

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



T E S I S

**Influencia de las defensas ribereñas en el nivel de vulnerabilidad de las
viviendas aledañas al río Huallaga en el Distrito de Huariaca, Pasco
2021**

**Para optar el título profesional de:
Ingeniero Civil**

Autor:

Bach. Paul Jordan CARHUAPOMA VEGA

Asesor:

Mg. Pedro YARASCA CORDOVA

Cerro de Pasco – Perú - 2023

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



T E S I S

**Influencia de las defensas ribereñas en el nivel de vulnerabilidad de las
viviendas aledañas al río Huallaga en el Distrito de Huariaca, Pasco
2021**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Luis Villar REQUIS CARBAJAL
PRESIDENTE

Mg. José Luis SOSA SANCHEZ
MIEMBRO

Ing. Miguel Ángel BASUALDO BERNUY
MIEMBRO

DEDICATORIA

Quiero expresar mi gratitud en esta tesis a las personas que han sido fundamentales en mi camino académico y personal:

En primer lugar, agradezco a Dios por su amor incondicional y constante guía durante mi trayecto académico, proporcionándome salud y fortaleza para alcanzar esta meta.

También, dedico un especial reconocimiento a mi madre, cuyo apoyo inquebrantable ha sido mi pilar en la realización de mis sueños a lo largo de toda mi vida. Su esfuerzo y dedicación han sido determinantes en mi progreso hasta llegar al punto en el que me encuentro hoy.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi agradecimiento a diversas instituciones y personas que han sido fundamentales en mi trayectoria académica y en la realización de este proyecto de tesis:

En primer lugar, agradezco a la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión por brindarme la oportunidad de ingresar a su comunidad académica y completar mis estudios.

Además, quiero expresar mi gratitud hacia mi asesor, el Ing. Pedro Yarasca Córdova, por su apoyo constante, sus respuestas a mis preguntas y sus valiosos aportes y recomendaciones durante todo el proceso de elaboración de esta tesis. Su guía fue fundamental para alcanzar los objetivos planteados.

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la influencia de las defensas ribereñas actuales en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al río Huallaga en distrito de Huariaca, Pasco 2022. Se trabajó bajo un enfoque cuantitativo de tipo aplicada de nivel descriptivo correlacional de diseño no experimental de corte transversal. De acuerdo a los hallazgos obtenidos, con respecto a las defensas ribereñas tipo muro de contención: el 56% está en buen estado, el 43% está en regular estado y 1% está en mal, con respecto a las defensas ribereñas tipo gavión: el 100% está en regular estado. En caso del nivel de vulnerabilidad de las viviendas: el 12 % se encuentra con un nivel de vulnerabilidad alta, el 58% con un nivel de vulnerabilidad moderada, el 30% con un nivel de vulnerabilidad baja. De acuerdo al grado de correlación de Spearman entre las variables se tiene que el coeficiente es igual a 0.221, lo cual indica una relación positiva baja, el estado de la defensa ribereña afecta de manera directa al nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al río Huallaga, Pasco 2022. De acuerdo al valor de Spearman también se infiere que el estado actual de las defensas ribereñas se encuentra por debajo del buen estado, lo cual viene reduciendo la protección de las viviendas, ante eventos de deslizamientos, incrementos de flujos, socavación, entre otros.

Palabras claves: Vulnerabilidad, gaviones y muros de contención

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the influence of the current riverside defenses on the level of vulnerability of the homes surrounding the Huallaga River in the district of Huariaca, Pasco 2022. We worked under a quantitative approach of applied type with a descriptive correlational level of non-design cross-sectional experimental. According to the findings obtained, with respect to the retaining wall type riverine defenses: 56% is in good condition, 43% is in fair condition and 1% is in poor condition, with respect to the gabion type riverine defenses: the 100% is in fair condition. In the case of the level of vulnerability of the homes: 12% have a high level of vulnerability, 58% have a moderate level of vulnerability, 30% have a low level of vulnerability. According to the degree of Spearman correlation between the variables, the coefficient is equal to 0.221, which indicates a low positive relationship. The state of the riverside defense directly affects the level of vulnerability of the homes surrounding the Huallaga River, Pasco 2022. According to the Spearman value, it is also inferred that the current state of the riverside defenses is below good condition, which has been reducing the protection of homes, in the event of landslides, increases in flows, scour, among others.

Keywords: Vulnerability, gabions and retaining walls.

INTRODUCCIÓN

Las defensas ribereñas juegan un papel crucial en la protección y seguridad de las viviendas ubicadas en zonas aledañas a los ríos. Estas estructuras son diseñadas para mitigar los riesgos asociados a las inundaciones y erosión, proporcionando una barrera física entre el cauce del río y las áreas urbanas y rurales circundantes. La implementación adecuada de estas defensas se ha convertido en una prioridad para las comunidades que enfrentan constantes amenazas de inundaciones y eventos climáticos extremos (Alvarado y Gómez, 2020).

La implementación de estas defensas ha evolucionado a lo largo del tiempo, pasando de soluciones tradicionales a enfoques más sofisticados y adaptativos. Inicialmente, se construían diques y muros de contención con materiales locales, pero con el avance tecnológico y la comprensión de la dinámica fluvial, se han desarrollado técnicas más efectivas y sostenibles (Arévalo y Cárdenas, 2019). Asimismo, en la actualidad, el diseño y la construcción de defensas ribereñas se basan en estudios hidrológicos y geotécnicos que consideran las características específicas del río y la topografía del terreno. Además, se incorpora una perspectiva de gestión integrada de recursos hídricos y adaptación al cambio climático para garantizar su eficacia a largo plazo.

Al respecto, la región de Pasco ha instalado marcos laterales de aseguramiento o protecciones ribereñas como gaviones y muros de protección a orillas del río Huallaga, debido a las inundaciones que se produjeron tiempo atrás, sin embargo, con el paso del tiempo estos diseños se han ido descuidando. Las principales causas incluyen la falta de recursos para el mantenimiento, la falta de conciencia sobre su importancia, problemas de coordinación entre actores involucrados, el desgaste natural y envejecimiento de las

estructuras (Bernal y Sánchez, 2018). Lamentablemente, el descuido de las defensas ribereñas es una problemática seria y preocupante que afecta a muchas comunidades en zonas cercanas a ríos y cuerpos de agua. Esta situación ocurre cuando las estructuras de protección contra inundaciones y erosión no reciben el mantenimiento y cuidado adecuados a lo largo del tiempo, lo que resulta en su deterioro y disminución de su eficacia de protección.

Adicionalmente, el impacto de las refinerías tales como “La Pampilla” y asentamientos humanos como el de “Víctor Haya De La Torre” influyen en la socavación e inundación pudiendo ser significativo y tener consecuencias graves para el medio ambiente y las comunidades cercanas. En primer lugar, la socavación es el proceso de erosión del lecho del río, puede ser exacerbada por la presencia de refinerías y asentamientos humanos. La modificación del flujo del río mediante la construcción de diques y puentes puede aumentar la velocidad del agua, llevando a una mayor erosión del lecho. La deforestación y urbanización en áreas ribereñas pueden reducir la vegetación protectora que estabiliza el suelo, facilitando así la socavación del lecho del río. Además, la extracción de recursos como arena y grava para la construcción puede debilitar aún más el lecho del río, incrementando su susceptibilidad a la socavación (Cáceres y Paredes, 2020).

Por otro lado, la construcción de refinerías y asentamientos humanos puede agravar el riesgo de inundaciones. La obstrucción del flujo natural del agua debido a estructuras construidas en el cauce del río, como represas, puentes y edificios, puede elevar el nivel del agua y provocar inundaciones aguas arriba en momentos de precipitaciones intensas o crecidas repentinas. Además, el cambio en el uso del suelo, como la pavimentación de áreas antes permeables, reduce la capacidad del suelo para absorber el agua, lo que

aumenta el escurrimiento superficial hacia los ríos y, en consecuencia, el riesgo de inundaciones (Campos y López, 2021).

El incremento demográfico de la población en la localidad de Huariaca, causó que las viviendas sean edificadas sobre el borde del río Huallaga, zona caracterizada como vulnerable ante eventos de crecidas de las máximas avenidas; como prevención se instalaron estructuras de protección como gaviones y muros de contención, lo cual permitió reducir la vulnerabilidad de las viviendas aledañas. Esta relación entre las defensas ribereñas y la vulnerabilidad de las viviendas, fue de interés de caracterización numérica en una escala determinada por diversos factores, con el objetivo de determinar la relación actual que existe entre la vulnerabilidad de las viviendas y las obras de protección.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	3
1.3. Formulación del problema	4
1.3.1. Problema general.....	4
1.3.2. Problemas específicos	5
1.4. Formulación de objetivos.....	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos	5
1.5. Justificación de investigación	5
1.5.1. Justificación Social.....	6
1.5.2. Justificación Teórica	6
1.5.3. Justificación práctica	6
1.5.4. Justificación legal.....	7
1.6. Limitaciones de la investigación.....	7
1.6.1. Limitaciones de orden geográfico	7
1.6.2. Limitaciones del estudio	7

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio	9
2.2. Bases teóricas - científicas	15
1.2.1. Morfología Fluvial	15
1.2.2. Parámetros geotécnicos	21
1.2.3. Análisis mecánico de suelo	22
1.2.4. Capacidad portante del suelo	24
1.2.5. Corte directo	26
1.2.6. Parámetros de hidrología.....	28
1.2.7. Gaviones.....	47
1.2.8. Muros de contención	64
1.2.9. Estabilidad y protección (muros y gaviones)	72
1.2.10. Softwares de Diseño.....	77
1.2.11. Dimensiones	79
2.3. Definición de términos básicos	108
2.4. Formulación de Hipótesis	111
2.4.1. Hipótesis general	111
2.4.2. Hipótesis Específicas	111
2.5. Identificación de Variables	112
2.6. Definición Operacional de variables e indicadores.....	113

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación.....	114
3.2. Nivel de investigación.....	114
3.3. Métodos de la investigación.....	115
3.4. Diseño de la investigación	115
3.5. Población y muestra	116
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	119

3.6.1. Instrumento de recolección de datos	120
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	121
3.7.1. Selección	121
3.7.2. Validación	122
3.7.3. Confiabilidad.....	123
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	125
3.9. Tratamiento estadístico	126
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica	127
3.10.1. Orientación ética	127
3.10.2. Orientación filosófica.....	128
3.10.3. Orientación epistémica.....	128

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	130
4.1.1. Ubicación de la muestra	130
4.1.2. Trabajo de campo	131
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	133
4.3. Prueba de Hipótesis.....	141
4.3.1. Prueba de hipótesis general	142
4.3.2. Prueba de hipótesis específica 1	143
4.3.3. Prueba de hipótesis específica 2.....	145
4.4. Discusión de resultados.....	146

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores de capacidad portante por Terzaghi	26
Tabla 2. Pesos específicos y ángulos de fricción de algunos suelos	28
Tabla 3. Parámetros Geomorfológicos	30
Tabla 4. Parámetros de la cuenca	31
Tabla 5. Caudales máximos de diseño en el rio Huallaga	33
Tabla 6. Valores Ks para el cauce	38
Tabla 7. Coeficiente ϕ en función de la máxima descarga.....	40
Tabla 8. Dimensiones del gavión tipo caja.....	51
Tabla 9 Dimensiones del gavión tipo colchón reno	54
Tabla 10 Tipos de vivienda	82
Tabla 11. Rangos de cercanía al cauce	84
Tabla 12. Rangos para diferencias de cotas.....	86
Tabla 13 Calibres de Acero utilizados.....	100
Tabla 14 Valores de las dimensiones de gaviones	102
Tabla 15 Operacionalización de variables.....	113
Tabla 16 Magnitudes y rangos de validez	122
Tabla 17 Valores y criterios de confiabilidad.....	124
Tabla 18. Confiabilidad de la variable de defensas ribereñas	124
Tabla 19. Confiabilidad de la variable vulnerabilidad de viviendas.	125
Tabla 20. Ubicación de la zona de estudio	131
Tabla 21 Estado actual de las defensas ribereñas tipo gavión en el margen derecho del rio Huallaga, Pasco 2022.....	133
Tabla 22 Nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas a las defensas ribereñas tipo gavión en el margen derecho del rio Huallaga, Pasco 2022.....	134

Tabla 23 Estado actual de las defensas ribereñas tipo gavión en el margen izquierdo del río Huallaga, Pasco 2022.....	135
Tabla 24 Nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas a las defensas ribereñas tipo gavión en el margen izquierdo del río Huallaga, Pasco 2022.	136
Tabla 25 Estado actual de las defensas ribereñas tipo muro de contención en el margen derecho del río Huallaga, Pasco 2022.	137
Tabla 26 Nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas a las defensas ribereñas tipo muro de contención en el margen derecho del río Huallaga, Pasco 2022.	138
Tabla 27 Estado actual de las defensas ribereñas tipo muro de contención en el margen izquierdo del río Huallaga, Pasco 2022.....	139
Tabla 28 Nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas a las defensas ribereñas tipo muro de contención en el margen izquierdo del río Huallaga, Pasco 2022	140
Tabla 29 Interpretación del coeficiente de Spearman	141
Tabla 30 Correlación entre la vulnerabilidad de las viviendas aledañas a las defensas ribereñas del río Huallaga, Pasco 2022	142
Tabla 31 Correlación entre la vulnerabilidad de las viviendas aledañas a las defensas ribereñas tipo gavión en el río Huallaga, Pasco 2022.	144
Tabla 32 Correlación entre la vulnerabilidad de las viviendas aledañas a las defensas ribereñas tipo muro de contención en el río Huallaga, Pasco 2022.....	145
Tabla 34. Matriz de consistencia de la investigación.	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Ubicación del lugar de Investigación en Huariaca	4
Figura N° 2. Clasificación tradicional de ríos	21
Figura N° 3. Granulometría del Rio Huallaga.....	24
Figura N° 4. Cauce con proceso de socavación	45
Figura N° 5. Representación básica de un muro gavión	49
Figura N° 6. Gavión tipo caja.....	51
Figura N° 7 Gavión tipo colchón reno	53
Figura N° 8. Ábaco para el peso específico del gavión.....	63
Figura N° 9. Tipos de muros	65
Figura N° 10 Presión lateral en un muro en voladizo	68
Figura N° 11 Presión lateral en un muro de gravedad.....	68
Figura N° 12 Falla cortante por asentamiento	70
Figura N° 13 Fallas de un muro de retención.....	70
Figura N° 14 Tipos de rotura de muros de gaviones.....	75
Figura N° 15 Diferentes análisis del programa Geo5.....	79
Figura N° 16 Diferencias de cotas y proceso de infiltración.....	86
Figura N° 17 Sección típica de la estructura de protección ribereña	98
Figura N° 18 Angulo de inclinación.....	106
Figura N° 19 Muro sobre talud.....	107
Figura N° 20 Muros de Tierra Armada.	108
Figura N° 21. Tramos en estudio.....	118
Figura N° 22 Ubicación de la zona de estudio	130
Figura N° 23 Representación gráfica del estado actual de las defensas ribereñas tipo gavión en el margen derecho del rio Huallaga, Pasco 2022.....	133

Figura N° 24 Representación gráfica del nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas a las defensas ribereñas tipo gavión en el margen derecho del rio Huallaga, Pasco 2022.....	134
Figura N° 25. Representación gráfica del estado actual de las defensas ribereñas tipo gavión en el margen derecho del rio Huallaga, Pasco 2022.....	135
Figura N° 26 Representación gráfica del nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas a las defensas ribereñas tipo gavión en el margen izquierdo del rio Huallaga, Pasco 2022.	136
Figura N° 27 Representación gráfica del estado actual de las defensas ribereñas tipo muro de contención en el margen derecho del rio Huallaga, Pasco 2022.	137
Figura N° 28 Representación gráfica del nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas a las defensas ribereñas tipo muro de contención en el margen derecho del rio Huallaga, Pasco 2022.....	138
Figura N° 29 Representación gráfica del estado actual de las defensas ribereñas tipo muro de contención en el margen izquierdo del rio Huallaga, Pasco 2022.	139
Figura N° 30 Representación gráfica del nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas a las defensas ribereñas tipo muro de contención en el margen izquierdo del rio Huallaga, Pasco 2022.....	140

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación y determinación del problema

Las inundaciones en el Perú representan una problemática recurrente y compleja que afecta diversas regiones del país. La geografía diversa y la variabilidad climática hacen que el territorio peruano sea especialmente vulnerable a eventos de crecidas repentinas y desbordamientos de ríos durante la temporada de lluvias intensas, así como en periodos asociados al fenómeno del Niño. La combinación de factores como la deforestación, el cambio de uso de suelo y la falta de infraestructura adecuada de drenaje agravan la situación, causando daños materiales, pérdida de vidas humanas y afectando la seguridad alimentaria y la salud pública (Carrión y Zambrano, 2019).

Asimismo, durante la temporada de lluvias, especialmente entre diciembre y abril, el país experimenta fuertes aguaceros que pueden desencadenar inundaciones devastadoras. Estos episodios pluviales afectan tanto a zonas urbanas como rurales, con consecuencias devastadoras para las comunidades locales. Las causas de las inundaciones en el Perú son múltiples (Castillo y Ramírez, 2018).

Entre ellas, se destaca la deforestación y el cambio de uso del suelo que disminuyen la capacidad de absorción del suelo y aumentan el escurrimiento superficial. Además, la falta de planificación adecuada y mantenimiento de la infraestructura de drenaje en áreas urbanas agrava los efectos de las inundaciones urbanas.

Uno de los factores más preocupantes es el fenómeno del Niño, un evento climático periódico caracterizado por el calentamiento inusual de las aguas del Pacífico, que puede generar lluvias intensas y prolongadas en el país. Durante los episodios del Niño, las inundaciones se vuelven aún más frecuentes y severas.

Las consecuencias de las inundaciones son devastadoras. Pérdida de vidas humanas, daños materiales en viviendas, infraestructura y cultivos, y la interrupción de servicios básicos son algunas de las secuelas más graves. Las inundaciones también pueden propagar enfermedades transmitidas por el agua, afectar la seguridad alimentaria y dejar a las comunidades en una situación de vulnerabilidad a largo plazo.

Por último, es importante recalcar que la región de revisión se encuentra básicamente en la cuenca central de la vía fluvial Huallaga en el valle interandino donde ocurrió la peculiaridad de la desintegración fluvial 2016/2017. Es más, Chávez y Sotomayor (2020) muestra que “la inundación se percibe como aquella ocasión en que, debido a la precipitación, las olas, las inundaciones por tormentas o la decepción de alguna estructura impulsada por la presión, provoca una expansión en el nivel de la superficie libre del agua de la corriente” (p. 15).

Las viviendas aledañas al río Huallaga que atraviesa la localidad de Huariaca, se encuentran vulnerables ante cuestiones como; las inundaciones, desbordamientos, crecidas repentinas, a consecuencia de la deforestación colindante, las ubicaciones de las viviendas, el tipo de material empleado en la

construcción de las viviendas. Con el objetivo de proteger las viviendas se instalaron defensas ribereñas como muros de contención y gaviones, que actualmente se encuentran deteriorados, ya sea por el flujo del río, falta de mantenimiento, entre otros factores; lo cual reduce la protección de las viviendas e incrementa la vulnerabilidad de las mismas ante los eventos mencionados. A través de la presente investigación se va a generar un marco comparable entre las variables del estado de las defensas ribereñas y la vulnerabilidad de las viviendas, considerando factores determinados.

1.2. Delimitación de la investigación

La ubicación geográfica:

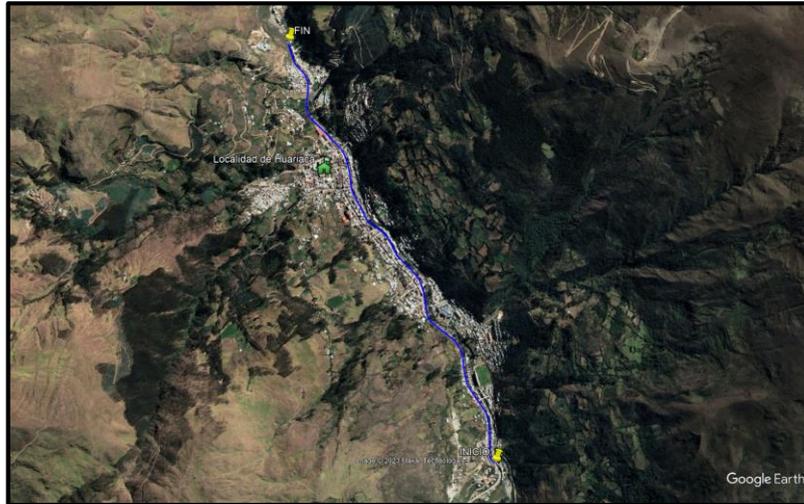
- Inicio: 370989 E 8843922 N
- Fin: 369482 E 8846191 N

La ubicación política de la presente investigación es:

- Región: Pasco,
- Provincia: Pasco
- Distrito: Huariaca
- Localidad: Huariaca
- Altitud: 2994 m.s.n.m.

Figura N° 1

Ubicación del lugar de Investigación en Huariaca



Nota. Google Earth

La presente tesis se desarrolló los meses de Mayo, Junio, y Julio del 2022, periodos donde se recolecto la información a través de los instrumentos.

La longitud del rio tomado en consideración para la recolección de información fue de 2.84 Km. Partiendo de las coordenadas indicadas líneas arriba.

El presente trabajo se encuentra ejecutable debido que existe problemas emergentes en el entorno del rio Huallaga, dentro del área de investigación, está al alcance del investigador, la limitación no existe se culminara en el tiempo programado

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

- ¿En qué medida las defensas ribereñas actuales influyen en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al rio Huallaga en el distrito de Huariaca, Pasco 2022?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿En qué medida influye la defensa ribereña actual de tipo gavión en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al río Huallaga en distrito de Huariaca, Pasco 2022?
- ¿En qué medida influye la defensa ribereña actual de tipo muro de contención en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al río Huallaga en Distrito de Huariaca, Pasco 2022?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Determinar la influencia de las defensas ribereñas actuales en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al río Huallaga en el Distrito de Huariaca, Pasco 2022.

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar la influencia de la defensa ribereña actual de tipo gavión en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al río Huallaga en el Distrito de Huariaca, Pasco 2022.
- Evaluar la influencia de la defensa ribereña actual de tipo muro de contención en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al río Huallaga en el Distrito de Huariaca, Pasco 2022.

1.5. Justificación de investigación

El tema de "Influencia de las Defensas Ribereñas en el Nivel de Vulnerabilidad de las Viviendas Aledañas al río Huallaga en el Distrito de Huariaca, Pasco 2021" es de vital importancia debido a su relevancia en distintos ámbitos: social, teórico, práctico y legal. A continuación, se detallan las justificaciones para cada uno de estos aspectos:

1.5.1. Justificación Social

La vulnerabilidad de las viviendas aledañas al río Huallaga en el Distrito de Huariaca afecta directamente a la calidad de vida y la seguridad de las personas que residen en esta área. Las inundaciones y la erosión causadas por la falta de defensas ribereñas adecuadas pueden poner en riesgo sus hogares y bienestar (Gómez y Rojas, 2019). Al realizar un estudio sobre la influencia de estas defensas, se busca brindar información crucial para mejorar la protección de la población ante eventos climáticos extremos y minimizar los riesgos asociados a las crecidas del río.

1.5.2. Justificación Teórica

Este tema presenta un interés teórico significativo, ya que el estudio se enfoca en analizar las relaciones y dinámicas entre las defensas ribereñas y el nivel de vulnerabilidad de las viviendas. La investigación proporciona nuevos conocimientos sobre cómo estas estructuras impactan en la protección de las comunidades ribereñas y cómo se puede optimizar su diseño y mantenimiento para mejorar su eficacia (González y Pérez, 2018).

1.5.3. Justificación práctica

El estudio tiene una relevancia práctica inmediata para la toma de decisiones en el ámbito de la gestión del riesgo de desastres y la planificación territorial. Los resultados del análisis podrían ser utilizados por las autoridades locales y regionales para implementar políticas y medidas específicas para fortalecer las defensas ribereñas, proteger las viviendas y reducir la vulnerabilidad de la población frente a futuros eventos hidrometeorológicos (Herrera y Vásquez, 2020).

1.5.4. Justificación legal

El tema también tiene implicaciones legales importantes, ya que se relaciona con la normativa y regulaciones en torno a la protección del medio ambiente y la gestión de riesgos de desastres. El estudio proporciona información valiosa para evaluar la adecuación de las actuales defensas ribereñas en relación con las normas establecidas y permitirá identificar posibles ajustes o mejoras necesarias para cumplir con los estándares legales y garantizar la seguridad de las comunidades (López y García, 2020). En concordancia con la Declaración Reglamento N° 17752 "Reglamento General de Aguas" y su norma reconocida por Pronunciamiento Preeminente N° 929-73. El Título VI del Reglamento General de Aguas que determina los estatutos "De las Propiedades Mínimas", por el cual ordena las propiedades provinciales ribereñas de arroyos (cauces), pantanos, bayous, bahías, lagos, arroyos, pozas, golfos o directamente con el océano peruano mediante Pronunciamiento Preeminente No. 12-94, se anuncian zonas distantes las riberas, cauces de ríos y segmentos mínimos de arroyos, cursos de agua, pozas de marea y lagos.

1.6. Limitaciones de la investigación

1.6.1. Limitaciones de orden geográfico

La presente investigación se limita a las viviendas aledañas al río Huallaga, iniciando en las coordenadas 370989 E 8843922 N y terminando en las coordenadas 369482 E 8846191 N.

1.6.2. Limitaciones del estudio

La investigación se limita a:

- Se limitarán a las defensas ribereñas tipo muro de contención y gaviones que colinden de manera directa con viviendas, ya sea de manera directa y/o como parte del perímetro del terreno.
- La limitación en el tiempo para la recolección de datos y procesamiento de los mismos será los meses de mayo, junio y julio del 2022.
- No se incluirán viviendas que no cuenten con defensa ribereña, a pesar de que compartan el perímetro con el río.
- No se incluirán las defensas ribereñas diferentes a los muros de contención y gaviones.
- No se incluirán muros o gaviones que no compartan el perímetro de río Huallaga con viviendas.
- En la recolección de datos, no se incluirán edificaciones diferentes a viviendas, ya sea hospitales, estadio, entre otros similares.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

El estudio realizado por García et al. (2019) titulado “Vulnerabilidad de las viviendas frente a las inundaciones en el municipio de Cúcuta, Colombia” tuvo como objetivo evaluar la vulnerabilidad de las viviendas frente a las inundaciones en el municipio de Cúcuta, Colombia, mediante el uso de un índice compuesto basado en indicadores físicos, sociales y económicos. La metodología empleada consistió en la aplicación de una encuesta a una muestra de 384 hogares ubicados en zonas de riesgo, la construcción del índice de vulnerabilidad y el análisis espacial mediante un sistema de información geográfica. Los resultados mostraron que el 51% de las viviendas presentaban un nivel alto o muy alto de vulnerabilidad, siendo los factores más determinantes la calidad de la construcción, la capacidad de respuesta y la exposición al peligro. Las conclusiones destacaron la necesidad de implementar medidas de prevención, mitigación y adaptación que reduzcan la vulnerabilidad de las viviendas y aumenten su resiliencia ante las inundaciones.

Asimismo, el trabajo realizado por Molina et al. (2018) nombrado “Análisis multicriterio de la vulnerabilidad social y física de las viviendas frente a las inundaciones en el municipio de San Cristóbal, Venezuela” tuvo como objetivo analizar la vulnerabilidad social y física de las viviendas frente a las inundaciones en el municipio de San Cristóbal, Venezuela, mediante el uso de un modelo multicriterio basado en el método Analytic Hierarchy Process (AHP). La metodología empleada consistió en la identificación y ponderación de los criterios e indicadores de vulnerabilidad, la aplicación de una encuesta a una muestra de 300 hogares ubicados en zonas inundables y el cálculo del índice de vulnerabilidad para cada vivienda. Los resultados mostraron que el 60% de las viviendas presentaban un nivel medio o alto de vulnerabilidad, siendo los factores más influyentes la ubicación, el tipo y el estado de la vivienda, el nivel educativo, el ingreso y la tenencia de la tierra. Las conclusiones resaltaron la importancia de incorporar la dimensión social en el análisis de la vulnerabilidad y de diseñar políticas públicas que mejoren las condiciones de vida y habitabilidad de las poblaciones afectadas por las inundaciones.

El artículo realizado por Santos et al. (2017) llamado “Evaluación de la vulnerabilidad física y socioeconómica de las viviendas frente a las inundaciones en el municipio de São Luís, Brasil, mediante el método de Lógica difusa” tuvo como objetivo evaluar la vulnerabilidad física y socioeconómica de las viviendas frente a las inundaciones en el municipio de São Luís, Brasil, mediante el uso de un modelo basado en el método de Lógica difusa. La metodología empleada consistió en la selección y normalización de los indicadores de vulnerabilidad, la definición de las funciones de pertenencia y las reglas lógicas, la aplicación de una encuesta a una muestra de 400 hogares ubicados en zonas propensas a inundarse y

el cálculo del índice de vulnerabilidad para cada vivienda. Los resultados mostraron que el 43% de las viviendas presentaban un nivel alto o muy alto de vulnerabilidad, siendo los factores más relevantes la exposición al peligro, la calidad estructural, el acceso a servicios básicos, el nivel educativo y la ocupación laboral. Las conclusiones enfatizaron la utilidad del método de Lógica difusa para modelar la incertidumbre y la complejidad inherentes al fenómeno de la vulnerabilidad.

Por otra parte, el estudio realizado por Chen et al. (2016) “Estimación de la vulnerabilidad económica y social de las viviendas frente a las inundaciones en el condado de Harris, Estados Unidos, mediante el método Proceso de redes analíticas” tuvo como objetivo estimar la vulnerabilidad económica y social de las viviendas frente a las inundaciones en el condado de Harris, Estados Unidos, mediante el uso de un modelo basado en el método Proceso de redes analíticas (ANP). La metodología empleada consistió en la identificación y jerarquización de los criterios e indicadores de vulnerabilidad, la asignación de pesos mediante un cuestionario aplicado a expertos, la obtención y procesamiento de datos secundarios sobre las características socioeconómicas y demográficas de las viviendas y el cálculo del índice de vulnerabilidad para cada unidad censal. Los resultados mostraron que el 21% de las unidades censales presentaban un nivel alto o muy alto de vulnerabilidad, siendo los factores más significativos el valor y el tipo de propiedad, el ingreso familiar, el nivel educativo y la edad. Las conclusiones resaltaron la ventaja del método ANP para capturar las interrelaciones entre los criterios e indicadores de vulnerabilidad y para incorporar la opinión de los expertos en el proceso de evaluación.

El trabajo realizado por Mondal et al. (2015) nombrado “Medición de la vulnerabilidad física y social de las viviendas frente a las inundaciones en el distrito de Birbhum, India, mediante el método Técnica de orden de preferencia por similitud con la solución ideal” tuvo como objetivo medir la vulnerabilidad física y social de las viviendas frente a las inundaciones en el distrito de Birbhum, India, mediante el uso de un modelo basado en el método Técnica de orden de preferencia por similitud con la solución ideal (TOPSIS). La metodología empleada consistió en la selección y normalización de los indicadores de vulnerabilidad, la asignación de pesos mediante el método TOPSIS, la aplicación de una encuesta a una muestra de 384 hogares ubicados en zonas inundables y el cálculo del índice de vulnerabilidad para cada vivienda. Los resultados mostraron que el 54% de las viviendas presentaban un nivel alto o muy alto de vulnerabilidad, siendo los factores más determinantes la exposición al peligro, el material y el diseño de la construcción, el acceso a servicios básicos, el nivel educativo y la ocupación laboral. Las conclusiones destacaron la eficacia del método TOPSIS para clasificar las viviendas según su grado de vulnerabilidad y para identificar las áreas prioritarias para la intervención.

Nacionalmente, se tiene la investigación realizada por Gonzales et al. (2020) titulada “Evaluación de la vulnerabilidad física y social de las viviendas frente a las inundaciones en el distrito de San Juan Bautista, Loreto”, la cual tuvo como objetivo evaluar la vulnerabilidad física y social de las viviendas frente a las inundaciones en el distrito de San Juan Bautista, Loreto, mediante el uso de un índice compuesto basado en indicadores ambientales, estructurales y socioeconómicos. La metodología empleada consistió en la aplicación de una encuesta a una muestra de 200 hogares ubicados en zonas de riesgo, la construcción

del índice de vulnerabilidad y el análisis espacial mediante un sistema de información geográfica. Los resultados mostraron que el 62% de las viviendas presentaban un nivel alto o muy alto de vulnerabilidad, siendo los factores más influyentes la ubicación, el material y el estado de la vivienda, el acceso a servicios básicos, el nivel educativo y el ingreso familiar. Las conclusiones resaltaron la importancia de implementar medidas de prevención, mitigación y adaptación que reduzcan la vulnerabilidad de las viviendas y aumenten su resiliencia ante las inundaciones.

Además, en el trabajo realizado por Carrasco et al. (2019), nombrado “Análisis multicriterio de la vulnerabilidad física y socioeconómica de las viviendas frente a las inundaciones en el distrito de Huanchaco, La Libertad” tuvo como objetivo analizar la vulnerabilidad física y socioeconómica de las viviendas frente a las inundaciones en el distrito de Huanchaco, La Libertad, mediante el uso de un modelo multicriterio basado en el método Proceso de jerarquía analítica (AHP). La metodología empleada consistió en la identificación y ponderación de los criterios e indicadores de vulnerabilidad, la aplicación de una encuesta a una muestra de 300 hogares ubicados en zonas inundables y el cálculo del índice de vulnerabilidad para cada vivienda. Los resultados mostraron que el 58% de las viviendas presentaban un nivel medio o alto de vulnerabilidad, siendo los factores más relevantes la exposición al peligro, la calidad estructural, el acceso a servicios básicos, el nivel educativo y la ocupación laboral. Las conclusiones enfatizaron la importancia de incorporar la dimensión social en el análisis de la vulnerabilidad y de diseñar políticas públicas que mejoren las condiciones de vida y habitabilidad de las poblaciones afectadas por las inundaciones.

El artículo realizado por Pérez et al. (2018) “Estimación de la vulnerabilidad económica y social de las viviendas frente a las inundaciones en el distrito de San Juan Lurigancho, Lima, mediante el método Lógica difusa” tuvo como objetivo estimar la vulnerabilidad económica y social de las viviendas frente a las inundaciones en el distrito de San Juan Lurigancho, Lima, mediante el uso de un modelo basado en el método Lógica difusa. La metodología empleada consistió en la selección y normalización de los indicadores de vulnerabilidad, la definición de las funciones de pertenencia y las reglas lógicas, la aplicación de una encuesta a una muestra de 400 hogares ubicados en zonas propensas a inundarse y el cálculo del índice de vulnerabilidad para cada vivienda. Los resultados mostraron que el 48% de las viviendas presentaban un nivel alto o muy alto de vulnerabilidad, siendo los factores más determinantes la exposición al peligro, la calidad estructural, el acceso a servicios básicos, el nivel educativo y la ocupación laboral. Las conclusiones enfatizaron la utilidad del método Lógica difusa para modelar la incertidumbre y la complejidad inherentes al fenómeno de la vulnerabilidad.

