

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**“Evaluación del Flujo Hidráulico del Rio Santa para el dimensionamiento de
defensa ribereña en Vinzos, distrito de Chimbote – 2022”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO CIVIL**

Autores:

Bach. Ancajima Maza, Alex Armando

Bach. Narvaez Rodriguez, Orlando Jhonatan

Asesor:

Ms. Ing. Sparrow Álamo, Edgar Gustavo

DNI: 32904375

Código ORCID: 0000-0003-4469-0288

NUEVO CHIMBOTE-PERÚ

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

HOJA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

Yo, Edgar Gustavo Sparrow Álamo, por intermedio de la presente y en condición de asesor, doy conformidad a la tesis titulada: **“Evaluación del flujo hidráulico del Rio Santa para el dimensionamiento de Defensa Ribereña en Vinzos, Distrito de Chimbote - 2022”** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, habiéndose ejecutado según el reglamento general para obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

Ms. SPARROW ALAMO, Edgar Gustavo
Asesor

DNI: 32904375

Código ORCID: 0000-0003-4469-0288

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**“Evaluación del flujo hidráulico del Río Santa para el dimensionamiento de
defensa ribereña en Vinzos, distrito de Chimbote - 2022”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

REVISADO Y APROBADA POR LOS SIGUIENTES JURADOS:

Ms. Saavedra Vera, Janet Verónica
Presidente

DNI: 32964440

CÓDIGO ORCID: 0000-0002-4195-982X

Dr. Lopez Carranza, Atilio Rubén
Secretario

DNI: 32965940

CÓDIGO ORCID: 0000-0002-3631-2001

Ms. Sparrow Alamo, Edgar Gustavo
Integrante

DNI: 32904375

CÓDIGO ORCID: 0000-0003-4469-0288

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2024



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
- EPIC -

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 05 días del mes de diciembre del año dos mil veinticuatro, siendo las 16: 00 horas, en el Laboratorio de Topografía del edificio de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 657-2024-UNS-CFI, con fecha 14.10.2024, integrado por los siguientes docentes: Ms. Janet Verónica Saavedra Vera (Presidente), Dr. Atilio Rubén López Carranza (Secretario), Ms. Edgar Gustavo Sparrow Alamo (Integrante), Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González (Accesitario) en base a la Resolución Decanal N° 793-2024-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "EVALUACIÓN DEL FLUJO HIDRÁULICO DEL RÍO SANTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE DEFENSA RIBEREÑA EN VINZOS, DISTRITO DE CHIMBOTE - 2022", presentado por los Bachilleres: NARVÁEZ RODRIGUEZ ORLANDO JHONATAN con cód. N° 0201513027 y ANCAJIMA MAZA ALEX ARMANDO con cód. N° 0201513021, quienes fueron asesorados por el docente Ms. Edgar Gustavo Sparrow Alamo según lo establece la T. Resolución Decanal N° 123 -2022-UNS-FI, de fecha 02.03.2022.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
ANCAJIMA MAZA ALEX ARMANDO	17	BUENO

Siendo las 17.00 horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 05 de diciembre de 2024.

Ms. Janet Verónica Saavedra Vera
Presidente

Dr. Atilio Rubén López Carranza
Secretario

Ms. Edgar Gustavo Sparrow Alamo
Integrante



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

- EPIC -

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 05 días del mes de diciembre del año dos mil veinticuatro, siendo las 16: 00 horas, en el Laboratorio de Topografía del edificio de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 657-2024-UNS-CFI, con fecha 14.10.2024, integrado por los siguientes docentes: Ms. Janet Verónica Saavedra Vera (Presidente), Dr. Atilio Rubén López Carranza (Secretario), Ms. Edgar Gustavo Sparrow Alamo (Integrante), Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González (Accesitario) en base a la Resolución Decanal N° 793-2024-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "EVALUACIÓN DEL FLUJO HIDRÁULICO DEL RÍO SANTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE DEFENSA RIBEREÑA EN VINZOS, DISTRITO DE CHIMBOTE - 2022", presentado por los Bachilleres: NARVÁEZ RODRIGUEZ ORLANDO JHONATAN con cód. N° 0201513027 y ANCAJIMA MAZA ALEX ARMANDO con cód. N° 0201513021, quienes fueron asesorados por el docente Ms. Edgar Gustavo Sparrow Alamo según lo establece la T. Resolución Decanal N° 123 -2022-UNS-FI, de fecha 02.03.2022.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
NARVÁEZ RODRIGUEZ ORLANDO JHONATAN	17	BUENO

Siendo las 17.00 horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 05 de diciembre de 2024.

Ms. Janet Verónica Saavedra Vera
Presidente

Dr. Atilio Rubén López Carranza
Secretario

Ms. Edgar Gustavo Sparrow Alamo
Integrante



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: ALEX ANCAJIMA MAZA
Título del ejercicio: DIMENSIONAMIENTO DE DEFENSA RIBEREÑA
Título de la entrega: TESIS 01
Nombre del archivo: TESIS_Ancajima_y_Narvaez.pdf
Tamaño del archivo: 4.38M
Total páginas: 106
Total de palabras: 23,325
Total de caracteres: 105,907
Fecha de entrega: 19-nov.-2024 05:34p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega... 2489789295

I. INTRODUCCIÓN

I.1. Descripción y Formulación Del Problema

I.1.1. Descripción

Hoy en día, es fundamental evaluar el flujo hidráulico de un río para una adecuada gestión de los recursos hídricos. Esto requiere tener en cuenta las características físicas y ambientales del río y su entorno. La falta de conocimiento o de una intervención adecuada en este aspecto puede llevar a inundaciones frecuentes, ya que las obras de protección, aunque necesarias, no siempre resuelven el problema de manera integral. (Gómez y Bartra, 2019).

De acuerdo a Elliot (2010) señala que los límites máximos y mínimos del flujo en los ríos, se remarcen por el retro apresurado de las precipitaciones, el incremento de cargas de sedimentos y el decrecimiento de la capacidad de poder retener el agua en las cuencas, por ende, se generan, por una parte, inundaciones catastróficas, y por otra, una evolución del paisaje.

De acuerdo con las Naciones Unidas, las inundaciones representan la amenaza que afecta a un mayor número de personas en todo el mundo en comparación con cualquier otra catástrofe. Estas inundaciones pueden manifestarse de varias maneras, como crecidas repentinas de ríos, inundaciones en zonas costeras, acumulación de aguas en superficies debido a lluvias intensas, y anegamientos que ocurren cuando el suelo no puede absorber el exceso de agua.

A pesar de que el peligro a inundaciones debería ser manejado con enfoques preventivos, como la planificación adecuada de utilización de suelo, sin embargo, el constante progreso de la industria, comercio y residencial que tienen lugar en las planicies aluviales, conjunto con la alteración del clima, ha hecho que las inundaciones se conviertan en un riesgo extremadamente variable. Las acciones correctivas, como la construcción de barreras frente a inundaciones, proporcionan protección limitada. Japón y los Países Bajos han invertido significativamente en

TESIS 01

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	7%
2	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.ujcm.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
8	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%

DEDICATORIA

A mi padre Jorge, quien siempre deseó lo mejor para mi vida e hizo el esfuerzo para brindarme educación de calidad, y por demostrarme su apoyo incondicional a lo largo de mi etapa universitaria; y a mi madre, María, por brindarme su amor incondicional y respaldo constante en cada decisión y objetivo que me he propuesto.

A mis hermanos, Marlon y Teresa, por demostrarme su apoyo en todo momento y aconsejarme en las situaciones difíciles de mi vida.

A mi tío Juan, por el tiempo y la dedicación que tuvo en durante los momentos complicados, así como los consejos valiosos que me brinda para mejorar como persona y profesional, y a mi tía Hermelinda, quien me brinda su cariño y afecto siempre.

Alex Armando Ancajima Maza

DEDICATORIA

A mis Padres Orlando y Rosmery, por su amor incondicional, por su apoyo en mi día a día, así como en mi carrera profesional, me aconsejaron para tomar las mejores decisiones en mi vida.

A mi hermanita Beatriz, por demostrarme su apoyo en todo momento y aconsejarme en las situaciones difíciles de mi vida.

A mi Mamita Antonia, siempre estuvo conmigo apoyándome en cada momento difícil de mi vida

A mi Papito David, aunque ya no pueda celebrarlo contigo, este logro va dedicado para ti. Siempre me demostraste lo orgulloso que te sentías de mi, Mil gracias papito Un abrazo al cielo.

Orlando Jhonatan Narváez Rodríguez

AGRADECIMIENTO

Primero, queremos agradecer a Dios por darnos salud y hacernos llegar a este momento crucial para nosotros. También le agradecemos por ofrecernos la sabiduría necesaria para no rendirnos en las dificultades que enfrentamos en la vida.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, quienes nos han impartido sus conocimientos a lo largo de nuestra formación universitaria y han contribuido a nuestra formación como profesionales.

A nuestro asesor, Ms. Edgar Gustavo Sparrow Álamo, quien nos ofreció su orientación y apoyo de manera desinteresada durante la elaboración de este informe de tesis.

Ancajima y Narvaez

Índice General

I. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. Descripción y Formulación Del Problema.....	2
1.1.1. Descripción	2
1.1.2. Formulación Del Problema	4
1.1.2.1. Problema General.....	4
1.1.2.2. Problemas Específicos	4
1.2. Objetivos	4
1.2.1. Objetivo General.....	4
1.2.2. Objetivos Específicos.....	5
1.3. Hipótesis de la Investigación	5
1.4. Justificación e Importancia	5
1.4.1. Justificación	5
1.4.2. Importancia	6
II. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Antecedentes	8
2.1.1. Internacionales	8
2.1.2. Nacionales.....	9
2.1.3. Locales	11
2.2. Marco Conceptual.....	12
2.2.1. Características Físicas del Río	12
2.2.1.1. Pendiente	12
2.2.1.2. Perfil Longitudinal.	13

2.2.2. Características Hidrológicas del Río.....	13
2.2.2.1. Caudales Máximos.....	13
2.2.3. Características Hidráulicas del Río.....	13
2.2.3.1. Caudales Máximos de Diseño.....	13
2.2.3.2. Flujo Hidráulico.....	22
2.2.3.3. Periodos de Retorno.....	24
2.2.4. Características del Suelo.....	26
2.2.4.1. Granulometría.....	26
2.2.4.2. Límite de Consistencia.....	26
2.2.4.3. Contenido de Humedad.....	26
2.2.4.4. Capacidad Portante del Suelo.....	26
2.2.5. Defensas Ribereñas.....	27
2.2.5.1. Encauzamiento.....	27
2.2.5.2. Tirante Crítico.....	31
2.2.5.6. Socavación.....	33
2.2.5.7. Diques Enrocados.....	37
III. METODOLOGÍA.....	51
3.1. Enfoque de Investigación.....	51
3.2. Alcance de Investigación.....	51
3.3. Diseño de Investigación.....	51
3.4. Población.....	51
3.5. Muestra.....	51
3.6. Operacionalización de Variables.....	51

3.6.1. Variables Independientes	51
3.6.2. Variables Dependientes	51
3.7. Técnicas de Instrumentos de Recolección de Datos	54
3.7.1. Características Físicas.....	54
3.7.2. Características Hidrológicas	54
3.7.3. Características Hidráulicas.....	55
3.7.4. Características del Suelo	58
3.7.5. Dimensionamiento de la Defensa Ribereña	62
3.8. Técnicas de Análisis de Resultados	63
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	68
4.1. Resultados	68
4.1.1. Características Físicas	68
4.1.1.1. Topografía	68
4.1.1.2. Suelo.....	69
4.1.2. Características Hidrológicas	70
4.1.2.1. Datos de la Estación Hidrométrica.....	70
4.1.3. Características Hidráulicas.....	75
4.1.3.1. Cálculo de Caudales de Diseño.....	75
4.1.3.2. Selección del Periodo de Retorno	83
4.1.3.3. Modelamiento en HEC-RAS 6.5	84
4.1.4. Dimensionamiento de la Defensa Ribereña.....	90
4.1.4.1. Sección Estable	90
4.1.4.2. Tirante Critico y Velocidad Media del Flujo	92

4.1.4.3. Profundidad de Socavación.....	93
4.1.4.4. Sección del Dique	94
4.1.4.5. Diámetro de la Roca.....	95
4.1.4.6. Análisis de Estabilidad de la Defensa Ribereña.....	97
4.1.4.7. Evaluación para Determinar la Utilización de Filtro	101
4.2. Discusión.....	103
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	106
5.1. Conclusiones	106
5.2. Recomendaciones	107
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109

Índice de Tablas

Tabla 1. Parámetros de $N\alpha\sigma_m$ en función de \emptyset	17
Tabla 2. Parámetros de Y_n y σ_n para distintas porciones de muestras	18
Tabla 3. Parámetros del Factor “K”	21
Tabla 4. Valores de Periodo de Retorno expresados en Años	25
Tabla 5. Límites Recomendados para el Riesgo Admisible en Obras de Drenaje	25
Tabla 6. Ancho Estable por Sugerencia Práctica	28
Tabla 7. Requisitos de Fondo de Río K1	29
Tabla 8. Variable de Orilla F_s	29
Tabla 9. Variable de Fondo F_b	30
Tabla 10. Valores del Coeficiente De Manning (n).....	30
Tabla 11. Valores del Factor de Material del Río (K)	31
Tabla 12. Valores del Factor del Tipo de Río (m)	31
Tabla 13. Valores del Coeficiente de Rugosidad (K_s).....	32
Tabla 14. Valores del Factor de Contracción (μ).....	36
Tabla 15. Valores del Coeficiente de Retorno (β)	36
Tabla 16. Valores del Exponente que Depende del Diámetro del Agregado (x).....	37
Tabla 17. Factor de Seguridad (FS)	40
Tabla 18. Valores del coeficiente Φ	41
Tabla 19. Ancho de corona según la descarga de diseño.....	41
Tabla 20. Especificación para geotextil	49
Tabla 21. Matriz de Consistencia.....	52
Tabla 22. Operacionalización de Variables	53

Tabla 23. Caudales Instantáneos Registrados por la Estación Condorcerro Entre los Años 1977-2023.....	71
Tabla 24. Caudales Máximos Registrados por la Estación Condorcerro Entre los Años 1977-2023	74
Tabla 25. Desviación Estándar Muestral para los Datos Entre los Años 1977-2023	75
Tabla 26. Caudales Máximos por el Método Gumbel	75
Tabla 27. Intervalo de Confianza.....	76
Tabla 28. Caudales de Diseño para Diferentes Periodos de Retorno por el Método Gumbel.....	76
Tabla 29. Logaritmo de los Caudales para el Cálculo del Caudal Medio Máximo	78
Tabla 30. Logaritmo de los Caudales para el Cálculo del Caudal Medio Máximo	80
Tabla 31. Desviación Estándar y Coeficiente de Asimetría	81
Tabla 32. Interpolación para Valores de K Según el Coeficiente de Asimetría	81
Tabla 33. Caudales de Diseño para Diferentes Periodos de Retorno por el Método Log-Pearson Tipo III.....	82
Tabla 34. Resumen de Caudales de Diseño	83
Tabla 35. Ancho Estable por el Método Práctico	90
Tabla 36. Ancho Estable por el Método de Petits.....	90
Tabla 37. Ancho Estable por el Método de Blench	91
Tabla 38. Ancho Estable por el Método de Altunin-Maning.....	91
Tabla 39. Resumen de valores del Ancho Estable por Diferentes Métodos.....	91
Tabla 40. Tirante Crítico por el Método de Manning-Strickler.....	92
Tabla 41. Radio Hidráulico.....	92
Tabla 42. Velocidad Media.....	93

Tabla 43. Profundidad de Socavación para Suelos No Cohesivos	93
Tabla 44. Altura del Muro	94
Tabla 45. Ancho de Uña	94
Tabla 46. Ancho de Uña	94
Tabla 47. Método de Maynard.....	95
Tabla 48. Método del U.S. Department of Transportation	96
Tabla 49. Tamaño Mínimo de la Roca.....	97
Tabla 50. Por Deslizamiento.....	97
Tabla 51. Momentos Actuantes para fuerzas estabilizadoras	99
Tabla 52. Momentos Actuantes para fuerzas desestabilizadoras.....	99
Tabla 53. Por Fuerzas Cortantes	101

Índice de Figuras

Figura 1. Diques enrocados.....	38
Figura 2. Diagrama para esfuerzo de corte considerando el K2 y D50	45
Figura 3. Relación de esfuerzos cortantes en canales curvos	46
Figura 4. Formato de Topografía	54
Figura 5. Caudales máximos de la estación hidrométrica Condorcero	55
Figura 6. Formato Caudal de Diseño por el Método de Gumbel.....	56
Figura 7. Formato Cálculo de Caudal de Diseño por el Método de Log Pearson Tipo III.....	57
Figura 8. Formato de Ensayo de Granulometría.....	58
Figura 9. Formato de Ensayo de Límite de Consistencia	59
Figura 10. Formato de Ensayo Contenido de Humedad	60
Figura 11. Formato de Ensayo DPL/SPT	61
Figura 12. Formato de Datos Hidráulicos.....	62
Figura 13. Formato de Dimensionamiento de Dique.....	62
Figura 14. Ubicación del sector en evaluación	68
Figura 15. Curvas de nivel del área de investigación	69
Figura 16. Caudales de Diseño por el Método Gumbel.....	77
Figura 17. Caudales de Diseño por el Método Log-Pearson Tipo III.....	82
Figura 18. Resumen de Caudales de Diseño.....	83
Figura 19. Trazado del tramo de estudio en Hec-Ras.....	85
Figura 20. Simulación de inundación para el periodo de retorno de 5 años	86
Figura 21. Simulación de inundación para el periodo de retorno de 10 años	86
Figura 22. Simulación de inundación para el periodo de retorno de 25 años	87

Figura 23. Simulación de inundación para el periodo de retorno de 50 años	87
Figura 24. Simulación de inundación para el periodo de retorno de 75 años.....	88
Figura 25. Simulación de inundación para el periodo de retorno de 100 años.....	88
Figura 26. Simulación de inundación para el periodo de retorno de 150 años.....	89
Figura 27. Sección Típica del Dique.....	95
Figura 28. Fuerzas Actuantes sobre el Dique a la Profundidad de Desplante $D_f=3.0m$	98
Figura 29. Dimensionamiento de la estructura de dique con roca colocada $D=1m$	102

Índice de Anexos

Anexo N 01. Solicitud de Datos Hidrológicos.....	114
Anexo N 02. Panel fotográfico.....	116
Anexo N 03. Ensayos de Laboratorio.....	123
Anexo N 04. Planos.....	143

RESUMEN

El principal objetivo de esta investigación fue evaluar el flujo hidráulico del Río Santa para el dimensionamiento de defensa ribereña en Vinzos, por lo que se desarrolló una investigación descriptiva ya que se detalló el comportamiento del flujo hidráulico y las afectaciones causadas por los desbordes en este sector, también es del tipo aplicativa por la obtención de información y los estudios realizados a la zona y el procesamiento de sus datos. Dentro de los estudios efectuados tenemos la topografía, ensayos del terreno, hidrológicos e hidráulicos. Se estableció una pendiente de 0.6%, el tipo de suelo según la clasificación SUCS fue SM (arena limosa) y la carga admisible del terreno es de 0.91kg/cm². Se utilizaron los registros de los caudales máximos diarios en la estación Condorcerro desde 1977 hasta 2023 y se determinó el caudal de diseño con el enfoque de Gumbel y Log Pearson III, siendo la distribución de Gumbel más conservadora con un caudal de 1028.175 m³/seg para un tiempo de retorno analizado de 150 años. de acuerdo al perfil longitudinal y luego con un modelamiento observamos el nivel de riesgo de inundabilidad en un tramo de 1km de río para máximas avenidas en los tiempos de retorno de 5, 10, 25, 50, 75, 100 y 150 años usando el programa Hec-Ras. Mediante cálculos matemáticos se consiguió identificar el ancho estable del río de 130m, tirante crítico de 2.17m, velocidad media de 3.67m/seg y profundidad de socavación de 3m para un tipo de flujo subcrítico.

