emplea la estadística. Así también, fue de tipo aplicada porque los resultados y propuesta pueden ser aplicados a la realidad. En tal sentido, Baena (52) menciona que “este tipo de investigación se emplea para ser aplicados inmediatamente a problemas que se presentan en algún contexto”.

##### **3.1.2. Tipo de investigación**

El tipo de investigación empleada en el presente proyecto es la investigación aplicada porque el propósito fundamental es dar solución a situaciones o problemas prácticos en beneficio del hombre y la sociedad.

Es aplicada porque, sus resultados son “utilizados inmediatamente en la solución de problemas empresariales cotidianos y busca, dentro de las posibles soluciones, aquella que pueda ser la más adecuada para el contexto específico” (53).

### **3.1.3. Nivel de investigación**

“Es descriptivo porque busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población” (51).

Esta investigación se efectúa cuando se desea describir, en todos sus componentes principales, una realidad.

“Usa instrumentos estandarizados como la observación estructurada, cuestionarios, data secundaria estadística, ficha de registro, listas de chequeo, además especifica las propiedades, características o perfiles importantes de personas, grupos, empresas, comunidades, mercados, etc.” (53).

### **3.1.4. Diseño de la investigación**

“El diseño de investigación es no experimental de corte transversal porque se observan los fenómenos tal como se dan en el contexto natural, no provocadas intencionalmente por el investigador, y los datos como registro de caudales, son recopilados en un momento único” (51) para el diseño de defensas rivereñas.

### **3.1.5. Población y muestra**

#### **3.1.5.1. Población**

Según Hernández (51), la población es “el conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones”. Por su parte, para Arias (54), “se define como población a un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para las cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación”.

En la presente investigación se tomó como población, las zonas de peligro de desbordamiento a lo largo del río Mantaro.

### **3.1.5.2. Muestra**

“La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de algunas variables o fenómenos de la población” (55). “A partir de la población cuantificada para una investigación, se determina la muestra, cuando no es posible medir cada una de las entidades de población; esta muestra se considera representativa de la población” (56).

La muestra para la investigación fue tomada a la altura del puente Comuneros, 100 metros aguas arriba de la margen izquierda, provincia de Huancayo, región Junín.

### **3.1.5.3. Muestreo**

“El tipo de muestreo determinado para esta investigación es el no probabilístico, porque la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de las características de la investigación” (51).

### **3.1.6. Procedimientos de investigación**

El proyecto de ingeniería inicia con la evaluación del diseño de defensas ribereñas, en la zona de estudio, que está ubicado en las alturas del puente Comuneros, ciudad de Huancayo, el cual cuenta actualmente con un tipo de defensa ribereña de enrocado para la margen derecha. En la margen izquierda no se dispone de una protección ribereña, como se puede mostrar dentro de las características de cada margen del río, ver tablas 1 y 2.

Luego se realizó el estudio hidrológico de la zona de estudio, donde se procedió con el análisis de registros de máximas avenidas, tomando en cuenta la información recaudada de estaciones de control del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi), para este estudio es la estación del puente Breña y la estación puente Stuart, de los cuales se obtuvo los caudales anuales, mensuales y diarias para la zona de estudio y, aplicando métodos establecidos por el Manual de

Hidrología, Hidráulica y Drenaje se determinó el caudal de diseño del río Mantaro.

A continuación, se procedió con el estudio topográfico, donde se realizó el levantamiento topográfico, permitiendo ver la orografía colindante al río a través del programa Civil3D a su vez la batimetría de la zona de estudio. También se llevó a cabo el estudio de suelos, para lo cual se realizaron tres calicatas, donde se obtuvo el tipo de suelo, granulometría, peso específico y capacidad portante del suelo. Finalmente, el estudio hidráulico donde determina la sección de análisis del río, obteniendo la amplitud, tirante y profundidad de socavación. Durante del proceso de desarrollo de la investigación fue necesario hacer programas como Hec-Ras, ArcGIS, Software River y documentación relacionada al tema de investigación.

Finalmente, con toda la información recabada se procedió a realizar los diseños de enrocados, gaviones y muros de gravedad, de donde se eligió el diseño óptimo para el puente Comuneros.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1. Identificación de requerimientos**

##### **4.1.1. Estudio de topografía**

Este estudio se realizó en etapas, detallados de la siguiente manera:

###### **4.1.1.1. Recopilación de información existente**

En este apartado se tiene, primero, la información visual que se puede observar en campo, luego los estudios realizados por terceros, como es el estudio realizado para la ejecución del puente Comuneros como también las cartas nacionales.

###### **4.1.1.2. Trabajos de campo**

En este apartado se realizó un reconocimiento a detalle de la zona de estudio y se procede a realizar el levantamiento topográfico, de tal manera que permita definir exactamente las ubicaciones de los diseños de defensas ribereñas evaluados en esta investigación.

El método empleado fue un levantamiento taquimétrico con estación total, partiendo de dos puntos conocidos cuyas coordenadas son BM1 (X, Y, Z): 474778.850, 8663464.500, 3192.880 y BM2 (X, Y, Z): 474817.0100, 8663365.400, 3191.140; y la toma de datos es de manera automática, que se van

almacenando dentro de la memoria de la estación conforme se vaya realizando el levantamiento, para luego ser descargado en gabinete.

#### **4.1.1.3. Batimetría**

En este apartado se realizó el seccionamiento del río Mantaro mediante la ayuda de un bote, tomando puntos cada cierta distancia a lo largo de cada sección transversal del río a la altura del puente Comuneros, margen izquierda.

#### **4.1.1.4. Trabajo en gabinete**

Teniendo la información obtenida de campo, se procede al procesamiento de la data, donde primero se descargó toda la data a una hoja de Excel, se ordenó debidamente y luego esa data se importó al software AutoCAD CIVIL3D 2019, donde se trabajaron las curvas de nivel, perfiles, secciones y el plano respectivo.

#### **4.1.1.5. Equipo técnico y personal empleado en campo**

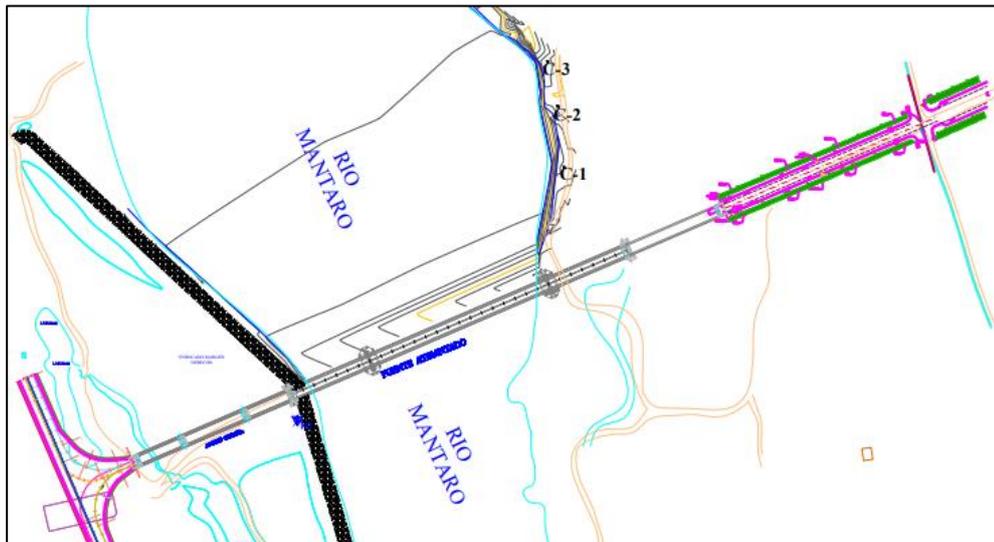
En este apartado se tiene la conformación del equipo de trabajo, conformado por un técnico en topografía y los dos ayudantes de prismas y wincha, el equipo a utilizar es la estación total Topcon ES105 más trípode para el levantamiento de la zona de estudio.

Este estudio permitirá delimitar las posibles áreas de inundación dentro del sector de interés y el daño que podría causar a la estructura del puente Comuneros, margen izquierda, que estarán asociados a los periodos de retorno, determinados dentro del estudio hidrológico.

#### **4.1.2. Estudios de suelos**

Dentro del análisis del proyecto "*Diseño de defensas ribereñas para el puente Comuneros, margen izquierda, ciudad de Huancayo*", se realizaron los estudios geotécnicos con la finalidad de determinar las

características físico-mecánicas de los suelos que conforman el área de estudio, sobre el cual se diseñarán tres tipos de defensas ribereñas tomadas para esta investigación. Este estudio consistió en realizar la excavación de tres calicatas de 1.20 x 1.20 x 1.50 m ubicadas en puntos estratégicos a las riberas del río Mantaro, ver figura 11, que permite obtener información estratigráfica del terreno. Norma ASTM D-420.



**Figura 11. Ubicación de las calicatas, margen izquierda del puente Comuneros**

#### **4.1.2.1. Muestreo**

Consiste en obtener una porción de material del suelo para su investigación, el cual debe ser una muestra representativa para la realización del ensayo en laboratorio.

#### **4.1.2.2. Ensayos de laboratorio**

De las muestras representativas se realizaron los ensayos estándar de laboratorio y los requeridos para esta investigación, siguiendo las Normas de Ensayo de la *American Society for Testing Materials* (ASTM) y según el Sistema Unificado de Suelos (SUCS) la identificación y clasificación del suelo.

Los ensayos y clasificación del suelo fueron realizados mediante las siguientes normativas.

#### 4.1.2.3. Trabajos de laboratorio y gabinete

Teniendo los resultados de campo se procedió a realizar los ensayos necesarios para la investigación, dando a conocer las propiedades físicas y mecánicas de la zona en estudio. Se realizaron ensayos de clasificación estándar del suelo y poder conocer las propiedades de granulometría, peso específico, entre otros; información que permitió relacionar las propiedades del suelo con el Sistema Unificado de Suelos (SUCS).

Estos ensayos se realizaron en el Centro de Investigación en Suelos, Asfalto y Concreto, Huancayo (Cisac Perú), en la cantidad y según norma para cada ensayo como se muestra en la tabla 8.

**Tabla 8. Ensayos realizados para la zona de estudio**

Ensayo de laboratorio	Norma	Número de ensayos
Análisis granulométrico	ASTMD-422	3.00
Limite líquido	ASTMD-4318	1.00
Limite plástico	ASTMD-4318	1.00
Clasificación de suelos SUCS	ASTMD-2487	3.00
Humedad natural	ASTMD-2216	3.00
Corte directo	ASTMD-7181	1.00

El resultado de los ensayos realizados en laboratorio se determinó, que el tipo de material que presenta la zona de estudio tiene las siguientes características:

El material que más predomina en la margen izquierda del puente Comuneros, de acuerdo a la clasificación SUCS, es un GP (grava pobremente graduada), donde la representación de las proporciones es como se muestra en la tabla 9 para cada calicata.

**Tabla 9. Resultados del ensayo de laboratorio**

Distribución granulométrica				
Descripción	Simbología	C-1 (%)	C-2 (%)	C-3(%)
% Grava	GG	31.51	31.49	31.52
	GF	27.48	27.46	27.46
	AG	5.98	5.99	5.98
% Arena	AF	13.67	13.68	13.65
	AM	16.39	16.41	16.4
% Finos		4.97	4.97	4.99
% Total		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Límite líquido (%)		NP	NP	NP
Límite plástico (%)		NP	NP	NP
Clasificación SUCS		GP	GP	GP

En la tabla 9 se muestran las proporciones del material que se encontró en cada calicata, donde predomina en mayor porcentaje de grava, seguido de arena y finos, teniendo un suelo pobremente graduado (GP), respecto al límite líquido y plástico en el estudio, no presenta (NP).

El ensayo de corte directo, el cual permite determinar la capacidad de carga del suelo ( $q_d$ ) y estabilidad del talud, para el estudio se obtuvo ( $q_d = 3.63 \text{ kg/cm}^2$ ), un ángulo de fricción ( $\phi=29.30^\circ$ ) y un peso específico ( $\gamma = 1.74 \text{ gr/cm}^3$ ).

#### 4.2. Estudios de canteras

El estudio de canteras permite determinar el tipo de material que será utilizado para un tipo de defensa ribereña (diseño de enrocados).

La cantera Pumpunya es la que se utilizó para el enrocado, el cual se encuentra en el distrito de Chupuro, Huancayo; el cual dispone de  $2400 \text{ m}^2$  de roca sedimentaria para enrocados, cantera que también fue utilizado para el enrocado de la margen derecha del puente Comuneros.



Figura 12. Vista satelital de la cantera Pumpunya (57)

### 4.3. Estudios hidrológicos

#### 4.3.1. Ubicación de la cuenca

En este apartado se tomó como objetivo determinar el caudal máximo de diseño, para finalmente poder evaluar los diseños de defensas ribereñas en la margen izquierda del puente Comuneros, para la cual se dará a conocer, primero, “la ubicación de la cuenca del río Mantaro, ubicada el centro del Perú, entre los paralelos  $10^{\circ}34'30''$  y  $13^{\circ}35'30''$  de latitud sur, y entre los meridianos  $73^{\circ}55'00''$  y  $76^{\circ}40'30''$  de longitud oeste, abarcando política y administrativamente territorios de las regiones de Junín, Pasco, Huancavelica y Ayacucho” (58), como se muestra en el mapa.

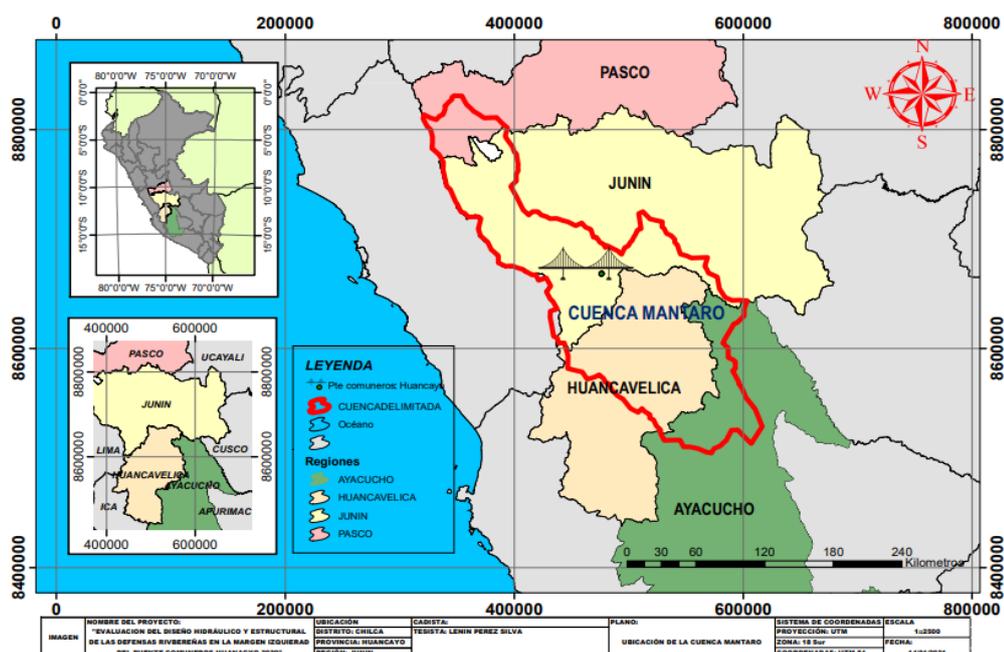


Figura 13. Ubicación de la cuenca Mantaro

### 4.3.2. Geomorfología

Las características geomorfológicas muestran las propiedades particulares de la cuenca hidrográfica. Estas propiedades o parámetros facilitan el empleo de fórmulas hidrológicas, generalmente empíricas, que sirven para relacionarla y relacionar sus respuestas.

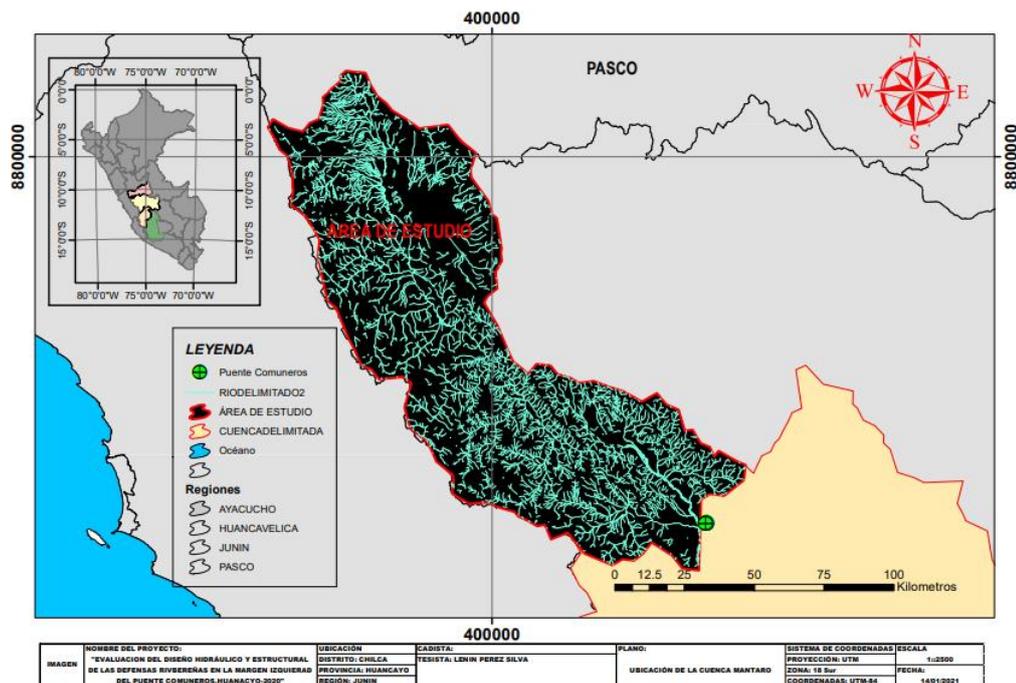
Las principales propiedades geomorfológicas de la cuenca Mantaro se detallan a continuación.