Por otra parte, el estudio realizado por Ramírez et al. (2017) tuvo como objetivo medir la vulnerabilidad física y social de las viviendas frente a las inundaciones en el distrito de Chosica, Lima, mediante el uso de un modelo basado en el método Técnica de orden de preferencia por similitud con la solución ideal (TOPSIS). La metodología empleada consistió en la selección y normalización de los indicadores de vulnerabilidad, la asignación de pesos mediante el método TOPSIS, la aplicación de una encuesta a una muestra de 384 hogares ubicados en zonas inundables y el cálculo del índice de vulnerabilidad para cada vivienda. Los resultados mostraron que el 52% de las viviendas presentaban un nivel alto o muy alto de vulnerabilidad, siendo los factores más influyentes la exposición al peligro,

el material y el diseño de la construcción, el acceso a servicios básicos, el nivel educativo y la ocupación laboral. Las conclusiones destacaron la eficacia del método TOPSIS para clasificar las viviendas según su grado de vulnerabilidad y para identificar las áreas prioritarias para la intervención.

Por último, dentro del estudio titulado “Estimación de la vulnerabilidad física y económica de las viviendas frente a las inundaciones en el distrito de Huánuco, Huánuco, mediante el método Proceso de redes analíticas” realizado por Quispe et al. (2016) tuvo como objetivo estimar la vulnerabilidad física y económica de las viviendas frente a las inundaciones en el distrito de Huánuco, Huánuco, mediante el uso de un modelo basado en el método Proceso de redes analíticas (ANP). La metodología empleada consistió en la identificación y jerarquización de los criterios e indicadores de vulnerabilidad, la asignación de pesos mediante un cuestionario aplicado a expertos, la obtención y procesamiento de datos secundarios sobre las características físicas y económicas de las viviendas y el cálculo del índice de vulnerabilidad para cada unidad censal. Los resultados mostraron que el 18% de las unidades censales presentaban un nivel alto o muy alto de vulnerabilidad, siendo los factores más significativos el valor y el tipo de propiedad, el material y el estado de la vivienda, el ingreso familiar y la tenencia de la tierra. Las conclusiones resaltaron la ventaja del método ANP para capturar las interrelaciones entre los criterios e indicadores de vulnerabilidad y para incorporar la opinión de los expertos en el proceso de evaluación.

2.2. Bases teóricas - científicas

1.2.1. Morfología Fluvial

La morfología fluvial es una rama de la geomorfología que se enfoca en el estudio de las formas y características físicas de los ríos y sus procesos de evolución

y cambio. Esta disciplina analiza cómo los ríos moldean y modifican el paisaje a lo largo del tiempo, así como los factores que influyen en su comportamiento y configuración (Pacheco y Sánchez, 2019).

Dentro de la morfología fluvial, se estudian distintos elementos, como el cauce, los meandros, las terrazas, los deltas y las llanuras de inundación. También se considera el transporte y deposición de sedimentos, la erosión, la sedimentación y los procesos de sedimentación en los ríos.

Los factores que influyen en la morfología fluvial son diversos, incluyendo el clima, la geología del suelo y las rocas, la tasa de precipitación, el tipo y cantidad de sedimentos transportados, y las intervenciones humanas, como la construcción de represas o diques, que pueden alterar significativamente la morfología y dinámica de los ríos (Pacheco y Sánchez, 2019).

Comprender la morfología fluvial es fundamental para el manejo y planificación adecuada de los recursos hídricos y para evaluar los riesgos de inundaciones y erosión en áreas cercanas a ríos. Además, este conocimiento es esencial para el diseño y mantenimiento de infraestructuras de defensas ribereñas y para la conservación de los ecosistemas fluviales, garantizando una coexistencia equilibrada entre los ríos y las comunidades humanas que dependen de ellos.

a) Canales semirectos

Los canales semirectos son una clasificación de cursos de agua que se caracterizan por tener una forma ligeramente recta, pero con algunas curvaturas y meandros que no son tan pronunciados como en los ríos meandriformes. Estos canales tienden a mantener una trayectoria más o menos recta a lo largo de ciertas secciones, pero también pueden presentar curvaturas

suaves y gradualmente cambiantes en otras partes (Rodríguez y Gutiérrez, 2018).

Las características principales de los canales semirectos incluyen:

- Forma más o menos recta: A diferencia de los ríos meandriformes, que tienen meandros bien definidos, los canales semirectos mantienen una forma generalmente recta, aunque con algunas curvas suaves.
- Flujos uniformes: Los canales semirectos tienden a tener flujos de agua relativamente uniformes y constantes, lo que significa que el caudal y la velocidad del agua no varían significativamente a lo largo de su longitud.
- Erosión y sedimentación: A medida que el agua fluye por estos canales, puede producir cierto grado de erosión en los márgenes y lechos, así como la sedimentación de material arrastrado, lo que contribuye a la formación de llanuras de inundación y terrazas (Rodríguez y Gutiérrez, 2018).
- Influencia de la pendiente: La pendiente del terreno juega un papel importante en la formación de canales semirectos. Una pendiente relativamente uniforme y suave puede favorecer la presencia de este tipo de canales.

Los canales semirectos son comunes en áreas de llanuras aluviales y planicies fluviales, donde el terreno presenta una pendiente suave y uniforme. Estos canales pueden ser el resultado de procesos de erosión y sedimentación a lo largo de un período prolongado de tiempo.

La clasificación y comprensión de los distintos tipos de canales son fundamentales para el estudio de la morfología fluvial y la gestión adecuada

de los recursos hídricos, especialmente en áreas propensas a inundaciones y erosión.

b) Canales meandros

Los canales meandros son una forma específica de curso de agua caracterizada por tener curvas muy pronunciadas y sinuosas. Estos canales presentan una serie de meandros o curvas en su trayectoria, que pueden ser bastante cerradas y repetitivas. Los meandros se forman debido a la erosión y sedimentación que ocurre a lo largo del tiempo en los márgenes del canal (Pacheco y Sánchez, 2019).

Las características principales de los canales meandros incluyen:

1. Forma serpenteante: Los canales meandros tienen una forma sinuosa y serpenteante, con curvas que pueden cambiar de dirección en diferentes puntos a lo largo de su recorrido.
2. Márgenes erosionados: En los puntos donde el canal gira, la fuerza del agua erosiona los márgenes del canal, creando acantilados o barrancos.
3. Sedimentación en los puntos de inflexión: En los puntos donde el canal cambia de dirección, la velocidad del agua disminuye y esto favorece la sedimentación de los sedimentos transportados, formando barras de arena o grava.
4. Estabilidad dinámica: Los canales meandros están en constante evolución y ajuste. Con el tiempo, los meandros pueden migrar lateralmente, lo que puede resultar en cambios en el curso del canal y en la formación de meandros nuevos.

Los canales meandros son comunes en áreas con una pendiente suave y en terrenos de valles amplios. La presencia de sedimentos finos, como limo y

arcilla, también favorece la formación de este tipo de canales, ya que estos sedimentos son más propensos a ser transportados por el agua y a depositarse en los puntos de inflexión.

Estos canales son importantes para la hidrología y el funcionamiento de los ecosistemas fluviales. Aunque su forma sinuosa puede hacer que el recorrido del agua sea más largo, también favorece la formación de zonas de hábitat diversificadas y la creación de ecosistemas acuáticos ricos en biodiversidad. Sin embargo, los canales meandros también pueden ser una fuente de desafíos en términos de gestión de inundaciones y erosión, ya que su forma sinuosa puede aumentar la probabilidad de que el agua se desborde durante crecidas significativas (Pacheco y Sánchez, 2019).

c) Canales trenzados

Los canales trenzados son una forma particular de curso de agua que se caracterizan por tener múltiples canales entrelazados y que se dividen y fusionan en distintos puntos a lo largo de su recorrido. Estos canales se asemejan a una trenza de ríos que se entrecruzan y separan formando una red compleja de canales entrelazados (Cáceres y Paredes, 2020).

Las características principales de los canales trenzados incluyen:

1. Múltiples canales: A diferencia de los canales meandros que tienen una forma sinuosa y serpenteante, los canales trenzados presentan múltiples canales principales y secundarios que se dividen y se fusionan en diferentes puntos a lo largo de su longitud (Cáceres y Paredes, 2020).
2. Caudal variable: Los canales trenzados pueden tener un caudal variable en los distintos canales que los componen. Durante crecidas o lluvias

intensas, los canales pueden expandirse y llevar más agua, mientras que en períodos de sequía pueden reducir su flujo.

3. Sedimentación y erosión: Los canales trezados son propensos a la sedimentación y erosión debido a los cambios en el flujo de agua y la velocidad en los distintos canales. En los puntos donde los canales se dividen o fusionan, la velocidad del agua puede disminuir y favorecer la sedimentación de los sedimentos transportados.
4. Zonas de hábitat diversificadas: La presencia de múltiples canales en un canal trezado crea zonas de hábitat diversificadas, lo que puede favorecer la presencia de diferentes especies de flora y fauna.

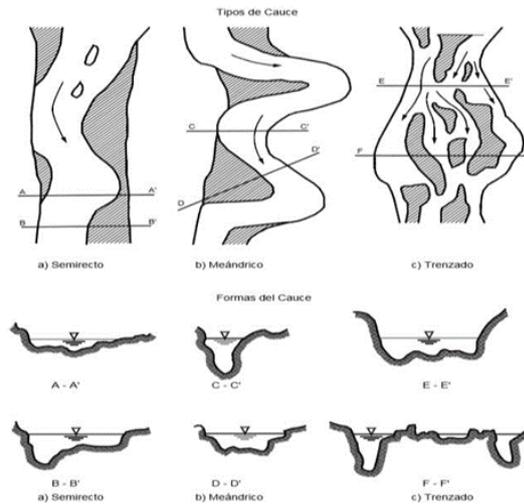
Los canales trezados son comunes en áreas con una alta tasa de sedimentación y en terrenos de pendiente suave. También son característicos de ríos glaciares y ríos que atraviesan áreas de inundación estacional. La formación de canales trezados está influenciada por factores geológicos, climáticos y geomorfológicos (Cáceres y Paredes, 2020).

Estos canales tienen una importancia ecológica significativa, ya que pueden ser el hogar de una gran variedad de especies acuáticas y terrestres. Además, proporcionan importantes funciones hidrológicas al permitir que el agua se distribuya de manera más uniforme en áreas de inundación y recarga de acuíferos.

Sin embargo, los canales trezados también pueden ser una fuente de desafíos para la gestión de recursos hídricos y la planificación del uso de tierras, ya que su dinámica compleja puede influir en la vulnerabilidad a inundaciones y en la distribución de sedimentos y nutrientes en el paisaje fluvial.

Figura N° 2.

Clasificación tradicional de ríos.



Nota. Cáceres y Paredes, 2020.

1.2.2. Parámetros geotécnicos

Los parámetros geotécnicos son propiedades y características del suelo y las rocas que se utilizan en ingeniería geotécnica para analizar y comprender el comportamiento de los materiales bajo diferentes condiciones de carga y estrés. Estos parámetros son fundamentales para el diseño y construcción de obras civiles, como cimentaciones, estructuras de contención, taludes, entre otras, y también para la evaluación de riesgos geotécnicos, como deslizamientos de tierra o asentamientos (Castillo y Ramírez, 2018).

Algunos de los parámetros geotécnicos más importantes incluyen:

1. Resistencia al corte: Es la capacidad del suelo para resistir fuerzas de corte. Se expresa mediante el ángulo de fricción interna (ϕ) y la cohesión (c) del suelo.
2. Compresibilidad: Es la capacidad del suelo para comprimirse bajo una carga aplicada. Se expresa mediante la compresibilidad (C_c) y la compresibilidad secundaria (C_r).

3. Permeabilidad: Es la facilidad con la que el agua puede fluir a través del suelo. Se expresa mediante la permeabilidad hidráulica (k) del suelo.
4. Densidad: Es la masa de un suelo por unidad de volumen. Se expresa mediante la densidad seca (γ_d) o densidad húmeda (γ_w) del suelo.
5. Índices de plasticidad: Son valores que describen la plasticidad de los suelos finos y se usan para clasificarlos. Los índices de plasticidad más comunes son el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP).
6. Consolidación: Es el proceso mediante el cual un suelo se comprime y asienta debido al aumento de la carga aplicada. Se expresa mediante la curva de consolidación y el coeficiente de consolidación (C_v).

Estos parámetros geotécnicos se obtienen a través de pruebas de laboratorio y de campo, como ensayos triaxiales, ensayos de compresión, ensayos de corte directo, entre otros. La correcta determinación de estos parámetros es esencial para llevar a cabo un diseño seguro y eficiente de obras geotécnicas y para evaluar la estabilidad y comportamiento del suelo en diferentes situaciones geotécnicas (Castillo y Ramírez, 2018).

1.2.3. Análisis mecánico de suelo

El análisis mecánico de suelo es una parte fundamental de la ingeniería geotécnica que se enfoca en determinar las propiedades y el comportamiento mecánico del suelo bajo diferentes condiciones de carga y estrés. Este tipo de análisis se utiliza para el diseño y construcción de diversas estructuras y cimentaciones, así como para evaluar la estabilidad de taludes y prevenir deslizamientos de tierra (Díaz y Martínez, 2021).

El análisis mecánico de suelo implica una serie de pruebas de laboratorio y de campo para obtener datos precisos sobre las propiedades geotécnicas del suelo. Algunas de las pruebas comunes utilizadas en este tipo de análisis incluyen:

1. Ensayo de compresión uniaxial: Esta prueba se realiza en muestras cilíndricas de suelo para determinar su resistencia a la compresión y la capacidad de carga (Díaz y Martínez, 2021).
2. Ensayo de corte directo: Se utiliza para medir la resistencia al corte del suelo y determinar el ángulo de fricción interna y la cohesión del material.
3. Ensayo triaxial: Esta prueba evalúa la resistencia y la deformación del suelo bajo diferentes condiciones de confinamiento, lo que permite obtener datos más precisos sobre su comportamiento bajo cargas laterales y verticales.
4. Ensayo de consolidación: Se realiza para determinar la compresibilidad y la consolidación del suelo, lo que es esencial para calcular los asentamientos de estructuras.
5. Ensayo de permeabilidad: Esta prueba mide la permeabilidad del suelo y su capacidad para permitir el flujo de agua.

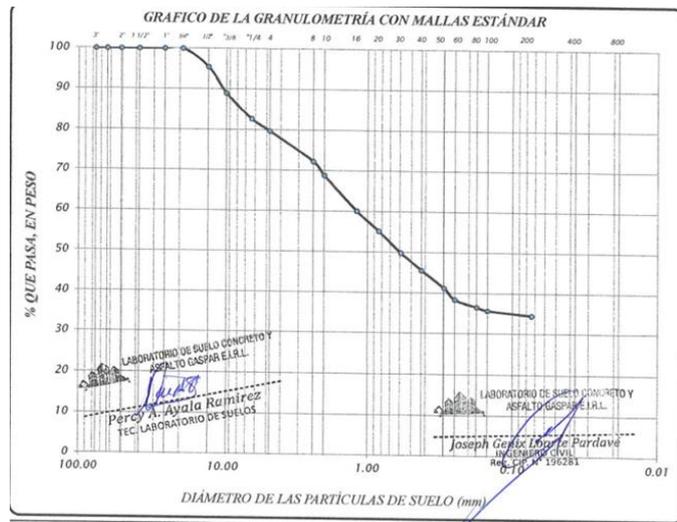
Además de las pruebas de laboratorio, el análisis mecánico de suelo también involucra la obtención de datos in situ mediante el uso de equipos y técnicas de campo. Entre ellas se encuentran la prueba de penetración estándar (SPT), la prueba de placa, y la determinación de la humedad y densidad del suelo (Díaz y Martínez, 2021).

Una vez que se han recopilado los datos necesarios, los ingenieros geotécnicos utilizan modelos y métodos de cálculo para interpretar los resultados y evaluar la estabilidad del suelo, diseñar cimentaciones adecuadas y tomar decisiones informadas para la planificación de proyectos de ingeniería civil y

construcción. El análisis mecánico de suelo es un paso crítico para garantizar la seguridad y eficiencia de las estructuras y obras geotécnicas en diferentes proyectos de ingeniería.

Figura N° 3.

Granulometría del Rio Huallaga.



Nota. Elaboración propia

1.2.4. Capacidad portante del suelo

La capacidad portante del suelo, también conocida como capacidad de carga o capacidad de soporte del suelo, es una propiedad geotécnica fundamental que se refiere a la capacidad del suelo para soportar las cargas impuestas por una estructura o una cimentación sin experimentar un asentamiento excesivo o fallar de manera crítica (Barboza, 2018).

La capacidad portante es esencial en el diseño y construcción de cimentaciones, ya que garantiza que una estructura se asiente de manera segura y uniforme sobre el terreno subyacente, evitando deformaciones inaceptables o daños a la estructura. La determinación de la capacidad portante del suelo se realiza mediante pruebas de campo y de laboratorio, como:

1. Ensayo de penetración estándar (SPT): Consiste en medir la resistencia del suelo a la penetración de una barrena o punta estándar durante la perforación.
2. Ensayo de placa: Se utiliza una placa de carga para aplicar una carga en la superficie del suelo y medir la deformación o asentamiento resultante
3. Ensayo de carga en placa: Implica aplicar una carga conocida sobre una placa rígida colocada sobre el suelo y medir los asentamientos resultantes.

Estos ensayos proporcionan datos que permiten a los ingenieros geotécnicos calcular la capacidad portante del suelo en términos de presión admisible que puede soportar sin fallar o experimentar asentamientos excesivos. La capacidad portante se expresa típicamente en unidades de fuerza por unidad de área, como kN/m² o kg/cm².

Una vez que se conoce la capacidad portante del suelo, los ingenieros pueden seleccionar y diseñar una cimentación adecuada para una estructura en particular, asegurándose de que el suelo pueda soportar las cargas aplicadas sin comprometer la estabilidad y la seguridad de la construcción (Barboza, 2018).

$$q_u = c \cdot N_c + q \cdot N_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \quad \dots\dots\dots (1.1)$$

donde

- c' = cohesión del suelo
- γ = peso unitario del suelo
- $q = \gamma D_f$
- N_c, N_q, N_γ = factores de capacidad de carga adimensionales y sólo son funciones del ángulo de fricción del suelo, ϕ'

$$N_c = \cot \phi (N_q - 1) \quad (1.2)$$

$$N_q = \frac{e^{2\left(\frac{3\pi}{4} - \phi - 2\right) \tan \phi}}{2 \cos^2(45 - \phi/2)} \quad (1.3)$$

$$N_\gamma = \frac{1}{2} \left(\frac{K_{py}}{\cos^2 \phi} - 1 \right) \tan \phi \quad (1.4)$$

Tabla 1.*Factores de capacidad portante por Terzaghi.*

ϕ' (grad)	N_c	N_q	N°_y	ϕ' (grad)	N_c	N_q	N°_y
0	5.70	1.00	0.00	26	27.09	14.21	9.84
1	6.00	1.10	0.01	27	29.24	15.90	11.60
2	6.30	1.22	0.04	28	31.61	17.81	13.70
3	6.62	1.35	0.06	29	34.24	19.98	16.18
4	6.97	1.49	0.10	30	37.16	22.46	19.13
5	7.34	1.64	0.14	31	40.41	25.28	22.65
6	7.73	1.81	0.20	32	44.04	28.52	26.87
7	8.15	2.00	0.27	33	48.09	32.23	31.94
8	8.60	2.21	0.35	34	52.64	36.50	38.04
9	9.09	2.44	0.44	35	57.75	41.44	45.41
10	9.61	2.69	0.56	36	63.53	47.16	54.36
11	10.16	2.98	0.69	37	70.01	53.80	65.27
12	10.76	3.29	0.85	38	77.50	61.55	78.61
13	11.41	3.63	1.04	39	85.97	70.61	95.03
14	12.11	4.02	1.26	40	95.66	81.27	115.31
15	12.86	4.45	1.52	41	106.81	93.85	140.51
16	13.68	4.92	1.82	42	119.67	108.75	171.99
17	14.60	5.45	2.18	43	134.58	126.50	211.56
18	15.12	6.04	2.59	44	151.95	147.74	261.60
19	16.56	6.70	3.07	45	172.28	173.28	325.34
20	17.69	7.44	3.64	46	196.22	204.19	407.11
21	18.92	8.26	4.31	47	224.55	241.80	512.84
22	20.27	9.19	5.09	48	258.28	287.85	650.67
23	21.75	10.23	6.00	49	298.71	344.63	831.99
24	23.36	11.40	7.08	50	347.50	415.14	1072.80
25	25.13	12.72	8.34				

Nota. Barboza, 2018.

En última instancia, el límite permisible se obtiene mediante una combinación de factores que reducen el límite máximo considerando un margen de seguridad (Factor de Seguridad equivalente a 3). Este enfoque se establece para garantizar diseños altamente confiables y duraderos.

$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS} \dots\dots\dots (1.5)$$

1.2.5. Corte directo

El ensayo de corte directo es una prueba geotécnica comúnmente utilizada para determinar la resistencia al corte de un suelo. Esta prueba es especialmente útil para suelos cohesivos, es decir, aquellos que contienen cierto contenido de arcilla y que presentan cohesión interna. El ensayo de corte directo proporciona información valiosa sobre el comportamiento del suelo bajo esfuerzos de corte y es

fundamental para el diseño de cimentaciones, muros de contención y otras estructuras geotécnicas (Carrasco et al., 2019).

El procedimiento del ensayo de corte directo implica lo siguiente:

1. Preparación de la muestra: Se toma una muestra de suelo intacta y se moldea en forma de un cilindro o prisma, dependiendo de las dimensiones requeridas para el ensayo.
2. Acondicionamiento: La muestra se acondiciona para alcanzar un contenido de humedad específico que refleje las condiciones de campo o las condiciones de diseño deseadas.
3. Colocación de la muestra: La muestra de suelo se coloca en un dispositivo de corte, conocido como caja de corte o celda de corte, donde se encuentra confinada lateralmente para evitar la expansión durante el ensayo.
4. Aplicación del esfuerzo: Se aplica una carga normal vertical sobre la muestra para simular el esfuerzo de la sobrecarga que actúa sobre el suelo en el campo. Luego, se aplica una fuerza horizontal para provocar el corte.
5. Medición del esfuerzo de corte: Durante el ensayo, se mide la fuerza horizontal requerida para que se produzca el corte y se registra el desplazamiento horizontal de la muestra.
6. Análisis de resultados: Los datos recopilados durante el ensayo se utilizan para calcular la resistencia al corte del suelo, expresada como el ángulo de fricción interna (ϕ) y la cohesión (c) del suelo (Carrasco et al., 2019).

El ensayo de corte directo proporciona información importante para la caracterización y clasificación del suelo, así como para el diseño geotécnico y la estabilidad de las estructuras. Además, permite evaluar el comportamiento del

suelo ante diferentes esfuerzos de corte y proporciona datos esenciales para la estimación de la capacidad portante del suelo y el análisis de estabilidad de taludes.

Tabla 2.

Pesos específicos y ángulos de fricción de algunos suelos.

Clase de terreno	γ_s (Ton/m ³)	α
Tierra de terraplén seca	1,40	37°
Tierra de terraplén húmeda	1,60	45°
Tierra de terraplén empapada	1,80	30°
Arena seca	1,60	33°
Arena húmeda	1,80	40°
Arena empapada	2,00	25°
Légamo diluvial seco	1,50	43°
Légamo diluvial húmedo	1,90	20°
Arcilla seca	1,60	45°
Arcilla húmeda	2,00	22°
Gravilla seca	1,83	37°
Gravilla húmeda	1,86	25°
Grava de cantos vivos	1,80	45°
Grava de canto rodados	1,80	30°

Nota. Carrasco et al., 2019.

1.2.6. Parámetros de hidrología

Los parámetros de hidrología son variables y características utilizadas para describir y analizar el comportamiento del agua en la superficie terrestre y en el ciclo hidrológico. Estos parámetros son fundamentales para entender la disponibilidad, distribución y movimiento del agua en diferentes regiones y para la

planificación y gestión adecuada de recursos hídricos (García et al., 2019). Algunos de los parámetros de hidrología más importantes incluyen:

1. **Precipitación:** Es la cantidad de agua líquida o sólida (lluvia, nieve, granizo) que cae sobre una superficie en un período de tiempo determinado. La medición de la precipitación es crucial para evaluar la disponibilidad de agua y el riesgo de inundaciones.
2. **Evapotranspiración:** Es la suma de la evaporación del agua desde la superficie del suelo y la transpiración de las plantas. Este parámetro es relevante para estimar la pérdida de agua en una región y su influencia en los recursos hídricos.
3. **Caudal:** Es el volumen de agua que fluye por una corriente o río en un tiempo específico. El caudal es una medida esencial para conocer la disponibilidad de agua en una cuenca hidrográfica y para el diseño de obras hidráulicas.
4. **Escorrentamiento:** Es la cantidad de agua que fluye superficialmente hacia los ríos y arroyos después de las precipitaciones. El análisis del escurrimiento permite entender cómo el agua se mueve a través de una cuenca y cómo afecta a la hidrología.
5. **Nivel de agua:** Es la altura del agua en cuerpos de agua como ríos, lagos y acuíferos. La medición del nivel de agua es crucial para monitorear la disponibilidad de agua y los niveles de inundación.
6. **Coefficiente de escorrentía:** Es la fracción de agua de lluvia que se convierte en escurrimiento y fluye hacia ríos y corrientes. Este coeficiente es esencial para el diseño de sistemas de drenaje y control de inundaciones.
7. **Hidrograma:** Es un gráfico que muestra la variación del caudal de un río o corriente con el tiempo, generalmente después de una lluvia. El hidrograma

ayuda a entender la respuesta hidrológica de una cuenca a eventos de precipitación.

Estos parámetros hidrológicos se recopilan mediante estaciones de monitoreo, instrumentos de medición y modelos hidrológicos. La interpretación de estos datos es crucial para tomar decisiones informadas sobre la gestión y planificación del agua, el diseño de obras hidráulicas y la evaluación del impacto de eventos hidrometeorológicos en una región (García et al., 2019).

Tabla 3.

Parámetros Geomorfológicos.

PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS CUENCA ACOBAMBA		
Área	km ²	242.831
Perímetro	km	66.86
Longitud de cauce	km	19.065
Longitud de cuenca	km	21.29
Cota máxima	msnm	4,600.00
Cota mínima	msnm	2,950.00
Cota máxima del cauce	msnm	3,921.57
Cota mínima del cauce	msnm	2,995.65
<i>Desnivel máximo</i>	<i>m</i>	<i>1,650.00</i>
<i>Desnivel máximo del cauce</i>	<i>m</i>	<i>925.92</i>
<i>Pendiente del cauce</i>	<i>m/m</i>	<i>0.05</i>
<i>Pendiente de la cuenca</i>	<i>%</i>	<i>8%</i>
<i>Índice de compacidad</i>	<i>K</i>	<i>1.21</i>
<i>Factor de forma</i>		<i>0.05</i>

<i>Rec. Equivalente</i>	<i>L</i>	23.20
	<i>I</i>	10.47
<i>Altitud media</i>	<i>msnm</i>	3775

Tabla 4.

Parámetros de la cuenca.

Nombre de la cuenca	C1		
Ubicación	Acobamba		
Área de la cuenca	242.83 km ²		
Mediciones lineales	Perímetro de la cuenca	66.86 km	
	Altitud de la cuenca (m.s.n.m.)	Máximo	4,600 m.s.n.m.
		Mínimo	2,950 m.s.n.m.
		Diferencia de altitud	1,650 m
Coeficiente de compacidad (ke)		1.21	
Rectángulo equivalente	L	23.2	
	I	10.47	
Lado mayor (lm)	21.29		
Pendiente media de la cuenca	8%		
Pendiente del cauce	925.92		

1.2.6.1. Caudal de diseño

El caudal de diseño, también conocido como caudal de diseño o caudal de proyecto, es un parámetro hidrológico importante utilizado en

ingeniería y planificación para dimensionar y diseñar obras hidráulicas y de drenaje. Representa el caudal máximo esperado que se producirá en una corriente o río durante un evento hidrológico extremo, como una inundación o una crecida significativa (García et al., 2019).

El caudal de diseño se calcula a partir de estudios hidrológicos y registros de datos de caudales históricos, que permiten estimar el comportamiento del sistema de drenaje ante diferentes eventos climáticos y lluvias intensas. Este cálculo se realiza para dimensionar de manera segura y eficiente las obras hidráulicas y evitar posibles desbordamientos e inundaciones que podrían afectar a infraestructuras, comunidades y el medio ambiente.

El caudal de diseño se utiliza en el diseño y construcción de diversas infraestructuras hidráulicas, como:

1. Puentes y alcantarillas: Se dimensionan para resistir el caudal máximo esperado sin sufrir daños estructurales u obstruir el flujo de agua.
2. Sistemas de drenaje urbano: Se diseñan para manejar y evacuar el caudal de diseño, evitando inundaciones en áreas urbanas.
3. Obras de control de inundaciones: Se planifican para reducir los efectos de crecidas y proteger áreas vulnerables.
4. Centrales hidroeléctricas: Se dimensionan para aprovechar el caudal disponible y garantizar un suministro constante de energía.

El caudal de diseño se expresa en unidades de caudal (metros cúbicos por segundo o pies cúbicos por segundo) y varía según la región, las condiciones hidrológicas y los requisitos de diseño específicos del proyecto. Para obtener una estimación precisa del caudal de diseño, se

deben considerar factores como la intensidad y duración de las lluvias, las características de la cuenca hidrográfica y la topografía del área de estudio.

Es importante destacar que el caudal de diseño es una estimación que considera eventos extremos y su probabilidad de ocurrencia. Por lo tanto, el caudal de diseño es una herramienta esencial para garantizar que las obras hidráulicas sean seguras y eficientes en condiciones hidrológicas desfavorables.

Tabla 5.

Caudales máximos de diseño en el río Huallaga.

Área	(Km ²)	242.831
Tiempo de Concentración	tc (horas)	2.638
Tiempo de Retardo	tr (horas)	0.164
Tiempo Pico	tp (horas)	5.89
Tiempo Base	tb (horas)	15.84
Caudal Unitario qp	(m ³ /s/mm)	8.51
Numero Curva	N	61
Altura de Precipitación	100 años	69.349
Lluvia efectiva, Pe (mm)	100 años	6.822
Caudal Máximo (m³/s)	100 años	58.06

Nota. Elaboración Propia.

1.2.6.2. Periodo de retorno

El período de retorno es un concepto utilizado en hidrología y climatología para describir la probabilidad de que ocurra un evento extremo, como una inundación o una lluvia intensa, en un determinado

período de tiempo. Representa el tiempo promedio que se espera que transcurra entre la ocurrencia de un evento extremo de determinada magnitud (Gonzales et al., 2020).

Por ejemplo, si un lugar tiene un período de retorno de 100 años para una inundación de cierta magnitud, significa que, en promedio, se espera que esa inundación ocurra una vez cada 100 años. No significa que el evento ocurrirá exactamente cada 100 años, sino que es una estimación estadística basada en el análisis de datos históricos de eventos similares.

El período de retorno se utiliza en la planificación y diseño de infraestructuras hidráulicas y obras de drenaje, como alcantarillas, puentes, y sistemas de control de inundaciones. Es especialmente relevante para dimensionar estas obras y garantizar que sean adecuadamente resistentes a eventos hidrológicos extremos.

El cálculo del período de retorno implica el análisis de registros históricos de datos de caudales, precipitaciones o eventos climáticos similares en la región de interés. A partir de estos datos, se pueden utilizar técnicas estadísticas, como la distribución de frecuencias, para estimar la probabilidad de que ocurra un evento particular en diferentes intervalos de tiempo.

Es importante tener en cuenta que los registros históricos de eventos extremos pueden estar limitados y pueden no representar adecuadamente las condiciones futuras debido a cambios climáticos o a la falta de datos suficientes. Por lo tanto, el período de retorno es una herramienta útil, pero debe ser interpretado con cautela y combinado con otras consideraciones y estudios de riesgo (Gonzales et al., 2020).

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n \dots\dots\dots (1.6)$$

Dónde:

T = Periodo de retorno (años)

R = Riesgo de falla (%)

n = Vida útil de la obra (años)

1.2.6.3. Parámetro hidráulico

Los parámetros hidráulicos son variables y características utilizadas para describir y analizar el comportamiento del agua en sistemas hidráulicos, como ríos, canales, tuberías y sistemas de drenaje. Estos parámetros son fundamentales para la ingeniería hidráulica y la gestión de recursos hídricos, ya que permiten entender y controlar el flujo y movimiento del agua en diferentes entornos (Gonzales et al., 2020).

Algunos de los parámetros hidráulicos más importantes incluyen:

- Caudal (Q): Representado por la letra "Q", es la cantidad de agua que fluye por una sección transversal en un tiempo específico, se mide en unidades de volumen por unidad de tiempo, como metros cúbicos por segundo (m³/s) o litros por segundo (l/s).
- Velocidad del agua (V): Representada por la letra "V", es la velocidad a la que se mueve el agua en un punto específico de un flujo, se mide en metros por segundo (m/s) o centímetros por segundo (cm/s).
- Nivel de agua (h): Representado por la letra "h", es la altura del agua en una sección transversal, como un río o canal, se mide en metros (m) o centímetros (cm).

- Gradiente de energía (S): Representado por la letra "S", es la variación de la energía específica del agua a lo largo de una trayectoria de flujo, se utiliza para analizar la pérdida de energía en sistemas hidráulicos.
- Coeficiente de rugosidad (n): Representado por la letra "n", es un valor que representa la resistencia del lecho o las paredes de un canal o tubería al flujo del agua, es utilizado en modelos hidráulicos para simular el comportamiento del flujo.
- Hidrograma: No tiene un símbolo específico, es un gráfico que muestra la variación del caudal de un río o corriente con el tiempo, generalmente después de una lluvia, es utilizado para analizar eventos de crecida y estimar la respuesta hidrológica de una cuenca.

1.2.6.4. Tirante máximo

El tirante máximo, también conocido como calado máximo o nivel de aguas máximas, es un término utilizado en hidrología e ingeniería hidráulica para referirse a la máxima altura o profundidad que alcanza el agua en un cuerpo de agua, como un río, lago o canal, durante un evento hidrológico extremo, como una inundación o una crecida significativa (Molina et al., 2018).

Durante un evento de caudal elevado, el agua puede aumentar su altura en el cauce o cuerpo de agua, alcanzando niveles máximos que superan su estado normal. Este tirante máximo es crucial para el diseño y la planificación de obras de infraestructura, como puentes, diques, muros de contención y sistemas de drenaje, ya que deben ser diseñados para soportar y controlar los niveles máximos de agua sin sufrir daños o colapsos.

El cálculo y estimación del tirante máximo se basa en estudios hidrológicos y registros de datos históricos de crecidas y eventos extremos en la zona de interés. Utilizando técnicas estadísticas y modelos hidrológicos, los ingenieros pueden estimar el nivel máximo que el agua alcanzaría durante un evento de determinada magnitud y período de retorno (Molina et al., 2018).