Como resultados se obtuvo el dimensionamiento de la defensa ribereña, teniendo una altura de muro de 3.50m, ancho de corona de 4.00m, profundidad de uña de 3.00m, ancho de uña de 4.50, así mismo se consideró un diámetro de roca de 1.00m y un filtro de grava de espesor 0.20m. Finalmente se analizó la estabilidad de la estructura por deslizamiento, por asentamiento, y por fuerzas cortantes, teniendo rendimientos aceptables.

Palabras Clave: Flujo hidráulico, Río Santa, Defensa Ribereña.

ABSTRACT

The main objective of this research was to evaluate the hydraulic flow of the Santa River for the sizing of riverbank defense in Vinzos, so descriptive research was developed since the behavior of the hydraulic flow and the effects caused by the overflows in this sector were detailed, it is also of the applicative type due to the obtaining of information and the studies carried out in the area and the processing of its data. Among the studies carried out we have the topography, soil tests, hydrological and hydraulic. A slope of 0.6% was established, the type of soil according to the SUCS classification was SM (silty sand) and the admissible load of the soil is 0.91 kg / cm². The records of the maximum daily flows at the Condorcero station from 1977 to 2023 were used and the design flow was determined using the Gumbel and Log Pearson III approach, with the Gumbel distribution being more conservative with a flow of 1028.175 m³/sec for an analyzed return time of 150 years. According to the longitudinal profile and then with a model, we observed the level of flood risk in a 1km stretch of river for maximum floods at return times of 5, 10, 25, 50, 75, 100 and 150 years using the Hec-Ras program. Through mathematical calculations, it was possible to identify the stable width of the river of 130m, critical depth of 2.17m, average speed of 3.67m/sec and scour depth of 3m for a subcritical flow type.

The results were the dimensions of the riverbank defense, with a wall height of 3.50 m, crown width of 4.00 m, lip depth of 3.00 m, lip width of 4.50 m, and a rock diameter of 1.00 m and a gravel filter with a thickness of 0.20 m. Finally, the stability of the structure was analyzed by sliding, by settlement, and by shear forces, having acceptable performances.

Keywords: Hydraulic flow, Santa River, Riparian Defense.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción y Formulación Del Problema

1.1.1. Descripción

Hoy en día, es fundamental evaluar el flujo hidráulico de un río para una adecuada gestión de los recursos hídricos. Esto requiere tener en cuenta las características físicas y ambientales del río y su entorno. La falta de conocimiento o de una intervención adecuada en este aspecto puede llevar a inundaciones frecuentes, ya que las obras de protección, aunque necesarias, no siempre resuelven el problema de manera integral. (Gómez y Bartra, 2019).

De acuerdo a Elliot (2010) señala que los límites máximos y mínimos del flujo en los ríos, se remarcan por el retiro apresurado de las precipitaciones, el incremento de cargas de sedimentos y el decrecimiento de la capacidad de poder retener el agua en las cuencas, por ende, se generan, por una parte, inundaciones catastróficas, y por otra, una evolución del paisaje.

De acuerdo con las Naciones Unidas, las inundaciones representan la amenaza que afecta a un mayor número de personas en todo el mundo en comparación con cualquier otra catástrofe. Estas inundaciones pueden manifestarse de varias maneras, como crecidas repentinas de ríos, inundaciones en zonas costeras, acumulación de aguas en superficies debido a lluvias intensas, y anegamientos que ocurren cuando el suelo no puede absorber el exceso de agua.

A pesar de que el peligro a inundaciones debería ser manejado con enfoques preventivos, como la planificación adecuada de utilización de suelo, sin embargo, el constante progreso de la industria, comercio y residencial que tienen lugar en las planicies aluviales, conjunto con la alteración del clima, ha hecho que las inundaciones se conviertan en un riesgo extremadamente variable. Las acciones correctivas, como la construcción de barreras frente a inundaciones, proporcionan protección limitada. Japón y los Países Bajos han invertido significativamente en

estas soluciones. No obstante, estas defensas pueden fomentar un desarrollo extra en llanuras aluviales, lo que puede tener graves consecuencias en caso de inundaciones intensas que superen la protección. Por otro lado, en países de bajos ingresos, el riesgo de inundación suele ser mayor debido a la falta de inversión en sistemas de protección.

En el Perú, durante períodos de lluvias intensas, se producen inundaciones en áreas que carecen de defensas ribereñas adecuadas.

Como describe ISET-International, en el 2017, el Departamento de Piura experimentó inundaciones periódicas durante las intensas lluvias de febrero y marzo. Sin embargo, las inundaciones más severas ocurrieron el 26 y 27 de marzo, cuando las lluvias intensas se combinaron con el incremento significativo en el caudal del río. El río Piura superó la altura de los diques de la ciudad y se desbordó por las aberturas en las paredes de cemento, intensificando la inundación en la Plaza de Armas. El sistema de drenaje en la ciudad, que se había construido tras el fenómeno de El Niño 1982-1983 y mejorado después del de 1997-1998, falló. En el sur de la ciudad, la ruptura de los diques provocó inundaciones severas en Catacaos y Curamori, donde el agua profunda y rápida causó la muerte de cuatro personas.

Las inundaciones provocadas por El Niño Costero en 2017 en Perú resultaron extremadamente destructivas, especialmente en la región norte del país. Estas inundaciones duraron casi tres meses, impactando a cerca de 1.5 millones de personas y causando el fallecimiento de 162 personas, así mismo se dañaron cantidades enormes de viviendas.

En Ancash, en el Centro Poblado Vinzos, no dispone de una infraestructura de protección suficiente para prevenir el desbordamiento del río Santa durante las lluvias intensas, un claro ejemplo se presentó en el año 2017, donde el desborde originado por el fenómeno del niño, provocó que hubiese personas damnificadas que se quedaron sin hogar y pérdida económica debido a que

las inundaciones arrasaron con sus campos de cultivo.

Dada la falta de información sobre el flujo hidráulico del río Santa en el Centro Poblado Vinzos y las inundaciones recurrentes durante la temporada de lluvias, se propuso evaluar el flujo del río Santa utilizando los datos de caudales máximos diarios proporcionados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), realizar el estudio hidrológico e hidráulico para finalmente poder obtener el dimensionamiento de la defensa ribereña que logre disminuir los daños que se ocasionen por el desborde del río.

1.1.2. Formulación Del Problema

La siguiente pregunta surge a partir de lo expuesto anteriormente:

1.1.2.1. Problema General. Se formula el problema general:

- ¿Cuál es el resultado de evaluar el flujo hidráulico del río Santa para mejorar la defensa ribereña en Vinzos - 2022?

1.1.2.2. Problemas Específicos. Se formulan los problemas específicos- ¿Cuáles son las características físicas, hidrológicas e hidráulicas del Río Santa en Vinzos - 2022?

- ¿Cómo se medirá el flujo hidráulico del río Santa en Vinzos usando el programa computarizado HEC-RAS - 2022?

- ¿Cuál es el dimensionamiento de la defensa ribereña del Río Santa en Vinzos - 2022?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Evaluar el flujo hidráulico del Río Santa para el dimensionamiento de defensa ribereña en Vinzos - 2022.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar las características físicas, hidrológicas e hidráulicas del Rio Santa en Vinzos.
- Medir el flujo hidráulico del Rio Santa en Vinzos mediante el programa HEC-RAS.
- Formular el dimensionamiento de la defensa ribereña del río Santa en Vinzos.

1.3. Hipótesis de la Investigación

El flujo hidráulico del río Santa para determinar el dimensionamiento de la defensa ribereña en Vinzos es crítico.

1.4. Justificación e Importancia

1.4.1. Justificación

El río Santa se destaca por ser uno de los ríos más caudalosos, pasa por el Pueblo de Vinzos del Distrito de Chimbote, que ya por naturaleza, tiene un caudal alto, este tiende a aumentar considerablemente en épocas en las que se presentan fenómenos naturales como es el caso del fenómeno del Niño, que provoca un cambio en las lluvias y afecta el clima de la región. Bien sabemos que el factor meteorológico es principalmente la causa del aumento del caudal, sin embargo, también encontramos diferentes factores que ponen en riesgo las condiciones de vida de los habitantes cercanos, como es el caso de los escasos estudios que se han llevado a cabo en esta área y la inexistencia de una adecuada defensa ribereña por lo que la probabilidad de producirse inundaciones en esta población es mayor.

Por ende, de acuerdo a la problemática especificada, se propuso realizar la evaluación del flujo hidráulico del Rio Santa en la población de Vinzos para conocer las características del rio, así mismo realizar los estudio hidrológicos e hidráulicos con los caudales diarios obtenidos del registro de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), y finalmente se propuso un dimensionamiento, considerando los registros ya mencionados, de una defensa ribereña en una zona critica de Vinzos

con el propósito de disminuir el riesgo de inundación y no ocasionar daños futuros.

Al analizar el comportamiento del flujo hidráulico del Río Santa en Vinzos, se ayudó paralelamente a identificar y evitar los daños que pueden ocasionar tanto a los cultivos que existen alrededor del río y que pueden generar pérdidas económicas ya que esta actividad es una fuente de ingreso para los pobladores de Vinzos, entre los cultivos más destacados y producidos por la población que se encuentran en riesgo son: camote, ají y maíz.

Esta investigación está enfocada en evaluar el comportamiento del flujo hidráulico del río Santa y reducir los riesgos asociados con posibles inundaciones, por lo que proponer un dimensionamiento de defensa ribereña más considerable y sólido ayudará, como sistema de protección, a prevenir los daños que suelen causar estos desastres naturales, teniendo en cuenta el aumento del caudal del río durante eventos climáticos extremos como fenómenos naturales. Además, Este enfoque busca mitigar los impactos negativos de las inundaciones y mejorar la seguridad de las áreas adyacentes.

1.4.2. Importancia

La importancia de esta investigación radica en la necesidad de proteger las áreas ribereñas de Vinzos, en el distrito de Chimbote, frente a los efectos de las crecidas y la erosión del río Santa. Este estudio busca proporcionar datos precisos sobre el flujo hidráulico del río, lo cual es esencial para el adecuado diseño y dimensionamiento de las defensas ribereñas, que a su vez contribuirán a reducir el riesgo de inundaciones y daños a la infraestructura y la población local.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

Smith et al. (2023), en su estudio “High-resolution assessment of riverbank erosion and stabilization techniques with associated water quality implications”, plantearon como objetivo cuantificar las tasas de erosión de riberas y las cargas de sedimentos y nutrientes en vías fluviales utilizando datos de LiDAR aéreo y mediciones en campo. Este enfoque permitió observar la variabilidad espacial y temporal de la erosión en diferentes tramos de río y estaciones del año. Los resultados mostraron que las tasas de erosión variaron de 0.5 a 2.5 metros anuales según la ubicación, y que la implementación de técnicas de estabilización redujo las cargas de sedimentos y fósforo en un 40%. Este estudio concluyó que el uso de estabilización de riberas puede disminuir significativamente los efectos de la erosión y mejorar la calidad del agua.

Pham et al. (2022), en su investigación titulada “Assessment of Riverbank Erosion Hotspots along the Mekong River in Cambodia”, tuvo como objetivo identificar áreas críticas de erosión a lo largo del río Mekong mediante el uso de imágenes satelitales. Este análisis permitió mapear tasas de erosión y ayudar en la planificación de medidas de protección. Los resultados identificaron que ciertos tramos del río presentaban tasas de erosión de hasta 3 metros anuales, siendo estos los sectores con mayor riesgo. El estudio concluyó que las zonas críticas de erosión requieren intervenciones urgentes para proteger las riberas y prevenir daños mayores en las áreas adyacentes.

Cedeño (2020), en su investigación “Determinación de zonas de inundación del río Jipijapa desde las abscisas 0+000 hasta 7+031 mediante modelación hidráulica con el software HEC-RAS”, tuvo como objetivo principal identificar las zonas vulnerables a inundaciones en las riberas del río

Jipijapa en dicho tramo. A través de un análisis hidrológico y modelación hidráulica con el software HEC-RAS, identificó áreas en riesgo de inundación para períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años, desde la cuenca alta del río hasta la Universidad Estatal del Sur de Manabí. Los resultados mostraron que, a pesar del tamaño reducido de la cuenca (16.71 km²), existen problemas de transporte de flujo por el estrechamiento en las secciones transversales, lo cual contribuye a las inundaciones. La modelación reveló desbordamientos en secciones, ductos y puentes para diferentes intervalos de retorno, destacando los problemas de estrangulamiento de caudal. Con el uso conjunto de Arc-GIS y Hec-GeoRAS, se identificaron los sectores más vulnerables, en particular aquellos predios dentro del área de protección hídrica afectados por las inundaciones.

2.1.2. Nacionales

Trujillo & Esteban (2022), en su tesis titulada “Modelamiento hidráulico para el diseño de la defensa ribereña en la margen derecha del Río Huallaga en la Urbanización Huayopampa del Distrito de Amarilis-Huánuco”, se centraron en desarrollar un modelo hidráulico para emplearlo en el diseño de una defensa ribereña adecuada. El estudio incluyó la determinación del comportamiento hidráulico del Río Huallaga, la identificación de la vulnerabilidad a inundaciones, el cálculo de los tirantes máximos para distintos caudales de diseño en varios períodos de retorno, y la selección de las secciones más apropiadas para el diseño de la defensa ribereña. La investigación concluyó que la margen derecha del Río Huallaga presentaba vulnerabilidad a inundaciones durante períodos de retorno de 10, 25, 50, 140 y 500 años, con caudales de 734.42 m³/s, 974.70 m³/s, 1208.17 m³/s, 1661.52 m³/s y 2461.68 m³/s, respectivamente; además, se propuso la construcción de una estructura de protección desde la progresiva 0+000 hasta la 0+740. Esta propuesta incluyó una estructura de concreto armado en voladizo, con alturas de 7 y 9 metros en la margen derecha, capaz de soportar el caudal de diseño para un período de retorno de 140

años. Asimismo, se determinó que esta estructura cumple con los factores de seguridad requeridos, con un factor de seguridad al deslizamiento (FSD) de 1.662 (superior a 1.5) y un factor de seguridad al volcamiento (FSV) de 2.231 (superior a 1.75).

Santamaría & Zeña (2021), en su investigación sobre la defensa ribereña en los ríos Corral del Medio y La Gallega en Morropón, Piura, tuvieron como objetivo diseñar una estructura de protección mediante enrocado a lo largo de 4.0 km para reducir la vulnerabilidad a inundaciones. Realizaron análisis detallados de la cuenca, encontrando un área de 589.71 km², un perímetro de 118.94 km, una longitud máxima de 37.06 km, un ancho promedio de 15.91 km, y una pendiente media de 1,403.09 m. En cuanto al sistema de drenaje, identificaron un grado de ramificación de 4 y una densidad de drenaje baja de 0.550. Basándose en estos datos, propusieron la descolmatación y rectificación del río Corral del Medio en un tramo de 3,600 metros con un ancho de 60 metros y del río La Gallega en un tramo de 352.45 metros con un ancho de 40 metros. Además, recomendaron construir un dique longitudinal de 2,220 metros en la margen derecha del río Corral del Medio, reforzado con enrocado, para asegurar la estabilidad frente a inundaciones en la región.