**Tabla 10. Parámetros geomorfológicas de la cuenca del Mantaro**

<b>Características geomorfológicas de la cuenca</b>	<b>Valor</b>
Área (km <sup>2</sup> )	33761.31
Perímetro (km)	1527.69
Longitud río (km)	724.00
Pendiente cauce principal (%)	0.46
Índice compacidad o coeficiente de Gravelius (kc)	2.30
Pendiente cuenca (%)	19.10

La tabla 10 se muestra que la cuenca del Mantaro tiene una pendiente pronunciada, lo cual implica que la escorrentía de las aguas superficies vayan a velocidades altas, además se muestra una longitud del cauce principal, indicando que es bastante alargada, el cual cruza por cuatro regiones del Perú, descendiendo desde su elevación máxima de 4080 m s. n. m. hasta los 500 m s. n. m.

Los parámetros geomorfológicos para la zona de estudio se determinaron a partir de la delimitación de la cuenca del río Mantaro, donde fue necesario ubicar un nuevo punto de aforo a alturas del puente Comuneros, teniendo una nueva longitud del cauce, pendiente y área, ver tabla 11.



**Figura 14. Ubicación del área de estudio**

**Tabla 11. Características geomorfológicas del área de estudio**

Identificación	Valor
Área (km <sup>2</sup> )	11473.50
Perímetro (km)	615.37
Longitud río (km)	191.54
Pendiente cauce principal (m/m)	0.469%
Índice compacidad o coeficiente de Gravelius (kc)	2.30
Pendiente cuenca (m/m)	19.10%

En la tabla 11 se muestran las características geomorfológicas de la zona de estudio donde se determinó la longitud, área y perímetro del río Mantaro hasta alturas del puente Comuneros.

#### 4.3.3. Caudal de diseño

Se trabajó con el registro de caudales de la estación del puente Stuart, que dispone de registros de caudales desde el año 1975-2004, teniendo un total de 30 años de registros, siendo suficientes para determinar el caudal de diseño para estructuras planteadas en las márgenes de los ríos de acuerdo al Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC. Los registros de caudales máximos mensuales del puente Stuart se muestran en la tabla 12.

**Tabla 12. Registro de caudales máximos del puente Stuart**

<b>AÑO</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
1975	229	579	954	331	254	149	104	100	83	106	136	256
1976	703	913	822	376	144	142	110	103	160	93	86	93
1977	198	713	629	226	188	98	90	88	82	82	278	225
1978	612	829	417	227	123	89	89	85	90	107	211	283
1979	223	728	942	546	162	94	94	88	85	86	78	94
1980	271	305	464	375	90	82	85	81	81	191	126	188
1981	379	987	1274	366	134	110	111	110	117	152	235	801
1982	761	1212	522	376	171	115	116	103	96	170	394	300
1983	334	166	309	291	116	100	100	100	93	99	66	94
1984	351	1137	828	740	188	127	113	116	107	119	289	425
1985	272	489	411	492	195	163	137	120	161	123	125	299
1986	510	851	934	721	721	201	163	140	136	130	136	288
1987	837	602	375	176	134	117	110	102	91	93	119	190
1988	706	762	443	606	190	130	128	119	74	99	104	193
1989	474	570	772	497	193	145	126	119	117	135	197	110
1990	333	255	213	100	90	95	84	91	91	171	287	351
1991	319	196	567	224	225	105	102	99	115	106	103	106
1992	118	162	241	79	53	58	60	56	51	57	59	56
1993	283	730	509	255	241	93	90	82	83	110	342	455
1994	828	982	753	756	275	153	142	118	118	110	105	133
1995	209	327	656	306	95	92	95	101	78	75	143	203
1996	381	451	596	348	126	99	101	90	86	84	94	139
1997	337	621	435	107	78	73	74	80	94	97	152	386
1998	523	615	497	406	109	88	93	111	95	99	112	138
1999	242	819	649	483	224	96	102	105	107	128	112	206
2000	485	790	686	477	193	114	110	115	107	147	111	320
2001	622	535	737	475	164	115	105	105	104	120	163	228
2002	151	387	495	396	143	114	117	104	106	121	215	336
2003	296	505	813	532	177	136	107	109	117	109	114	207
2004	195	660	368	185	96	95	90	110	95	104	179	259

Después del análisis estadístico por las 8 distribuciones se determinó para diferente periodo de retorno el caudal de diseño para el puente Stuart y, en función del área de la cuenca se obtuvieron el caudal de diseño en el punto de estudio como se muestra en la tabla 13.

**Tabla 13. Caudal de diseño**

Periodo de retorno (Tr)	Caudal del puente Stuart Q (m <sup>3</sup> /s)	Caudal del punto de estudio (m <sup>3</sup> /s)
10	1195.46	1526.27
50	1411.01	1801.47
100	1487.10	1898.62
140	1521.62	1942.69
200	1556.74	1987.53
<b>500</b>	<b>1641.13</b>	<b>2095.27</b>

Para el diseño de las estructuras en tiempos de estiaje, se tomó en cuenta la estación del puente Breña, siendo la más cercana a la zona de estudio, teniendo registros caudales diarios desde el 2009 - 2021, cuya ubicación hidrológica es el departamento de Junín, provincia de Huancayo, distrito de Pilcomayo (Latitud: 12°3'7.65"; Longitud: 75°14'25.41" y Altitud: 3194 m s. n. m.) (16).

**Tabla 14. Registro de caudales máximos mensuales estación puente Breña (16)**

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2009	390.03	449.29	377.09	349.92	148.59	135.86	142.17	137.11	100.64	185.05	194.98	299.59
2010	271.47	530.31	443.42	435.63	194.98	123.57	138.37	135.86	134.61	129.04	139.63	167.12
2011	215.44	377.09	335.74	332.23	279.63	153.80	140.90	129.66	128.43	132.13	134.61	186.46
2012	364.32	346.36	420.22	261.79	169.83	129.66	110.55	108.25	122.36	149.89	144.73	258.60
2013	232.04	302.96	384.47	287.88	152.49	100.32	88.32	96.99	91.54	104.82	121.16	172.56
2014	160.41	227.47	221.42	222.93	132.13	95.89	93.70	82.67	116.40	127.21	127.21	122.36
2015	241.29	143.45	269.85	122.36	100.32	84.87	82.23	107.10	84.87	80.91	100.32	169.83
2016	236.65	230.51	312.75	274.72	122.36	116.40	83.99	84.65	76.08	80.91	81.35	78.72
2017	234.33	231.10	253.77	208.64	76.57	76.50	105.80	111.11	93.42	98.98	88.64	84.85
2018	689.65	826.35	542.31	212.06	87.28	71.92	56.20	53.35	103.87	136.41	108.68	112.73
2019	94.51	182.50	148.18	270.82	146.42	108.88	104.22	104.67	54.82	63.19	72.05	319.17

En la tabla 14 se muestra la variación de caudales máximos mensuales desde el año 2009- 2019, donde con un máximo (Q=826. m<sup>3</sup>/s) y mínimo (Q=53.35 m<sup>3</sup>/s).

Obteniendo la conformidad de los datos se procedió a realizar la delimitación de la cuenca del río Mantaro, para la cual se apoya en el uso del programa ArcGIS v 10.5, tomando como el primer punto de aforo la desembocadura del río Mantaro y el segundo punto de aforo ubicado a la altura del área de estudio, con ello poder determinar la delimitación de la cuenca total y hasta la zona interés como se muestra en la figura 13 y 14.

#### 4.4. Estudio hidráulico

El objetivo del estudio hidráulico es determinar la amplitud del cauce, coeficiente de rugosidad, tirante, área, radio hidráulico y velocidad en la sección de análisis, dentro del área de estudio. Todos estos parámetros serán utilizados después para el diseño de las obras hidráulicas como protección de la margen izquierda del río Mantaro, altura del puente Comuneros.

##### 4.4.1. Coeficiente de rugosidad

“Para obtener el coeficiente de Manning, se requiere de la experiencia del especialista para realizar las estimaciones, que puede apoyarse en antecedentes de casos similares, tablas y publicaciones técnicas disponibles, sobre la base de los datos recopilados en la etapa de campo” (9), Cowan propone un método, según el cual el cálculo del coeficiente de rugosidad puede estimarse mediante la siguiente relación.

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \times m_5$$

**Donde:**

$n_0$  es la rugosidad para canales rectos

$n_1$  rugosidad adicional de superficies

$n_2$  valor para considerar las variaciones en tamaño y forma

$n_3$  valor de obstrucciones

$n_4$  valor de vegetación

$m_5$  factor por meandros

Se muestran los valores correspondientes a las variables utilizadas por Cowan.

**Tabla 15. Valores para el cálculo de la rugosidad**

Condiciones del canal		Valores	
<b>Material involucrado</b>	Tierra	n <sub>0</sub>	0.020
	Corte en roca		0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.024
<b>Grado de irregularidad</b>	Suave	n <sub>1</sub>	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
<b>Variaciones de la sección transversal</b>	Gradual	n <sub>2</sub>	0.000
	Ocasionalmente alternante		0.005
	Frecuentemente alternante		0.010-0.015
<b>Efecto relativo de las obstrucciones</b>	Insignificante	n <sub>3</sub>	0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040 - 0.060
<b>Vegetación</b>	Baja	n <sub>4</sub>	0.005- 0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy alta		0.050 - 0.100
<b>Grado de los afectos de los meandros</b>	Menor	m <sub>5</sub>	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.3

Para esta investigación se obtuvo un coeficiente de rugosidad  $n = 0.062$ , hay una superficie con curva, poco limpia, con presencia de vegetación, ver figura 15.



**Figura 15. Orilla del río Mantaro, margen izquierda**

#### **4.4.2. Pendiente hidráulica**

La pendiente se obtuvo por diferencia de cotas, partiendo desde la parte más alta donde nace el río Mantaro (4080 m s. n. m.) y la mínima

(3181.00 m s. n. m.), ubicada a alturas del puente Comuneros. La diferencia de cotas entre su longitud (L=19154.00 m) del cauce hasta el área de estudio, obteniéndose una pendiente de 0.469 %.

#### 4.4.3. Sección estable o amplitud del cauce (B)

Para la determinación de la sección estable del cauce, existen diferentes métodos, ver tabla 16.

**Tabla 16. Métodos de cálculo amplitud de cauce**

Métodos	Fórmulas
Blench o Altunin (1941)	$B = 1.81 \times \left( \frac{Q \times F_b}{F_s} \right)^{1/2}$
Altunin y Petit (1942)	$B = 4.44 \times Q^{1/2}$
Altunin - Manning (1962)	$B = \frac{Q^{1/2} \times (n \times K^{5/3})^{3/3+5m}}{S^{1/5}}$
Simons Henderson (1976)	$B = K \times Q^{1/2}$
Recomendación práctica	Tabla 17

**Tabla 17. Método de Blench o Altunin**

$B = 1.81 \times \left( \frac{Q \times F_b}{F_s} \right)^{1/2} ; Q(m^3/s)$	
Fb = factor fondo	Fs = factor de orilla
0.80 Mat. finos (Dm<0.50 mm)	0.10 Mat. sueltos
1.20 Mat. gruesos (Dm> 0.50 mm)	0.20 Mat. ligeramente cohesivos
	0.30 Mat. cohesivos

$$B = 1.81 \times \left( \frac{2095.27 \times 1.20}{0.10} \right)^{1/2} = \mathbf{287.01 \text{ metros}}$$

#### Método Petits

$$B = 4.44 \times Q^{1/2} \rightarrow B = 4.44 \times 2095.27^{1/2} = \mathbf{203.24 \text{ metros}}$$

## Método Altunin -Manning

**Tabla 18. Método de Altunin- Manning**

$$B = \frac{Q^{1/2} \times \left( n \times K \frac{5}{3} \right)^{\frac{3}{3+5m}}}{S^{1/5}}$$

Descripción	K	Descripción	m
Mat. de cauce muy resistente = 3 a 4	3	Para ríos de montaña	0.5
Mat. fácilmente erosionable = 16 a 20	16	Para cauces arenosos	0.7
Mat. aluvial = 8 a 12	12	Para cauces aluviales	1
Valor practico =10	10	Tabla 19	--

$$B = \frac{2095.27^{1/2} \times \left( 0.062 \times 10^{\frac{5}{3}} \right)^{\frac{3}{3+5 \times 0.50}}}{0.0046^{1/5}} = 238.08 \text{ metros}$$

## Método Simons Henderson

**Tabla 19. Método de Simons Henderson**

$$B = K \times Q^{1/2}$$

Condiciones de fondo de río	K
Fondo grava y orillas de material cohesivo	4.20
Fondo y orillas de material cohesivo	3.60
Fondo y orillas de grava	2.90
Fondo arena y orillas de material no cohesivo	2.80

$$B = 2.90 \times 2095.27^{1/2} = 132.75 \text{ metros}$$

## Recomendación práctica

**Tabla 20. Recomendación práctica**

Q(m <sup>3</sup> /s)	Ancho estable
3000.00	200.00
2400.00	190.00
1500.00	120.00
100.00	100.00
500.00	70.00

$$B = 166.30 \text{ metros}$$

## Resumen del ancho estable

**Tabla 21. Resumen del ancho estable del cauce**

Métodos	Ancho estable (m)
Blench o Altunin	287.01
Petits	203.24
Altunin – Manning	238.08
Simons Henderson	132.75
Recomendación práctica	166.30
Promedio	205.47
<b>Se trabaja con el ancho (B) promedio por adaptarse a la zona de estudio</b>	<b>206.00</b>

### ✓ Tirante, área, perímetro y radio hidráulico

Otro dato requerido es el tirante hidráulico, que permite evaluar la profundidad del agua en la sección de análisis, para el cual se utiliza la fórmula propuesta (6) y con ello determinar el área, perímetro y radio hidráulico de la sección.

$$Y = T = (Q / (K_s \times B \times S^{0.5}))^{3/5}$$

$$A = B \times Y \times Y^2 \quad P = B + 2 \times Y \times 2^{0.5}$$

$$R = A/P$$

### Donde:

Y(m) = tirante

Ks = coeficiente del río

A(m<sup>2</sup>) = área

P(m) = perímetro

R(m) = radio hidráulico

**Tabla 22. Valores de Ks para cauces naturales**

Valores para Ks para cauces naturales	
Descripción	Ks
Cauce con fondo sólido sin irregularidades =	40
Cauce de río con acarreo irregular =	33 – 35
Cauce de ríos con vegetación =	30 – 35
Cauces naturales con derrubio e irregularidades =	30
Cauces de río con fuerte transporte de acarreo =	28
Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza =	25 -28
Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil =	19 - 22

$$Y = \left( 2095.27 / (33 \times 206.00 \times 0.00469^{0.5}) \right)^{3/5} = 2.50 \text{ metros}; A = 521.25 \text{ m}^2$$

✓ **Profundidad de socavación (Hs)**

Se determina, con el método propuesto por List Van Lebediev, para cauces naturales. Para suelos no cohesivos se considera la siguiente fórmula.

$$ts = \left[ \frac{\alpha \times t^{5/3}}{0.68 \times Dm^{0.28} \times \beta} \right]^{1/x+1}; \alpha = \frac{Q}{tm^{5/3} \times B}; tm = \frac{A}{B}; Hs = ts - t$$

**Donde**

T = tirante

Dm = diámetro medio de las partículas de suelo

β = coeficiente de socavación

ts = tirante de socavación

Hs = profundidad de socavación

α = relación de caudal y tirante medio

tm = tirante medio

A = Área mojada

Q = caudal.

