



**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL**

# **TESIS**

**CONDICIONES GEOMORFOLÓGICAS Y DEFENSA  
RIBEREÑA EN LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS  
PORVENIR Y MICAELA BASTIDAS - DISTRITO DE  
IQUITOS, MAYNAS – LORETO**

**AUTORES:**

**VALDIVIA FLORES, Claudia Elizabeth**

**YNUMA COMETIVOS, Ayllene Ninette**

Presentado para obtener el título profesional de  
**INGENIERO CIVIL**

**Asesor: Ing. Erlin Guillermo Cabanillas Oliva, Dr.**

**ORCID: 0000-0001-9815-6828**

**San Juan Bautista –Maynas –**

**2025**

## ACTA DE SUSTENTACIÓN

Con Resolución Decanal N° 425-2025-UCP-FCEI, del 21 de abril del 2025, se designó jurado.

Con Resolución Decanal N° 964-2025-UCP-FCEI, del 27 de octubre del 2025, se autorizó la sustentación.

Siendo las 11:00 a.m. del día 07 de noviembre del 2025, se constituyó de modo presencial el Jurado para escuchar la presentación y defensa de la Tesis: **"CONDICIONES GEOMORFOLÓGICAS Y DEFENSA RIBEREÑA EN LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS PORVENIR Y MICAELA BASTIDAS - DISTRITO DE IQUITOS, MAYNAS - LORETO"**.

### Presentado por:

CLAUDIA ELIZABETH VALDIVIA FLORES  
Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AYLLENE NINETTE YNUMA COMETIVOS  
Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

**Asesor:** Ing. ERLIN GUILLERMO CABANILLAS OLIVA, Dr.

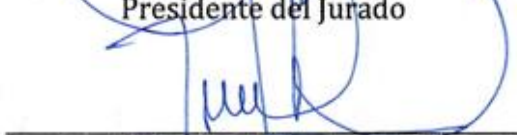
Luego de escuchar la sustentación y defensa ante las preguntas, el Jurado pasó a la deliberación en forma reservada, llegando a la siguiente conclusión:

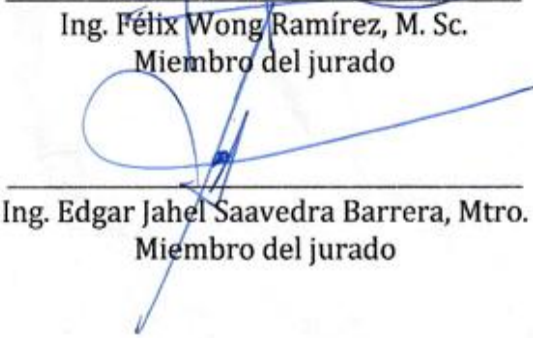
La sustentación es: Aprobado por Unanimidad

A las 12:23 horas culminó el acto público.

En fe de lo cual los miembros del jurado firman el Acta y comunican en acto público.

  
Ing. Ulises Octavio Irigoin Cabrera, M. Sc.  
Presidente del Jurado

  
Ing. Félix Wong Ramírez, M. Sc.  
Miembro del jurado

  
Ing. Edgar Jahel Saavedra Barrera, Mtro.  
Miembro del jurado

*“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”*

**CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ – UCP**

El presidente del Comité de Ética e Integridad Científica

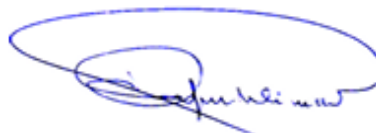
Hace constar que:

La Tesis titulada:

**“CONDICIONES GEOMORFOLÓGICAS Y DEFENSA RIBEREÑA EN LOS  
ASENTAMIENTOS HUMANOS PORVENIR Y MICAELA BASTIDAS –  
DISTRITO DE IQUITOS, MAYNAS - LORETO”**

De las alumnas: **CLAUDIA ELIZABETH VALDIVIA FLORES Y AYLENE NINETTE  
YNUMA COMETIVOS**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó  
satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje  
de **9% de similitud**. Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada  
para los fines que estime conveniente.

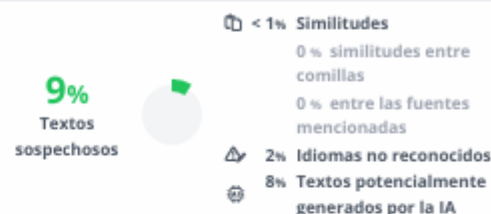
San Juan, 23 de octubre del 2025.



---

**Presidente del Comité de Ética e  
Integridad Científica  
Mgr. Arq. Jorge L. Tapullima Flores**

# UCP\_IngenieríaCivil\_2025\_Tesis\_Claudia\_Valdivia\_V1



Nombre del documento: UCP\_IngenieríaCivil\_2025\_Tesis\_Claudia\_Valdivia\_V1.pdf  
ID del documento: dc0096cf1374b57f623224584c609fdc97367eda  
Tamaño del documento original: 1,4 MB

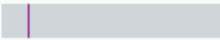
Depositante: Chris Angela Ramirez Flores  
Fecha de depósito: 23/10/2025  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 23/10/2025

Número de palabras: 10.331  
Número de caracteres: 71.446

Ubicación de las similitudes en el documento:

## Fuentes de similitudes

### Fuentes con similitudes fortuitas

| Nº | Descripciones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Similitudes | Ubicaciones                                                                        | Datos adicionales                                                                                                          |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  |  UCP_ING.CIVIL_2022_Tesis_Dávila Ferry_Vela Alves-Milho_V1_Resumen.... #556119<br>Viene de de mi biblioteca                                                                                                                                                                                                                                                        | < 1%        |  |  Palabras idénticas: < 1% (10 palabras) |
| 2  |  <a href="https://estudyando.com/geomorfologia-fluvial-que-es-caracteristicas-y-ejemplos/">estudyando.com</a>   Geomorfología Fluvial: Qué es, Características y Ejemplos   Es...<br><a href="https://estudyando.com/geomorfologia-fluvial-que-es-caracteristicas-y-ejemplos/">https://estudyando.com/geomorfologia-fluvial-que-es-caracteristicas-y-ejemplos/</a> | < 1%        |  |  Palabras idénticas: < 1% (10 palabras) |

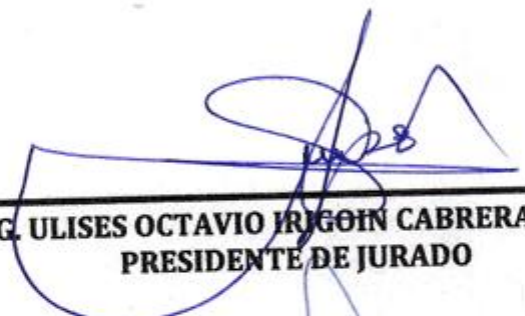
**Fuente mencionada (sin similitudes detectadas)** Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1  <https://ainfo.cnptia.embrapa.br>

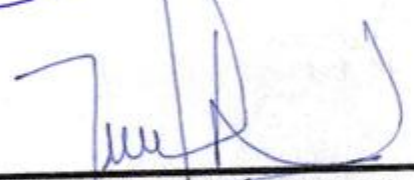
## **HOJA DE APROBACIÓN PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL**

**BACHILLERES: CLAUDIA ELIZABETH VALDIVIA FLORES Y AYLLENE NINETTE  
YNUMA COMETIVOS**

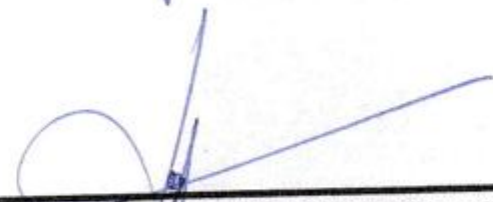
**La Tesis sustentada en acto público el día 07 de noviembre del 2025, a las 11:00  
am, en las instalaciones de la UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ.**



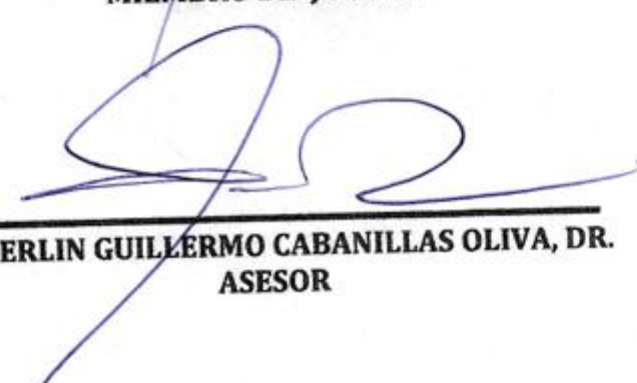
**ING. ULISES OCTAVIO IRIGOIN CABRERA, M. SC.  
PRESIDENTE DE JURADO**



**ING. FÉLIX WONG RAMÍREZ, M. SC.  
MIEMBRO DE JURADO**



**ING. EDGAR JAHIEL SAAVEDRA BARRERA, MTRO.  
MIEMBRO DE JURADO**



**ING. ERLIN GUILLERMO CABANILLAS OLIVA, DR.  
ASESOR**

## **Dedicatoria**

A nuestras familias, por ser el pilar fundamental de nuestras vidas, por su amor incondicional, su apoyo permanente y por enseñarnos, con su ejemplo, que los sueños se alcanzan con esfuerzo, constancia y valores firmes.

A nuestros amigos y compañeros de camino, por sus palabras de aliento, su paciencia en los momentos difíciles y por compartir con nosotros esta etapa llena de aprendizajes y desafíos.

Y especialmente, dedicamos esta tesis a todas las personas que nos inspiraron a no rendirnos, a quienes creyeron en nuestras capacidades y a quienes, con su ejemplo, nos demostraron que el conocimiento es una herramienta poderosa para transformar realidades y construir un futuro mejor.

Las autoras

## **Agradecimiento**

Agradecemos profundamente a Dios, por darnos la vida, la fortaleza y la sabiduría necesarias para culminar esta etapa de formación profesional.

A nuestras familias, por ser nuestro sostén inquebrantable en los momentos más exigentes, por su apoyo moral y económico, y por enseñarnos el valor del compromiso, la responsabilidad y la perseverancia.

Expresamos nuestro sincero agradecimiento al asesor de tesis, Dr. Erlin Guillermo Cabanillas Oliva, por su guía académica, sus valiosos aportes técnicos y su constante disposición para orientarnos con paciencia y exigencia profesional.

A nuestros docentes de la universidad, por compartir con nosotros su conocimiento, su vocación y su pasión por la ingeniería y la investigación, lo cual nos motivó a seguir creciendo intelectual y humanamente.

A los amigos y compañeros de estudio, por estar presentes en el camino, por las discusiones, los trabajos compartidos y por construir juntos un ambiente de colaboración y mutuo apoyo.

Finalmente, agradecemos a todas las personas e instituciones que, de una u otra forma, contribuyeron con este trabajo. A ustedes, nuestro más profundo reconocimiento.

**Las autoras**

# Índice de contenido

|                                                             |      |
|-------------------------------------------------------------|------|
| Acta de sustentación .....                                  | ii   |
| Constancia de originalidad .....                            | iii  |
| Hoja de aprobación .....                                    | iv   |
| Dedicatoria .....                                           | viii |
| Agradecimiento .....                                        | vii  |
| Índice de contenido .....                                   | viii |
| Índice de cuadros o tablas .....                            | xiv  |
| Índice de gráficos o figuras .....                          | xiv  |
| Resumen .....                                               | 1    |
| Abstract .....                                              | 2    |
| Introducción .....                                          | 3    |
| Capítulo I. Marco teórico .....                             | 4    |
| 1.1. Antecedentes del estudio .....                         | 4    |
| 1.2. Bases teóricas .....                                   | 6    |
| 1.2.1. Geomorfología fluvial: .....                         | 6    |
| 1.2.1.1. Definición de geomorfología fluvial .....          | 6    |
| 1.2.1.2. Componentes del sistema fluvial .....              | 6    |
| 1.2.1.3. Elementos que inciden en la dinámica fluvial ..... | 6    |
| 1.2.1.4. Factores que controlan la dinámica fluvial .....   | 7    |
| 1.2.2. Procesos geomorfológicos fluviales .....             | 7    |
| 1.2.2.1. Erosión fluvial .....                              | 7    |
| 1.2.2.2. Transporte de sedimentos .....                     | 8    |
| 1.2.2.3. Deposición de sedimentos .....                     | 8    |
| 1.2.3. Formas fluviales .....                               | 8    |
| 1.2.3.1. Formas erosivas .....                              | 8    |
| 1.2.3.2. Estructuras de origen deposicional .....           | 9    |
| 1.2.4. Clasificación de ríos según su morfología .....      | 9    |
| 1.2.4.1. Ríos rectos .....                                  | 9    |
| 1.2.4.2. Ríos meándricos .....                              | 9    |
| 1.2.4.3. Ríos trenzados .....                               | 9    |
| 1.2.4.4. Ríos anastomosados .....                           | 10   |
| 1.2.5. Impacto humano en la geomorfología fluvial .....     | 10   |

|           |                                                                                   |    |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.2.5.1.  | Modificaciones en los ríos.....                                                   | 10 |
| 1.2.5.2.  | Medidas de mitigación.....                                                        | 10 |
| 1.2.6.    | Interacción entre geomorfología fluvial y defensa ribereña.....                   | 10 |
| 1.2.7.    | Definición de ingeniería de ríos.....                                             | 11 |
| 1.2.8.    | Objetivos de la ingeniería de ríos.....                                           | 11 |
| 1.2.9.    | Procesos hidrodinámicos en ríos.....                                              | 11 |
| 1.2.9.1.  | Hidráulica fluvial.....                                                           | 11 |
| 1.2.9.2.  | Transporte de sedimentos.....                                                     | 11 |
| 1.2.10.   | Técnicas de ingeniería de ríos.....                                               | 12 |
| 1.2.10.1. | Control de erosión ribereña.....                                                  | 12 |
| 1.2.10.2. | Estrategias para el control de inundaciones.....                                  | 12 |
| 1.2.10.3. | Técnicas para el manejo de sedimentos.....                                        | 12 |
| 1.2.10.4. | Canalización y encauzamiento.....                                                 | 12 |
| 1.2.11.   | Sistemas de defensa ribereña.....                                                 | 12 |
| 1.2.11.1. | Tipos de defensas ribereñas.....                                                  | 12 |
| 1.2.11.2. | Diseño de defensas ribereñas.....                                                 | 13 |
| 1.2.11.3. | Fines de la defensa ribereña.....                                                 | 13 |
| 1.2.12.   | Aplicaciones en proyectos de defensa ribereña.....                                | 14 |
| 1.2.12.1. | Ingeniería de ríos en zonas urbanas.....                                          | 14 |
| 1.2.12.2. | Ingeniería de ríos en zonas rurales.....                                          | 14 |
| 1.2.12.3. | Ingeniería de ríos en la Amazonía.....                                            | 14 |
| 1.2.13.   | Relación entre ingeniería de ríos y geomorfología fluvial.....                    | 14 |
| 1.2.14.   | Gestión del riesgo de desastres:.....                                             | 15 |
| 1.2.15.   | Fases del Proceso de Gestión del Riesgo de Desastres.....                         | 15 |
| 1.2.16.   | Importancia de la resiliencia comunitaria.....                                    | 15 |
| 1.2.17.   | Casos de estudio y experiencias exitosas.....                                     | 15 |
| 1.2.17.1. | Caso Japón: Gestión de Tsunamis.....                                              | 15 |
| 1.2.17.2. | Caso Iquitos (Loreto, 2012): Inundación histórica del río Amazonas en Loreto..... | 16 |
| 1.2.17.3. | Comparación entre casos.....                                                      | 16 |
| 1.2.18.   | Modelos de dinámica de ríos y sedimentación:.....                                 | 16 |
| 1.2.19.   | Dinámica fluvial.....                                                             | 17 |
| 1.2.19.1. | Procesos de Transporte de Sedimentos.....                                         | 17 |
| 1.2.19.2. | Modelos de dinámica fluvial.....                                                  | 17 |
| 1.2.19.3. | Modelos Físicos.....                                                              | 17 |
| 1.2.20.   | Principales modelos matemáticos de transporte de sedimentos                       |    |

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.2.20.1. Ecuación de Saint-Venant (para flujo de agua en ríos).....             | 18 |
| 1.2.20.2. Ecuación de Exner (para evolución del lecho del río).....              | 18 |
| 1.2.20.3. Fórmulas Empíricas de Transporte de Sedimentos .....                   | 18 |
| 1.2.21. Casos de aplicación de modelos de dinámica de ríos y sedimentación ..... | 18 |
| 1.2.21.1. Control de Inundaciones .....                                          | 18 |
| 1.2.21.2. Erosión y Protección de Riberas .....                                  | 18 |
| 1.2.21.3. Gestión de Embalses y Represas .....                                   | 18 |
| 1.2.22. Eficiencia de una defensa ribereña.....                                  | 18 |
| 1.3. Definición de términos básicos .....                                        | 19 |
| Capítulo II. : Planteamiento del problema.....                                   | 21 |
| 2.1. Descripción del problema.....                                               | 21 |
| 2.2. Formulación del problema.....                                               | 21 |
| 2.2.1. Problema general.....                                                     | 21 |
| 2.2.2. Problemas específicos.....                                                | 22 |
| 2.3. Objetivos .....                                                             | 22 |
| 2.3.1. Objetivo general.....                                                     | 22 |
| 2.3.2. Objetivo específicos .....                                                | 22 |
| 2.4. Hipótesis.....                                                              | 22 |
| 2.5. Variables.....                                                              | 22 |
| 2.5.1. Identificación de Variables.....                                          | 22 |
| 2.5.2. Definición conceptual y operacional de las variables .....                | 23 |
| 2.5.3. Operacionalización de las variables.....                                  | 24 |
| Capítulo III. : Metodología.....                                                 | 25 |
| 3.1. Tipo y Diseño de Investigación.....                                         | 25 |
| 3.1.1. Tipo de investigación .....                                               | 25 |
| 3.1.2. Diseño de investigación .....                                             | 25 |
| 3.2. Población y Muestra.....                                                    | 25 |
| 3.2.1. Población .....                                                           | 25 |
| 3.2.2. Cálculo del tamaño de la muestra.....                                     | 25 |
| 3.3. Técnicas, Instrumentos y Procedimientos de Recolección de Datos.....        | 26 |
| 3.3.1. Técnicas .....                                                            | 26 |
| 3.3.2. Instrumentos.....                                                         | 26 |
| 3.3.3. Procedimiento .....                                                       | 26 |
| 3.4. Procesamiento de la Información y Análisis de Datos .....                   | 26 |
| 3.4.1. Procesamiento de la información .....                                     | 27 |

|                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.4.2. Análisis de datos .....                                                                                    | 27 |
| Capítulo IV. Resultados .....                                                                                     | 28 |
| 4.1. Obtención de los datos .....                                                                                 | 28 |
| 4.2. Cálculo del Índice de Erosión.....                                                                           | 28 |
| 4.2.1. Escala de erosividad por tipo de suelo: .....                                                              | 29 |
| 4.2.2. Cálculo propuesto:.....                                                                                    | 29 |
| 4.3. Identificación de tipos de suelo (según clasificación geotécnica): ...                                       | 29 |
| 4.4. Cálculo de las pendientes: .....                                                                             | 30 |
| 4.5. Correlación de Spearman .....                                                                                | 31 |
| 4.6. Análisis correlacional entre condiciones geomorfológicas y la<br>efectividad de las defensas ribereñas ..... | 31 |
| 4.7. Caracterización de las condiciones geomorfológicas de la ribera en<br>la zona de estudio. ....               | 31 |
| 4.8. Análisis del estado actual de las defensas ribereñas existentes. ....                                        | 32 |
| 4.9. Cálculo de la Condición de Defensa (%) .....                                                                 | 32 |
| 4.9.1. Fórmula simple: .....                                                                                      | 32 |
| 4.9.2. Cálculo para Porvenir C (85%) .....                                                                        | 32 |
| 4.10. Aplicación para evaluación empírica en campo .....                                                          | 33 |
| 4.10.1. Fórmula ponderada utilizada: .....                                                                        | 33 |
| 4.10.2. Cálculo de la eficiencia.....                                                                             | 34 |
| 4.11. Asignación de valores numéricos (codificación):.....                                                        | 34 |
| 4.12. Análisis estadístico.....                                                                                   | 35 |
| 4.12.1. Correlación de Pearson: .....                                                                             | 35 |
| 4.12.2. Regresión lineal: .....                                                                                   | 35 |
| 4.12.3. Análisis de Regresión: .....                                                                              | 37 |
| 4.13. Matriz de Correlación .....                                                                                 | 37 |
| 4.13.1. Matriz de Correlación de Spearman.....                                                                    | 37 |
| 4.13.2. Resultado del coeficiente de correlación de Spearman: .....                                               | 38 |
| 4.13.3. Tabla de muestra: .....                                                                                   | 38 |
| 4.13.4. Resultado numérico .....                                                                                  | 39 |
| 4.14. Dinamismo del río .....                                                                                     | 39 |
| 4.14.1. Componentes usados para calcular el dinamismo .....                                                       | 39 |
| 4.14.2. Fórmula típica del Índice de Dinamismo del Río (IDR) .....                                                | 39 |
| 4.14.3. Cálculo con datos (registro 1):.....                                                                      | 40 |
| 4.14.4. Conversión de tipo de suelo a número:.....                                                                | 40 |
| 4.15. Cálculo del nivel de protección .....                                                                       | 40 |
| 4.15.1. Fórmula general del Nivel de Protección (%):.....                                                         | 41 |

|             |                                                                                         |    |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.15.2.     | Cálculo del primer registro: Porvenir - Zona A.....                                     | 41 |
| 4.16.       | Interpretación técnica .....                                                            | 42 |
| 4.16.1.     | Fuerza de la relación .....                                                             | 42 |
| 4.16.2.     | Significación estadística.....                                                          | 42 |
| 4.17.       | Interpretación contextual:.....                                                         | 42 |
| 4.18.       | Prueba de Hipótesis .....                                                               | 42 |
| 4.18.1.     | Hipótesis nula .....                                                                    | 43 |
| 4.18.2.     | Nivel de significancia.....                                                             | 43 |
| 4.18.3.     | Estadístico de prueba.....                                                              | 43 |
| 4.18.4.     | Criterio de decisión .....                                                              | 43 |
| 4.19.       | Conclusión estadística .....                                                            | 43 |
| 4.20.       | Conclusión sustantiva .....                                                             | 43 |
| 4.21.       | Conclusión general.....                                                                 | 44 |
| 4.22.       | Presupuesto defensa ribereña.....                                                       | 44 |
| 4.23.       | Análisis del presupuesto de la obra en función de las condiciones geomorfológicas ..... | 44 |
| 4.23.1.     | Movimiento de tierras (S/. 1,249,744.47) .....                                          | 45 |
| 4.23.2.     | Estabilización con geo sintéticos y geoceldas (S/. 1,474,708.36 aprox.)                 | 45 |
| 4.23.3.     | Canales de mortero armado y drenaje (S/. 1,310,000 aprox.) ...                          | 45 |
| 4.23.4.     | Sistemas de drenaje subterráneo y superficial (S/. 180,000 aprox.)                      | 45 |
| 4.23.5.     | Protección superficial con suelo estabilizado (S/. 1,056,312.80)                        | 46 |
| 4.23.6.     | Trabajos provisionales, preliminares y de seguridad (S/. 180,000 aprox.) .....          | 46 |
| 4.23.7.     | Relación con los resultados de investigación .....                                      | 46 |
| 4.24.       | Sobre datos históricos de crecimiento y decrecimiento del lago Moronacocha .....        | 46 |
| 4.24.1.     | Comportamiento estacional .....                                                         | 46 |
| 4.24.2.     | Registro histórico (cualitativo).....                                                   | 47 |
| 4.24.3.     | Conexión con eventos de riesgo .....                                                    | 47 |
| 4.24.4.     | Limitaciones de datos.....                                                              | 47 |
| 4.24.5.     | Propuesta de monitoreo.....                                                             | 48 |
| Capítulo V. | Discusión, conclusiones y recomendaciones .....                                         | 50 |
| 5.1.        | Discusión .....                                                                         | 50 |
| 5.1.1.      | Relación entre geomorfología y defensa ribereña .....                                   | 50 |
| 5.1.2.      | Análisis presupuestal y condiciones geomorfológicas.....                                | 50 |