Gómez & Bartra (2019), en su estudio “Evaluación del flujo hidráulico del río Cumbaza para el diseño de defensa ribereña en el Sector Mirador Cumbaza, Distrito de Morales-2018”, tuvieron como objetivo examinar el comportamiento hidráulico del río Cumbaza para diseñar una defensa ribereña efectiva. Para ello, realizaron estudios topográficos, hidrológicos e hidráulicos, así como un análisis de la mecánica de suelos, los cuales fueron clave para comprender el comportamiento del río y las condiciones del terreno. Los resultados indicaron un caudal de diseño de 1163 m³/s para un período de retorno de 50 años, calculado mediante los métodos estadísticos de Gumbel y Log Pearson Tipo III. A partir de estos datos, se diseñó una defensa ribereña con

gaviones tipo caja, rellenos con piedras de 6” y 8” de diámetro, con alturas de entre 3.00 y 7.00 metros, y una base que varía de 4.50 metros en la parte inferior a 1.00 metro en la superior. Además, se incorporará una pantalla antisocavante de 10.00 metros de ancho y 322 metros de longitud para reforzar la estructura y prevenir la erosión.

2.1.3. Locales

Gonzales (2023), en su investigación titulada “Diseño de defensa ribereña del río Lacramarca, tramo Jorge Chávez - Los Pescadores, provincia de Santa, departamento de Áncash”, tuvo como objetivo desarrollar un diseño de defensa ribereña para proteger las áreas vulnerables del río Lacramarca en el tramo comprendido entre Jorge Chávez y Los Pescadores, en la provincia del Santa. Para ello, realizó análisis topográficos, hidrológicos y de mecánica de suelos que permitieron proponer estructuras adecuadas a las características del río y del terreno. Entre los resultados, se recomendó la construcción de muros de gavión con alturas de 5.00 y 6.00 metros y bases de 3.00 y 3.50 metros, respectivamente, diseñados para proteger las riberas y mitigar el riesgo de desbordes. Con esta propuesta, el estudio concluyó que las estructuras recomendadas mejorarían significativamente la estabilidad de la ribera en el tramo estudiado y brindarían mayor seguridad a la población y propiedades cercanas.

Castañeda & Paredes (2021), en su investigación titulada “Diseño de defensa ribereña del río Lacramarca, tramo Jorge Chávez - Los Pescadores, provincia de Santa, departamento de Áncash”, tuvieron como objetivo diseñar una defensa ribereña para proteger las áreas vulnerables del río Lacramarca en el tramo comprendido entre Jorge Chávez y Los Pescadores, en la provincia del Santa. Para lograr este objetivo, realizaron análisis topográficos, hidrológicos y de mecánica de suelos, que permitieron definir las características del terreno y el comportamiento del flujo del río. Entre los resultados, se recomendó la construcción de muros de gavión con alturas de 5.00 y

6.00 metros y bases de 3.00 y 3.50 metros, respectivamente, diseñados para proteger las riberas y reducir el riesgo de desbordes. El estudio concluyó que las estructuras propuestas mejorarían significativamente la estabilidad de la ribera en el tramo estudiado, brindando mayor seguridad a las comunidades cercanas y protegiendo las propiedades colindantes.

Pillaca & Huerta (2020), en su investigación sobre la “Evaluación Hidrológica e Hidráulica del Puente Sechin” en Casma, Áncash, tuvieron como objetivo analizar la hidrología y la hidráulica de la cuenca del río Sechin para períodos de retorno de hasta 100 años. Recopilaron datos meteorológicos y calcularon caudales máximos esperados para períodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años usando el software Hec-HMS. Entre los hallazgos, determinaron que la cuenca tiene una extensión de 729.50 km² y una pendiente promedio de 0.16%, con 77 curvas clasificadas según el tipo de suelo. Como conclusión, estimaron un caudal máximo de 4149.20 m³/s para un período de retorno de 100 años, lo cual permite prever las condiciones necesarias para una infraestructura segura en el área del puente Sechin.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Características Físicas del Río

2.2.1.1. Pendiente. La pendiente es un parámetro geométrico que representa la inclinación del terreno respecto a la horizontal, expresada como la relación entre la diferencia de altura (elevación) y la distancia horizontal. En el contexto de flujo hidráulico, la pendiente del terreno influye directamente en la velocidad de escurrimiento y en la capacidad de carga del flujo, factores fundamentales para el diseño de estructuras como defensas ribereñas. La pendiente condiciona la velocidad de erosión y sedimentación en los cauces, aspectos clave en el comportamiento y estabilidad de estructuras hidráulicas. (Suarez, 2013).

2.2.1.2. Perfil Longitudinal. El perfil longitudinal es una representación gráfica que muestra la variación de altura de un cauce o línea de flujo a lo largo de su recorrido. En ingeniería hidráulica, el perfil longitudinal es esencial para identificar zonas de mayor o menor pendiente en el cauce, que a su vez afectan la velocidad y presión del flujo. El análisis de este perfil permite evaluar la adecuación del cauce para resistir ciertos niveles de flujo y ajustar el diseño de defensas ribereñas, adaptándolas a las características topográficas específicas del área de estudio. (Suarez, 2013).

2.2.2. Características Hidrológicas del Río

2.2.2.1. Caudales Máximos. La descarga de los ríos se deriva principalmente de las lluvias en las regiones altas de las áreas de captación, habitualmente localizadas en el lado oeste de la Cordillera de los Andes. A medida que avanzan hacia abajo, los ríos se convierten en corrientes principales, transportando un gran volumen de agua, que se mide y controla en estaciones hidrométricas y de aforo. (Ochoa, 2010).

El período con las descargas más altas generalmente ocurre de enero a marzo, a veces hasta abril, como resultado de las precipitaciones en las zonas media y alta de la cuenca, definiendo la temporada de avenidas. Por el contrario, de septiembre a noviembre, se observan descargas mínimas durante la temporada de sequía. La importancia de estos datos es esencial para analizar hidrológicamente y diseñar infraestructuras hidráulicas para el control, almacenamiento y regulación del recurso hídrico. (Terán, 1998).

2.2.3. Características Hidráulicas del Río

2.2.3.1. Caudales Máximos de Diseño. De acuerdo con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2011), en el campo de la estadística se utilizan diversas funciones teóricas de distribución de probabilidad para analizar la frecuencia y estimar intensidades de precipitaciones

o caudales máximos en distintos periodos de retorno. Entre estas funciones, se incluyen las siguientes: Distribución Normal, Distribución Log Normal de 2 y 3 parámetros, Distribución Gamma de 2 y 3 parámetros, Distribución Log Pearson tipo III, Distribución Gumbel y Log Gumbel.

Se sugiere utilizar los procedimientos de Gumbel y Log-Pearson III para la estimación del caudal máximo en los ríos, según la investigación realizada por Cisneros y Prado (1988, como se citó en Santamaría y Zeña, 2021), esto se debe a que se ha comprobado que estas técnicas se adaptan de manera efectiva al comportamiento de las crecidas en los afluentes, ofreciendo un ajuste preciso para modelar y prever estos eventos extremos de manera adecuada. (Terán, 1998).

2.2.3.1.1. Método Probabilístico de Gumbel. El enfoque de Gumbel se emplea para estimar los valores máximos de factores hidrológicas, considerando que estos parámetros no dependen una de otra. Asimismo, la aplicación de este enfoque resulta apropiada al utilizar como registro las descargas máximas anuales proporcionadas en un sitio de monitoreo de un río o una infraestructura (Reque, 2018).

Para (MTC, 2011), también es conocida como método de distribución de valores extremos Tipo I o doble exponencial, donde el caudal máximo de diseño puede expresarse considerando la siguiente fórmula:

$$Q_{\max} = Q_m - \frac{\sigma_Q}{\sigma_N} (Y_N - \ln(T))$$

Donde:

Q_{\max} = Descarga máxima.

Q_m = Caudal promedio.

σ_Q = Desviación estándar.

$Y_N; \sigma_N$ = Constantes de acuerdo al número de registros.

T = Periodo de retorno.

Para el caudal promedio:

$$Q_m = \frac{\sum_{i=1}^N Q_i}{N}$$

Donde:

Q_m = Caudal promedio.

Q_i = Caudales máximos anuales registrados.

N = Numero de datos.

$$\sigma_Q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N Q_i^2 - NQ_m^2}{N - 1}}$$

Donde:

σ_Q = Desviación estándar.

Q_i = Registro de descargas máximas anuales.

Q_m = Caudal promedio.

N = Numero de datos.

Para hallar el intervalo de confianza (ΔQ), que refleja la variación del caudal máximo para un periodo de retorno (Q_{max}) según los datos disponibles, se debe considerar que Cuando el valor de $\emptyset = 1 - 1/T$, oscila de 0.20 a 0.80, entonces:

$$\Delta Q = \pm \sqrt{N\alpha\sigma_m} * \frac{\sigma_Q}{\sigma_N\sqrt{N}}$$

Donde:

ΔQ = Intervalo de confianza.

$\sqrt{N\alpha\sigma_m}$ = Constante en función de \emptyset .

σ_Q = Desviación estándar de los caudales.

σ_N = Constantes en función de número de datos.

N = Numero de datos.

Mientras que el valor de \emptyset sea mayor que 0.90, la ecuación varia.

$$\Delta Q = \pm \frac{1.14\sigma_Q}{\sigma_N}$$

Finalmente obtenemos el caudal de diseño:

$$Q_d = Q_{\max} \pm \Delta Q$$

Tabla 1.

Parámetros de $\sqrt{N\alpha\sigma_m}$ en función de \emptyset

\emptyset	$\sqrt{N\alpha\sigma_m}$
0.01	(2.1607)
0.02	(1.7894)
0.05	(1.4550)
0.10	(1.3028)
0.15	1.2548
0.20	1.2427
0.25	1.2494
0.30	1.2687
0.35	1.2981
0.40	1.3366
0.45	1.3845
0.50	1.4427
0.55	1.1513
0.60	1.5984
0.65	1.7034
0.70	1.8355
0.75	2.0069
0.80	2.2408
0.85	2.5849
0.90	(3.1639)
0.95	(4.4721)
0.98	(7.0710)
0.99	(10.000)

Nota: Adaptado de *Hidrología*, por Villón, 2002.

Tabla 2.

Parámetros de Y_n y σ_n para distintas porciones de muestras

N	Y_N	σ_N
20	0.52355	1.06283
21	0.5252	1.0696
22	0.5268	1.0754
23	0.5283	1.0811
24	0.5296	1.0864
25	0.53086	1.09145
26	0.532	1.0961
27	0.5332	1.004
28	0.5343	1.1047
29	0.5353	1.1086
30	0.53622	1.11238
31	0.5371	1.1159
32	0.538	1.1193
33	0.5388	1.1226
34	0.5396	1.1255
35	0.54034	1.12847
36	0.541	1.1313
37	0.5418	1.13391
38	0.5424	1.1363
39	0.543	1.1388
40	0.54362	1.14132
41	0.5442	1.1436
42	0.5448	1.1458
43	0.5453	1.148
44	0.5458	1.1499
45	0.5463	1.15185
46	0.5468	1.1538
47	0.5473	1.1557
48	0.5477	1.1574
49	0.5481	1.159
50	0.54854	1.16066

Nota: Adaptado de *Hidrología*, por Villón, 2002.

2.2.3.1.2. Método probabilístico de Log-Pearson Tipo III. Según (Linsley, Kohler y Paulus, 1977) sugieren que para aplicar esta distribución implica la transformación a sus propios logaritmos el conjunto de datos, luego proceder con la determinación de las variables correspondientes:

$$\text{Log } Q_m = \text{Log } Q_{mm} + K * \sigma_{\log Q}$$

Donde:

Q_{mm} = Caudal medio máximo.

$\sigma_{\text{Log } Q}$ = Desviación estándar.

K = Factor de la tabla 2.

$$\text{Log } Q_{mm} = \frac{\sum \log Q_i}{N}$$

Donde:

Q_{mm} = Caudal medio máximo.

Q_i = Caudales registrados.

N = Número de datos.

$$\sigma_{\log Q} = \sqrt{\frac{\sum (\log Q_i - \log Q_{mm})^2}{N - 1}}$$

Donde:

$\sigma_{\text{Log } Q}$ = Desviación estándar.

Q_i = Caudales registrados.

Q_{mm} = Caudal medio máximo.

N = Número de datos.

$$A_g = \frac{N * \sum (\log Q_i - \log Q_{mm})^3}{(N - 1) * (N - 2) * (\sigma_{\log Q})^3}$$

Donde:

A_g = Constante de asimetría.

Q_i = Caudales registrados.

Q_{mm} = Caudal medio máximo.

$\sigma_{\log Q}$ = Desviación estándar.

N = Número de datos.

Tabla 3.

Parámetros del Factor “K”

Coeficiente de asimetría Ag	Periodo de retorno, años								
	1,0101	1,2500	2	5	10	25	50	100	200
	Nivel de probabilidad, porcentaje								
	99	80	50	20	10	4	2	1	0.5
3,0	- 0,667	- 0,636	- 0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970
2,8	- 0,714	- 0,666	- 0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973	4,847
2,6	- 0,769	- 0, 696	- 0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	3,889	4,718
2,4	- 0,832	- 0,725	- 0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800	4,584
2,2	- 0,905	- 0,752	- 0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444
2,0	- 0,990	- 0,777	- 0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298
1,8	- 1,087	- 0,799	- 0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147
1,6	- 1,197	- 0,817	- 0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990
1,4	- 1,318	- 0,832	- 0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828
1,2	- 1,449	- 0,844	- 0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661
1,0	- 1,558	- 0,852	- 0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489
0,8	- 1,733	- 0,856	- 0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891	3,312
0,6	- 1,880	- 0,857	- 0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132
0,4	- 2,029	- 0,855	- 0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949
0,2	- 2,178	- 0,850	- 0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763
0	- 2,326	- 0,842	0	0,842	1,282	1,751	1,054	2,326	2,576
- 0,2	- 2,472	- 0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388
- 0,4	- 2,615	- 0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201
- 0,6	- 2,755	- 0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016
- 0,8	- 2,891	- 0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837
- 1,0	- 3,022	- 0,758	0,164	0,852	1,128	1,336	1,492	1,588	1,664
- 1,2	- 3,149	- 0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501
- 1,4	- 3,271	- 0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351
- 1,6	- 3,388	- 0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197	1,216
- 1,8	- 3,499	- 0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087	1,097
- 2,0	- 3,605	- 0,609	0,307	0,777	0,295	0,959	0,980	0,990	0,995
- 2,2	- 3,705	- 0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907
- 2,4	- 3,800	- 0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832	0,833
- 2,6	- 3,889	- 0,499	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,756	0,769
- 2,8	- 3,973	- 0,460	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714	0,714
- 3,0	- 4,051	- 0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667

Nota: Adaptado de *Hidrología para Ingenieros (Segunda Edición)*, por Linsley, Kohler y Paulus, 1977.

2.2.3.2. Flujo Hidráulico. Un flujo se refiere a un movimiento rápido que simula un fluido viscoso en acción, donde las partículas se desplazan dentro de una masa que se desliza a lo largo de un canal. Sin embargo, su comportamiento difiere de los fluidos típicos como el agua. (Suarez, 2013).

Escobar (2012, como se citó en Gómez y Bartra, 2019) señala que el comportamiento del agua en un río, influenciadas por la cantidad de líquido que fluye hacia él, transita en su interior y sale de él, no solo inciden en la creación de hábitats dentro de sus aguas, sino que también influyen en los aspectos geomorfológicos que caracterizan la dinámica hidráulica del río en su entorno.

Por otro lado, Sánchez (2014) nos indica que el flujo de agua puede ser a través de un canal abierto o una tubería. Aunque ambos tipos de escurrimiento son similares, la diferencia clave es que el escurrimiento en un canal abierto tiene una superficie libre expuesta a la presión atmosférica.

Se pueden identificar distintos tipos de flujos en función de la velocidad y dirección de las partículas a lo largo de una distancia determinada.

2.2.3.2.1. Flujo No Permanente y Permanente. Según la perspectiva de Villón (2007), un flujo se cataloga como permanente cuando los factores como el tirante, la velocidad y el área hidráulica, etc., permanecen invariables a lo largo del tiempo en una sección particular del canal.

$$\frac{\partial y}{\partial t} = 0; \frac{\partial v}{\partial t} = 0; \frac{\partial A}{\partial t} = 0; \text{etc.}$$

Por otro lado, si estos parámetros experimentan variaciones temporales, se denomina flujo no permanente, y esto puede representarse a través de la siguiente expresión:

$$\frac{\partial y}{\partial t} \neq 0; \frac{\partial v}{\partial t} \neq 0; \frac{\partial A}{\partial t} \neq 0; \text{etc.}$$

2.2.3.2.2. Flujo Subcrítico, Crítico y Supercrítico. Según Ven Te Chow (2004, p. 13-15) la clasificación del flujo en un río puede analizarse de manera más específica y detallada a través

de distintas categorías:

- *Flujo Subcrítico*, este tipo de flujo se distingue por tener una velocidad relativamente baja en comparación con su profundidad significativa, resaltando la importancia de la energía. Se emplea comúnmente en zonas planas o niveladas.

- *Flujo Crítico*, es un concepto teórico en el estudio del flujo natural, que define el punto de cambio entre los estados subcrítico y supercrítico.

- *Flujo Supercrítico*, que es completamente opuesto al flujo subcrítico. Se caracteriza por su velocidad significativamente mayor en comparación con el subcrítico y su menor profundidad. En esta situación, la energía cinética es la que predomina.

Conforme a lo descrito por Sánchez (2014) resume que el factor en el que se fundamenta la identificación de la clase de flujo presente, se conoce como el número de Froude.

$$F = \frac{V}{\sqrt{g * D}}$$

Donde “V” representa la velocidad promedio del fluido y “D” es la longitud representativa. Teniendo en cuenta que $D=A/T$, conociéndose a “A” como el área hidráulica y “T” como el espejo de agua.

Cuando el valor de F es igual a 1, el flujo está en un estado crítico, donde las fuerzas inerciales y gravitacionales están equilibradas.

Si F es menor que 1, el flujo está en un estado subcrítico, donde las fuerzas gravitacionales predominan.