**Tabla 23. Coeficiente β por periodo de retorno**

Coeficiente β por periodo de retorno		
Periodo de retorno (Tr)	Probabilidad de retorno (%)	Coeficiente (β)
2	50	0.82
5	20	0.86
10	10	0.90
20	5	0.94
50	2	0.97
100	1	1
300	0.33	1.03
500	0.20	1.05
1000	0.10	1.07

**Tabla 24. Selección de X según el tipo de suelo (21)**

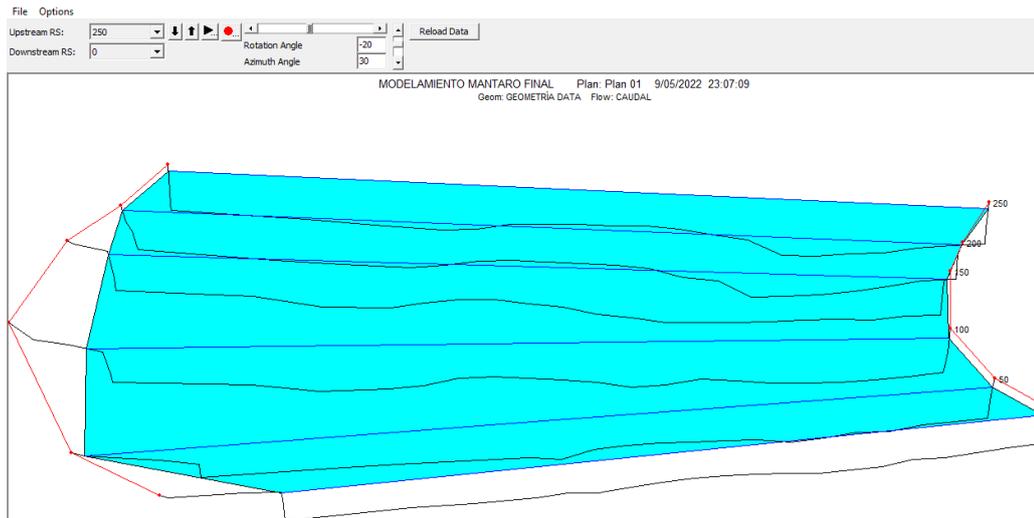
Suelos cohesivos (t/m <sup>3</sup> )			Suelos no cohesivos (mm)		
Peso específico t/m <sup>3</sup>	x	1/(x+1)	Dm (mm)	x	1/(x+1)
0.80	0.52	0.66	0.05	0.43	0.70
0.83	0.51	0.66	0.15	0.42	0.70
0.86	0.50	0.67	0.5	0.41	0.71
0.88	0.49	0.67	1	0.40	0.71
0.90	0.48	0.68	1.5	0.39	0.72
0.93	0.47	0.68	2.5	0.38	0.72
0.96	0.46	0.68	4	0.37	0.73
0.98	0.45	0.69	6	0.36	0.74
1.00	0.44	0.69	8	0.35	0.74
1.04	0.43	0.70	10	0.34	0.75
1.08	0.42	0.70	15	0.33	0.75
1.12	0.41	0.71	20	0.32	0.76
1.16	0.40	0.71	25	0.31	0.76
1.20	0.39	0.72	40	0.30	0.77
1.24	0.38	0.72	60	0.29	0.78
1.28	0.37	0.73	90	0.28	0.78
1.34	0.36	0.74	140	0.27	0.79
1.40	0.35	0.74	190	0.26	0.79
1.46	0.34	0.75	250	0.25	0.80
1.52	0.33	0.75	310	0.24	0.81
1.58	0.32	0.76	370	0.23	0.81
1.64	0.31	0.76	450	0.22	0.82
1.71	0.30	0.77	570	0.21	0.83
1.80	0.29	0.78	750	0.20	0.83
1.89	0.28	0.78	1000	0.19	0.84
2.00	0.27	0.79			

$$\alpha = \frac{2095.27}{\left(\frac{521.25}{206}\right)^{5/3} \times 206.00} = 2.18; \quad ts = \left[ \frac{2.18 \times 2.50^{5/3}}{0.68 \times 13.29^{0.28} \times 1.05} \right]^{0.75} = 4.30 \text{ m}$$

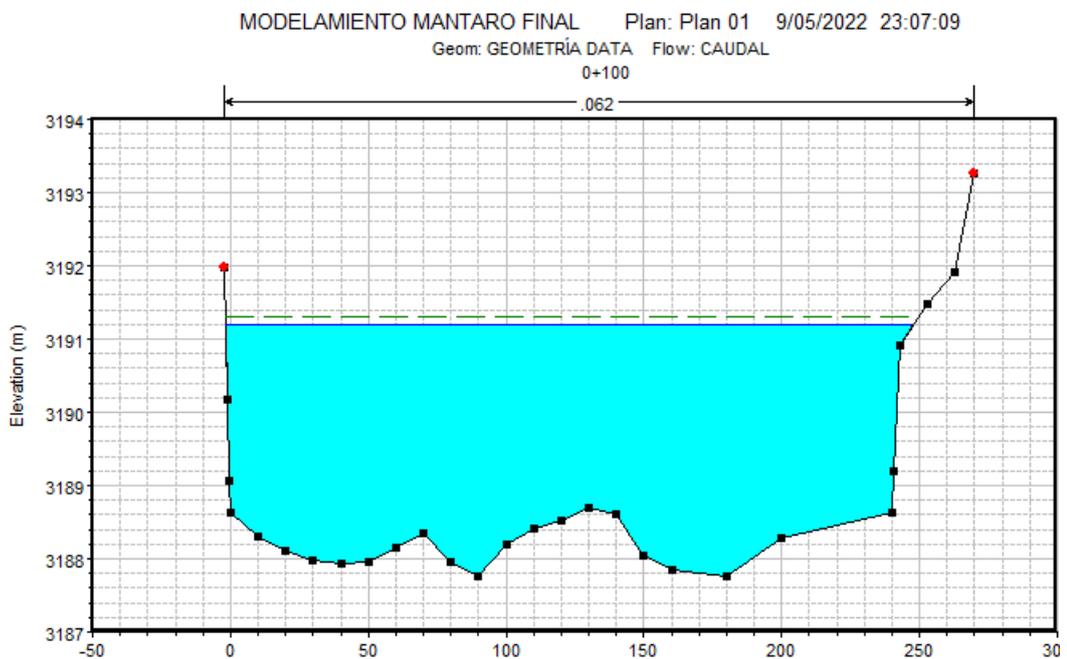
$$Hs = 4.30 - 2.50 = 1.80 \text{ metros}$$

#### 4.4.4. Simulación hidráulica

La simulación hidráulica para la defensa ribereña se realiza tomando en cuenta el caudal de máximas avenidas para el período de retorno de diseño, se muestran los resultados de la simulación en forma completa a través del programa HEC-RAS v 6.0.

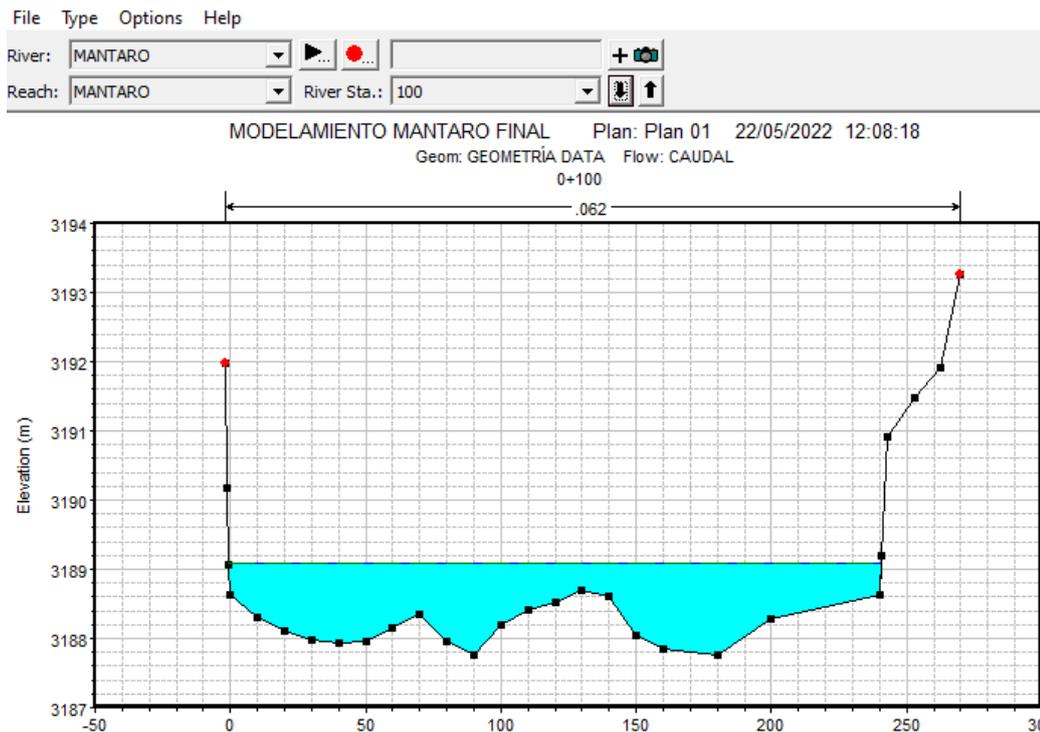


**Figura 16. Simulación de flujo para caudal de diseño de  $Q=2095.27 \text{ m}^3/\text{s}$**



**Figura 17. Sección de análisis en el punto de estudio  $Q=2095.27 \text{ m}^3/\text{s}$**

En la figura 17 se muestra la cota de elevación del agua, alcanzado un tirante de 3 metros, como se determinó con los cálculos hidráulicos para un caudal de diseño máximo de  $Q = 2095.27 \text{ m}^3/\text{s}$ .



**Figura 18. Sección de análisis en el punto de estudio  $Q=80.53 \text{ m}^3/\text{s}$**

En la figura 18 se muestra la cota de elevación del agua, alcanzando un tirante aproximado de 0.80 metros, como se determinó con los cálculos hidráulicos para un caudal mínimo de  $Q = 80.53 \text{ m}^3/\text{s}$ .

#### **4.5. Predimensionamiento de sistemas de defensas ribereñas**

La búsqueda de un sistema de protección de defensas ribereñas para el puente Comuneros en la ciudad de Huancayo exige realizar un dimensionamiento y diseño preliminar de las estructuras de protección, y con ello poder determinar la mejor alternativa de diseño. Eso, con la finalidad de garantizar un adecuado funcionamiento de la estructura y su viabilidad económica.

Los criterios que se toman en cuenta para el predimensionamiento de las defensas ribereñas es el caudal máximo de diseño, sección geométrica, análisis hidrológico e hidráulico del río, longitud de la margen a proteger, altura y profundidad a proteger.

Para esta investigación se demarcará a realizar tres diseños de defensas ribereñas (enrocados, gaviones y muros de protección), sistemas que fueron

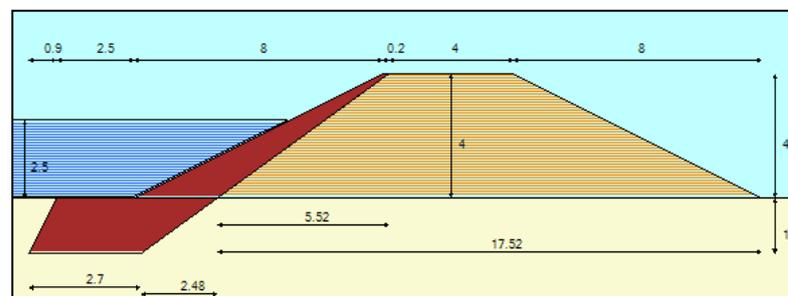
planteados como objetivo de esta investigación. Las probabilidades de las tres soluciones estarán basadas en los resultados que arrojen cada diseño.

El predimensionamiento a concretarse partirá de los siguientes antecedentes:

- Se tomará una longitud de 100 metros aguas arriba de la margen izquierda del puente Comuneros.
- Las dimensiones de las secciones tanto de enrocados, gaviones y muros de gravedad serán similares, con el fin de realizar un análisis económico entre las estructuras, aproximado a la realidad.
- Para los tres diseños, se propone un relleno en la parte de atrás de cada estructura, cuyo relleno estará conformado por suelo grava pobremente graduado (GP). Para el diseño del enrocado se utilizó un talud 2H: 1V, con el fin de darle mayor estabilidad a la roca colocada.

#### 4.5.1. Enrocados

Para el predimensionamiento del enrocado se tomó en cuenta el manual de diseño de defensas ribereñas de Teran (6), como también el manual de hidrología, hidráulica y drenaje del MTC (9). Se propone una sección constante de enrocado como se muestra en la imagen.



**Figura 19. Dimensiónamiento de enrocados**

Como se muestra en la figura 19, una estructura longitudinal de enrocados, donde alcanza una altura de 4.00 metros, que garantiza la protección de la margen izquierda del puente Comuneros, en la parte de

adelante se muestra la capa de enrocados, donde parte desde la profundidad de socavación hasta la corona del enrocado con una altura total de 5.80 m, en la parte posterior contiene un relleno con material (grava pobremente graduada GP).

La sección de enrocados mostrada anteriormente, atiende a los siguientes parámetros.

$$- H = 1.02 \times \left( \frac{(Q \times F_s)}{F_b^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

**Donde:**

H(m) = profundidad de cimentación

Q(m<sup>3</sup>/s) = caudal de diseño

Fs = factor orilla

Fb = factor fondo

$$- P_{uña} = T - ts \quad y \quad A_{uña} = 1.50 \times P_{uña}$$

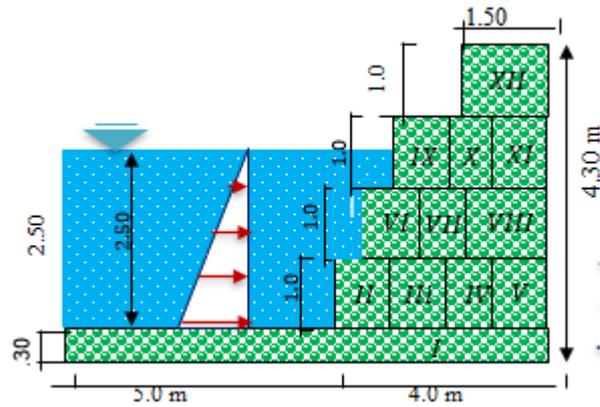
**Donde:**

Puña = profundidad de uña

Auña = ancho de uña

#### 4.5.2. Gaviones

Para una protección de defensa ribereña con estructuras de gaviones, para la cual se rige al Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (9) y entre otros autores, se propone el siguiente predimensionamiento de una sección constante en todo su desarrollo de la estructura de gavión.



**Figura 20. Predimensionamiento de la estructura de gavión**

En la figura 20 se muestran las dimensiones de la estructura de gavión, teniendo una altura total ( $H = 4.30$  m), corona ( $b = 2.00$  m), base ( $B = 4.00$  m) y una longitud de colchón antisocavante ( $L = 1.50$  m), con espesor ( $e = 0.30$  m), la estructura dispone de cajas de gaviones ( $1.0 \times 1.0 \times 1.0$  m y  $1.0 \times 1.0 \times 1.50$ ), con un material de llenado, cuyo peso específico ( $\gamma = 1600$  kg/m<sup>3</sup>), al cual se consideró un porcentaje de vacíos ( $n = 30$  %).

La sección de gaviones mostrada anteriormente atiende a los siguientes parámetros.

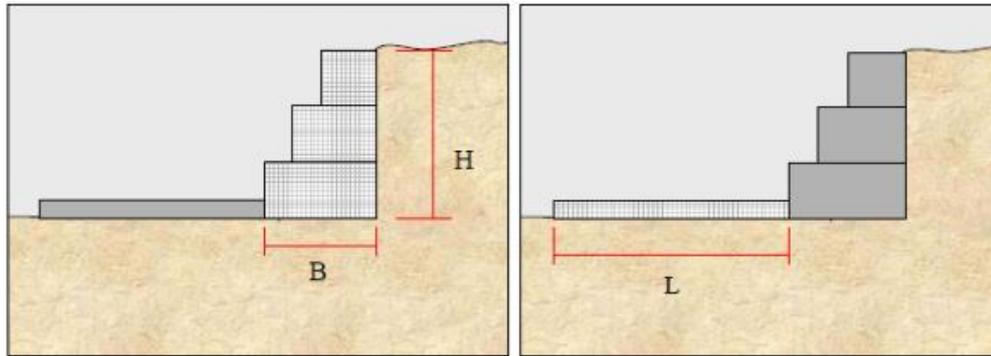
-  $L = (1.5 \text{ a } 2) \times H_s$  ;  $B \geq (0.5 \text{ a } 0.7) \times H$

**Donde:**

$L$  = longitud de colchón antisocavante

$H_s$  = profundidad de socavación

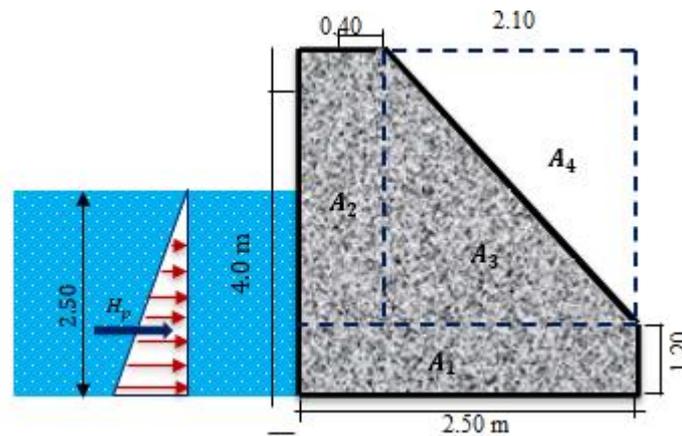
$H$  = altura de la estructura



**Figura 21. Esquema del predimensionamiento**

### 4.5.3. Muros de gravedad

Para el predimensionamiento de muro de gravedad se tomó en cuenta recomendaciones de autores reconocidos como (38), Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del (9). Llegando a determinar las dimensiones como se muestra a continuación.