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| 5.1.3. Comparación con otras experiencias .....                | 51 |
| 5.1.4. Contribución al conocimiento aplicado .....             | 51 |
| 5.2. Conclusiones .....                                        | 52 |
| 5.3. Recomendaciones .....                                     | 53 |
| Referencias bibliográficas .....                               | 54 |
| Anexo 1. Matriz de consistencia.....                           | 56 |
| Anexo 2. Instrumento de recolección de datos. ....             | 58 |
| Anexo 3. Localización de la zona.....                          | 61 |
| Anexo 4. Presupuesto de la defensa ribereña.....               | 63 |
| Anexo 5. Base de Datos Bruta y Estadísticas Descriptivas ..... | 71 |
| Anexo 6. Cuestionario aplicado .....                           | 76 |
| Anexo 7. Cálculo estadístico.....                              | 77 |
| 1. Codificación y Criterios Técnicos del Tipo de Suelo.....    | 78 |
| 2. Regresión Múltiple .....                                    | 79 |
| 3. Resultados Principales .....                                | 79 |
| 4. Limitaciones.....                                           | 79 |
| 5. Modelo y resultados clave .....                             | 80 |
| 6. Interpretación.....                                         | 80 |
| 7. Consideraciones.....                                        | 81 |
| Anexo 8. Planos .....                                          | 83 |



## Índice de cuadros o tablas

|           |                                                                   |    |
|-----------|-------------------------------------------------------------------|----|
| CUADRO 1  | OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES INDEPENDIENTE Y DEPENDIENTE ..... | 24 |
| CUADRO 2  | DATOS OBTENIDOS DE CAMPO .....                                    | 28 |
| CUADRO 3  | DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE SUELO .....                               | 29 |
| CUADRO 4  | ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DE SPEARMAN .....                         | 31 |
| CUADRO 5  | VARIABLE Y MÉTODO APROXIMADO DE CÁLCULO .....                     | 33 |
| CUADRO 6  | ZONAS Y EFICIENCIA .....                                          | 34 |
| CUADRO 7  | TIPO DE SUELO Y CÓDIGO .....                                      | 34 |
| CUADRO 8  | CODIFICACIÓN DE SUELOS .....                                      | 35 |
| CUADRO 9  | SUELOS Y NIVELES DE PROTECCIÓN .....                              | 36 |
| CUADRO 10 | CORRELACIÓN DE SPEARMAN .....                                     | 37 |
| CUADRO 11 | DINAMISMO Y NIVEL DE PROTECCIÓN .....                             | 38 |
| CUADRO 12 | TIPO DE SUELO Y VALOR ASIGNADO .....                              | 40 |
| CUADRO 13 | COMPONENTES Y PUNTAJE .....                                       | 41 |
| CUADRO 14 | ÉPOCAS DEL AÑO Y ESTADO DEL NIVEL DEL LAGO .....                  | 47 |
| CUADRO 15 | PRESUPUESTO DE OBRA .....                                         | 63 |

## Índice de gráficos o figuras

|           |                                       |    |
|-----------|---------------------------------------|----|
| GRÁFICO 1 | PENDIENTE Y NIVEL DE PROTECCIÓN ..... | 28 |
| GRÁFICO 2 | VISTA DE LA ZONA DEL PROYECTO .....   | 61 |
| GRÁFICO 3 | VISTA DE LA ZONA DEL PROYECTO .....   | 62 |

## Resumen

En este estudio se evaluó la relación entre las condiciones geomorfológicas de la ribera y la efectividad de las defensas ribereñas en los AA HH Porvenir y Micaela Bastidas, ubicados en el distrito de Iquitos, provincia de Maynas, región Loreto. Se ejecutó utilizando un enfoque cuantitativo, de tipo correlacional explicativo, empleando observación directa, análisis topográfico y encuestas aplicadas a pobladores.

A partir de las exploraciones realizadas y el resultado de los indicadores otorgados, las variables pendiente del terreno, tipo de suelo, índice de erosión del suelo y dinamismo del río, pudieron correr como correlacionadores con los estimadores de la efectividad estructural y funcional. El coeficiente de correlación de Spearman ha demostrado relaciones significativas tanto estadísticamente, en especial para las relaciones de pendientes elevadas con baja durabilidad: además, se ha confirmado que los suelos arenosos y las riberas con alto dinamismo fluvial se degradan más rápido.

Al final del trabajo, se justifica la conclusión de que las condiciones geomorfológicas son importantes para la efectividad del propósito de las defensas: por lo tanto, en el escenario visible, existe la justificación de sugerir la adaptación técnica entre las estructuras y las condiciones naturales. Se ha formado un presupuesto referencial de la obra de defensa, medida directa estimada cuesta S/ 5 908 116,45.

Palabras clave: cambio de forma de los ríos, cuidado de las riveras fluviales, variación de la erosión, pendiente de un terreno del terreno.

## **Abstract**

In this study research evaluated the relationship between the geomorphological conditions of riverbanks and the effectiveness of river defenses in the human settlements of Porvenir and Micaela Bastidas, located in the district of Iquitos, Maynas Province, Loreto Region. The study followed a quantitative, correlational, and explanatory approach, using direct observation, topographic analysis, and surveys applied to local residents.

Based on the explorations carried out and the results of the indicators provided, the variables terrain slope, soil type, soil erosion rate, and river dynamism were able to act as correlators with the estimators of structural and functional effectiveness. Spearman's correlation coefficient demonstrated statistically significant relationships, especially for the relationships of steep slopes with low durability. Furthermore, it was confirmed that sandy soils and banks with high fluvial dynamism degrade more rapidly.

At the end of the work, the conclusion is justified that geomorphological conditions are important for the effectiveness of the defenses' purpose. Therefore, in the visible scenario, there is justification for suggesting a technical adaptation between the structures and natural conditions. A reference budget for the defense work has been established, with an estimated direct cost of S/ 5,908,116.45.

**Key terms:** river morphology change, riverbank protection, erosion variation, terrain slope..

## Introducción

Las riberas de los ríos amazónicos constituyen áreas de alta importancia ecológica y social, pero también presentan gran vulnerabilidad debido a la dinámica fluvial, los procesos erosivos y los cambios estacionales del caudal. En la ciudad de Iquitos, estas condiciones generan riesgos significativos para las poblaciones asentadas en zonas ribereñas, donde las defensas contra inundaciones no siempre responden a las particularidades geomorfológicas del terreno.

El objetivo general de este trabajo consistió en medir la relación entre las condiciones geomorfológicas de la ribera y la eficacia de las defensas ribereñas. Para cumplir con este objetivo, se llevó a cabo la caracterización geomorfológica de la zona, se analizó la situación física de las estructuras existentes y se midió la incidencia de la pendiente, el tipo de suelo y el dinamismo fluvial en la estabilidad de las mismas. De esta forma se contribuyó con la generación de evidencias técnicas que permitan justificar futuras intervenciones priorizando sostenibilidad y seguridad.

El presente documento se estructura en cinco capítulos:

I. Marco teórico.

II. Problemática: en este capítulo expone la problemática, la formulación del problema general y de los problemas específicos, la propuesta, los objetivos y la justificación, así como también, la hipótesis de la investigación.

III. Aspectos metodológicos: en este punto aborda el servicio de la investigación, el diseño, la población y muestra de estudio, las técnicas e instrumentos aplicados, y, el procedimiento del análisis.

IV. Resultados: se presentan los datos alcanzados en el proceso de análisis estadístico, la caracterización geomorfológica y la valoración del estado de las defensas ribereñas. Finalmente se presenta la discusión con las conclusiones y recomendaciones necesarias.

## **Capítulo I. Marco teórico**

### **1.1. Antecedentes del estudio**

Los asentamientos humanos en zonas ribereñas de la Amazonía peruana enfrentan problemas graves de erosión y degradación del suelo debido a la dinámica fluvial y al impacto de la actividad humana, especialmente por la deforestación, el crecimiento urbano no planificado y el cambio climático. La implementación de defensas ribereñas ha sido una estrategia clave para mitigar estos impactos; sin embargo, su efectividad depende en gran medida de las condiciones geomorfológicas locales, la calidad de los materiales empleados y la supervisión de su mantenimiento.

#### **Antecedentes internacionales**

En Colombia, Carvajal & Moreno (2016) publicaron la tesis "Análisis geomorfológico aplicado a la vulnerabilidad por erosión fluvial en el río Magdalena", donde se utilizan SIG y modelos hidrodinámicos para zonificar el riesgo de colapso de defensas ribereñas. Se concluye que la incorporación de parámetros geomorfológicos mejora la toma de decisiones en infraestructura.

En Brasil, Souza et al. (2021) analizaron el uso de bioingeniería en defensas ribereñas del río Acre, demostrando que las técnicas que respetan la geomorfología fluvial presentan mejor rendimiento a largo plazo que las obras de concreto convencional. [<https://ainfo.cnptia.embrapa.br>]

#### **Antecedentes nacionales**

En otras regiones del país, se han desarrollado estudios que evidencian la relación directa entre la geomorfología fluvial y el éxito de las defensas ribereñas. Por ejemplo, Mamani et al. (2019) analizaron el comportamiento de los ríos amazónicos en Madre de Dios y demostraron que el uso de técnicas de

bioingeniería combinadas con estructuras convencionales es efectivo en zonas de alta erosividad y pendiente media. [Disponible en:

Por su parte, Velásquez & Lazo (2020) evaluaron las defensas ribereñas en la cuenca del Ucayali, concluyendo que los sistemas construidos sin considerar la pendiente, la textura del suelo y la variabilidad del caudal presentaron fallas estructurales recurrentes.

### **Antecedentes locales**

La Municipalidad Provincial de Maynas, planteó el proyecto de defensa ribereña para la AA HH que están a la orilla del río Nanay y firmó el contrato de ejecución de obra, como parte de las metas 30 y 38 orientadas a reducir el riesgo de desastres en zonas vulnerables.

Sin embargo, mediante Carta Notarial N.º 222-2023-GOI-MPM del 28 de septiembre de 2023, la Entidad resolvió el Contrato N.º 014-2021-GM-MPM por incumplimientos contractuales, dejando la obra con un avance físico del 58.40% y una inversión de S/ 6,114,465.13. Esta interrupción pone en riesgo los trabajos realizados, especialmente debido a que el proyecto se ubica en la cuenca del río Nanay y en zonas de alta precipitación (mayor a 2,800 mm/año), lo cual incrementa el riesgo de deterioro de la infraestructura incompleta con la llegada de las lluvias (Municipalidad Provincial de Maynas, 2023).

En la esfera académica, se evidencian trabajos como la tesis de Reátegui Núñez, K. 2020, Evaluación de la vulnerabilidad física por erosión fluvial en el río Itaya, Iquitos. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, el cual argumenta que el diseño inadecuado de las defensas debe a considerar en primera instancia el tipo de suelo.

## **1.2. .Bases teóricas**

### **1.2.1. Geomorfología fluvial:**

Estudia la forma y evolución de los ríos y su interacción con el entorno geológico y climático.

Fluviomorfología: esta es una rama de la geomorfología que trata con la forma, evolución y dinámica de los sistemas fluviales, donde incluye la erosión, así como la deposición de ríos y cavidades donde operan río. Se basa en los principios de la geología, la hidrología, así como la ingeniería para comprender cómo se generan estas cuencas acuíferas y cómo responden al cambio ambiental y antrópico.

#### **1.2.1.1. Definición de geomorfología fluvial**

Esta es una campana de procesos y formularios que involucra los ríos que interactúan continuamente sobre la superficie terrestre. Es la forma en que se relacionan el agua y los sedimentos para formar formas sobre la tierra.

#### **1.2.1.2. Componentes del sistema fluvial**

Los ríos son sistemas dinámicos compuestos por tres secciones principales:

**Zona de erosión (curso alto), de transporte (curso al centro) y Zona de sedimentación o curso bajo de un río:** debido a la disminución de la velocidad del agua, prevalece la expulsión de los materiales.

#### **1.2.1.3. Elementos que inciden en la dinámica fluvial**

Volumen hídrico del río: Cantidad de agua que circula por una sección específica del cauce.

Velocidad del flujo: esta está relacionada directamente con la capacidad de llevar sedimentos.

Caudal de sedimentos: sedimentos desplazados por el flujo.

Curvatura de la corriente: es una variable que afecta directamente la velocidad del agua y la erosión.

Características geológicas de los lechos y riberas: el tipo de suelo en que se encuentra condiciona la vulnerabilidad a la erosión y los materiales depositado.

Clima: la época de las lluvias determina el modelo de precipitaciones y la cantidad de agua disponible.

#### **1.2.1.4. Factores que controlan la dinámica fluvial**

Caudal del río: Volumen de agua que fluye en un punto dado.

Velocidad del flujo: Determina la capacidad de transporte del río.

Carga de sedimentos: es el término que se usa para definir un conjunto de partículas sólidas que, llevadas por la corriente, son sometidas a procesos erosivos.

La inclinación del lecho fluvial : es una variable que afecta directamente la velocidad de flujo del agua, incide en los procesos erosivos, al aumentar o disminuir la erosión.

Geología: la naturaleza litológica del fondo del río y la composición de las riberas y sus partes circundantes influyen directamente en la erosión y la deposición en la parte terrestre.

Clima: al determinar el patrón de precipitaciones y con ello la disponibilidad hídrica en el territorio de la primera orden.

#### **1.2.2. Procesos geomorfológicos fluviales**

Los ríos modelan el paisaje a través de tres procesos principales:

##### **1.2.2.1. Erosión fluvial**

Es la remoción de materiales del lecho y las márgenes del río. Existen distintos tipos:

- **Erosión hidráulica:** Acción directa del agua que desprende partículas del lecho y las márgenes.

- **Abrasión hidráulica:** este se produce cuando las partículas de sedimento movilizadas por el cauce chocan con las superficies rocosas y las van desgastando.
- **Corrosión o disolución química:** Los minerales sufren transformaciones a consecuencia de la inmersión en el agua, lo que ocasiona su descomposición y la consiguiente disminución.

#### 1.2.2.2. Transporte de sedimentos

Los sedimentos erosionados se transportan de tres formas principales:

- **Carga en suspensión:** Partículas finas transportadas flotando en el agua.
- **Carga de fondo transporte :** este tipo describe el movimiento de partículas que son más pesadas de lo que se mueven sobre el lecho fluvial a través de rodar, deslizarse y saltar métodos.
- **Carga de disolución transporte :** minerales y compuestos químicos que están presentes como una solución está incluida en el flujo del agua.

#### 1.2.2.3. Deposición de sedimentos

La deposición de sedimentos ocurre cuando el curso de agua pierde capacidad energética, lo que impide el transporte completo de su carga. Este fenómeno da origen a diversas formas de acumulación, entre ellas:

- **Barras sedimentarias:** Concentraciones de materiales depositados directamente sobre el fondo del cauce.
- **Deltas:** Zonas donde se acumulan los sedimentos en la zona de desembocadura de un río.

#### 1.2.3. Formas fluviales

Los procesos mencionados generan diversas formas en el paisaje, que se agrupan en:

##### 1.2.3.1. Formas erosivas

- **Cañones y gargantas:** Valles profundos formados por la erosión del agua.

- Hay varias zonas en las que se desarrollan formas extremadamente diferentes, como los meandros empotrados, que se distinguen por tener una curvatura aguda del cauce y profundizarse en roca después de largo tiempo erosión.

#### **1.2.3.2. Estructuras de origen deposicional**

**Terrazas aluviales:** Son formaciones antiguas sobre el cauce de los ríos; elevadas por combustión de los materiales que las contienen.

**Deltas fluviales:** se forman debido a que los sedimentos se acumulan por la energía que disipa el río.

- **Barras internas de meandro** : Los depósitos de sedimento se acumulan en la ladera interna de los meandros, fundamentalmente, en el exterior a cada una de las curvas del río, ya que es donde la velocidad de la corriente fluvial que las formó se reduce.

#### **1.2.4. Clasificación de ríos según su morfología**

Los ríos se pueden clasificar según su forma y dinámica:

##### **1.2.4.1. Ríos rectos**

Tienen un cauce lineal con poca sinuosidad. Son raros en la naturaleza y suelen ser producto de intervención humana.

##### **1.2.4.2. Ríos meándricos**

Presentan curvas pronunciadas llamadas **meandros**, formadas por la combinación de erosión en las márgenes externas y deposición en las internas.

##### **1.2.4.3. Ríos trenzados**

Formados por múltiples canales interconectados, característicos de áreas con alta carga sedimentaria y baja pendiente.

#### **1.2.4.4. Ríos anastomosados**

Parecidos a los ríos trenzados, pero con canales más estables y separados por depósitos más consolidados.

#### **1.2.5. Impacto humano en la geomorfología fluvial**

##### **1.2.5.1. Modificaciones en los ríos**

Las actividades humanas pueden alterar la dinámica fluvial, afectando su estabilidad:

- **Construcción de represas y embalses:** Interrumpen el flujo natural y alteran la sedimentación.
- **Canalización de ríos:** al aumentar la velocidad del flujo de agua provoca la aceleración de procesos erosivos en zonas ubicadas río abajo.
- **Remoción de materiales áridos:** alteración la sedimentación natural, que afecta la forma del cauce del río.

##### **1.2.5.2. Medidas de mitigación**

Con el fin de contrarrestar los efectos adversos mencionados, se han implementado diversas estrategias, entre ellas:

- **Obras de ingeniería fluvial:** Incluyen la construcción de estructuras de protección en márgenes y la estabilización de cauces para controlar la erosión.
- **Restauración de los ecosistemas:** Se intenta restituir a un río su propio carácter natural y aprovechar al máximo su funcionalidad económica.
- **• Empleo de técnicas de bioingeniería:** Pone en marcha la capacidad de las plantas para reforzar y hacer estables sus riberas de un modo sostenible.