El tirante máximo es una medida fundamental para evaluar los riesgos de inundaciones en una zona específica y para la gestión adecuada de los recursos hídricos. Además, permite a los responsables de la planificación de infraestructuras tomar decisiones informadas sobre el diseño y dimensionamiento de obras de ingeniería para garantizar la seguridad y protección de las comunidades y el entorno durante eventos hidrológicos extremos. Asimismo, la profundidad se puede determinar utilizando la articulación observacional de Monitoreo – Strickler:

$$Y = \left[\frac{Q_d}{K_s * B_e * S^2} \right]^{\frac{3}{5}} \dots\dots\dots (1.7)$$

Donde:

Y = Tirante máximo de diseño (m)

Qd = Caudal de diseño (m³/s)

Ks = Coeficiente de rugosidad característico del río

Be = Ancho medio del cauce (m)

S = Pendiente media (m/m)

Tabla 6.*Valores Ks para el cauce.*

Descripción	Ks
Lechos naturales de río con fondo sólido sin irregularidades	40
Lechos naturales de río con acarreo regular	33 – 35
Lechos naturales de río con vegetación	30 – 35
Lechos naturales de río con derrubio e irregularidades	30
Lechos naturales de río con fuerte transporte de acarreo	28
Torrentes con derrubios gruesos (piedra tamaño de una cabeza) con acarreo móvil	25 – 28
Torrentes con derrubio grueso, con acarreo móvil	19 – 22

*Nota. Molina et al., 2018.***1.2.6.5. Borde libre**

El borde libre, también conocido como margen libre o altura libre, es un término utilizado en hidráulica e ingeniería hidráulica para referirse a la distancia vertical entre el nivel máximo del agua (tirante máximo) y el punto más bajo de una estructura hidráulica, como un puente, un dique o un muro de contención (Pérez et al., 2018).

En el diseño y planificación de estructuras hidráulicas, es esencial garantizar un borde libre adecuado para prevenir desbordamientos y asegurar la estabilidad de la estructura durante eventos hidrológicos extremos, como inundaciones o crecidas. Un borde libre insuficiente podría llevar a que el agua supere la estructura y cause daños o fallas en la misma,

lo que podría tener consecuencias graves para la seguridad de las personas y las propiedades cercanas.

El tamaño del borde libre necesario depende de varios factores, como el caudal máximo esperado, el perfil del río o canal, la geometría de la estructura y los factores de seguridad aplicados en el diseño. Es común que las normativas y códigos de construcción establezcan criterios específicos para el diseño del borde libre en diferentes tipos de estructuras hidráulicas.

Un borde libre adecuado también es importante en obras de drenaje y sistemas de control de inundaciones, donde se busca asegurar que el agua pueda ser manejada y evacuada de manera segura sin exceder la capacidad de los canales o conductos (Pérez et al., 2018).

El diseño de un borde libre óptimo es un componente esencial en la ingeniería hidráulica para garantizar la seguridad y eficiencia de las estructuras hidráulicas y proteger a las comunidades y el medio ambiente durante eventos hidrológicos extremos.

$$BL = \phi * e \dots \dots \dots (1.8)$$

Donde:

BL = Borde libre (m)

$e = V^2/2g = [Qd^2 / (2g * A_h^2)]$ = Energía de la velocidad (m)

A_h = Área hidráulica (m²)

V = Velocidad promedio del agua (m/s)

g = 9.81 m/s²

Φ = Coeficiente en función de la máxima descarga

Tabla 7.

Coficiente ϕ en función de la máxima descarga.

Caudal Máximo m ³ /s	ϕ
3,000.00 – 4,000.00	2.00
2,000.00 – 3,000.00	1.70
1,000.00 – 2,000.00	1.40
500.00 – 1,000.00	1.20
100.00 – 500.00	1.10

Nota. Pérez et al., 2018.

1.2.6.6. Velocidad de flujo

La velocidad de flujo, en el contexto de la hidráulica e ingeniería hidráulica, se refiere a la rapidez con la que el agua se desplaza a través de un canal, río, tubería u otro conducto. Es una medida fundamental para entender y analizar el movimiento del agua en sistemas hidráulicos y es esencial para el diseño y la gestión de infraestructuras relacionadas con el agua (Pérez et al., 2018).

La velocidad de flujo se expresa en unidades de longitud por unidad de tiempo, como metros por segundo (m/s) o centímetros por segundo (cm/s). La velocidad puede variar en diferentes puntos de un flujo, ya que en muchos casos no es uniforme a lo largo del conducto.

La velocidad de flujo está influenciada por varios factores, incluyendo:

1. Pendiente del canal o tubería: A mayor pendiente, mayor será la velocidad del flujo, siempre que la sección transversal del conducto se mantenga constante.

2. Área de la sección transversal: A mayor área de la sección, menor será la velocidad para mantener el mismo caudal.
3. Rugosidad del lecho y las paredes del conducto: Superficies más rugosas tienden a disminuir la velocidad del flujo.
4. Caudal: La cantidad total de agua que fluye a través del conducto afectará la velocidad.
5. Viscosidad del agua: A mayor viscosidad, la velocidad se reduce.

El conocimiento de la velocidad de flujo es esencial en diversos aspectos de la ingeniería hidráulica, como el diseño de sistemas de riego, la planificación de sistemas de drenaje, el diseño de estructuras hidráulicas como puentes y diques, y la evaluación del transporte de sedimentos en ríos y canales. Además, es crucial para el análisis de inundaciones, la protección contra desastres y la gestión de los recursos hídricos de una región. Los ingenieros hidráulicos utilizan mediciones y modelos matemáticos para determinar y analizar la velocidad de flujo en diferentes condiciones hidrológicas y para tomar decisiones informadas en el diseño y gestión de proyectos relacionados con el agua (Pérez et al., 2018).

$$V = K_s \bar{R}_h^{\frac{2}{3}} S_2^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(1.9)$$

1.2.6.7. Régimen de flujo

El régimen de flujo, en el contexto de la hidrología e ingeniería hidráulica, se refiere a la forma y características de cómo fluye el agua en un canal, río o cualquier otro cuerpo de agua a lo largo del tiempo. Es una descripción de cómo varía la velocidad, el caudal y la profundidad del agua en un lugar determinado y en diferentes momentos (Shrestha et al., 2018).

El régimen de flujo puede clasificarse en varios tipos principales, dependiendo de las condiciones hidrológicas y geográficas de la zona en cuestión. Algunos de los regímenes de flujo más comunes son:

1. Régimen Permanente: En este régimen, las condiciones de flujo son constantes o varían muy poco a lo largo del tiempo. La velocidad, caudal y profundidad del agua se mantienen relativamente estables, y generalmente ocurre en ríos o canales con un suministro de agua constante, como aquellos alimentados por lagos o embalses.
2. Régimen Estacional: En este caso, el flujo del agua experimenta variaciones significativas a lo largo del año debido a las estaciones y los patrones climáticos. Puede haber períodos de crecida durante la temporada de lluvias y períodos de estiaje durante la temporada seca. Muchos ríos en regiones con estaciones claramente definidas presentan un régimen estacional.
3. Régimen Nival: Se caracteriza por la influencia predominante del derretimiento de nieve en el aporte de agua al flujo. En estas regiones, el caudal aumenta significativamente en primavera y verano cuando la nieve se derrite.
4. Régimen Glacial: Se da en áreas donde el flujo de agua proviene principalmente del deshielo de glaciares. Estos ríos pueden experimentar flujos máximos durante los períodos más cálidos del año.
5. Régimen Pluvial: En este régimen, el flujo de agua es principalmente influenciado por las precipitaciones. Los ríos en regiones con fuertes lluvias pueden tener caudales significativos durante y después de los eventos de lluvia.

El conocimiento del régimen de flujo es esencial para la planificación y gestión adecuada de los recursos hídricos, la evaluación de riesgos de inundaciones, el diseño de infraestructuras hidráulicas y la toma de decisiones en la gestión de cuencas hidrográficas (Shrestha et al., 2018). Los datos de caudales y velocidades de flujo recopilados a lo largo del tiempo son esenciales para comprender y caracterizar el régimen de flujo en diferentes regiones y para adaptar las estrategias de gestión hídrica de manera adecuada. La estimación del número de Froude se puede determinar mediante la articulación adjunta:

$$F = \frac{V}{\sqrt{g \cdot \frac{A_h}{T}}} \dots\dots\dots (1.10)$$

Donde:

F = Numero de Froude

A_h = Área hidráulica (m²)

V = Velocidad media del agua (m/s)

g = 9.81 m/s²

T = Espejo de agua (m)

1.2.6.8. Socavación

La socavación es un fenómeno hidráulico que ocurre cuando el agua erosiona y remueve material del lecho de un río, canal, arroyo u otro cuerpo de agua. Es causada por la acción del flujo de agua, que arrastra y transporta sedimentos, causando el desgaste y la excavación del lecho (Shrestha et al., 2018).

La socavación puede tener diversas causas, como la alta velocidad del flujo de agua, cambios bruscos en la topografía del lecho, la presencia

de obstáculos o irregularidades en el cauce y la erosión de las riberas del río. A medida que la socavación progresa, el lecho se vuelve más profundo y puede afectar la estabilidad de estructuras cercanas, como puentes, diques, muros de contención y cimentaciones de edificios cercanos.

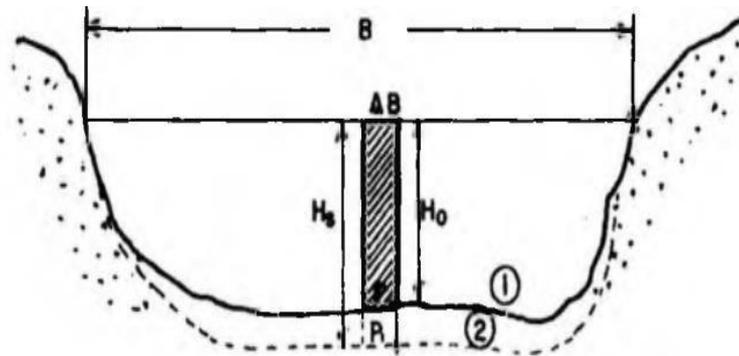
Uno de los principales riesgos asociados con la socavación es la posible degradación del lecho del río o canal, lo que puede provocar cambios en la geometría del cauce y aumentar la probabilidad de inundaciones aguas abajo. Además, puede llevar a la exposición y daño de infraestructuras, lo que puede generar impactos negativos en la seguridad de las comunidades y la estabilidad de las obras civiles cercanas.

La prevención y control de la socavación son importantes para mantener la seguridad y estabilidad de las infraestructuras y el medio ambiente. Para evitar o reducir la socavación, se pueden emplear diversas estrategias, como la estabilización de las riberas con enrocados, la construcción de defensas ribereñas, la regulación de los caudales de agua y el diseño adecuado de estructuras hidráulicas para evitar cambios bruscos en la velocidad y dirección del flujo (Shrestha et al., 2018).

El monitoreo y estudio continuo del comportamiento hidráulico de ríos y canales es fundamental para detectar posibles problemas de socavación y tomar medidas preventivas o correctivas a tiempo. Los ingenieros hidráulicos y expertos en gestión de recursos hídricos juegan un papel importante en el diseño y aplicación de estrategias para prevenir y controlar la socavación y asegurar la integridad de las infraestructuras y la protección de las comunidades en áreas expuestas a este fenómeno.

Figura N° 4.

Cauce con proceso de socavación.



Nota. Juárez y Rico, 1974.

Para suelos granulares se introduce la articulación acompañante:

$$H_s = \left[\frac{\alpha h^{5/3}}{0.68 \beta \mu \varphi D_m^{0.28}} \right]^{\frac{1}{1+z}} \dots\dots\dots (1.11)$$

$H_s - h$: Profundidad de socavación (m)

h : Tirante de agua (m)

D_m : Diámetro característico del lecho (mm)

β : Coeficiente de frecuencia.

μ : Factor de corrección por contracción del cauce.

φ : Factor de corrección por forma de transporte de sedimentos.

Para el parámetro de frecuencia (β), usamos la ecuación siguiente:

$$\beta = 0.7929 + 0.0973 \text{ Log (Tr)} \dots (1.12)$$

Para el cálculo del exponente variable (x) en función del D_m , se utiliza:

$$X \approx Z = 0.394557 - 0.4136 \text{ Log (} D_m) - 0.00891 \text{ Log}^2 (D_m) \dots (1.13)$$

Para el coeficiente de sección:

$$\alpha = \frac{Qd}{Be * R^{5/3}} \dots\dots\dots (1.14)$$

Para la velocidad real media:

$$V_r = \frac{\alpha * h^{5/3}}{H_s} \dots\dots\dots (1.15)$$

Para la velocidad erosiva en suelos granulares:

$$V_e = 0.68 * \beta * Dm^{0.28} * H_s^z \dots\dots\dots (1.16)$$

Para verificar las condiciones de la fórmula de Lischvan - Levediev se recurre a dos aspectos fundamentales, los cuales son:

- ✓ Flujo subcrítico: $Fr < 1.00$
- ✓ Condición de equilibrio de velocidades de flujo: $(V_r = V_e)$

1.2.6.9. Defensa ribereña

Una defensa ribereña, también conocida como protección o enrocado de riberas, es una estructura construida a lo largo de las márgenes de un río, canal, lago o cualquier cuerpo de agua para proteger áreas adyacentes de la erosión causada por el flujo del agua. Estas defensas tienen como objetivo principal estabilizar las riberas y prevenir la socavación, lo que a su vez protege infraestructuras cercanas, terrenos agrícolas, áreas urbanas y ecosistemas vulnerables (Tavares et al., 2019).

Las defensas ribereñas pueden ser construidas con diversos materiales, siendo el enrocado (piedras grandes y rocas) uno de los más comunes. Otros materiales utilizados incluyen concreto, geotextiles y vegetación (técnicas de bioingeniería).

La construcción de defensas ribereñas debe ser realizada cuidadosamente para evitar posibles impactos negativos en el medio ambiente y los ecosistemas acuáticos. Es importante considerar factores como el caudal del agua, las características del suelo, las condiciones hidrológicas y la topografía del lugar. Además, se debe tener en cuenta el mantenimiento adecuado de las defensas para asegurar su funcionalidad a lo largo del tiempo.

Las defensas ribereñas son una medida esencial de ingeniería hidráulica para proteger áreas sensibles y prevenir daños causados por inundaciones y procesos erosivos, ayudando a mejorar la seguridad y la sostenibilidad de las comunidades que viven cerca de cursos de agua.

1.2.7. Gaviones

Los gaviones son estructuras de ingeniería hidráulica y geotécnica utilizadas para la estabilización de riberas, control de la erosión y protección de taludes y suelos en diversas aplicaciones. Están compuestos por cestas o mallas metálicas, generalmente de acero galvanizado, que se rellenan con piedras, rocas o materiales de relleno similares.

La estructura de los gaviones consiste en una malla de alambre de acero con forma de caja o cesta, que puede tener diversas dimensiones según el diseño y los requerimientos de la obra. Estas cestas se ensamblan en el lugar donde serán utilizadas y se rellenan con materiales de relleno, generalmente piedras o rocas de diferentes tamaños. Posteriormente, se cierran y aseguran adecuadamente para formar una unidad sólida y resistente (Tavares et al., 2019).

Los gaviones son ampliamente utilizados en proyectos de ingeniería hidráulica y geotécnica debido a sus ventajas, que incluyen:

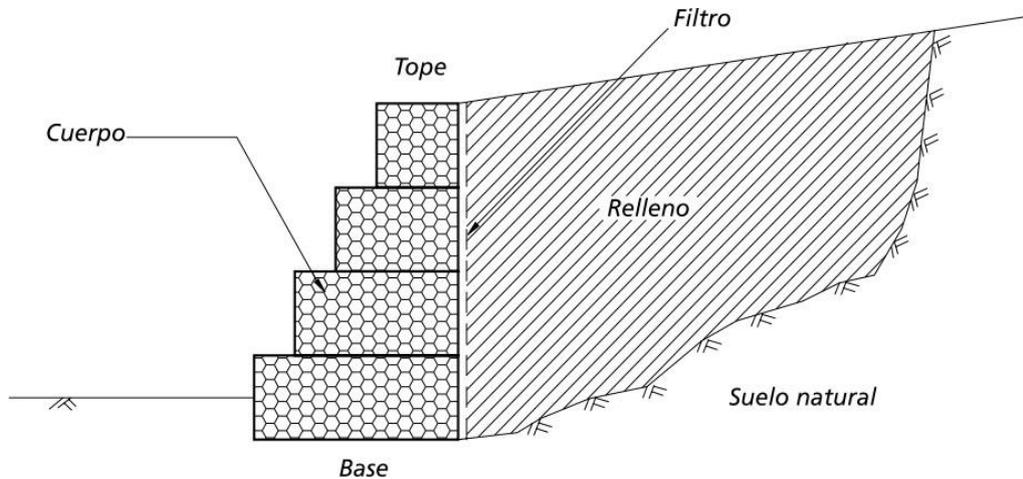
1. Estabilización de riberas: Los gaviones protegen las riberas de ríos y canales contra la erosión, evitando la pérdida de suelo y la socavación.
2. Control de inundaciones: Se utilizan para construir estructuras de control de inundaciones, como diques y barreras, que ayudan a desviar y controlar el flujo de agua en áreas vulnerables.
3. Estabilización de taludes: Los gaviones se emplean para prevenir deslizamientos de tierra y estabilizar taludes en terrenos inclinados.
4. Protección de infraestructuras: Se utilizan alrededor de puentes, muelles y otros tipos de infraestructuras para protegerlos de la acción erosiva del agua.
5. Proyectos de paisajismo y restauración: Los gaviones también se emplean en proyectos de paisajismo y restauración ambiental para la protección y contención de suelos en áreas con pendientes y erosión.

Las ventajas de los gaviones incluyen su durabilidad, capacidad de adaptarse a las condiciones del terreno y la facilidad de construcción, lo que los convierte en una solución versátil para diversas aplicaciones en proyectos hidráulicos y geotécnicos. Además, al permitir el drenaje del agua a través de las rocas o piedras, ayudan a reducir la presión hidrostática y minimizar el riesgo de erosión (Tavares et al., 2019).

En resumen, los gaviones son una herramienta efectiva y ampliamente utilizada en la ingeniería civil y ambiental para la estabilización y protección de riberas, taludes y áreas propensas a la erosión, contribuyendo a la preservación y seguridad del entorno construido y natural. Algunas circunstancias o propiedades significativas de este marco son: porosidad, flexibilidad, economía, efecto ecológico positivo e ingeniería completa.

Figura N° 5.

Representación básica de un muro gavión.



Nota. Tavares et al., 2019.

1.2.7.1. Tipos de muros de gaviones

Existen varios tipos de muros de gaviones, cada uno diseñado para cumplir con diferentes propósitos y requisitos específicos en proyectos de ingeniería hidráulica y geotécnica. Algunos de los tipos más comunes de muros de gaviones son los siguientes:

Gavión tipo cajón

El gavión tipo cajón es una variante especial de las estructuras de gaviones utilizadas en proyectos hidráulicos y geotécnicos. A diferencia de los gaviones convencionales que son cestas o cajas rectangulares, el gavión tipo cajón es una estructura con forma de caja tridimensional, similar a un contenedor o cajón. Estos gaviones se utilizan para diversas aplicaciones que requieren una mayor resistencia y estabilidad, como la construcción de muros de contención y obras de protección contra inundaciones (Díaz & Martínez, 2021).

Las principales características del gavión tipo cajón son:

1. Estructura tridimensional: A diferencia de los gaviones convencionales que son bidimensionales (plana y rectangular), el gavión tipo cajón tiene una estructura tridimensional con forma de caja, lo que proporciona una mayor capacidad de carga y resistencia a la presión hidrostática.
2. Paneles de malla: Los gaviones tipo cajón están compuestos por paneles de malla metálica, generalmente de acero galvanizado, que forman las paredes y el techo de la estructura. La malla permite el drenaje del agua y evita la acumulación de presiones internas.
3. Conexiones y refuerzos: Los paneles de malla se ensamblan en el sitio de la obra para formar la estructura del cajón. Las conexiones entre los paneles y los refuerzos adicionales, como barras de acero, se utilizan para garantizar la estabilidad y resistencia del gavión tipo cajón.
4. Rellenos de piedras o rocas: Al igual que los gaviones convencionales, el gavión tipo cajón se rellena con piedras, rocas u otros materiales de relleno similares para proporcionar peso y estabilidad a la estructura.

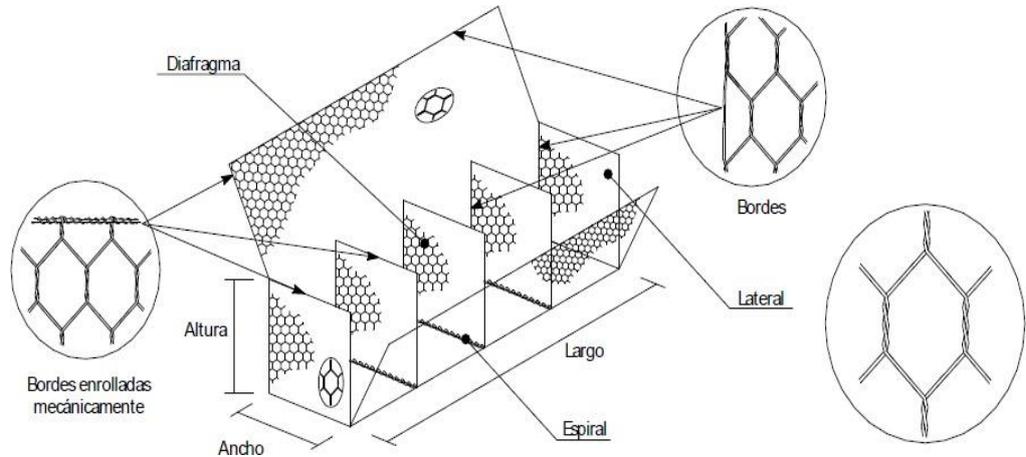
El gavión tipo cajón se utiliza en diversas aplicaciones, como la construcción de muros de contención en áreas con fuerte presión hidrostática, la protección de infraestructuras en zonas propensas a inundaciones y la estabilización de taludes en terrenos inclinados. Su diseño tridimensional y su capacidad de carga lo hacen ideal para proyectos que requieren una mayor resistencia y durabilidad.

La construcción del gavión tipo cajón requiere experiencia y precisión en el ensamblaje de los paneles de malla y la colocación de los

rellenos para garantizar la integridad estructural. Es una solución efectiva y confiable para una amplia gama de desafíos de ingeniería hidráulica y geotécnica, brindando seguridad y protección en áreas expuestas a fuerzas hidráulicas y erosión (Díaz & Martínez, 2021).

Figura N° 6.

Gavión tipo caja.



Nota. Díaz & Martínez, 2021

Tabla 8.

Dimensiones del gavión tipo caja.

Gaviones Caja con Diafragmas				
Dimensiones Estándar			Volumen [m³]	Diafragmas
Largo [m]	Ancho [m]	Alto [m]		
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

Nota. Díaz & Martínez, 2021.

Gavión tipo colchoneta

El gavión tipo colchoneta es una estructura de ingeniería hidráulica utilizada para la protección de riberas, taludes y áreas propensas a la erosión. Se diferencia de los gaviones convencionales en su diseño, ya que consiste en una serie de módulos flexibles, que se asemejan a colchonetas, unidos entre sí formando una única unidad (Herrera & Vásquez, 2020).

Las principales características del gavión tipo colchoneta son las siguientes:

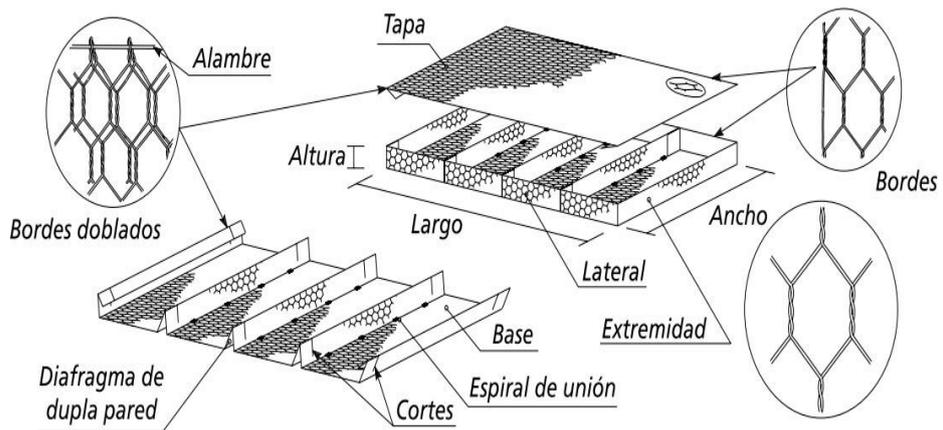
1. **Módulos flexibles:** Cada módulo del gavión tipo colchoneta está hecho de una malla metálica flexible, generalmente de alambre galvanizado, con forma rectangular o hexagonal. Estos módulos son planos y pueden doblarse o enrollarse para facilitar su transporte y colocación.
2. **Conexiones entre módulos:** Los módulos de la colchoneta están unidos entre sí mediante alambres o cables de acero, formando una estructura continua y flexible.
3. **Rellenos de piedras o rocas:** Los módulos se rellenan con piedras, rocas u otros materiales de relleno similares para proporcionar peso y estabilidad a la estructura.
4. **Flexibilidad y adaptabilidad:** La flexibilidad del diseño permite que la colchoneta se ajuste a la topografía del terreno y se adapte a las formas irregulares de las riberas y taludes. Esto lo hace especialmente útil en áreas con geometrías complicadas y condiciones geotécnicas variables.
5. **Permeabilidad:** La malla metálica permite el paso del agua y evita la acumulación de presiones hidrostáticas, lo que minimiza el riesgo de erosión y socavación.

El gavión tipo colchoneta se utiliza en proyectos de protección de riberas y taludes donde se requiere una solución flexible y adaptable. Su diseño permite una rápida instalación y sujeción en áreas con acceso limitado o difícil, lo que lo convierte en una opción práctica y efectiva para la estabilización de suelos y protección contra la erosión en terrenos con condiciones geotécnicas desfavorables (Herrera & Vásquez, 2020).

Algunas de las aplicaciones más comunes del gavión tipo colchoneta incluyen la protección de riberas de ríos y canales, la estabilización de taludes en carreteras y obras civiles, y la prevención de erosión en áreas costeras y laderas pronunciadas. Su capacidad para adaptarse a diferentes condiciones y su alta eficiencia en la protección contra la erosión lo hacen una opción valiosa en proyectos de ingeniería hidráulica y geotécnica.

Figura N° 7

Gavión tipo colchón reno.



Nota. Herrera & Vásquez, 2020.

Tabla 9*Dimensiones del gavión tipo colchón reno.*

Colchones Reno®				
Dimensiones Estándar			Área [m²]	Diafragmas
Largo [m]	Ancho [m]	Altura [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

*Nota. Herrera & Vásquez, 2020.***Tolerancia en las medidas de gaviones**

La tolerancia en las medidas de gaviones se refiere a los límites de variación permitidos en las dimensiones y especificaciones de las estructuras de gaviones durante su fabricación y construcción. Es común que existan pequeñas variaciones en las medidas debido a diferentes factores, como el proceso de fabricación, el transporte y la manipulación de los materiales. Establecer tolerancias en las medidas ayuda a garantizar que las estructuras cumplan con los requisitos de diseño y funcionalidad, a pesar de estas pequeñas variaciones (García et al., 2019).

Las tolerancias en las medidas de gaviones pueden variar según las normativas, códigos de construcción o especificaciones del proyecto en particular. Algunos ejemplos de tolerancias comunes en las medidas de gaviones son:

1. Tolerancia en el tamaño de las celdas: La dimensión de las celdas de la malla metálica que forma los gaviones debe cumplir con ciertos

límites establecidos en el diseño. Una tolerancia típica podría ser de ± 5 mm en la medida de la apertura de la celda.

2. Tolerancia en las dimensiones de los gaviones: Las dimensiones totales de los gaviones, como la longitud, altura y ancho, también pueden tener tolerancias específicas. Por ejemplo, se podría permitir una variación de $\pm 1\%$ en la longitud y altura de los gaviones.
3. Tolerancia en el relleno: La cantidad de material de relleno (piedras o rocas) dentro de los gaviones también puede tener una tolerancia específica. Esto asegura que el gavión tenga la cantidad adecuada de relleno para cumplir con los requisitos de estabilidad y resistencia.
4. Tolerancia en las conexiones y refuerzos: En algunos casos, las tolerancias también se aplican a las conexiones entre los paneles de malla y los refuerzos, para asegurar que la estructura sea adecuadamente ensamblada.

Es importante que los fabricantes y contratistas de gaviones sigan las tolerancias especificadas en los planos de diseño y las especificaciones del proyecto para garantizar la calidad y funcionalidad de las estructuras. Las tolerancias adecuadas ayudan a evitar problemas de construcción, aseguran la consistencia y calidad de los gaviones y facilitan una correcta instalación en el sitio de la obra. Asimismo, es esencial que los ingenieros y responsables de la obra verifiquen que las medidas de los gaviones cumplan con las tolerancias establecidas antes de su instalación y uso en el proyecto (García et al., 2019).

Estado de protección

El estado de protección de gaviones hace referencia al nivel de conservación, mantenimiento y eficiencia de las estructuras de gaviones instaladas en un proyecto hidráulico o geotécnico. Es esencial asegurarse de que los gaviones estén en buenas condiciones para que cumplan adecuadamente con su función de estabilizar taludes, proteger riberas y controlar la erosión (Alvarado & Gómez, 2020).

El estado de protección de gaviones puede evaluarse considerando varios aspectos:

1. **Integridad estructural:** Se debe verificar que las cestas o módulos de los gaviones no presenten daños, como roturas en la malla metálica o deformaciones que afecten su estabilidad. Cualquier daño debe ser reparado adecuadamente.
2. **Erosión y desgaste:** Es importante inspeccionar el nivel de erosión o desgaste que puedan presentar las piedras o rocas en el interior de los gaviones. La pérdida significativa de material puede disminuir la eficiencia de la estructura, por lo que se debe reponer el relleno o realizar el mantenimiento necesario.
3. **Conexiones y amarres:** Las conexiones entre los módulos de los gaviones deben estar bien aseguradas y en buenas condiciones. Si hay amarres o alambres de acero sueltos o corroídos, deben ser reparados o reemplazados para garantizar la estabilidad de la estructura.
4. **Vegetación y revegetación:** En algunos casos, los gaviones pueden ser utilizados en proyectos de bioingeniería donde se fomenta el crecimiento de vegetación en su interior. Se debe evaluar el estado de

la vegetación y, si es necesario, realizar actividades de revegetación para fortalecer la protección.

5. Control de erosión aguas abajo: Es importante verificar si el flujo del agua está erosionando la base de los gaviones y aguas abajo. Si es necesario, pueden requerirse medidas adicionales de protección, como defensas ribereñas o enrocados.

El mantenimiento y monitoreo periódico del estado de protección de los gaviones son fundamentales para asegurar su buen funcionamiento a lo largo del tiempo. El envejecimiento y las condiciones ambientales pueden afectar la eficiencia de los gaviones, por lo que es necesario tomar medidas preventivas y correctivas para preservar su integridad y garantizar que continúen brindando protección adecuada a las áreas y estructuras que resguardan. Los responsables de la gestión de proyectos hidráulicos y geotécnicos deben implementar planes de mantenimiento adecuados para asegurar la durabilidad y eficacia de los gaviones en el largo plazo. Se maneja 3 criterios: sin daños, daños medios y con daños permanentes (Alvarado & Gómez, 2020).

Condiciones del alambre:

El alambre de gaviones es un componente clave en la construcción de estas estructuras y su calidad es crucial para garantizar la resistencia y durabilidad de los gaviones. Las condiciones del alambre de gaviones deben cumplir con ciertos requisitos para asegurar una adecuada función y protección en proyectos hidráulicos y geotécnicos. Algunas de las condiciones importantes del alambre de gaviones son las siguientes:

1. **Material:** El alambre de gaviones generalmente está hecho de acero galvanizado para proporcionar protección contra la corrosión. El galvanizado es un proceso que recubre el alambre con una capa de zinc para evitar el deterioro debido a la exposición al agua y ambientes corrosivos.
2. **Diámetro:** El diámetro del alambre es un factor determinante en la resistencia y rigidez de los gaviones. Debe cumplir con los requisitos especificados en los planos de diseño y especificaciones del proyecto.
3. **Resistencia a la tracción:** La resistencia a la tracción del alambre es la capacidad del material para soportar fuerzas de tensión sin romperse. Debe cumplir con los valores de resistencia especificados en las normativas y códigos de construcción.
4. **Flexibilidad:** El alambre de gaviones debe ser lo suficientemente flexible para permitir el ensamblaje y doblado de las cestas o módulos durante la construcción. Esta flexibilidad facilita la instalación en áreas con geometrías irregulares.
5. **Uniformidad:** El alambre debe tener una sección transversal uniforme y libre de irregularidades o deformaciones. Esto asegura la calidad y consistencia en la fabricación y construcción de los gaviones.
6. **Resistencia a la corrosión:** Como los gaviones están en contacto con el agua y la humedad, el alambre debe tener una buena resistencia a la corrosión para garantizar la integridad de la estructura a lo largo del tiempo.
7. **Conexiones:** El alambre de gaviones debe permitir conexiones seguras y resistentes entre los módulos de la estructura. Se utilizan

amarres y alambres adicionales para asegurar la estabilidad y resistencia del gavión.

El cumplimiento de estas condiciones es esencial para asegurar que los gaviones cumplan con su función de protección y estabilización en proyectos hidráulicos y geotécnicos. Es fundamental utilizar alambre de calidad y seguir las especificaciones del diseño y las normativas para garantizar la resistencia, durabilidad y eficacia de los gaviones en su aplicación específica. Además, el monitoreo y mantenimiento periódico de las condiciones del alambre de gaviones es necesario para detectar y corregir posibles problemas y asegurar la integridad de las estructuras a lo largo del tiempo. Igualmente que el estado anterior este criterio se adapta a 3 aspectos: sin daños, daños medios y con daños permanentes (Castillo & Ramírez (2018).

Diámetro del alambre

El diámetro del alambre de gaviones se refiere al grosor o espesor del alambre utilizado en la fabricación de las cestas o módulos que forman las estructuras de gaviones. Es un factor crucial que influye en la resistencia, estabilidad y durabilidad de los gaviones (Herrera & Vásquez, 2020).

El diámetro del alambre se mide en milímetros (mm) y puede variar según el tipo de gavión, el tamaño de la malla y los requisitos específicos del proyecto. En general, los diámetros de alambre más comunes para gaviones están en el rango de 2.0 mm a 4.0 mm.

Algunos aspectos a considerar respecto al diámetro del alambre de gaviones son los siguientes:

1. Resistencia: A medida que el diámetro del alambre aumenta, también lo hace su resistencia a la tracción. Es decir, alambres con mayor diámetro pueden soportar mayores fuerzas de tensión sin romperse.
2. Flexibilidad: Alambres de menor diámetro son más flexibles y fáciles de doblar y ensamblar durante la construcción de los gaviones, especialmente en terrenos con geometrías irregulares.
3. Durabilidad: Alambres de mayor diámetro tienden a ser más resistentes a la corrosión y al desgaste, lo que contribuye a una mayor durabilidad de los gaviones.
4. Costo: El diámetro del alambre también puede afectar el costo de fabricación de los gaviones, siendo alambres más gruesos generalmente más costosos.