Por otro lado, si F es mayor que 1, el flujo se encuentra en un estado supercrítico, donde predominan las fuerzas inerciales.

2.2.3.3. Periodos de Retorno. El período de retorno es el promedio de años en que el caudal pico se iguala o supera cada "T" años. Con eventos anuales independientes, se puede calcular la probabilidad de falla en "n" años. Para elegir el período de retorno en el diseño de una obra, se deben considerar la probabilidad de superar el evento, la vida útil de la estructura y el riesgo aceptable, teniendo en cuenta factores económicos, sociales y técnicos. (MTC, 2011).

$$R = 1 - (1 - P)^n$$

Donde:

R = Riesgo de falla aceptable.

P = Probabilidad que un evento ocurra al menos una vez en un período determinado.

n = Duración estimada de la estructura.

$$P = 1 - \frac{1}{T}$$

Entendiéndose como "T" al periodo de retorno en años.

Tabla 4.*Valores de Periodo de Retorno expresados en Años*

RIESGO DE FALLA TOLERABLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
	R	1	2	3	5	10	20	25	50	100
0,01	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
0,02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4850	9900
0,05	20	39	59	98	495	390	488	975	1950	3900
0,10	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
0,20	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0,25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0,50	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
0,75	1,3	2	2,7	4,1	7,7	15	18	37	73	144
0,99	1	1,11	1,27	1,66	2,70	5	5,9	11	22	44

Nota: Adaptado de *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*, por Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, 2011.

Tabla 5.*Límites Recomendados para el Riesgo Admisible en Obras de Drenaje*

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE (%)
Puentes	25
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30
Alcantarillas de paso quebradas menores y descargas de agua cunetas	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40
Sub drenes	40
Defensas Ribereñas	25

Nota: Adaptado de *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*, por Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, 2011.

El MTC (2011) recomienda límites de riesgo de falla aceptable para los diferentes tipos de estructuras, así como la durabilidad de estas, en consecuencia, para puentes y obras de defensas ribereñas adopta un tiempo de vida de 40 años.

2.2.4. Características del Suelo

2.2.4.1. Granulometría. La granulometría es el estudio de la distribución de tamaños de las partículas que componen el suelo. Este indicador es crucial para entender la resistencia y permeabilidad del suelo donde se construirá la defensa ribereña. Su conocimiento permite prever el comportamiento del suelo ante el flujo de agua y definir medidas de estabilización que eviten la erosión del lecho y la socavación de la base de la estructura. (Crespo, 1981)

2.2.4.2. Límite de Consistencia. El límite de consistencia se refiere a los niveles de humedad en los cuales el suelo cambia de estado, afectando su plasticidad y cohesión. Este parámetro es clave en la evaluación del comportamiento del suelo en contacto con el agua, ya que influye en su capacidad de soportar cargas sin deformarse o ceder. Un conocimiento detallado de los límites de consistencia del suelo permite diseñar defensas ribereñas que se mantengan estables incluso bajo variaciones en los niveles de humedad. (Crespo, 1981)

2.2.4.3. Contenido de Humedad. El contenido de humedad del suelo es la cantidad de agua presente en sus partículas, un factor que afecta su cohesión y resistencia. Para el diseño de defensas ribereñas, conocer el contenido de humedad es esencial, ya que un suelo saturado puede perder estabilidad con mayor facilidad, comprometiendo la seguridad de la estructura. Este indicador se utiliza para ajustar el diseño y asegurar que la defensa ribereña tenga una base estable y resistente. (Crespo, 1981)

2.2.4.4. Capacidad Portante del Suelo. La capacidad portante del suelo es la capacidad del suelo para soportar cargas sin sufrir asentamientos o fallas. Este indicador es fundamental en

el diseño de cualquier estructura, incluyendo defensas ribereñas, ya que permite determinar si el suelo tiene la resistencia suficiente para soportar el peso de la estructura y la presión ejercida por el flujo de agua. Una adecuada evaluación de la capacidad portante asegura la durabilidad y seguridad de la defensa ribereña. (Crespo, 1981)

2.2.5. Defensas Ribereñas

Según la Autoridad Autónoma Cuenca Hidrográfica Chira - Piura (2007), las defensas ribereñas son estructuras diseñadas para proteger las zonas cercanas a los ríos durante las crecidas máximas.

Para Halanocca (2023) al seleccionar materiales para una estructura de protección ribereña, es importante considerar factores como la resistencia, impermeabilidad y durabilidad del material. Además, debe soportar los factores meteorológicos y complementar los componentes específicos para lograr un buen acabado.

2.2.5.1. Encauzamiento. Las obras de encauzamiento se refieren a aquellas construcciones realizadas a lo largo de los márgenes de los ríos, adoptando la forma de canales de desagüe. En términos generales, se considera que las iniciativas de encauzamiento tienen una importancia superior a las de defensa al abordar de manera integral los desafíos originados por las avenidas extraordinarias. (ANA, 2020).

Joserra (2009) nos menciona que los cauces de los ríos pueden ser muy diferentes y su estructura física influye en el funcionamiento fluvial.

La Autoridad Nacional del Agua (ANA, s.f.) propone 05 métodos para determinar la amplitud de cauce o ancho estable, las cuales son:

2.2.5.1.1. Recomendación Práctica. Esta opción se basa de acuerdo al caudal de diseño determinado previamente.

Tabla 6.

Ancho Estable por Sugerencia Práctica

Q	ANCHO ESTABLE
3000	200
2400	190
1500	120
1000	100
500	70

Nota: Adaptado de *Diseño de una defensa ribereña mediante enrocado en el río Chillón, Sector Yangas. tramo: km 34 – 40*, por Diaz y Millán, 2020.

2.2.5.1.2. Método de Petits

$$B = 4.44 * Q^{0.5}$$

Donde:

B = Ancho estable

Q = Caudal de diseño.

2.2.5.1.3. Método de Simons y Henderson

$$B = K_1 * Q^{1/2}$$

Donde:

B = Sección estable.

Q = Caudal de diseño.

K_1 = Condiciones del fondo del cauce.

Según Terán (1998) se trabajan para los siguientes rangos:

$$S = 0.06 - 10\%$$

$$D_m = 0.03 - 80\text{mm}$$

$$Q = 0.15 - 250\text{m}^3/\text{seg}$$

Tabla 7.

Requisitos de Fondo de Rio K1

Requisitos de Fondo de río	K1
Fondo y orillas de arena	5.7
Fondo arena y orillas de material cohesivo	4.2
Fondo y orillas de material cohesivo	3.6
Fondo y orillas de grava	2.9
Fondo arena y orillas material no cohesivo	2.8

Nota: Adaptado de *Diseño y Construcción de Defensas Ribereñas*, por Terán, 1998.

2.2.5.1.4. Método de Blench

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

Donde:

B = Sección estable.

Q = Caudal de diseño.

Fs = Variable de orilla.

Fb = Variable de fondo.

Tabla 8.

Variable de Orilla Fs

Tipo de Orilla	Valores de Fs
Materiales sueltos (Orilla de barro y arena)	0.1
Materiales ligeramente cohesivos ((Orilla de barro-arcilla-fangoso)	0.2
Materiales cohesivos	0.3

Nota: Adaptado de *Diseño y Construcción de Defensas Ribereñas* (p. 35), por Terán, 1998.

Tabla 9.

Variable de Fondo Fb

Variable de Fondo	Fb
Material estrecho	0.8
Material abultado	1.2

Nota: Adaptado de *Diseño y Construcción de Defensas Ribereñas* (p. 35). Por Terán, 1998.

2.2.5.1.5. Método de Altunin-Maning

$$B = (Q^{1/2} / S^{1/5}) * (nK^{5/3})^{3/(3+5m)}$$

Donde:

B = Ancho estable

Q = Caudal de diseño.

S = Pendiente del terreno.

n = Rugosidad de Manning.

K = Variable según el material de arroyo.

m = Factor del tipo de río.

Tabla 10.

Valores del Coeficiente De Manning (n)

Valores del coeficiente de rugosidad (n)	
Descripción	N
Lecho de río con conducción discontinua = 0.030 - 0.029	0.03
Lecho de ríos con espesura = 0.033 - 0.029	0.029
Lechos naturales con derrubio y desproporcionalidad = 0.033	0.033
Lecho de río con alta conducción de acarreo = 0.035	0.035
Torrentes con agregado de gran tamaño = 0.040 - 0.036	0.04
Torrente con derrubio grueso y acarreo móvil = 0.045 - 0.050	0.05

Nota: Adaptado de *Diseño y Construcción de Defensas Ribereñas*. Por Terán, 1998.

Tabla 11.

Valores del Factor de Material del Río (K)

Coficiente de material de cauce	
Descripción	K
Elemento de cauce muy sólido = 3 a 4	3
Elemento con fácil erosión = 16 a 20	16
Elemento aluvial = 8 a 12	12
Valor efectivo = 10	10

Nota: Adaptado de Diseño y Construcción de Defensas Ribereñas, por Terán, 1998.

Tabla 12.

Valores del Factor del Tipo de Río (m)

Coficiente del tipo del río	
Descripción	m
Para ríos de cumbre	0.5
Para cauces arenosos	0.7
Para cauces aluviales	1,0

Nota: Adaptado de *Diseño y Construcción de Defensas Ribereñas*. Por Terán, 1998.

2.2.5.2. Tirante Crítico. El tirante crítico es la profundidad del agua en un canal o río en la que el flujo alcanza un estado de energía mínima, marcando la transición entre flujo subcrítico y supercrítico. Durante el periodo de máxima avenida, cuando el caudal del río llega a sus niveles más altos, alcanzar el tirante crítico es fundamental para evaluar la estabilidad y seguridad de las estructuras hidráulicas

Se define como avenida elevación de líquido, en cuanto a niveles, en su trayectoria, alcanzando valores poco habituales debido al aumento del caudal que fluye a través del sistema de drenaje. Este incremento en el caudal suele ser el resultado de lluvias excepcionales de una intensidad tal que la cuenca no puede absorber completamente. El volumen de agua que llega en un instante específico y no puede ser evacuado de inmediato se acumula en el curso, generando así el correspondiente aumento en el nivel del agua. (Robredo, s.f.).

Para la Autoridad Nacional del Agua (2013) el nivel del agua en épocas donde se genera el pico de caudal y específicamente en una sección transversal del río es denominado el nivel de máxima avenida, la cual no serán consideradas cuando esta haya sido causada por un evento extraordinario.

Teniendo en cuenta el caudal resultante para el diseño, el desnivel del terreno y el ancho estable del cauce, se puede determinar el tirante crítico. (Terán, 1998).

$$T = [Q/(K_s * B * S^{1/2})]^{3/5}$$

Donde:

B = Sección estable.

Q = Caudal.

S = Pendiente.

K_s = Coeficiente de rugosidad.

T = Tirante crítico.

Tabla 13.

Valores del Coeficiente de Rugosidad (K_s)

DESCRIPCIÓN	K_s
Lechos naturales de río con fondo sólido sin irregularidades	40
Lechos naturales de río con acarreo regular	33 - 35
Lechos naturales de río con vegetación	30 - 35
Lechos naturales de río con derrubio e irregularidades	30
Lechos naturales de río con fuerte transporte de acarreo	28
Torrentes con derrubios gruesos (piedra de tamaño de una cabeza con acarreo inmóvil)	25 - 288
Torrentes con derrubio grueso, con acarreo móvil	19 - 22

Nota: Adaptado de *Diseño y Construcción de Defensas Ribereñas*. Por Terán, 1998.

Mientras que la velocidad se determina de la siguiente manera:

$$V = R^{2/3} * S^{1/2} / n$$

Donde:

V = Velocidad media.

R = Radio hidráulico (Área/Perímetro).

S = Pendiente del río.

n = Factor de rugosidad de Manning.

2.2.5.6. Socavación. Según (Vega, 2021) define la socavación refiriéndose al proceso de excavación profunda que ocurre debido a la acción del agua. Así mismo, Chow, Maidment y Mays (1994, como se citó en Ríos, 2022) afirman que la reducción global del lecho del río, originada por el flujo del agua, se atribuye principalmente a influencias humanas. Se postula que la erosión se inicia cuando la fuerza de tracción supera la fuerza crítica (T_c) del elemento en cuestión, provocando que las partículas en el borde del canal se desprendan debido a dicha fuerza de tracción.

Para Linsley, Kohler y Paulus (1977) la erosión en capas delgadas es causada por los mecanismos de socavación y escorrentía superficial, dando lugar a una degradación uniforme de la superficie del suelo. Las tormentas intensas también contribuyen significativamente a este fenómeno. En consecuencia, mientras va aumentando la socavación, el terreno se convierte más pronunciado en las áreas cercanas a la sección aguas arriba. Sin embargo, existen distintos elementos que afectan las tasas de erosión, siendo los más significativos el patrón de precipitaciones, la vegetación que cubre el suelo, la naturaleza del sustrato y la inclinación del terreno.

De acuerdo a la Revista Politécnica (2015) en la socavación se suelen identificar dos

categorías, donde se menciona la socavación general, o también denominada normal, se refiere a una reducción general del lecho del río provocada por un aumento en el transporte sedimentos que ocurre cuando aumenta la capacidad de flujo, especialmente durante avenidas; y La socavación localizada surge debido a la presencia de estrechamientos, curvas o estructuras en el cauce de un río, lo cual incrementa la fuerza del flujo y permite que el agua arrastre materiales del lecho.

Rocha (2013) afirma que conocer la profundidad de la socavación es crucial para definir la profundidad adecuada de la cimentación. Para el cálculo matemático de este valor, Terán (1998) considera que el método sugerido por L.L. List Van Lebediev es el que mejor se adapta a los trabajos realizados en cauces naturales definidos, además prioriza la evaluación de la erosión máxima anticipada en una sección diseñada para un caudal específico.

Según las condiciones del suelo del río tenemos:

2.2.5.6.1. Para Suelos Cohesivos

$$T_s = \left[\frac{\alpha * t^{5/3}}{0.60 * \beta * y_s^{1.18}} \right]^{1/x+1}$$

Donde:

T_s = Tirante de socavación.

$$\alpha = \frac{Q_d}{t^{5/3} * B_e * \mu}$$

Q_d = Caudal de diseño.

B_e = Ancho estable.

μ = Coeficiente de contracción

t = Tirante máximo de diseño.

y_s = Peso específico del terreno.

β = Valor en base a la frecuencia de repetición de avenidas y su impacto en la erosión.

x = Exponente que depende del diámetro del agregado.

Para Suelos Granulares o no Cohesivos

$$T_s = \left[\frac{\alpha * t^{5/3}}{0.68 * \beta * D_m^{0.28}} \right]^{\frac{1}{x+1}}$$

Donde:

Ts = Tirante de socavación.

$$\alpha = \frac{Q_d}{t^{5/3} * B_e * \mu}$$

Qd = Caudal de diseño.

Be = Ancho estable.

μ = Factor de contracción.

t = Tirante máximo de diseño.

Dm = Diámetro promedio.

β = Valor en base a la frecuencia de repetición de avenidas y su impacto en la erosión.

x = Exponente que depende del diámetro del agregado.

$$H_s = T_s - t$$

Donde:

Hs = nivel de socavación.

Ts = Tirante de socavación.

t = Tirante máximo de diseño.

Tabla 14.*Valores del Factor de Contracción (μ)*

Velocidad (m/s)	Luz libre (m)												
	10	13	16	18	21	25	30	42	52	63	106	124	200
< 1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.0	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
2.0	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
2.5	0.90	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
3.0	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
3.5	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
> 4.0	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99

*Nota: Adaptado de Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Por MTC, 2011.***Tabla 15.***Valores del Coeficiente de Retorno (β)*

Valores del Coeficiente β		
Tiempo de retorno (Años)	Probabilidad de retorno (%)	Coeficiente β
	0.00	0.77
2.00	50.00	0.82
5.00	20.00	0.86
10.00	10.00	0.90
20.00	5.00	0.94
50.00	2.00	0.97
100.00	1.00	1.00
300.00	0.33	1.03
500.00	0.20	1.05
1000.00	0.10	1.07

Nota: Adaptado de Diseño y Construcción de Defensas Ribereñas. Por Terán, 1998.

Tabla 16.*Valores del Exponente que Depende del Diámetro del Agregado (x)*

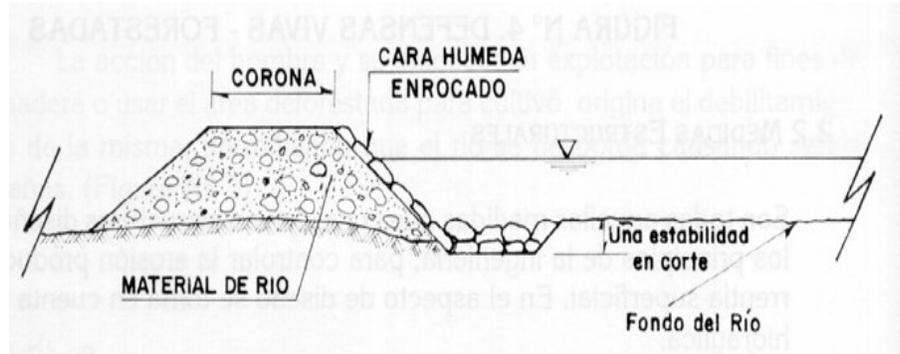
SUELOS COHESIVOS			SUELOS NO COHESIVOS		
Peso específico (T/m ³)	X	1/(X+1)	D (mm)	X	1/(X+1)
0.80	0.52	0.66	0.05	0.43	0.70
0.83	0.51	0.66	0.15	0.42	0.70
0.86	0.50	0.67	0.50	0.41	0.71
0.88	0.49	0.67	1.00	0.40	0.71
0.90	0.48	0.67	1.50	0.39	0.72
0.93	0.47	0.68	2.50	0.38	0.72
0.96	0.46	0.68	4.00	0.37	0.73
0.98	0.45	0.69	6.00	0.36	0.74
1.00	0.44	0.69	8.00	0.35	0.74
1.04	0.43	0.70	10.00	0.34	0.75
1.08	0.42	0.70	15.00	0.33	0.75
1.12	0.41	0.71	20.00	0.32	0.76
1.16	0.40	0.71	25.00	0.31	0.76
1.20	0.39	0.72	40.00	0.30	0.77
1.24	0.38	0.72	60.00	0.29	0.78
1.28	0.37	0.73	90.00	0.28	0.78
1.34	0.36	0.74	140.00	0.27	0.79
1.40	0.35	0.74	190.00	0.26	0.79
1.46	0.34	0.75	250.00	0.25	0.80
1.52	0.33	0.75	310.00	0.24	0.81
1.58	0.32	0.76	370.00	0.23	0.81
1.64	0.31	0.76	450.00	0.22	0.83
1.71	0.30	0.77	570.00	0.21	0.83
1.80	0.29	0.78	750.00	0.20	0.83
1.89	0.28	0.78	1000.00	0.19	0.84
2.00	0.27	0.79	0.70		

Nota: Adaptado de *Diseño y Construcción de Defensas Ribereñas*. Por Terán, 1998.