**Figura 22. Predimensionamiento del muro de gravedad**

En la figura 22 se muestran las dimensiones de la sección del muro de gravedad donde se determinó una altura ( $H = 4.00 \text{ m}$ ), base ( $B = 2.50 \text{ m}$ ), una altura de cimentación ( $h = 1.20 \text{ m}$ ) y una corona ( $b = 0.40 \text{ m}$ ), estas dimensiones serán constantes en toda su longitud de desarrollo de la estructura. La estructura está compuesta de concreto ciclópeo cuyo peso específico ( $\gamma_c = 2200 \text{ kg/ m}^3$ ).

La sección de gaviones mostrada anteriormente atiende a los siguientes parámetros.

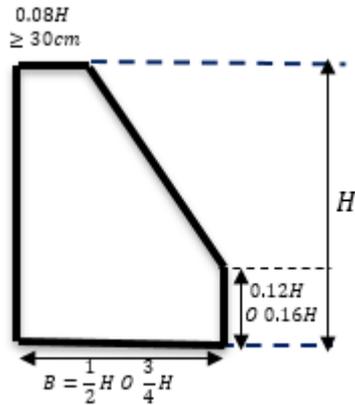


Figura 23. Esquema para predimensionamiento

#### 4.6. Análisis de estabilidad de las estructuras para máximas avenidas

La realización de los diseños de defensas ribereñas para la margen izquierda del puente Comuneros requiere de un análisis de estabilidad de las estructuras de enrocados, gaviones y enrocados; tomando en consideración el predimensionamiento de las estructuras ya establecidas en el apartado (5.1). El estudio de la firmeza de los taludes comprende determinar y comparar las fuerzas, momentos y esfuerzos actuantes en las estructuras.

##### 4.6.1. Estabilidad de enrocados

Dentro de la estabilidad de las estructuras de enrocados el cual se realizó en la margen izquierda del puente Comuneros, donde se determinó la fuerza resistente, factor de estabilidad, peso y diámetro de la roca, siendo necesario utilizar las ecuaciones de diseño del Manual de diseño de defensas ribereñas (6).

- $FR = W \times \operatorname{tg}\theta$  ;  $P = P_w \times \frac{H^2}{2}$  ;  $V = K \times \left( \frac{2 \times g \times D_m \times (Y_r - Y_w)}{Y_w} \right)^{1/2}$
- $Froca(d_{60}) = 0.56 \times \left( \frac{V^2}{2 \times g} \right) \times \left( \frac{1}{d_{60}} \right) \times \left( \frac{1}{\Delta} \right)$  ;  $W_{60} = \Delta \times Y_R \times d_{60}^3$

**Donde:**

- FR = fuerza resistente (kg/m)
- W = peso del terraplén (kg)
- $\theta$  = ángulo de fricción
- P = presión de flujo (kg/m<sup>2</sup>)

- $P_w$  = peso específico del agua ( $\text{kg/m}^3$ )
- $H$  = tirante de agua(m)
- $V$  = velocidad de flujo (m/s)
- $K$  = coeficiente de roca
- $D_m$  = diámetro medio de la roca
- $\gamma_r$  = peso específico del relleno
- $\gamma_w$  = peso específico del agua
- $F_{roca}(d_{60})$  = factor de estabilidad de la roca
- $\Delta$  = densidad relativa del material
- $W_{60}$  = peso de la roca
- $\gamma_R$  = peso específico del relleno

De donde se obtuvo los resultados mostrados en la tabla 25.

**Tabla 25. Estabilidad de la estructura de enrocados.**

<b>Estabilidad de la estructura de enrocados</b>	
Fuerza resistente (kg/m)	43597.59
Presión de flujo (kg/m)	3125.00
Factor de estabilidad	0.763
Peso de la roca (kg)	867.51
Diámetro de la roca (m)	0.90

De la tabla 25 se observa la estabilidad de la estructura, donde es necesario comparar la fuerza resistente del enrocado respecto a la presión de flujo, y como se muestra en la tabla la fuerza resistente es mayor a la presión de flujo, lo que indica que hay una estabilidad de la estructura, también se muestra el factor de estabilidad, el cual debe ser mayor a  $d_m$  roca ( $d_m = 0.90$ ), lo que indica que no hay posible desprendimiento de las rocas colocadas en la estructura.

#### **4.6.2. Estabilidad de gaviones**

El análisis de la estabilidad del sistema de gaviones para la margen izquierda del puente Comuneros, donde fue necesario determinar las fuerzas, momentos resistentes y actuantes en la estructura, y con ello obtener los factores de seguridad tanto por volteo y deslizamiento del sistema de gaviones, al cual se aplica la teoría de Coulomb para su análisis. Además, se tomó materiales de relleno cuyas características son

el peso específico del gavión ( $\gamma_m = 1500 \text{ kg/m}^3$ ), peso específico relleno ( $\gamma_m = 1500 \text{ kg/m}^3$ ), porcentaje de vacíos ( $n = 0.30$ ). Las ecuaciones necesarias para la determinación de las fuerzas son las siguientes:

✓ Fuerzas y momentos actuantes

$$C_a = \frac{1 - \text{sen}(\phi)}{1 + \text{sen}(\phi)}; C_p = \frac{1 + \text{sen}(\phi)}{1 - \text{sen}(\phi)}, H_a = \frac{C_a \times \gamma_{\text{ter}} \times H^2}{2}; M_a = \frac{H_a \times H_{\text{total}}}{3}$$

$$F_{\text{emp}} = \frac{K_P \times \gamma_{\text{ter}} \times H_{\text{emp}}^2}{2}, M_{\text{emp}} = \frac{H_{\text{emp}} \times H_{\text{emp}}}{3}$$

$C_a$  = coeficiente activo del suelo

$C_p$  = coeficiente pasivo

$\phi$  = ángulo de fricción del suelo

$H_a$  = fuerza empuje actuante

$M_a$  = momento actuante

$F_{\text{em}}$  = fuerza de empuje

$M_{\text{em}}$  = momento de empuje

$\gamma_r$  = peso específico del relleno

$H$  = altura total de la estructura

✓ Verificaciones por deslizamiento y volteo

$$FS_v = \frac{\sum Mr \text{ total}}{\sum Ma} > 1.50; FS_d = \frac{FR \text{ total}}{Ha} > 1.50;$$

**Donde:**

$FS_{\text{volteo}}$  = factor de seguridad por volteo

$Mr$  = momento resistente total

$Fsd$  = factor de seguridad por deslizamiento

$Fr$  = fuerza resultante total

✓ Por capacidad

$$d_{R-A} = \frac{\sum Mr \text{ total} - \sum Ma}{\sum FR}; e = \frac{B}{2} - d_{R-A} < \frac{B}{6}; \sigma_{12} = \frac{FR}{\text{Área}} \mp \frac{6 \times FR \times e}{b \times h^2};$$

**Donde:**

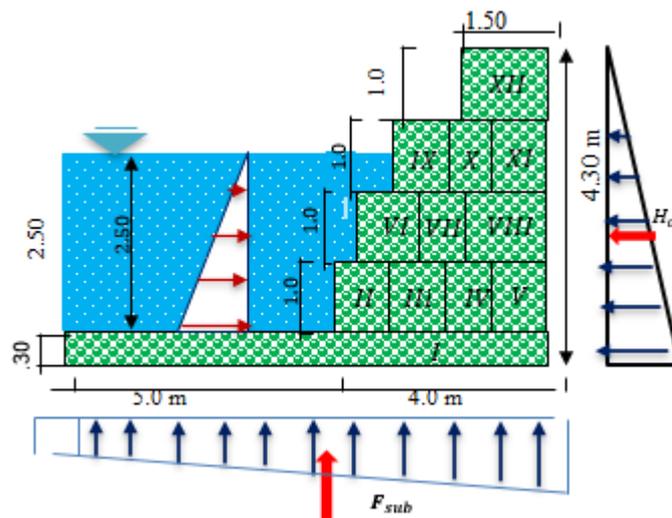
$d_{R-A}$  = posición resultante medida desde el extremo;

$e$  = excentricidad de la fuerza resultante

$B$  = base de la estructura

$FR$  = fuerza resultante

La esquematización de las fuerzas actuantes en la estructura de gaviones se muestra en la figura 24.



**Figura 24. Esquematización de la estructura de gaviones**

A continuación, se muestra el cálculo de las fuerzas y momentos resistentes, para la cual se identificó cada caja de gavión en números romanos como se muestra en la figura 24, de donde se obtiene el área y pesos de cada caja multiplicado por su brazo respecto a la primera caja como se muestra en la tabla 26.

**Tabla 26. Cálculo de las fuerzas resistentes**

Fig.	Tipo	Área (m <sup>2</sup> )	Peso unitario Ton/m <sup>3</sup>	Peso Parcial Ton/m	Brazo (m)	Momento (Ton.m)
II	Gavión	1.00	1.12	1.12	3.50	3.92
III	Gavión	1.00	1.12	1.12	2.50	2.80
IV	Gavión	1.00	1.12	1.12	1.50	1.68
V	Gavión	1.00	1.12	1.12	0.50	0.56
VI	Gavión	1.00	1.12	1.12	3.00	3.36
VII	Gavión	1.00	1.12	1.12	2.00	2.24
VIII	Gavión	1.50	1.12	1.68	0.75	1.26
IX	Gavión	1.00	1.12	1.12	2.50	2.80
X	Gavión	1.00	1.12	1.12	1.50	1.68
XI	Gavión	1.00	1.12	1.12	0.50	0.56
XII	Gavión	1.50	1.12	1.68	0.75	1.26
			<b>∑FR=</b>	<b>13.44</b>	<b>∑MR=</b>	<b>22.12</b>

Se realizó el diseño de la estructura de gaviones, determinando las fuerzas, momentos actuantes y resistentes, verificando la estabilidad por deslizamiento, volteo y capacidad de la estructura de gaviones como se muestra en la tabla 27.

**Tabla 27. Estabilidad de la estructura de gaviones**

Fuerzas y momentos	Valor obtenido
Empuje activo (t)	6.34
Empuje pasivo (t)	9.12
Momento actuante activo (t.m)	9.09
Momento actuante pasivo (t.m)	7.60
Momentos resistentes total (t.m)	29.71
Fuerzas resistentes total (t)	16.51
<b>Estabilidad de la estructura</b>	
Por deslizamiento	2.60
Por volteo	3.27
Por capacidad máx. (t/m <sup>2</sup> )	8.55
Por capacidad mín. (t/m <sup>2</sup> )	1.53
Factor de seguridad FS	2.00
Factor de seguridad mayor a 2.00	

De acuerdo a la tabla 27 se observa la estabilidad de la estructura, donde es necesario comparar los factores de estabilidad de la estructura, tanto por, deslizamiento y volteo, que según autores recomiendan que existe estabilidad cuando estos factores tienen que ser mayor un 2.00, para las investigaciones se puede mostrar que se está cumpliendo, además se debe de verificar el esfuerzo actuante de la estructura respecto a la capacidad portante, el cual siempre debe ser menor, que para esta estructura se está cumpliendo.

### 4.6.3. Estabilidad de muro de gravedad

El análisis de la estabilidad del sistema de muros de gravedad para la margen izquierda del puente Comuneros, donde fue necesario determinar las fuerzas, momentos resistentes y actuantes en la estructura, con ello obtener los factores de seguridad tanto por volteo y deslizamiento del sistema de muros de gravedad, al cual se sigue el mismo procedimiento del diseño de gaviones, obteniendo la estabilidad de la estructura. Además, se tomó materiales de relleno cuyas características son peso específico del concreto ( $\gamma_c = 2200 \text{ kg/m}^3$ ), peso específico relleno ( $\gamma_m = 1.800 \text{ kg/m}^3$ ).

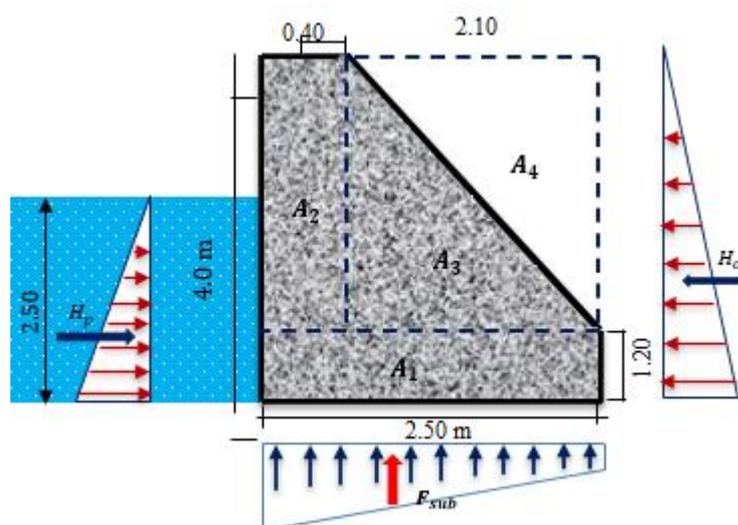


Figura 25. Esquemática del muro de gravedad

A continuación, se muestra el cálculo de las fuerzas y momentos resistentes, para la cual se identificó y se seccionó por áreas, como se muestra en la figura 25, de donde se obtiene el peso de cada sección multiplicado por su brazo respecto al punto de origen, como se muestra en la siguiente tabla 28.

Tabla 28. Cálculo de las fuerzas y momentos resistentes

Elemt	Peso (t)	Brazo(m)	Mr (t.m)
A1	6.60	1.25	8.25
A2	2.46	2.30	5.67
A3	6.47	1.87	12.07
A4	5.29	0.93	4.94
<b>ΣFR=</b>	<b>20.82</b>	<b>ΣMr i =</b>	<b>30.93</b>

Se realizó el diseño del muro de gravedad, determinando las fuerzas, momentos actuantes y resistentes, verificando la estabilidad por

deslizamiento, volteo y capacidad de la estructura como se muestra en la tabla 29.

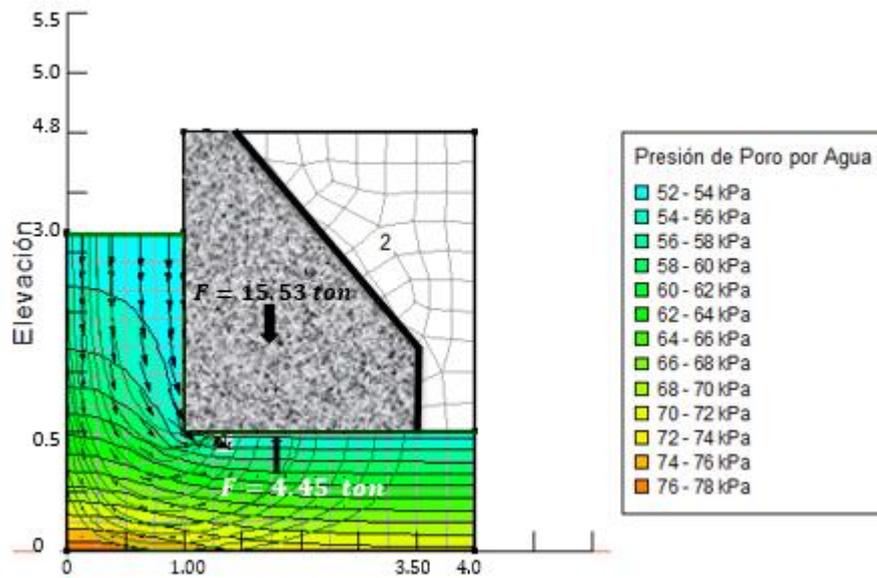
**Tabla 29. Estabilidad de la estructura de muro de gravedad**

<b>Fuerzas y momentos</b>	<b>Valor</b>
Empuje activo (t)	4.94
Empuje pasivo (t)	9.12
Momento actuante (t.m)	6.58
Momento actuante pasivo (t.m)	7.60
Momentos resistentes total (t.m)	38.53
Fuerzas resistentes total (t)	20.60
<b>Estabilidad de la estructura</b>	<b>Valor</b>
Por deslizamiento	4.17
Por volteo	5.86
Por capacidad máx. (t/m <sup>2</sup> )	9.65
Por capacidad mín. (t/m <sup>2</sup> )	7.00

De acuerdo a la tabla 29 se observa la estabilidad de la estructura, donde es necesario comparar los factores de estabilidad de la estructura tanto por deslizamiento y volteo, que según autores recomiendan que existe estabilidad cuando estos factores tienen que ser mayor a un 2.00., para las investigaciones se muestra que se está cumpliendo, además se debe de verificar el esfuerzo actuante de la estructura respecto a la capacidad portante el cual siempre debe ser menor, que para esta estructura se está cumpliendo.

#### **4.1.1. Estabilidad de la estructura por subpresión**

La subpresión es la fuerza ascendente ocasionada por el flujo del agua, el cual es aplicado en la base de la estructura, actuando de abajo hacia arriba, reduciendo el peso efectivo de la estructura, en este estudio se evalúa la subpresión para las estructuras planteadas en esta investigación.