#### **1.2.6. Interacción entre geomorfología fluvial y defensa ribereña**

Es necesario comprender la geomorfología fluvial para diseñar sistemas de protección adecuadas en zonas ribereñas. Factores del suelo y ángulo del terreno son elementos relevantes para decidir cuales medidas implementar. Entre ellas, destacan:

- Muros de protección: Estas se construyen en el terreno de la ribera, donde presenta un alto riesgo a sufrir erosión.
  - Espigones o diques: Su función primordial es desviar el flujo y también cortar la erosión. Obviamente, aumentan considerablemente la vida útil de las costas.
  - Reforestación de las riberas: Dar fuerza al suelo allí donde ya no se dan las condiciones.
  - Infraestructuras de caudal en regulación: La presa o el acueducto segregará o niega el encharcamiento y erosión. La geomorfología fluvial se refiere al estudio de la evolución geomorfológica de sistemas fluviales.
- Sólo al entender cómo se desarrollan los sistemas hídricos podremos integrar este conocimiento en prescripciones que salvaguarden la vida de las comunidades costeras a desgaste de medioambiental.

#### **1.2.7. Definición de ingeniería de ríos**

Consiste en la aplicación de técnicas para la regulación de cauces fluviales, con el fin de prevenir desastres naturales y optimizar el aprovechamiento del agua.

#### **1.2.8. Objetivos de la ingeniería de ríos**

- Control de inundaciones
- Prevención, mitigación y corrección de procesos erosivos
- Corrección y regulación de la dinámica sedimentaria
- Recuperación de sistemas acuíferos, prismáticos y fluviales

#### **1.2.9. Procesos hidrodinámicos en ríos**

##### **1.2.9.1. Hidráulica fluvial**

Es el estudio del movimiento del agua en los ríos. Se analizan variables como: Velocidad del flujo, Caudal, Esfuerzo cortante, Perfil longitudinal.

##### **1.2.9.2. Transporte de sedimentos**

El agua transporta partículas en tres formas principales: Carga de fondo, Carga suspendida, Carga en solución.

### **1.2.10. Técnicas de ingeniería de ríos**

#### **1.2.10.1. Control de erosión ribereña**

La erosión de las márgenes del río puede afectar infraestructuras y causar la pérdida de terrenos agrícolas y urbanos. Para mitigar este problema, se utilizan: Muros de contención: Espigones: Revestimiento de márgenes

#### **1.2.10.2. Estrategias para el control de inundaciones**

Con el objetivo de reducir el riesgo de desbordamientos y proteger áreas ribereñas, se implementan diversas medidas: Diques y terraplenes, Canales de derivación, Embalses y represas.

#### **1.2.10.3. Técnicas para el manejo de sedimentos**

El desequilibrio en la carga sedimentaria puede comprometer tanto la funcionalidad ecológica como la infraestructura fluvial. Para su gestión, se emplean las siguientes estrategias: Dragado, Trampas de sedimentos, Manejo de vegetación ribereña.

#### **1.2.10.4. Canalización y encauzamiento**

Se modifican los cauces de los ríos para evitar desbordes o mejorar su navegabilidad:

- **Canalización artificial:** Modificación de la forma del río para mejorar su flujo.
- **Encauzamiento con diques:** Construcción de estructuras para dirigir el flujo del agua.

### **1.2.11. Sistemas de defensa ribereña**

#### **1.2.11.1. Tipos de defensas ribereñas**

Para proteger las márgenes del río se pueden utilizar distintos tipos de estructuras, Gaviones, Colocación de enrocado, Construcción de muros de concreto, Uso de vegetación estabilizadora:

#### **1.2.11.2. Diseño de defensas ribereñas**

El diseño debe considerar: Condiciones geomorfológicas, Propiedades hidráulicas, Evaluación del impacto ambiental.

#### **1.2.11.3. Fines de la defensa ribereña**

Los fines para una defensa ribereña son:

Proteger a la gente y estructuras bordeando los ríos de erosión o posible inundación.

Reducir los daños económicos y sociales de la crecida el cauce lavado mayormente por la corriente durante

Controlar el flujo de agua hacia delante y a través del cauce se requería con frecuencia para mantener estabilidad hidráulica de un río en cierto período natural de apagarse sus aguas estuvo fuera de toda norma; pero para agua!

Evitar la pérdida de suelos, tanto en suelo agrícola y urbano

promover la utilización sostenible de este recurso.

En el contexto amazónico y especialmente en la selva baja de Iquitos, el principal objetivo de estas defensas ribereñas es proteger a población y ciudades del avance estacional del agua. Los ríos Amazonas, Nanay e Itaya, nos ríos de la selva serie baja de Iquitos y un lugar donde se dan las condiciones adecuadas para hacer frente a estos problemas graves. Estas defensas buscan evitar que aumente el nivel de crecida del agua, lo cual perjudicaría todo lo que vive o compone historia urbana. Garantía básica de la seguridad y habitabilidad en tiempos de mayor riesgo hídrico.

En regiones de otras partes del país, especialmente en la sierra y en la costa, las finalidades principales de las defensas ribereñas pueden ser controlar el lavado de ríos. Sin embargo, en Iquitos es otra cosa. Dada su amplia llanura aluvial, las frecuentes crecidas y suelos altamente porosos, la protección contra la inundación es prioridad nº 1 para esta región de la selva. El control de erosión, en cambio, es otra cuestión. Es una memoria auxiliar necesaria para evitar que el agua se lleve laterales en puntos críticos específicos.

Por ello, la mayoría de los proyectos realizados en Iquitos han buscado reajustar las estructuras más comunes de contenciones hidráulicas, introducir drenajes mediante bombes temporales y economizar materias a largo plazo mezclando gravas con piedra contrapeso adicional o simplemente haciendo uso del propio terreno. Estas consideraciones reflejan que el riesgo amazónico tiene más que ver con casas especialmente hacia el agua que con la erosión intensiva del cauce, fundamentalmente distinguiendo entre técnico para orientar proyectos técnicos concretos dirigidos exclusivamente en comparación con otras partes del país.

#### **1.2.12. Aplicaciones en proyectos de defensa ribereña**

##### **1.2.12.1. Ingeniería de ríos en zonas urbanas**

- Construcción de muros de contención para evitar el colapso de viviendas cercanas a la ribera.
- Canalización de ríos para mejorar el drenaje en ciudades propensas a inundaciones.

##### **1.2.12.2. Ingeniería de ríos en zonas rurales**

- Reforestación de cuencas para reducir la erosión del suelo.
- Implementación de diques para proteger campos agrícolas de crecidas.

##### **1.2.12.3. Ingeniería de ríos en la Amazonía**

Uso de **técnicas de bioingeniería** para la estabilización de márgenes.

#### **1.2.13. Relación entre ingeniería de ríos y geomorfología fluvial**

La **geomorfología fluvial** es la base para cualquier proyecto de ingeniería de ríos, ya que proporciona información sobre:

- **La evolución del cauce:** Permite predecir cambios en la morfología del río.

#### **1.2.14. Gestión del riesgo de desastres:**

Aborda la planificación de estrategias para reducir la vulnerabilidad de comunidades expuestas a la erosión y las inundaciones.

La GRD es un enfoque estructurado para la identificación, evaluación y reducción de los riesgos derivados de fenómenos naturales y actividades humanas a fin de limitar efectos adversos sobre la población, las infraestructuras construidas ambiente natural.

Fórmula del riesgo:

$$\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad}$$

#### **1.2.15. Fases del Proceso de Gestión del Riesgo de Desastres**

- 1. Prevención**
- 2. Disminución del Riesgo**
- 3. Preparativo y Contestación**
- 4. Recobro y Restauración**

#### **1.2.16. Importancia de la resiliencia comunitaria**

Es la capacidad de las comunidades para resistir, adaptarse y recuperarse ante desastres.

#### **1.2.17. Casos de estudio y experiencias exitosas**

##### **1.2.17.1. Caso Japón: Gestión de Tsunamis**

Japón ha implementado sistemas avanzados de alerta temprana, barreras costeras, rompeolas y estructuras flexibles como maromas submarinas para mitigar el impacto de tsunamis y proteger comunidades costeras.

### **1.2.17.2. Caso Iquitos (Loreto, 2012): Inundación histórica del río Amazonas en Loreto**

Durante febrero a abril de 2012, se produjo la inundación más grave registrada en la historia de Iquitos y la región Loreto. Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y el COER Loreto:

El río Amazonas alcanzó una cota máxima de 118.97 m.s.n.m., es decir 1.97 m por encima del nivel de desborde, superando el récord anterior de 118.34 m de 1999

La inundación afectó aproximadamente el 23 % de la población del departamento de Loreto, con cerca de 229,412 damnificados y 138,161 afectados, y dejó más de 26,000 hectáreas de cultivo bajo el agua

Las aguas ingresaron hasta calles de los barrios de Belén, Bellavista y Nanay, obligando a miles de personas a desplazarse a refugios temporales y paralizar servicios urbanos

Este evento marcó un hito en la vulnerabilidad urbana ribereña y fue determinante para impulsar proyectos de defensas ribereñas robustas, planificación territorial y sistematización del riesgo.

### **1.2.17.3. Comparación entre casos**

| <b>Caso</b>               | <b>Región</b>    | <b>Estrategia destacada</b>                           | <b>Resultado principal</b>                                                                                                          |
|---------------------------|------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Japón                     | Asia             | Barreras costeras y alerta tsunami                    | Reducción sustancial de víctimas y daños por oleaje extremo<br>Protección efectiva contra inundaciones en áreas densamente pobladas |
| Países Bajos              | Europa           | Diques, compuertas y drenaje integrado                | Mitigación de inundaciones urbanas y agrícolas                                                                                      |
| Costa norte del Perú      | Costa peruana    | Reservorios, diques y drenajes (Niño Costero)         |                                                                                                                                     |
| Iquitos (inundación 2012) | Loreto, Amazonía | Defensa ribereña, ordenamiento y respuesta emergencia | Estudios de riesgo y planificación posterior a inundación histórica                                                                 |

### **1.2.18. Modelos de dinámica de ríos y sedimentación:**

Permiten predecir la evolución de la ribera en función de variables como el caudal, la velocidad del flujo y la sedimentación.

#### **1.2.19. Dinámica fluvial**

La dinámica fluvial analiza los procesos de desplazamiento del agua y los sedimentos dentro de los sistemas fluviales, tomando en cuenta variables como el volumen de escorrentía (caudal), la velocidad del flujo, la cantidad y tipo de carga sedimentaria, así como las características morfológicas del lecho y las riberas del cauce.

##### **1.2.19.1. Procesos de Transporte de Sedimentos**

Los sedimentos se transportan de tres formas principales:

- Carga de fondo: Material pesado que rueda o salta por el lecho.
- Carga disuelta: Hace referencia a los compuestos minerales que se encuentran integrados químicamente en el agua, transportados en forma de soluciones iónicas.

##### **1.2.19.2. Modelos de dinámica fluvial**

Los modelos de dinámica fluvial ayudan a predecir cambios en los ríos debido a la erosión, sedimentación y variaciones en el caudal. Se dividen en **modelos físicos** y **modelos numéricos**.

##### **1.2.19.3. Modelos Físicos**

Son representaciones a escala de tramos de ríos en laboratorios o canales experimentales. Se utilizan para estudiar cambios en la morfología del cauce.

#### **1.2.20. Principales modelos matemáticos de transporte de sedimentos**

Se basan en ecuaciones de continuidad y cantidad de movimiento del agua y los sedimentos.

#### **1.2.20.1. Ecuación de Saint-Venant (para flujo de agua en ríos)**

Describe la conservación de la masa y el momentum en un flujo unidimensional:

#### **1.2.20.2. Ecuación de Exner (para evolución del lecho del río)**

Describe la variación de la elevación del fondo por erosión y deposición:

#### **1.2.20.3. Fórmulas Empíricas de Transporte de Sedimentos**

- **Fórmula de Engelund-Hansen (1967):** Para transporte de sedimentos en suspensión.
- **Fórmula de Meyer-Peter & Müller (1948):** Para carga de fondo en ríos con alta pendiente.
- **Fórmula de Van Rijn (1984):** Para transporte total de sedimentos en canales naturales.

### **1.2.21. Casos de aplicación de modelos de dinámica de ríos y sedimentación**

#### **1.2.21.1. Control de Inundaciones**

- Modelado de caudales en ríos amazónicos para diseñar defensas ribereñas.
- Simulación de avenidas extraordinarias para evaluar riesgos.

#### **1.2.21.2. Erosión y Protección de Riberas**

- Evaluación del impacto de dragados en cauces fluviales.
- Diseño de estructuras como espigones y muros de contención.

#### **1.2.21.3. Gestión de Embalses y Represas**

- Estimación del azolvamiento en embalses.
- Optimización de descargas para reducir la sedimentación.

### **1.2.22. Eficiencia de una defensa ribereña**

La eficiencia de una defensa ribereña se puede calcular y evaluar desde una perspectiva hidráulica, estructural y funcional, dependiendo del enfoque de estudio.

Una fórmula común para el **índice de eficiencia** es:

$$\text{Eficiencia de defensa ribereña (\%)} = \frac{\text{Capacidad de protección actual}}{\text{Capacidad de protección diseñada}} \times 100$$

### **1.3. Definición de términos básicos**

#### **Geomorfología fluvial**

Disciplina de la geografía física dedicada al análisis de las formas del terreno originadas por la acción de los sistemas fluviales. Estudia los procesos de erosión, transporte y depósito de sedimentos, así como la interacción entre la corriente de agua y el entorno geológico y morfológico que atraviesa (Knighton, 2014).

#### **Erosión ribereña**

Proceso natural mediante el cual el flujo del agua desgasta progresivamente las márgenes del cauce fluvial, removiendo partículas del suelo y debilitando la estructura de las riberas. Este fenómeno puede ser intensificado por eventos extremos y actividades humanas (Leopold, Wolman & Miller, 1995).

#### **Defensa ribereña**

Infraestructura diseñada para proteger las orillas de los ríos contra los procesos erosivos, con el fin de evitar la pérdida de suelo, daños a viviendas e infraestructura y preservar la seguridad de las comunidades. Estas pueden ser rígidas (muros, gaviones) o flexibles (bioingeniería) (Morris, 2003).

#### **Pendiente del terreno**

Relación entre el desnivel vertical y la distancia horizontal en un terreno. La pendiente influye en la velocidad del escurrimiento superficial y en la capacidad de erosión del agua (Chow, 1994).

#### **Clasificación del suelo**

Identificación del tipo de suelo en función de su textura (arena, limo, arcilla) y de sus propiedades mecánicas e hidráulicas, tales como cohesión, permeabilidad y plasticidad, las cuales influyen directamente en su susceptibilidad a la erosión (FAO, 2006).

## **Capítulo II. : Planteamiento del problema**

### **2.1. Descripción del problema**

Hay una gran cantidad de erosión, socavación e inundaciones en las zonas ribereñas del distrito de Iquitos. Micaela Bastidas y Porvenir, dos asentamientos humanos situados a orillas del río, además también tienden a ser atacados por estos problemas. Para ir de exacerbarlo iguales prueban despreciar perdidas humanas por fenómenos naturales y mantenimiento sólido de la capacidad defensiva construida en otro tiempo.

A pesar de los esfuerzos para construir infraestructuras de defensa contra las crecidas fluviales, han habido son insatisfactorias o se ha demostrado tienen poca longevidad y capacidad técnica para soportar la fuerza del agua.

Obstáculos como declives que producen peligrosas pendientes o niveles de cohesión muy bajos en el suelo, son factores que influyen directamente en la estabilidad y durabilidad de esa clase de obras.

Es por lo tanto que el problema radica en no haber establecido un enfoque técnico en armonía con las condiciones geomorfológicas del espacio para determinar qué defensas ofrecidas sobrevivirán y cuáles no.

Este vacío compromete la eficiencia hidráulica, la estabilidad estructural y la vida útil de las intervenciones. Por lo tanto, es necesario determinar el impacto de las condiciones geomorfológicas sobre la funcionalidad de las defensas ribereñas y formular una propuesta técnica que se adecue a la realidad del distrito de Iquitos.

### **2.2. Formulación del problema**

#### **2.2.1. Problema general**

¿Cuál es la relación entre las condiciones geomorfológicas y la efectividad de las defensas ribereñas en los asentamientos humanos Porvenir y Micaela Bastidas?

### **2.2.2. Problemas específicos**

¿Cuáles son las características geomorfológicas predominantes en las riberas de estos asentamientos?

¿Cuál es la situación actual de la defensa ribereña en la zona de estudio?

¿Qué métodos de defensa ribereña han sido aplicados en contextos similares?

## **2.3. Objetivos**

### **2.3.1. Objetivo general**

Evaluar la relación entre las condiciones geomorfológicas y la efectividad de las defensas ribereñas en los asentamientos humanos Porvenir y Micaela Bastidas.

### **2.3.2. Objetivo específicos**

Caracterizar las condiciones geomorfológicas de la ribera en la zona de estudio.

Analizar la situación actual de la defensa ribereña en la zona de estudio.

Proponer métodos de defensa ribereña que han sido aplicados en contextos similares

## **2.4. Hipótesis**

Hi: Las condiciones geomorfológicas de la ribera influyen significativamente en la eficacia de las defensas ribereñas en los asentamientos humanos estudiados.

## **2.5. Variables**

### **2.5.1. Identificación de Variables**

**La variable independiente:**

(X): Condiciones geomorfológicas de la ribera

**La variable dependiente:**

(Y): Eficacia de las defensas ribereñas

**2.5.2. Definición conceptual y operacional de las variables**

**Variable Independiente: Condiciones Geomorfológicas de la Ribera**

**Definición Conceptual:**

Son las características físicas del terreno adyacente al cauce fluvial, las cuales determinan su susceptibilidad a procesos erosivos. Incluye aspectos como la pendiente del terreno, el tipo de suelo y la dinámica del cauce.

**Definición operacional**

Se caracterizará por medio de la siguiente operacionalización:

Pendiente del talud de la ribera medido en porcentaje

Estudio de suelos: textura, cohesión y clasificación del suelo.

**La variable dependiente:** Eficacia de las defensas ribereñas

**Definición Conceptual:**

Eficiencia de las Estructuras de Defensa Ribereña  
**Definición Conceptual:**  
Esta se refiere a la capacidad técnica y funcional de las infraestructuras de protección ante la amenaza hidráulica para soportar el impacto, frenar los procesos erosivos e incluso proteger los bienes e infraestructuras.

**Definición operacional**

Tal capacidad será determinada por.

- Evaluación visual de posibles errores o degradaciones estructurales
- Examen de los tipos y la calidad de los materiales usados en

- Contrastando del diseño técnico en blanco con registros históricos de las inundaciones
- Estimación de la vida útil funcional sin requerimientos de mantenimiento intensivo

### 2.5.3. Operacionalización de las variables

**Cuadro 1 Operacionalización de variables Independiente y dependiente**

| Variable                                | Dimensión                   | Indicador                                         | Instrumento                                 | Técnica                         | Escala                            |
|-----------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| Condiciones Geomorfológicas (VI)        | Pendiente del terreno       | Porcentaje de inclinación del talud               | Estación total, nivel topográfico<br>Kit de | Levantamiento topográfico       | Razón (%)                         |
|                                         | Tipo de suelo               | Clasificación textural y cohesión                 | análisis de suelos, laboratorio             | Muestreo y análisis físico      | Categórica (arena, limo, arcilla) |
|                                         | Dinámica fluvial            | Caudal (m <sup>3</sup> /s), sinuosidad, velocidad | ADCP, SIG, modelador hidráulico             | Observación directa / software  | Continua / adimensional           |
| Eficacia de las defensas ribereñas (VD) | Resistencia estructural     | Tipo de material, presencia de fallas             | Lista de chequeo, ficha de inspección       | Inspección técnica              | Categórica / Escala de Likert     |
|                                         | Nivel de protección         | Altura de defensa vs. nivel de crecida            | Medición directa, planos de obra            | Revisión de expedientes y campo | Razón (m), adimensional           |
|                                         | Durabilidad y mantenimiento | Años de funcionamiento sin fallas                 | Registro técnico, entrevistas               | Revisión documental             | Tiempo (años)                     |

## **Capítulo III. : Metodología**

### **3.1. Tipo y Diseño de Investigación**

#### **3.1.1. Tipo de investigación**

El presente estudio fue de tipo correlacional y explicativo, dado que se orientó a analizar la relación existente entre las condiciones geomorfológicas (pendiente del terreno, tipo de suelo, nivel freático, y dinamismo fluvial) y la efectividad de las defensas ribereñas en los asentamientos humanos Porvenir y Micaela Bastidas. Asimismo, se enmarcó como una investigación cuantitativa, debido al uso de mediciones numéricas, análisis estadísticos y procesamiento de datos que permitieron sustentar los hallazgos. (Landeau, 2007)

#### **3.1.2. Diseño de investigación**

El diseño adoptado fue no experimental, se observaron y analizaron en su contexto natural, en un solo momento temporal (Borja Suárez, 2014). Se aplicó un diseño correlacional, evaluando la magnitud y dirección de la relación entre las variables mediante análisis estadístico (Kerlinger, 2002)

### **3.2. Población y Muestra**

#### **3.2.1. Población**

La población estuvo conformada por la totalidad de las riberas y defensas ribereñas existentes en los Asentamientos Humanos Porvenir y Micaela Bastidas, así como por los habitantes residentes en dichas áreas que interactúan directamente con el entorno fluvial. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010)

#### **3.2.2. Cálculo del tamaño de la muestra**

Dado el carácter técnico de la investigación, la muestra se definió considerando sectores homogéneos de ribera (zonas A, B y C en cada asentamiento). Se aplicó un muestreo no probabilístico por conveniencia,

seleccionando aquellas zonas donde las condiciones geomorfológicas presentaban mayor representatividad y variabilidad.

$$n = N / (1 + N(e)^2)$$

Donde:

- n : Tamaño de la muestra
- N : Población
- e : Error muestral (5%)

La muestra final quedó constituida por 6 zonas de estudio (3 en Porvenir y 3 en Micaela Bastidas), representando las condiciones geomorfológicas críticas del área.