2.2.5.7. Diques Enrocados. Terán (1998) afirma que las estructuras de diques con roca colocada están compuestas principalmente por recursos del propio río, en una configuración de trapecio y recubiertas de roca maciza en la parte expuesta al agua. Pueden adoptar una forma continua o estar divididas en secciones prioritarias, especialmente en áreas donde hay corrientes que ejercen una fuerte capacidad erosiva.

Figura 1.

Diques enrocados



Nota: Adaptado de *Diseño y Construcción de Defensas Ribereñas*. Por Terán, 1998.

2.2.5.7.1. Diámetro de la Roca. Para hallar la dimensión de roca en obras de protección, el MTC (2011) propone diversos métodos:

- *Método de Maynard*

$$d_{50} = C_1 * y * F^3; \quad F = C_2 \left(\frac{V}{\sqrt{g * y}} \right)$$

Donde:

d_{50} = Diámetro medio de las rocas.

y = Profundidad de Flujo.

F = Numero de Froude.

$C_1; C_2$ = Factores de corrección.

V = Velocidad media del fluido.

Valores recomendados para C_1 y C_2 :

$$C_1 \left\{ \begin{array}{l} 0.28 \text{ Fondo plano} \\ 0.28 \text{ Talud } 1V: 3H \\ 0.32 \text{ Talud } 1V: 2H \end{array} \right.$$
$$C_2 \left\{ \begin{array}{l} 1.50 \text{ Tramos en curva} \\ 1.25 \text{ Tramos rectos} \\ 2.00 \text{ Extremos de espigones} \end{array} \right.$$

- Método del U.S. Department of Transportation

$$d_{50}^I = \frac{0.001V^3}{y^{0.5} * K_1^{1.5}} \quad \dots \text{En el sistema ingles}$$

$$K_1 = \left[1 - \left(\frac{\sin^2 \theta}{\sin^2 \phi} \right) \right]^{0.5}$$

$$C = C_{sg} * C_{sf}$$

$$C_{sg} = 2.12 / (\gamma_s - 1)^{1.5}$$

$$C_{sf} = (FS / 1.2)^{1.5}$$

$$d_{50} = Cd_{50}^I$$

Donde:

d_{50} = Diámetro medio de la roca.

y = Profundidad de Flujo.

K_1 = Factor de corrección.

C = Coeficiente de corrección.

V = Velocidad media del flujo.

θ = Ángulo del talud.

ϕ = Ángulo de reposo del enrocado.

γ_s = Peso específico del enrocado.

FS = Factor de seguridad.

Tabla 17.

Factor de Seguridad (FS)

CONDICIÓN	RANGO DEL FS
Flujo uniforme, longitud recta o curva mínima.	1.0-1.2
Flujo gradualmente variado, curva moderada.	1.3-1.6
Flujo rápidamente variado, curvas cerradas.	1.6-2.0

Nota: Adaptado de *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. Por MTC, 2011.

Según el Cuerpo de Ingeniero de Estados Unidos (1970, como se citó en Rios, 2022), se recomienda un tamaño mínimo del enrocado a emplear, siendo propuestas de la siguiente manera: debe ser mayor de $1.5d_{50}$ y por factores de construcción mínimo es 30cm. Sumado a eso, sugiere usar el valor máximo y añadir un incremento del 50% si el enrocado se instala bajo el agua.

2.2.5.7.2. Altura del Muro. La longitud del muro tiene la siguiente ecuación:

$$H_M = t + B_L$$

$$B_L = \Phi * (V^2/2g)$$

Donde:

H_M = Longitud del dique.

t = Tirante de máxima avenida.

B_L = Borde libre.

Φ = Coeficiente en base al caudal máximo y el desnivel.

Tabla 18.

Valores del coeficiente Φ

Caudal Máximo (m³/s)	Coeficiente Φ
3000 - 4000	2
2000 - 3000	1.7
1000 - 2000	1.4
500 - 1000	1.2
100 - 500	1.1

Nota: Adaptado de *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. Por MTC, 2011.

2.2.5.7.3. Ancho en la Base

$$A = 1.5 * H_s$$

Donde:

A = Ancho de la base.

H_s = Profundidad de socavación.

2.2.5.7.4. Ancho de Corona. Se puede considerar una longitud en la parte superior del dique de acuerdo al caudal de diseño determinado.

Tabla 19.

Ancho de corona según la descarga de diseño

Descarga de Diseño	Ancho de Corona
menos de 500	3
500 - 2000	4

Nota: Adaptado de *Diseño y Construcción de Defensas Ribereñas*. Por Terán, 1998.

2.2.5.7.5. Análisis de Estabilidad del Terraplén por Deslizamiento. La resistencia que actúa en contra del movimiento del terraplén se describe mediante las siguientes expresiones matemáticas:

$$R = W * \text{Tg}\phi$$

Donde:

R = Fuerza de apoyo.

W = Peso del relleno.

ϕ = Angulo de fricción interna.

$$P = P_w * t^2 / 2$$

Donde:

P = Presión del líquido.

P_w = Peso específico del líquido.

t = Tirante del líquido.

$$FR = R/P$$

Donde:

FR = Factor de seguridad.

R = Fuerza resistente.

P = Presión del líquido.

2.2.5.7.6. Análisis de Estabilidad por Asentamiento

$$qt = \frac{R}{A} * [1 \pm 6 * \frac{e}{B}]$$

Donde:

qt = Esfuerzo actuante de la estructura.

R = Sumatoria de esfuerzos verticales.

A = Área de la base de la defensa.

B = Base de la defensa.

e = Excentricidad.

$$e = B/2 - X$$

Donde:

e = Excentricidad ($e < B/6$)

B = Base del dique.

X = Ubicación de la resultante.

$$q_a \geq q_t$$

Donde:

q_a = Esfuerzo admisible del terreno.

q_t = Esfuerzo actuante del dique.

2.2.5.7.7. Análisis de Estabilidad por Fuerzas Cortantes. Se fundamenta en la evaluación de las fuerzas de corte originadas por las corrientes de agua en el conducto y en la habilidad de la cobertura de piedras para contrarrestar las fuerzas de corte ejercidas.

El esfuerzo cortante promedio para canales rectos en el que la corriente de agua es homogénea, se tiene la siguiente formula:

$$\bar{r}_0 = \gamma RS$$

Si:

$$V = C(RS)^{1/2}$$

$$RS = V^2/C^2$$

Donde:

\bar{r}_0 = Esfuerzo cortante promedio.

γ = Peso específico del agua.

R = Radio hidráulico.

S = Pendiente.

V = Velocidad media del flujo.

C = Coeficiente de Chezy.

Mientras que para canales rugosos:

$$\bar{r}_0 = \frac{\gamma V^2}{\left(18 * \log \frac{12.2R}{K}\right)^2}$$

Donde:

\bar{r}_0 = Esfuerzo cortante promedio.

γ = Peso específico del agua.

R = Radio hidráulico.

K = Rugosidad de la superficie del canal.

Rios (2022) resume que, en un canal ancho, el radio hidráulico se iguala a la profundidad. Así, en la fórmula previa, se usa la velocidad vertical promedio (V) y el parámetro K se cambia por el diámetro medio de las rocas (D50). Esto da lugar a la siguiente expresión:

$$r_0 = \frac{\gamma \bar{v}^2}{\left(18 * \log \frac{12.2R}{D50}\right)^2}$$

En el que:

r_0 = Esfuerzo de corte localizado.

γ = Peso específico del agua.

R = Radio hidráulico.

K = Rugosidad del canal.

\bar{V} = Velocidad promedio en dirección vertical.

Para un esfuerzo de corte específico en base a la velocidad promedio y la rugosidad de la superficie

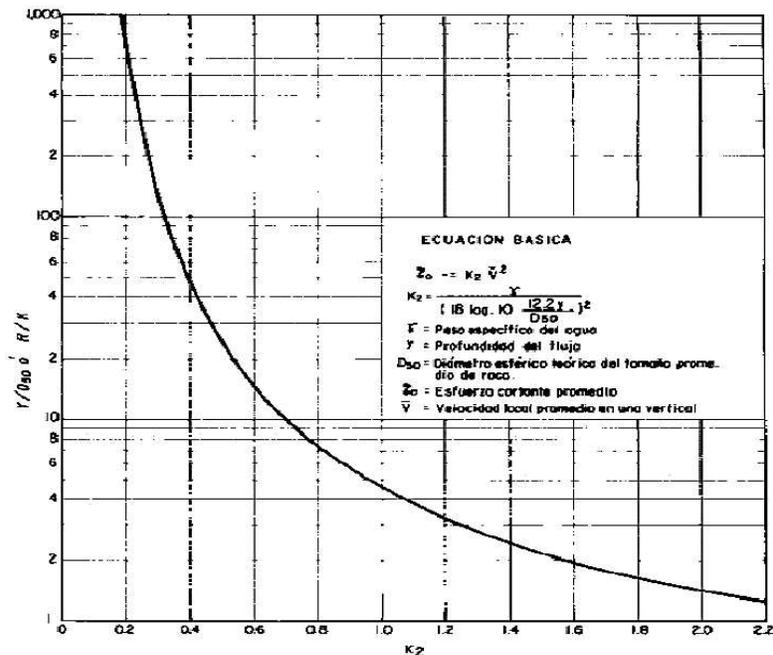
$$r_0 = K_2 * \bar{v}^2$$

Para una rugosidad equivalente del lecho

$$K_2 = \frac{\gamma}{\left(18 * \log \frac{12.2R}{D_{50}}\right)^2}$$

Figura 2.

Diagrama para esfuerzo de corte considerando el K2 y D50



Nota: Adaptado de Propuesta de una defensa ribereña en el río la Leche, tramo 01 km aguas arriba y 1km aguas debajo de la bocatoma Huaca de la Cruz – Íllimo – Lambayeque, por Medina y Serrano, 2019.

Rios (2022) señala que para los esfuerzos cortantes en curvas se debe multiplicar el esfuerzo local por la relación $\left(\frac{\tau_b}{\tau_a}\right)$:

$$\frac{\tau_b}{\tau_a} = \frac{2.65}{\left(\frac{r}{W}\right)^{0.5}}$$

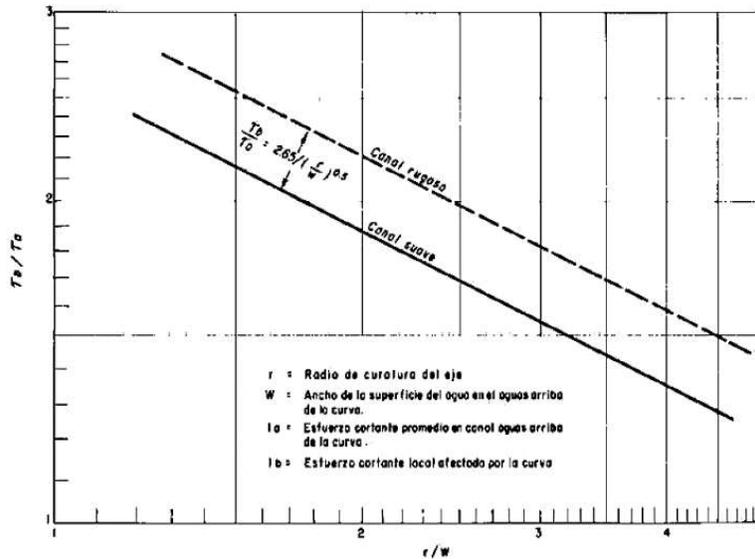
Entonces:

τ_b = Esfuerzo de corte promedio del canal aguas arriba.

τ_a = Esfuerzo de corte local influido por la curva.

Figura 3.

Relación de esfuerzos cortantes en canales curvos



Nota: Adaptado de Propuesta de una defensa ribereña en el río la Leche, tramo 01 km aguas arriba y 1km aguas debajo de la bocatoma Huaca de la Cruz – Íllimo – Lambayeque, por Medina y Serrano, 2019.

Para esfuerzo cortante local en curvas

$$\tau'_0 = r_0 * \frac{\tau_b}{\tau_a}$$

Donde:

τ'_0 = Esfuerzo cortante local en curvas.

τ_b = Esfuerzo de corte promedio del canal aguas arriba.

τ_a = Esfuerzo de corte local influido por la curva.

r_0 = Esfuerzo cortante local.

Rios (2022) proporciona la siguiente ecuación para calcular la fuerza de corte aplicada al lecho del canal:

$$\tau = a (\gamma_s - \gamma) * D_{50}$$

Donde:

γ_s = Peso específico de la roca.

γ = Peso específico del fluido.

a = Parámetro de canal amplio, se adopta 0.04.

D_{50} = Diámetro medio de la roca.

Mientras que, cuando se trate de enrocados puestos en inclinaciones, las formula será la siguiente:

$$\tau' = \tau * (1 - \text{Sen}2\theta/\text{Sen}2\phi)^{0.5}$$

Donde:

τ = Esfuerzo de corte ejercido en lecho del canal.

θ = Ángulo del talud.

ϕ = Ángulo de la roca en descanso.

Para relación de esfuerzos de corte τ' y τ

$$K_1 = \tau'/\tau = (1 - \text{Sen}2\theta/\text{Sen}2\phi)^{0.5}$$

El esfuerzo de corte local en cualquier área de la sección de un canal recubierto con roca no debe sobrepasar el límite establecido por el diseño que se realice. (Medina y Serrano, 2019).

Para límites de esfuerzos de corte:

$$\tau_0 \leq \tau'$$

2.2.5.7.8. Evaluación para Determinar la Utilización de Filtro. Es demasiado importante asegurar la estabilidad del revestimiento del talud sobre el que se instalará el enrocado, ya que esto protege el suelo de la erosión causada por el flujo de agua. Esto a su vez previene el desplazamiento de las partículas más pequeñas que constituyen el suelo protegido.

- Evaluación de la velocidad en el intervalo entre el enrocado y fondo

$$V_a = \frac{(D_{50}/2)^{2/3} * S^{1/2}}{nf}$$

Donde:

D_{50} = Diámetro medio de la roca.

S = Pendiente.

nf = Estado del filtro. (0.020 para filtro de geotextil o sin filtro; 0.025 para filtro de grava)

- Evaluación de la velocidad máxima de soporte del suelo sin experimentar erosión

$$V_a = 1.61 * (D_m)^{1/2}$$

Donde:

D_m = Tamaño medio de los componentes del suelo de base.

- Identificación del tipo de filtro

$$V_{a1} = V_a/4$$

Donde $V_{a1} > V_e$, Si se cumple la condición, entonces se usará el tipo de filtro de geotextil, sin embargo, si $V_{a1} < V_e$ el filtro a usarse será de grava.

- Dimensión del filtro

$$e = (20 \text{ a } 50) * D_{50\text{filtro}}$$

Donde D_{50} es el tamaño de las partículas del filtro de grava, el cual oscila entre 1cm a 1.5cm. A la vez, se considera que el $e < 30\text{cm}$ para considerar que el filtro es estable.

De acuerdo a las sugerencias de Terán (1998), se aconseja considerar la aplicación de

geotextil en la superficie húmeda del terraplén cuando el material natural proveniente del río contenga menos del 60% de componentes gruesos o cantos rodados. Esta medida busca prevenir filtraciones y mantener la estabilidad del talud. En situaciones contrarias, se propone la utilización de arcilla compactada como alternativa.

Según Zevallos (2015), el filtro granular se compone de una combinación de arena y grava. El grosor del estrato de filtro oscila entre 150mm y 450mm para un solo estrato, y varía entre 100mm y 200mm para estratos múltiples individuales. En cuanto al filtro de geotextil, es necesario establecer los requisitos de durabilidad, flexibilidad y dimensión de las cavidades.

Tabla 20.

Especificación para geotextil

Uso	Norma	Clase	No tejido	Tejido
Sistema de drenaje subterráneo	AASHTO M288	2	601	-----
		3	401	-----
División de rutas	AASHTO M289	2	601	250 ST
		3	401	180 ST
Solidificación de rutas	AASHTO M290	1	801	315 ST
		2	601	250 ST
Gestión de erosión	AASHTO M291	1	801	104 F
		3	401	104 F

Nota: adaptado de Diseño de la Defensa Ribereña para el Balneario Turístico Cocalmayo, Ubicado en la Margen Izquierda del Río Urubamba, por Zevallos, 2015.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

III. METODOLOGÍA

3.1. Enfoque de Investigación

El enfoque es cuantitativo, basado en el análisis de datos de caudales del río Santa. Estos datos se emplearán para modelar el flujo hidráulico y determinar las dimensiones adecuadas para la defensa ribereña en el C.P. Vinzos.