**Figura 26. Efecto de subpresiones en muro de gravedad**

En la figura se muestra la subpresión ejercida por la fuerza ascendente del agua ( $F = 4.45 \text{ t}$ ), el cual estas fuerzas deben ser menor al peso total del muro de gravedad ( $F = 15.53 \text{ t}$ ), como se muestra en la figura 26, demostrando que la estructura se comporta de manera estable frente a la fuerza resultante producida por la subpresión.

#### **4.7. Análisis de la estabilidad de estructuras para tiempos de estiaje**

La realización de un análisis de la estabilidad, una estructura para tiempos de estiaje permite estimar el comportamiento de la misma cuando los caudales se reduzcan, donde se analiza si dicha estructura sufrirá el efecto de volteo, desprendimiento, deslizamiento o se mantiene en equilibrio, con las fuerzas que actúan sobre ella.

##### **4.7.1. Estabilidad del de enrocado**

**Tabla 30. Estabilidad de la estructura para tiempos de estiaje**

<b>Estabilidad de la estructura</b>	
Fuerza resistente (kg/m)	17982.82
Presión de flujo (kg/m)	320.00
Factor de estabilidad	0.760
Peso de la roca (kg)	867.51
Diámetro de la roca (m)	0.90



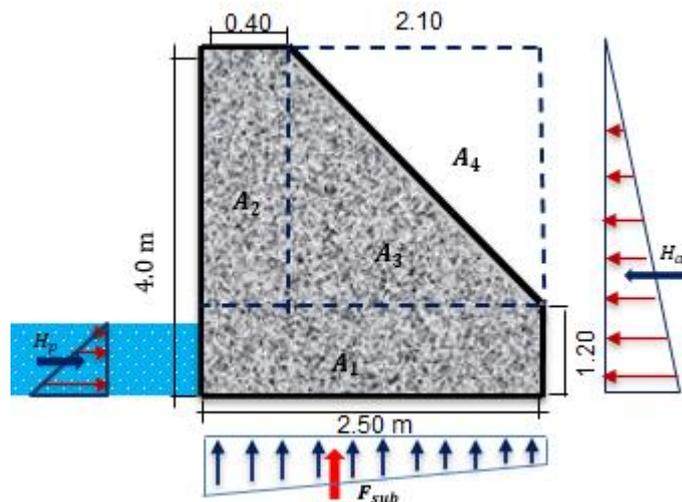
Se realizó el diseño de la estructura de gaviones para tiempos de estiaje, donde se determinan las fuerzas, momentos actuantes y resistentes, verificando la estabilidad por deslizamiento, volteo y capacidad de la estructura de gaviones como se muestra en la tabla 32.

#### 4.7.3. Estabilidad del muro de gravedad

Se realizó el diseño del muro de gravedad, determinando las fuerzas, momentos actuantes y resistentes, verificando la estabilidad por deslizamiento, volteo y capacidad de la estructura como se muestra en la tabla 32.

**Tabla 32. Estabilidad del muro de gravedad**

Fuerzas y momentos	Valor
Empuje activo (t)	4.94
Empuje pasivo (t)	0.93
Momento actuante (t.m)	6.58
Momento actuante pasivo (t.m)	0.25
Momentos resistentes total (t.m)	25.63
Fuerzas resistentes total (t)	21.34
<b>Estabilidad de la estructura</b>	<b>Valor</b>
Por deslizamiento	4.32
Por volteo	3.89
Por capacidad máx. (t/m <sup>2</sup> )	9.51
Por capacidad mín. (t/m <sup>2</sup> )	7.56



**Figura 28. Esquema de la estructura para tiempos de estiaje**

De acuerdo a la tabla 32 se observa la estabilidad de la estructura para tiempos de estiaje, donde es necesario comparar los factores de estabilidad de la estructura tanto por deslizamiento y volteo, que según

autores recomiendan que existe estabilidad cuando estos factores tienen que ser mayor a un 2.00, para las investigaciones se muestra que se está cumpliendo, además se debe verificar el esfuerzo actuante de la estructura respecto a la capacidad portante, el cual siempre debe ser menor, que para esta estructura se está cumpliendo.

## **4.8. Análisis y discusión de resultados**

### **4.8.1. Análisis de resultados**

Los resultados y discusión del proyecto de investigación es establecido a partir de los objetivos específicos planteados, donde primero, se determinaron los parámetros hidrológicos e hidráulicos, el caudal de diseño y finalmente el diseño de tres tipos de defensas ribereñas (enrocados, gaviones y muros de gravedad), resultados que estarán proyectados en la margen izquierda del río Mantaro, altura del puente Comuneros. Para el desarrollo de la presente tesis se recopiló información de Senamhi, la Autoridad Nacional del Agua (ANA), y Electroperú, obteniendo registro de caudales medios mensuales de la estación cercana al puente Comuneros (estación puente Breña ), con ello se obtuvo el caudal mínimo para tiempos de estiaje y con el método de Creager se determinó el caudal máximo de diseño del río Mantaro para el periodo de retorno de 500 años, además se evaluó el tipo de suelo y topografía que se tiene en la zona de estudio.

#### **Resultado de suelos**

Los resultados indican que el material que más predomina en la margen izquierda del puente Comuneros, de acuerdo a la clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), es un GP (grava pobremente graduada).

#### **Resultados hidrológicos e hidráulicos**

En la tabla 10 se muestra que la cuenca del Mantaro tiene una pendiente de cauce principal con un valor de porcentaje de 0.469 % y pendiente cuenca con un valor de porcentaje 19.10, de igual forma los parámetros geomorfológicos determinados para la zona de estudio

(tabla 11), por lo que se puede mostrar una fuerte erosión en las orillas del río Mantaro, además se muestra una longitud del cauce principal, descendiendo desde su elevación máxima de 4080 m s. n. m. hasta los 500 m s. n. m.

La pendiente hidráulica se obtuvo por diferencia de cotas, partiendo desde la parte más alta donde nace el río Mantaro (4080 m s. n. m.) y la mínima (3181.00 m s. n. m.), ubicada a alturas del puente Comuneros. La diferencia de cotas entre su longitud ( $l = 19154.00$  km) del cauce hasta el área de estudio, obteniéndose una pendiente experimental de 0.469 %.

Para la determinación del caudal de diseño, se realizó por las 8 distribuciones tomando el registro de caudales de la estación puente Stuart, cuyo caudal fue llevado de manera proporcional en función del área al punto de estudio, obteniendo un caudal de diseño ( $Q_d = 2095.27$  m<sup>3</sup>/s).

Para este estudio se realizó una observación de toda la zona en estudio del río, donde se observa que hay una superficie con curva, poco limpia, existe presencia de vegetación y mediante el uso del método de Cowan se determinó una rugosidad  $n = 0.0062$ .

Los parámetros hidráulicos obtenidos para esta investigación son el ancho estable del cauce, tirante hidráulico y profundidad de socavación resultados que se muestran en el apartado **4.4**.

Las dimensiones de las secciones tanto de enrocados, gaviones y muros de gravedad son similares, con el fin de realizar un análisis económico entre las estructuras, aproximando a la realidad. Para los tres diseños, se propone un relleno en la parte de atrás de cada estructura, cuyo relleno estará conformado por suelo grava pobremente graduada (GP).

### **Resultado de la estabilidad de estructuras**

Como se evidenció en los apartados **4.6 y 4.7** de la presente tesis, la solución con el muro de gravedad tiene mayor estabilidad para la ribera del río Mantaro, en la zona de estudio puente Comuneros, margen izquierda, con ello se garantiza la durabilidad de la obra, además se minimiza el riesgo de deslizamiento y volteo de la estructura, a continuación, en la presente tabla se presentan los factores de estabilidad obtenidos para cada estructura.

**Tabla 33. Resultados del análisis de estabilidad**

<b>Sistema estructural por implementar</b>	<b>FS<sub>volteo</sub></b>	<b>FS<sub>deslizam.</sub></b>
Estructura de gaviones máximas avenidas	3.27	2.60
Estructura de muro de gravedad máximas avenidas	5.85	4.17
Estructura de gaviones en tiempos de estiaje	3.32	2.12
Estructura del muro de gravedad en tiempos de estiaje	3.89	4.32

Como se evidencia en la tabla, todos los factores de seguridad por deslizamiento y volteo son mayores a 2.00, lo cual se verifica que existe estabilidad de la estructura, siendo el de mejor comportamiento como defensa ribereña para margen izquierda del puente Comuneros, la estructura de muro de gravedad.

A su vez, también se realizó el análisis de la estructura de enrocados, mostrados en los mismos apartados, donde el factor de estabilidad es mayor al diámetro de la roca y la fuerza resistente mayor a la presión de flujo.

### **Incremento en la seguridad de los usuarios**

La implementación de una defensa ribereña para la margen izquierda del puente Comuneros garantiza la estabilidad de los taludes adyacentes a las riberas de río Mantaro, de igual forma, con un nuevo encauzamiento del río Mantaro, garantiza a que las áreas agrícolas cercanas a las riberas no se vean perjudicados por las inundaciones.

#### 4.8.2. Discusión de resultados

De acuerdo a la tabla 13, se muestra el cálculo de los caudales de acuerdo el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, para diferentes periodos de retorno con un caudal de diseño para un periodo de 500 años ( $Q = 2095.27 \text{ m}^3/\text{s}$ ) y para un periodo de retorno de 10 años  $Q = 1526.27 \text{ m}^3/\text{s}$ . Al respecto, varios autores (60), mencionan que, aplicando el mismo método, determinó para un periodo de retorno 200 años un caudal máximo de ( $Q = 2202.94 \text{ m}^3/\text{s}$ ) y para un periodo de retorno de 10 años ( $Q = 1221.10 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

Para el diseño de enrocados, en la tabla 25 se observa la estabilidad de la estructura, donde la fuerza resistente es mayor a la presión de flujo ( $43597.59 \text{ kg/m} > 3125.00 \text{ kg/m}$ ), lo que indica que hay una estabilidad de la estructura; también el factor de estabilidad (0.760) es mayor al diámetro de la roca ( $D_m = 0.90$ ), por consiguiente, no hay desprendimiento de las rocas colocadas en la estructura. Además, Jafajernad (4), realizó pruebas de enrocado variando el ángulo de inclinación y la pendiente del río, donde determinó que la inclinación del enrocado influye su estabilidad y para ríos de montaña, los tamaños de bloques deben ser mayor a 1 tonelada de peso para resistir la erosión y su desprendimiento. También, Hiller y Lia (18), obtuvieron los resultados de un estudio de modelo a escala relacionado con la estabilidad de escolleras colocadas y vertidas con pendiente  $S = 0.67$  y un talud 1:1.50 (vertical y horizontal), donde se realizaron pruebas de comportamiento de cada estructura, cuyo resultado para un rip-rap con piedra colocada tiene una estabilidad cinco veces mayor a un rip-rap vertido.

Para el diseño de gaviones y muros de gravedad, de acuerdo con las tablas 27 y 29 se han obtenido los factores de estabilidad de la estructura tanto por deslizamiento y volteo, donde según los autores citados indican que debe ser mayor a 2.00 para que exista estabilidad; además se debe verificar el esfuerzo actuante de la estructura respecto a la capacidad portante, el cual siempre debe ser menor, por tanto, ambas estructuras cumplen con el requisito. Asimismo, los resultados obtenidos

en esta investigación son mayores al valor de 2.00 determinado por Ranjan (17) en la verificación realizada por deslizamiento y vuelco. Según Meza (61), en su diseño del muro de gaviones determinó factores de estabilidad por deslizamiento y volteo mayores a 1.50, demostrando la funcionalidad de los muros de gaviones. Así mismo, estas estructuras, donde se han realizado muchos estudios sobre ellas, como la investigación de Bennet en 1939 en los Estados Unidos, investigación que fue recogida por Bjerklie (62). Al igual que Albaji (63), sustenta que, en los estudios realizados de las estructuras de gaviones, se demostró que, “debido a la sedimentación de estas estructuras, la descarga máxima de inundación y la descarga de sedimentos se reducían de manera significativa”.

Las construcciones de gaviones son más económicas que las construcciones de RCC (hormigón de concreto reforzado), el porcentaje de ahorro de costes por gavión oscila entre el 33 % y el 66 %, ya que se requiere menos tiempo para la construcción. La característica más importante del gavión es que puede utilizar diferentes combinaciones de materiales de relleno, si no se dispone de piedra de cantera. Pero, en la mayoría de los casos, el material de relleno sigue estando disponible localmente en abundancia. Estos resultados son similares a los encontrados en investigaciones previas realizados por Bhandari (64) en Finlandia, en este estudio se destaca la importancia y el uso de los colchones de alambre de malla hexagonal de gaviones; asimismo, comprender que las colchonetas de gaviones, son las medidas de protección más utilizadas para la contención de las riberas de los ríos o los muros de contención.

## CONCLUSIONES

- Se realizó el diseño hidráulico y estructural de las defensas ribereñas (enrocados, gaviones y muro de gravedad), tomándose en cuenta el comportamiento de las estructuras para tiempos de máximas avenidas y para tiempos de estiaje, llegando a cumplir con su estabilidad de las estructuras para el puente Comuneros, margen izquierda.
- Los parámetros hidrológicos que se han tomado en cuenta son la longitud de cause  $L = 191.54$  km, pendiente = 0.469 % y área =  $11473.50$  km<sup>2</sup>), los cuales se obtuvieron por intermedio del programa ArcGIS y fueron tomados en cuenta para la determinación del caudal de diseño.
- Los parámetros hidráulicos como ancho de cauce  $B = 206.00$  m, tirante  $Y = 2.50$  m y la profundidad de socavación  $H_s = 1.80$  m, se obtuvieron por cálculos matemáticos y verificados con el apoyo de los programas River y Hec ras, parámetros que se tomaron en cuenta para el diseño de cada estructura planteada en esta investigación.
- Finalmente, se concluye que, de los 3 tipos de defensa ribereña, el muro de gravedad tiene mejor comportamiento estructural e hidráulico debido a que el factor de seguridad tiene mayor holgura respecto a las otras estructuras cumpliendo con la estabilidad al igual que las demás, y de esta manera permitirá proteger las zonas agrícolas aledañas ubicadas en el margen izquierdo del río Mantaro.

## RECOMENDACIONES

- Desde el punto de vista metodológico se recomienda que, para futuras investigaciones inmersas en el tema, es conveniente realizar un modelamiento hidráulico del río en estudio y ello compararlo con los resultados obtenidos por intermedio de los cálculos matemáticos.
- Del punto de vista teórico es conveniente tomar información reciente de artículos científicos, revistas, entre otros; que permitan desarrollar la investigación con nuevas tecnologías que se van presentando en la actualidad.
- Del punto de vista práctico es recomendable proponer obras de protección a lo largo de las márgenes del río, para reducir las inundaciones y a su vez proteger a las estructuras transversales que se encuentren inmersas en ello.
- Se recomienda utilizar el sistema de gaviones, por ser un diseño compacto, consistente, adecuado y económico a comparación de los sistemas de muro de contención y enrocado.