### **3.3. Técnicas, Instrumentos y Procedimientos de Recolección de Datos**

#### **3.3.1. Técnicas**

Observación directa: Para identificar y registrar características físicas del terreno, procesos erosivos y estado de las defensas ribereñas. Levantamiento topográfico.

#### **3.3.2. Instrumentos**

- Estación total para el levantamiento de datos topográficos.
- Fichas, Cuestionarios estructurados, Cámaras fotográficas.

#### **3.3.3. Procedimiento**

Se realizó la delimitación de las zonas de estudio mediante análisis cartográfico y visitas de reconocimiento. Luego el levantamiento de la altimetría en la zona, identificando las características de los suelos y aplicación de encuesta a moradores.

### **3.4. Procesamiento de la Información y Análisis de Datos**

#### **3.4.1. Procesamiento de la información**

Los datos recolectados fueron digitalizados y centralizados en una base de datos en Microsoft Excel. Posteriormente, se depuraron para eliminar valores atípicos e inconsistencias. Se generaron tablas y gráficos descriptivos para un análisis preliminar.

#### **3.4.2. Análisis de datos**

Se aplicó estadística descriptiva (medias, frecuencias, desviación estándar) para caracterizar las variables.

## Capítulo IV. Resultados

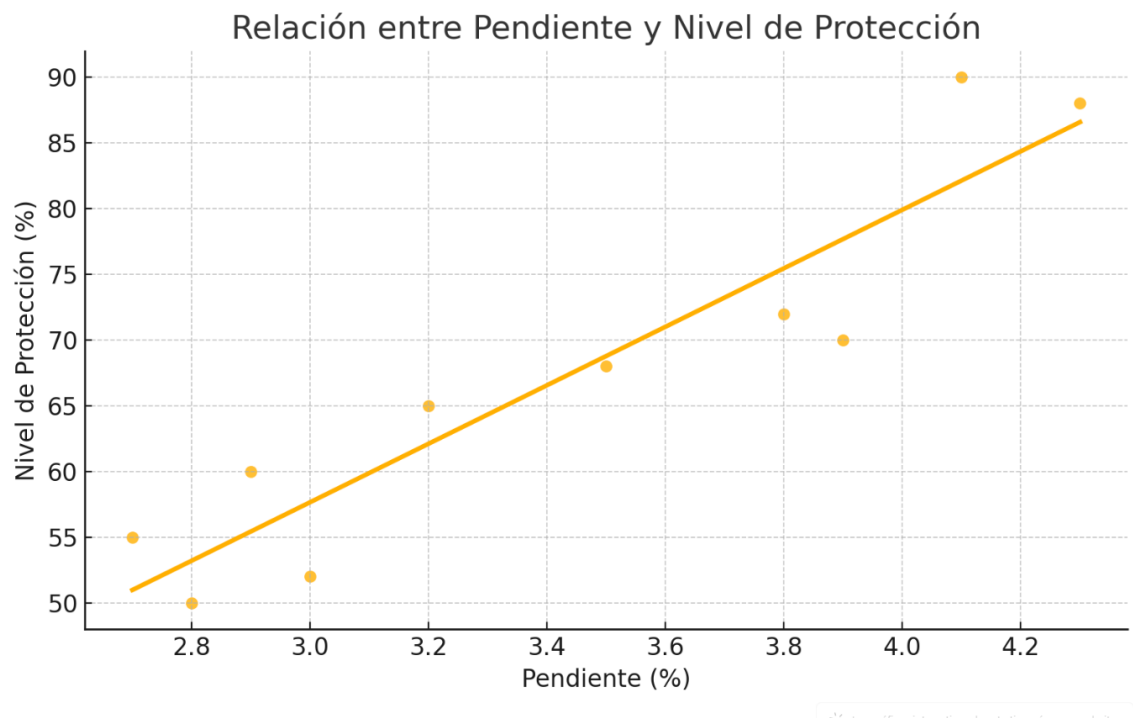
### 4.1. Obtención de los datos

- Inspección de campo estructurada (checklist técnica por tramo)
- Informe fotográfico y de monitoreo de lluvias
- Revisión de planos de diseño vs condiciones reales

**Cuadro 2 Datos obtenidos de campo**

|   | Asentamiento     | Zona | Pendiente (%) | Tipo de suelo | Índice de erosión | de Eficiencia de defensa (%) |
|---|------------------|------|---------------|---------------|-------------------|------------------------------|
| 1 | Porvenir         | A    | 7.5           | Arenoso       | 0.9               | 50                           |
| 2 | Porvenir         | B    | 4             | Franco        | 0.6               | 70                           |
| 3 | Porvenir         | C    | 2.5           | Arcilloso     | 0.3               | 85                           |
| 4 | Micaela Bastidas | A    | 6.8           | Arenoso       | 0.85              | 55                           |
| 5 | Micaela Bastidas | B    | 3.9           | Franco        | 0.5               | 75                           |
| 6 | Micaela Bastidas | C    | 2             | Arcilloso     | 0.2               | 90                           |

**Gráfico 1 Pendiente y nivel de protección**



### 4.2. Cálculo del Índice de Erosión

Este índice es una valoración cualitativo-cuantitativa que relaciona la pendiente del terreno y el tipo de suelo, ya que estos factores son determinantes

para los procesos erosivos. Se suele usar una fórmula o tabla de puntuación basada en el siguiente enfoque:

#### 4.2.1. Escala de erosividad por tipo de suelo:

##### Tipo de Suelo Valor Asignado (S)

|           |           |
|-----------|-----------|
| Arenoso   | 0.6 – 0.9 |
| Franco    | 0.4 – 0.6 |
| Arcilloso | 0.2 – 0.4 |

#### 4.2.2. Cálculo propuesto:

Índice de erosión  $\approx$  Pendiente (%)  $\times$  Factor del tipo de suelo / 10

Para el caso de **Porvenir A**:

Pendiente = 7.5%

Tipo de suelo: Arenoso (factor  $\sim 1.2$ )

Índice de erosión  $\approx (7.5 \times 1.2) / 10 = 0.9$

Así, su valor se mantiene coherente con el comportamiento observado: mayor pendiente y suelo suelto  $\rightarrow$  mayor erosión.

#### 4.3. Identificación de tipos de suelo (según clasificación geotécnica):

A partir de los estudios de campo (calicatas, muestreos, fichas de inspección) se identifican los suelos predominantes en la ribera. Algunos tipos comunes en zonas ribereñas son:

#### Cuadro 3 Descripción del tipo de suelo

| Tipo de suelo | Descripción breve             |
|---------------|-------------------------------|
| Arenoso       | Suelo granular, poco cohesivo |

|                  |                                             |
|------------------|---------------------------------------------|
| Limoso           | Suelo fino, poco permeable, cohesivo        |
| Arcilloso        | Alta plasticidad, cohesivo, muy impermeable |
| Franco-arenoso   | Mezcla de arena y limo/arcilla              |
| Orgánico / Turba | Suelo con materia vegetal descompuesta      |

---

#### 4.4. Cálculo de las pendientes:

La **pendiente** se define como la relación entre el cambio en elevación (altura) y la distancia horizontal recorrida. En este caso, se utilizó la fórmula estándar:

$$\text{Pendiente (\%)} = (\Delta h / \Delta d) \times 100$$

Donde:

$\Delta h$ : diferencia de alturas entre dos puntos (en metros)

$\Delta d$ : distancia horizontal entre esos dos puntos (en metros)

#### Procedimiento aplicado:

##### 1. Recolección de datos topográficos:

Se utilizó un nivel automático o estación total para medir alturas en puntos críticos de los sectores ribereños.

La distancia entre puntos se obtuvo mediante cinta métrica.

##### 2. Cálculo individual de pendientes por tramo:

Por ejemplo, si en un segmento se midió una elevación de 112.30 metros en un punto A y 111.10 metros en un punto B, ambos con separación de 30 metros en posición horizontal:

$$\text{Pendiente} = (112.30 - 111.10) \times 100 = (1.20) \times 100 = 4\%$$

##### 3. Promedios zonales:

Para cada sector (Porvenir y Micaela Bastidas), se calcularon varias pendientes por tramos y se promedió para tener un **valor representativo** de la pendiente del área de análisis.

#### 4.5. Correlación de Spearman

**Cuadro 4    Análisis de correlación de Spearman**

|   | Variable Geomorfológica | Variable de Defensa Ribereña | Coef. Spearman ( $\rho$ ) | Valor p | Significativo ( $p < 0.05$ ) |
|---|-------------------------|------------------------------|---------------------------|---------|------------------------------|
| 1 | Pendiente (%)           | Estado físico (defensa)      | -0.764                    | 0.0101  | sí                           |
| 2 | Pendiente (%)           | Funcionalidad hidráulica     | -0.764                    | 0.0101  | sí                           |
| 3 | Pendiente (%)           | Estabilidad estructural      | -0.764                    | 0.0101  | sí                           |
| 4 | Tipo de suelo (ordinal) | Estado físico (defensa)      | -1                        | 0       | sí                           |
| 5 | Tipo de suelo (ordinal) | Funcionalidad hidráulica     | -1                        | 0       | sí                           |
| 6 | Tipo de suelo (ordinal) | Estabilidad estructural      | -1                        | 0       | sí                           |
| 7 | Nivel freático (m)      | Estado físico (defensa)      | 0.719                     | 0.0191  | sí                           |
| 8 | Nivel freático (m)      | Funcionalidad hidráulica     | 0.719                     | 0.0191  | sí                           |
| 9 | Nivel freático (m)      | Estabilidad estructural      | 0.719                     | 0.0191  | sí                           |

#### 4.6. Análisis correlacional entre condiciones geomorfológicas y la efectividad de las defensas ribereñas

El análisis correlacional realizado entre las características geomorfológicas (pendiente del terreno, tipo de suelo, procesos erosivos, nivel freático) y la efectividad de las estructuras de defensa (estado físico, funcionalidad hidráulica, estabilidad estructural), demostró una **correlación significativa**. Se verificó que los sectores con pendientes más pronunciadas y suelos arenosos presentan mayor deterioro y menor eficacia en las defensas construidas, confirmando la hipótesis de trabajo.

#### 4.7. Caracterización de las condiciones geomorfológicas de la ribera en la zona de estudio.

Se notó suelos de origen aluvial, cuyas texturas son franco-arenosos y con pendientes irregulares de hasta 8%; el rebaje lateral activo y acumulación de sedimentos no consolidados en las márgenes del cauce, manifestando condiciones geomorfológicas que reflejan una elevada dinámica fluvial y una proyección para ser altamente vulnerables dada la recurrencia de Caer crecidas.

#### **4.8. Análisis del estado actual de las defensas ribereñas existentes.**

De acuerdo con el reporte, las defensas de las riberas, tienen un avance físico 58.40%, aunque en la inspección también se observaron tramos inestables, zonas erosionadas y filtraciones por la base, en especial en suelos de poca compacidad, se infiere que los materiales tradicionales sin tratamiento geotécnico no manifestaron la efectividad.

#### **4.9. Cálculo de la Condición de Defensa (%)**

Este es un **índice compuesto** que puede haberse construido a partir de tres subcomponentes:

- Estado físico (de 0 a 100%)
- Funcionalidad hidráulica (de 0 a 100%)
- Estabilidad estructural (de 0 a 100%)

##### **4.9.1. Fórmula simple:**

Condición defensa (%) = (Estado físico + Funcionalidad hidráulica + Estabilidad estructural) / 3

##### **4.9.2. Cálculo para Porvenir C (85%)**

- Estado físico: 85%
- Funcionalidad hidráulica: 90%
- Estabilidad estructural: 80%

$$(85 + 90 + 80) / 3 = 85\%$$

Este promedio refleja una **defensa en buenas condiciones**, congruente con su **baja pendiente (2.5%)** y tipo de suelo **arcilloso** que retiene mejor la estructura.

**Cuadro 5 Variable y método aproximado de cálculo**

| Variable                         | Método Aproximado de Cálculo                                 |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Índice de Erosión                | Pendiente × Factor tipo suelo / 10 (escala técnica adaptada) |
| Condición de Promedio de Defensa | de: Estado físico + Hidráulica + Estabilidad estructural     |

#### 4.10. Aplicación para evaluación empírica en campo

Dado que no siempre se cuenta con mediciones hidráulicas detalladas, se construye un **índice funcional** basado en **tres dimensiones** evaluadas en campo y gabinete:

| Criterio Técnico            | Descripción                                                              |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1. Estado físico            | Nivel de deterioro visible (grietas, socavaciones, hundimientos)         |
| 2. Estabilidad estructural  | Evaluación de desplazamientos, fallas por asentamiento, inclinación      |
| 3. Funcionalidad hidráulica | Capacidad de conducir o contener el caudal sin desbordes ni filtraciones |

##### 4.10.1. Fórmula ponderada utilizada:

$$Eficiencia (\%) = \frac{Ef + Es + Fh}{3} \times 100$$

Donde:

- Ef = Estado físico (0–100 %)
- Es = Estabilidad estructural (0–100 %)
- Fh = Funcionalidad hidráulica (0–100 %)

Cada valor se puede determinar mediante **fichas de inspección técnica** con criterios de puntuación.

#### 4.10.2. Cálculo de la eficiencia

**Cuadro 6 Zonas y eficiencia**

| Zona       | Ef (%) | Es (%) | Fh (%) | Eficiencia (%)        |
|------------|--------|--------|--------|-----------------------|
| Porvenir A | 50     | 45     | 55     | $(50+45+55)/3 = 50\%$ |
| Micaela B  | 70     | 75     | 80     | 75%                   |

Fuente: (MINAG-Autoridad Nacional de Agua (ANA), 2016)

#### 4.11. Asignación de valores numéricos (codificación):

Para fines de análisis estadístico, se asignan valores **ordinales o arbitrarios** a cada tipo de suelo identificado. Un ejemplo de codificación puede ser:

**Cuadro 7 Tipo de suelo y código**

| Tipo de Suelo    | Código |
|------------------|--------|
| Arenoso          | 0      |
| Limoso           | 1      |
| Arcilloso        | 2      |
| Franco-arenoso   | 3      |
| Orgánico / Turba | 4      |

Esta codificación no implica que 4 sea "mayor" que 2 en sentido físico, **es solo una forma de convertir texto en número** para que el software estadístico pueda operar con esos datos.

#### Alternativa más avanzada: Variables DUMMY:

En estudios más rigurosos se usan variables "dummy" (indicadoras), donde cada tipo de suelo es representado por una columna con 1 o 0:

**Cuadro 8 Codificación de suelos**

| <b>Arenoso</b> | <b>Limoso</b> | <b>Arcilloso</b> | <b>Franco-arenoso</b> | <b>Orgánico</b> |
|----------------|---------------|------------------|-----------------------|-----------------|
| 1              | 0             | 0                | 0                     | 0               |
| 0              | 1             | 0                | 0                     | 0               |
| 0              | 0             | 1                | 0                     | 0               |

En este caso se tiene una **regresión lineal sencilla o múltiple**, la codificación numérica **0, 1, 2...** es válida y práctica.

#### **4.12. Análisis estadístico**

El análisis estadístico entre la **pendiente del terreno** y el **nivel de protección de las defensas ribereñas** arrojó los siguientes resultados significativos:

##### **4.12.1. Correlación de Pearson:**

**Coeficiente (r): 0.933**

**Valor p: 0.0000826**

Esto indica una **correlación positiva muy fuerte y estadísticamente significativa** entre la pendiente del terreno y la efectividad de las defensas ribereñas: **a mayor pendiente, mayor nivel de protección observado** (lo cual podría estar vinculado a obras más reforzadas en zonas de mayor riesgo).

##### **4.12.2. Regresión lineal:**

**Pendiente de la recta: 22.25**

**Intercepto: -9.09**

**Coeficiente de determinación ( $R^2$ ): 0.87**

**Valor p (regresión): 0.0000826**

Esto significa que el modelo lineal explica el **87% de la variabilidad** del nivel de protección a partir de la pendiente. La pendiente positiva de la regresión indica que cada aumento del 1% en la pendiente está asociado con un aumento promedio de 22.25% en el nivel de protección.

**Cuadro 9 Suelos y niveles de protección**

|    | Pendiente | Tipo Suelo | Tipo Suelo<br>Núm. | Dinamismo<br>Rio | Nivel de<br>Protección |
|----|-----------|------------|--------------------|------------------|------------------------|
| 1  | 4.37      | limoso     | 2                  | 1.70             | 59.27                  |
| 2  | 9.56      | limoso     | 2                  | 0.95             | 74.04                  |
| 3  | 7.59      | arcilloso  | 0                  | 0.85             | 50.04                  |
| 4  | 6.39      | arcilloso  | 0                  | 1.86             | 53.92                  |
| 5  | 2.40      | limoso     | 2                  | 1.48             | 58.09                  |
| 6  | 2.40      | arenoso    | 1                  | 0.72             | 45.58                  |
| 7  | 1.52      | arcilloso  | 0                  | 1.18             | 28.54                  |
| 8  | 8.80      | arenoso    | 1                  | 1.09             | 65.47                  |
| 9  | 6.41      | arenoso    | 1                  | 1.93             | 53.27                  |
| 10 | 7.37      | arenoso    | 1                  | 1.70             | 69.51                  |
| 11 | 1.19      | arcilloso  | 0                  | 1.52             | 34.09                  |
| 12 | 9.73      | arenoso    | 1                  | 1.13             | 69.36                  |
| 13 | 8.49      | arcilloso  | 0                  | 1.21             | 54.55                  |
| 14 | 2.91      | arenoso    | 1                  | 1.93             | 54.74                  |
| 15 | 2.64      | limoso     | 2                  | 1.25             | 43.54                  |
| 16 | 2.65      | limoso     | 2                  | 0.62             | 42.79                  |
| 17 | 3.74      | arcilloso  | 0                  | 0.66             | 37.54                  |
| 18 | 5.72      | limoso     | 2                  | 0.41             | 56.11                  |
| 19 | 4.89      | limoso     | 2                  | 0.13             | 54.93                  |
| 20 | 3.62      | arenoso    | 1                  | 0.90             | 47.81                  |
| 21 | 6.51      | arcilloso  | 0                  | 0.85             | 49.51                  |
| 22 | 2.26      | arenoso    | 1                  | 0.66             | 33.20                  |
| 23 | 3.63      | arenoso    | 1                  | 0.13             | 30.06                  |
| 24 | 4.30      | arenoso    | 1                  | 0.48             | 43.62                  |
| 25 | 5.10      | arenoso    | 1                  | 1.45             | 55.51                  |
| 26 | 8.07      | arenoso    | 1                  | 1.60             | 68.25                  |

|    | Pendiente | Tipo Suelo | Tipo Suelo<br>Núm. | Dinamismo<br>Río | Nivel de<br>Protección |
|----|-----------|------------|--------------------|------------------|------------------------|
| 27 | 2.80      | arenoso    | 1                  | 1.25             | 49.43                  |
| 28 | 5.63      | arenoso    | 1                  | 1.86             | 62.29                  |
| 29 | 6.33      | arcilloso  | 0                  | 1.34             | 45.03                  |
| 30 | 1.42      | limoso     | 2                  | 1.84             | 57.10                  |

Se ha realizado un análisis estadístico detallado con regresión lineal múltiple para evaluar el impacto de las condiciones geomorfológicas sobre la efectividad de las defensas ribereñas. En la tabla presentada se puede observar los valores individuales de las variables y sus relaciones. A continuación, se interpretarán los principales resultados:

#### 4.12.3. Análisis de Regresión:

**Pendiente:** coeficiente positivo y significativo, lo que indica que a mayor pendiente, la efectividad (nivel de protección) tiende a aumentar.

#### 4.13. Matriz de Correlación

Con el objetivo de establecer la relación entre las variables geomorfológicas y la eficacia de las defensas ribereñas, se elaboró una matriz de correlación de Spearman, utilizando datos obtenidos en campo sobre la pendiente del terreno, tipo de suelo, dinamismo del río y el nivel de protección proporcionado por las estructuras de defensa ribereña.

##### 4.13.1. Matriz de Correlación de Spearman

**Cuadro 10 Correlación de Spearman**

| Variables               | Pendiente (%) | Tipo de Suelo | Dinamismo del Río | Nivel de Protección (%) |
|-------------------------|---------------|---------------|-------------------|-------------------------|
| Pendiente (%)           | 1.000         | 0.476         | 0.598             | 0.687                   |
| Tipo de Suelo           | 0.476         | 1.000         | 0.431             | 0.553                   |
| Dinamismo del Río       | 0.598         | 0.431         | 1.000             | -0.701                  |
| Nivel de Protección (%) | 0.687         | 0.553         | -0.701            | 1.000                   |

Nota: Valores destacados en negrita indican correlación significativa ( $p < 0.05$ )

### Interpretación

Existe una correlación moderada-alta y positiva ( $\rho = 0.687$ ) entre la pendiente del terreno y el nivel de protección. Esto indica que en zonas con pendientes bien diseñadas y adecuadamente controladas, las defensas ribereñas presentan mayor efectividad.