La elección del diámetro del alambre de gaviones dependerá de los requisitos específicos del proyecto, las condiciones del sitio y las cargas que la estructura deberá soportar. En proyectos con altas cargas hidrostáticas o de taludes inclinados, puede ser necesario utilizar alambres de mayor diámetro para garantizar la estabilidad y resistencia del gavión. Por otro lado, en áreas con requerimientos menos exigentes, alambres de menor diámetro pueden ser suficientes y más fáciles de manejar durante la construcción.

Es importante seguir las especificaciones y recomendaciones del fabricante y/o ingeniero de diseño para asegurar que el diámetro del alambre utilizado sea el adecuado para el tipo de gavión y las condiciones específicas del proyecto. Además, el monitoreo periódico del estado del alambre durante la vida útil de los gaviones es esencial para detectar

posibles daños o desgaste y realizar las acciones de mantenimiento necesarias (Herrera & Vásquez, 2020).

Huecos de abertura

Los huecos de abertura de gaviones hacen referencia al tamaño de las aperturas en la malla metálica que forma las cestas o módulos de los gaviones. Estos huecos determinan el tamaño de las celdas y tienen un papel importante en la eficiencia y funcionalidad de las estructuras.

El tamaño de los huecos de abertura se mide generalmente en milímetros (mm) y puede variar según el diseño del gavión y los requisitos específicos del proyecto. Los tamaños de huecos más comunes para gaviones están en el rango de 50 mm a 100 mm, aunque pueden ser más grandes o más pequeños dependiendo de la aplicación y las necesidades de la obra (Castillo & Ramírez, 2018).

Algunos aspectos a considerar respecto a los huecos de abertura de gaviones son los siguientes:

1. Estabilidad: Huecos más pequeños brindan mayor estabilidad y resistencia a la estructura, ya que reducen la posibilidad de deslizamientos y pérdida de relleno.
2. Control de erosión: Tamaño de huecos adecuado permite el paso del agua y evita la acumulación de presiones hidrostáticas, lo que ayuda a controlar la erosión y el desgaste del relleno.
3. Facilidad de relleno: Huecos de abertura más grandes pueden facilitar el proceso de relleno de los gaviones, especialmente cuando se utilizan rocas o piedras de mayor tamaño.

4. Función de filtración: En ciertas aplicaciones, el tamaño de los huecos puede influir en la capacidad de filtración del gavión, permitiendo el paso de agua y evitando la acumulación de sedimentos.

La elección del tamaño de los huecos de abertura dependerá de los requerimientos específicos del proyecto, el tipo de gavión utilizado y las condiciones hidráulicas y geotécnicas del sitio. Los ingenieros de diseño considerarán factores como el caudal del agua, la erosión potencial, el tamaño del material de relleno y las cargas que el gavión deberá soportar.

Es importante seguir las especificaciones y recomendaciones del fabricante o ingeniero de diseño para asegurar que el tamaño de los huecos sea el adecuado para el tipo de gavión y las condiciones específicas del proyecto. Asimismo, el monitoreo periódico del estado de los huecos durante la vida útil de los gaviones es fundamental para detectar posibles problemas, como obstrucciones o deformaciones de la malla, y realizar las acciones de mantenimiento necesarias (Castillo & Ramírez, 2018).

El orificio podrá ser de tipo (DxH) 5x7, 6x8, 8x10, 10x12, 12x14, según norma ASTM A975.

Predimensionamiento del gavión

Altura del gavión

Se emplea la siguiente expresión para determinar la altura total del gavión:

$$H_g = BL + Y \dots\dots\dots(1.17)$$

H_g = Altura total del gavión (m)
 Y = Tirante máximo (m)

BL = Borde libre

Bases del gavión

Es posible realizar un pre dimensionamiento del ancho de la base de la siguiente forma:

$$B \geq 1/2 (1 + Hg) \dots \dots \dots (1.18)$$

El cálculo de la longitud de tendido de los colchones se puede realizar utilizando la siguiente expresión:

$$Lc = (1.50 \text{ a } 2.00) * \Delta S \dots \dots \dots (1.19)$$

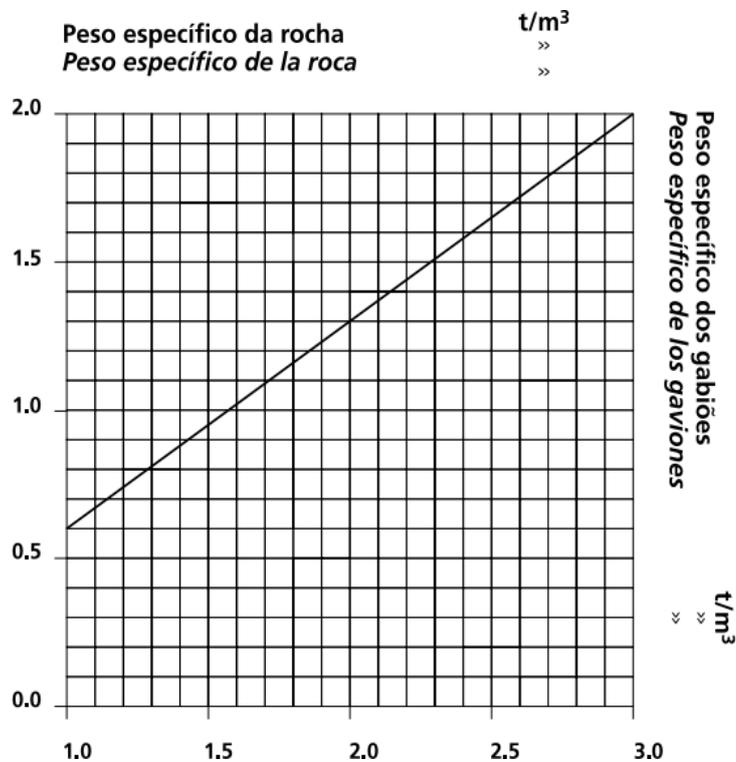
ΔS = Profundidad de socavación (m)

Material de relleno

El peso específico del gavión está relacionado con el peso específico del material de relleno. La siguiente tabla muestra esta relación.

Figura N° 8.

Ábaco para el peso específico del gavión.



Nota. Castillo & Ramírez, 2018.

1.2.8. Muros de contención

Los muros de contención son estructuras diseñadas y construidas para resistir las fuerzas laterales del suelo y mantener la estabilidad de una superficie inclinada o un talud. Estos muros son ampliamente utilizados en proyectos de ingeniería civil y geotécnica para crear plataformas estables en áreas con terrenos inclinados, evitar deslizamientos de suelo y proteger infraestructuras cercanas (García et al., 2019).

Existen diferentes tipos de muros de contención, cada uno con características específicas para adaptarse a diversas condiciones geotécnicas y requerimientos del proyecto. Algunos de los tipos más comunes son:

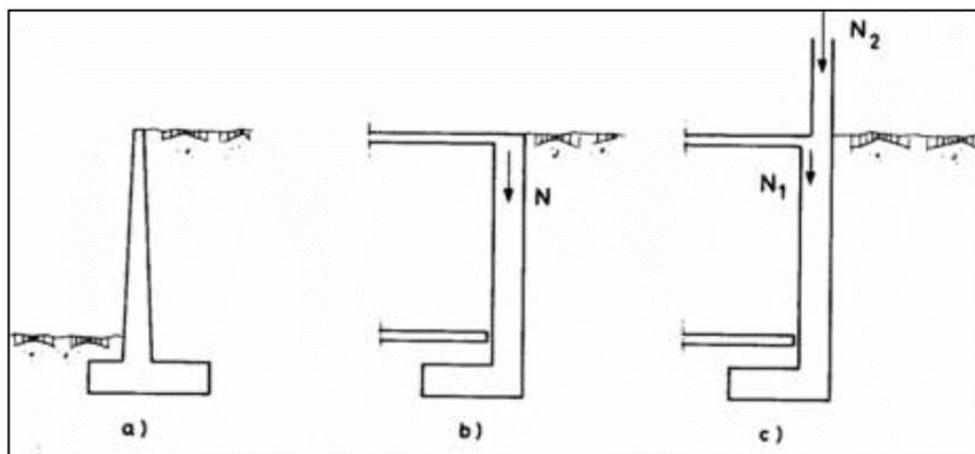
1. **Muros de gravedad:** Estos muros son masivos y se construyen con hormigón o piedra. Su propio peso es utilizado para contrarrestar las fuerzas del suelo y proporcionar estabilidad.
2. **Muros de retención de suelo armado:** Estos muros combinan elementos de tierra con elementos estructurales, como geotextiles y geomallas, para crear una estructura estable y resistente.
3. **Muros de gaviones:** Estos muros utilizan cestas de malla metálica rellenas de piedras o rocas. Esta configuración les confiere resistencia y flexibilidad, especialmente adecuada para áreas con suelos no cohesivos.
4. **Muros de concreto reforzado:** Son estructuras de concreto armado diseñadas para soportar grandes cargas y proporcionar una mayor estabilidad en terrenos con elevada presión de tierras.
5. **Muros de pilotes:** Estos muros se construyen mediante la colocación de pilotes profundos en el suelo y luego se refuerzan con vigas y paneles, adecuados para áreas con suelos de baja capacidad de carga.

La elección del tipo de muro de contención dependerá de factores como la altura del muro, el tipo de suelo, la carga aplicada y las condiciones ambientales. El diseño y construcción de los muros de contención requieren el análisis detallado del suelo y las cargas para asegurar su efectividad y seguridad a lo largo del tiempo. Además, el drenaje adecuado y la consideración de factores como la erosión y la presión hidrostática son fundamentales para la estabilidad y durabilidad de estos muros (García et al., 2019).

En la ingeniería civil, los muros de contención desempeñan un papel crucial en la protección de infraestructuras y en la estabilización de terrenos para el desarrollo de proyectos de construcción y obras civiles. Su diseño y construcción requieren la participación de ingenieros especializados y la implementación de técnicas y materiales adecuados para garantizar su correcto funcionamiento y seguridad.

Figura N° 9.

Tipos de muros.



Nota. García et al., 2019.

2.2.8.1. Aplicación de las teorías de la presión lateral de tierra al diseño

La aplicación de las teorías de presión lateral de tierra al diseño es fundamental en la ingeniería civil y geotécnica para la planificación y construcción de estructuras como muros de contención, muros de tierra, excavaciones y otros sistemas de retención de suelos (García et al., 2019).

Las teorías de presión lateral de tierra, también conocidas como teorías de empuje de tierras, se basan en el estudio de las fuerzas y momentos que actúan sobre un muro o estructura de contención debido a la presión ejercida por el suelo contenido detrás de él. Estas teorías permiten calcular y predecir la magnitud y distribución de las fuerzas de empuje, lo que es crucial para diseñar estructuras estables y seguras (García et al., 2019).

Algunas de las teorías más comunes utilizadas para el diseño de estructuras de contención son:

1. Teoría de Rankine: Esta teoría considera que la presión lateral del suelo es pasiva y se ejerce en una superficie plana detrás del muro de contención. Se utiliza para calcular la presión en muros de gravedad.
2. Teoría de Coulomb: Esta teoría considera que la presión lateral del suelo es activa y se ejerce en una superficie inclinada detrás del muro de contención. Se aplica en el diseño de muros de tierra armada y otros sistemas de retención con refuerzos.
3. Teoría de Terzaghi: Esta teoría se basa en el concepto de presión lateral pasiva y activa, considerando la cohesión del suelo. Es ampliamente utilizada en el diseño de muros de contención con suelos cohesivos.

La aplicación de estas teorías implica el análisis de las características del suelo, como su tipo, cohesión, ángulo de fricción y densidad, para determinar los parámetros que influirán en las presiones laterales. Además, se deben considerar factores como la geometría del muro, la altura, la inclinación, las cargas aplicadas y las condiciones del sitio.

Mediante la aplicación de las teorías de presión lateral de tierra al diseño, los ingenieros pueden determinar la resistencia requerida para la estructura de contención y la selección adecuada de materiales y refuerzos. Esto garantiza la seguridad y estabilidad de las obras, protege contra deslizamientos y asegura la integridad a largo plazo de las estructuras en proyectos de ingeniería geotécnica y civil.

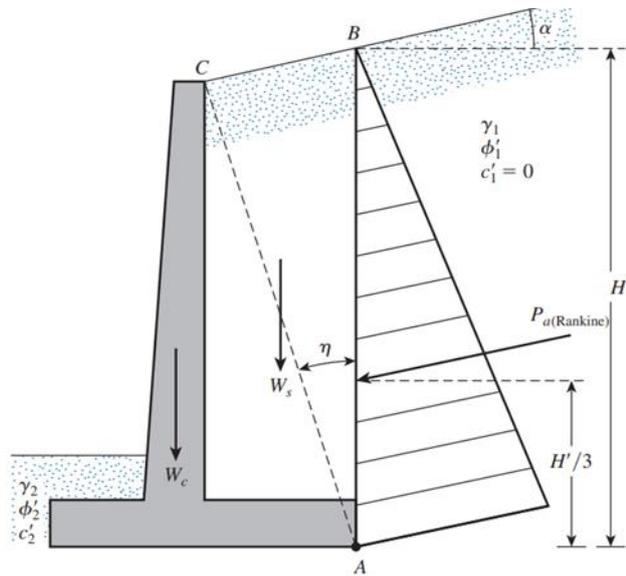
El punto, h, que forma la línea AC con la vertical es

$$n = 45 + \frac{\alpha}{2} + \frac{\phi}{2} - \frac{1}{2} \text{sen}^{-1} \left(\frac{\text{sen } \alpha}{\text{sen } \phi} \right)$$

Se pueden emplear dos enfoques para analizar las paredes de gravedad, tal como se muestra en la Figura 11. Uno de ellos consiste en un examen comparativo, mientras que el otro se basa en la hipótesis de la presión dinámica de la tierra de Coulomb. En este último caso, las fuerzas principales consideradas son Pa (Coulombio) y la carga del muro, Wc.

Figura N° 10

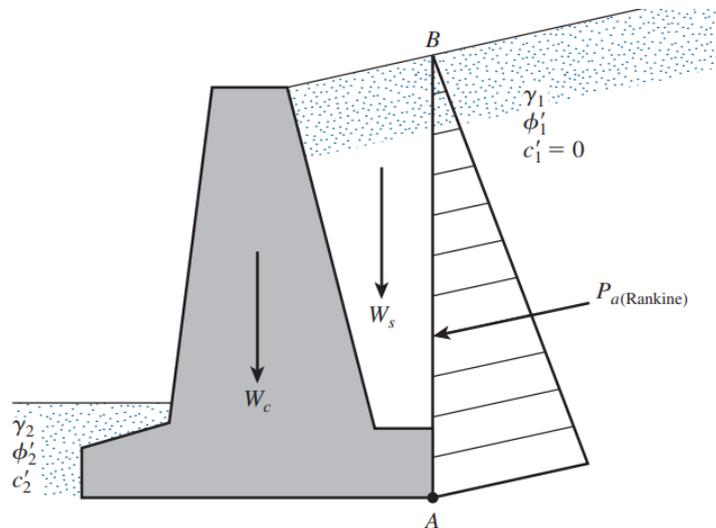
Presión lateral en un muro en voladizo.



Nota. García et al., 2019.

Figura N° 11

Presión lateral en un muro de gravedad.



Nota. García et al., 2019.

Un muro de retención puede fallar de diversas formas debido a diferentes factores y condiciones. Algunas de las principales formas en las que un muro de retención puede fallar son las siguientes:

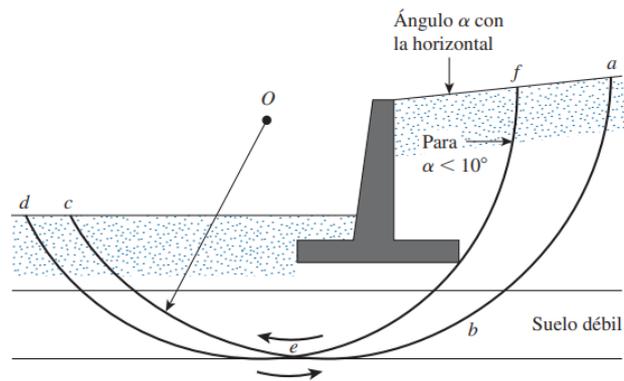
1. Deslizamiento: El deslizamiento ocurre cuando la base del muro pierde su capacidad de resistencia al empuje lateral del suelo, lo que provoca que el muro se desplace hacia abajo o hacia fuera. Esto puede suceder si la base del muro no está bien cimentada o si el suelo detrás del muro se vuelve inestable.
2. Volcamiento: El volcamiento se produce cuando la estabilidad lateral del muro se ve comprometida y el muro se inclina o vuelca sobre su lado. Esto puede ocurrir si la altura del muro es excesiva en relación con su base, o si la fuerza de empuje lateral del suelo supera la resistencia del muro.
3. Rotura: La rotura se refiere al colapso del muro debido a la ruptura de los materiales o elementos estructurales que lo componen. Puede deberse a la falta de refuerzos adecuados, materiales de baja calidad o errores en la construcción.
4. Erosión: La erosión del suelo detrás del muro puede debilitar su base y causar un colapso gradual. Esto suele ocurrir en muros construidos en áreas sujetas a fuertes flujos de agua o inundaciones.
5. Sobrecarga: La aplicación de cargas adicionales o sobrecargas en la parte superior del muro puede superar su capacidad de carga, provocando fallas en la estructura.
6. Problemas de drenaje: La acumulación de agua detrás o dentro del muro puede aumentar la presión hidrostática y debilitar su estabilidad.

La prevención de estas fallas es fundamental en el diseño y construcción de muros de retención. Los ingenieros geotécnicos deben considerar adecuadamente los factores geológicos, hidrológicos y

estructurales, así como implementar técnicas de drenaje y refuerzo apropiadas para garantizar la estabilidad y seguridad del muro a lo largo del tiempo. El monitoreo y mantenimiento periódico también son esenciales para detectar posibles problemas y realizar acciones correctivas antes de que ocurran fallas potencialmente peligrosas (Chávez & Sotomayor, 2020).

Figura N° 12

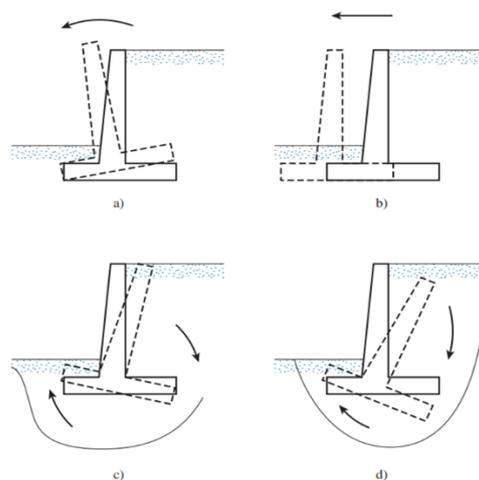
Falla cortante por asentamiento.



Nota. Chávez & Sotomayor, 2020.

Figura N° 13

Fallas de un muro de retención.



Nota. Chávez & Sotomayor, 2020.

La figura 12 ilustra las fuerzas que afectan a un muro de retención en voladizo y otro de gravedad, basándose en la suposición de que la presión activa de Rankine actúa a lo largo del plano vertical AB, trazado a través del talón de la estructura. En dicha figura, P_p representa la presión pasiva de Rankine, recordando que su magnitud se determina según la ecuación (7.63).

$$P_p = \frac{1}{2} K_p Y_p D^2 + 2c_2^1 \sqrt{K_p} D$$

Donde

Y^2 = peso específico del suelo en frente del talón y bajo la losa de base

K = coeficiente de presión pasiva de tierra de Rankine $5 \tan^2 (45 - \frac{1}{2} \phi)$

c_2^1 = cohesión y ángulo de fricción efectivo del suelo, respectivamente

El factor de seguridad contra el volcamiento con respecto a la puntera, es decir, en referencia al punto C en la figura 8.7, puede ser expresado como...

$$FS_{(volcamiento)} = \frac{\Sigma M_R}{\Sigma M_0}$$

Donde

ΣM_R = suma de los momentos de las fuerzas que tienden a volcar el muro respecto al punto C

ΣM_0 = suma de los momentos de las fuerzas que tienden a resistir el volcamiento del muro respecto al punto C.

El momento de volcamiento es

$$\Sigma M_0 = P_h \left(\frac{H'}{3} \right)$$

1.2.9. Estabilidad y protección (muros y gaviones)

La estabilidad y protección en muros y gaviones son aspectos fundamentales en la ingeniería civil y geotécnica para garantizar la seguridad y durabilidad de las estructuras, así como proteger áreas adyacentes contra la erosión y deslizamientos. A continuación, se describen estos conceptos:

Estabilidad:

La estabilidad en muros y gaviones se refiere a la capacidad de las estructuras para resistir las fuerzas externas y mantener su integridad en diferentes condiciones y cargas. Los muros de contención deben ser diseñados y construidos de manera que puedan soportar el empuje lateral del suelo y otros posibles factores, como cargas sísmicas y sobrecargas. Es esencial considerar factores como el tipo de suelo, el ángulo de fricción, la cohesión y las condiciones hidrológicas al evaluar la estabilidad de estas estructuras. El análisis de estabilidad se realiza mediante métodos de cálculo geotécnico y se buscan factores de seguridad adecuados para prevenir posibles deslizamientos, volcamientos o colapsos (Chávez & Sotomayor, 2020).

Protección:

En cuanto a la protección, los muros y gaviones desempeñan un papel importante en la prevención de la erosión del suelo y la protección de áreas vulnerables. Los gaviones, especialmente, son efectivos en la protección de riberas de ríos y costas, ya que actúan como barreras contra el impacto del agua y evitan la erosión del suelo. Además, los gaviones favorecen el control del flujo de agua, evitando inundaciones y preservando el cauce natural de los ríos. Por otro lado, los muros de contención pueden proteger infraestructuras y terrenos de movimientos

del suelo, previniendo daños a edificaciones y vías de comunicación (Pérez et al., 2018).

La adecuada estabilidad y protección en muros y gaviones se logra a través de un diseño y construcción cuidadosos, utilizando materiales apropiados y técnicas adecuadas de drenaje y refuerzo. Es esencial contar con profesionales especializados en geotecnia y seguir las normativas y códigos de construcción para asegurar que estas estructuras cumplan con su función y sean seguras y efectivas a lo largo del tiempo. El monitoreo y mantenimiento periódico también son esenciales para detectar posibles problemas y tomar medidas correctivas oportunas.

Los gaviones, al igual que otras estructuras, pueden sufrir diferentes tipos de rotura o fallos, especialmente si no son diseñados, construidos o mantenidos adecuadamente. Algunos de los tipos de rotura más comunes en gaviones son los siguientes:

Rotura de la malla:

La malla metálica que compone los gaviones está expuesta a factores ambientales como la humedad, la salinidad y la corrosión. Con el tiempo, la malla puede corroerse, especialmente en áreas cercanas a cuerpos de agua salada o ambientes industriales. También pueden ocurrir daños mecánicos durante la instalación o por impactos externos. Si la malla se debilita o se rompe, el relleno de piedras puede escapar a través de los huecos, lo que afecta la capacidad de carga y la estabilidad del gavión (Campos & López, 2021).

Desgaste del alambre:

El alambre utilizado para sujetar y conectar las mallas también puede sufrir desgaste con el tiempo. La exposición a la intemperie y a los cambios de temperatura puede debilitar el alambre, lo que afecta la tensión y su capacidad para

mantener unidas las mallas. El desgaste del alambre puede llevar a roturas en los puntos de conexión, causando el colapso parcial o total del gavión (Campos & López, 2021).

Erosión interna:

Cuando los gaviones se utilizan en áreas con flujos de agua, especialmente si esas aguas contienen sedimentos finos, puede ocurrir erosión interna del relleno de piedras. El flujo de agua arrastra los sedimentos entre las piedras, debilitando la estructura y disminuyendo su capacidad de soporte. La erosión interna es un fenómeno insidioso, ya que no es fácilmente detectable a simple vista, pero puede llevar a un deterioro significativo del gavión con el tiempo (Campos & López, 2021).

Volcamiento:

Los gaviones pueden volcar si no están correctamente anclados al suelo o si están sometidos a presiones hidrostáticas intensas (Campos & López, 2021). Esto puede ocurrir en áreas cercanas a ríos, canales o lagos, especialmente durante eventos de inundación. Si la fuerza de empuje del agua supera la resistencia del gavión, puede provocar su volcamiento y la pérdida de su función de contención.

Sobrecarga:

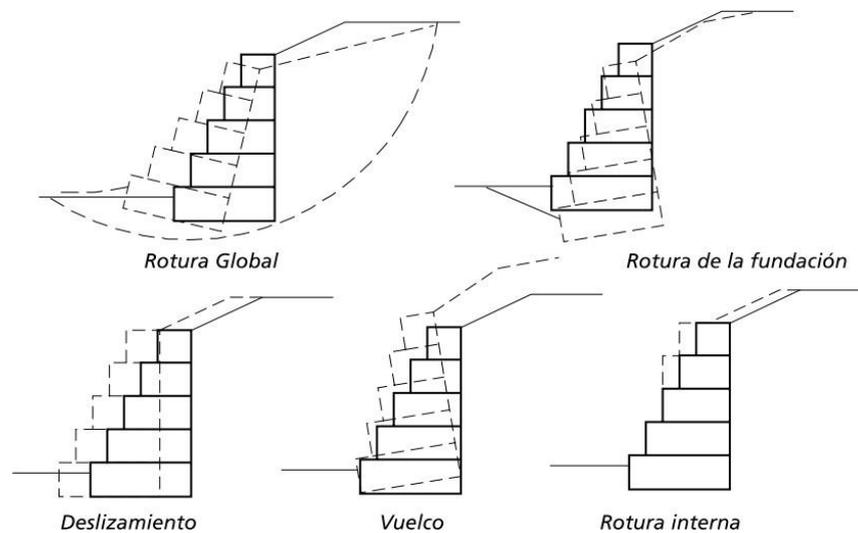
La sobrecarga ocurre cuando los gaviones son sometidos a cargas o presiones que exceden su capacidad de diseño. Esto puede suceder debido a una mala planificación o especificación de los gaviones, o cuando se utilizan inadecuadamente para propósitos para los cuales no fueron diseñados. La sobrecarga puede llevar a la deformación o rotura de los gaviones, comprometiendo su estabilidad (Díaz & Martínez, 2021).

Daños estructurales:

Los gaviones pueden ser dañados por golpes o impactos fuertes, ya sea por accidentes durante la construcción o debido a acciones vandálicas. Los daños estructurales pueden afectar la integridad de los gaviones y comprometer su capacidad de contención y estabilidad (Díaz & Martínez, 2021).

Figura N° 14

Tipos de rotura de muros de gaviones.



Nota. Díaz & Martínez, 2021.

El cálculo de la presión activa se realiza utilizando la metodología de Coulomb, la cual se expresa de la siguiente manera:

$$E = \frac{1}{2} \gamma H^2 \frac{\cos^2(\varphi - \delta)}{\cos^2(\omega) \cos(\delta + \varphi) \times \left[1 + \frac{\sin(\delta + \varphi) \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\delta + \omega) \cos(\omega - \beta)} \right]^2} \dots (1.20)$$

Donde:

E = Empuje activo maximo, según Coulomb

H = Altura del terreno

γ = Peso especifico del terreno

ϕ = Angulo de friccion interna del suelo

ω = Angulo formado entre el respaldo del muro y el vertical

β = Angulo formado entre la superficie plana del terreno y la horizontal

Cuando $\beta = 0$ es recto el $\omega = 0$, como el material de relleno se encuentra de forma horizontal, esta expresión se simplifica a:

$$E_A = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_A \dots\dots\dots (1.21)$$

$$K_A = \frac{\cos^2(\phi)}{\cos(\delta) \times \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi)\sin(\phi)}{\cos(\delta)}} \right]^2} \dots\dots\dots (1.22)$$

Donde:

K_A = Coeficiente de Empuje Activo del Suelo

En terrenos compuestos por material cohesivo, el factor interviene perceptiblemente en el cálculo de la presión activa. Sin embargo, en muchos casos, se suele despreciar el cálculo de esta presión.

$$E_A = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_A - 2cH(K_A)^{1/2} \dots\dots\dots (1.23)$$

H = Altura del terreno

K_A = Coeficiente de Empuje Activo del Suelo

γ = Peso especifico del terreno

c = Cohesion del relleno

El equilibrio de estas estructuras está estrechamente relacionado con la estabilidad ante deslizamientos y vuelcos.

$$\text{F.S. VUELCO} = \frac{\Sigma M_0 \text{ FUERZAS ESTABILIZANTES}}{\Sigma M_0 \text{ FUERZAS DESESTABILIZANTES}} \geq \dots\dots\dots (1.24)$$

$$\text{F.S. DESLIZAMIENTO} = \frac{\Sigma F_H \text{ RESISTENTES}}{\Sigma F_H \text{ ACTUANTES}} \geq 1.5 \dots\dots\dots (1.25)$$

1.2.10. Softwares de Diseño

1.2.10.1. Programa geotécnico Geo5

Geo5 es un conjunto de programas geotécnicos desarrollados por la empresa Fine Ltd. que proporcionan herramientas para el análisis y diseño de diversas estructuras geotécnicas. Estos programas son ampliamente utilizados por ingenieros geotécnicos, geólogos y otros profesionales del campo de la ingeniería civil para realizar cálculos y tomar decisiones en proyectos de construcción, geotecnia y geología (Molina et al., 2018).

El paquete Geo5 incluye una variedad de programas específicos para diferentes tipos de estructuras geotécnicas, como muros de contención, cimentaciones, taludes, estabilidad de pendientes, análisis de asentamientos, diseño de pilotes y muros de gaviones, entre otros. Cada programa está diseñado para abordar problemas específicos, proporcionando soluciones rápidas y precisas para distintas condiciones geotécnicas.

Las principales características de Geo5 incluyen:

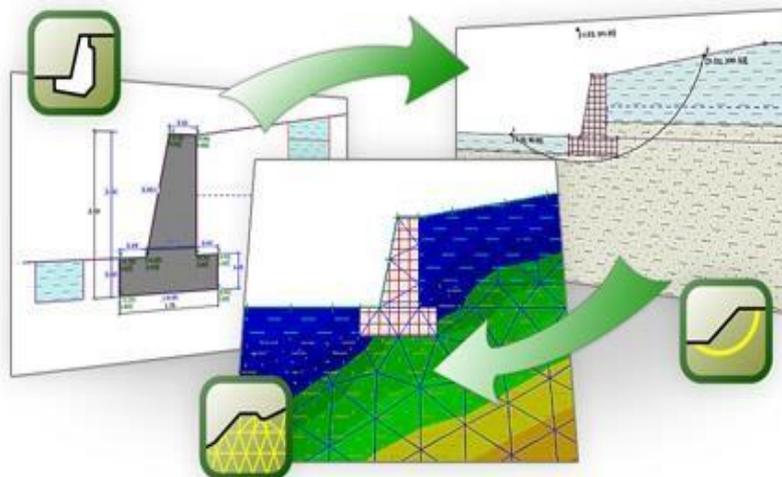
1. Interfaz gráfica amigable: Los programas de Geo5 tienen una interfaz gráfica intuitiva que facilita el ingreso de datos y la visualización de resultados.

2. Análisis basado en métodos estándar: Geo5 utiliza métodos geotécnicos bien establecidos y reconocidos internacionalmente para el análisis y diseño de estructuras, garantizando resultados confiables.
3. Modelado tridimensional: Algunos programas de Geo5 permiten el modelado en 3D, lo que brinda una visión más completa y realista del comportamiento del suelo y las estructuras.
4. Cálculos automáticos y manuales: Geo5 proporciona cálculos automáticos para facilitar la tarea del ingeniero, pero también ofrece la opción de realizar ajustes manuales cuando sea necesario.
5. Informes detallados: Los resultados obtenidos en Geo5 pueden presentarse en informes detallados y claros, lo que facilita la comunicación de los hallazgos a los clientes y colegas.
6. Actualizaciones regulares: Fine Ltd. mantiene Geo5 actualizado y mejora sus funcionalidades de manera constante, incorporando avances tecnológicos y nuevas soluciones geotécnicas.

Geo5 es una herramienta poderosa que ahorra tiempo y mejora la precisión en el diseño geotécnico. Su versatilidad y amplia gama de programas hacen que sea una opción popular para profesionales de la ingeniería civil que trabajan en proyectos geotécnicos en todo el mundo. Sin embargo, es importante que los usuarios tengan el conocimiento adecuado para interpretar y aplicar correctamente los resultados obtenidos (Molina et al., 2018).

Figura N° 15

Diferentes análisis del programa Geo5.



Molina et al., 2018.

1.2.11. Dimensiones

1.2.11.1. Nivel de vulnerabilidad

El nivel de vulnerabilidad se refiere al grado de susceptibilidad o fragilidad de un elemento, sistema o entidad ante la ocurrencia de un evento o impacto adverso. En el contexto geotécnico y de ingeniería civil, el nivel de vulnerabilidad se utiliza para evaluar la probabilidad de que una estructura, infraestructura o área geográfica sea afectada negativamente por eventos naturales o provocados por el ser humano, como terremotos, inundaciones, deslizamientos de tierra, entre otros (Barboza, 2018).

El nivel de vulnerabilidad se analiza considerando factores como la ubicación geográfica, la resistencia y capacidad de carga de las estructuras, la calidad del suelo, el diseño y construcción, la preparación para desastres y la capacidad de recuperación. Cuanto mayor sea la vulnerabilidad, más propenso estará un sistema a sufrir daños o a no funcionar adecuadamente cuando se presente un evento adverso.

Evaluar y entender el nivel de vulnerabilidad es esencial para la toma de decisiones en la planificación urbana, el diseño de infraestructuras resilientes y la implementación de medidas de mitigación y adaptación. Al considerar la vulnerabilidad de una región o estructura, los profesionales pueden implementar estrategias adecuadas para reducir los riesgos y minimizar los impactos de eventos adversos, contribuyendo así a la seguridad y bienestar de las personas y sus bienes (Barboza, 2018).

Tipo de vivienda

El nivel de vulnerabilidad por el tipo de vivienda y su material se basa en la comprensión de cómo distintas características de las viviendas, como su diseño arquitectónico, su estructura y los materiales de construcción utilizados, influyen en su capacidad para resistir y recuperarse de eventos adversos, como desastres naturales o situaciones de riesgo. Esta consideración es esencial para la planificación de medidas de mitigación y adaptación que reduzcan los impactos y mejoren la resiliencia de las comunidades.

Aquí hay algunos puntos clave relacionados con el nivel de vulnerabilidad por el tipo de vivienda y su material:

1. **Diseño estructural:** El tipo de vivienda, ya sea una casa de un piso, un edificio alto o una vivienda en pendiente, tiene un impacto directo en su capacidad para soportar cargas externas. Las viviendas diseñadas para ser resistentes a los movimientos del suelo y a las fuerzas climáticas extremas son menos vulnerables.
2. **Materiales de construcción:** Los materiales utilizados en la construcción tienen un papel crucial en la resistencia de la vivienda.

Materiales de alta calidad y resistentes a la corrosión, como concreto reforzado, acero estructural y madera tratada, pueden aumentar la capacidad de la vivienda para soportar cargas y tensiones.