## LISTA DE REFERENCIAS

1. **RIVERA-TREJO, F.; HERNÁNDEZ-CRUZ, A.** *Protección marginal con espigones, simulación numérica 1D.* México : s.n., 2020, Tecnología y Ciencias del Agua.
2. **FRACCASI, Gerardo.** *Defensas ribereñas con gaviones y geosintéticos.* 2019.
3. **NAYONO, S. E., et al.** *Protección del medio ambiente de la ribera del río hacia la socavación con refuerzo combinado de gaviones y tetrápodos: un estudio de modelo de laboratorio.* 2020, Indinecia.
4. **JAFANERJAD, et al.** *Diseño de Riprap de ribera utilizando bloques grandes colocados individualmente.* EE. UU. : s.n., 2019.
5. **MAROTO, R.; ROBREDO, J. C.; GARCÍA, J. L.; GIMÉNEZ, M.; TARDÍO, G.** *Eresma river slope: stabilization And restoration project (Coca, Segovia, Spain).* España : s.n., 2017, Researchgate.net.
6. **TERÁN ADRIAZOLA, Rubén.** *Diseño y construcción de defensas ribereñas.* Lima : s.n., 1998.
7. **MARTÍN VIDE, Juan Pedro.** *Ingeniería de ríos.* España : s.n., 2009.
8. **OAKESON, Kyle.** *Erosión de la orilla del río Ogden.* Utah : s.n., 2020.
9. **Ministerio de Transportes y Comunicaciones.** *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje.* Lima : s.n., 2015.
10. **Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.** *Norma E.050 Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones.* Lima : s.n., 2018.
11. **LIU, Yong, et al.** *Mechanical behavior of the reinforced retaining wall subjected to static load. Advances in Civil Engineering.* China : s.n., 2021.
12. **SUÁREZ DÍAZ, Jaime.** *Control de erosión en zonas tropicales.* Colombia : s.n., 2001.
13. **Proyecto Indeci PNUD Perú.** *Mapa de peligros, plan de uso del suelo ante desastres y medidas de mitigación de la ciudad de Huancayo.* Huancayo : s.n., 2011.
14. **CAHUANA BALDEÓN, Jesús Francisco.** *Teledetección y sistemas de información geográfica aplicados a identificación de zonas con riesgo a*

- inundación, tramo puente Las Balsas - puente La Breña. Huancayo : s.n., 2015.*
15. **Defensa Civil.** *Plan de contingencia ante el peligro de lluvias intensas - región Junín.* Huancayo : s.n., 2019.
  16. **Senamhi.** *Incremento del caudal del río Mantaro.* Lima : s.n., 2018.
  17. **RANJAN, Sudhanshu.** *Análisis del muro de contención para condiciones estáticas y dinámicas mediante el uso del software geo-5.* Bawana Road : s.n., 2020.
  18. **HILLER, P. H.; LIA, L.** *Desplazamientos como origen de falla de escollera colocada en pendientes pronunciadas.* 2018, Revista de investigación hidráulica.
  19. **CADENA RIVERA, Juan Sebastian; VILLEGAS ZULETA, Andrés Felipe.** *Análisis de riesgo por desbordamiento del río Chiquito en la zona urbana del municipio de Sogamoso, Boyacá.* Colombia : s.n., 2016.
  20. **OTINIANO ARRIBASPLATA, Dennis Alberto; CIELO SALDAÑA, Julio Vicente.** *Diseño hidráulico y estructural de la defensa ribereña del río Nepeña, sector puente Huambacho, distrito de Nepeña, Santa, Ancash.* Ancash : s.n., 2016.
  21. **RAMOS FLORES, Brandon Edwin.** *Proyecto de encauzamiento y defensas ribereñas en el río Yarabamba, sector Villa Yarabamba.* Arequipa : s.n., 2016.
  22. **HUAMÁN URTEAGA, Carlos Augusto.** *Análisis comparativo de soluciones de defensas ribereñas para el puente Tahuamanu-Madre de Dios.* Lima : s.n., 2019.
  23. **ALANYA BARZOLA, Edinson Enrique.** *Sistema de prevención y control de erosión en la ribera del río San Fernando.* Huancayo : s.n., 2017.
  24. **GÓMEZ CHOQUE, Franco Julio; CAHUANA ALAVE, Jesús Wilber.** *Propuesta de diseño de defensas ribereñas en el río Locumba, anexo de Oconchay, zona rural del distrito Ilabaya, provincia de Jorge Basadre Grohmann.* Tacna : s.n., 2018.
  25. **TABORI RIVERA, Aldo Óscar.** *Construcción de defensa ribereña del río Supe ante posibles desastres naturales.* Huacho : s.n., 2019.
  26. **ALVITES BARRAGÁN, Jaime Daniel; PARCO HUARINGA, David Alejandro.** *Propuesta de guía constructiva para la construcción de defensas*

- ribereñas utilizando el sistema de muro enrocado en la planta de CPPQ S. A. en Naña. Lima : s.n., 2018.*
27. **MACCAFERI.** *Defensas ribereñas con gaviones.* Brasil : s.n., 2011.
  28. **MACCAFERI.** *Obras de contención.* Brasil : s.n., 2015.
  29. **ZEVALLOS LOAIZA, Marcia.** *Diseño de la defensa ribereña para el balneario turístico Cocalmayo, ubicado en la margen izquierda del río Urubamba.* Piura : s.n., 2017.
  30. **MAMANI ALCÁZAR, Franz.** *Diseño de defensas ribereñas en el río Callazas en el centro poblado Aricota, Candarave.* Tacna : s.n., 2017.
  31. **DE ALMEYDA BARROS, Persio Leister.** *Obras de contención.* Brasil : s.n., 2008.
  32. **VASQUEZ CHAVEZ, Lily Rocio.** *Diseño de defensas ribereñas y su aplicación en el cauce del río La Leche, distrito de Pacora–Lambayeque.* Lambayeque : s.n., 2018.
  33. **MALDONADO REYMUNDO, Giovanny Noel.** *Diseño de enrocados de protección de la relavera La Esperanza.* Lima : s.n., 2016.
  34. **TAMARA AYALA, Edwarth Joel.** *Causas de la socavación del puente Huambacho ubicado en la panamericana norte-propuesta de mejora, distrito de Samanco.* Ancash : s.n., 2018.
  35. **MAYHUIRE UQUICHI, Adrián.** *Cálculo hidráulico de defensas ribereñas en el sector Chejava del río Ilabaya, distrito de Ilabaya, provincia de Jorge Basadre, departamento de Tacna.* Lima : s.n., 2018.
  36. **Ministerio de Agricultura y Riego.** Enrocado con roca colocada. [En línea] 7 de setiembre de 2017.  
[http://www.pejeza.gob.pe/detalle\\_noticia.php?idnota=69](http://www.pejeza.gob.pe/detalle_noticia.php?idnota=69).
  37. **RODRÍGUEZ SUVIATE, Edgar.** *Criterios en el diseño de defensas ribereñas.* Ayacucho : s.n., 2014.
  38. **MCCORMAC, Jack C.; BROWN, Russell.** *Diseño de concreto reforzado.* México : Alfaomega Grupo Editor, 2011.
  39. **HARMSSEN, Teodoro E.** *Diseño de estructuras de concreto armado.* Lima : Fondo editorial PUCP, 2005.
  40. **NILSON, Arthur H.** *Diseño de estructuras en concreto presforzado.* Mexico : Limusa, 1998.

41. **VERA HERNANDEZ, Luis Edilberto.** *Análisis de aforo de la Estación Hidrométrica Obrajillo. Periodo 2000-2001.* Lima : s.n., 2002.
42. **CCONISLLA QUISPE, Jhony Aníbal.** *Protección contra inundaciones en el sector del centro poblado y distrito de Gorgor, provincia de Cajatambo.* Lima : s.n., 2017.
43. **OJEDA, Alfredo Ollero, DE MATAUCO, Askoa Ibisate González y HUARTE, Josu Elso.** *El territorio fluvial y sus dificultades de aplicación. Geographicalia.* España : s.n., 2014.
44. **HUANCAS, HUANCAS Cesar Edgardo.** *Modelamiento hidráulico con Hec-ras para la prevención de Inundaciones desde el km 44+ 100 al km 49+ 100 en el Río Reque.* Lambayeque : s.n., 2019.
45. **GIORDANI, Claudio; LEONE, Diego.** *Estructura.* s.l. : UTN, 2010.
46. **MIRET, M.** *Introducción de las estructuras.* 2010.
47. **AYALA RODRÍGUEZ, Erick; MEJÍA RODRÍGUEZ Julián; ROSAS, Gissel Paola.** *Cálculo de la velocidad media y el caudal con base en la velocidad superficial del agua en pequeñas corrientes.* Colombia : s.n., 2016.
48. **MÁRQUEZ MIELES, Juan Carlos.** *El concepto de perímetro apoyado en la propuesta de aprender enseñando y en los niveles de razonamiento.* Medellín : s.n., 2008.
49. **SHAH, S. Y.; ISLAM, Z. U.; RATHER, S. A.** *Viabilidad de ingeniería de estructuras de gaviones sobre estructuras de hormigón armado.* 2018.
50. **GUTIERREZ URBINA, Keila Judith.** *Optimización del Presupuesto de Obra utilizando la Programación Lineal en la Partida de Encauzamiento de La Defensa Ribereña del Río Chicama: sector Careaga-Cartavio. .* La Libertad : s.n., 2017.
51. **HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto.** *Metodologías de la investigación.* México : s.n., 2014.
52. **BAENA PAZ, Guillermina.** *Metodología de investigación.* México : Patria, 2017.
53. **VARA ORNA, Arístides Alfredo.** *7 pasos para una investigación exitosa.* Lima : s.n., 2012.
54. **ARIAS, F. G.** *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica.* Venezuela : Episteme, 2012.

55. **SORIANO ROJAS, Raúl.** *Guía para realizar investigaciones sociales.* España : s.n., 1991.
56. **TAMAYO, Mario.** *El proceso de la Investigación científica.* México : s.n., 2003.
57. **PARÍ LOZANO, R. A.** *Evaluación geomecánica de la cantera Pumpunya y su influencia en el diseño de enrocados para el drenaje de aguas subterráneas en los accesos del puente Comuneros, Huancayo 2019.* Huancayo : s.n., 2020.
58. **Sima.** *Estudio de preinversión a nivel de prefactibilidad para la construcción de un puente sobre el río Mantaro.* Lima : s.n., 2011.
59. **TRAU, Wolfgang, et al.** *Análisis regional de las avenidas en los ríos del Perú.* Lima : s.n., 1979.
60. **BHAT, M. S.; ALAM, A.; AHMAD, B.; KOTLIA, B. S.; FAROOQ, H.; TALOOR, A. K.; AHMAD, S.** *Análisis de la frecuencia de inundaciones del río Jhelum en la cuenca de Cachemira.* 2019, Quaternary International, Vol. 507, págs. 288-294.
61. **MEZA VERÁSTEGUI, Y. S.** *Diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña del río Tarma en el sector de Santo Domingo, Palca, Tarma.* Tarma : s.n., 2019.
62. **BJERKLIE, David M., et al.** *Fundamental hydraulics of cross sections in natural rivers: preliminary analysis of a large data set of acoustic doppler flow measurements.* water resources research. EE. UU. : s.n., 2020.
63. **ALBAJI, Mohammad, et al.** *Determinación de la erosión hídrica en el área de captación de Kowsar y evaluación de estructuras de gaviones en su control.* Irán : s.n., 2020.
64. **BHANDARI, Rohit.** *Protección de riberas con estructura de gaviones: colchón de gaviones.* India : s.n., 2019.

## **ANEXOS**

## Anexo 1

### Operacionalización de variables y matriz de consistencia

**Tabla 34. Operacionalización de variables**

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicador	Escala de medición
VI Defensa ribereña	Se define como defensas ribereñas al conjunto de medidas tendientes a solucionar problemas generados por la energía erosiva del agua (6).	se evaluará la defensa ribereña para la protección del puente comunero, mediante la ayuda del manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, y demás documentos necesarios.	Defensas vivas - naturales	Garantía de protección	Densidad
				Protección contra la inundación	Ancho, altura
			Defensas vivas - forestales	Plantación de arbusto	Densidad
			Defensas permanentes	Defensas de concreto	Resistencia, tamaño
				Defensas de piedra	Diámetro, peso

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicador	Sub indicadores	Escala de medición
VD Diseño de la defensa ribereña	Estructura construida dentro del cauce de un río, cuya finalidad es encauzar, corregir, proteger terrenos ribereños, controlar el transporte de sólidos o controlar el curso natural del agua (2).	Se evaluará el diseño de defensa ribereña para el puente Comuneros, mediante la ayuda del manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, y otros libros.	Energía erosiva	Erosión lateral del cause	Velocidad	m/s
					Flujo/ caudal	m <sup>3</sup> /s
				Meandros	Perímetro	m
			Encausar	Construcción de estructuras longitudinales	Longitud/tirante/profundidad de la estructura	m
			Proteger terrenos	Inundaciones	Área	m <sup>2</sup>
				Pérdidas económicas	Costo	Soles
			Controlar el curso natural del agua	Desborde en las áreas colindantes	Ancho/longitud	m
					Altura	m
			Estructura construida dentro del cauce	Diseño hidráulico	Caudal máximo	m <sup>3</sup> /s
				Diseño estructural	Gaviones Enrocados Muro de gravedad	Nominal

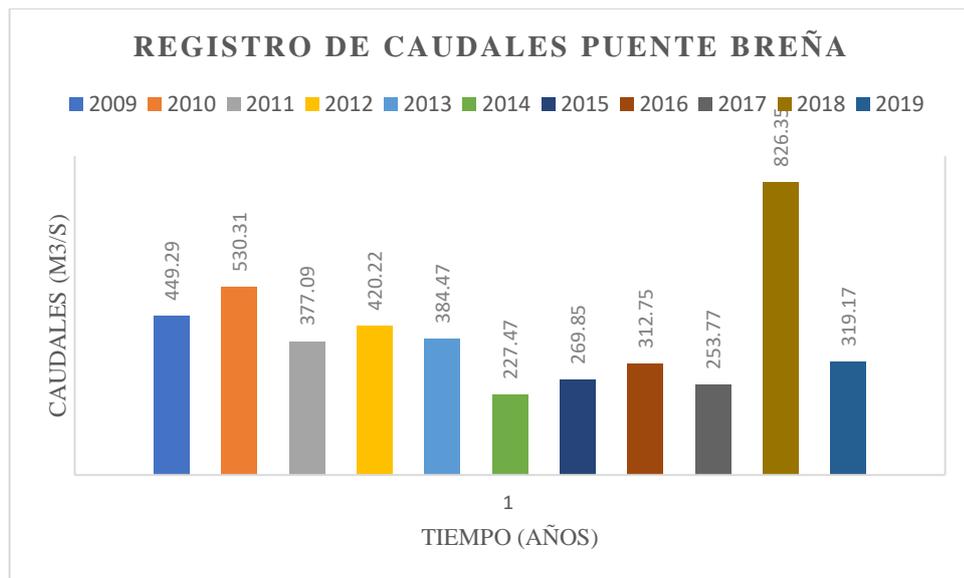
**Tabla 35. Matriz de consistencia**

<b>Problema</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variable</b>
<p><b>Problema general</b></p> <p>¿Cómo interviene el diseño hidráulico y estructural en el diseño de defensas ribereñas para la margen derecha del puente Comuneros de la ciudad de Huancayo?</p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Evaluar el diseño hidráulico y estructural en el diseño de defensas ribereñas para la margen derecha del puente Comuneros de la ciudad de Huancayo.</p>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p>La evaluación de diseño hidráulico y estructural influirá en el diseño de defensas ribereñas para la margen derecha del puente comuneros de la ciudad de Huancayo.</p>	<p><b>VD</b></p> <p>Diseño de defensas ribereñas.</p> <p><b>VI</b></p> <p>Defensas ribereñas</p>
<p><b>Problemas específicos</b></p> <p>¿Cómo intervienen los parámetros hidrológicos e hidráulicos en el diseño de defensas ribereñas para el puente Comuneros?</p> <p>¿Cómo interviene el caudal máximo de diseño para las defensas ribereñas del puente Comuneros?</p> <p>¿Qué diseño de defensa ribereña tiene mejor comportamiento estructural e hidráulico para la margen izquierda del puente Comuneros?</p>	<p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Evaluar los parámetros hidrológicos e hidráulicos para de diseño de defensas ribereñas para el puente Comuneros, margen derecha.</li> <li>✓ Evaluar el caudal máximo de diseño para las defensas ribereñas del puente Comuneros, margen derecha.</li> <li>✓ Identificar la defensa ribereña con mejor comportamiento estructural e hidráulico para la margen izquierda del puente Comuneros.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis específicas</b></p> <p>Los parámetros hidrológicos e hidráulicos influirán en el diseño de defensas ribereñas para el puente Comuneros, margen derecha.</p> <p>El caudal máximo de diseño influirá para las defensas ribereñas del puente Comuneros, margen derecha.</p> <p>La identificación de la estructura con mejor comportamiento estructural e hidráulico influye como defensa ribereña en la margen izquierda del puente Comuneros.</p>	<p><b>Indicadores</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Erosión lateral del cauce</li> <li>✓ Meandros</li> <li>✓ Inundaciones</li> <li>✓ Desborde en las áreas colindantes</li> </ul>

## Anexo 2

### Registro de caudales puente Breña

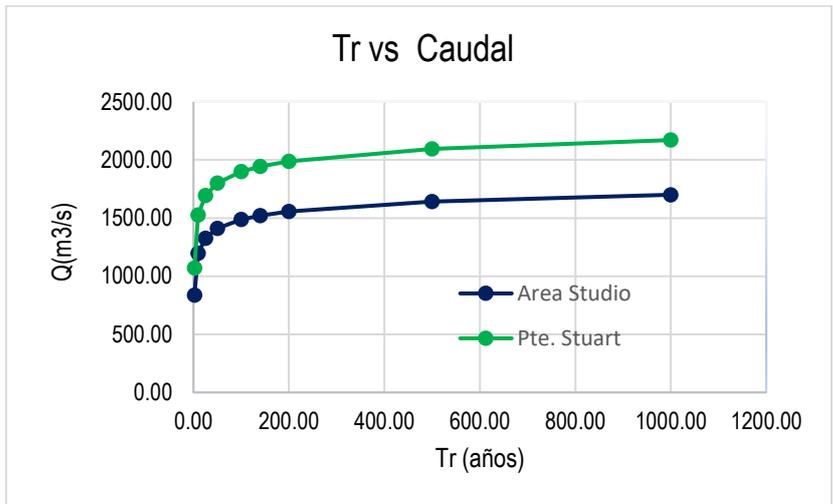
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2009	390.03	449.29	377.09	349.92	148.59	135.86	142.17	137.11	100.64	185.05	194.98	299.59
2010	271.47	530.31	443.42	435.63	194.98	123.57	138.37	135.86	134.61	129.04	139.63	167.12
2011	215.44	377.09	335.74	332.23	279.63	153.80	140.90	129.66	128.43	132.13	134.61	186.46
2012	364.32	346.36	420.22	261.79	169.83	129.66	110.55	108.25	122.36	149.89	144.73	258.60
2013	232.04	302.96	384.47	287.88	152.49	100.32	88.32	96.99	91.54	104.82	121.16	172.56
2014	160.41	227.47	221.42	222.93	132.13	95.89	93.70	82.67	116.40	127.21	127.21	122.36
2015	241.29	143.45	269.85	122.36	100.32	84.87	82.23	107.10	84.87	80.91	100.32	169.83
2016	236.65	230.51	312.75	274.72	122.36	116.40	83.99	84.65	76.08	80.91	81.35	78.72
2017	234.33	231.10	253.77	208.64	76.57	76.50	105.80	111.11	93.42	98.98	88.64	84.85
2018	689.65	826.35	542.31	212.06	87.28	71.92	56.20	53.35	103.87	136.41	108.68	112.73
2019	94.51	182.50	148.18	270.82	146.42	108.88	104.22	104.67	54.82	63.19	72.05	319.17