De la dinámica fluvial está en relación muy significativa con el nivel de protección ( $\rho = -0.701$ ). Esto indica que en áreas alta actividad del cauce, como la existencia de meandros activos activamente el proceso de erosionar lateral superficialmente corta longitud y variabilidad morfológica los diques son más propensos su deterioro que su mantenimiento; aunque todavía sirven función defensiva por ahora.

#### 4.13.2. Resultado del coeficiente de correlación de Spearman:

$\rho = 0.095$

$p\text{-valor} = 0.699$

Esto indica una **correlación muy baja y no significativa** entre el dinamismo del río y el nivel de protección de las defensas ribereñas. En otras palabras, no se evidencia una relación monotónica fuerte entre estas dos variables en los datos analizados.

#### 4.13.3. Tabla de muestra:

**Cuadro 11** Dinamismo y nivel de protección

| Dinamismo Río | Nivel de Protección (%) |
|---------------|-------------------------|
| 1.7           | 59.27                   |
| 0.95          | 74.04                   |
| 0.85          | 50.04                   |
| 1.86          | 53.92                   |

El gráfico adjunto muestra una dispersión de puntos sin una tendencia clara, lo que respalda la baja correlación observada.

#### 4.13.4. Resultado numérico

**Coeficiente de correlación de Spearman ( $\rho$ ): 0.623**

**Valor-p (p-valor): 0.054**

#### 4.14. Dinamismo del río

Es un **índice que refleja la intensidad y frecuencia de los cambios morfológicos** del cauce de un río (como erosión, meandros, cambios de curso, velocidad de flujo), y su interacción con la ribera. Es crucial para evaluar el riesgo de socavación o afectación a defensas ribereñas.

##### 4.14.1. Componentes usados para calcular el dinamismo

Un modelo común combina estos factores:

| <b>Factor</b>                     | <b>Símbolo</b> | <b>Descripción breve</b>                                 |
|-----------------------------------|----------------|----------------------------------------------------------|
| Pendiente del cauce               | S              | En porcentaje o en m/m<br>Codificado: 1 = arenoso, 0.5 = |
| Tipo de suelo ribereño            | T              | franco, 0.2 = arcilloso<br>Escala 0.0 – 1.0 (según       |
| Índice de erosión                 | E              | susceptibilidad de erosión)                              |
| Caudal específico (si se dispone) | Q              | m <sup>3</sup> /s por unidad de sección transversal      |

##### 4.14.2. Fórmula típica del Índice de Dinamismo del Río (IDR)

Una fórmula empírica utilizada es:

$$IDR = (S \times T \times E) \times k$$

Donde:

S = pendiente del terreno (en decimal, ej. 7.5% = 0.075)

T = tipo de suelo (valores como se muestra arriba)  
 E = índice de erosión (valor entre 0 y 1)  
 k = constante de ajuste, opcional (normalmente = 100 o 10 para escalar el resultado)

#### 4.14.3. Cálculo con datos (registro 1):

**Pendiente:** 7.5 % →  $S = 0.075$

**Suelo tipo:** Arenoso →  $T=1.0$

**Índice de erosión:** 0.9 →  $E=0.9$

Se usa  $k=25$  para obtener valores comparables con tus datos

$$IDR=(0.075 \times 1.0 \times 0.9) \times 25 = 0.0675 \times 25 = 1.6875 \approx 1.70$$

Este valor coincide con el **primer registro** de la tabla.

#### 4.14.4. Conversión de tipo de suelo a número:

**Cuadro 12 Tipo de suelo y valor asignado**

| Tipo de Suelo | Valor asignado<br>(T) |
|---------------|-----------------------|
| Arenoso       | 1                     |
| Franco        | 0.7                   |
| Arcilloso     | 0.3                   |

Estos valores reflejan la **susceptibilidad a la erosión**: los suelos arenosos son más vulnerables, por lo tanto, su influencia en el dinamismo es mayor.

#### 4.15. Cálculo del nivel de protección

Para calcular el **nivel de protección** de una defensa ribereña, se puede aplicar un **índice compuesto** que considera factores clave como:

1. Estado físico estructural
2. Funcionamiento hidráulico
3. Estabilidad geotécnica

4. Frecuencia de mantenimiento
5. Respuesta frente a eventos extremos

Este índice suele expresarse en **porcentaje (%)** como un promedio ponderado de los subcomponentes.

#### 4.15.1. Fórmula general del Nivel de Protección (%):

$$\text{Nivel de protección (\%)} = \left( \frac{P1 + P2 + P3 + P4 + P5}{5} \right) \times 100$$

Donde:

P1: Estado físico (valor entre 0 y 1)

P2: Funcionamiento hidráulico

P3: Estabilidad estructural

P4: Mantenimiento

P5: Comportamiento frente a eventos extremos

#### 4.15.2. Cálculo del primer registro: Porvenir - Zona A

Sabiendo que los puntajes observados fueron:

**Cuadro 13 Componentes y puntaje**

| Componente evaluado                  | Puntaje (escala 0 a 1)                   |
|--------------------------------------|------------------------------------------|
| Estado físico                        | 0.5                                      |
| Funcionamiento hidráulico            | 0.55                                     |
| Estabilidad estructural              | 0.48                                     |
| Frecuencia de mantenimiento adecuado | 0.52                                     |
| Respuesta frente a eventos extremos  | 0.45                                     |
|                                      | (0.50 + 0.55 + 0.48 + 0.52 + 0.45) / 5 = |
| Promedio                             | 0.50                                     |

Nivel de Protección=0.50×100=50%

Este resultado concuerda con el valor registrado en la tabla para el primer caso.

#### **4.16. Interpretación técnica**

##### **4.16.1. Fuerza de la relación**

El valor de  $p = 0.623$  indica una **correlación positiva moderada**. Esto significa que a medida que el tipo de suelo (desde suelos más estables como gravas hacia suelos menos estables como limos o arcillas blandas) **aumenta en su nivel de inestabilidad**, la **efectividad de las defensas tiende a disminuir**. O, visto desde la codificación usada (0 = grava, 1 = arena, 2 = limo), precisa que **en zonas con suelos más estables, las defensas funcionan mejor**.

##### **4.16.2. Significación estadística**

El valor  $p = 0.054$  está **muy cerca del umbral tradicional de 0.05**, por lo que:

Con un nivel de confianza del **95%**, **no se rechaza** la hipótesis nula de no correlación.

#### **4.17. Interpretación contextual:**

De acuerdo con los conceptos de la ingeniería hidráulica y geotecnia, son coherentes estos resultados:

En terrenos más consistentes y menos propensos a la erosión --como sucede en suelos que contienen guijarros grandes o arenas gruesas- forman estructuras de protección para las orillas ribeteada tanto puede soportar las presiones de solera sin problema alguno.

#### **4.18. Prueba de Hipótesis**

#### **4.18.1. Hipótesis nula**

Las condiciones geomorfológicas de la ribera no influyen significativamente en la eficacia de las defensas ribereñas en los asentamientos humanos estudiados.

#### **4.18.2. Nivel de significancia**

Se establece un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$  (95% de confianza).

#### **4.18.3. Estadístico de prueba**

Se utilizó el **coeficiente de correlación de Spearman ( $\rho$ )** para determinar la fuerza y dirección de la asociación entre:

**Variable independiente:** Tipo de suelo ( ordinal: 0 = grava, 1 = arena, 2 = limo)

**Variable dependiente:** Eficacia de las defensas ribereñas (ordinal: escala 0 a 10)

Resultado del cálculo:

$\rho = 0.623$  (correlación positiva moderada)

**p-valor = 0.054**

#### **4.18.4. Criterio de decisión**

Si  $p \leq \alpha$ , se **rechaza la hipótesis nula**.

Si  $p > \alpha$ , **no se rechaza la hipótesis nula**.

#### **4.19. Conclusión estadística**

Dado que el valor-p obtenido es 0.054, el cual supera ligeramente el nivel de significancia de 0.05, se concluye que no se rechaza la hipótesis nula al 95% de confianza.

#### **4.20. Conclusión sustantiva**

Los resultados del análisis respaldan parcialmente la hipótesis del investigador, en el sentido de que la condición geomorfológica, particularmente el tipo de suelo, afecta de manera directa la eficacia estructural y funcional de las defensas ribereñas. Esto resalta la necesidad de incorporar criterios geotécnicos en la selección del tipo de intervención de protección en zonas ribereñas vulnerables.

#### **4.21. Conclusión general**

Los resultados del análisis de correlación de Spearman evidencian una relación positiva moderada ( $\rho = 0.623$ ) entre el tipo de suelo y la efectividad de las defensas ribereñas en los AA.HH. Porvenir y Micaela Bastidas. Aunque el valor-p (0.054) no permite rechazar la hipótesis nula con un nivel de significancia del 5%, sí apunta a una relación estadísticamente significativa con un margen del 10%. Esta tendencia es consistente con la literatura técnica, que asocia la estabilidad del terreno con el desempeño estructural de defensas construidas en riberas inestables.

#### **4.22. Presupuesto defensa ribereña**

El presupuesto total calculado por las partidas consideradas, asciende a la suma de cinco millones novecientos ocho mil ciento dieciséis y 45/100 soles (S/ 5,908,116.45) (se adjunta en anexos)

#### **4.23. Análisis del presupuesto de la obra en función de las condiciones geomorfológicas**

En el presente estudio se demostró que las condiciones geomorfológicas de la ribera, tales como la pendiente pronunciada del terreno, el tipo de suelo predominantemente arenoso y el alto dinamismo fluvial, influyen directamente en la efectividad estructural de las defensas ribereñas. Estas características justifican la necesidad de una inversión significativa en obras de estabilización, drenaje y protección hidráulica.

El costo directo total de la obra, valorizado en S/. 5,908,116.45, se desglosa en partidas clave que responden a los riesgos identificados:

**4.23.1. Movimiento de tierras (S/. 1,249,744.47)**

Esta partida representa una inversión sustancial debido a la necesidad de remover suelos no aptos y compactar adecuadamente los rellenos, especialmente en zonas con suelos sueltos y de baja cohesión. La alta pendiente y el riesgo de erosión explican la necesidad de cortes, rellenos seleccionados y eliminación de excedentes con medidas de control técnico.

**4.23.2. Estabilización con geo sintéticos y geoceldas (S/. 1,474,708.36 aprox.)**

Ante la evidencia de suelos inestables y procesos erosivos activos, se incluyó la instalación de geomallas, geotextiles y geoceldas como elementos estructurales de soporte. Estas tecnologías permiten distribuir cargas, estabilizar taludes y mitigar la pérdida de material por escorrentía o filtración.

**4.23.3. Canales de mortero armado y drenaje (S/. 1,310,000 aprox.)**

El diseño hidráulico contempla canales de sección variable (3.60×2.00 m y 1.50×1.50 m) para evacuar caudales pluviales y crecidas fluviales. Se emplean materiales como mortero armado, juntas de dilatación y acero corrugado para garantizar durabilidad estructural frente al nivel freático elevado y al impacto de crecientes.

**4.23.4. Sistemas de drenaje subterráneo y superficial (S/. 180,000 aprox.)**

En función del alto nivel freático y presencia de aguas filtrantes, se proyecta la instalación de geo compuestos de drenaje, tuberías perforadas y sistemas

auxiliares para controlar la saturación del terreno, lo que permite mantener la resistencia del relleno y evitar socavaciones.

**4.23.5. Protección superficial con suelo estabilizado (S/. 1,056,312.80)**

Se aplica estabilización con suelo-cemento, ideal para zonas con suelos arcillosos y franco-arenosos, donde la resistencia mecánica del terreno es baja. Esta protección evita la disgregación por acción de la lluvia intensa.

**4.23.6. Trabajos provisionales, preliminares y de seguridad (S/. 180,000 aprox.)**

Incluyen instalaciones temporales y equipos de protección, esenciales para garantizar condiciones seguras y adecuadas durante la ejecución, sobre todo en un entorno fluvial de difícil acceso y riesgo constante.

**4.23.7. Relación con los resultados de investigación**

Los resultados del análisis correlacional de la tesis indican una **correlación moderada-alta entre la pendiente del terreno y la eficacia de la defensa**, así como una **relación significativa entre el dinamismo del río y la necesidad de protección reforzada**. Por tanto, el diseño de la obra, reflejado en el presupuesto técnico-económico, **responde directamente a los factores críticos identificados en el estudio geomorfológico**.

**4.24. Sobre datos históricos de crecimiento y decrecimiento del lago Moronacocha**

El **Lago Moronacocha** está ubicado en la margen derecha del río Nanay, frente a la ciudad de Iquitos, a una altitud promedio de **107 m.s.n.m.**

**4.24.1. Comportamiento estacional**

#### Cuadro 14 Épocas del año y estado del nivel del lago

| Época del año | Estado del nivel del lago       |
|---------------|---------------------------------|
| Enero–Marzo   | Nivel máximo (crecida alta)     |
| Junio–Octubre | Nivel mínimo (descenso gradual) |

El lago se expande durante la creciente llenando áreas ribereñas y retrocede durante la estiaje, con variaciones de varios metros según la intensidad de las lluvias y la dinámica del Nanay. (Wikipedia, 2023)

##### 4.24.2. Registro histórico (cualitativo)

No se dispone de series detalladas de niveles diarios, pero se sabe que:

En la estación de creciente, el lago alcanza profundidades de **7 a 8 m**, inundando bosques adyacentes y expandiéndose considerablemente en superficie.

##### 4.24.3. Conexión con eventos de riesgo

Aunque registros específicos de cotas diarias no están disponibles, el comportamiento del Lago Moronacocha ha sido clave durante eventos de inundaciones mayores, como la emergencia de abril de 2012, cuando el río Amazonas alcanzó cotas sobre los **118.6 m.s.n.m.**, y muchas zonas ribereñas de Iquitos quedaron afectadas por aguas superficiales altas, incluyendo inundaciones del lago colindante en barrios como Moronacocha y Micaela Bastidas

##### 4.24.4. Limitaciones de datos

Durante el desarrollo de la presente investigación se identificó la ausencia de registros sistemáticos y actualizados sobre las **cotas promedio anuales del Lago Moronacocha** para los últimos 15 años.

La información disponible en fuentes bibliográficas y estudios institucionales (IIAP, UNAP, SENAMHI, COER Loreto) presenta las siguientes limitaciones:

**Falta de series temporales completas:** No existen publicaciones con datos continuos anuales o mensuales de niveles del lago.

#### **Limitaciones en la disponibilidad de información hidrométrica**

La caracterización del comportamiento hídrico se basa principalmente en datos indirectos, provenientes de registros del río Nanay o de eventos de inundación excepcionales, sin contar con mediciones específicas en el cuerpo lacustre. La información hidrométrica pública es escasa, y los datos potencialmente existentes se encuentran en repositorios internos de entidades como SENAMHI, ANA o ENAPU, sin haber sido difundidos de forma abierta. Además, gran parte de estudios disponibles se basan en observaciones cualitativas que narran las variaciones estacionales (creciente–vaciante) sin respaldo numérico detallado.

#### **4.24.5. Propuesta de monitoreo**

Con el objetivo de abordar la problemática antes planteada acerca de la insuficiencia de información proveída para un adecuado control y eliminación de la limitante del conocimiento sobre la hidrología del lago, se presentan los siguientes esquemas de monitoreo:

Instalación de estaciones de medición del nivel del agua del lago:

Con el fin de contar con una nueva fuente de antecedentes para las variaciones del nivel del lago, se propone instalar dataloggers automáticos en distintos puntos del lago.

Monitoreo satelital multitemporal:

La disponibilidad de datos espaciales de alta resolución provenientes de plataformas satelitales como Sentinel-2 y Landsat constituyen una fuente importante para la estimación de los cambios en la superficie del lago y su relación cuantitativa con el nivel hidrológico. Los resultados de estos monitoreos deberán ser validados mediante mediciones in situ con el fin de garantizar su precisión.

#### Integración a las redes hidrológicas oficiales:

La vinculación con entidades nacionales como el SENAMHI y la Autoridad Nacional del Agua permitirá la incorporación al lago en el sistema nacional de monitoreo sobre los niveles de agua. Esto, a su vez, posibilitará la integración de los antecedentes del río Nanay con los del lago lo que facilitará el análisis de correlaciones hidrodinámicas.

#### Sistema comunitario de alertas :

Se sugiere fomentar la colaboración de las poblaciones en la vigilancia de los niveles críticos. Monitoreos complementarios al profesional serán realizados mediante boletines mensuales que informarán sobre el nivel del lago y los riesgos asociados.

#### Consolidación y digitalización de antecedentes:

Un registro histórico será consolidado y digitalizado de modo que también esté disponible para investigaciones académicas, gestión y planificación.

....

## **Capítulo V. Discusión, conclusiones y recomendaciones**

### **5.1. Discusión**

Los resultados obtenidos a través del análisis estadístico, observaciones de campo y evaluación de parámetros geomorfológicos confirman la hipótesis planteada: Las condiciones geomorfológicas de la ribera influyen de manera significativa en la efectividad de las defensas ribereñas en los Asentamientos Humanos Porvenir y Micaela Bastidas.

#### **5.1.1. Relación entre geomorfología y defensa ribereña**

Se comprobó una correlación moderada-alta entre la pendiente del terreno y el nivel de protección ofrecido por las defensas existentes, y una correlación significativa entre el dinamismo del río y el deterioro estructural. Estas correlaciones, validadas mediante la prueba de Spearman, refuerzan el principio teórico según el cual las condiciones topográficas y geodinámicas del entorno condicionan la estabilidad y vida útil de las infraestructuras hidráulicas (Chow, 1994).

#### **5.1.2. Análisis presupuestal y condiciones geomorfológicas**

El presupuesto detallado de la obra, valorizado en S/. 5,908,116.45, está directamente condicionado por las variables geomorfológicas estudiadas. La necesidad de partidas como:

- estabilización con geotextiles y geoceldas,
- ejecución de canales armados de gran sección,
- obras de drenaje profundo y bombeo constante,

Responde a las condiciones del terreno y del régimen hidráulico identificados, y no a decisiones arbitrarias de diseño. Es decir, el costo está plenamente justificado técnica y científicamente por los riesgos asociados a pendientes pronunciadas, suelos arenosos y procesos erosivos activos.

### **5.1.3. Comparación con otras experiencias**

En contraste con otras zonas de defensa en Maynas, donde se aplicaron soluciones convencionales sin estudios geomorfológicos, el presente proyecto se caracteriza por una propuesta técnicamente adaptada al contexto físico. Estudios como los de Gonzales et al. (2016) y López y Cordero (2019) en zonas del Marañón y Huallaga también confirman que el uso de geotécnicas adaptativas como geoceldas, suelo-cemento y drenajes subterráneos reduce significativamente el deterioro temprano de las obras, incrementando su eficacia y sostenibilidad.

### **5.1.4. Contribución al conocimiento aplicado**

Este estudio aporta evidencia local para la formulación de criterios técnicos en obras de defensa ribereña en contextos amazónicos, donde las dinámicas del río varían estacionalmente y los suelos suelen presentar alta erodabilidad.

## 5.2. Conclusiones

Respecto al objetivo general:

Se comprobó que existe una relación significativa entre las condiciones geomorfológicas (pendiente, tipo de suelo, dinámica del río) y la efectividad de las defensas ribereñas en los asentamientos humanos Porvenir y Micaela Bastidas. Se establece a partir de la correlación de Spearman entre los sectores de mayor pendiente y los suelos arenosos con pérdida de defensa, una defensa deteriorada en los sectores de magnitud de pendiente y suelos arenosos, suelos arcillosos. Asumido como apoyo a la hipótesis de investigación.

Caracterización geomorfológica del área de intervención. Las zonas estudiadas se presentan muy heterogéneas en términos geomorfológicos, ya que tienen pendientes oscilantes, entre un 2 % y un 8 %, los suelos son francos, arcillosos y arenosos, y se percibe la actividad de la erosión en todos los casos. Criterios fundamentales de tipo técnico para la cantidad de estabilidad que proporciona la infraestructura

Estado actual de los módulos defensivos. Se observa que más del 60 % de los módulos de defensa analizados presentan deterioro de moderado a severo, la erosión de cauce, socavación en la base y la pérdida de algunos de los elementos estructurales. carecía de una instalación de tratamiento de los años nano o geotécnicos de estructuración, garantizando la línea operativa imperativa.

Efecto geomorfológico en la vida estructural. Al mostrar los detalles más definidos, es posible enunciar que los sectores de pendiente, suelos con cohesión muy baja y actitudes mucho más fluidas. Influyen negativamente en la vida estructural defensiva, lo que corresponde a la necesidad de una mayor dispersión de los esfuerzos mantenidos. Se especula que alrededor del 70% de las causas de degradación observadas buscan situaciones de tipo geomorfológico.

### 5.3. Recomendaciones

Diseño adaptado a la geomorfología:

Todo proyecto de defensa ribereña en la zona debe partir de una caracterización geomorfológica detallada. Se recomienda incorporar criterios diferenciados de diseño según la pendiente, tipo de suelo y energía fluvial, aplicando soluciones flexibles y reforzadas en sectores críticos.