3.2. Alcance de Investigación

El alcance es explicativo, centrado en comprender las causas del comportamiento hidráulico del río Santa y su relación con el diseño de la defensa ribereña.

3.3. Diseño de Investigación

El diseño es no experimental, ya que no se manipulan variables. Se emplearán datos históricos y actuales de caudales del río Santa para analizar el comportamiento natural del flujo y dimensionar la defensa ribereña sin intervenir directamente en los fenómenos.

3.4. Población

La población está definida por la cuenca ribereña del río Santa, delimitada a un tramo de 1 km correspondiente al C.P. Vinzos, en el distrito de Chimbote, región de Áncash.

3.5. Muestra

La muestra considerada en este estudio es de tipo censal, dado que se tomará en cuenta la totalidad de la cuenca ribereña del tramo seleccionado del río Santa.

3.6. Operacionalización de Variables

3.6.1. Variables Independientes

Río Santa.

3.6.2. Variables Dependientes

Defensa ribereña.

Tabla 21.*Matriz de Consistencia*

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS PRINCIPAL	VARIABLE INDEPENDIENTE
¿Cuál es el resultado de evaluar el flujo hidráulico del río Santa para mejorar la defensa ribereña en Vinzos - 2022?	Evaluar el flujo hidráulico del Rio Santa para el dimensionamiento de defensa ribereña en Vinzos - 2022.	El flujo hidráulico del río Santa para determinar el dimensionamiento de la defensa ribereña en Vinzos es crítico.	Rio Santa
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS	VARIABLE DEPENDIENTE
¿Cuáles son las características físicas, hidrológicas e hidráulicas del Rio Santa en Vinzos - 2022?	Determinar las características físicas, hidrológicas e hidráulicas del Rio Santa en Vinzos - 2022.	Si se analizan las características físicas, hidrológicas e hidráulicas del Río Santa en Vinzos, se podrá describir el flujo hidráulico.	
¿Cómo es el flujo hidráulico del río Santa en Vinzos - 2022?	Medir el flujo hidráulico del Rio Santa en Vinzos usando el programa HEC RAS 6.5 – 2022.	El flujo hidráulico se podrá medir usando el programa HEC RAS 6.5.	Defensa ribereña
¿Cuál es el dimensionamiento de la defensa ribereña del Rio Santa en Vinzos - 2022?	Formular el dimensionamiento de la defensa ribereña del río Santa en Vinzos - 2022.	Si se determina el dimensionamiento de la defensa ribereña en Vinzos, entonces se podrá diseñar una estructura que proteja eficazmente la ribera del Río Santa en Vinzos.	

Tabla 22.

Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	TÉCNICA	INSTRUMENTO	
INDEPENDIENTE	Rio Santa	El Río Santa es un importante curso de agua en Áncash, Perú, que influye en diversas actividades locales y es vulnerable a crecidas y erosión.	Parámetros necesarios para la evaluación del flujo hidráulico del Río Santa.	Características físicas	Pendiente Perfil longitudinal	Observación estructurada	-Formatos topográficos de campo
				Características hidrológicas	Caudal máximo	Análisis documental	-Datos de estación hidrométrica
				Características hidráulicas	Flujo hidráulico	Simulación en programa Análisis documental	-Software HEC-RAS 6.5
					Caudal de diseño		-Formato caudal de diseño
				Periodo de retorno	-Formato periodo de retorno		
Características del suelo	Granulometría Límite de consistencia Contenido de humedad Capacidad portante	Ensayo de laboratorio	-Formato de análisis granulométrico -Formato de LP -Formato de contenido de humedad -Formato DPL				
DEPENDIENTE	Defensa ribereña	Estructura diseñada para proteger las orillas del río contra la erosión y desbordes, especialmente durante crecidas.	Dimensionamiento estructural, que implica calcular las dimensiones óptimas de la defensa (altura, ancho de base y profundidad) y seleccionar los materiales adecuados (como enrocado o gaviones) para garantizar su estabilidad.	Dimensionamiento de la defensa ribereña	Ancho estable Tirante crítico Velocidad media del flujo Profundidad de socavación Sección del dique Diámetro de la roca	Análisis documental	-Formato de datos hidráulicos -Formato de dimensionamiento del dique

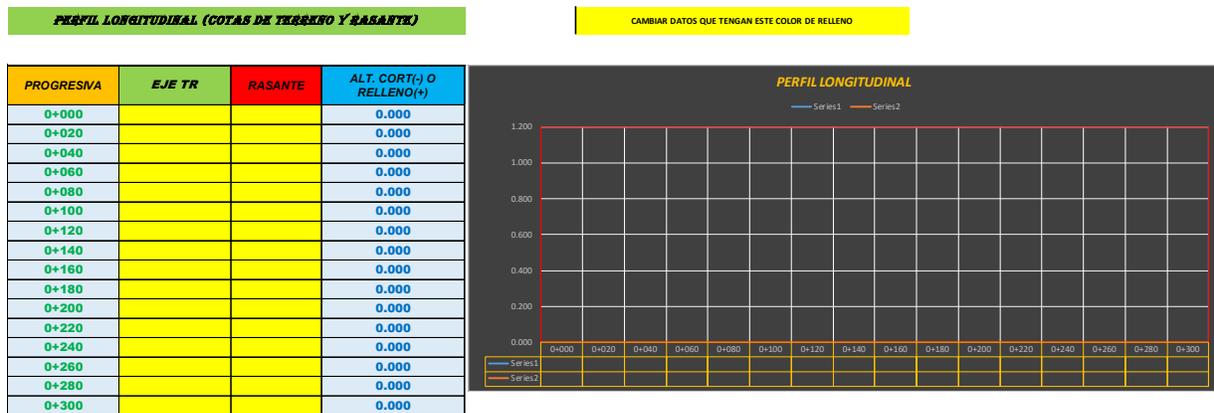
3.7. Técnicas de Instrumentos de Recolección de Datos

3.7.1. Características Físicas

- Para los indicadores pendiente y perfil longitudinal: Se uso la técnica de observación estructurada la cual consiste en la recolección de puntos topográficos. El instrumento usado fue formatos topográficos de campo.

Figura 4.

Formato de Topografía



3.7.2. Características Hidrológicas

- Para el indicador caudal máximo: Se usó la técnica de análisis documental para recopilar información hidrométrica. Se usó como instrumento los datos de la estación hidrométrica Condorcerro que mide los caudales máximos de la zona de estudio, los cuales fueron brindados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

Figura 5.

Caudales máximos de la estación hidrométrica Condorcerro

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROMEDIO
1977	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	69.939	55.885	59.291	59.641	74.183	126.658	141.587	48.932
1978	122.104	223.250	173.924	140.746	113.911	64.137	53.185	42.794	65.886	66.750	100.152	118.440	107.106
1979	125.833	248.506	505.335	231.269	102.074	63.123	51.588	50.616	61.735	73.889	100.828	113.315	144.009
1980	128.771	142.286	129.478	129.983	72.220	64.729	50.677	54.079	72.387	108.728	138.924	238.560	110.902
1981	159.377	477.125	394.021	177.720	86.748	66.864	54.730	47.593	44.422	89.582	171.013	195.027	163.685
1982	175.777	350.225	190.044	192.777	97.735	65.463	48.874	43.040	48.687	107.126	181.832	257.066	146.554
1983	341.403	202.610	386.130	330.833	153.502	89.475	63.765	53.363	53.963	70.464	94.293	176.884	168.057
1984	137.385	711.046	599.960	346.449	171.346	93.497	58.630	45.041	45.136	106.675	78.791	144.012	211.497
1985	142.461	158.507	172.454	174.484	83.499	46.654	35.256	34.402	52.219	53.213	62.726	89.844	92.143
1986	174.276	165.606	198.153	269.232	105.856	54.589	40.770	38.223	39.743	57.007	82.958	131.621	113.169
1987	301.586	292.715	215.411	159.068	113.706	55.173	46.300	41.365	48.878	62.397	114.260	173.576	135.370
1988	254.418	314.397	191.027	243.248	124.017	62.163	46.133	41.388	48.477	61.814	85.661	87.796	130.045
1989	203.242	339.424	345.226	312.688	106.014	61.294	39.877	33.781	37.449	100.527	90.540	67.335	144.783
1990	133.239	131.263	116.598	88.704	52.025	47.964	38.809	38.355	37.773	84.717	143.374	114.299	85.593
1991	120.505	143.835	353.973	134.748	89.977	49.225	38.796	38.557	39.335	54.195	61.608	85.251	100.834
1992	92.148	76.180	131.175	108.765	59.129	38.497	30.504	29.688	29.250	48.145	47.574	60.064	62.593
1993	105.059	324.372	740.336	616.426	170.270	60.513	43.808	38.807	57.645	96.195	202.907	275.851	227.682
1994	369.102	471.795	391.206	262.470	50.031	44.924	48.028	40.631	45.468	44.602	70.605	103.155	130.835
1995	141.888	151.905	227.951	230.104	77.821	46.706	38.657	41.124	42.982	47.319	94.787	114.403	104.637
1996	219.999	309.736	357.374	313.308	103.222	54.700	42.657	41.826	41.212	63.553	73.226	69.691	140.856
1997	103.605	192.155	135.586	73.213	57.950	39.396	37.551	37.579	48.523	52.473	112.276	279.134	97.453
1998	390.387	522.250	617.258	341.269	142.204	70.045	52.344	50.444	50.213	97.770	106.322	83.298	210.317
1999	163.145	508.917	315.505	209.689	533.048	118.989	44.980	43.572	531.577	60.165	66.310	148.448	228.695
2000	110.134	332.253	333.375	231.639	145.974	63.308	43.831	43.843	45.522	53.097	61.247	93.729	129.829
2001	367.909	307.281	500.886	227.114	77.960	56.627	47.839	44.468	49.759	57.371	172.958	180.729	174.242
2002	154.346	202.809	383.796	283.620	95.011	55.494	50.969	41.155	41.916	73.746	167.238	185.110	144.601
2003	165.071	221.185	258.159	190.291	85.061	56.344	46.923	44.099	42.514	81.862	60.805	135.421	115.644
2004	104.536	167.166	137.961	123.908	66.442	44.812	36.429	34.902	33.852	81.862	149.154	167.651	95.723
2005	148.376	179.794	294.185	0.000	78.217	54.337	0.000	45.867	47.282	62.575	67.696	115.819	91.179
2006	129.551	221.918	392.904	387.082	98.701	63.914	47.127	43.007	45.843	57.883	88.250	178.889	146.256
2007	218.343	196.786	320.957	330.607	117.025	59.684	46.002	43.383	39.401	64.001	107.782	90.223	136.183
2008	227.687	250.136	279.922	243.303	100.210	52.894	46.112	39.555	38.994	80.323	109.729	98.127	130.583
2009	251.185	418.725	489.253	439.653	130.234	66.312	52.656	46.564	48.010	93.571	141.030	284.656	205.154
2010	233.228	267.359	270.399	227.930	120.404	55.284	47.469	45.728	43.786	52.299	88.402	172.766	135.421
2011	213.348	217.694	208.428	283.995	92.656	50.003	40.485	42.170	38.855	42.917	76.896	181.815	124.105
2012	233.496	322.991	258.136	303.221	136.875	54.017	43.013	43.148	43.167	61.790	155.758	154.335	150.829
2013	190.594	265.936	181.757	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	45.385	96.759	99.235	219.158	91.569
2014	213.958	286.715	466.945	206.523	181.315	64.336	47.758	44.865	48.124	56.570	79.981	158.641	154.644
2015	276.995	246.538	382.381	241.550	158.991	68.010	0.000	46.919	50.229	64.304	86.077	144.775	147.231
2016	132.237	254.192	286.930	188.159	79.617	52.636	42.125	45.406	52.552	55.810	63.031	92.152	112.071
2017	188.733	221.822	466.572	316.281	174.990	80.241	55.925	52.174	52.060	62.236	65.871	123.258	155.014
2018	195.241	163.427	310.098	263.583	120.358	56.963	41.909	38.347	35.706	62.236	122.429	120.115	127.534
2019	166.084	303.378	348.800	222.435	108.206	62.099	47.428	42.718	46.799	56.704	88.064	213.792	142.209
2020	152.259	184.714	175.595	131.658	99.755	49.260	38.186	39.253	34.798	40.848	52.268	180.182	98.231
2021	312.250	199.874	280.034	240.313	108.405	60.599	41.145	38.591	41.602	87.465	112.748	195.385	143.201
2022	120.684	241.958	386.492	254.999	95.110	56.279	39.932	37.863	49.324	54.885	55.293	80.685	122.792
2023	184.201	262.435	568.790	405.884	270.607	56.835	48.470	46.115	47.215	84.406	192.413	0.000	180.614
PROMEDIO	187.152	263.727	316.402	230.446	115.073	58.896	42.841	42.036	56.708	69.511	103.659	145.448	

Nota. Obtenido del ANA

3.7.3. Características Hidráulicas

- *Para el indicador flujo hidráulico:* Se usó la técnica simulación en programa para modelar el flujo del río. Se usó como instrumento el software especializado HEC-RAS 6.5 que permitió modelar el flujo del agua.

- *Para el indicador caudal de diseño:* Se usó como técnica el análisis documental para conocer el procedimiento de los cálculos a usar. Como instrumento se usaron los formatos para

calcular el caudal de diseño mediante el método de Gumbel y Log Pearson III.

Figura 6.

Formato Caudal de Diseño por el Método de Gumbel

METODO DE GUMBEL- CAUDALES MÁXIMOS

año	caudal MAX (m³/s)	Qn
1977		
1978		
1979		
1980		
1981		
1982		
1983		
1984		
1985		
1986		
1987		
1988		
1989		
1990		
1991		
1992		
1993		
1994		
1995		
1996		
1997		
1998		
1999		
2000		
2001		
2002		
2003		
2004		
2005		
2006		
2007		
2008		
2009		
2010		
2011		
2012		
2013		
2014		
2015		
2016		
2017		
2018		
2019		
2020		
2021		
2022		
2023		

N =
YN =
σN =

$$\sigma_Q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n Q_i^2 - n * Q_m^2}{n - 1}}$$

$$Q_{max} = Q_m - \frac{\sigma_Q}{\sigma_n} (\bar{Y}_n - LnT)$$

$$\Delta Q = \pm \frac{1.14 * \sigma_Q}{\sigma_n}$$

$$Q_d = Q_{max} + \Delta Q$$

año	caudal MAX (m³/s)	año	caudal MAX (m³/s)
1977	2001	1977	2001
1978	2002	1978	2002
1979	2003	1979	2003
1980	2004	1980	2004
1981	2005	1981	2005
1982	2006	1982	2006
1983	2007	1983	2007
1984	2008	1984	2008
1985	2009	1985	2009
1986	2010	1986	2010
1987	2011	1987	2011
1988	2012	1988	2012
1989	2013	1989	2013
1990	2014	1990	2014
1991	2015	1991	2015
1992	2016	1992	2016
1993	2017	1993	2017
1994	2018	1994	2018
1995	2019	1995	2019
1996	2020	1996	2020
1997	2021	1997	2021
1998	2022	1998	2022
1999	2023	1999	2023
2000		2000	
2001		2001	
2002		2002	
2003		2003	
2004		2004	
2005		2005	
2006		2006	
2007		2007	
2008		2008	
2009		2009	
2010		2010	
2011		2011	
2012		2012	
2013		2013	
2014		2014	
2015		2015	
2016		2016	
2017		2017	
2018		2018	
2019		2019	
2020		2020	
2021		2021	
2022		2022	
2023		2023	

PERIODO DE RETO (T)	Ln(T)	Qmax
5	1.609	
10	2.303	
25	3.219	
50	3.912	
75	4.317	
100	4.605	
150	5.011	

PERIODO DE RETO (T)	Q-1/T	ΔQ
5	0.800	
10	0.900	
25	0.960	
50	0.980	
75	0.987	
100	0.990	
150	0.993	

PERIODO DE RETO (T)	Qd	ΔQ
5		
10		
25		
50		
75		
100		
150		

año	Qd	Qp
1977		
1978		
1979		
1980		
1981		
1982		
1983		
1984		
1985		
1986		
1987		
1988		
1989		
1990		
1991		
1992		
1993		
1994		
1995		
1996		
1997		
1998		
1999		
2000		
2001		
2002		
2003		
2004		
2005		
2006		
2007		
2008		
2009		
2010		
2011		
2012		
2013		
2014		
2015		
2016		
2017		
2018		
2019		
2020		
2021		
2022		
2023		

Σ Qi	Qm	Q'm	σQ
0.000			

0.00
n =
σn =
ȳn =

Σ Qi =
Σ Qi² =
Qm =

T = 5

σQ =

Qmax =

ΔQ =

Qd =

T = 10

σQ =

Qmax =

ΔQ =

Qd =

T = 25

σQ =

Qmax =

ΔQ =

Qd =

T = 50

σQ =

Qmax =

ΔQ =

Qd =

T = 75

σQ =

Qmax =

ΔQ =

Qd =

T = 100

σQ =

Qmax =

ΔQ =

Qd =

SUMATORIA

Figura 7.