**Registro de caudales puente breña**

Periodo de Retorno Tr (años)	Qmax Pte Stuart (m <sup>3</sup> /s)	Caudal al Punto. Estudio
2.00	837.73	1069.56
10.00	1195.46	1526.27
25.00	1326.42	1693.47
50.00	1411.01	1801.47
100.00	1487.10	1898.62
140.00	1521.62	1942.69
200.00	1556.74	1987.53
<b>500.00</b>	<b>1641.13</b>	<b>2095.27</b>
1000.00	1700.33	2170.86

**CAUDAL DE DISEÑO**



**Anexo 3**

**Cálculo de los parámetros hidráulicos**

## Hidraulicos

### 1. Amplitud del cauce

Dónde:

Dm= Diámetro mediano  
 B= ancho medio de la secc.  
 Fb= factor de fondo  
 Fb= 1,2 material grueso  
 Fb= Dm / 3 para gravas  
 Fs= factor de orillas

Fs= 0,2 para material ligeramente cohesivo  
 S= pendiente hidráulica (%)  
 Q= caudal de diseño (m<sup>3</sup>/seg.)  
 g= gravedad  
 K= factor secundario  
 H= profundidad media (m)  
 C= concentración de material de fondo en 10<sup>-5</sup>

Mtdos

#### Blench o Altunin

Datos  
 Dm 50= 13.290 mm  
 Fb= 1.20  
 Fs= 0.10 Tabla

$$B = 1.81 \times \left( \frac{(Q \times F_b)}{F_s} \right)^{1/2}$$

**B= 287.01 Metros**

#### Petts

Datos  
 Q=2095.27 m<sup>3</sup>/s

$$B = 4.44 \times Q^{0.50}$$

**B= 203.24 m**

#### Altunin -Manning

Datos  
 n= 0.062  
 m= 0.50  
 s= 0.00469  
 k= 10.00

$$B = \frac{Q^{1/2} \times (n \times K^5)^{3/5}}{S^{1/5}}$$

**B= 238.08 m**

#### Simons Henderson

$B = K \times Q^{1/2}$   
 K= 2.90

**B= 132.75 m**

#### Recomendación practica

Q(m <sup>3</sup> /s)	Ancho estable
3000.00	200.00
2400.00	190.00
1500.00	120.00
100.00	100.00
500.00	70.00

**B= 166.30 m**

**B prom=205.47 m**

**B= 206.00 m**

## 2. Tirante Hidraulico

### A. Metodo de Manning y Strickler

$$Y = \left( \frac{Q}{K_s \cdot B \cdot S^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{5}}$$

donde=

S, pendiente m/m 0.00469

Y, tirante hidráulico **Y=2.50 m**

Q, caudal en m<sup>3</sup>/s 2095.27

b, ancho medio estable (m) 206.00

### 3. profundidad de socavación

$$V = K_s \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

V, velocidad en m/s 4.10 m/s

$A = B \times Y \times Y^2$   
A, area mojada (m<sup>2</sup>) 521.25 m<sup>2</sup>

$P = B + 2 \times Y \times 2^{0.5}$

P, perimetro (m) 213.07 m

R, Radio hidráulico (m) 2.45 m

Ks, coeficiente de rio 33.00 ▼ Tabla

### Metdo :LL. List Van Levediev

Hs(Profundidad de socavación)=  $T_s - t =$

$$ts = \left[ \frac{\alpha \times t^{5/3}}{0.68 \times Dm^{0.28} \times \beta} \right]^{\frac{1}{x+1}}$$

$$u = 1 - 0.387 \times \frac{Vm}{B}$$

$$\alpha = \frac{Q}{tm^{5/3} \times B \times u}$$

Datos

Dm= 13.290 mm

Coefficiente β para Socavación= 1.05 Tabla

x= interpolación 0.427

1/(x+1) Interpolación 0.75

**Tirante medio (tm)= 2.53**

Coefficiente de Contracción(μ)= 0.99

α= 2.18

**Ts 4.30**

**Hs=1.80 m**

## Anexo 4

### Diseño de estructuras

#### Enrocados

· Elaborar una propuesta de diseño con una estructura óptima y económica como defensa ribereña en el río Mantaro altura del Puente Comuneros Huancayo, margen izquierda.

#### DISEÑO DE ENROCADOS

##### Datos

Periodo de Retorno (Tr)= 500 años  
 Caudal maximo (Qmax)= 2095.27 m<sup>3</sup>/s  
 Amplitu-cauce (B) 206.00 m

##### 1. Profundidad media

$$H = 1.02 \times \left( \frac{(Q \times F_s)}{F_b^2} \right)^{1/3}$$

Fs= 0.10  
Fb= 1.20

**H= 5.36 Mts 5.50 mts**

##### 2. Profundidad de uña FS= 1.50

P uña= t-ts 1.80 mts Auña 2.70 mts  
 Puña\*1.50

##### 3. Altura de muro

HM= Y+BL 3.80 4.00 mts

##### 4. Calculo del Volumen de Roca

##### 4.1 Fuerza de Empuje

$$F = \frac{Dw \times Cd \times V^2 \times A}{2}$$

F= Fuerza de empuje

Dw= Densidad del agua (kg/m<sup>3</sup>)

Cd= Coeficiente de arrastre

A=Area de las caras de las particulas

V=Velocidad de flujo (m/s)

Dw 1000.00

Cd **0.65**

A 1.00

V 4.10

**F= 5475.71 Kg**

**Vroca= 3.65 m3**

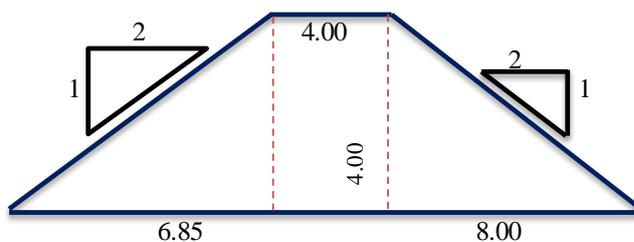
##### 5. Estabilidad del terreplan

Caracteristicas geometricas del dique a construir

Talud		
1	H	
2	V	Cara seca
2	H	
1	V	Cara humeda

5.1. Profundidad media 5.50 mts

5.2. Acnho de corona 4.00 mts Area= 45.70 m<sup>2</sup>



### 5.3. Fuerza resistente

$$FR = W \times tg\theta \quad P = P_w \times \frac{H^2}{2} \quad W = AREA \times \gamma_s = 77690. \text{ Kg}$$

$$\gamma_s = 1700.00 \text{ Kg/m}^3$$

R=fuerza resistente (Kg/m)

w=Peso terreen (Kg)

Φ=Angulo de fricción interna = 29.30 grados

Pw=Peso específico de agua (kg/m<sup>3</sup>) 1000 kg/m<sup>3</sup>

H=Tirante del agua (m) 2.50 m

**FR= 43597.59 Kg/m**

### 5.4 Presión de flujo

**P= 3125.00 Kg/m<sup>2</sup>**

**FR > P 13.95 OK!**

### 5.5 Determinación del diametro de la partícula del enrocado

V = 4.10

D<sub>50</sub> =

K = 1.20

Y<sub>R</sub> = 1700.00

Y<sub>W</sub> = 1000.00

$$V = K \times \left( \frac{2 \times g \times Dm \times (Y_r - Y_w)}{Y_w} \right)^{1/2}$$

**d<sub>50</sub> = 0.85**

**0.90 m**

### 5.6 Calculo del factor de estabilidad

$$Froca(d_{60}) = 0.56 \times \left( \frac{V^2}{2 \times g} \right) \times \left( \frac{1}{d_{50}} \right) \times \left( \frac{1}{\Delta} \right) \quad \Delta = \frac{Y_r - Y_w}{Y_w} = 0.700$$

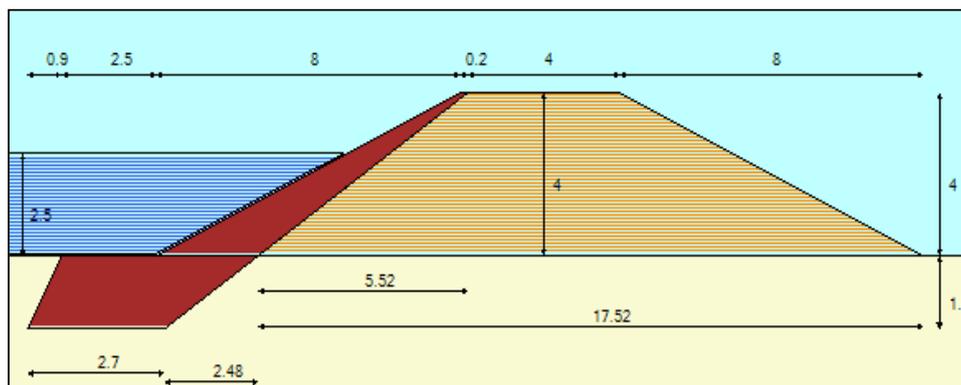
**Froca(d<sub>50</sub>) = 0.763 admin**

$\frac{\tau c}{t} = 1/n$  1.31 > 0.90

Demuestra que hay una mayor seguridad en la estabilidad de la roca

### 5.7 Peso de la piedra con d<sub>50</sub>

**W<sub>60</sub> = Δ × Y<sub>R</sub> × d<sub>60</sub><sup>3</sup> 867.51 Kg**



## Estructura de gaviones

· **Elaborar una propuesta de diseño con una estructura optima y económica como defensa ribereña en el rio Mantaro altura del Puente Comuneros Huancayo, margen izquierda.**

### DISEÑO DE GAVIONES

#### DATOS

γ <sub>s</sub> =Peso específico relleno	2.00	ton/m <sup>3</sup>
H= Altura libre de diseño	4.00	m
Φ=Angulo de fricción	<b>29.30</b>	°
Número de gaviones	12.00	und
γ <sub>g</sub> =Peso específico del gavión	1.12	Ton/m <sup>3</sup>
n=Porcentaje de vacios	0.70	
Q <sub>d</sub> =Capacidad portante	36.30	Ton/m <sup>2</sup>
γ <sub>s</sub> =Peso específico H <sub>2</sub> O	1.00	Ton/m <sup>3</sup>
H=Altura del tirante	2.50	m

### DIMENSIONAMIENTO

Profundidad de socavación(F)	1.8	m
H=	4.30	m
L = (1.5 a 2) × H <sub>s</sub>	4.0	m
B ≥ (0.5 a 0.7) × H	4.0	m
t=	0.3	m
c=	1.50	m

$$C_p = \frac{1 + \text{sen}(\phi)}{1 - \text{sen}(\phi)} = 2.92 \quad C_a = \frac{1 - \text{sen}(\phi)}{1 + \text{sen}(\phi)} = 0.34$$

$$1.1 \quad H_a = \frac{C_a \times \gamma_{\text{ter}} \times H^2}{2} =$$

6.34	<b>6.34</b>	<b>Ton</b>
------	-------------	------------

$$1.2 \quad M_a = \frac{H_a \times H_{\text{total}}}{3} =$$

9.09	<b>9.09</b>	<b>Ton.m</b>
------	-------------	--------------

$$1.3 \quad F_{\text{emp}} = \frac{K_p \times \gamma_{\text{ter}} \times H_{\text{emp}}^2}{2} = 9.12 \text{ Ton}$$

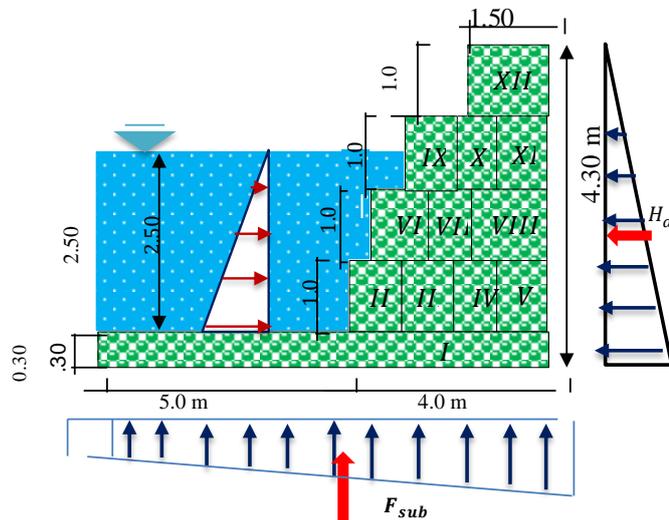
$$1.4 \quad M_{\text{emp}} = \frac{H_{\text{emp}} \times H_{\text{emp}}}{3} = 7.60$$

### 2. Calculo de los momentos resistentes

Fig.	Tipo	Area (m <sup>2</sup> )	Peso unitario (Ton/m <sup>3</sup> )	Peso Praecial	Brazo (m)	Momento (Ton.m)
II	Gavión	1.00	1.12	1.12	3.50	3.92
III	Gavión	1.00	1.12	1.12	2.50	2.80
IV	Gavión	1.00	1.12	1.12	1.50	1.68
V	Gavión	1.00	1.12	1.12	0.50	0.56
VI	Gavión	1.00	1.12	1.12	3.00	3.36
VII	Gavión	1.00	1.12	1.12	2.00	2.24
VIII	Gavión	1.50	1.12	1.68	0.75	1.26
IX	Gavión	1.00	1.12	1.12	2.50	2.80
X	Gavión	1.00	1.12	1.12	1.50	1.68
XI	Gavión	1.00	1.12	1.12	0.50	0.56
XII	Gavión	1.50	1.12	1.68	0.75	1.26
			<b>∑FR=</b>	<b>13.44</b>	<b>∑MR=</b>	<b>22.12</b>

$$MR_{\text{total}} = \sum MR + M_{\text{emp}} = 29.716 \text{ Tn.m}$$

$$FR_{\text{total}} = \sum FR \times \mu + F_{\text{emp}} = 16.51 \text{ Ton}$$



### 3. Verificaciones

$$FS_{\text{volteo}} = \frac{\sum Mr \text{ total}}{\sum Ma}$$

$$3.27 > 2. \quad \text{OK!}$$

$$FS_{\text{des}} = \frac{FR \text{ total}}{Ha}$$

$$2.60 > 2. \quad \text{OK!}$$

### 4. Verificación por capacidad

$$4.1 \quad d_{R-A} = \frac{\sum Mr \text{ total} - \sum Ma}{\sum FR} = .970 \text{ m}$$

$$4.2 \quad e = \frac{B}{2} - d_{R-A} < \frac{B}{6} = 1.03 \text{ m} < 1.5$$

OK! Cae dentro del tercio

$$4.3 \quad \sigma_1 = \frac{FR}{\text{Área}} + \frac{6 \times FR \times e}{b \times h^2} = 8.55 \text{ Tn/m}^2 < 36.3$$

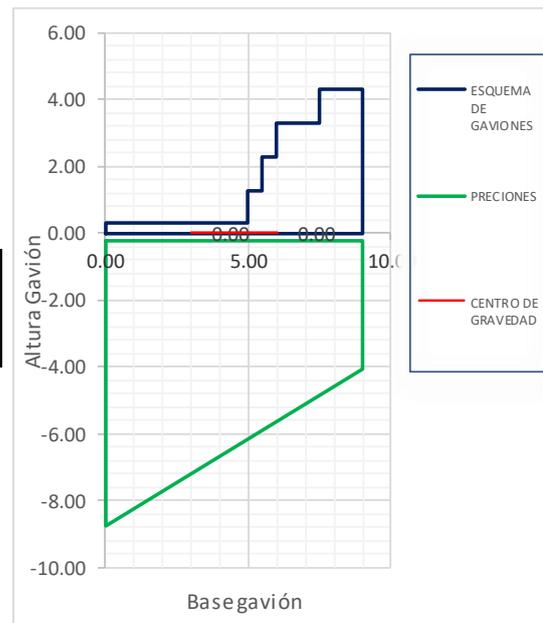
$$\text{OK!} \quad 4.3 \quad \sigma_2 = \frac{FR}{\text{Área}} - \frac{6 \times FR \times e}{b \times h^2} = 1.832 \text{ Tn/m}^2 < 36.3$$

### 5. Esquema de presiones

Resultante		Centro g	
x	y	x	y
1.03	0.00	2.00	0.00

Presiones		
P	x	y
1	0.00	-0.20
2	9.00	-0.20
3	9.00	-4.06
4	0.00	-8.75
5	0.00	-0.20

Para graficar muro			B/6	
P	X	Y	X	Y
1	0.00	0.00	3.00	0.00
2	9.00	0.00	6.00	0.00
3	9.00	4.30		
4	7.50	4.30		
5	7.50	3.30		
6	6.00	3.30		
7	6.00	2.30		
8	5.50	2.30		
9	5.50	2.30		
10	5.50	2.30		
11	5.50	1.30		
12	5.00	1.30		
13	5.00	0.30		
14	0.00	0.30		
15	0.00	0.00		



## Diseño de muro de gravedad

Elaborar una propuesta de diseño con una estructura óptima y económica como defensa ribereña en el río Mantaro altura del Puente Comuneros Huancayo, margen izquierda.