3. Ubicación: La ubicación de la vivienda en relación con factores como ríos, laderas empinadas o zonas propensas a inundaciones, también influye en su nivel de vulnerabilidad. Viviendas en áreas propensas a deslizamientos o inundaciones pueden requerir medidas especiales de diseño y construcción.
4. Calidad de la construcción: Además de los materiales, la calidad de la mano de obra y los métodos de construcción utilizados son cruciales. Una construcción deficiente puede debilitar la integridad de la vivienda, aumentando su vulnerabilidad.
5. Reforzamiento y adaptación: En áreas con riesgo elevado, es posible mejorar la resistencia de las viviendas a través de técnicas de reforzamiento y adaptación, como añadir refuerzos estructurales o elevar la vivienda sobre pilotes para prevenir inundaciones.
6. Educación y conciencia: La educación de los habitantes locales sobre prácticas seguras durante eventos adversos, así como la conciencia sobre los riesgos asociados con la ubicación y la construcción, también pueden reducir la vulnerabilidad.

Evaluar el nivel de vulnerabilidad por el tipo de vivienda y su material implica considerar la combinación de factores mencionados y aplicar medidas específicas para mejorar la resistencia y la capacidad de recuperación de las viviendas. Esto no solo protege la inversión de los

habitantes, sino que también contribuye a la seguridad y bienestar de las comunidades en su conjunto (Barboza, 2018).

La Tabla 10 presenta la descripción del indicador del tipo de vivienda para su análisis estadístico.

Tabla 10
Tipos de vivienda.

Tipo	Descripción
1	Concreto más de 2 pisos
2	Concreto de 2 pisos
3	Concreto de 1 piso
4	Adobe y madera

Nota. Elaboración propia.

Cercanía del cauce

El nivel de vulnerabilidad por la cercanía del cauce de un río se refiere a la evaluación de cuán susceptible es una zona o una estructura a sufrir daños o impactos adversos debido a su proximidad al lecho del río. Esta consideración es esencial en la planificación y gestión de áreas expuestas a riesgos fluviales, ya que la cercanía del cauce puede aumentar la exposición a inundaciones, erosión y otros eventos relacionados con el flujo de agua (Carrión & Zambrano, 2019).

Aquí hay algunos aspectos importantes relacionados con el nivel de vulnerabilidad por la cercanía del cauce:

1. **Riesgo de inundación:** Las áreas cercanas al cauce de un río son propensas a inundaciones durante eventos de crecida. La cercanía al cauce influye en el tiempo que lleva que el agua alcance las viviendas,

lo que puede dar más tiempo para evacuaciones y medidas de mitigación si la distancia es mayor.

2. Erosión: La acción del agua puede provocar la erosión del suelo en las áreas cercanas al cauce. Esto puede comprometer la estabilidad de las estructuras y provocar deslizamientos de tierra.
3. Sedimentación: La acumulación de sedimentos cerca del cauce puede aumentar el riesgo de inundaciones al reducir la capacidad de drenaje y almacenamiento de agua del río.
4. Inestabilidad del suelo: La cercanía del cauce puede estar asociada con suelos menos compactos y más susceptibles a la erosión, lo que puede afectar la estabilidad de las viviendas y otras infraestructuras.
5. Daños a la infraestructura: Las estructuras construidas cerca de un cauce pueden sufrir daños por la acción del agua y la presión hidrostática en eventos de inundación.
6. Reubicación: En algunos casos, las áreas vulnerables cercanas al cauce pueden ser consideradas inseguras para la construcción o la residencia humana, lo que puede llevar a la reubicación de comunidades para reducir el riesgo.

Evaluar el nivel de vulnerabilidad por la cercanía del cauce implica analizar las características del río, las condiciones del suelo, la altura de las viviendas en relación con el nivel del agua y la probabilidad de eventos extremos. Esto puede conducir a la implementación de medidas de zonificación, diseño estructural y planificación urbana que reduzcan el riesgo y mejoren la resiliencia de las comunidades expuestas a riesgos fluviales (Carrión & Zambrano, 2019).

Tabla 11.

Rangos de cercanía al cauce.

Cercanía	Descripción
1	Más de 500 m
2	Entre 200 y 500 m
3	Entre 100 y 200 m
4	Menor a 100 m

(Nota. Elaboración propia)

Diferencia de cotas

El nivel de vulnerabilidad por la diferencia de cotas entre el río y las viviendas se refiere a la evaluación del riesgo y la susceptibilidad de las viviendas a sufrir daños o impactos negativos debido a la diferencia de altitud entre las estructuras habitacionales y el nivel del agua en un río cercano. Esta consideración es esencial para comprender cómo la altura relativa de las viviendas con respecto al nivel del río afecta su exposición a inundaciones y otros eventos relacionados con el flujo de agua (Carrión & Zambrano, 2019).

Aquí hay algunos aspectos clave relacionados con el nivel de vulnerabilidad por la diferencia de cotas entre el río y las viviendas:

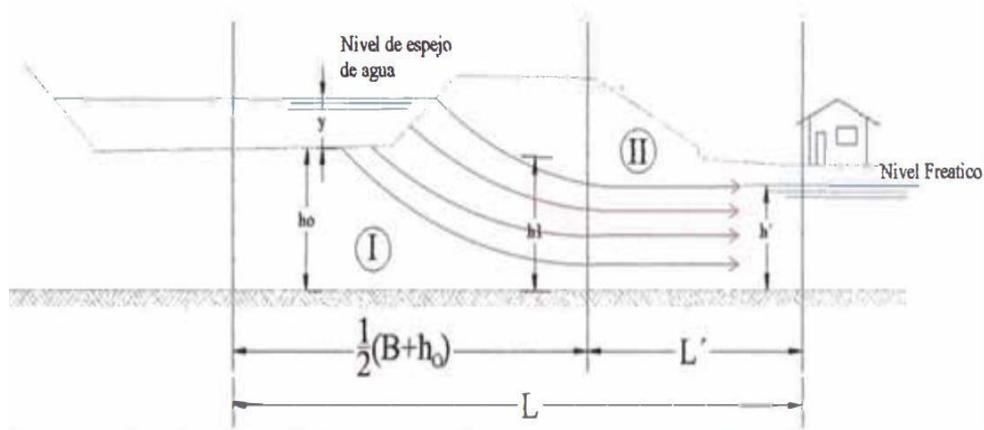
1. **Riesgo de inundación:** Las viviendas ubicadas a una cota más baja que el nivel del río tienen un mayor riesgo de inundación durante eventos de crecida. La diferencia de altitud determina la cantidad de tiempo que el agua necesita para alcanzar las viviendas, lo que puede influir en las medidas de mitigación y evacuación que se pueden tomar.

2. Nivel freático: La diferencia de cotas también afecta el nivel freático, que es el nivel superior del agua subterránea. Viviendas ubicadas en áreas con un nivel freático alto pueden experimentar inundaciones por capilaridad incluso si el río no crece.
3. Daños estructurales: La diferencia de altitud puede influir en la magnitud de los daños estructurales durante inundaciones. Viviendas a mayor altura pueden sufrir menos daños que aquellas más cercanas al nivel del río.
4. Zonificación y planificación: Las diferencias de cotas entre las viviendas y el río también pueden influir en la planificación urbana y la zonificación. Se pueden establecer áreas de construcción restringida en zonas bajas propensas a inundaciones.
5. Estrategias de mitigación: Evaluar la diferencia de cotas puede llevar a la implementación de medidas de mitigación, como la elevación de viviendas o la construcción de defensas ribereñas, para reducir el riesgo de inundaciones y proteger a la comunidad.
6. Evacuación: La altura relativa de las viviendas puede afectar la eficacia de las rutas de evacuación en caso de inundación, ya que las viviendas a mayor altura pueden tener más tiempo para evacuar.

Evaluar el nivel de vulnerabilidad por la diferencia de cotas entre el río y las viviendas implica un análisis detallado de las altitudes, los patrones de inundación históricos y los datos hidrológicos. Esta evaluación es esencial para tomar decisiones informadas en la planificación urbana y en la implementación de medidas de reducción de riesgos en áreas propensas a inundaciones.

Figura N° 16

Diferencias de cotas y proceso de infiltración.



Nota. Carrión & Zambrano, 2019.

Tabla 12.

Rangos para diferencias de cotas.

Diferencia de cota	Descripción
1	Por encima de 10 m
2	Entre 3 y 10 m encima del cauce
3	Entre 0 y 3 m encima del cauce
4	Al mismo nivel y/o por debajo del cauce

Nota. Elaboración propia.

En relación a los desbordes que provocan inundaciones, se refieren al fenómeno en el cual el agua del río excede su cauce normal y se extiende sobre áreas previamente secas, que suelen estar cerca de zonas habitadas, terrenos agrícolas y otros lugares que pueden verse afectados. Este evento se origina debido a diferencias de altitud entre el cauce del río y las zonas pobladas, así como a la falta de defensas ribereñas que puedan contener el agua.

Presencia de obras de protección

El nivel de vulnerabilidad por la presencia de obras de protección se refiere a la evaluación del grado de susceptibilidad de una comunidad o área a sufrir daños o impactos negativos debido a la existencia o ausencia de estructuras diseñadas para mitigar los efectos de eventos extremos, como inundaciones o desbordes de ríos. Estas obras de protección pueden incluir defensas ribereñas, diques, muros de contención u otras infraestructuras destinadas a reducir la exposición a riesgos relacionados con el agua (Herrera & Vásquez, 2020).

Aquí hay algunos puntos clave relacionados con el nivel de vulnerabilidad por la presencia de obras de protección:

1. **Efectividad de las Obras:** La existencia de obras de protección puede disminuir la vulnerabilidad de las áreas cercanas a ríos y cuerpos de agua. Estas estructuras pueden contener el agua y prevenir inundaciones, lo que reduce el riesgo para las viviendas y la infraestructura.
2. **Planificación y Diseño:** La planificación adecuada y el diseño de obras de protección son esenciales para asegurar su eficacia. Las estructuras deben ser dimensionadas y construidas teniendo en cuenta la magnitud de los eventos extremos y las características hidrológicas del área.
3. **Mantenimiento y Monitoreo:** Las obras de protección requieren un mantenimiento regular y un monitoreo constante para asegurarse de que sigan siendo efectivas. La falta de mantenimiento puede comprometer su capacidad para reducir los riesgos.

4. Complemento a la Adaptación: Las obras de protección son una parte importante de las estrategias de adaptación al cambio climático. Pueden ayudar a las comunidades a enfrentar eventos climáticos más intensos y frecuentes.
5. Efectos Secundarios: Aunque las obras de protección pueden reducir la vulnerabilidad, es importante considerar posibles efectos secundarios, como la alteración de los ecosistemas ribereños o la creación de "efectos de embudo" que concentren el agua en áreas no protegidas.
6. Costos y Beneficios: La implementación de obras de protección implica costos financieros y técnicos. Evaluar los beneficios en términos de reducción de daños y pérdidas en comparación con los costos de construcción y mantenimiento es crucial.

Evaluar el nivel de vulnerabilidad por la presencia de obras de protección implica analizar la calidad, el mantenimiento y la eficacia de estas estructuras en función de las amenazas específicas del área. Una planificación cuidadosa y la inversión en infraestructuras de protección pueden contribuir significativamente a la reducción de los riesgos de inundación y mejorar la resiliencia de las comunidades a eventos extremos (Herrera & Vásquez, 2020).

Fotografía N° 1.

Estado actual de las defensas ribereñas.



Nota. Tomada Paul, J. (2022)

Exposición física urbana

El nivel de vulnerabilidad por la exposición física urbana se refiere a la evaluación de qué tan propensas están las áreas urbanas a sufrir daños o impactos adversos debido a su ubicación y configuración en relación con amenazas naturales o eventos extremos. Esta consideración es esencial para comprender cómo la disposición de las estructuras y la infraestructura en zonas urbanas pueden aumentar o disminuir la susceptibilidad a riesgos como inundaciones, terremotos, deslizamientos de tierra y otros fenómenos (Herrera & Vásquez, 2020).

Algunos puntos clave relacionados con el nivel de vulnerabilidad por la exposición física urbana incluyen:

1. **Localización Geográfica:** La ubicación de las áreas urbanas en relación con cuerpos de agua, zonas costeras, laderas de montañas u otras

características geográficas puede influir en su nivel de exposición a amenazas naturales.

2. **Planificación Urbana:** La forma en que se planifican y diseñan las ciudades, incluyendo la distribución de edificios, calles y zonas verdes, puede afectar la vulnerabilidad de las áreas urbanas. Por ejemplo, áreas densamente pobladas y construcciones inadecuadas pueden aumentar el riesgo.
3. **Infraestructura Crítica:** La ubicación de infraestructuras críticas como hospitales, escuelas, centros de transporte y redes de suministro de agua y energía puede influir en la capacidad de la ciudad para enfrentar amenazas y recuperarse de ellas.
4. **Viviendas y Edificios:** La calidad de construcción, la resistencia sísmica y la altura de los edificios en áreas urbanas pueden determinar su capacidad para resistir eventos extremos como terremotos y vientos fuertes.
5. **Drenaje y Sistemas de Agua:** La capacidad de drenaje y la gestión de aguas pluviales pueden afectar la susceptibilidad a inundaciones en áreas urbanas.
6. **Gestión de Riesgos:** La implementación de medidas de gestión de riesgos, como defensas ribereñas, zonas de evacuación y sistemas de alerta temprana, puede reducir la vulnerabilidad de las áreas urbanas.
7. **Población Vulnerable:** La exposición física también se relaciona con la población que vive en áreas vulnerables, como asentamientos informales en zonas de alto riesgo.

Evaluar el nivel de vulnerabilidad por la exposición física urbana implica considerar la geografía, la planificación urbana, la infraestructura existente y la capacidad de respuesta de la comunidad. La identificación de áreas con alta exposición puede conducir a una planificación urbana más resiliente y a la implementación de estrategias de mitigación y adaptación para reducir los riesgos y mejorar la seguridad de las áreas urbanas (Herrera & Vásquez, 2020).

Exposición humana

El nivel de vulnerabilidad por la exposición humana se refiere a la evaluación de cómo las comunidades y poblaciones están expuestas a riesgos naturales y eventos extremos debido a su ubicación geográfica y a la distribución de asentamientos humanos. Esta consideración es fundamental para comprender cómo la densidad de población, la localización de viviendas, la infraestructura y la capacidad de respuesta influyen en la susceptibilidad de las personas a sufrir daños o impactos negativos (Gómez & Rojas, 2019).

Algunos aspectos clave relacionados con el nivel de vulnerabilidad por la exposición humana incluyen:

1. **Distribución de la Población:** La concentración de población en áreas urbanas, costeras o en zonas propensas a eventos naturales puede aumentar la exposición a riesgos como inundaciones, tormentas o terremotos.
2. **Asentamientos Informales:** Las comunidades asentadas en áreas marginales o sin planificación adecuada suelen estar más expuestas a riesgos debido a la falta de infraestructura y medidas de seguridad.

3. Migración: La migración hacia áreas de riesgo puede aumentar la exposición humana. Los migrantes a menudo se establecen en zonas vulnerables debido a limitaciones económicas y falta de opciones.
4. Acceso a Servicios Básicos: La falta de acceso a servicios básicos como agua potable, saneamiento y atención médica puede aumentar la vulnerabilidad de las poblaciones expuestas a eventos extremos.
5. Población Vulnerable: Grupos como niños, ancianos, personas con discapacidades y personas en situación de pobreza pueden ser más susceptibles debido a su capacidad limitada para prepararse y responder a situaciones de riesgo.
6. Infraestructura Crítica: La exposición humana también se relaciona con la ubicación de infraestructuras críticas como hospitales, escuelas y centros de evacuación en zonas de riesgo.
7. Conciencia y Educación: La comprensión de los riesgos y la educación en preparación para desastres son factores clave que influyen en la capacidad de las comunidades para responder a eventos extremos.

Evaluar el nivel de vulnerabilidad por la exposición humana implica analizar la distribución de la población, la calidad de la infraestructura, el acceso a servicios básicos y la conciencia comunitaria sobre riesgos. La identificación de áreas y grupos vulnerables puede guiar la planificación de medidas de mitigación, adaptación y respuesta para reducir la exposición y mejorar la resiliencia de las poblaciones ante eventos extremos (Gómez & Rojas, 2019).

Vulnerabilidad física y humana

La vulnerabilidad física y humana se refiere a la evaluación integral de la susceptibilidad de una comunidad o área a sufrir daños o impactos adversos debido a la interacción de factores físicos y humanos. Esta evaluación considera tanto la exposición a amenazas naturales como la capacidad de las personas y la infraestructura para enfrentar y recuperarse de eventos extremos (Gómez & Rojas, 2019).

Algunos aspectos clave relacionados con la vulnerabilidad física y humana son los siguientes:

1. **Exposición a Riesgos Naturales:** La exposición a amenazas como inundaciones, terremotos, deslizamientos de tierra y tormentas tropicales es un componente importante de la vulnerabilidad física. Esto implica considerar la ubicación geográfica y los patrones climáticos de la región.
2. **Calidad de la Infraestructura:** La resistencia y la calidad de la infraestructura, incluidos edificios, carreteras, puentes y sistemas de drenaje, influyen en la capacidad de una comunidad para resistir los impactos de eventos extremos.
3. **Planificación Urbana:** La planificación y el diseño de áreas urbanas pueden afectar la vulnerabilidad física. La densidad de población, la distribución de edificios y la presencia de zonas verdes juegan un papel importante.
4. **Capacidad de Respuesta:** La capacidad de las personas y las instituciones para anticipar, prepararse, responder y recuperarse de

eventos extremos es un componente crucial de la vulnerabilidad humana.

5. **Población Vulnerable:** Los grupos más susceptibles a sufrir impactos negativos, como niños, ancianos, personas con discapacidades y personas en situación de pobreza, son considerados en la evaluación de la vulnerabilidad humana.
6. **Educación y Conciencia:** La comprensión de los riesgos y la educación en preparación para desastres pueden mejorar la resiliencia de las comunidades ante eventos extremos.
7. **Acceso a Servicios Básicos:** La disponibilidad de agua potable, saneamiento, atención médica y otros servicios básicos influye en la capacidad de las personas para sobrellevar situaciones de emergencia.
8. **Gestión de Riesgos:** La existencia y eficacia de medidas de gestión de riesgos, como sistemas de alerta temprana y planes de evacuación, también son componentes importantes.

Evaluar la vulnerabilidad física y humana implica un enfoque holístico que considera tanto los aspectos físicos como humanos. Esta evaluación ayuda a identificar áreas y grupos en mayor riesgo, lo que permite la implementación de medidas de mitigación y adaptación adecuadas para reducir la vulnerabilidad y mejorar la resiliencia en situaciones de eventos extremos.).

Gaviones

Los gaviones son estructuras de ingeniería utilizadas para la estabilización de suelos, la prevención de la erosión y la protección contra inundaciones en áreas con presencia de agua, como ríos, arroyos y costas.

Estas estructuras consisten en cestas o cajas de malla metálica rellenas con materiales como piedras, grava o rocas. Los gaviones ofrecen una solución versátil y efectiva en la ingeniería civil y ambiental para diversos desafíos relacionados con la gestión de aguas y el control de la erosión (Gómez & Rojas, 2019).

Algunos aspectos clave de los gaviones incluyen:

1. **Construcción y Materiales:** Los gaviones están hechos de alambre de acero galvanizado de alta resistencia, formando cestas o cajas con diferentes dimensiones. Estas cestas se llenan con material granular, como piedras o rocas, que proporcionan estabilidad y peso a la estructura.
2. **Aplicaciones:** Los gaviones se utilizan en una variedad de aplicaciones, como defensas ribereñas para prevenir la erosión de riberas de ríos, muros de contención en taludes o laderas, revestimientos de canales, protección de costas, y barreras contra el flujo de agua en proyectos hidráulicos.
3. **Ventajas:** Los gaviones son altamente eficientes en términos de costo y tiempo de instalación en comparación con otras soluciones de ingeniería civil. Además, son flexibles y se adaptan a diferentes terrenos y necesidades.
4. **Permeabilidad:** Una característica importante de los gaviones es su permeabilidad al agua. Esto permite que el agua fluya a través de ellos sin ejercer presión hidrostática, lo que reduce el riesgo de daños en caso de inundaciones o altos niveles de agua.

5. Resistencia a la Erosión: Los gaviones protegen contra la erosión al proporcionar una barrera física que estabiliza el suelo y evita que sea arrastrado por el agua.
6. Estética y Ecología: Los gaviones pueden combinarse con vegetación para mejorar su apariencia y favorecer la integración con el entorno natural.
7. Mantenimiento: Los gaviones requieren un mantenimiento mínimo en comparación con otras estructuras más complejas. Sin embargo, es importante verificar y reparar las cestas dañadas o erosionadas para mantener su eficacia.

En general, los gaviones son una solución confiable y ampliamente utilizada en ingeniería civil para mitigar riesgos hidrológicos y proteger infraestructuras y comunidades cercanas a cuerpos de agua. Su versatilidad, durabilidad y eficiencia han hecho que sean una herramienta esencial en proyectos de control de erosión, gestión de aguas y protección contra inundaciones (Gómez & Rojas, 2019).

Estado de protección

El estado de protección de los gaviones se refiere a la condición en la que se encuentran estas estructuras de ingeniería en términos de su integridad, funcionalidad y capacidad para cumplir con su propósito de protección y estabilización. Evaluar el estado de protección de los gaviones es esencial para garantizar su eficacia a lo largo del tiempo y para prevenir posibles fallas que podrían resultar en erosión, inundaciones u otros riesgos asociados (Pacheco & Sánchez, 2019).

Uno de los aspectos clave en el estado de protección de los gaviones es realizar inspecciones regulares. Estas inspecciones periódicas permiten evaluar la integridad de la malla metálica y detectar la presencia de daños, corrosión u otras formas de deterioro que puedan comprometer la estructura. Además, el desgaste y la erosión son factores a considerar. La exposición constante al agua, las corrientes y otros elementos ambientales puede causar un deterioro gradual en la malla metálica de los gaviones, así como afectar la estabilidad de los materiales rellenos dentro de las cestas.

La estabilidad estructural también juega un papel fundamental en el estado de protección de los gaviones. Si las cestas están dañadas o deformadas, su capacidad para retener las piedras o rocas y resistir las fuerzas del agua podría verse comprometida, lo que disminuiría su eficacia en términos de protección y estabilización.

El mantenimiento adecuado es otro aspecto crítico en el estado de protección de los gaviones. Estos pueden acumular sedimentos, escombros y vegetación con el tiempo, lo que afecta su permeabilidad y capacidad para drenar el agua de manera efectiva. La limpieza regular es esencial para mantener su funcionalidad y eficacia (Pacheco & Sánchez, 2019).

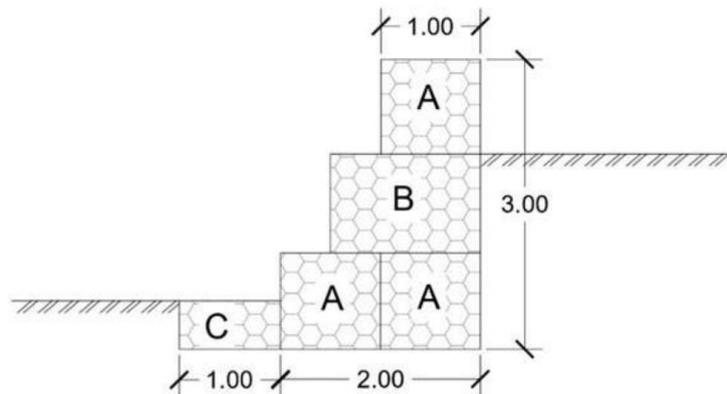
En situaciones en las que se detecten daños o deterioro en los gaviones, es importante llevar a cabo reparaciones o reforzamientos necesarios. Además, después de eventos climáticos extremos, como fuertes lluvias o inundaciones, es crucial realizar una evaluación detallada del estado de los gaviones para identificar posibles daños causados por la intensidad del evento y tomar las medidas adecuadas.

Mantener un estado de protección adecuado implica no solo reparar daños existentes, sino también implementar medidas preventivas. Esto puede incluir la instalación de barreras de vegetación para reducir la exposición a fuerzas hidráulicas y preservar la integridad de los gaviones.

En resumen, evaluar y mantener el estado de protección de los gaviones es esencial para garantizar su funcionalidad a lo largo del tiempo. La vigilancia constante y las acciones de mantenimiento contribuyen a la seguridad de las áreas ribereñas, la prevención de la erosión y la gestión adecuada de los riesgos relacionados con el agua (Pacheco & Sánchez, 2019).

Figura N° 17

Sección típica de la estructura de protección ribereña.



Nota. Elaboración propia.

Condición del alambre

La condición del alambre en los gaviones es un factor crítico que afecta la integridad y la durabilidad de estas estructuras de ingeniería. El alambre de acero galvanizado es el material principal utilizado para fabricar la malla de las cestas de los gaviones. Esta malla proporciona la estructura que contiene los materiales de relleno, como piedras o rocas, y ayuda a

mantener su forma y estabilidad. Por lo tanto, la calidad y la condición del alambre tienen un impacto directo en la eficacia y la vida útil de los gaviones (Díaz & Martínez, 2021).

La exposición constante al agua, la humedad y otros elementos ambientales puede causar corrosión y deterioro en el alambre de los gaviones. La corrosión debilita el alambre, lo hace susceptible a roturas y disminuye su capacidad de soportar cargas y tensiones. Esto puede comprometer la integridad de la estructura en su conjunto y afectar su capacidad para resistir fuerzas como la presión del agua y las cargas de los materiales rellenos.

La inspección regular de la condición del alambre es esencial para detectar signos de corrosión y deterioro a tiempo. La corrosión suele manifestarse como óxido en la superficie del alambre. Si se identifican áreas corroídas, es importante tomar medidas para abordar el problema. En algunos casos, se pueden reemplazar secciones dañadas de la malla para asegurar la integridad de la estructura.

La selección del tipo de alambre galvanizado también es crucial para garantizar la resistencia a la corrosión. Los alambres galvanizados con un revestimiento de zinc ofrecen una mayor protección contra la corrosión en comparación con los alambres no tratados. Además, algunos gaviones pueden ser fabricados con alambre recubierto de polímeros que proporciona una protección adicional contra la corrosión y el desgaste (Díaz & Martínez, 2021).

En resumen, la condición del alambre en los gaviones es un aspecto fundamental para su efectividad y durabilidad. La corrosión y el deterioro

pueden debilitar la estructura y comprometer su capacidad para proteger contra la erosión y las inundaciones. La inspección regular y la selección adecuada del alambre son prácticas esenciales para garantizar que los gaviones cumplan su función de manera eficaz y a largo plazo.

Para seleccionar el calibre adecuado, es necesario evaluar las funciones y objetivos del proyecto, como se puede observar en la tabla 13:

Tabla 13

Calibres de Acero utilizados.

CALIBRE BWG	Diámetro		Sección mm ²	Longitud y peso	
	mm	Pulg.		m/Kg	Gr/m
1	7.62	0.300	45.60	2.79	358
2	7.21	0.284	40.83	3.12	321
3	6.58	0.259	34.00	3.74	267
3 ½	6.35	0.250	31.67	4.02	249
4	6.04	0.23	28.65	4.44	225
5	5.59	0.22	24.54	5.20	193
5 ½	5.50	0.217	23.75	5.36	186
6	5.16	0.203	20.91	6.10	164
7	4.57	0.180	16.40	7.77	129
8	4.19	0.165	13.79	9.24	108
9	3.76	0.148	11.10	11.47	87
9 ½	3.60	0.141	10.18	12.51	80
10	3.40	0.134	9.08	14.02	71
11	3.05	0.120	7.30	17.45	57
12	2.77	0.109	6.02	21.16	47
12 ½	2.50	0.098	4.91	25.94	38
13	2.41	0.095	4.56	27.93	36
14	2.11	0.082	3.50	36.39	27
15	1.83	0.072	2.65	48.43	21
16	1.65	0.065	2.14	59.52	17
17	1.47	0.056	1.70	74.93	13
18	1.24	0.049	1.20	106.15	9
19	1.07	0.042	0.90	141.54	7
20	.89	0.035	0.62	205.46	5
21	.81	0.032	0.51	249.78	4
22	.71	0.028	0.40	318.47	3

Nota. Díaz & Martínez, 2021.

Diámetro del alambre

El diámetro del alambre en los gaviones es un factor importante que influye en la resistencia, durabilidad y capacidad de carga de estas estructuras de ingeniería. El alambre de acero galvanizado se utiliza para construir la malla que conforma las cestas de los gaviones. La elección del diámetro del alambre afecta directamente la capacidad de la malla para retener los materiales de relleno, como piedras o rocas, y soportar las tensiones a las que se someterá (Díaz & Martínez, 2021).

En general, los gaviones pueden estar disponibles en diferentes diámetros de alambre, y la elección del diámetro depende de varios factores. Uno de los principales aspectos a considerar es la carga que se espera que soporte la estructura. En proyectos donde se anticipan cargas más pesadas, se podría requerir un diámetro de alambre más grande para garantizar la integridad de la malla y la capacidad de carga de los gaviones.

El diámetro del alambre también está relacionado con la durabilidad y la resistencia a la corrosión. Un alambre de mayor diámetro generalmente tiene una mayor capacidad de resistencia tanto a las tensiones mecánicas como a la corrosión, lo que puede contribuir a la vida útil de los gaviones, especialmente en entornos húmedos o expuestos a la intemperie.

Sin embargo, la elección del diámetro del alambre no es una decisión única y depende del contexto específico del proyecto y las condiciones del sitio. Un análisis detallado de los requisitos de carga, el entorno y otros factores relevantes es esencial para determinar el diámetro óptimo del alambre. En algunos casos, puede ser necesario recurrir a

cálculos de ingeniería para seleccionar el diámetro que mejor se adapte a las necesidades del proyecto.

En resumen, el diámetro del alambre en los gaviones es un aspecto crítico en la determinación de su resistencia, capacidad de carga y durabilidad. La elección adecuada del diámetro del alambre se basa en una evaluación cuidadosa de los requisitos del proyecto y las condiciones del entorno para asegurar que los gaviones cumplan su función de manera eficiente y efectiva a lo largo del tiempo (Díaz & Martínez, 2021).

Tabla 14

Valores de las dimensiones de gaviones.

Descripción	Dimensiones		Unidad
	Bases	Altura	
Gavión tipo A	1.00	1.00	m
Gavión tipo B	1.50	1.00	m
Gavión tipo C	1.00	0.50	m

Nota. Díaz & Martínez, 2021.

Huecos de apertura

Se protegerán los huecos existentes en el suelo para evitar caídas. Se destaparán huecos verticales (como bajantes) para las correspondientes aplomadas, de las que se partirán conclusiones para cerrar finalmente los huecos para prevenir riesgos por desprotección general o parcial del terreno. Los huecos estarán protegidos de forma continua mediante protección instalada en la fase estructural, reponiéndose las protecciones deterioradas (Molina et al., 2018).

Muros de Contención

Los muros de contención son estructuras diseñadas para resistir las fuerzas laterales generadas por la presión del suelo, el agua u otros materiales. Estas estructuras desempeñan un papel crucial en la ingeniería civil al proporcionar estabilidad a terrenos inclinados y prevenir deslizamientos de tierra, erosión y otros tipos de fallas geotécnicas. Los muros de contención son utilizados en una variedad de aplicaciones, desde proyectos de construcción hasta la protección contra inundaciones y la creación de terrazas en terrenos con pendientes pronunciadas (Pacheco & Sánchez, 2019).

La función principal de los muros de contención es contrarrestar las fuerzas horizontales que actúan sobre una masa de suelo, evitando su desplazamiento. Para lograr esto, se utilizan diferentes tipos de muros de contención, cada uno con características y métodos de diseño específicos. Algunos ejemplos comunes incluyen muros de gravedad, muros de mampostería, muros de hormigón armado y muros de gaviones.

Los muros de contención deben ser diseñados considerando una serie de factores, como el tipo de suelo, la altura del muro, las condiciones hidrológicas y la carga esperada. En muchos casos, los cálculos geotécnicos y estructurales son esenciales para determinar las dimensiones y materiales adecuados para el muro. Además, es crucial tener en cuenta la durabilidad y la resistencia a largo plazo, ya que estos muros están expuestos a condiciones ambientales y cargas variables a lo largo del tiempo (Pacheco & Sánchez, 2019).

La construcción y el mantenimiento adecuados de los muros de contención son fundamentales para garantizar su eficacia y seguridad. La calidad de los materiales, la compactación adecuada del suelo detrás del muro y la implementación de técnicas de drenaje son aspectos críticos para prevenir la erosión, la acumulación de agua y posibles daños en el muro.

En resumen, los muros de contención desempeñan un papel esencial en la ingeniería geotécnica y civil al proporcionar estabilidad a terrenos inclinados y prevenir deslizamientos y erosión. Su diseño, construcción y mantenimiento adecuados son fundamentales para garantizar la seguridad y la funcionalidad de estas estructuras en diversas aplicaciones y condiciones (Pacheco & Sánchez, 2019).

Inclinación por volcadura

La inclinación por volcadura es un aspecto crítico en el diseño y la seguridad de los muros de contención. Los muros de contención son estructuras que se construyen para resistir las fuerzas laterales generadas por el suelo, el agua u otros materiales. La inclinación por volcadura se refiere al ángulo de inclinación que se establece en la parte frontal del muro para prevenir el vuelco o el deslizamiento hacia el lado del talud (Pacheco & Sánchez, 2019).

En el diseño de los muros de contención, la inclinación por volcadura se determina en función de factores como el tipo de suelo, la altura del muro, las condiciones hidrológicas y la carga esperada. Un muro de contención debe ser capaz de resistir las fuerzas laterales que actúan sobre él y mantener su estabilidad a lo largo del tiempo. La inclinación por volcadura contribuye a esta estabilidad al proporcionar una base más ancha

en la parte frontal del muro, lo que aumenta la resistencia a las fuerzas de volcadura.

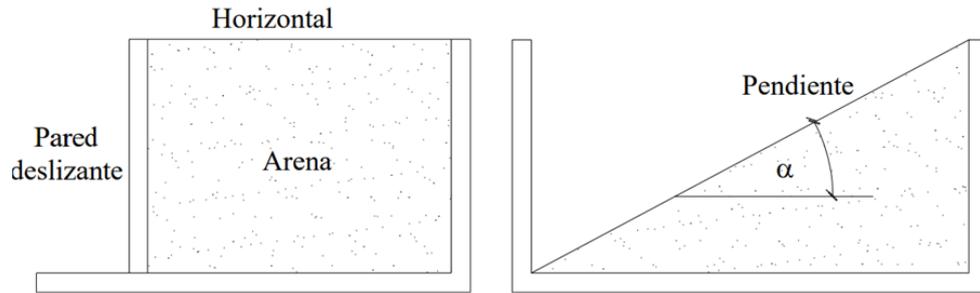
Los muros de contención pueden tener diferentes inclinaciones por volcadura dependiendo del tipo de muro y las condiciones específicas del proyecto. Por ejemplo, los muros de gravedad suelen tener una inclinación hacia el talud más pronunciada que los muros de retención con refuerzo interno, como los muros de hormigón armado. Además, la geometría y la forma del muro también pueden influir en la determinación de la inclinación por volcadura (Pacheco & Sánchez, 2019).