Formato Cálculo de Caudal de Diseño por el Método de Log Pearson Tipo III

METODO DE LOG PEARSON TIPO III - CAUDALES MÁXIMOS

año	Qi	N =	Log Qmm =
1977			
1978			
1979			
1980			
1981			
1982			
1983			
1984			
1985			
1986			
1987			
1988			
1989			
1990			
1991			
1992			
1993			
1994			
1995			
1996			
1997			
1998			
1999			
2000			
2001			
2002			
2003			
2004			
2005			
2006			
2007			
2008			
2009			
2010			
2011			
2012			
2013			
2014			
2015			
2016			
2017			
2018			
2019			
2020			
2021			
2022			
2023			
SUMATORIA	0.000		

ANO	Qi	Log Qi	LogQi - LogQmm	(LogQi - LogQmm) ²	(LogQi - LogQmm) ³
1977					
1978					
1979					
1980					
1981					
1982					
1983					
1984					
1985					
1986					
1987					
1988					
1989					
1990					
1991					
1992					
1993					
1994					
1995					
1996					
1997					
1998					
1999					
2000					
2001					
2002					
2003					
2004					
2005					
2006					
2007					
2008					
2009					
2010					
2011					
2012					
2013					
2014					
2015					
2016					
2017					
2018					
2019					
2020					
2021					
2022					
2023					
SUMATORIA	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

$$\text{Log Qmm} = \frac{\sum \log Q_i}{N}$$

$$\sigma_{\log Q} = \sqrt{\frac{\sum (\log Q_i - \log Qmm)^2}{N - 1}}$$

$$A_g = \frac{N \cdot \sum (\log Q_i - \log Qmm)^3}{(N - 1)(N - 2)(\sigma_{\log Q})^3}$$

$$k = 2 + (z^2 - 1) \frac{C_{sk}}{6} + \frac{1}{3} (z^2 - 6z) \left(\frac{C_{sk}}{6} \right)^2 - (z^2 - 1) \left(\frac{C_{sk}}{6} \right)^3 + z \left(\frac{C_{sk}}{6} \right)^4 + \frac{1}{3} \left(\frac{C_{sk}}{6} \right)^5$$

DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE ASIMETRIA:

σ_{logQ}	A_g
σ = #DIV/0!	0

A_g =
Tr
β
w
z
K

INTERPOLANDO:

A _g	Periodo de retorno, años										
	1.0101	1.25	2	5	10	25	50	75	100	150	200

$$\text{Log Qm} = \text{Log Qmm} + K \cdot \sigma_{\log Q}$$

PERIODO DE RETC	K	LogQm	Qd
5	0.000	0.000	1.000
10	0.000	0.000	1.000
25	0.000	0.000	1.000
50	0.000	0.000	1.000
75	0.000	0.000	1.000
100	0.000	0.000	1.000
150	0.000	0.000	1.000



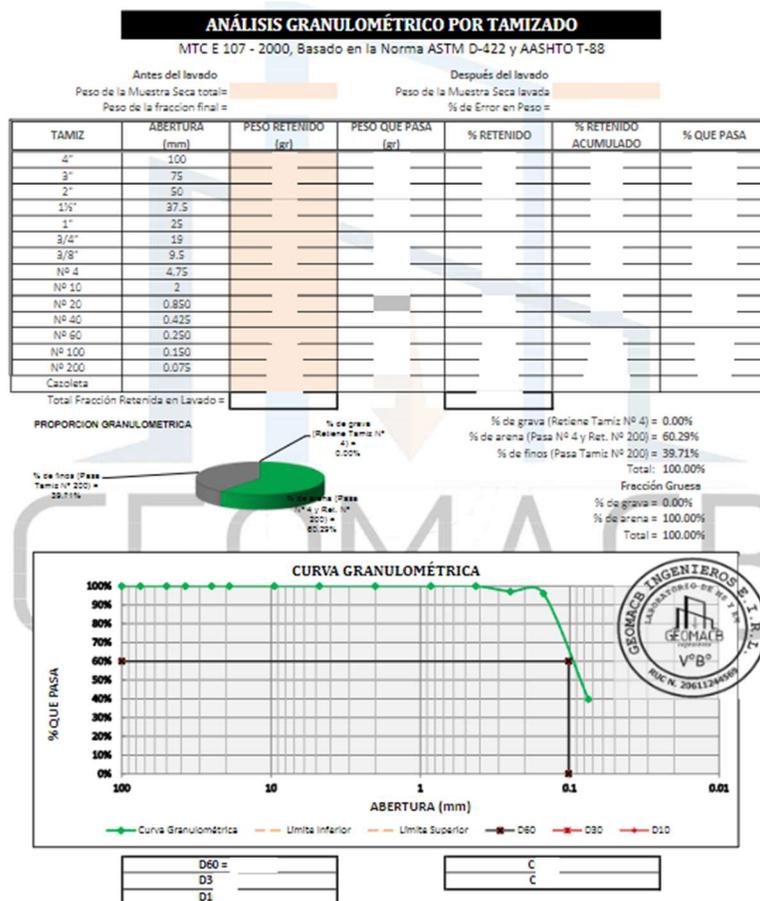
- Para el indicador periodo de retorno: Se usó la técnica de análisis documental para conocer el procedimiento de los cálculos a usar. Como instrumento se tiene el manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transporte donde se menciona las consideraciones a tener en cuenta para la selección del periodo de retorno.

3.7.4. Características del Suelo

- Para el indicador granulometría: Se usó la técnica de ensayo de laboratorio en mecánica de suelos. Como instrumento se usó el formato de análisis granulométrico donde se registran los resultados.

Figura 8.

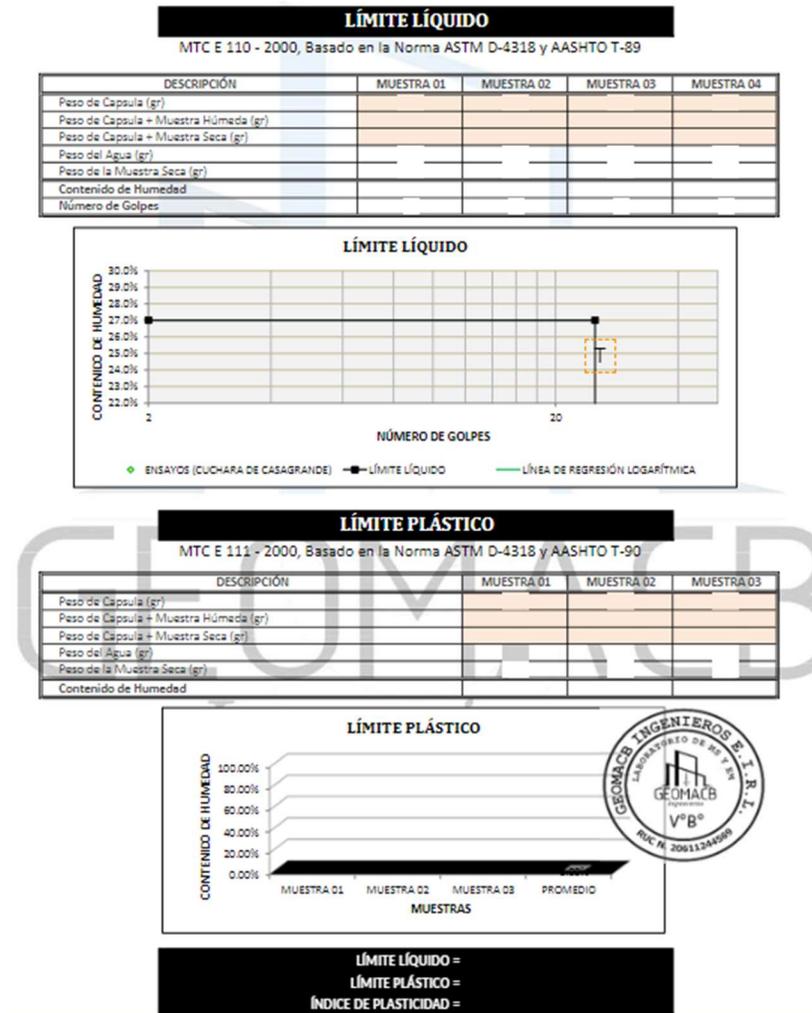
Formato de Ensayo de Granulometría



- Para el indicador límite de consistencia: Se usó la técnica de ensayo de laboratorio en mecánica de suelos. Como instrumento se usó el formato de límite de consistencia tanto límite plástico como límite líquido.

Figura 9.

Formato de Ensayo de Límite de Consistencia

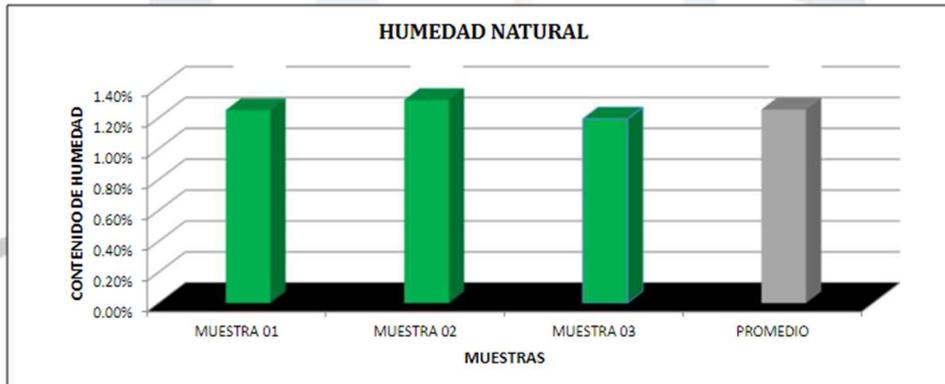


- Para el indicador contenido de humedad: Se usó la técnica de ensayo de laboratorio en mecánica de suelos. Como instrumento se usó el formato de contenido de humedad.

Figura 10.

Formato de Ensayo Contenido de Humedad

HUMEDAD NATURAL			
NTP - 339.127, Basado en la Norma ASTM D-2216			
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)			
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)			
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)			
Peso del Agua (gr)			
Peso de la Muestra Seca (gr)			
Contenido de Humedad			



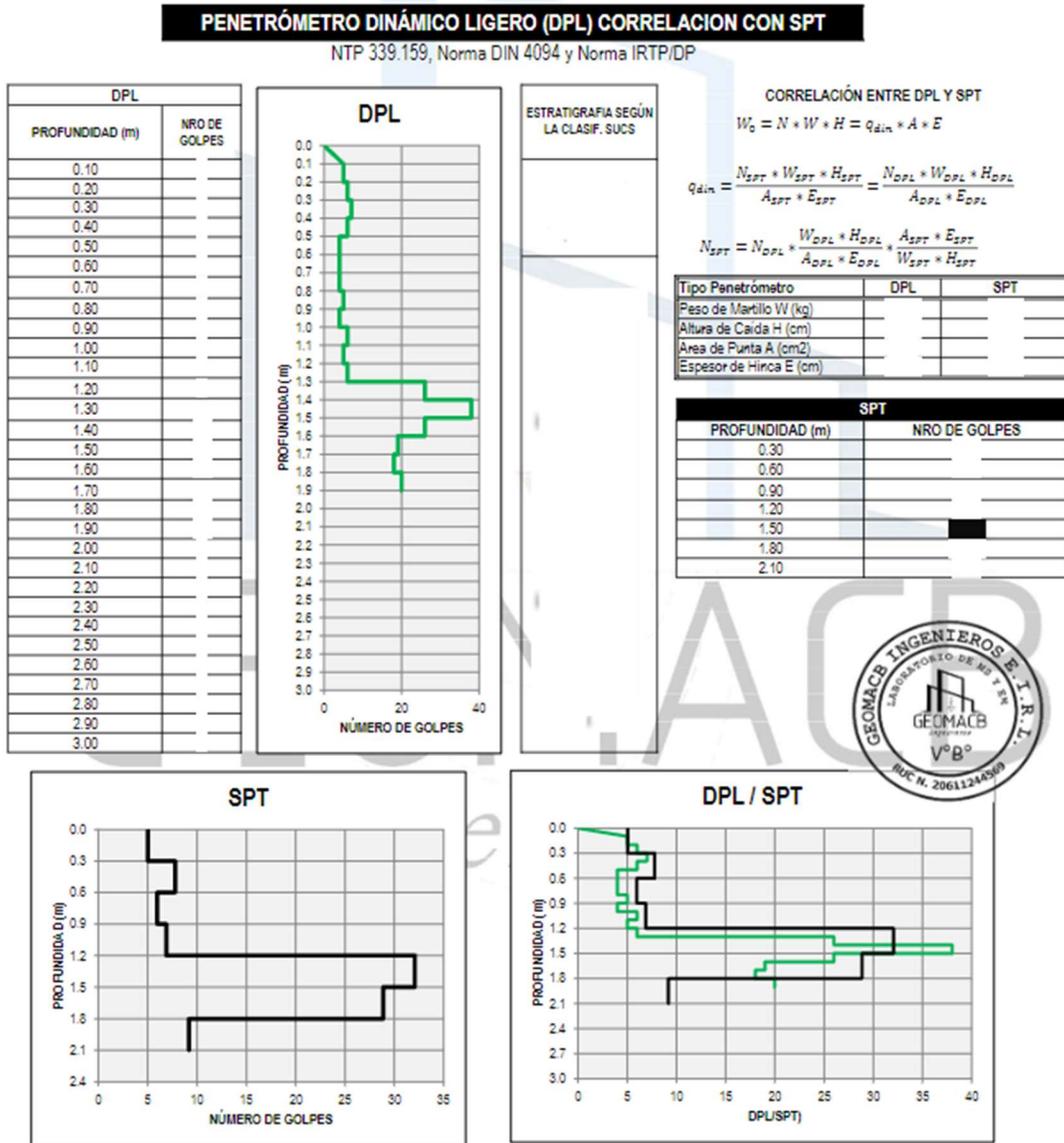
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL =



- Para el indicador capacidad portante: Se usó la técnica de ensayo de laboratorio en mecánica de suelos. Como instrumento se usó el formato de ensayo DPL-SPT.

Figura 11.

Formato de Ensayo DPL/SPT



3.7.5. Dimensionamiento de la Defensa Ribereña

- Para el indicador ancho estable, tirante crítico, velocidad media del flujo y profundidad de socavación: Se usó como técnica el análisis documental para conocer el procedimiento de los cálculos a usar. Como instrumento se usó el formato de los datos hidráulicos.

Figura 12.

Formato de Datos Hidráulicos

ANCHO ESTABLE				TIRANTE CRÍTICO Y VELOCIDAD MEDIA				PROFUNDIDAD DE SOCAVACION											
Recomendación Práctica				Tirante crítico por el Método de Manning-Strickler				Probabilidad de socavación para canales no cohesionados											
Cantidad de Diseño (Q) (m³/s)		ANCHO ESTABLE (B) (m)		DATOS		FORMULA		RESULTADO		DESCRIPCION		DATOS		FORMULA		RESULTADO			
0.000		0.000		Cantidad de diseño (Q)		0		0		Factor α		0.000		a = (Q/10 ³)(5/9) B ^{2/3}		0.000			
Método de Prins		FORMULA		RESULTADO		DESCRIPCION		FORMULA		RESULTADO		DESCRIPCION		FORMULA		RESULTADO			
Velocidad media (V)		B = 0.44 V ^{2/3} S ^{1/2}		B = 0.000 m		Fondo de agua (F)		F = (B / 2.2) V ^{2/3}		F = 0.00 m		Tirante de socavación para medio no cohesionado		Coeficiente por tiempo de retorno (K)		K = (10 ³ V ^{1.5}) / (0.68 * D ^{0.68} * D ^{0.20}) / (1.5 * v ^{1.5})		0	
Método de Simons y Henderson		FORMULA		RESULTADO		Pendiente (P)		A = (10 - 1) * V ^{1.2}		A = 0.00 m		Probabilidad de socavación		Tirante de diseño (D)		D = 1.5			
Cantidad de diseño (Q)		B = K ₁ V ^{2/3} (1.7)		B = 0.000 m		Radio Hidráulico (R)		R = A / P		R = 0.00 m									
Método de Blench		FORMULA		RESULTADO		Velocidad Media		DESCRIPCION		FORMULA		RESULTADO							
Cantidad de diseño (Q)		B = 0.02 (1.5) V ^{1.5}		B = 0.000 m		Cantidad de diseño (Q)		0		Radio Hidráulico (R)		0.00		V = (R ^{2/3} / 1.49) S		0.000			
Método de Altman-Manning		FORMULA		RESULTADO		Pendiente (S)		0.0000		Factor de rugosidad de Manning (n)		0.0000							
Cantidad de diseño (Q)		B = 0.02 (1.5) V ^{1.5}		B = 0.000 m		Determinación del Régimen de Flujo		DESCRIPCION		FORMULA		RESULTADO		ANÁLISIS					
Factor de rugosidad de Manning (n)		10K ^{1.48} / (13.1) S ^{0.048}		n = 0.000		Velocidad del agua (v)		v = (49.49 R ^{2/3} S ^{0.48}) / n		v = 0.00 m/s		Fondo de agua (F)		F = (B / 2.2) V ^{2/3}		F = 0.00 m			
Factor del tipo de alfiler (m)		0.000 m				Gravidad (g)		9.81 m/s²		Fondo de agua (F)		0.00 m		Fondo de agua (F)		0.00 m			
Revisión de Ancho Estable		MÉTODO		ANCHO ESTABLE (B)		Fondo de agua (F)		0.00 m		Fondo de agua (F)		0.00 m		Fondo de agua (F)		0.00 m			
Recomendación Práctica		0.000 m		Método de Prins		0.000 m		Método de Simons y Henderson		0.000 m		Método de Blench		0.000 m		Método de Altman-Manning		0.000 m	
PROMEDIO B =		0		PROMEDIO F =		0		ADAPTADO B =		0									

- Para el indicador sección del dique y diámetro de la roca: Se usó como técnica el análisis documental para conocer el procedimiento de los cálculos a usar. Como instrumento se usó el formato de cálculo de dimensionamiento del dique.

Figura 13.