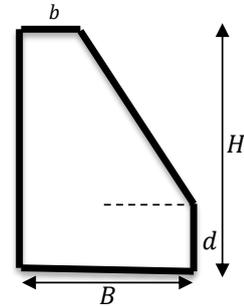
### ¡DISEÑO DE MURO DE CONTENCION -GRAVEDAD

HT= 4.00

#### DATOS

$\gamma_s$ =Peso específico r 1.80 ton/m<sup>3</sup>  
 H= Altura libre de dis 4.00 m  
 $\Phi$ =Angulo de fricción 29.30 °  
 $\gamma_s$ =Peso específico c 2.20 Ton/m<sup>3</sup>  
 Qd=Capacidad portar 36.30 Ton/m<sup>2</sup>  
 $\mu$ =Coeficiente de fric 0.55  
 $\gamma_s$ =Peso específicoH 1.00 Ton/m<sup>3</sup>  
 H=Altura del tirante 2.50 m

Pueden ser variables  
 $b = 0.40 \text{ ó } 0.30$   
 $B = 2.00 \text{ ó } 2.50$   
 $d = 0.48 \text{ ó } 1.20$



$$C_p = \frac{1 + \sin(\Phi)}{1 - \sin(\Phi)} = 2.92$$

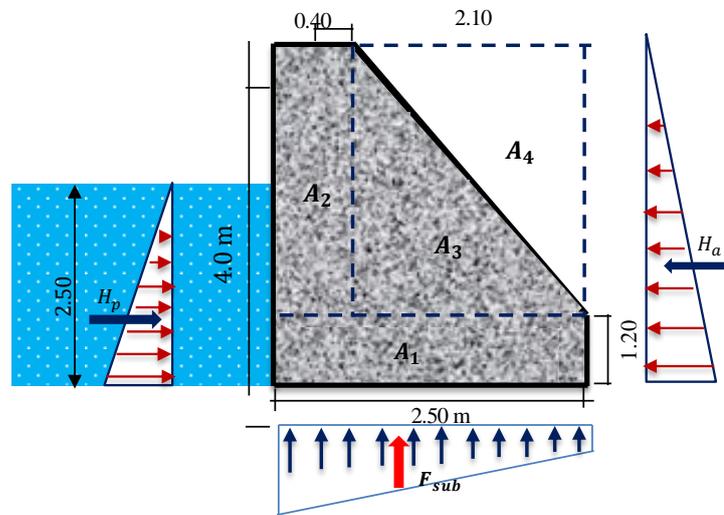
$$C_a = \frac{1 - \sin(\Phi)}{1 + \sin(\Phi)} = 0.34$$

$$1.1 \ H_a = \frac{C_a \times \gamma_{ter} \times H^2}{2} =$$

$$4.94 \text{ Ton} \quad 0.00$$

$$1.2 \ M_a = \frac{H_a \times H_{total}}{3} =$$

$$6.58 \text{ Ton.m}$$



$$1.3 \ F_{emp} = \frac{K_p \times \gamma_{ter} \times H_{emp}^2}{2} = 9.12 \text{ Ton}$$

$$1.4 \ M_{emp} = \frac{H_{emp} \times H_{emp}}{3} = 7.60 \text{ Ton.m}$$

### 2. Momentos y fuerzas resistentes

Elemt	Peso (ton)	Brazo(m)	Mr(Ton.m)
A1	6.60	1.250	8.25
A2	2.46	2.300	5.67
A3	6.47	1.867	12.07
A4	5.29	0.933	4.94
$\Sigma FR =$	<b>20.82</b>	$\Sigma Mr =$	<b>30.93</b>
$\Sigma FR \text{ total} =$	<b>20.57</b>	$\Sigma Mr \text{ total} =$	<b>38.53</b>

$$FR_{total} = \Sigma FR \times \mu + F_{emp} = 20.6 \text{ Ton}$$

$$MR_{total} = \Sigma Mr + M_{emp} = 38.526 \text{ Tn.m}$$

### 3. verificaciones

$$3.1 \ FS_{volteo} = \frac{\Sigma Mr \text{ total}}{\Sigma Ma} = \frac{38.53}{7.18} = 5.36 > 2. \quad \text{OK!}$$

$$3.2 \ FS_{deslizamiento} = \frac{FR \text{ total}}{H_a} = \frac{20.6}{4.94} = 4.17 > 2.00 \quad \text{OK!}$$

### 4. Por Capacidad

$$4.1 \ d_{R-A} = \frac{\Sigma Mr \text{ total} - \Sigma Ma}{\Sigma FR} = \frac{38.53 - 20.57}{20.57} = 1.18 \text{ m}$$

$$4.2 \ e = \frac{B}{2} - d_{R-A} < \frac{B}{6} = \frac{2.50}{2} - 1.18 = 0.07 < \frac{2.50}{6} \quad \text{OK!}$$

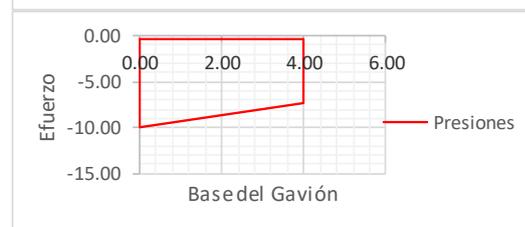
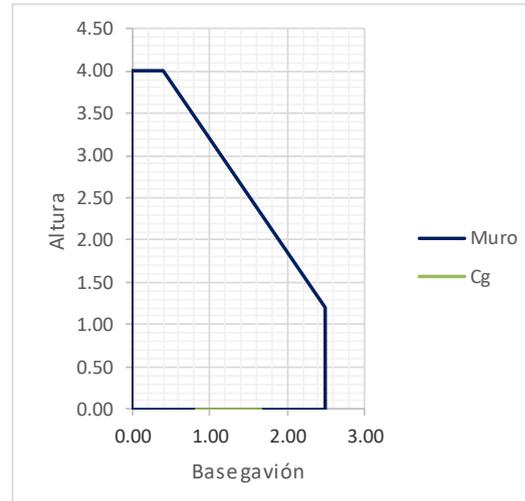
$$4.3 \quad \sigma_1 = \frac{FR}{\text{Área}} + \frac{6 \times FR \times e}{b \times h^2} = \frac{9.65 \text{ Tn/m}^2}{< 36.3 \text{ Tn/m}^2} \quad \text{OK!} \quad 4.3 \quad \sigma_2 = \frac{FR}{\text{Área}} - \frac{6 \times FR \times e}{b \times h^2} = \frac{7.0 \text{ Tn/m}^2}{< 36.3 \text{ Tn/m}^2} \quad \text{OK!}$$

### 5. Esquema de presiones

Resultante		Centro g		B/6	
x	y	x	y		
0.07	0.00	1.25	0.00	0.8	0.0
				1.7	0.0

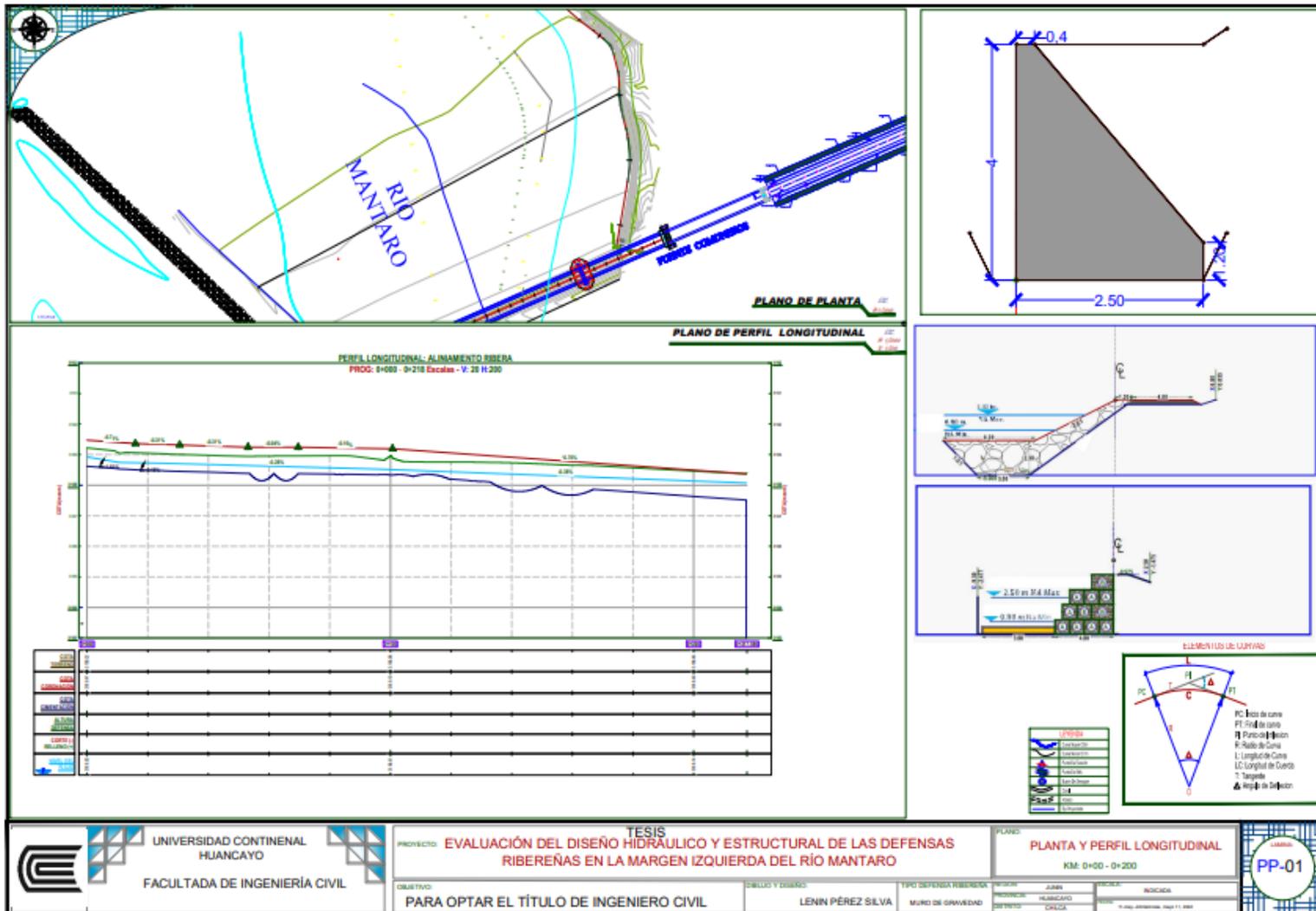
Presiones		
P	X	Y
1	0.00	-0.30
2	4.00	-0.30
3	4.00	-7.30
4	0.00	-9.95
5	0.00	-0.30

Para graficar el muro		
P	X	Y
1	0.00	0.00
2	0.00	4.00
3	0.40	4.00
4	2.50	1.20
5	2.50	0.00
6	0.00	0.00



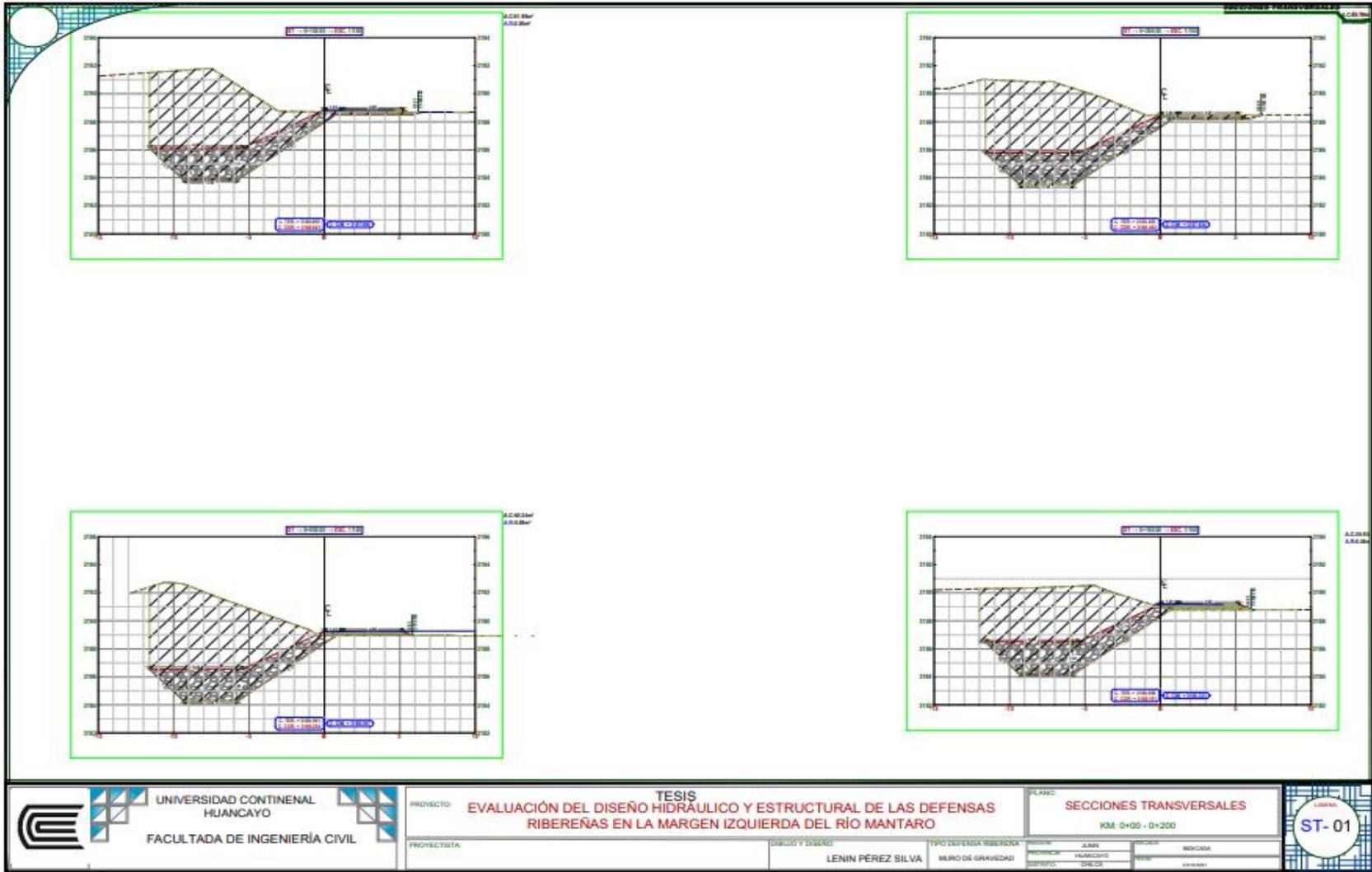
## Anexo 5

### Planos de planta, perfil y secciones



<p style="text-align: center; font-weight: bold;">UNIVERSIDAD CONTINENTAL HUANCAYO</p> <p style="text-align: center;">FACULTADA DE INGENIERÍA CIVIL</p>	<p style="font-weight: bold;">PROYECTO: EVALUACIÓN DEL DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DE LAS DEFENSAS RIBEREÑAS EN LA MARGEN IZQUIERDA DEL RÍO MANTARO</p>		<p style="font-weight: bold;">PLANO: PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL</p> <p style="font-weight: bold;">Kilómetro: 0+00 - 0+200</p>		<p style="font-weight: bold; border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 5px;">PP-01</p>
	<p>OBJETIVO: PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL</p>	<p>DISEÑO Y CÁLCULO: LENIN PÉREZ SILVA</p>	<p>TIPO DEFENSA RIBEREÑA: MURO DE GRAVEDAD</p>	<p>FECHA: ABRIL 2018</p> <p>PROYECTO: HUANCAYO</p> <p>DEPARTAMENTO: CUSCO</p>	






**UNIVERSIDAD CONTINENTAL HUANCAYO**  
 FACULTADA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROYECTO:** TESIS  
**EVALUACIÓN DEL DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DE LAS DEFENSAS RIBEREÑAS EN LA MARGEN IZQUIERDA DEL RÍO MANTARO**  
**PROYECTISTA:** LENIN PÉREZ SILVA

**PLANO:** SECCIONES TRANSVERSALES  
 KM. 0+00 - 0+200

**LIBRO:**  
**ST-01**