Es importante destacar que una inclinación por volcadura adecuada no solo contribuye a la estabilidad del muro, sino que también tiene implicaciones en la seguridad de las áreas cercanas al muro. Una inclinación insuficiente podría aumentar el riesgo de vuelco y deslizamiento, lo que podría poner en peligro a las personas y la propiedad en las inmediaciones del muro.

En resumen, la inclinación por volcadura es un factor esencial en el diseño de los muros de contención para prevenir el vuelco y el deslizamiento. La selección adecuada de la inclinación se basa en una evaluación cuidadosa de los factores geotécnicos y las condiciones del sitio, y contribuye significativamente a la estabilidad y la seguridad de estas estructuras en una variedad de aplicaciones y entornos.

Figura N° 18

Angulo de inclinación.



Nota. Pacheco & Sánchez, 2019.

Socavación de cimentación

La socavación de cimentación es un desafío importante que puede afectar la estabilidad y la integridad de los muros de contención. Los muros de contención son estructuras diseñadas para resistir las fuerzas laterales generadas por el suelo, el agua u otros materiales. La socavación de cimentación se refiere al proceso en el cual el material del suelo en la base del muro es erosionado o arrastrado por el flujo de agua, lo que puede debilitar la cimentación del muro y comprometer su estabilidad.

La socavación de cimentación puede ocurrir en situaciones donde hay una fuerte corriente de agua en la base del muro, como en ríos, canales o en zonas propensas a inundaciones. El flujo de agua puede erosionar el suelo alrededor de los cimientos del muro, creando una cavidad o un espacio vacío debajo del muro. Esto puede llevar a una disminución en el soporte de la base del muro, lo que resulta en una reducción de la capacidad de carga y en última instancia, en un riesgo de colapso.

Para prevenir la socavación de cimentación, es esencial tomar medidas de diseño y construcción adecuadas. Una cimentación sólida y bien compactada, junto con la implementación de técnicas de drenaje y erosión

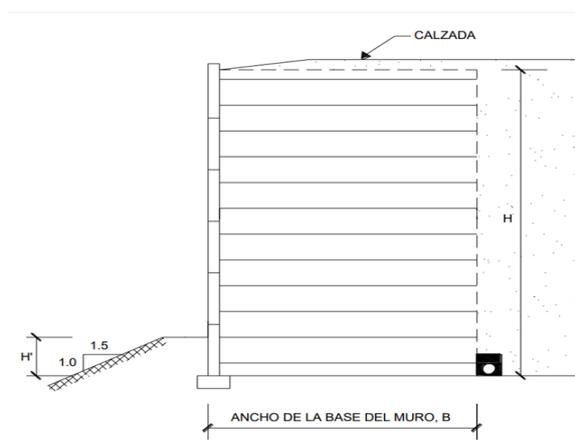
controlada, son prácticas clave para reducir el riesgo de socavación. Además, la instalación de revestimientos protectores en la base del muro, como enrocados o geomembranas, puede ayudar a prevenir la erosión y proteger la cimentación.

La monitorización regular es crucial para detectar signos tempranos de socavación y tomar medidas correctivas a tiempo. Si se identifica socavación en la cimentación, se deben implementar soluciones de mitigación, como rellenar el área afectada con materiales estabilizadores o implementar medidas de control de erosión.

La prevención de la socavación de cimentación es esencial para garantizar la seguridad y la estabilidad a largo plazo de los muros de contención. La consideración cuidadosa de los factores hidrológicos y geotécnicos en el diseño y la construcción contribuye a minimizar los riesgos asociados con la socavación y a mantener la funcionalidad de los muros de contención en diversas aplicaciones y condiciones (Gonzales et al., 2020).

Figura N° 19

Muro sobre talud.



Nota. Suarez, 2001.

hidrológicos extremos y garantizar la seguridad de las comunidades y el equilibrio ecológico de las zonas ribereñas (Gonzales et al., 2020).

Los métodos de protección frecuentemente identificados en las defensas ribereñas debido a consideraciones de procedimientos de construcción y eficiencia económica son:

Gavión

El gavión es una estructura geotécnica y de ingeniería civil ampliamente utilizada para diversas aplicaciones de protección y estabilización. Consiste en cestas o jaulas de malla de alambre galvanizado que se llenan con materiales pétreos como rocas o piedras. Estas cestas se ensamblan en formas modulares y se utilizan para construir muros, diques y revestimientos en áreas propensas a la erosión, control de inundaciones y otras amenazas hidrológicas. La característica permeable de los gaviones permite el drenaje del agua, mientras que la resistencia de la estructura ayuda a prevenir la erosión y a mantener la estabilidad en entornos ribereños y en terrenos inclinados. Su versatilidad, eficiencia en costos y capacidad para integrarse con el entorno hacen de los gaviones una opción destacada en la ingeniería de protección y control de recursos hídricos (López & García, 2020).

Muros de contención

Los muros de contención son estructuras fundamentales en la ingeniería geotécnica y civil diseñadas para resistir las fuerzas laterales del suelo y mantener la estabilidad de terrenos inclinados. Estos muros se utilizan en una variedad de aplicaciones, desde prevenir deslizamientos de tierra y erosión hasta crear plataformas en terrenos con pendientes pronunciadas. Los muros de contención pueden construirse utilizando diferentes materiales y técnicas, como muros de gravedad, muros de mampostería, muros de hormigón armado y sistemas de

gaviones. La elección del tipo de muro depende de factores como la geología del área, la altura del muro y la carga esperada. Un diseño y construcción adecuados son esenciales para garantizar la estabilidad a largo plazo y la seguridad de estas estructuras en diversas condiciones geotécnicas y ambientales (López & García, 2020).

Estabilidad de protección

La estabilidad de protección se refiere a la capacidad de las estructuras de ingeniería, como muros de contención y defensas ribereñas, para resistir las fuerzas y condiciones a las que están expuestas en su entorno. Estas estructuras están diseñadas no solo para cumplir con su función principal de controlar la erosión, evitar deslizamientos y proteger contra inundaciones, sino también para mantener su propia estabilidad a lo largo del tiempo. La estabilidad de protección implica considerar factores como la geometría del diseño, los materiales utilizados, las condiciones geotécnicas y las cargas esperadas, y evaluar cómo estas estructuras resistirán las fuerzas hidrológicas, geológicas y ambientales a las que estarán sujetas. La aplicación de principios geotécnicos y mecánicos, junto con un análisis detallado de los factores específicos del sitio, es esencial para garantizar que las estructuras de protección mantengan su funcionalidad y seguridad en el tiempo, contribuyendo a la gestión eficiente y sostenible de los recursos hídricos y la prevención de riesgos.

Nivel de vulnerabilidad

El nivel de vulnerabilidad se refiere al grado en que una determinada área, sistema o comunidad es susceptible a sufrir daños o impactos negativos debido a eventos adversos como desastres naturales, cambios ambientales o crisis socioeconómicas. Este concepto abarca diversos aspectos, incluyendo factores

físicos, sociales, económicos y ambientales que influyen en la capacidad de una entidad para resistir, adaptarse y recuperarse de situaciones adversas. La evaluación del nivel de vulnerabilidad implica analizar las condiciones existentes, identificar las debilidades y deficiencias en la resiliencia y desarrollar estrategias de mitigación y preparación. Comprender y medir el nivel de vulnerabilidad es esencial para la toma de decisiones informadas en la planificación de desarrollo sostenible, la gestión de riesgos y la implementación de medidas de adaptación en diferentes contextos y comunidades (López & García, 2020).

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

- H1: Existe correlación directa y positiva baja de las defensas ribereñas actuales en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al Rio Huallaga en Distrito de Huariaca, Pasco 2022
- H0: No existe correlación directa y positiva baja de las defensas ribereñas actuales en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al Rio Huallaga en Distrito de Huariaca, Pasco 2022

2.4.2. Hipótesis Específicas

Hipótesis específica 1:

- HE1: Existe una correlación inversa y negativa moderada de los gaviones en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al rio Huallaga en el Distrito de Huariaca, Pasco 2022.
- HE1-0: No Existe una correlación inversa y negativa moderada de los gaviones en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al rio Huallaga en el Distrito de Huariaca, Pasco 2022.

Hipótesis específica 2:

- HE2: Existe una correlación directa y positiva muy baja de los muros de contención en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al río Huallaga en el Distrito de Huariaca, Pasco 2022.
- HE2-0: Existe una correlación directa y positiva muy baja de los muros de contención en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al río Huallaga en el Distrito de Huariaca, Pasco 2022.

2.5. Identificación de Variables

Variable independiente X: Defensas ribereñas actuales

Variable dependiente Y: Nivel de vulnerabilidad.

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores

Tabla 15

Operacionalización de variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	TIPO DE DATOS
INDEPENDIENTE Defensa ribereña actual.	Es un conjunto de medidas y estructuras diseñadas para proteger áreas cercanas a ríos, lagos y cuerpos de agua de la erosión, inundaciones y otros fenómenos hidrológicos. Estas defensas tienen como objetivo mantener la integridad de las orillas y prevenir la degradación del suelo, lo que a su vez protege infraestructuras, propiedades y comunidades.	Con el propósito de evaluar esta variable, se creó una ficha específica para la recopilación de datos y la observación en terreno, la cual se estructuró conforme a las dimensiones e indicadores establecidos en el estudio. Además, se llevaron a cabo ensayos, se emplearon programas específicos y se realizó una revisión exhaustiva de la literatura, garantizando así un enfoque integral en la investigación.	Gaviones	Estado de protección	Nominal
				Condición del alambre	Nominal
				Diámetro del alambre	Ordinal
				Huecos de abertura	Ordinal
			Muro de contención	Inclinación por volcadura	Nominal
				Socavación de cimentación	Nominal
				Gritas o fisuras en el concreto	Nominal
				Daños en la estructura	Nominal
DEPENDIENTE Nivel de Vulnerabilidad	El nivel de vulnerabilidad de la vivienda se refiere a la susceptibilidad de una estructura residencial a sufrir daños o impactos negativos debido a factores diversos. Este concepto involucra la evaluación de la capacidad de una vivienda para resistir y recuperarse de situaciones adversas, considerando aspectos como su ubicación, diseño y materiales de construcción.	Con el fin de cuantificar esta variable, se diseñó una ficha para la captura de datos y la observación en el terreno, la cual se estructuró siguiendo las dimensiones e indicadores previamente establecidos en el estudio de investigación.	Vulnerabilidad de viviendas aledañas	Tipo de vivienda	Nominal
				Cercanía al cauce del río	Ordinal
				Diferencia de cota respecto al cauce	Ordinal
				Presencia de obra de protección	Nominal

Nota. Elaboración Propia.

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación

La investigación aplicada se caracteriza por su naturaleza orientada hacia la resolución de problemas y su enfoque en la transferencia de resultados de investigación a la práctica, lo que la convierte en una herramienta fundamental para la mejora continua y la innovación en diversas áreas del conocimiento. (Quezada, 2021)

De acuerdo a los objetivos, la presente investigación es aplicada, pues a través de la recolección de datos, que caracterizaran el problema, se pretende conocer y desarrollar conocimientos aplicables en la instalación de defensas ribereñas, para reducir el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al río Huallaga.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación correlacional descriptivo es una modalidad de investigación que se centra en la descripción y análisis de las relaciones y asociaciones entre dos o más variables, sin buscar establecer relaciones de causa y

efecto. En lugar de investigar las causas o los efectos de un fenómeno, se concentra en medir y cuantificar la magnitud y dirección de las relaciones entre las variables estudiadas. (Quezada, 2021)

El desarrollo de la presente tesis, toma en cuenta la descripción y análisis de las relaciones que existen entre las dos variables; las defensas ribereñas y el nivel de vulnerabilidad de las viviendas, no pretendiendo entender las causas y efectos, sino encontrar la relación entre ambas variables, para determinar la magnitud y dirección de las mismas.

3.3. Métodos de la investigación

El método de investigación cuantitativo, se centra en la recopilación y el análisis de datos numéricos y estadísticas para abordar una pregunta de investigación o probar una hipótesis. En este tipo de tesis, el investigador recopila datos objetivos y cuantificables a través de métodos como encuestas, experimentos, análisis de bases de datos o mediciones precisas. (Quezada, 2021)

A través de la recolección de datos en los instrumentos de investigación, donde se determinaron los indicadores más relevantes que fueron empleados, otorgándoles un valor numérico, para posteriormente analizarlo, a través del procesamiento de los mismos y determinar la magnitud con respecto al estado de las defensas ribereñas y la magnitud correspondiente a la vulnerabilidad de las viviendas aledañas al río Huallaga, este procedimiento es cuantitativo según lo explicado.

3.4. Diseño de la investigación

El diseño de investigación no experimental es también conocido como post facto por cuanto su estudio se basa en la observación de los hechos en pleno acontecimiento sin alterar en lo más mínimo ni el entorno ni el fenómeno estudiado.

Así mismo un diseño transversal o Sincrónica que es cuando el estudio se circunscribe a un momento puntual, un segmento de tiempo durante el año a fin de medir o caracterizar la situación en ese tiempo específico. (Quezada, 2021)

La presente investigación observo los hechos, el estado de las defensas ribereñas en el estado actual y la vulnerabilidad de las viviendas en correspondencia a las defensas ribereñas. Dichos eventos no pueden ser controlados y fueron observados de manera natural. Así mismo se desarrollo en los meses de mayo, junio y julio del 2022 en un determinado tiempo. Concluyendo que la presente tesis es no experimental transversal.

3.5. Población y muestra

Población

La población de estudio se refiere al conjunto completo de elementos o individuos que son objeto de investigación en un estudio particular. En el contexto de una investigación, esta población constituye el grupo que posee las características, atributos o variables de interés para el investigador. La elección de la población de estudio es fundamental, ya que los resultados y conclusiones del estudio se aplicarán a este grupo en particular. La población de estudio puede ser un grupo amplio y diverso, como todos los habitantes de una ciudad, o puede ser más específica y limitada, como un subgrupo de pacientes con una enfermedad en particular. Es esencial definir claramente la población de estudio para que los resultados obtenidos sean representativos y aplicables al contexto y objetivo de la investigación (Pérez et al., 2018).

El alcance de este proyecto de investigación abarca a todos los sectores vulnerables que cuentan con defensas ribereñas deterioradas a lo largo del río Huariaca. Este río, con una longitud total de 126 km desde su origen en la cuenca

del Río Huallaga hasta su trayectoria junto a las viviendas, representa la zona de estudio. En esta área se concentran los elementos de interés para el análisis de las defensas ribereñas y su relación con la vulnerabilidad de las poblaciones afectadas.

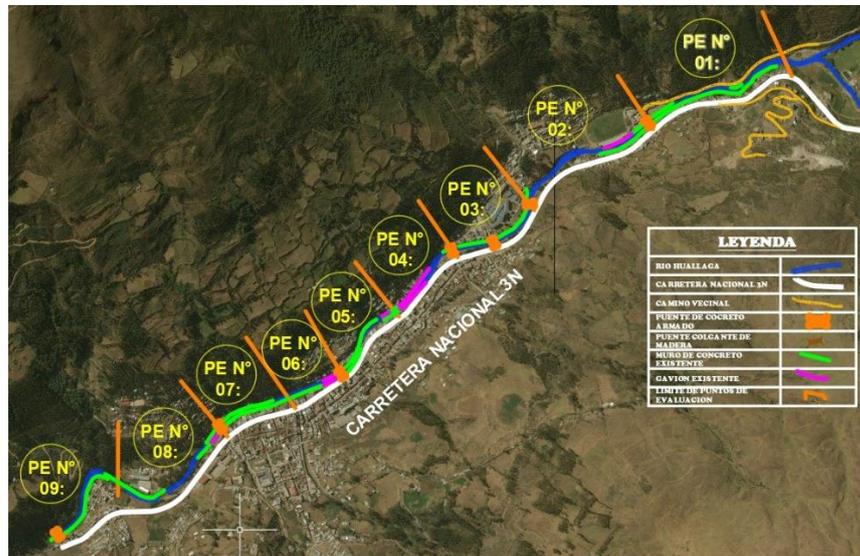
Muestra

La muestra se refiere a un subconjunto representativo de la población de estudio que se selecciona con el propósito de realizar un análisis o investigación más manejable y práctico. En lugar de examinar a todos los individuos o elementos de la población completa, se elige un grupo más pequeño pero significativo que permita obtener conclusiones y generalizaciones válidas para el conjunto más amplio. La selección de la muestra se basa en métodos y técnicas estadísticas para garantizar que sea representativa y refleje adecuadamente las características y variaciones presentes en la población de estudio. Una muestra bien diseñada es esencial para obtener resultados confiables y aplicables a la población en su conjunto, evitando la necesidad de estudiar a todos los individuos, lo que puede ser impracticable o costoso en muchos casos (Pacheco & Sánchez, 2019).

En el marco de este trabajo de investigación, la muestra está compuesta por un total de 234 viviendas junto a sus respectivas defensas ribereñas en el Distrito de Huariaca. El área de estudio abarca un tramo de 2,264 metros de longitud, que se extiende desde el barrio Acobamba hasta el barrio de Yanacocha baja. Esta muestra se ha seleccionado con el objetivo de analizar de manera representativa las características y condiciones de las defensas ribereñas y su relación con las viviendas en esta área geográfica específica.

Figura N° 21.

Tramos en estudio.



Nota. Elaboración Propia.

El muestreo.

El muestreo se refiere al proceso de selección de un subconjunto de elementos de una población para realizar un análisis o investigación. En el contexto de la investigación científica, existen dos enfoques principales de muestreo: el muestreo probabilístico y el muestreo no probabilístico (Pacheco & Sánchez, 2019).

El muestreo no probabilístico es un método de selección en el que los elementos de la población no tienen una oportunidad igual de ser incluidos en la muestra. En otras palabras, la selección no se basa en la probabilidad, lo que puede llevar a una falta de representatividad y a sesgos en los resultados. Este enfoque se utiliza cuando la población es difícil de definir o cuando se requiere un acceso más rápido y conveniente a los elementos. Ejemplos de métodos de muestreo no probabilístico incluyen el muestreo por conveniencia, el muestreo por juicio, el muestreo por cuotas y el muestreo de bola de nieve.

En el contexto de la investigación, se usó un muestreo no probabilístico, pues se seleccionó las viviendas y defensas ribereñas de manera intencional o basada en ciertos criterios específicos, en lugar de utilizar un proceso aleatorio que garantice la igualdad de oportunidades para todas las viviendas en la población.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos se refieren a los métodos y herramientas utilizados para recopilar información relevante en una investigación. En el contexto de un estudio, estas técnicas permiten obtener datos con el fin de analizar y responder a las preguntas de investigación planteadas (Pacheco & Sánchez, 2019).

En este trabajo, se emplearon diversas técnicas e instrumentos de recolección de datos para abordar de manera integral la problemática de las defensas ribereñas y su relación con la vulnerabilidad de las viviendas. Se optó por la observación directa en campo como una técnica valiosa para recopilar información de primera mano sobre el estado actual de las defensas ribereñas y su interacción con las viviendas. La observación directa permite capturar detalles visuales, condiciones físicas y aspectos que podrían no documentarse de otra manera. Además, al estar en el lugar de estudio, los investigadores pueden identificar factores contextuales relevantes que contribuyen a una comprensión más completa de la situación.

La búsqueda de información documentaria, por otro lado, se empleó para obtener datos históricos, estudios anteriores, normativas y documentos relacionados con la problemática de las defensas ribereñas en la zona. Esta técnica complementa la observación directa al proporcionar información contextual y de respaldo que puede ayudar a interpretar y contextualizar los hallazgos actuales pat.

La información documentaria también es valiosa para establecer comparaciones, identificar rones a lo largo del tiempo y respaldar las conclusiones obtenidas en la investigación (Pacheco & Sánchez, 2019).

En conjunto, la combinación de la observación directa en campo y la búsqueda de información documentaria permite un enfoque sólido y holístico para la recolección de datos, brindando una base sólida para el análisis y la interpretación de los resultados obtenidos.

3.6.1. Instrumento de recolección de datos

Un instrumento de recolección de datos se refiere a una herramienta específica utilizada en investigaciones para recopilar información necesaria para el análisis y la obtención de resultados. Estos instrumentos son diseñados para estructurar y guiar la obtención de datos de manera coherente y sistemática, asegurando que se capturen los detalles relevantes en relación con los objetivos de la investigación (Herrera & Vásquez, 2020).

En este proyecto, se eligió la ficha de recolección de información como instrumento de elección. La ficha de recolección es una herramienta estructurada que permite registrar de manera organizada datos relevantes y específicos sobre las defensas ribereñas y las viviendas en la zona de estudio. La ficha de recolección puede contener campos para registrar aspectos como el estado de las defensas, materiales utilizados, distancias de cercanía al cauce, características de las viviendas, entre otros factores. Las fichas empleadas en la presente tesis se encuentran en el anexo, teniendo como títulos fichas de observación - vulnerabilidad de las viviendas aledañas al río Huallaga, fichas de observación - defensas rivereñas del río Huallaga (muros y gaviones)

La ficha de recolección de información se justifica por su capacidad para estandarizar la obtención de datos y garantizar la coherencia en la recopilación. Al seguir un formato predeterminado, los investigadores pueden asegurarse de que se capturen los mismos tipos de información en todas las viviendas y defensas ribereñas analizadas. Esto facilita la comparación y el análisis posterior, además de minimizar posibles omisiones o errores en la recopilación de datos. En resumen, la ficha de recolección de información se convierte en un recurso valioso para garantizar que los datos obtenidos sean consistentes, confiables y útiles para los objetivos de la investigación.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

3.7.1. Selección

El método de selección de datos se refiere al proceso sistemático de examinar, organizar, interpretar y extraer conclusiones a partir de los datos recolectados en una investigación. Este proceso implica la aplicación de técnicas y herramientas estadísticas para comprender las relaciones, patrones y tendencias presentes en los datos, lo que permite llegar a conclusiones respaldadas por evidencia empírica (Carrión & Zambrano, 2019).

En este trabajo de investigación, se optó por emplear un enfoque combinado de análisis descriptivo e inferencial. El análisis descriptivo se utilizó para resumir y presentar los datos de manera comprensible, a través de medidas como promedios, frecuencias y porcentajes. Esta técnica permitió una visión general de las características y distribuciones de las defensas ribereñas, la vulnerabilidad de las viviendas y otros factores relevantes.

Por otro lado, el análisis inferencial se justifica por su capacidad para extraer conclusiones más allá de los datos observados, basándose en relaciones y

patrones estadísticos. Al emplear pruebas de hipótesis, análisis de correlación u otras técnicas inferenciales, se pudo establecer relaciones causales y significativas entre las variables, lo que brinda un mayor nivel de profundidad y comprensión a los resultados. En resumen, la combinación de análisis descriptivo e inferencial permitió una evaluación exhaustiva y rigurosa de los datos, lo que respaldó la obtención de conclusiones robustas y respaldadas por un enfoque metodológico sólido.

3.7.2. Validación

La validación se refiere al proceso de verificar y asegurar la precisión, confiabilidad y autenticidad de los datos, métodos o resultados obtenidos en una investigación o proyecto. Implica la revisión rigurosa y sistemática de la información para confirmar que sea consistente, precisa y representativa de la realidad que se está estudiando. La validación es esencial para garantizar la calidad y la integridad de los hallazgos, así como para respaldar la validez de las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio (Herrera & Vásquez, 2020).

Tabla 16

Magnitudes y rangos de validez.

Rangos	Magnitud
0,81 a 1,00	Muy Alta
0,60 a 0,80	Alta
0,41 a 0,60	Moderada
0,21 a 0,40	Baja
0,01 a 0,20	Muy Baja

Nota. Herrera & Vásquez, 2020.

En el contexto de esta investigación, se lleva a cabo la validación de los instrumentos a través de la evaluación de expertos y especialistas en el campo de estudio. Este proceso busca establecer un nivel de confiabilidad aceptable para los instrumentos utilizados en el estudio, asegurando su idoneidad y precisión en la recopilación de datos.

3.7.3. Confiabilidad

La confiabilidad se refiere a la consistencia y estabilidad de los resultados obtenidos a través de un método, instrumento o proceso de medición. En el ámbito de la investigación, implica que si se repite la medición o el procedimiento en condiciones similares, se obtendrán resultados similares o cercanos. La confiabilidad es esencial para garantizar la validez y la precisión de los datos y resultados, ya que indica la capacidad de una herramienta o método para producir mediciones consistentes y reproducibles en diferentes momentos y por diferentes evaluadores. Un alto nivel de confiabilidad es crucial para que los hallazgos sean considerados fiables y puedan formar la base de conclusiones sólidas (Herrera & Vásquez, 2020).

La expresión de análisis estadístico es:

$$\alpha = \left[\frac{k}{k-1} \right] * \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right] \dots\dots\dots (1.26)$$

Dónde:

k= Número de Ítems

$\sum S_i^2$ =Suma de las varianza de cada Ítems

S_T^2 = Varianza Total

Su método establece un grado de precisión y seguridad; los rangos de valor con los cuales se miden la confiabilidad están en función a la tabla 13.

Tabla 17

Valores y criterios de confiabilidad.

Valores	Criterio
0.9 a 1	Alta confiabilidad
0.76 a 0.89	Fuerte confiabilidad
0.50 a 0.75	Moderada confiabilidad
0.01 a 0.49	Baja confiabilidad
-1 a 0	No es confiabilidad

Nota. Herrera & Vásquez, 2020.

Tabla 18.

Confiabilidad de la variable de defensas ribereñas.

		N	%
Casos	Válido	40	100,0
	Excluido ^a	0	,0
	Total	40	100,0

Estadísticos de fiabilidad de la variable Defensas ribereñas

Alfa de Cronbach	N de elementos
,949	4

Nota. Elaboración propia.

Al observar la Tabla 18, es evidente que los 4 ítems relacionados con la variante de vulnerabilidad de viviendas presentan un grado significativo de confiabilidad. Este hallazgo sugiere que el instrumento utilizado goza de una alta confiabilidad, lo que respalda su aplicación en la muestra de estudio con un alto nivel de certeza.

Tabla 19.

Confiabilidad de la variable vulnerabilidad de viviendas.

		N	%
Casos	Válido	40	100,0
	Excluido ^a	0	,0
	Total	40	100,0

Estadísticas de fiabilidad de la variable vulnerabilidad de viviendas.

Alfa de Cronbach	N de elementos
,889	4

Nota. Elaboración propia, 2022.

Al analizar la Tabla 19, se aprecia claramente que los 4 ítems asociados con la variable de vulnerabilidad de viviendas exhiben un nivel considerable de confiabilidad. Este hallazgo sugiere que el instrumento en uso posee una confiabilidad significativa y, por ende, se recomienda su aplicación en la muestra de estudio con gran seguridad.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Las técnicas de procesamiento y análisis de datos se refieren a los métodos y enfoques utilizados para transformar y comprender la información recolectada durante una investigación. Estas técnicas permiten organizar, examinar y extraer significado de los datos, lo que contribuye a la obtención de conclusiones sólidas y respaldadas por evidencia empírica (Carrión & Zambrano, 2019).

En el contexto del estudio, se aplicaron diversas técnicas de procesamiento y análisis de datos para abordar la problemática de las defensas ribereñas y la vulnerabilidad de las viviendas. Estas técnicas pueden incluir la tabulación y resumen de datos, la creación de gráficos y visualizaciones para representar patrones, la identificación de relaciones estadísticas a través de análisis de correlación, y la aplicación de pruebas de hipótesis para validar conclusiones.

Además, se emplearon herramientas de software especializadas para facilitar el procesamiento y análisis de grandes conjuntos de datos, como hojas de cálculo, programas estadísticos o software de análisis geoespacial. La elección de las técnicas específicas dependerá de los objetivos de la investigación y la naturaleza de los datos recopilados. En conjunto, las técnicas de procesamiento y análisis de datos desempeñan un papel fundamental en transformar datos crudos en conocimiento significativo y respaldado por análisis rigurosos.

Se identificaron las distintas áreas y se sensibilizó a los pobladores para una posterior recolección de información y muestreo. Al día siguiente, se llevaron a cabo calicatas y la recolección de datos. Es importante mencionar que los datos precisos y concisos necesarios para el procesamiento de la tesis fueron obtenidos en esta etapa. Esta actividad se llevó a cabo durante un período continuo de dieciséis (16) días, hasta la conclusión del estudio.

Para el análisis de los datos, se empleó el programa SPSS-26 y Excel para la configuración de diagramas lineales y figuras destinadas a la interpretación de los resultados del trabajo de investigación.

3.9. Tratamiento estadístico

El tratamiento estadístico se refiere al proceso de aplicar métodos y técnicas estadísticas a los datos recolectados en una investigación con el objetivo de obtener resultados significativos y confiables. Implica la organización, análisis y presentación de los datos de manera que permita sacar conclusiones válidas y respaldadas por evidencia numérica (Carrión & Zambrano, 2019).

En este estudio, se utilizó el Test de Student, específicamente con un nivel de significancia del 0.05%, para llevar a cabo el análisis estadístico. El Test de Student, también conocido como prueba t de Student, es una técnica que se emplea

para determinar si existe una diferencia significativa entre las medias de dos grupos de datos independientes. En este caso, se aplicó para comparar los datos obtenidos en diferentes situaciones o condiciones.

La elección de un margen de error del 0.05%, o nivel de significancia del 5%, es común en la investigación científica. Esto implica que solo se considerarán diferencias entre grupos como significativas si la probabilidad de que dichas diferencias sean producto del azar es inferior al 5%.

La herramienta utilizada para realizar el análisis estadístico fue el programa IBM SPSS Statistics. Este software es ampliamente utilizado en la comunidad académica y científica para el análisis de datos, ya que proporciona una serie de herramientas y funciones que permiten realizar pruebas estadísticas y generar resultados interpretables y confiables. En conjunto, el uso del Test de Student con un margen de error del 0.05% a través del programa IBM SPSS Statistics permitió realizar un análisis estadístico robusto y respaldar las conclusiones del estudio con una base numérica sólida.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

3.10.1. Orientación ética

La orientación ética, se refiere al conjunto de principios y valores morales que guían y regulan la conducta ética de los investigadores durante todo el proceso de investigación, desde la concepción del proyecto hasta la presentación de los resultados. Esta dimensión ética es fundamental para garantizar la integridad, la responsabilidad y la credibilidad de la investigación académica. (Quezada, 2021).

Durante la recolección de datos, se cuidó la ética al momento de recolectar los datos si vulnerar la dignidad ni privacidad de los habitantes. Así mismo se

observo cada una de las viviendas tomadas como muestra, según los indicadores determinados en las fichas de recolección de datos.

3.10.2. Orientación filosófica

La orientación filosófica se refiere a la perspectiva o enfoque filosófico que guía la investigación y el análisis presentados en el trabajo de tesis. Es una parte fundamental de la metodología de investigación y proporciona una base conceptual y teórica desde la cual se abordan los problemas. (Quezada, 2021)

La investigación realizada es aplicada, pues tiene como objetivo conocer y desarrollar conocimientos aplicables, el nivel de investigación fue correlacional descriptivo, tomando en cuenta la descripción y análisis de las relaciones que existen entre las variables, el método fue cuantitativo, pues se centra en la recolección y análisis de datos numéricos (ordinales y nominales). Por último, el diseño fue no experimental, porque se observó los eventos en forma natural, en un determinado tiempo por lo que es una investigación transversal de acuerdo al tiempo.

3.10.3. Orientación epistémica

La orientación epistémica se refiere a la forma en que una persona aborda la adquisición y el uso del conocimiento. Es una perspectiva o enfoque que guía cómo una persona busca, evalúa y utiliza la información y el conocimiento en su vida. La orientación epistémica está relacionada con las creencias, actitudes y valores de una persona. (Quezada, 2021)

El desarrollo del conocimiento de la presente tesis, esta relacionada a la aplicación de los resultados obtenidos para formular recomendaciones, ya sea a los habitantes de las viviendas aledañas, como a la municipalidad de Huarica y entes

encargados de prevenir los daños que puedan ocasionar, los deslizamientos, derrumbes, incremento del flujo de agua, entre otros.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

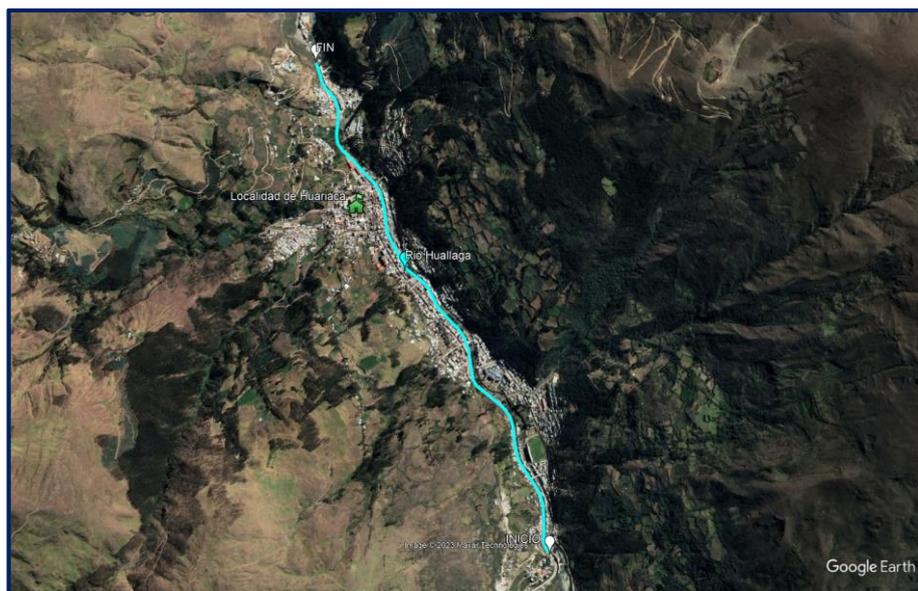
4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Ubicación de la muestra

El presente trabajo de investigación se encuentra situado en la parte media del río Huallaga, sectores de la localidad de Huariaca.

Figura N° 22

Ubicación de la zona de estudio.



Nota. Recuperado de Indeci y otros, 2011.

El proceso de análisis sigue la dirección del río en relación a los márgenes de su cauce, tanto en el lado derecho como en el izquierdo. El Río Huallaga representa un recurso hídrico vital que atraviesa el Distrito de Huariaca y la ciudad de Ambo en Huánuco. Sin embargo, es importante destacar que también existe una fuente de contaminación que afecta el entorno del Río Huallaga. Esta contaminación proviene de diversas fuentes, incluyendo la carga orgánica, inorgánica y microbiana arrastrada por sus aguas desde las áreas elevadas.

Tabla 20.

Ubicación de la zona de estudio.

Departamento	Pasco
Provincia	Huariaca
Distrito	Huariaca
Zona	Huariaca
Ubicación geográfica	UTM 370832.46 Este; 8844795.76 Sur

Nota. Google Earth.