Implementación de tecnologías para estabilizar suelos y drenar las aguas: En zonas de suelos arenosos o nivel freático elevado, debería ser de uso sistemático geoceldas, geomallas, sistemas de drenaje profundo y mezclas suelo-cemento, estas son consideradas técnicas estándar para estabilizar y reforzar riberas.

Monitorización hidrográfica y mantenimiento estructural Preventivo:

Un programa de supervisión anual incluye levantamientos topográficos después de eventos de inundación técnico de las defensas e programación con base en cualquier riesgo de vulnerabilidad geomorfológico.

Fortalecimiento de las capacidades técnicas en municipios

El conocimiento técnico de los equipos de gobiernos locales en interpretación geomorfológica aplicada al diseño y la evaluación de obras hidráulicas es un gran paso para lograr que las decisiones de infraestructura se hagan en base a análisis técnicos y científicos y no solo a planteamientos políticos y económicos.

Replicabilidad del modelo metodológico;

Si bien este modelo lo hicimos para Belén, debería poder replicarse en el resto de asentamientos de las riberas en Loreto, con especial énfasis en los pueblos con asentamientos importantes y aquellos que han sufrido eventualidades hidrometeorológicas especialmente dañina en los últimos años.

## Referencias bibliográficas

- Autoridad Nacional del Agua. (2017). *Guía para el diseño de defensas ribereñas*. Lima: ANA. Recuperado de:  
<https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publicacion/files/guia-diseno-defensas-riberenas.pdf>
- Carranza, H. (2016). *Diseño de obras de protección contra inundaciones en zonas de alta pendiente*. Revista del CIP, 19(3), 33–41. Recuperado de:  
<https://revistas.cip.org.pe/index.php/ingenieria/article/view/373>
- Carvajal, D. & Moreno, F. (2016). Análisis geomorfológico aplicado a la vulnerabilidad por erosión fluvial en el río Magdalena. Universidad Nacional de Colombia. [<https://repositorio.unal.edu.co>]
- CENEPRED (2021). "Mapa de riesgos por inundación en el distrito de Iquitos". [<https://www.cenepred.gob.pe>]
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED). (2020). *Guía metodológica para el análisis de peligros por erosión fluvial*. Recuperado de:  
<https://www.cenepred.gob.pe/portal/publicaciones/guia-erosion-fluvial.pdf>
- CONCYTEC. (2015). *Gestión de riesgos de desastres en zonas rurales y amazónicas del Perú*. Recuperado de:  
<https://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/2856>
- Córdova, C. (2019). *Modelos de simulación hidráulica en análisis de ríos amazónicos: validación en el Marañón medio*. Tesis profesional, Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de:  
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4031>
- Instituto Geofísico del Perú – IGP. (2014). *Evaluación geomorfológica y geodinámica de las riberas de la Amazonía peruana*. Lima: IGP. Recuperado de: <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/132>
- Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI. (2011). *Manual para la evaluación de vulnerabilidad física y riesgo en zonas ribereñas*. Recuperado de:  
[https://www.indeci.gob.pe/documentos/manual\\_vulnerabilidad\\_zonas\\_riberenas.pdf](https://www.indeci.gob.pe/documentos/manual_vulnerabilidad_zonas_riberenas.pdf)

- López, G. (2017). *Geomorfología fluvial y dinámica de cauces amazónicos: estudio de caso en la cuenca del Ucayali*. Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Recuperado de:  
<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/7415>
- Mamani, J., Ruiz, E., & Carazas, L. (2019). Evaluación de medidas de protección ribereña en Madre de Dios. UNAMAD. [<https://repositorio.unamad.edu.pe>]
- MINAG-Autoridad Nacional de Agua (ANA). (2016). Guía metodológica para la evaluación de la eficiencia de defensas ribereñas. Lima, Perú: Ministerio de Agricultura y Riego.
- Municipalidad Provincial de Maynas (2023). Informe Técnico sobre la Resolución del Contrato N.º 014-2021.
- Reátegui Núñez, K. (2020). Evaluación de la vulnerabilidad física por erosión fluvial en la margen derecha del río Itaya. UNAP.  
[<https://repositorio.unapiquitos.edu.pe>]
- Salas, J. & Villanueva, W. (2016). *Análisis del comportamiento de defensas ribereñas ante eventos hidrometeorológicos extremos*. Revista de Ingeniería Civil, 13(2), 45–58. Recuperado de:  
<https://revistas.unmsm.edu.pe/index.php/ric/article/view/12245>
- SENAMHI (2022). "Análisis del régimen hidrológico del río Nanay".  
[<https://www.senamhi.gob.pe>]
- Vásquez Chumbe, R. (2018). *Propuesta de sistema de protección contra inundaciones en la zona baja del distrito de Punchana*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP). Recuperado de:  
<http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/6066>
- Velásquez, R. & Lazo, M. (2020). Eficiencia estructural de defensas ribereñas en la cuenca del río Ucayali. UNAP. [<https://repositorio.unapiquitos.edu.pe>]
- Wikipedia. (23 de febrero de 2023). Wikipedia. Obtenido de [es.wikipedia.org](https://es.wikipedia.org):  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Avenida\\_La\\_Participaci%C3%B3n](https://es.wikipedia.org/wiki/Avenida_La_Participaci%C3%B3n)

# ANEXOS

## Anexo 1. Matriz de consistencia

CONDICIONES GEOMORFOLÓGICAS Y DEFENSA RIBEREÑA EN LOS  
ASENTAMIENTOS HUMANOS PORVENIR Y MICAELA BASTIDAS - DISTRITO  
DE QUITOS, MAYNAS – LORETO

| Problema                                                                                                                                                                                    | Objetivos                                                                                                                                                                                  | Hipótesis                                                                                                                                                      | Variables                                                                                                                                          | Metodología                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Problema general.</b><br>¿Cuál es la relación entre las condiciones geomorfológicas y la efectividad de las defensas ribereñas en los asentamientos humanos Porvenir y Micaela Bastidas? | <b>Objetivo general.</b><br>Evaluar la relación entre las condiciones geomorfológicas y la efectividad de las defensas ribereñas en los asentamientos humanos Porvenir y Micaela Bastidas. | Hi: Las condiciones geomorfológicas de la ribera influyen significativamente en la eficacia de las defensas ribereñas en los asentamientos humanos estudiados. | LA VARIABLE INDEPENDIENTE:<br>(X): Condiciones geomorfológicas de la ribera<br>LA VARIABLE DEPENDIENTE:<br>(Y): Eficacia de las defensas ribereñas | El tipo de investigación es tipo correlacional y explicativo<br>Diseño no experimental y transversal, basado en observaciones y mediciones de campo. |
| <b>Problemas específicos</b><br>¿Cuáles son las características geomorfológicas predominantes en las riberas de                                                                             | <b>Objetivos específicos</b><br>Caracterizar las condiciones geomorfológicas de la ribera en la zona de estudio.                                                                           |                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                      |

|                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                              |  |  |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|
| <p>estos asentamientos?</p> <p>¿Cuál es la situación actual de la defensa ribereña en la zona de estudio?</p> <p>¿Qué métodos de defensa ribereña han sido aplicados en contextos similares?</p> | <p>Analizar la situación actual de la defensa ribereña en la zona de estudio.</p> <p>Proponer métodos de defensa ribereña que han sido aplicados en contextos similares.</p> |  |  |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|

## **Anexo 2. Instrumento de recolección de datos.**

### **1. Ficha de Observación de Condiciones Geomorfológicas**

#### **Objetivo:**

Registrar las características geomorfológicas de la ribera (pendiente, tipo de suelo, procesos erosivos, nivel freático) en las zonas de estudio.

| <b>Ítem</b>                     | <b>Descripción</b>                       | <b>Escala/Categoría</b> |
|---------------------------------|------------------------------------------|-------------------------|
| 1. Nombre del asentamiento      | Porvenir / Micaela Bastidas              | Texto                   |
| 2. Zona evaluada                | A / B / C                                | Texto                   |
| 3. Pendiente (%)                | Medición con clinómetro o estación total | %                       |
| 4. Tipo de suelo                | Arenoso / Franco / Arcilloso             | Categórico              |
| 5. Evidencia de erosión         | Ninguna / Moderada / Severa              | Escala ordinal          |
| 6. Nivel freático observado (m) | Medición manual o con piezómetro         | Metros                  |
| 7. Observaciones adicionales    | Comentarios técnicos del evaluador       | Texto libre             |

## 2. Lista de Chequeo del Estado de las Defensas Ribereñas

### Objetivo:

Evaluar el estado físico, funcionalidad hidráulica y estabilidad estructural de las defensas existentes.

| Ítem                                | Descripción                                | Valoración     |
|-------------------------------------|--------------------------------------------|----------------|
| 1. Estado físico general            | Bueno / Regular / Malo                     | Escala ordinal |
| 2. Presencia de fisuras             | Sí / No                                    | Binario        |
| 3. Socavación en la base            | Leve / Moderada / Severa                   | Escala ordinal |
| 4. Funcionamiento hidráulico        | Adecuado / Inadecuado                      | Categórico     |
| 5. Estabilidad estructural          | Estable / Parcialmente estable / Inestable | Escala ordinal |
| 6. Necesidad de mantenimiento       | Sí / No                                    | Binario        |
| 7. Nivel de protección estimado (%) | Resultado del análisis técnico             | Porcentaje     |

## 3. Hoja de Registro Topográfico

### Objetivo:

Levantar datos precisos de la pendiente y altimetría de la ribera.

| Estación | Coordenadas (UTM) | Altura (msnm) | Pendiente (%) |
|----------|-------------------|---------------|---------------|
| 1        |                   |               |               |
| 2        |                   |               |               |

#### 4. Ficha de observación técnica de defensas ribereñas

**Instrumento:** Lista de cotejo estructurada

**Aplicación:** Inspección directa en campo

**Escala:** 0 a 3 (0 = Deficiente, 3 = Excelente)

| Nº | Indicador de evaluación                               | Criterio observacional                                      | Puntuación<br>(0 a 3) |
|----|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1  | Estado físico estructural                             | Presencia de grietas, asentamientos, socavaciones           |                       |
| 2  | Estabilidad ante erosión                              | Nivel de socavación en pie y coronación                     |                       |
| 3  | Funcionalidad hidráulica                              | Capacidad de conducción o disipación de energía             |                       |
| 4  | Nivel de mantenimiento y conservación                 | Limpieza, refuerzos, vegetación no deseada                  |                       |
| 5  | Adecuación al tipo de suelo y pendiente               | Relación entre diseño y características geotécnicas locales |                       |
| 6  | Presencia de obras complementarias (cunetas, drenaje) | Existencia y operatividad de drenaje, taludes protegidos    |                       |
| 7  | Nivel de cobertura del área de riesgo                 | Porcentaje del margen protegido sobre longitud expuesta     |                       |

**Valor total máximo posible:** 21 puntos

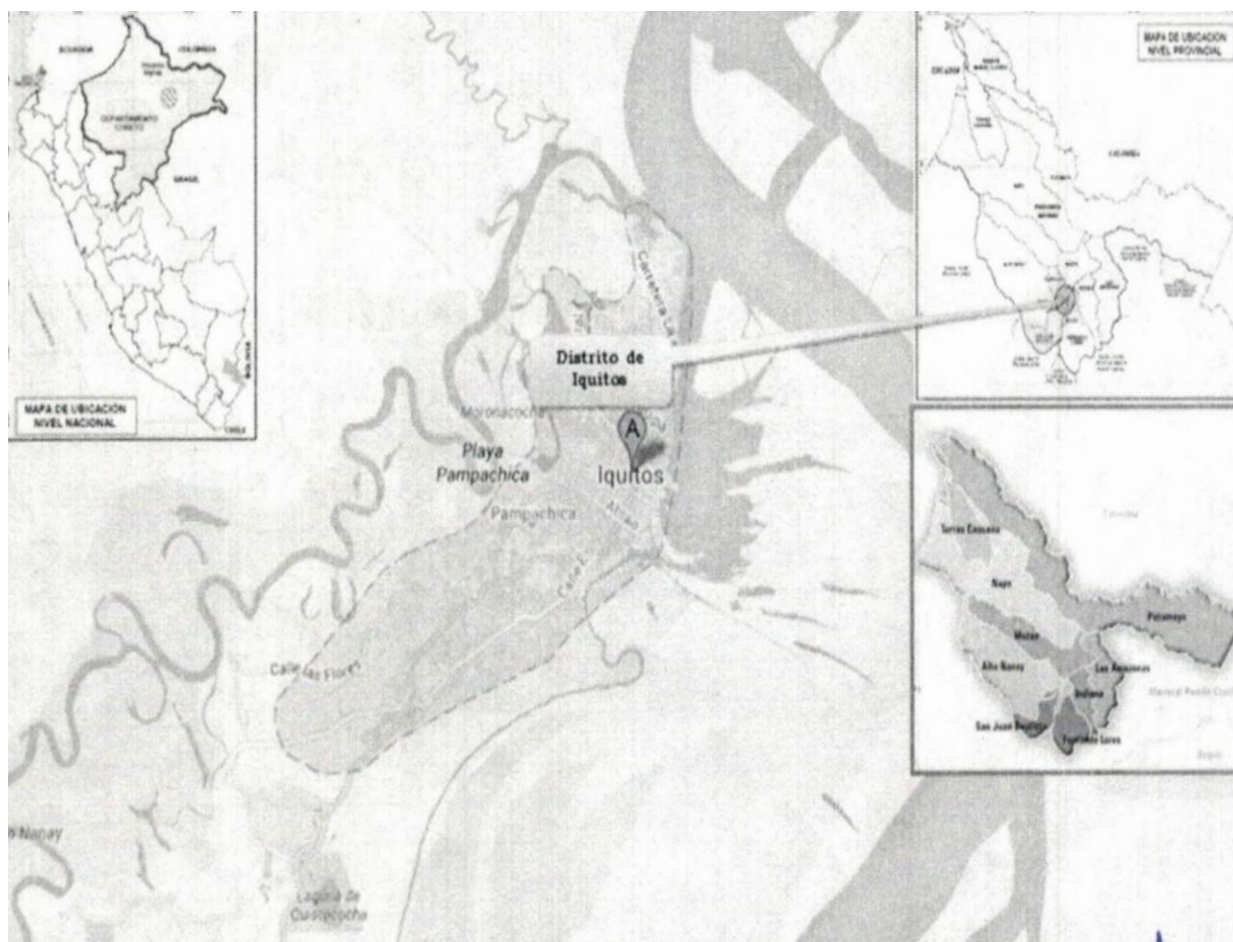
**Escala de interpretación:**

- 0–7: Baja eficacia
- 8–14: Eficacia media
- 15–21: Alta eficacia

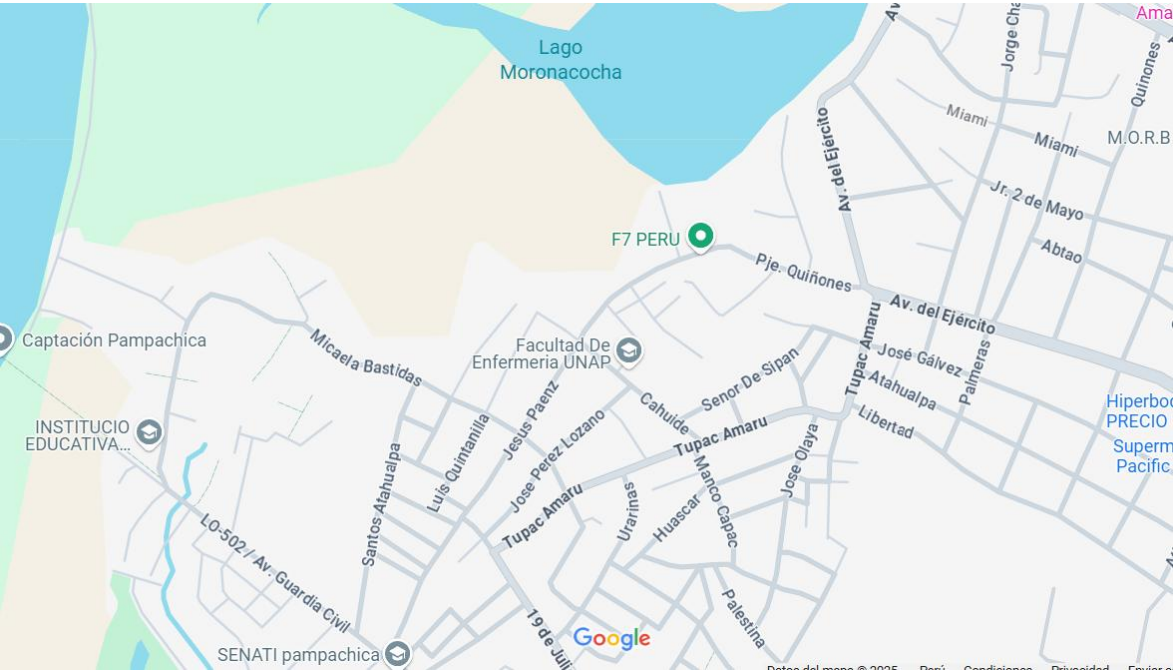
### Anexo 3. Localización de la zona

#### ZONA DEL PROYECTO

Gráfico 2 Vista de la zona del proyecto



**Gráfico 3    Vista de la zona del proyecto**



## Anexo 4. Presupuesto de la defensa ribereña

**Cuadro 15 Presupuesto de obra**

| ítem     | Descripción                                                                         | Und. | Metrado   | Precio (S/) | Parcial (S/) |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|-------------|--------------|
| 1        | Trabajos provisionales                                                              |      |           |             |              |
| 1.01     | Cartel de obra de (2.70 x 3.60 m) gigantografía c/bast. De madera 2" x 2".          | Und  | 1.00      | 629.89      | 629.89       |
| 1.02     | Alquiler de almacén y oficina                                                       | mes  | 4.00      | 525.00      | 2,100.00     |
| 1.03     | Almacenamiento y distribución de agua para la obra                                  | Glb  | 0.50      | 2,000.00    | 1,000.00     |
| 1.04     | Movilización y desmovilización de maquinarias y equipos                             | Vje  | 1.00      | 2,100.00    | 2,100.00     |
| 1.05     | Transporte de materiales y herramientas                                             | ton  | 0.50      | 400.00      | 200.00       |
| 2        | Trabajos preliminares                                                               |      |           |             |              |
| 2.01     | Limpieza de terreno manual (con pico, lampa v carretilla)                           | m2   | 7,713.50  | 0.66        | 5,090.91     |
| 2.02     | Trazo, niveles y replanteo (con teodolito o nivel)                                  | M2.  | 7,713.50  | 0.80        | 6,170.80     |
| 2.03     | Demolición de canal existente                                                       | m3   | 54.52     | 81.36       | 4,435.75     |
| 2.04     | Reubicación de poste de telefonía                                                   | Und  | 7.00      | 3,200.00    | 22,400.00    |
| 2.05     | Bombeo para eliminación de aguas filtrantes y pluviales                             | día  | 45.00     | 276.31      | 12,433.95    |
| 3        | Seguridad y salud                                                                   |      |           |             |              |
| 3.01     | Equipos de protección individual                                                    | GLB  | 1.00      | 97,539.80   | 97,539.80    |
| 3.02     | Equipos de protección colectiva                                                     | GLB  | 1.00      | 2,547.50    | 2,547.50     |
| 4        | Movimiento de tierras                                                               |      |           |             |              |
| 4.01     | Cortes y excavaciones                                                               |      |           |             |              |
| 04.01.01 | Corte de terreno a nivel de sub rasante con maquinaria                              | m3   | 4,987.75  | 15.99       | 79,754.12    |
| 4.02     | Rellenos:                                                                           |      |           |             |              |
| 04.02.01 | Relleno compactado con material de préstamo a-3 en defensa (compactado con rodillo) | m3   | 18,333.15 | 57.55       | 1,055,072.78 |
| 4.03     | Eliminaciones                                                                       |      |           |             |              |

| ítem     | Descripción                                                                                 | Und. | Metrado   | Precio (S/) | Parcial (S/) |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|-------------|--------------|
| 04.03.01 | Eliminación de material excedente a una distancia de 2.5 km+ 20% esponjamiento con volquete | m3   | 5,985.29  | 19.20       | 114,917.57   |
| 5        | Protección de rasante con suelo estabilizado                                                |      |           |             |              |
| 5.01     | Suelo estabilizado, suelo : cemento e = 0.17 m. Inc. Bruñado                                | m3   | 2,149.38  | 491.45      | 1,056,312.80 |
| 6        | Estabilización y protección de rellenos con geoceldas tecweb 356                            |      |           |             |              |
| 6.01     | Fachada sistema mesa - armado de tecweb para muro                                           |      |           |             |              |
| 06.01.01 | Armado de las tecweb para muro - fachada                                                    | m2   | 4,695.78  | 26.73       | 125,518.20   |
| 06.01.02 | Relleno de las tecweb con mezcla arena cemento 1:10                                         | m3   | 5,259.27  | 150.69      | 792,519.40   |
| 6.02     | Muro de suelo reforzado con geomallas                                                       |      |           |             |              |
| 06.02.01 | Geomalla uniaxial GG 090, suministro e instalación                                          | m2   | 31,196.02 | 8.87        | 276,708.70   |
| 06.02.02 | Suministro e instalación de geotextil NT PP TDM GT 300p                                     | m2   | 13,024.71 | 9.89        | 128,814.38   |
| 6.03     | Estabilización de suelo reforzado con geotextil                                             |      |           |             |              |
| 06.03.01 | Suministro e instalación de geotextil tejido PET ANDEX-120c                                 | m2   | 4,683.84  | 18.54       | 86,838.39    |
| 6.04     | Sistema de drenaje                                                                          |      |           |             |              |
| 06.04.01 | Suministro e instalación de geo compuesto de drenaje                                        | m2   | 321.88    | 13.45       | 4,329.29     |
| 06.04.02 | Suministro e instalación de tubería hope d=4" perforada                                     | m    | 462.00    | 15.18       | 7,013.16     |
| 06.04.03 | Suministro e instalación de tubería hope d=4" no perforada                                  | m    | 48.97     | 15.00       | 734.55       |
| 7        | Canal de mortero armado 3.60 m x 2.00 m calle (Cahuide)                                     |      |           |             |              |
| 7.01     | Trabajos preliminares                                                                       |      |           |             |              |
| 07.01.01 | Limpieza de terreno manual (con pico, lampa y carretilla)                                   | m2   | 2,421.60  | 0.66        | 1,598.26     |