4.1.2. Trabajo de campo

El trabajo de campo es un paso importante en el desarrollo del trabajo de investigación, porque con la ayuda de la recolección directa de datos podemos aprender y evaluar lo que sucede en un determinado entorno para luego compararlo con una hipótesis. Este método de observación y recopilación de datos generalmente se realiza en el entorno cotidiano, en lugar de en entornos controlados, lo que permite a los investigadores recopilar información sobre lugares cambiantes o dinámicos. Asimismo, este método se elabora de acuerdo al objetivo de la investigación, el cual se divide en las siguientes etapas: Objetivos de observación, requisitos a observar, tipo de observación: participante y no participante, herramientas de investigación de campo, fichas de campo. (Quezada, 2021)

El desarrollo del trabajo de campo, inició con la definición de las fichas de campo de acuerdo a las dimensiones seleccionadas e indicadores, así mismo con la asignación de los valores nominales y ordinales. Este proceso se desarrolló en las fichas de vulnerabilidad de viviendas y en las fichas de defensas ribereñas (gaviones y muros de contención). Posterior a la definición, se ubicó puntos estratégicos en todo el margen del río tanto derecho como izquierdo, considerando como puntos resaltantes los puentes existentes, todo esto con el objetivo de poder apreciar con mayor detalle las características de las viviendas y las defensas ribereñas. Se continuo con la recolección de datos en cada ficha de campo de cada vivienda que cumpliera con los limitantes descritos en las líneas superiores. El tipo de observación realizado es participante, pues se procedió a identificar cada punto del cual se recolecto los datos. La observación fue sistemática desarrollándose de acuerdo a un plan de observación preciso, ya que se tenían definidas las variables, su relación, las limitantes y los objetivos.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Tabla 21

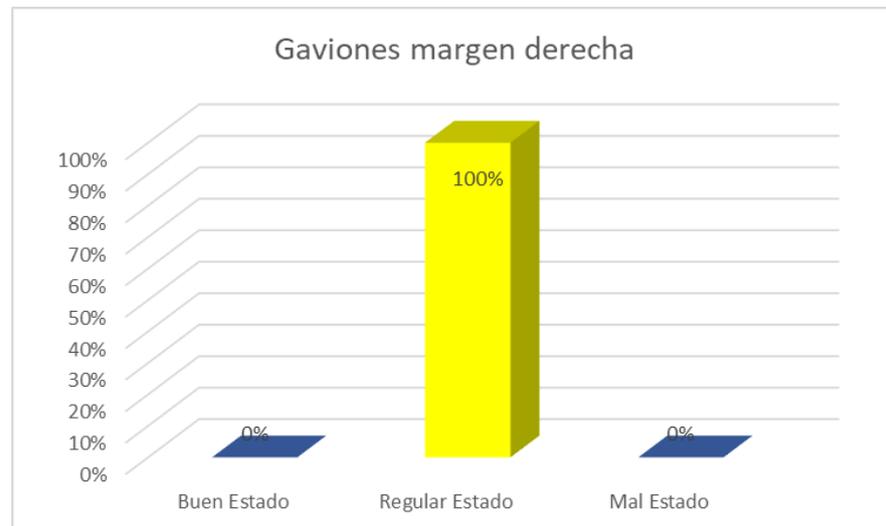
Estado actual de las defensas ribereñas tipo gavión en el margen derecho del río Huallaga, Pasco 2022.

Estado actual	Frecuencia	Porcentaje
Buen estado	0	0%
Regular estado	18	100%
Mal estado	0	0%
Total	18	100%

Nota. Elaboración propia.

Figura N° 23

Representación gráfica del estado actual de las defensas ribereñas tipo gavión en el margen derecho del río Huallaga, Pasco 2022



En la Figura 23 se representan de manera gráfica el resumen del estado actual de los gaviones observados en el margen derecho. Los resultados muestran de manera evidente que los gaviones en regular estado son 18, representado el 100% de incidencia.

Tabla 22

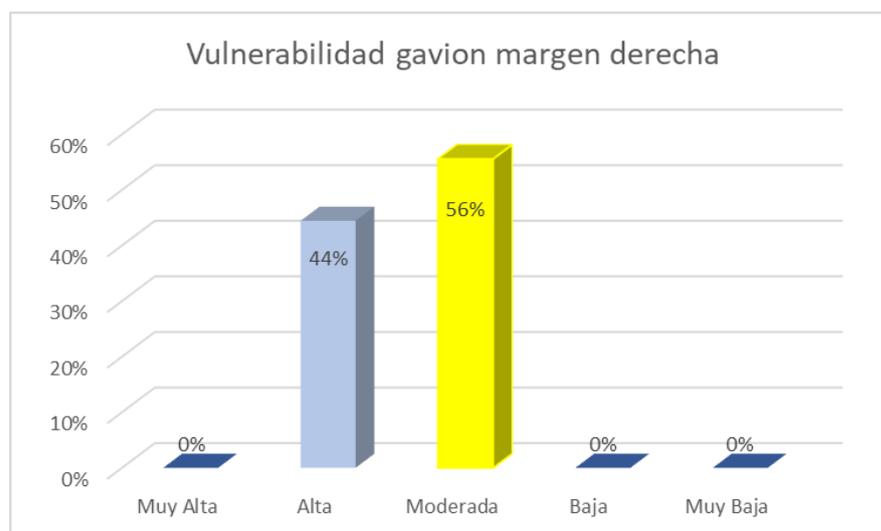
Nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas a las defensas ribereñas tipo gavión en el margen derecho del río Huallaga, Pasco 2022.

Vulnerabilidad	Frecuencia	Porcentaje
Muy baja	0	0%
Baja	0	0%
Moderada	8	44%
Alta	10	56%
Muy alta	0	0%
Total	18	100%

Nota. Elaboración propia.

Figura N° 24

Representación gráfica del nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas a las defensas ribereñas tipo gavión en el margen derecho del río Huallaga, Pasco 2022.



En la Figura 24 se representan de manera grafica el resumen del estado actual del nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas en las defensas ribereñas tipo gavión en el margen derecho, Pasco 2022. Los resultados destacan que 8 viviendas tienen un nivel de vulnerabilidad Moderado, representando el 44% y 10 viviendas tienen un nivel de vulnerabilidad alta representado el 56%.

Tabla 23

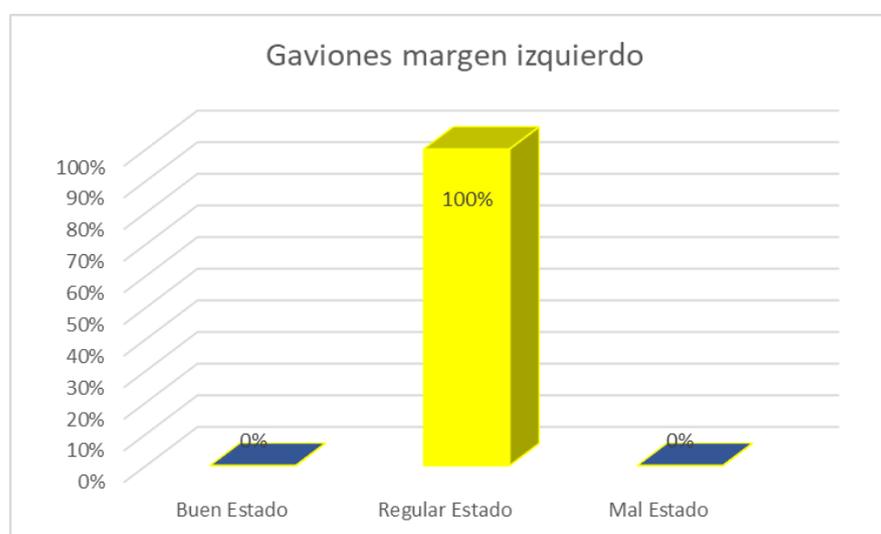
Estado actual de las defensas ribereñas tipo gavión en el margen izquierdo del río Huallaga, Pasco 2022.

Estado actual	Frecuencia	Porcentaje
Buen estado	0	0%
Regular estado	8	100%
Mal estado	0	0%
Total	8	100%

Nota. Elaboración propia.

Figura N° 25.

Representación gráfica del estado actual de las defensas ribereñas tipo gavión en el margen derecho del río Huallaga, Pasco 2022



Nota. Elaboración propia.

En la Figura 25 se representan de manera gráfica el resumen del estado actual de los gaviones observados en el margen izquierdo. Los resultados muestran de manera evidente que los gaviones en regular estado son 8, representado el 100% de incidencia.

Tabla 24

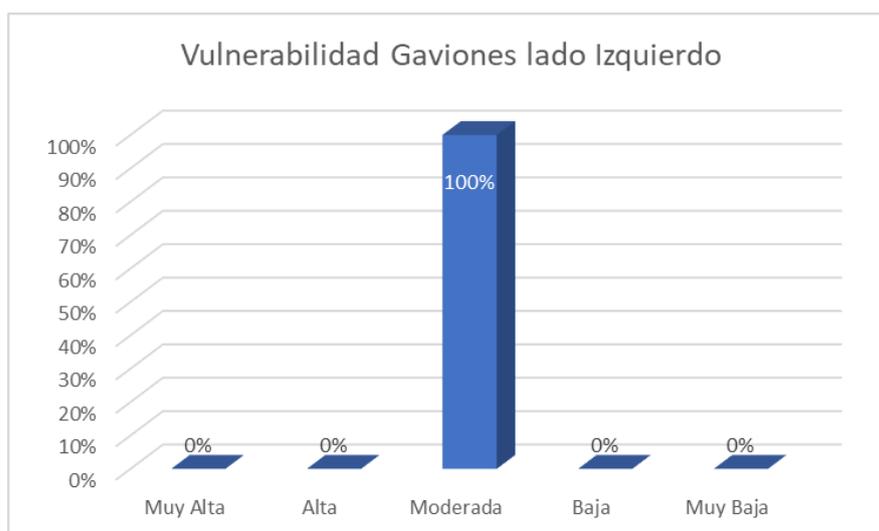
Nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas a las defensas ribereñas tipo gavión en el margen izquierdo del río Huallaga, Pasco 2022.

Vulnerabilidad	Frecuencia	Porcentaje
Muy baja	0	0%
Baja	0	0%
Moderada	8	100%
Alta	0	0%
Muy alta	0	0%
Total	8	100%

Nota. Elaboración propia.

Figura N° 26

Representación gráfica del nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas a las defensas ribereñas tipo gavión en el margen izquierdo del río Huallaga, Pasco 2022.



En la Figura 26 se representan de manera gráfica el resumen del estado actual del nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas en las defensas ribereñas tipo gavión en el margen derecho, Pasco 2022. Los resultados destacan que 8 viviendas tienen un nivel de vulnerabilidad Moderado, representando el 100%.

Tabla 25

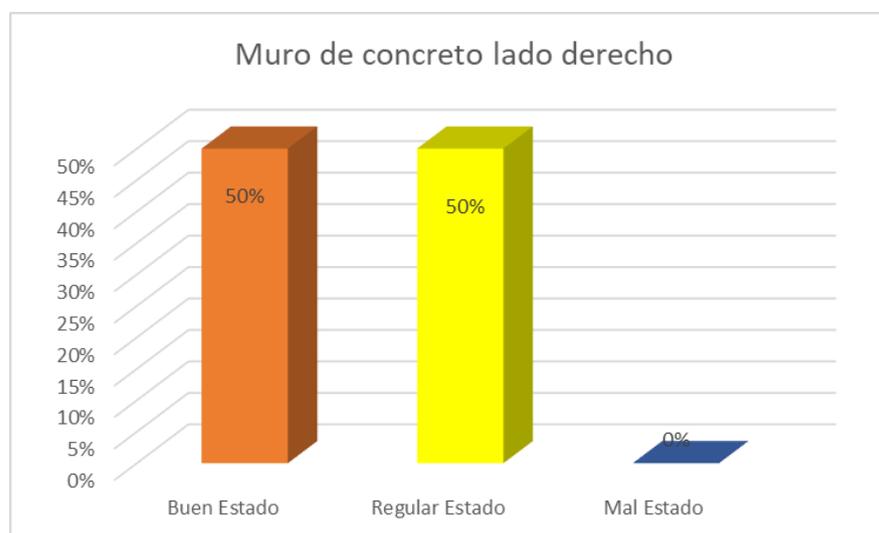
Estado actual de las defensas ribereñas tipo muro de contención en el margen derecho del río Huallaga, Pasco 2022.

Estado actual	Frecuencia	Porcentaje
Buen estado	22	50%
Regular estado	22	50%
Mal estado	0	0%
Total	44	100%

Nota. Elaboración propia.

Figura N° 27

Representación gráfica del estado actual de las defensas ribereñas tipo muro de contención en el margen derecho del río Huallaga, Pasco 2022.



Nota. Elaboración propia.

En la Figura 27 se representan de manera gráfica el resumen del estado actual de las defensas ribereñas tipo muro de contención observado en el margen derecho del río Huallaga, Pasco 2022. Los resultados muestran que 22 muros de contención están en buen estado, representado el 50% y 22 están en estado regular representando un 50% de incidencia.

Tabla 26

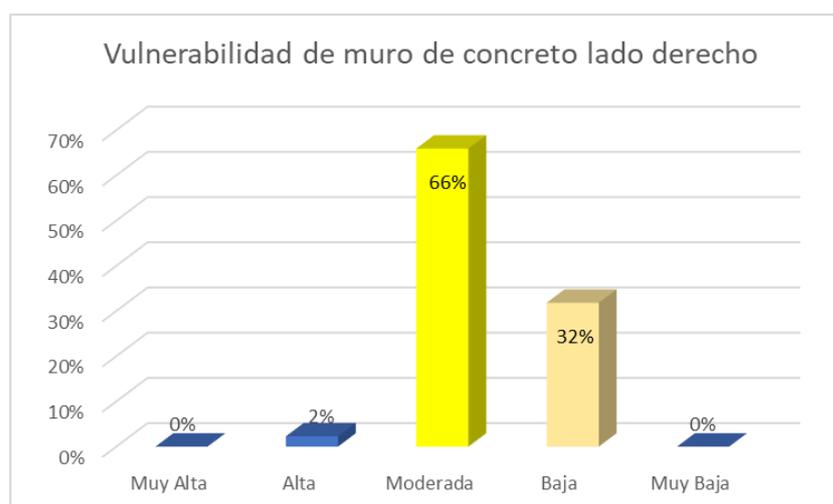
Nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas a las defensas ribereñas tipo muro de contención en el margen derecho del río Huallaga, Pasco 2022.

Vulnerabilidad	Frecuencia	Porcentaje
Muy baja	0	0%
Baja	14	32%
Moderada	29	66%
Alta	1	2%
Muy alta	0	0%
Total	44	100%

Nota. Elaboración propia.

Figura N° 28

Representación gráfica del nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas a las defensas ribereñas tipo muro de contención en el margen derecho del río Huallaga, Pasco 2022.



En la Figura 28 se representan de manera gráfica el resumen del estado actual del nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas en las defensas ribereñas tipo muro de contención en el margen derecho, Pasco 2022. Los resultados destacan que 14 viviendas tienen un nivel de vulnerabilidad bajo representando el 32%, 29 viviendas tienen un nivel de vulnerabilidad moderada representando el 66% y 1 vivienda tienen un nivel de vulnerabilidad alta representado un 2% de incidencia.

Tabla 27

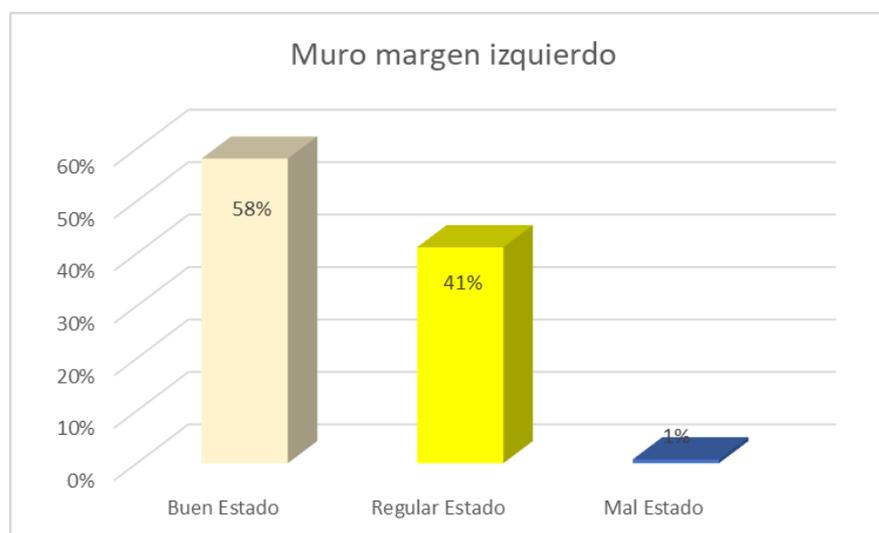
Estado actual de las defensas ribereñas tipo muro de contención en el margen izquierdo del río Huallaga, Pasco 2022.

Estado actual	Frecuencia	Porcentaje
Buen estado	79	58%
Regular estado	56	41%
Mal estado	1	1%
Total	136	100%

Nota. Elaboración propia.

Figura N° 29

Representación gráfica del estado actual de las defensas ribereñas tipo muro de contención en el margen izquierdo del río Huallaga, Pasco 2022.



Nota. Elaboración propia.

En la Figura 29 se representan de manera gráfica el resumen del estado actual de las defensas ribereñas tipo muro de contención observado en el margen izquierdo del río Huallaga, Pasco 2022. Los resultados muestran que 79 muros de contención están en buen estado representado el 58%, 56 están en regular estado representando un 41% y 1 esta en mal estado representando un 1% de incidencia.

Tabla 28

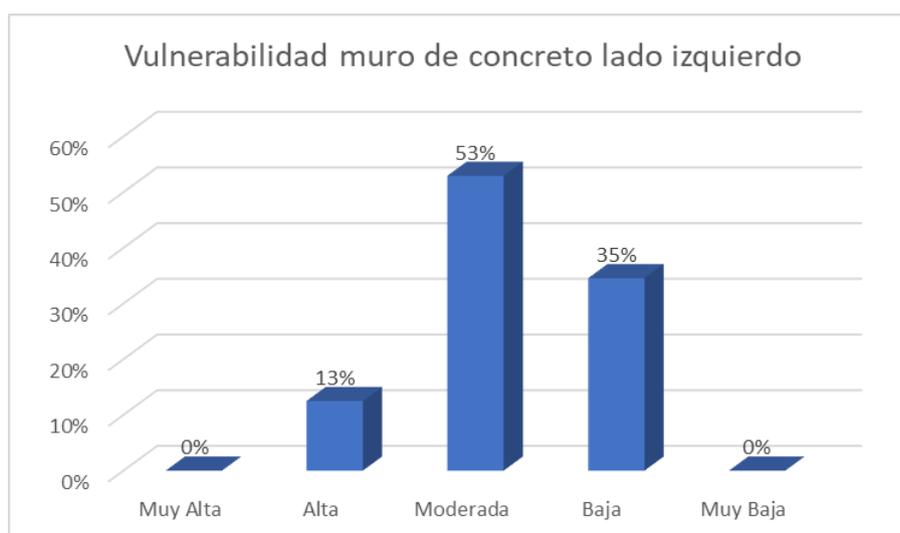
Nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas a las defensas ribereñas tipo muro de contención en el margen izquierdo del río Huallaga, Pasco 2022.

Vulnerabilidad	Frecuencia	Porcentaje
Muy baja	0	0%
Baja	47	13%
Moderada	72	53%
Alta	17	35%
Muy alta	0	0%
Total	136	100%

Nota. Elaboración propia.

Figura N° 30

Representación gráfica del nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas a las defensas ribereñas tipo muro de contención en el margen izquierdo del río Huallaga, Pasco 2022.



Nota. Elaboración propia.

En la Figura 30 se representan de manera gráfica el resumen del estado actual del nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas en las defensas ribereñas tipo muro de contención en el margen izquierdo, Pasco 2022. Los resultados destacan que 47 viviendas tienen un nivel de vulnerabilidad bajo representando el 13%, 72 viviendas tienen un nivel de vulnerabilidad moderada

representando el 53% y 17 viviendas tienen un nivel de vulnerabilidad alta representado un 35% de incidencia.

4.3. Prueba de Hipótesis

El análisis de prueba de hipótesis está en función a la interpretación del coeficiente de correlación de Spearman, el cual mide la correlación que poseen ambas variables.

Tabla 29
Interpretación del coeficiente de Spearman

Valor de rho	significado
- 1	Correlación negativa grande y perfecta
- 0.9 a - 0.99	Correlación negativa muy alta
- 0.7 a - 0.89	Correlación negativa alta
- 0.4 a - 0.69	Correlación negativa moderada
- 0.2 a - 0.39	Correlación negativa baja
- 0.01 a - 0.19	Correlación negativa muy baja
0	Correlación nula
0.01 a 0.19	Correlación positiva muy baja
0.2 a 0.39	Correlación positiva baja
0.4 a 0.69	Correlación positiva moderada
0.7 a 0.89	Correlación positiva
0.9 a 0.99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

4.3.1. Prueba de hipótesis general

Determinación de la relación existente entre las defensas las defensas ribereñas actuales y el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al río Huallaga, Pasco 2022.

Hipótesis general

H1: Existe correlación directa y positiva baja de las defensas ribereñas actuales en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al Río Huallaga en Distrito de Huariaca, Pasco 2022.

H0: No existe correlación directa y positiva baja de las defensas ribereñas actuales en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al Río Huallaga en Distrito de Huariaca, Pasco 2022.

Tabla 30

Correlación entre la vulnerabilidad de las viviendas aledañas a las defensas ribereñas del río Huallaga, Pasco 2022

			Defensas ribereñas (Agrupada)	Vulnerabilidad de viviendas (Agrupada)
Rho de Spearman	Defensas ribereñas (Agrupada)	Coefficiente de correlación	1.000	.221**
		Sig. (bilateral)	.	.001
		N	207	207
	Vulnerabilidad de viviendas (Agrupada)	Coefficiente de correlación	.221**	1.000
		Sig. (bilateral)	.001	.
		N	207	207

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Nota. Elaboración propia.

Dado que el p-valor es menor a 0.05, rechazamos la hipótesis nula, por consiguiente, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que el estado de las defensas ribereñas está relacionado significativamente con el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al río Huallaga, Pasco 2022.

Por otra parte, el coeficiente de Sperman es igual a 0.221, lo cual indica una correlación positiva baja, el estado de la defensa ribereña afecta de manera directa al nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al río Huallaga, Pasco 2022. De acuerdo al valor de Sperman también se infiere que el estado actual de las defensas ribereñas se encuentra por debajo del buen estado, lo cual viene reduciendo la protección de las viviendas, ante eventos de deslizamientos, incrementos de flujos, socavación, entre otros.

4.3.2. Prueba de hipótesis específica 1

Establecimiento de la relación existente entre la defensa ribereña de tipo gavión y el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas

Hipótesis específica 1

HE1: Existe una correlación inversa y negativa moderada de los gaviones en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al río Huallaga en el Distrito de Huariaca, Pasco 2022.

HE1-0: No Existe una correlación inversa y negativa moderada de los gaviones en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al río Huallaga en el Distrito de Huariaca, Pasco 2022

Tabla 31

Correlación entre la vulnerabilidad de las viviendas aledañas a las defensas ribereñas tipo gavión en el río Huallaga, Pasco 2022.

			Gaviones (Agrupada)	Vulnerabilidad de viviendas (Agrupada)
Rho de Spearman	Gaviones (Agrupada)	Coeficiente de correlación	1.000	-.521**
		Sig. (bilateral)	.	.003
		N	31	31
	Vulnerabilidad de viviendas (Agrupada)	Coeficiente de correlación	-.521**	1.000
		Sig. (bilateral)	.003	.
		N	31	31

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Nota. Elaboración propia.

Dado que el p-valor es menor a 0.05, rechazamos la hipótesis nula, por consiguiente, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que el estado de las defensas ribereñas tipo gavión está relacionado significativamente con el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al río Huallaga, Pasco 2022.

Por otra parte, el coeficiente de Spearman es igual a -0.521, lo cual indica una correlación inversa negativa y moderada, el estado de la defensa ribereña tipo gavión afecta de manera inversa al nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al río Huallaga, Pasco 2022. De acuerdo al valor de Spearman también se infiere que el estado actual de las defensas ribereñas tipo gavión se encuentra por debajo del buen estado, lo cual viene reduciendo la protección de las viviendas, ante eventos de deslizamientos, incrementos de flujos, socavación, entre otros.

4.3.3. Prueba de hipótesis específica 2

Análisis de la relación existente entre la defensa ribereña actual de tipo muro de contención y el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas

Hipótesis específica 2

HE2: Existe una correlación directa y positiva muy baja de los muros de contención en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al río Huallaga en el Distrito de Huariaca, Pasco 2022

HE2-0: Existe una correlación directa y positiva muy baja de los muros de contención en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al río Huallaga en el Distrito de Huariaca, Pasco 2022.

Tabla 32

Correlación entre la vulnerabilidad de las viviendas aledañas a las defensas ribereñas tipo muro de contención en el río Huallaga, Pasco 2022.

			Muro de contención (Agrupada)	Vulnerabilidad de viviendas (Agrupada)
Rho de Spearman	Muro de contención (Agrupada)	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral)	1.000	.107**
		N	183	183
	Vulnerabilidad de viviendas (Agrupada)	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral)	.107**	1.000
		N	183	183

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Nota. Elaboración propia.

Dado que el p-valor es menor a 0.05, rechazamos la hipótesis nula, por consiguiente, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que el estado de las defensas ribereñas tipo muro de contención está relacionado significativamente

con el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al río Huallaga, Pasco 2022.

Por otra parte, el coeficiente de Spearman es igual a 0.107, lo cual indica una correlación positiva muy baja, el estado de la defensa ribereña afecta de manera directa al nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al río Huallaga, Pasco 2022. De acuerdo al valor de Spearman también se infiere que el estado actual de las defensas ribereñas tipo muro de contención se encuentra por debajo del buen estado, lo cual viene reduciendo la protección de las viviendas, ante eventos de deslizamientos, incrementos de flujos, socavación, entre otros.

4.4. Discusión de resultados

El objetivo general de este proyecto de investigación consistió en determinar la influencia de las defensas ribereñas actuales en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas cercanas al Río Huallaga en el Distrito de Huariaca, Pasco, en el año 2022. Para lograr este propósito, Se trabajó bajo un enfoque cuantitativo de tipo aplicada de nivel descriptivo correlacional de diseño no experimental de corte transversal. Los resultados obtenidos a través de la correlación de Spearman, que arrojó un valor de 0.221, indicaron una correlación positiva baja entre las variables. Asimismo, la prueba de independencia ($p < 0.05$) demostró una significancia muy marcada, lo que respalda la relación entre las defensas ribereñas y la vulnerabilidad de las viviendas.

En consonancia con estos hallazgos, se encontró que los resultados coincidían con el estudio de Cadena & Villegas (2017), titulado "Análisis de riesgo por desbordamiento del río Chiquito en la zona urbana del municipio de Sogamoso, Boyacá". Dicho estudio también enfocó su investigación en el análisis de riesgos

de inundación y sus consecuencias, considerando aspectos sociales, económicos, ambientales y físicos. Se emplearon metodologías de evaluación de amenazas y vulnerabilidad, así como cálculos para el caudal de diseño en simulaciones hidráulicas. Las conclusiones resaltaron la fragilidad de la zona estudiada ante posibles eventos de inundación y la alta vulnerabilidad de la población.

En el contexto de la hipótesis específica 1, los resultados mostraron una correlación de Spearman de -0.2521, reflejando una correlación inversa negativa y moderada entre las defensas ribereñas tipo gaviones y la vulnerabilidad de las viviendas. De manera similar, los resultados se alinearon con el estudio de Cenepred (2018), un "Informe de evaluación de riesgo por inundación fluvial en el río Chillón - tramo Callao". En este estudio, se determinaron los niveles de vulnerabilidad y riesgo frente a inundaciones en el río Chillón - Tramo Callao. Se aplicaron métodos de medición de peligro y vulnerabilidad, seguidos de flujogramas de riesgo. Las conclusiones resaltaron la necesidad de inversiones en proyectos de prevención y reducción de riesgos mediante obras ribereñas.

En relación con la hipótesis específica 2, se observó una correlación de Spearman de 0.107, que denotó una correlación positiva muy baja, entre las defensas ribereñas tipo muro de contención y la vulnerabilidad de las viviendas. Estos resultados guardaron coherencia con el estudio de Avilés (2014), titulado "Análisis técnico y económico para muros de contención de hormigón armado comparado con muros de gaviones y sistemas de suelo reforzado". En esta investigación se compararon diferentes tipos de muros de contención y se abordó su diseño y estabilidad. Las conclusiones indicaron que el concreto armado demandaba un mayor costo en comparación con los sistemas de gaviones y suelo

reforzado, pero se destacó que el sistema de suelo reforzado resultaba más económico que los gaviones en alturas mayores.

En síntesis, las investigaciones mencionadas proporcionaron un contexto valioso y relevante para la presente investigación sobre la influencia de las defensas ribereñas en la vulnerabilidad de las viviendas cercanas al Río Huallaga. Los resultados obtenidos se apoyaron en estudios similares, respaldando las conclusiones y brindando una base sólida para las recomendaciones futuras.

CONCLUSIONES

1. El presente estudio tuvo como objetivo determinar la influencia de las defensas ribereñas actuales en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al río Huallaga en distrito de Huariaca, Pasco 2022. Se trabajó bajo un enfoque cuantitativo de tipo aplicada de nivel descriptivo correlacional de diseño no experimental de corte transversal.
2. De acuerdo a los hallazgos obtenidos, con respecto a las defensas ribereñas tipo muro de contención: el 56% está en buen estado, el 43% está en regular estado y 1% está en mal, con respecto a las defensas ribereñas tipo gavión: el 100% está en regular estado. En caso del nivel de vulnerabilidad de las viviendas: el 12 % se encuentra con un nivel de vulnerabilidad alta, el 58% con un nivel de vulnerabilidad moderada, el 30% con un nivel de vulnerabilidad baja.
3. El análisis estadístico de correlación mediante el coeficiente de Spearman reveló una correlación directa y positiva baja (coeficiente de correlación = 0.221) y un nivel de significancia (sigma) menor a 0.05 entre las variables de defensas ribereñas actuales y el nivel de vulnerabilidad de las viviendas cercanas al Río Huallaga en el Distrito de Huariaca, Pasco 2022. Estos resultados indican de manera concluyente que existe una influencia directa y positiva baja de las defensas ribereñas actuales en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas. Infiriendo que el estado actual de las defensas ribereñas, aporta una protección a las viviendas aledañas al río Huallaga, pero debió al desgaste de la estructura actualmente las viviendas están más vulnerables ante eventos de deslizamientos, incrementos de flujos, socavación entre otros.
4. El análisis estadístico de correlación a través del coeficiente de Spearman reveló una correlación inversa negativa y moderada (coeficiente de correlación = -0.521)

y una sigma menor a 0.05 entre la variable de defensa ribereña actual de tipo gavión y el nivel de vulnerabilidad de las viviendas próximas al Río Huallaga en el Distrito de Huariaca, Pasco 2022. Este hallazgo confirma que la defensa ribereña actual de tipo gaviones ejerce una influencia inversa negativa y moderada en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas circundantes.

5. Mediante el análisis estadístico de correlación basado en el coeficiente de Spearman, se identificó una correlación positiva muy baja (coeficiente de correlación = 0.107) y una sigma menor a 0.05 entre la variable de defensa ribereña actual de tipo muro de contención y el nivel de vulnerabilidad de las viviendas adyacentes al Río Huallaga en el Distrito de Huariaca, Pasco 2022. Estos resultados resaltan que la defensa ribereña actual de tipo muro de contención influye de manera significativa en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas cercanas.

RECOMENDACIONES

1. Dado que el nivel de vulnerabilidad y el nivel de defensa ribereña actual están directamente relacionados, se recomienda realizar proyectos de renovación o instalar nuevas defensas en el área utilizando algún tipo de sistema diseñado por un experto. El sistema debe ser adaptable, que mejor se acomode al terreno y que de buenos resultados en su periodo de vida útil.
2. El diseño de un sistema gavión como se contempla en este estudio minimiza un porcentaje de vulnerabilidad en el área, lo que sugiere que otros indicadores como el tipo de material utilizado en las viviendas, la proximidad al cause y las diferencias en las cotas hacia el cause del río producen porcentajes de vulnerabilidad. Es por ello, que se recomienda que los gobiernos regionales o municipales inspeccionen las viviendas en relación con estos indicadores y realicen charlas, capacitaciones para disminuir de alguna manera el factor de riesgo.
3. En cuanto al parámetro geotécnico, se recomienda realizar más calicatas en el área para establecer con mayor seguridad y certeza el tipo de estratos que se ubican en el área de estudio ante posibles construcciones de defensa ribereña. Además, la realización de inspecciones ambientales en la zona por el personal adecuado y que los materiales de relleno, residuos sólidos y el suelo de fundación de terreno no afecten directamente las propiedades y características del terreno.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alvarado, A., & Gómez, J. (2020). Análisis de la vulnerabilidad social y física ante inundaciones en el distrito de San Juan Bautista, Iquitos, Perú. *Revista de Geografía Norte Grande*, (76), 125-144.
- Arévalo, J., & Cárdenas, M. (2019). Evaluación de la vulnerabilidad física ante inundaciones en el distrito de Belén, Iquitos, Perú. *Revista Geográfica de América Central*, (63), 1-23.
- Barboza, J. (2018). Influencia de las defensas ribereñas en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al Río Chillón, Callao 2018. Tesis de grado. Universidad Cesar Vallejo.
- Bernal, C., & Sánchez, R. (2018). Análisis espacial de la vulnerabilidad socioeconómica y ambiental ante inundaciones en el municipio de Cúcuta, Colombia. *Revista Luna Azul*, (47), 220-243.
- Cáceres, D., & Paredes, M. (2020). Evaluación del riesgo por inundación fluvial en el distrito de Punchana, Iquitos, Perú. *Revista Geográfica del Sur*, 10(1), 1-18.
- Campos, M., & López, J. (2021). Análisis multicriterio para la priorización de intervenciones en defensas ribereñas: caso río Huallaga, Perú. *Ingeniería e Investigación*, 41(1), 49-57.
- Carrasco, M., Gutiérrez, J., & Díaz, C. (2019). Análisis multicriterio de la vulnerabilidad física y socioeconómica de las viviendas frente a las inundaciones en el distrito de Huanchaco, La Libertad. *Revista Peruana de Geografía e Historia Regional Aplicada*, 2(2), 1-16.
- Carrasco, M., Gutiérrez, J., & Díaz, C. (2019). Análisis multicriterio de la vulnerabilidad física y socioeconómica de las viviendas frente a las inundaciones en el distrito

- de Huanchaco, La Libertad. *Revista Peruana de Geografía e Historia Regional Aplicada*, 2(2), 1-16.
- Carrión, J., & Zambrano, E. (2019). Estimación del riesgo por inundación en el cantón Babahoyo mediante un modelo hidrológico-hidráulico acoplado. *Maskana*, 10(2), 83-98.
- Castillo, L., & Ramírez, J. (2018). Análisis de la vulnerabilidad social frente a las inundaciones en el distrito de Morales, San Martín, Perú. *Revista Geográfica Venezolana*, 59(2), 353-371.
- Chávez, C., & Sotomayor, G. (2020). Evaluación del riesgo por inundación en el distrito de San Jacinto, Tumbes, Perú. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 23(45), 35-44.
- Chen, W., Cutter, S., Emrich, C., & Shi, P. (2016). Estimación de la vulnerabilidad económica y social de las viviendas frente a las inundaciones en el condado de Harris, Estados Unidos, mediante el método Analytic Network Process. *Natural Hazards Review*, 17(3), 04016001.
- Díaz, J., & Martínez, L. (2021). Análisis de la vulnerabilidad física y social ante inundaciones en el municipio de Lorica, Córdoba, Colombia. *Revista Geográfica Académica*, 15(1), 1-16.
- García, J., Gómez, A., & Rodríguez, M. (2019). Vulnerabilidad de las viviendas frente a las inundaciones en el municipio de Cúcuta, Colombia. *Revista de Geografía Norte Grande*, (73), 125-144.
- García, J., Gómez, A., & Rodríguez, M. (2019). Vulnerabilidad de las viviendas frente a las inundaciones en el municipio de Cúcuta, Colombia. *Revista de Geografía Norte Grande*, (73), 125-144.

- Gómez, A., & Rojas, W. (2019). Análisis del riesgo por inundación en el casco urbano del municipio de Ocaña, Norte de Santander, Colombia. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, 28(2), 403-423.
- Gonzales, R., Torres, J., & Vásquez, A. (2020). Evaluación de la vulnerabilidad física y social de las viviendas frente a las inundaciones en el distrito de San Juan Bautista, Loreto. Revista Peruana de Ciencias Ambientales y Desarrollo Sostenible, 1(1), 35-46.
- Gonzales, R., Torres, J., & Vásquez, A. (2020). Evaluación de la vulnerabilidad física y social de las viviendas frente a las inundaciones en el distrito de San Juan Bautista, Loreto. Revista Peruana de Ciencias Ambientales y Desarrollo Sostenible, 1(1), 35-46.
- González, R., & Pérez, A. (2018). Evaluación del riesgo por inundación en el sector La Playita del municipio San Cristóbal, estado Táchira, Venezuela. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, (78), 1-25.
- Herrera, M., & Vásquez, A. (2020). Análisis espacial del riesgo por inundación en el distrito de José Leonardo Ortiz, Chiclayo, Perú. Revista Geográfica del Sur: Geosur, 10(2), 19-34.
- López-García, M., & García-Cueto, O. (2020). Análisis multitemporal del riesgo por inundación en el municipio de Tuxpan, Veracruz, México. Investigaciones Geográficas, (103), e60704.
- Molina, J., Pérez, E., & Rangel, L. (2018). Análisis multicriterio de la vulnerabilidad social y física de las viviendas frente a las inundaciones en el municipio de San Cristóbal, Venezuela. Revista Geográfica Venezolana, 59(2), 353-370.

- Molina, J., Pérez, E., & Rangel, L. (2018). Análisis multicriterio de la vulnerabilidad social y física de las viviendas frente a las inundaciones en el municipio de San Cristóbal, Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana*, 59(2), 353-370.
- Mondal, P., Ghosh, S., & Banerjee, S. (2015). Medición de la vulnerabilidad física y social de las viviendas frente a las inundaciones en el distrito de Birbhum, India, mediante el método Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 14, 332-342.
- Pacheco , J., & Sánchez , L. (2019). Análisis de la vulnerabilidad y el riesgo por inundación en el municipio de Soledad , Atlántico , Colombia . *Revista de Geografía Norte Grande* , (72) , 155-174 .
- Pérez, L., Rojas, M., & Sánchez, R. (2018). Estimación de la vulnerabilidad económica y social de las viviendas frente a las inundaciones en el distrito de San Juan Lurigancho, Lima, mediante el método Fuzzy Logic. *Revista Peruana de Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible*, 1(1), 25-34.
- Pérez, L., Rojas, M., & Sánchez, R. (2018). Estimación de la vulnerabilidad económica y social de las viviendas frente a las inundaciones en el distrito de San Juan Lurigancho, Lima, mediante el método Fuzzy Logic. *Revista Peruana de Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible*, 1(1), 25-34.
- Quispe, A., Huamán, C., & Morales, E. (2016). Estimación de la vulnerabilidad física y económica de las viviendas frente a las inundaciones en el distrito de Huánuco, Huánuco, mediante el método Analytic Network Process. *Revista Peruana de Ingeniería y Gestión del Riesgo de Desastres*, 3(1), 19-28.
- Ramírez, J., Flores, E., & López, M. (2017). Medición de la vulnerabilidad física y social de las viviendas frente a las inundaciones en el distrito de Chosica, Lima,

mediante el método Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution. *Revista Peruana de Ciencias Sociales y Ambientales*, 4(2), 67-78.

Rodríguez, R., & Gutiérrez, J. (2018). Evaluación de la vulnerabilidad social ante inundaciones en el municipio de Tumaco, Nariño, Colombia. *Revista Geográfica de Valparaíso*, (51), 119-136.

Santos, R., Freitas, C., & Silva, A. (2017). Evaluación de la vulnerabilidad física y socioeconómica de las viviendas frente a las inundaciones en el municipio de São Luís, Brasil, mediante el método Fuzzy Logic. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 10(5), 1390-1404.

Shrestha, S., Babel, M., Maskey, S., & van Griensven, A. (2018). Assessment of physical and social vulnerability of urban areas to flash floods: A case study of Bangkok, Thailand. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 31, 1049-1061.

Tavares-Corrêa, C., de Oliveira-Júnior, J., & de Souza Filho, C. (2019). Flood vulnerability assessment in urban areas: A GIS-multicriteria-based approach. *Journal of Environmental Management*, 231, 845-857.

ANEXOS

ANEXO 1. Instrumento de recolección de datos

INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

FICHAS DE OBSERVACIÓN - VULNERABILIDAD DE LAS VIVIENDAS ALEDAÑAS AL RIO HUALLAGA

Datos Informativos

Institución

: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Carrera profesional

: Ingeniería Civil

Investigador

: Paul Jordan Carhuapoma Vega

Punto de Evaluación

: _____

Fecha de Evaluación

: _____

Los ítems son extraídos del INFORME FINAL: DESARROLLO DEL PERFIL DE RIESGO POR INUNDACIÓN DE LA CUENCA DEL RIO CHILLON, DEL MINISTERIO DE AMBIENTE 2014.

N°	DIMENSIÓN/ÍTEMS	OBSERVACIONES
1	Tipo de vivienda	(1) Concreto mas de 2 pisos (2) Concreto de 2 pisos (3) Concreto de 1 piso (4) Adobe y madera
2	Cercanía al cauce del rio	(1) Mas de 500m (2) Entre 200 y 500m (3) Entre 100 y 200m (4) Menor a 100m
3	Diferencia de cota respecto del cauce	(1) Por encima de 10m (2) Entre 3 y 10m encima del cauce (3) Entre 0 y 3m encima del cauce (4) Al mismo nivel y/o por debajo del cauce.
4	Presencia de obra de protección	(1) Muro de Concreto (2) Muro de gaviones (3) Enrocado (4) No tiene
	Puntaje	

Aplicable () No aplicable ()

Aplicable () No aplicable ()

Aplicable () No aplicable ()

Apellidos y nombres del validador:

Apellidos y nombres del validador:

Apellidos y nombres del validador:

INSTRUMENTO DE INVESTIGACION

FICHAS DE OBSERVACIÓN - DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO HUALLAGA

Datos Informativos

Institución : Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
Carrera profesional : Ingeniería Civil
Investigador : Paul Jordan Carhuapoma Vega
Punto de Evaluación : _____
Fecha de Evaluación : _____

Los ítems son extraídos del Capítulo 8, del Libro Fundamentos de ingeniería de cimentaciones Braja M. Das, séptima edición y del Manual de carreteras-Especificaciones técnicas generales para construcción aprobado con R.D. N° 22-2013-MTC/14.

N°	DIMENSIÓN/ÍTEMS	OBSERVACIONES
1	Estado de protección	(1) Sin daños, (2) Con daños medios, (3) Con daños graves
2	Condición del alambre	(1) Sin daños, (2) Con daños medios, (3) Con daños graves
3	Diámetro del alambre	(1) Mayor que 3mm, (2) Igual a 3mm, (3) Menor a 3mm
4	Huecos de abertura	(1) Menor a 10cm, (2) Igual a 10cm, (3) Mayor a 10cm
	Puntaje	

Aplicable () No aplicable ()

Aplicable () No aplicable ()

Aplicable () No aplicable ()

Apellidos y nombres del validador:

Apellidos y nombres del validador:

)

Apellidos y nombres del validador:

—

INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

FICHAS DE OBSERVACIÓN - DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO HUALLAGA

Datos Informativos

Institución

: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Carrera profesional

: Ingeniería Civil

Investigador

: Paul Jordan Carhuapoma Vega

Punto de Evaluación

: _____

Fecha de Evaluación

: _____

Los ítems son extraídos del Capítulo 8, del Libro Fundamentos de ingeniería de cimentaciones Braja M. Das, séptima edición y del Manual de carreteras-Especificaciones técnicas generales para construcción aprobado con R.D. N° 22-2013-MTC/14.

N°	DIMENSIÓN/ÍTEMS	OBSERVACIONES
1	Presenta inclinación por volcadura	(1) No presenta, (2) Inclinación leve, (3) Inclinación considerable
2	Presenta socavación de cimentación	(1) No presenta, (2) Socavación leve, (3) Socavación considerable
3	Presenta grietas o fisuras en el concreto	(1) No presenta, (2) Grietas leve, (3) Grietas considerable
4	Presenta daños en la estructura, diferente a grietas o fisuras.	(1) No presenta, (2) Daños leve, (3) Daños considerable
	Puntaje	

Aplicable () No aplicable ()

Aplicable () No aplicable ()

Aplicable () No aplicable ()

Apellidos y nombres del validador:

Apellidos y nombres del validador:

Apellidos y nombres del validador:

ANEXO 2. Recolección de datos

Resumen de datos de campo de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al Río
Huallaga

Grupos	Punto de evaluación	Numero de vivienda	Lote	Lugar	Tipo de vivienda	Cercanía al cauce del río	Diferencia de cota respecto del cauce	Presencia de obra de protección	Lado	Magnitud
PUNTO DE EVALUACIÓN N° 01										
5	1	01	1	Acobamba Sector 2	3	4	2	4	Izquierda	0.75
5	1	02	2	Acobamba Sector 2	3	4	2	4	Izquierda	0.75
5	1	03	3	Acobamba Sector 2	1	4	2	4	Izquierda	0.58
5	1	04	4	Acobamba Sector 2	2	4	2	4	Izquierda	0.67
1	1	05	5	Acobamba Sector 2	2	4	2	1	Izquierda	0.42
1	1	06	6	Acobamba Sector 2	3	4	2	1	Izquierda	0.50
1	1	07	7	Acobamba Sector 2	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	1	08	8	Acobamba Sector 2	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	1	09	9	Acobamba Sector 2	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	1	10	10	Acobamba Sector 2	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	1	11	11	Acobamba Sector 2	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	1	12	12	Acobamba Sector 2	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	1	13	13	Acobamba Sector 2	3	4	2	1	Izquierda	0.50
1	1	14	14	Acobamba Sector 2	3	4	2	1	Izquierda	0.50
1	1	15	15	Acobamba Sector 2	3	4	2	1	Izquierda	0.50
1	1	16	16	Acobamba Sector 2	4	4	2	1	Izquierda	0.58
1	1	17	17	Acobamba Sector 2	3	4	2	1	Izquierda	0.50
1	1	18	18	Acobamba Sector 2	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	1	19	19	Acobamba Sector 2	3	4	2	1	Izquierda	0.50
1	1	20	20	Acobamba Sector 2	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	1	21	21	Acobamba Sector 2	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	1	22	22	Acobamba Sector 2	3	4	2	1	Izquierda	0.50
1	1	23	23	Acobamba Sector 2	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	1	24	24	Acobamba Sector 2	4	4	2	1	Izquierda	0.58
1	1	25	25	Acobamba Sector 2	3	4	2	1	Izquierda	0.50
1	1	26	26	Acobamba Sector 2	2	4	2	1	Izquierda	0.42
1	1	27	27	Acobamba Sector 2	3	4	2	1	Izquierda	0.50
1	1	28	28	Acobamba Sector 2	2	4	2	1	Izquierda	0.42
1	1	29	29	Acobamba Sector 2	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	1	30	30	Acobamba Sector 2	2	4	2	1	Izquierda	0.42
1	1	31	31	Acobamba Sector 2	4	4	2	1	Izquierda	0.58

1	1	32	32	Acobamba Sector 2	4	4	2	1	Izquierda	0.58
1	1	33	33	Acobamba Sector 2	2	4	2	1	Izquierda	0.42
1	1	34	34	Acobamba Sector 2	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	1	35	35	Acobamba Sector 2	2	4	2	1	Izquierda	0.42
1	1	36	36	Acobamba Sector 2	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	1	37	37	Acobamba Sector 2	4	4	2	1	Izquierda	0.58
1	1	38	38	Acobamba Sector 2	4	4	2	1	Izquierda	0.58
1	1	39	39	Acobamba Sector 2	4	4	2	1	Izquierda	0.58
1	1	40	40	Acobamba Sector 2	4	4	2	1	Izquierda	0.58
1	1	41	41	Acobamba Sector 2	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	1	42	42	Acobamba Sector 2	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	1	43	43	Acobamba Sector 2	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	1	44	44	Acobamba Sector 2	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	1	45	45	Acobamba Sector 2	4	4	2	1	Izquierda	0.58
1	1	46	46	Acobamba Sector 2	4	4	2	1	Izquierda	0.58
1	1	47	47	Acobamba Sector 2	4	4	2	1	Izquierda	0.58
1	1	48	48	Acobamba Sector 2	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	1	49	49	Acobamba Sector 2	4	4	2	1	Izquierda	0.58
1	1	50	50	Acobamba Sector 2	4	4	2	1	Izquierda	0.58
1	1	51	51	Acobamba Sector 2	2	4	2	1	Izquierda	0.42
1	1	52	52	Acobamba Sector 2	2	4	2	1	Izquierda	0.42
1	1	53	53	Acobamba Sector 2	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	1	54	54	Acobamba Sector 2	1	4	2	1	Izquierda	0.33
2	1	55	1	Acobamba Sector 2	4	4	2	1	Derecha	0.58
2	1	56	2	Acobamba Sector 2	4	4	2	1	Derecha	0.58
2	1	57	3	Acobamba Sector 2	4	4	2	1	Derecha	0.58
2	1	58	4	Acobamba Sector 2	4	4	2	1	Derecha	0.58
2	1	59	5	Acobamba Sector 2	4	4	2	1	Derecha	0.58
2	1	60	6	Acobamba Sector 2	2	4	2	1	Derecha	0.42
2	1	61	7	Acobamba Sector 2	3	4	2	1	Derecha	0.50
2	1	62	8	Acobamba Sector 2	1	4	2	1	Derecha	0.33

PUNTO DE EVALUACION N° 02

1	2	01	1	Acobamba Sector 1	4	4	3	1	Izquierda	0.67
1	2	02	2	Acobamba Sector 1	1	4	3	1	Izquierda	0.42
1	2	03	3	Acobamba Sector 1	1	4	3	1	Izquierda	0.42
1	2	04	4	Acobamba Sector 1	1	4	3	1	Izquierda	0.42
1	2	05	5	Acobamba Sector 1	1	4	3	1	Izquierda	0.42
1	2	06	6	Acobamba Sector 1	4	4	3	1	Izquierda	0.67
1	2	07	7	Acobamba Sector 1	4	4	3	1	Izquierda	0.67
1	2	08	8	Acobamba Sector 1	4	4	3	1	Izquierda	0.67
1	2	09	9	Acobamba Sector 1	1	4	3	1	Izquierda	0.42
1	2	10	10	Acobamba Sector 1	2	4	3	1	Izquierda	0.50
1	2	11	11	Acobamba Sector 1	4	4	3	1	Izquierda	0.67

1	2	12	12	Acobamba Sector 1	1	4	3	1	Izquierda	0.42
1	2	13	13	Acobamba Sector 1	2	4	3	1	Izquierda	0.50
1	2	14	14	Acobamba Sector 1	1	4	3	1	Izquierda	0.42
1	2	15	15	Acobamba Sector 1	4	4	3	1	Izquierda	0.67
1	2	16	16	Acobamba Sector 1	4	4	3	1	Izquierda	0.67
1	2	17	17	Acobamba Sector 1	2	4	3	1	Izquierda	0.50
1	2	18	18	Acobamba Sector 1	4	4	3	1	Izquierda	0.67
1	2	19	19	Acobamba Sector 1	4	4	3	1	Izquierda	0.67
1	2	20	20	Acobamba Sector 1	1	4	3	1	Izquierda	0.42
5	2	21	21	Acobamba Sector 1	3	4	3	4	Izquierda	0.83
5	2	22	22	Acobamba Sector 1	2	4	3	4	Izquierda	0.75
5	2	23	23	Acobamba Sector 1	4	4	3	4	Izquierda	0.92
5	2	24	24	Acobamba Sector 1	1	4	3	4	Izquierda	0.67
2	2	25	1	Acobamba Sector 1	1	4	3	1	Derecha	0.42
2	2	26	2	Acobamba Sector 1	1	4	3	1	Derecha	0.42
2	2	27	3	Acobamba Sector 1	1	4	3	1	Derecha	0.42
2	2	28	4	Acobamba Sector 1	1	4	3	1	Derecha	0.42
2	2	29	5	Acobamba Sector 1	2	4	3	1	Derecha	0.50
2	2	30	6	Acobamba Sector 1	1	4	3	1	Derecha	0.42
2	2	31	7	Acobamba Sector 1	4	4	3	1	Derecha	0.67
PUNTO DE EVALUACION N° 03										
2	3	01	1	Huariaca	2	4	2	1	Derecha	0.42
2	3	02	2	Huariaca	1	4	2	1	Derecha	0.33
2	3	03	3	Huariaca	4	4	2	1	Derecha	0.58
2	3	04	4	Huariaca	1	4	2	1	Derecha	0.33
2	3	05	5	Huariaca	1	4	2	1	Derecha	0.33
2	3	06	6	Huariaca	2	4	2	1	Derecha	0.42
2	3	07	7	Huariaca	2	4	2	1	Derecha	0.42
2	3	08	8	Huariaca	2	4	2	1	Derecha	0.42
2	3	09	9	Huariaca	1	4	2	1	Derecha	0.33
2	3	10	10	Huariaca	1	4	2	1	Derecha	0.33
2	3	11	11	Huariaca	1	4	2	1	Derecha	0.33
2	3	12	12	Huariaca	1	4	2	1	Derecha	0.33
2	3	13	13	Huariaca	2	4	2	1	Derecha	0.42
2	3	14	14	Huariaca	1	4	2	1	Derecha	0.33
PUNTO DE EVALUACION N° 04										
5	4	01	1	Huariaca	2	4	3	4	Izquierda	0.75
1	4	02	2	Huariaca	1	4	3	1	Izquierda	0.42
1	4	03	3	Huariaca	1	4	3	1	Izquierda	0.42
1	4	04	4	Huariaca	4	4	3	1	Izquierda	0.67
1	4	05	5	Huariaca	1	4	3	1	Izquierda	0.42
2	4	06	1	Huariaca	2	4	3	1	Derecha	0.50
2	4	07	2	Huariaca	2	4	3	1	Derecha	0.50

2	4	08	3	Huariaca	2	4	3	1	Derecha	0.50
4	4	09	4	Huariaca	4	4	3	2	Derecha	0.75
4	4	10	5	Huariaca	4	4	3	2	Derecha	0.75
4	4	11	6	Huariaca	2	4	3	2	Derecha	0.58
4	4	12	7	Huariaca	4	4	3	2	Derecha	0.75
4	4	13	8	Huariaca	2	4	3	2	Derecha	0.58
4	4	14	9	Huariaca	3	4	3	2	Derecha	0.67
4	4	15	10	Huariaca	1	4	3	2	Derecha	0.50
4	4	16	11	Huariaca	1	4	3	2	Derecha	0.50
4	4	17	12	Huariaca	1	4	3	2	Derecha	0.50
4	4	18	13	Huariaca	2	4	3	2	Derecha	0.58
4	4	19	14	Huariaca	2	4	3	2	Derecha	0.58
PUNTO DE EVALUACION N° 05										
1	5	01	1	Huariaca	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	5	02	2	Huariaca	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	5	03	3	Huariaca	1	4	2	1	Izquierda	0.33
5	5	04	4	Huariaca	4	4	2	4	Izquierda	0.83
5	5	05	5	Huariaca	4	4	2	4	Izquierda	0.83
5	5	06	6	Huariaca	4	4	2	4	Izquierda	0.83
5	5	07	7	Huariaca	4	4	2	4	Izquierda	0.83
1	5	08	8	Huariaca	1	4	2	1	Izquierda	0.33
3	5	09	9	Huariaca	1	4	2	2	Izquierda	0.42
5	5	10	10	Huariaca	1	4	2	4	Izquierda	0.58
5	5	11	11	Huariaca	2	4	2	4	Izquierda	0.67
5	5	12	12	Huariaca	2	4	2	4	Izquierda	0.67
5	5	13	13	Huariaca	1	4	2	4	Izquierda	0.58
5	5	14	14	Huariaca	1	4	2	4	Izquierda	0.58
5	5	15	15	Huariaca	1	4	2	4	Izquierda	0.58
5	5	16	16	Huariaca	1	4	2	4	Izquierda	0.58
1	5	17	17	Huariaca	2	4	2	1	Izquierda	0.42
2	5	18	1	San Juan	1	4	2	1	Derecha	0.33
4	5	19	2	San Juan	3	4	2	2	Derecha	0.58
4	5	20	3	San Juan	4	4	2	2	Derecha	0.67
6	5	21	4	San Juan	4	4	2	4	Derecha	0.83
2	5	22	1	Cochatupe	2	4	2	1	Derecha	0.42
2	5	23	2	Cochatupe	1	4	2	1	Derecha	0.33
2	5	24	3	Cochatupe	4	4	2	1	Derecha	0.58
2	5	25	4	Cochatupe	4	4	2	1	Derecha	0.58
4	5	26	5	Cochatupe	1	4	2	2	Derecha	0.42
4	5	27	6	Cochatupe	4	4	2	2	Derecha	0.67
4	5	28	7	Cochatupe	4	4	2	2	Derecha	0.67
4	5	29	8	Cochatupe	1	4	2	2	Derecha	0.42
4	5	30	9	Cochatupe	4	4	2	2	Derecha	0.67

PUNTO DE EVALUACION N° 06										
3	6	01	1	Huariaca	1	4	2	2	Izquierda	0.42
3	6	02	2	Huariaca	1	4	2	2	Izquierda	0.42
3	6	03	3	Huariaca	1	4	2	2	Izquierda	0.42
3	6	04	4	Huariaca	1	4	2	2	Izquierda	0.42
3	6	05	5	Huariaca	1	4	2	2	Izquierda	0.42
3	6	06	6	Huariaca	1	4	2	2	Izquierda	0.42
3	6	07	7	Huariaca	1	4	2	2	Izquierda	0.42
1	6	08	8	Huariaca	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	6	09	9	Huariaca	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	6	10	10	Huariaca	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	6	11	11	Huariaca	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	6	12	12	Huariaca	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	6	13	13	Huariaca	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	6	14	14	Huariaca	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	6	15	15	Huariaca	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	6	16	16	Huariaca	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	6	17	17	Huariaca	1	4	2	1	Izquierda	0.33
6	6	18	1	Cochatupe	2	4	1	4	Derecha	0.58
6	6	19	2	Cochatupe	4	4	1	4	Derecha	0.75
6	6	20	3	Cochatupe	2	4	1	4	Derecha	0.58
6	6	21	4	Cochatupe	2	4	1	4	Derecha	0.58
6	6	22	5	Cochatupe	1	4	1	4	Derecha	0.50
PUNTO DE EVALUACION N° 07										
1	7	01	1	Huariaca	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	7	02	2	Huariaca	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	7	03	3	Huariaca	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	7	04	4	Huariaca	3	4	2	1	Izquierda	0.50
1	7	05	5	Huariaca	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	7	06	6	Huariaca	2	4	2	1	Izquierda	0.42
1	7	07	7	Huariaca	2	4	2	1	Izquierda	0.42
1	7	08	8	Huariaca	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	7	09	9	Huariaca	2	4	2	1	Izquierda	0.42
1	7	10	10	Huariaca	2	4	2	1	Izquierda	0.42
1	7	11	11	Huariaca	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	7	12	12	Huariaca	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	7	13	13	Huariaca	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	7	14	14	Huariaca	2	4	2	1	Izquierda	0.42
1	7	15	15	Huariaca	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	7	16	16	Huariaca	3	4	2	1	Izquierda	0.50
1	7	17	17	Huariaca	3	4	2	1	Izquierda	0.50
1	7	18	18	Huariaca	3	4	2	1	Izquierda	0.50
1	7	19	19	Huariaca	2	4	2	1	Izquierda	0.42

2	7	20	1	Cochatupe	4	4	2	1	Derecha	0.58
2	7	21	2	Cochatupe	3	4	2	1	Derecha	0.50
2	7	22	3	Cochatupe	1	4	2	1	Derecha	0.33
2	7	23	4	Cochatupe	1	4	2	1	Derecha	0.33
2	7	24	5	Cochatupe	1	4	2	1	Derecha	0.33
2	7	25	6	Cochatupe	4	4	2	1	Derecha	0.58
2	7	26	7	Vista alegre	4	4	2	1	Derecha	0.58
PUNTO DE EVALUACION N° 08										
1	8	01	1	Huariaca	4	4	3	1	Izquierda	0.67
1	8	02	2	Huariaca	4	4	3	1	Izquierda	0.67
1	8	03	3	Huariaca	4	4	3	1	Izquierda	0.67
1	8	04	4	Huariaca	2	4	3	1	Izquierda	0.50
1	8	05	5	Huariaca	4	4	3	1	Izquierda	0.67
1	8	06	1	Vista alegre	4	4	3	1	Izquierda	0.67
1	8	07	2	Vista alegre	4	4	3	1	Izquierda	0.67
1	8	08	3	Vista alegre	4	4	3	1	Izquierda	0.67
1	8	09	4	Vista alegre	2	4	3	1	Izquierda	0.50
5	8	10	5	Vista alegre	2	4	3	4	Izquierda	0.75
1	8	11	6	Vista alegre	2	4	3	1	Izquierda	0.50
PUNTO DE EVALUACION N° 09										
1	9	01	1	Yanacocha baja	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	9	02	2	Yanacocha baja	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	9	03	3	Yanacocha baja	3	4	2	1	Izquierda	0.50
1	9	04	4	Yanacocha baja	3	4	2	1	Izquierda	0.50
1	9	05	5	Yanacocha baja	4	4	2	1	Izquierda	0.58
1	9	06	6	Yanacocha baja	2	4	2	1	Izquierda	0.42
1	9	07	7	Yanacocha baja	2	4	2	1	Izquierda	0.42
1	9	08	8	Yanacocha baja	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	9	09	9	Yanacocha baja	2	4	2	1	Izquierda	0.42
1	9	10	10	Yanacocha baja	1	4	2	1	Izquierda	0.33
1	9	11	11	Yanacocha baja	2	4	2	1	Izquierda	0.42
1	9	12	12	Yanacocha baja	3	4	2	1	Izquierda	0.50
1	9	13	13	Yanacocha baja	4	4	2	1	Izquierda	0.58
1	9	14	14	Yanacocha baja	2	4	2	1	Izquierda	0.42
1	9	15	15	Yanacocha baja	4	4	2	1	Izquierda	0.58
1	9	16	16	Yanacocha baja	2	4	2	1	Izquierda	0.42
1	9	17	17	Yanacocha baja	2	4	2	1	Izquierda	0.42
1	9	18	18	Yanacocha baja	2	4	2	1	Izquierda	0.42

02	Acobamba Sector 1	izquierdo	1	2	2	2	0.38
02	Acobamba Sector 1	izquierdo	1	2	2	2	0.38
02	Acobamba Sector 1	izquierdo	1	2	2	2	0.38
02	Acobamba Sector 1	derecho	1	1	2	2	0.25
02	Acobamba Sector 1	derecho	1	1	2	2	0.25
02	Acobamba Sector 1	derecho	1	1	2	2	0.25
02	Acobamba Sector 1	derecho	1	1	2	2	0.25
02	Acobamba Sector 1	derecho	1	1	2	2	0.25
02	Acobamba Sector 1	derecho	1	1	2	2	0.25
02	Acobamba Sector 1	derecho	1	1	2	2	0.25
03	Huariaca	derecho	1	2	2	2	0.38
03	Huariaca	derecho	1	2	2	2	0.38
03	Huariaca	derecho	1	2	2	2	0.38
03	Huariaca	derecho	1	2	2	3	0.5
03	Huariaca	derecho	1	2	2	3	0.5
03	Huariaca	derecho	1	2	2	3	0.5
03	Huariaca	derecho	1	2	1	2	0.25
03	Huariaca	derecho	1	2	1	2	0.25
03	Huariaca	derecho	1	2	1	2	0.25
03	Huariaca	derecho	1	2	1	2	0.25
03	Huariaca	derecho	1	2	1	2	0.25
03	Huariaca	derecho	1	2	1	2	0.25
03	Huariaca	derecho	1	2	1	2	0.25
03	Huariaca	derecho	1	2	1	2	0.25
04	Huariaca	izquierdo	1	2	2	2	0.38
04	Huariaca	izquierdo	1	2	2	2	0.38
04	Huariaca	izquierdo	1	1	2	2	0.25
04	Huariaca	izquierdo	1	1	2	2	0.25
04	Huariaca	derecho	1	2	2	3	0.5
04	Huariaca	derecho	1	2	2	3	0.5
04	San juan	derecho	1	2	2	1	0.25
05	Huariaca	izquierdo	1	2	2	2	0.38
05	Huariaca	izquierdo	1	2	2	2	0.38
05	Huariaca	izquierdo	1	2	2	2	0.38
05	Huariaca	izquierdo	1	2	1	1	0.13
05	Huariaca	izquierdo	3	2	3	3	0.88
05	San juan	derecho	1	2	2	2	0.38
05	San juan	derecho	1	1	2	2	0.25
05	San juan	derecho	1	1	2	2	0.25
05	San juan	derecho	1	2	2	2	0.38
05	San juan	derecho	1	2	2	2	0.38
06	Huariaca	izquierdo	1	2	1	2	0.25
06	Huariaca	izquierdo	1	2	1	2	0.25

08	Huariaca	izquierdo	2	2	2	2	0.5
09	Yanacocha baja	izquierdo	1	1	2	2	0.25
09	Yanacocha baja	izquierdo	1	1	2	2	0.25
09	Yanacocha baja	izquierdo	1	1	2	2	0.25
09	Yanacocha baja	izquierdo	1	1	2	2	0.25
09	Yanacocha baja	izquierdo	1	1	2	2	0.25
09	Yanacocha baja	izquierdo	1	1	2	2	0.25
09	Yanacocha baja	izquierdo	2	2	2	2	0.5
09	Yanacocha baja	izquierdo	2	2	2	2	0.5
09	Yanacocha baja	izquierdo	2	2	2	2	0.5
09	Yanacocha baja	izquierdo	2	2	2	2	0.5
09	Yanacocha baja	izquierdo	2	2	2	2	0.5
09	Yanacocha baja	izquierdo	2	2	2	2	0.5
09	Yanacocha baja	izquierdo	2	2	2	2	0.5
09	Yanacocha baja	izquierdo	2	2	2	2	0.5
09	Yanacocha baja	izquierdo	2	2	2	2	0.5
09	Yanacocha baja	derecho	1	1	2	2	0.25
09	Yanacocha baja	derecho	2	2	2	2	0.5

Resumen de datos de campo de defensas ribereñas del Rio Huallaga (Gaviones)

Punto de	Lugar	Lado	Estado de protección	Condición de alambre	Diámetro del alambre	Huecos de	Valor
02	Acobamba Sector 1	derecho	2	2	3	2	0.6
04	Huariaca	izquierdo	2	2	2	3	0.6
04	Huariaca	izquierdo	2	2	3	3	0.8
04	Huariaca	derecho	2	2	2	2	0.5
04	Huariaca	derecho	2	2	2	2	0.5
04	Huariaca	derecho	2	2	2	2	0.5
04	Huariaca	derecho	2	2	2	2	0.5
04	Huariaca	derecho	2	2	2	2	0.5
04	Huariaca	derecho	2	2	2	2	0.5
04	Huariaca	derecho	2	2	2	2	0.5
04	Huariaca	derecho	2	2	2	3	0.6
04	Huariaca	derecho	2	2	2	3	0.6
04	Huariaca	derecho	2	2	2	3	0.6
04	Huariaca	derecho	2	2	2	3	0.6
04	Huariaca	derecho	2	2	2	3	0.6
05	San juan	derecho	2	2	2	2	0.5
05	San juan	derecho	2	2	2	2	0.5
05	San juan	derecho	2	2	2	2	0.5
05	San juan	derecho	2	2	2	2	0.5
05	San juan	derecho	2	2	2	2	0.5
05	San juan	derecho	2	2	2	2	0.5
05	San juan	derecho	2	2	2	2	0.5
05	San juan	derecho	2	2	2	2	0.5
05	San juan	derecho	2	2	2	2	0.5
06	Huariaca	izquierdo	2	2	3	2	0.6
06	Huariaca	izquierdo	2	2	3	2	0.6
06	Huariaca	izquierdo	2	2	3	2	0.6
06	Huariaca	izquierdo	2	2	3	2	0.6
06	Huariaca	izquierdo	2	2	3	2	0.6
06	Huariaca	izquierdo	2	2	3	2	0.6
06	Huariaca	izquierdo	2	2	3	2	0.6
06	Huariaca	izquierdo	2	2	3	2	0.6
06	Cochatupe	derecho	2	2	3	2	0.6
08	Huariaca	izquierdo	2	2	3	1	0.5

ANEXO 3. Matriz

Tabla 33. Matriz de consistencia de la investigación. (Nota. Elaboración propia)

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
¿En qué medida las defensas ribereñas actuales influyen en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al Río Huallaga en el Distrito de Huariaca, Pasco 2022?	Determinar la influencia de las defensas ribereñas actuales en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al Río Huallaga en el Distrito de Huariaca, Pasco 2022.	Existe una correlación directa y positiva baja de las defensas ribereñas actuales en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al Río Huallaga en el Distrito de Huariaca, Pasco 2022	Defensa ribereña actuales	Tipo: Aplicada Nivel: Correlacional descriptivo Método: Cuantitativo Diseño: No experimental
¿En qué medida influye la defensa ribereña actual de tipo gavión en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas	Evaluar la influencia de la defensa ribereña actual de tipo gavión en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas	Existe una correlación inversa y negativa moderada de los gaviones en el	Nivel de vulnerabilidad de las viviendas	Corte: Transversal

<p>vulnerabilidad de las viviendas aledañas al Río Huallaga en Distrito de Huariaca, Pasco 2022?</p> <p>¿En qué medida influye la defensa ribereña actual de tipo muro de contención en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al Río Huallaga en Distrito de Huariaca, Pasco 2022?</p>	<p>aledañas al río Huallaga en el Distrito de Huariaca, Pasco 2022</p> <p>Evaluar la influencia de la defensa ribereña actual de tipo muro de contención en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al río Huallaga en el Distrito de Huariaca, Pasco 2022.</p>	<p>nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al río Huallaga en el Distrito de Huariaca, Pasco 2022</p> <p>Existe una correlación directa y positiva muy baja de los muros de contención en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al río Huallaga en el Distrito de Huariaca, Pasco 2022</p>		
---	--	---	--	--

ANEXO 4. Fotografías

