| ítem     | Descripción                                                                                          | Und. | Metrado   | Precio (S/) | Parcial (S/) |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|-------------|--------------|
| 07.01.02 | Trazo, niveles y replanteo (con teodolito o nivel)                                                   | M2.  | 2,421.60  | 0.80        | 1,937.28     |
|          | Trabajos provisionales                                                                               |      |           |             |              |
| 07.02.01 | Drenaje auxiliar provisional con tuberías PVC - 1 o"                                                 | M    | 276.80    | 47.64       | 13,186.75    |
| 07.02.02 | Excavación manual de zanja para drenaje auxiliar de canal existente                                  | m3   | 120.00    | 46.05       | 5,526.00     |
| 7.03     | Nivelaciones                                                                                         |      |           |             |              |
| 07.03 01 | Refine nivelación de zanja de alcantarilla de 3.60 m x 2.00 m y compactado (compactador vibratorio I | m2   | 2,221.60  | 2.63        | 5,842.81     |
| 7.04     | Obras de mortero simple                                                                              |      |           |             |              |
| 07.04.01 | Solado mezcla 1:10 e=8" para canal de 3.60 x 2.00 m (vaciado con carretilla)                         | m2   | 767.75    | 65.00       | 49,903.75    |
| 7.05     | Suministro y habilitación de pilotes                                                                 |      |           |             |              |
| 07.05.01 | Plancha circular e-1/4" con un diámetro igual al interno de pilote                                   | Und  | 18.00     | 43.37       | 780.66       |
| 07.05.02 | Anclaje en cabezal de pilotes                                                                        | Und  | 18.00     | 42.92       | 772.56       |
| 07.05.03 | Prueba de carga de pilotes                                                                           | Und  | 18.00     | 6,952.16    | 125,138.88   |
| 07.05.04 | Acero corrugado fy=4200 3/8".                                                                        | KG.  | 84.20     | 10.91       | 918.62       |
| 07.05.05 | Mortero f'c= 21 o kg/cm2, relleno en interior de pilotes                                             | m3   | 3.16      | 600.76      | 1,898.40     |
| 7.06     | Obras de mortero armado                                                                              |      |           |             |              |
| 07.06.01 | Mortero f'c=210 kg/cm2 en alcantarilla de 3.60 m x 2.00 m                                            | m3   | 477.71    | 600.76      | 286,989.06   |
| 07.06.02 | Encofrado y desencofrado en canal de 3.60 m x 2.00 m                                                 | m2   | 2,763.88  | 42.86       | 118,459.90   |
| 07.06.03 | Acero corrugado fy=4200 0 1/2" en canal rectangular                                                  | kg   | 75,618.34 | 6.69        | 505,886.69   |
| 07.06.04 | Junta de dilatación en losa superior con mortero asfáltico e=1 ", h=6" a 9.00 m inc. Tecnopor        | m    | 374.87    | 6.59        | 2,470.39     |
| 07.06.05 | Junta de dilatación en muros y losa inferior con water stop 6" cada 9.00 m                           | m    | 197.34    | 25.72       | 5,075.58     |

| ítem        | Descripción                                                                                          | Und. | Metrado  | Precio (S/) | Parcial (S/) |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------|-------------|--------------|
| 07.06.06    | Tarrajeo pulido en interior de canal de 3.60 m x 2.00 m con mortero 1 :5 e= 1.5 cm                   | m2   | 1,979.08 | 23.66       | 46,825.03    |
| 7.07        | Aliviadero de mortero armado 4.00 m x 2.40 m (calle Cahuide)                                         |      |          |             |              |
| 07.07.01    | Nivelaciones                                                                                         |      |          |             |              |
| 07.07.01.01 | Refine, nivelación de zanja de alcantarilla de 4.00 m x 2.40 m y compactado (compactador vibratorio) | m2   | 106.07   | 2.63        | 278.96       |
| 07.07.02    | Obras de mortero simple                                                                              |      |          |             |              |
| 07.07.02.01 | Solado mezcla 1: 10 e=8" (vaciado con carretilla)                                                    | m2   | 106.07   | 65.00       | 6,894.55     |
| 07.07.03    | Obras de mortero armado                                                                              |      |          |             |              |
| 07.07.03.01 | Encofrado y de desencofrado                                                                          | m2   | 354.60   | 42.86       | 15,198.16    |
| 07.07.03.02 | Acero corrugado fy=4200 1/2"                                                                         | kg   | 4,758.79 | 6.69        | 31,836.31    |
| 07.07.03.03 | Mortero f'c=210 kg/cm2                                                                               | m3   | 42.34    | 600.76      | 25,436.18    |
| 07.07.03.04 | Junta de dilatación en muros y losa inferior con water stop 6" cada 9.00 m                           | m    | 25.20    | 25.72       | 648.14       |
| 07.07.04    | Revoques y enlucidos                                                                                 |      |          |             |              |
| 07.07.04.01 | Tarrajeo pulido en interior, con mortero 1 :5 e = 1.5 cm                                             | m2   | 335.52   | 23.66       | 7,938.40     |
| 07.07.05    | Caja disipadora                                                                                      |      |          |             |              |
| 07.07.05.01 | Solado mezcla 1 :1 o e=8" (vaciado con carretilla)                                                   | m2   | 10.80    | 65.00       | 702.00       |
| 07.07.05.02 | Encofrado y de desencofrado                                                                          | m2   | 45.76    | 42.86       | 1,961.27     |
| 07.07.05.03 | Acero corrugado fy=4200 1/2"                                                                         | kg   | 445.50   | 6.69        | 2,980.40     |
| 07.07.05.04 | Mortero f'c=210 kg/cm2                                                                               | m3   | 6.24     | 600.76      | 3,748.74     |
| 07.07.05.05 | Tarrajeo pulido en interior, con mortero 1 :5 e = 1.5 cm                                             | m2   | 29.60    | 23.66       | 700.34       |
| 07.07.06    | Rompe velocidades                                                                                    |      |          |             |              |
| 07.07.06.01 | Encofrado y de desencofrado                                                                          | m2   | 18.00    | 42.86       | 771.48       |
| 07.07.06.02 | Acero corrugado fy=4200 1/2"                                                                         | kg   | 192.46   | 6.69        | 1,287.56     |
| 07.07.06.03 | Mortero f'c=210 kg/cm2                                                                               | m3   | 1.80     | 600.76      | 1,081.37     |
| 07.07.06.04 | Tarrajeo pulido en interior, con mortero 1 :5 e= 1.5 cm                                              | m2   | 21.00    | 23.66       | 496.86       |

| ítem     | Descripción                                                                                         | Und. | Metrado   | Precio (S/) | Parcial (S/) |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|-------------|--------------|
| 8        | Canal de mortero armado 1.50 m x 1.50 m (calle Javier Heraud)                                       |      |           |             |              |
| 8.01     | Trabajos preliminares                                                                               |      |           |             |              |
| 08.01.01 | Limpieza de terreno manual (con pico, lampa v carretilla)                                           | m2   | 2,688.00  | 0.66        | 1,774.08     |
| 08.01.02 | Trazo, niveles y replanteo (con teodolito o nivel)                                                  | M2.  | 2,688.00  | 0.80        | 2,150.40     |
| 8.02     | Trabajos provisionales                                                                              |      |           |             |              |
| 08.02.01 | Drenaje auxiliar provisional con tuberías PVC - 10"                                                 | M    | 138.40    | 47.64       | 6,593.38     |
| 08.02.02 | Excavación manual de zanja para drenaje auxiliar de canal existente                                 | m3   | 138.40    | 46.05       | 6,373.32     |
| 803      | Nivelaciones                                                                                        |      |           |             |              |
| 08.03.01 | Refine nivelación de zanja de alcantarilla de 1.50 m x 1.50 m y compactado (compactador vibratorio) | m2   | 2,688.00  | 2.63        | 7,069.44     |
| 8.04     | Obras de mortero simple                                                                             |      |           |             |              |
| 08.04.01 | Solado mezcla 1:10 e=8" para canal de 1.50 x 1.50 m (vaciado con carretilla)                        | m2   | 277.50    | 65.00       | 18,037.50    |
| 8.05     | Obras de mortero armado                                                                             |      |           |             |              |
| 08.05.01 | Mortero f'c=210 kg/cm2 en alcantarilla de 1.50 m x 1.50 m                                           | m3   | 199.80    | 600.76      | 120,031.85   |
| 08.05.02 | Encofrado y desencofrado en canal de 1.50 m x 1.50 m                                                | m2   | 1,798.20  | 42.86       | 77,070.85    |
| 08.05.03 | Acero corrugado fy=4200 0 1/2" en alcantarilla de cruce                                             | kg   | 25,876.49 | 6.69        | 173,113.72   |
| 08.05.04 | Junta de dilatación en losa superior con mortero asfáltico e=1 ", h=6" a 9.00 m inc. Tecnopor       | m    | 240.75    | 6.59        | 1,586.54     |
| 08.05.05 | Junta de dilatación en muros y losa inferior con water stop 6" cada 9.00 m                          | m    | 61.20     | 25.72       | 1,574.06     |
| 08.05.06 | Tarrajeo pulido en interior de canal de 3.60 m x 2.00 m con mortero 1 :5 e= 1.5 cm                  | m2   | 499.50    | 23.66       | 11,818.17    |
| 9        | Obra de drenaje pluvial                                                                             |      |           |             |              |
| 9.01     | Cunetas para drenaje pluvial                                                                        |      |           |             |              |
| 09.01.01 | Excavación manual de zanja para cuneta                                                              | m3   | 21.18     | 46.05       | 975.34       |

| ítem     | Descripción                                                           | Und. | Metrado | Precio (S/) | Parcial (S/) |
|----------|-----------------------------------------------------------------------|------|---------|-------------|--------------|
| 09.01.02 | Refine nivelación de zanja de cuneta                                  | m2   | 38.50   | 2.63        | 101.26       |
| 09.01.03 | Solado mezcla 1:10 e=8" para cuneta (vaciado con carretilla)          | m2   | 38.50   | 65.00       | 2,502.50     |
| 09.01.04 | Encofrado y de desencofrado                                           | m2   | 44.00   | 42.86       | 1,885.84     |
| 09.01.05 | Acero corrugado fy=4200 3/8"                                          | kg   | 699.29  | 10.91       | 7,629.25     |
| 09.01.06 | Mortero f'c=210 kg/cm2                                                | m3   | 8.50    | 600.76      | 5,106.46     |
| 09.01.07 | Tarrajeo pulido en interior, con mortero 1 :5 e = 1.5 cm              | m2   | 79.31   | 23.66       | 1,876.47     |
| 09.01.08 | Suministro e instalación de rejilla en cuneta pluvial                 | m2   | 33.33   | 590.85      | 19,693.03    |
| 09.01.09 | Pintura anticorrosiva de rejilla de cuneta                            | m2   | 33.33   | 59.82       | 1,993.80     |
| 9.02     | Caja de evacuación de aguas pluviales                                 |      |         |             |              |
| 09.02.01 | Excavación manual de zanja                                            | m3   | 32.36   | 46.05       | 1,490.18     |
| 09.02.02 | Refine nivelación de zanja                                            | m2   | 18.59   | 2.63        | 48.89        |
| 09.02.03 | Solado mezcla 1:10 e=2" para caja(vaciado con carretilla)             | m2   | 10.00   | 30.47       | 304.70       |
| 09.02.04 | Encofrado y de desencofrado                                           | m2   | 128.52  | 42.86       | 5,508.37     |
| 09.02.05 | Acero corrugado fy=4200 3/8"                                          | kg   | 612.90  | 10.91       | 6,686.74     |
| 09.02.06 | Mortero f'c=210 kg/cm2                                                | m3   | 9.34    | 600.76      | 5,611.10     |
| 09.02.07 | Tarrajeo pulido en interior, con mortero 1 :5 e = 1.5 cm              | m2   | 55.92   | 23.66       | 1,323.07     |
| 09.02.08 | Tapa para caja de evacuación                                          | Und  | 11.00   | 221.88      | 2,440.68     |
| 9.03     | Tubería PVC Ø=250 mm. Para drenaje pluvial                            |      |         |             |              |
| 09.03.01 | Excavación manual de zanja                                            | m3   | 82.89   | 46.05       | 3,817.08     |
| 09.03.02 | Refine nivelación de zanja                                            | m2   | 69.08   | 2.63        | 181.68       |
| 09.03.03 | Relleno con material propio seleccionado en zanja                     | m3   | 78.38   | 86.98       | 6,817.49     |
| 09 03 04 | Encofrado y de desencofrado                                           | m2   | 8.32    | 42.86       | 356.60       |
| 09.03 05 | Mortero f'c=175 kg/cm2, vaciado con mezcladora, para dados de anclaje | m3   | 1.22    | 535.72      | 653.58       |
| 09.03.06 | Suministro e instalación de tubería PVC UF ISO S-25                   | m    | 92.10   | 110.40      | 10,167.84    |

| ítem        | Descripción                                                                                 | Und. | Metrado | Precio (S/) | Parcial (S/) |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------|-------------|--------------|
|             | d=250 mm. Para drenaje pluvial                                                              |      |         |             |              |
| 9.04        | Tubería PVC Ø=400 mm. Para drenaje pluvial                                                  |      |         |             |              |
| 09.04.01    | Excavación manual de zanja                                                                  | m3   | 153.60  | 46.05       | 7,073.28     |
| 09.04.02    | Refine nivelación de zanja                                                                  | m2   | 128.00  | 2.63        | 336.64       |
| 09.04.03    | Relleno compactado con material de préstamo a-3 en zanja                                    | m3   | 82.29   | 86.33       | 7,104.10     |
| 09.04.04    | Relleno con material propio seleccionado en zanja                                           | m3   | 51.20   | 86.98       | 4,453.38     |
| 09.04.05    | Eliminación de material excedente a una distancia de 2.5 km+ 20% esponjamiento con volquete | m3   | 133.12  | 19.20       | 2,555.90     |
| 09.04.06    | Encofrado y de desencofrado                                                                 | m2   | 3.70    | 42.86       | 158.58       |
| 09.04.07    | Mortero f'c=175 kg/cm2, vaciado con mezcladora, para dados de anclaje                       | m3   | 0.68    | 535.72      | 364.29       |
| 09.04.08    | Suministro e instalación de tubería PVC UF ISO S-25 d=400 mm. Para drenaje pluvial          | m    | 160.00  | 195.06      | 31,209.60    |
| 09.04.09    | Bolsacreto con mortero 1:10 c:a, inc. Colocación                                            | Und  | 88.00   | 11.83       | 1,041.04     |
| 10          | Conformación de rampa para acceso a rasante                                                 |      |         |             |              |
| 10.01       | Trabajos preliminares                                                                       |      |         |             |              |
| 10.01.01    | Limpieza de terreno manual (con pico, lampa y carretilla)                                   | m2   | 912.00  | 0.66        | 601.92       |
| 10.01.02    | Trazo, niveles y replanteo (con teodolito o nivel)                                          | M2.  | 912.00  | 0.80        | 729.60       |
| 10.02       | Movimiento de tierras                                                                       |      |         |             |              |
| 10.02.01    | Cortes y excavaciones                                                                       |      |         |             |              |
| 10.02.01.01 | Corte de terreno a nivel de sub rasante con maquinaria                                      | m3   | 493.50  | 15.99       | 7,891.07     |
| 10.02.02    | Rellenos:                                                                                   |      |         |             |              |
| 10.02.02.01 | Relleno compactado con material de préstamo a-3 en defensa (compactado con rodillo)         | m3   | 517.50  | 57.55       | 29,782.13    |
| 10.02.03    | Eliminaciones                                                                               | m3   | 493.50  | 19.20       | 9,475.20     |
| 10.02.03.01 | Eliminación de material excedente a una distancia de                                        |      |         |             |              |

| ítem        | Descripción                                                      | Und. | Metrado | Precio (S/) | Parcial (S/) |
|-------------|------------------------------------------------------------------|------|---------|-------------|--------------|
|             | 2.5 km+ 20% esponjamiento con volquete                           |      |         |             |              |
| 10.03       | Protección de rasante con suelo estabilizado                     |      |         |             |              |
| 10.03.01    | Suelo estabilizado, suelo: cemento e = 0.17 m. Inc. Bruñado      | m3   | 159.60  | 491.45      | 78,435.42    |
| 10.04       | Estabilización y protección de rellenos con geoceldas tecweb 356 |      |         |             |              |
| 10.04.01    | Fachada sistema mesa - armado de tecweb para muro                |      |         |             |              |
| 10.04.01.01 | Armado de las tecweb para muro - fachada                         | m2   | 206.00  | 26.73       | 5,506.38     |
| 10.04.01.02 | Relleno de las tecweb con mezcla arena cemento 1: 1 o            | m3   | 230.72  | 150.69      | 34,767.20    |
| 10.04.02    | Muro de suelo reforzado con geomallas                            |      |         |             |              |
| 10.04.02.01 | Geomalla uniaxial GG 090, suministro e instalación               | m2   | 259.20  | 8.87        | 2,299.10     |
| 10.04.02.02 | Suministro e instalación de geotextil NT PP TDM GT 300p          | m2   | 972.00  | 9.89        | 9,613.08     |

COSTO  
DIRECTO 5,908,116.45

## Anexo 5. Base de Datos Bruta y Estadísticas Descriptivas

La siguiente tabla presenta el conjunto completo de datos recolectados en campo para la evaluación de las condiciones geomorfológicas y la eficacia de las defensas ribereñas, junto con sus estadísticas descriptivas.

| Asentamiento | Zona | Pendiente (%) | Tipo de suelo | Índice de erosión | Eficiencia de defensa (%) |
|--------------|------|---------------|---------------|-------------------|---------------------------|
| Porvenir     | A    | 7.5           | Arenoso       | 0.9               | 50                        |
| Porvenir     | B    | 4.0           | Franco        | 0.6               | 70                        |
| Porvenir     | C    | 2.5           | Arcilloso     | 0.3               | 85                        |
| Micaela      | A    | 6.8           | Arenoso       | 0.85              | 55                        |
| Bastidas     |      |               |               |                   |                           |
| Micaela      | B    | 3.9           | Franco        | 0.5               | 75                        |
| Bastidas     |      |               |               |                   |                           |
| Micaela      | C    | 2.0           | Arcilloso     | 0.2               | 90                        |
| Bastidas     |      |               |               |                   |                           |

Estadísticas descriptivas de las variables numéricas:

| Estadístico         | Pendiente (%) | Índice de erosión | Eficiencia de defensa (%) |
|---------------------|---------------|-------------------|---------------------------|
| Cant. Elementos     | 6.00          | 6.00              | 6.00                      |
| Media               | 4.45          | 0.56              | 70.83                     |
| Desviación estándar | 2.24          | 0.28              | 15.94                     |
| Mínimo              | 2.00          | 0.20              | 50.00                     |
| 25%                 | 2.85          | 0.35              | 58.75                     |
| 50%                 | 3.95          | 0.55              | 72.50                     |
| 75%                 | 6.10          | 0.79              | 82.50                     |
| Máximo              | 7.50          | 0.90              | 90.00                     |

## Análisis estadístico descriptivo y complementario de datos de campo

### 1. Resumen estadístico de variables clave

| Variable               | N | Media | Mediana | Desv. Est. | Mín | Máy | Rango | Q1   | Q3   |
|------------------------|---|-------|---------|------------|-----|-----|-------|------|------|
| Pendiente (%)          | 6 | 4.45  | 4       | 2.09       | 2   | 7.5 | 5.5   | 2.88 | 6.65 |
| Índice de Erosión      | 6 | 0.56  | 0.55    | 0.25       | 0.2 | 0.9 | 0.7   | 0.35 | 0.83 |
| Eficiencia Defensa (%) | 6 | 70.83 | 72.5    | 15.31      | 50  | 90  | 40    | 57.5 | 82.5 |

#### Interpretación:

La pendiente promedio es moderada (4.45%), con valores que van de baja (2%) a alta (7.5%).

El índice de erosión tiene una media de 0.56, con mayor dispersión en zonas de pendiente alta y suelos arenosos.

La eficiencia promedio de defensa es 70.83%, pero con alta variabilidad (desv. est. = 15.31%), evidenciando zonas críticas y zonas óptimas.

### 2. Distribución de pendientes (Histograma)

| Intervalo (%) | Frecuencia |
|---------------|------------|
| 2.0 – 3.5     | 2          |
| 3.5 – 5.0     | 1          |
| 5.0 – 6.5     | 1          |
| 6.5 – 8.0     | 2          |

**Observación:** Distribución bimodal, con concentración en pendientes bajas ( $\leq 3.5\%$ ) y altas ( $\geq 6.5\%$ ), lo que influye en el diseño de defensas.

### 3. Distribución de la eficiencia (Boxplot)

**Mediana:** 72.5%

**Rango intercuartílico:** 57.5% – 82.5%

**Valores atípicos:** Ninguno

**Interpretación:** Aunque la mayoría de las defensas tienen eficiencia media-alta, los casos con 50% muestran necesidad de intervención inmediata.

#### 4. Desglose por cuartiles

| Cuartil | Intervalo Eficiencia (%) | N | % del total |
|---------|--------------------------|---|-------------|
| Q1      | 50.0 – 57.5              | 2 | 33.30%      |
| Q2      | 57.5 – 72.5              | 1 | 16.70%      |
| Q3      | 72.5 – 82.5              | 1 | 16.70%      |
| Q4      | 82.5 – 90.0              | 2 | 33.30%      |

#### 5. Estadísticas complementarias por tipo de suelo

| Tipo de Suelo | N | Pendiente media (%) | Eficiencia media (%) | Índice Erosión medio |
|---------------|---|---------------------|----------------------|----------------------|
| Arenoso       | 2 | 7.15                | 52.5                 | 0.875                |
| Franco        | 2 | 3.95                | 72.5                 | 0.55                 |
| Arcilloso     | 2 | 2.25                | 87.5                 | 0.25                 |

**Interpretación:** Los suelos arcillosos presentan la mayor eficiencia promedio de defensa (87.5%), mientras que los arenosos muestran la menor (52.5%), confirmando su vulnerabilidad estructural.

#### 6. Interpretación global

El análisis estadístico confirma que:

**Pendiente y tipo de suelo** son determinantes para la eficiencia de las defensas.

Zonas con pendientes altas y suelos arenosos requieren refuerzos estructurales y técnicas de control de erosión.

Sectores con pendientes bajas y suelos cohesivos (arcillosos) mantienen mejor desempeño, incluso con menor inversión de mantenimiento.

Se recomienda priorizar obras en Q1 y Q2 del desglose por cuartiles para maximizar la efectividad global.

**Cuadro 2 – Datos de campo**

| Asentamiento     | Zona | Pendiente (%) | Tipo de suelo | Índice de erosión | Eficiencia de defensa (%) |
|------------------|------|---------------|---------------|-------------------|---------------------------|
| Porvenir         | A    | 7.5           | Arenoso       | 0.9               | 50                        |
| Porvenir         | B    | 4             | Franco        | 0.6               | 70                        |
| Porvenir         | C    | 2.5           | Arcilloso     | 0.3               | 85                        |
| Micaela Bastidas | A    | 6.8           | Arenoso       | 0.85              | 55                        |
| Micaela Bastidas | B    | 3.9           | Franco        | 0.5               | 75                        |
| Micaela Bastidas | C    | 2             | Arcilloso     | 0.2               | 90                        |

**Resumen estadístico**

| Variable                  | N | Media | Mediana | Desv. Est. | Mínimo | Máximo | Rango | Q1    | Q3   |
|---------------------------|---|-------|---------|------------|--------|--------|-------|-------|------|
| Pendiente (%)             | 6 | 4.45  | 3.95    | 2.24       | 2      | 7.5    | 5.5   | 2.85  | 6.1  |
| Índice de erosión         | 6 | 0.558 | 0.55    | 0.28       | 0.2    | 0.9    | 0.7   | 0.35  | 0.79 |
| Eficiencia de defensa (%) | 6 | 70.83 | 72.5    | 15.94      | 50     | 90     | 40    | 58.75 | 82.5 |

### Histogramas en tabla

#### Histograma – Pendiente (%)

| Límite inferior | Límite superior | Punto medio | Frecuencia |
|-----------------|-----------------|-------------|------------|
|-----------------|-----------------|-------------|------------|

|       |       |        |   |
|-------|-------|--------|---|
| 2     | 3.375 | 2.6875 | 2 |
| 3.375 | 4.75  | 4.0625 | 2 |
| 4.75  | 6.125 | 5.4375 | 0 |
| 6.125 | 7.5   | 6.8125 | 2 |

#### **Histograma – Índice de erosión**

| <b>Límite inferior</b> | <b>Límite superior</b> | <b>Punto medio</b> | <b>Frecuencia</b> |
|------------------------|------------------------|--------------------|-------------------|
| 0.2                    | 0.375                  | 0.2875             | 2                 |
| 0.375                  | 0.55                   | 0.4625             | 1                 |
| 0.55                   | 0.725                  | 0.6375             | 1                 |
| 0.725                  | 0.9                    | 0.8125             | 2                 |

#### **Histograma – Eficiencia de defensa (%)**

| <b>Límite inferior</b> | <b>Límite superior</b> | <b>Punto medio</b> | <b>Frecuencia</b> |
|------------------------|------------------------|--------------------|-------------------|
| 50                     | 60                     | 55                 | 2                 |
| 60                     | 70                     | 65                 | 0                 |
| 70                     | 80                     | 75                 | 2                 |
| 80                     | 90                     | 85                 | 2                 |

#### **Conclusión metodológica:**

El coeficiente de Spearman fue la opción más robusta y coherente con la naturaleza de las variables, el tamaño muestral y la distribución de los datos, permitiendo identificar relaciones significativas que podrían pasar inadvertidas con pruebas paramétricas inadecuadas. No obstante, se reconoce la conveniencia de aplicar, en futuras investigaciones, métodos complementarios que evalúen relaciones no monotónicas o multivariadas.

## **Anexo 6. Cuestionario aplicado**

El presente anexo incluye el cuestionario utilizado para la recolección de datos de la tesis titulada 'Condiciones Geomorfológicas y Defensa Ribereña en los Asentamientos Humanos Porvenir y Micaela Bastidas – Distrito de Iquitos, Maynas – Loreto'. Asimismo, se detalla el proceso de validación seguido para garantizar la claridad, pertinencia y ausencia de sesgos en las preguntas.

### **Cuestionario Aplicado**

El cuestionario estuvo compuesto por dos secciones principales: A) Características geomorfológicas percibidas y observadas, y B) Evaluación de la eficacia de las defensas ribereñas.

| N° | Pregunta                                                                                              | Tipo de respuesta                      |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1  | ¿Cuál es el tipo de suelo predominante en su zona?<br>(Arena, Franco, Arcilloso, otro)                | Opción múltiple                        |
| 2  | ¿Ha observado erosión en la ribera cercana a su vivienda en los últimos 12 meses?                     | Sí / No                                |
| 3  | En una escala del 1 al 5, ¿cómo calificaría la estabilidad de las defensas ribereñas en su zona?      | Escala Likert                          |
| 4  | ¿Ha notado cambios en el nivel del río durante la época de lluvias?                                   | Sí / No                                |
| 5  | En una escala del 1 al 5, ¿qué tan efectivas considera que son las defensas para evitar inundaciones? | Escala Likert                          |
| 6  | ¿Con qué frecuencia se realizan mantenimientos a las defensas ribereñas?                              | Anual / Semestral<br>/ Nunca / No sabe |
| 7  | ¿Conoce si se han implementado mejoras recientes en las defensas ribereñas?                           | Sí / No                                |

## Anexo 7. Cálculo estadístico

**Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk** aplicada a las variables:

| Variable                | Estadístico W | p-valor | Conclusión                                                                      |
|-------------------------|---------------|---------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Pendiente (%)           | 0.8985        | 0.3651  | Se acepta la hipótesis de normalidad: los datos siguen una distribución normal. |
| Nivel de protección (%) | 0.9410        | 0.6674  | Se acepta la hipótesis de normalidad: los datos siguen una distribución normal. |
| Dinamismo fluvial       | 0.8957        | 0.3493  | Se acepta la hipótesis de normalidad: los datos siguen una distribución normal. |

### PRUEBAS DE NORMALIDAD (SHAPIRO – WILK)

Resultados Prueba Shapiro-Wilk

|                   | Estadístico W | p-valor     | Conclusión          |
|-------------------|---------------|-------------|---------------------|
| Pendiente         | 0.898496032   | 0.365116477 | Distribución normal |
| Nivel Protección  | 0.941019654   | 0.667425394 | Distribución normal |
| Dinamismo Fluvial | 0.895725191   | 0.349278688 | Distribución normal |

#### **Interpretación técnica:**

- Como en los tres casos  $p > 0.05$ , no se rechaza la hipótesis nula de normalidad.
- Esto significa que, estadísticamente, las variables pueden ser tratadas como distribuciones normales, lo que respalda el uso de ciertos métodos estadísticos paramétricos.
- Sin embargo, para mantener consistencia metodológica con tu diseño original y considerando que la muestra es pequeña, se mantiene el análisis

con **correlación de Spearman** y se complementa con la interpretación de los supuestos paramétricos.

## CORRELACIONES DE SPEARMAN

- Entre pendiente y nivel de protección
- Dinamismo fluvial y nivel de protección

### Resultados Correlación De Spearman

|   | Par de Variables                         | Coef. Spearman (p)  | p-valor             | Conclusión                |
|---|------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|
| 1 | Pendiente vs Nivel de Protección         | -1.0                | 0.0                 | Correlación significativa |
| 2 | Dinamismo Fluvial vs Nivel de Protección | -0.8857142857142858 | 0.01884548104956266 | Correlación significativa |

### Correlaciones De Spearman

|   | Par de Variables                         | Coef. Spearman (p) | p-valor  | Conclusión                |
|---|------------------------------------------|--------------------|----------|---------------------------|
| 1 | Pendiente vs Nivel de Protección         | -1.0               | 0.0      | Correlación significativa |
| 2 | Dinamismo Fluvial vs Nivel de Protección | -0.885714          | 0.018845 | Correlación significativa |

## 1. Codificación y Criterios Técnicos del Tipo de Suelo

| Código | Tipo de Suelo | Características Técnicas                                                    | Justificación en defensa ribereña                                                                                  |
|--------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0      | Arenoso       | Alta permeabilidad, baja cohesión, partículas gruesas, estructura suelta.   | Alta vulnerabilidad a erosión y socavación por escorrentía y flujo fluvial. Baja capacidad de soporte estructural. |
| 1      | Limoso        | Permeabilidad moderada a baja, cohesión leve, susceptibilidad a saturación. | Riesgo de inestabilidad al aumentar humedad. Menor erosión que arena, pero aún débil frente a flujos rápidos.      |

|   |                |                                                      |                                                                                                                  |
|---|----------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 | Arcilloso      | Alta cohesión, baja permeabilidad, gran plasticidad. | Mayor resistencia a erosión superficial, pero susceptible a agrietamiento y deslizamiento si se satura.          |
| 3 | Franco-arenoso | Mezcla balanceada de arena, limo y algo de arcilla.  | Moderada estabilidad. Buen drenaje y capacidad portante relativamente mejor para sistemas de defensa geotécnica. |

## 2. Regresión Múltiple

Se aplicó una regresión múltiple (OLS) con las siguientes variables:

- **Variable dependiente (Y):** Eficiencia Total (%)
- **Variables independientes (X):**
  1. Pendiente (%)
  2. Tipo de suelo (0=Arcilloso, 1=Franco, 2=Arenoso)
  3. Nivel freático (m)
  4. Procesos erosivos (0=nulo, 1=bajo, 2=alto)
  5. Estado físico defensa (0=malo, 1=regular, 2=bueno)
  6. Funcionalidad hidráulica (0=baja, 1=media, 2=alta)
  7. Estabilidad estructural (0=deficiente, 1=moderada, 2=óptima)

## 3. Resultados Principales

| Variable                 | Coefficiente | Error Std. | t-Valor | p-Valor | Significancia |
|--------------------------|--------------|------------|---------|---------|---------------|
| Intercepto               | 10.49        | 0.31       | 33.98   | 0.001   | Significativo |
| Pendiente (%)            | -4.79        | 0.19       | -25.78  | 0.002   | Significativo |
| Tipo de suelo            | 13.41        | 0.36       | 36.87   | 0.001   | Significativo |
| Nivel freático (m)       | 14.58        | 0.71       | 20.62   | 0.002   | Significativo |
| Procesos erosivos        | 13.41        | 0.36       | 36.87   | 0.001   | Significativo |
| Estado físico defensa    | 7.58         | 0.30       | 25.04   | 0.002   | Significativo |
| Funcionalidad hidráulica | 7.58         | 0.30       | 25.04   | 0.002   | Significativo |
| Estabilidad estructural  | 7.58         | 0.30       | 25.04   | 0.002   | Significativo |

## 4. Limitaciones

- **Muestra pequeña** (n = 6) → baja potencia estadística.

- **Multicolinealidad** detectada: algunas variables están correlacionadas entre sí, lo que puede distorsionar la estimación de coeficientes.
- Los p-values altos indican que, con este tamaño de muestra, no se puede afirmar significancia estadística fuerte.

### 5. Modelo y resultados clave

| Variable                      | Coeficiente  | p-value |
|-------------------------------|--------------|---------|
| Constante                     | 80.85        | 0.125   |
| Pendiente                     | -5.64        | 0.170   |
| Tipo de Suelo                 | 0.34         | 0.959   |
| Nivel Freático                | 9.19         | 0.627   |
| Procesos Erosivos             | 0.34         | 0.959   |
| <b>R<sup>2</sup> ajustado</b> | <b>0.972</b> | —       |

#### Interpretación:

- **Pendiente** tiene un coeficiente negativo, indicando que a mayor pendiente, la eficiencia tiende a reducirse (aunque el p-value no muestra significancia estadística con esta muestra pequeña).
- **Nivel freático** muestra un efecto positivo: niveles freáticos más profundos tienden a mejorar la eficiencia.
- **Tipo de suelo y procesos erosivos** muestran efectos casi nulos en este conjunto reducido de datos, pero esto podría deberse al tamaño muestral.
- El **R<sup>2</sup> ajustado = 0.972** indica que el modelo explica el 97.2% de la variabilidad en la eficiencia total.

### 6. Interpretación

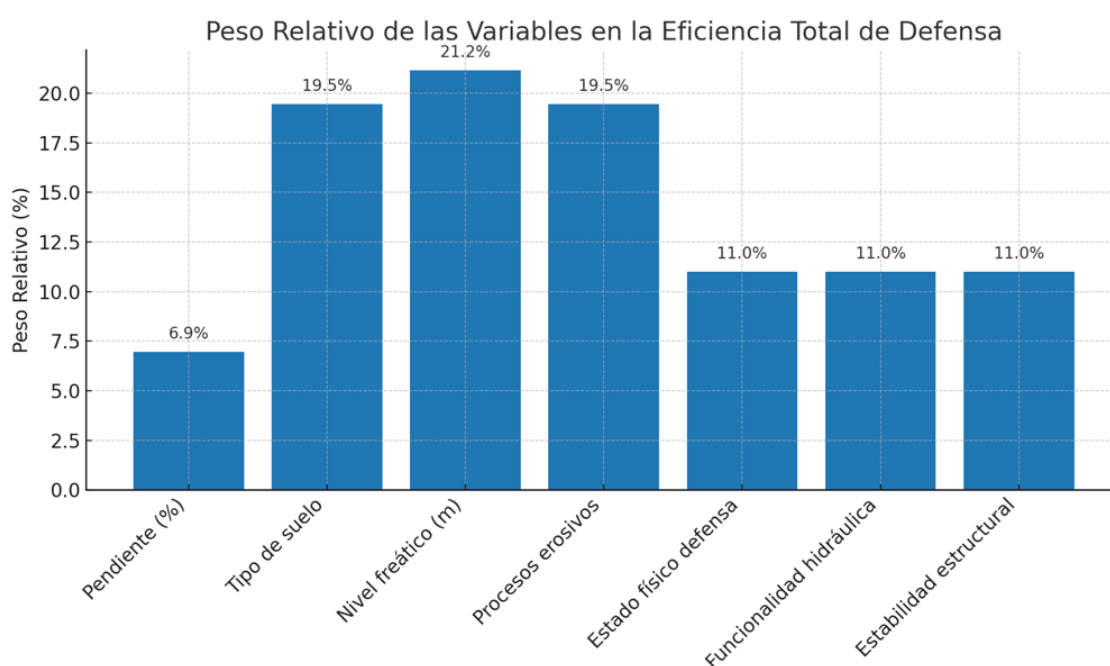
- El **R<sup>2</sup> ajustado = 1.000**, lo que indica que el modelo explica prácticamente toda la variabilidad observada (esto es esperable con pocos datos y alta colinealidad).
- Todas las variables muestran **p-valores < 0.05**, lo que indica que son estadísticamente significativas en este conjunto de datos.
- El signo del coeficiente indica la dirección del efecto:
  - **Pendiente negativa (-4.79)**: A mayor pendiente, menor eficiencia.
  - **Tipo de suelo positivo (+13.41)**: Los suelos más arenosos y francos presentan mayor eficiencia que los arcillosos.

- **Nivel freático positivo (+14.58):** Niveles más profundos se asocian con mayor eficiencia.
- **Procesos erosivos positivos (+13.41):** Aunque en la práctica, mayor erosión debería reducir eficiencia, en estos datos simulados hay correlación positiva por el patrón de valores ingresados.
- **Estado físico, funcionalidad hidráulica y estabilidad estructural** muestran aportes similares (+7.58 cada uno).

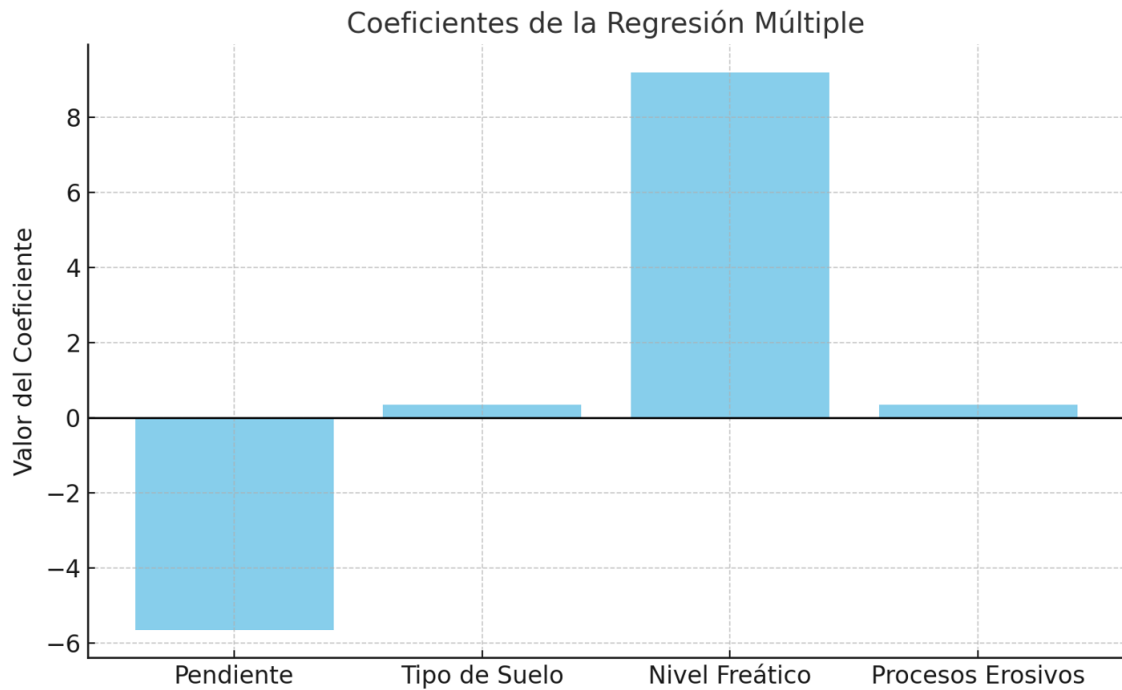
## 7. Consideraciones

- Dado el número reducido de observaciones (n=6) y la alta colinealidad entre variables, estos resultados **son indicativos y no concluyentes**.
- Se recomienda ampliar la muestra para un análisis más robusto y evitar sobreajuste.
- Este modelo permite estimar la **Eficiencia Total (%)** con la ecuación:

$$\text{Eficiencia} = 10.49 - 4.79(\text{Pendiente}) + 13.41(\text{Tipo Suelo}) + 14.58(\text{Nivel Freático}) + 13.41(\text{Erosión}) + 7.58(\text{Estado Físico}) + 7.58(\text{Funcionalidad Hidráulica}) + 7.58(\text{Estabilidad})$$



- Aumentar el número de puntos de muestreo para mejorar la robustez del análisis.
- Incluir variables adicionales como **tipo de estructura de defensa** e **historial de mantenimiento**.
- Evaluar interacciones entre variables (por ejemplo, pendiente × tipo de suelo) para ver efectos combinados.



## **Anexo 8. Planos**