Formato de Dimensionamiento de Dique

SECCION DEL DIQUE				DIAMETRO DE ROCA			
Altura del muro				Método de Maynard			
DESCRIPCION		DATOS		FORMULA		RESULTADO	
Borde Libre		Coeficiente en función de la máxima descarga y pendiente (Φ)		BL = Φ * (V ² /2g)		0.000	
Altura del muro		Tirante de diseño (t)		HM = t + BL		0.000	
Ancho de uña				Método del U.S. Department of Transportation			
DESCRIPCION		DATOS		FORMULA		RESULTADO	
Ancho de base		Profundidad de socavación		Au = 1.5 * Hs		Au = 0.00 m	
Ancho de corona				Método de Maynard			
DESCRIPCION		DATOS		FORMULA		RESULTADO	
Ancho de base		Caudal de diseño (Qd)		Según tabla en el parámetro de 500 - 2000		0.00 m³/s	
DESCRIPCION		DATOS		FORMULA		RESULTADO	
Espesor de enrocado		No debe ser menor de 1.5d50		Por razones de construcción, mínimo 30cm		F = 0.00 m	
		Mayor al tamaño máximo a usarse de la roca d100					

3.8. Técnicas de Análisis de Resultados

Para el OEI: Determinar las características físicas, hidrológicas e hidráulicas del Río Santa en Vinzos: Se procesaron los datos topográficos recolectados en el área de estudio, los cuales fueron analizados utilizando el software Civil 3D. Este proceso incluyó una primera fase de creación de perfiles transversales y longitudinales que representan las características del río en el tramo de interés. Se trazaron las secciones transversales a intervalos regulares para capturar la forma y el ancho del cauce en diferentes puntos, lo que permitió definir la pendiente media del río y observar variaciones en la forma del cauce, datos esenciales para el dimensionamiento posterior de la defensa ribereña.

En paralelo, se realizó un análisis hidrológico de los caudales máximos históricos del río, empleando registros de la estación hidrométrica Condorcerro, que abarcan un periodo significativo para obtener patrones representativos del comportamiento del caudal. Los datos recolectados fueron evaluados con los métodos probabilísticos de Gumbel y Log-Pearson Tipo III, ambos seleccionados por su confiabilidad en la estimación de caudales máximos. Cada método fue aplicado cuidadosamente para calcular los caudales de diseño correspondientes a distintos periodos de retorno, desde 5 hasta 150 años, asegurando así una proyección conservadora y adaptada a eventos de inundación máxima en el área de estudio. Este análisis permitió identificar las características de flujo que presenta el río en condiciones extremas, cumpliendo con los parámetros hidrológicos necesarios para una planificación segura.

Finalmente, el análisis hidráulico completó este objetivo. A partir de los resultados hidrológicos, se determinó el tipo de flujo y la velocidad media en el cauce, elementos que describen las condiciones bajo las cuales operaría la defensa ribereña y ayudan a proyectar sus dimensiones. La combinación de los análisis topográficos, hidrológicos e hidráulicos otorgó un

entendimiento completo de las características del río Santa en el área de Vinzos.

Para el OE2: Determinar el modelamiento hidráulico del Río Santa en Vinzos usando el programa computarizado HEC-RAS: Para identificar las zonas de inundación en el tramo de estudio, se empleó una simulación hidráulica en el software HEC-RAS. Como primer paso, la información topográfica procesada en Civil 3D fue convertida a un modelo digital de elevación (DEM), que permitió generar una representación precisa del cauce y sus alrededores. Este modelo fue importado a HEC-RAS, donde se trazaron los límites del flujo y se definieron las secciones transversales para el modelamiento del río.

En el siguiente paso, se configuraron los parámetros hidráulicos en HEC-RAS. Con base en la pendiente y el tipo de flujo identificado en el análisis anterior, se estableció que el flujo era predominantemente subcrítico, dado que el terreno tiene una inclinación moderada que favorece el movimiento del agua sin una aceleración excesiva. Los caudales de diseño obtenidos para los distintos periodos de retorno fueron ingresados en el software para realizar las simulaciones correspondientes.

A continuación, se ejecutaron simulaciones de flujo para periodos de retorno de 5, 10, 25, 50, 75, 100 y 150 años. Los resultados de cada simulación permitieron visualizar las zonas de inundación en estos distintos escenarios, mostrando las áreas aledañas al cauce que estarían en riesgo durante eventos de caudales altos. Este modelamiento hidráulico resultó fundamental para identificar áreas vulnerables y guiar la ubicación óptima y el diseño de la defensa ribereña.

Para el OE3: Determinar el dimensionamiento de la defensa ribereña del Río Santa en Vinzos: Con los datos obtenidos de las características del río y el modelamiento hidráulico, se procedió al dimensionamiento de la defensa ribereña. En esta etapa, se calculó el ancho estable del río mediante varios métodos reconocidos en el diseño hidráulico, como el método de Petits y el

método de Blench. Estos métodos permitieron establecer una sección estable para el cauce, asegurando que el ancho elegido sea adecuado para contener el flujo bajo las condiciones esperadas.

A continuación, se calculó el tirante crítico, considerando el caudal de diseño y las propiedades físicas del río. La pendiente del tramo y el coeficiente de rugosidad de Manning se emplearon en estas fórmulas para obtener una estimación precisa de la altura de la defensa. También se determinó la profundidad de socavación, un parámetro clave para definir la profundidad de la cimentación de la defensa ribereña. En este caso, al ser el suelo en gran medida no cohesivo, se aplicaron las ecuaciones correspondientes para suelos de esta naturaleza, lo cual ayudó a calcular una profundidad de socavación que asegura estabilidad y resistencia.

Para finalizar el dimensionamiento, se seleccionaron los materiales estructurales, definiendo el tamaño de las rocas de la defensa mediante métodos de cálculo del U.S. Department of Transportation y el método de Maynard. Este paso aseguró que los materiales elegidos sean de la resistencia y tamaño adecuados para soportar las condiciones de flujo máximas proyectadas en el área de estudio.

Para concluir con el análisis y garantizar la efectividad de la defensa ribereña, se llevó a cabo una evaluación exhaustiva de la estabilidad estructural. En primer lugar, se analizó la resistencia de la defensa frente al deslizamiento. Para esto, se evaluaron las fuerzas de fricción y resistencia en la base de la estructura, asegurando que el diseño propuesto cumpla con los factores de seguridad establecidos para evitar desplazamientos debido a la presión ejercida por el flujo.

Luego, se evaluó la estabilidad de la defensa frente al asentamiento, verificando que el terreno y los materiales seleccionados soportaran la carga de la estructura sin sufrir deformaciones o hundimientos significativos. Este análisis incluyó la revisión de los esfuerzos de soporte del

terreno, lo cual es esencial para prevenir fallos estructurales a largo plazo.

Finalmente, se realizó el análisis de estabilidad frente a las fuerzas cortantes que ejerce el flujo del río, especialmente durante los eventos de caudales máximos. Este paso implicó evaluar la capacidad de la estructura para resistir el desgaste producido por el agua, garantizando que la defensa ribereña permanezca estable y funcional aún bajo condiciones de flujo intenso. Este análisis de estabilidad completa el proceso de diseño y asegura que la estructura proyectada será adecuada para proteger el área de Vinzos ante eventos de inundación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y

DISCUSIÓN

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Características Físicas

4.1.1.1. Topografía. Con el fin de conocer la información de las características físicas de la superficie del río Santa en el área de investigación, se procedió principalmente con el levantamiento topográfico, donde se obtuvieron los datos de los desniveles y la pendiente, siendo, este último, un parámetro importante para el dimensionamiento de la estructura.

Para ello, fue importante la ubicación del sector de evaluación, abarcando una longitud de 1km donde se encuentran tierras de cultivo en el margen izquierdo del río.

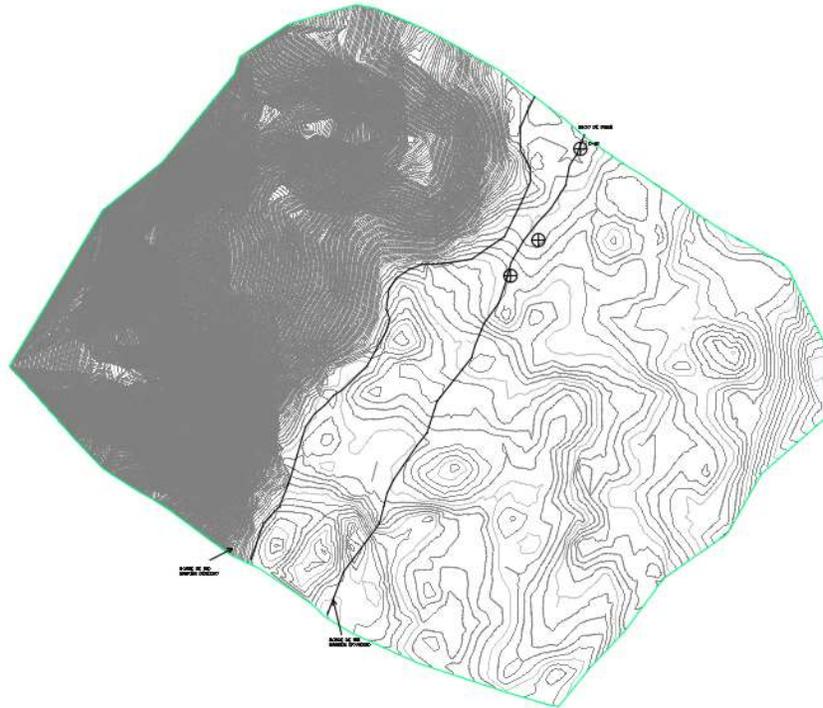
Figura 14.

Ubicación del sector en evaluación



Figura 15.

Curvas de nivel del área de investigación



El intervalo de las curvas de nivel menores está a 0.50m y las curvas de nivel mayores están a 2.50m en toda el área delimitada que fue extendida hasta 2.00 kilómetros aproximadamente de río.

4.1.1.2. Suelo. Se realizaron diversos ensayos en el tramo de estudio para saber las propiedades físico-mecánicas del suelo. En el sitio se realizaron 3 calicatas de profundidad 1.50m ubicadas en la progresiva 0+010 la calicata 03, progresiva 0+370 la calicata 02 y progresiva 0+530 la calicata 01 para extraer una muestra de terreno natural en cada punto y fueron sometidas a diferentes ensayos como el análisis granulométrico por tamizado, el contenido de humedad natural, límites de consistencia donde no se presentó limite liquido ni limite plástico, y la clasificación de suelos mediante los métodos de AASTO arrojando un tipo de suelo A-4 (Suelo limoso) en las

calicatas 01 y 03, y tipo de suelo A-1-a (Fragmento de piedra grava y arena) en la calicata 02, mientras que por el método SUCS obtuvimos un tipo de suelo SM (Arena limosa) en las calicatas 01 y 03, y tipo de suelo GM (Grava limosa) en la calicata 02.

Además, se efectuó un ensayo de penetración dinámica ligera – DPL en la progresiva 0+600 llegando hasta una profundidad de 1.90m. Este ensayo consistió en introducir varillas de acero de 1m de longitud que son anexados entre si mientras se van penetrando mediante golpes con un martillo que se fue acoplado a la varilla expuesta a la superficie, el martillo tuvo un peso de 10 kg dejándose caer a una altura de 0.50m. Con los números de golpes obtenidos, se procesaron para determinar la capacidad de carga admisible del terreno.

4.1.2. Características Hidrológicas

4.1.2.1. Datos de la Estación Hidrométrica. De acuerdo la Estación Condorcerro, siendo esta la más cercana al río Santa en el C.P Vinzos, se obtuvo el registro de los caudales instantáneos de los últimos 47 años, entre el año 1977 hasta el año 2023.

Después de procesar los datos registrados por la Estación Condorcerro, tal como se muestra en la tabla 23, se obtienen los caudales máximos anuales comprendidos desde el año 1977 al año 2023, teniendo el registro más bajo en el año 1992 con un caudal $Q_{max} = 131.175 \text{ m}^3/\text{seg}$ mientras que el registro más alto se obtuvo en el año 1993 con un caudal $Q_{max} = 740.336 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Tabla 23.*Caudales Instantáneos Registrados por la Estación Condorcero Entre los Años 1977-2023*

AÑO	ENE	FEBR	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
1977	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	69.939	55.885	59.291	59.641	74.183	126.658	141.587	48.932
1978	122.104	223.250	173.924	140.746	113.911	64.137	53.185	42.794	65.886	66.750	100.152	118.440	107.106
1979	125.833	248.506	505.335	231.269	102.074	63.123	51.588	50.616	61.735	73.889	100.828	113.315	144.009
1980	128.771	142.286	129.478	129.983	72.220	64.729	50.677	54.079	72.387	108.728	138.924	238.560	110.902
1981	159.377	477.125	394.021	177.720	86.748	66.864	54.730	47.593	44.422	89.582	171.013	195.027	163.685
1982	175.777	350.225	190.044	192.777	97.735	65.463	48.874	43.040	48.687	107.126	181.832	257.066	146.554
1983	341.403	202.610	386.130	330.833	153.502	89.475	63.765	53.363	53.963	70.464	94.293	176.884	168.057
1984	137.385	711.046	599.960	346.449	171.346	93.497	58.630	45.041	45.136	106.675	78.791	144.012	211.497
1985	142.461	158.507	172.454	174.484	83.499	46.654	35.256	34.402	52.219	53.213	62.726	89.844	92.143
1986	174.276	165.606	198.153	269.232	105.856	54.589	40.770	38.223	39.743	57.007	82.958	131.621	113.169
1987	301.586	292.715	215.411	159.068	113.706	55.173	46.300	41.365	48.878	62.397	114.260	173.576	135.370
1988	254.418	314.397	191.027	243.248	124.017	62.163	46.133	41.388	48.477	61.814	85.661	87.796	130.045
1989	203.242	339.424	345.226	312.688	106.014	61.294	39.877	33.781	37.449	100.527	90.540	67.335	144.783
1990	133.239	131.263	116.598	88.704	52.025	47.964	38.809	38.355	37.773	84.717	143.374	114.299	85.593
1991	120.505	143.835	353.973	134.748	89.977	49.225	38.796	38.557	39.335	54.195	61.608	85.251	100.834
1992	92.148	76.180	131.175	108.765	59.129	38.497	30.504	29.688	29.250	48.145	47.574	60.064	62.593
1993	105.059	324.372	740.336	616.426	170.270	60.513	43.808	38.807	57.645	96.195	202.907	275.851	227.682
1994	369.102	471.795	391.206	262.470	50.031	44.924	48.028	40.631	45.468	44.602	70.605	103.155	161.835

1995	141.888	151.905	227.951	230.104	77.821	46.706	38.657	41.124	42.982	47.319	94.787	114.403	104.637
1996	219.999	309.736	357.374	313.308	103.222	54.470	42.657	41.826	41.212	63.553	73.226	69.691	140.856
1997	103.605	192.155	135.586	73.213	57.950	39.396	37.551	37.579	48.523	52.473	112.276	279.134	97.453
1998	390.387	522.250	617.258	341.269	142.204	70.045	52.344	50.444	50.213	97.770	106.322	83.298	210.317
1999	163.145	508.917	315.505	209.689	533.048	118.989	44.980	43.572	531.577	60.165	66.310	148.448	228.695
2000	110.134	332.253	333.375	231.639	145.974	63.308	43.831	43.843	45.522	53.097	61.247	93.729	129.829
2001	367.909	307.281	500.886	227.114	77.960	56.627	47.839	44.468	49.759	57.371	172.958	180.729	174.242
2002	154.346	202.809	383.796	283.620	95.011	55.494	50.969	41.155	41.916	73.746	167.238	185.110	144.601
2003	165.071	221.185	258.159	190.291	85.061	56.344	46.923	44.099	42.514	81.862	60.805	135.421	115.644
2004	104.536	167.166	137.961	123.908	66.442	44.812	36.429	34.902	33.852	81.862	149.154	167.651	95.723
2005	148.376	179.794	294.185	0.000	78.217	54.337	0.000	45.867	47.282	62.575	67.696	115.819	91.179
2006	129.551	221.918	392.904	387.082	98.701	63.914	47.127	43.007	45.843	57.883	88.250	178.889	146.256
2007	218.343	196.786	320.957	330.607	117.025	59.684	46.002	43.383	39.401	64.001	107.782	90.223	136.183
2008	227.687	250.136	279.922	243.303	100.210	52.894	46.112	39.555	38.994	80.323	109.729	98.127	130.583
2009	251.185	418.725	489.253	439.653	130.234	66.312	52.656	46.564	48.010	93.571	141.030	284.656	205.154
2010	233.228	267.359	270.399	227.930	120.404	55.284	47.469	45.728	43.786	52.299	88.402	172.766	135.421
2011	213.348	217.694	208.428	283.995	92.656	50.003	40.485	42.170	38.855	42.917	76.896	181.815	124.105
2012	233.496	322.991	258.136	303.221	136.875	54.017	43.013	43.148	43.167	61.790	155.758	154.335	150.829
2013	190.594	265.936	181.757	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	45.385	96.759	99.235	219.158	91.569
2014	213.958	286.715	466.945	206.523	181.315	64.336	47.758	44.865	48.124	56.570	79.981	158.641	154.644
2015	276.995	246.538	382.381	241.550	158.991	68.010	0.000	46.919	50.229	64.304	86.077	144.775	147.231
2016	132.237	254.192	286.930	188.159	79.617	52.636	42.125	45.406	52.552	55.810	63.031	92.152	112.071

2017	188.733	221.822	466.572	316.281	174.990	80.241	55.925	52.174	52.060	62.236	65.871	123.258	155.014
2018	195.241	163.427	310.098	263.583	120.358	56.963	41.909	38.347	35.706	62.236	122.429	120.115	127.534
2019	166.084	303.378	348.800	222.435	108.206	62.099	47.428	42.718	46.799	56.704	88.064	213.792	142.209
2020	152.259	184.714	175.595	131.658	99.755	49.260	38.186	39.253	34.798	40.848	52.268	180.182	98.231
2021	312.250	199.874	280.034	240.313	108.405	60.599	41.145	38.591	41.602	87.465	112.748	195.385	143.201
2022	120.684	241.958	386.492	254.999	95.110	56.279	39.932	37.863	49.324	54.885	55.293	80.685	122.792
2023	184.201	262.435	568.790	405.884	270.607	56.835	48.470	46.115	47.215	84.406	192.413	0.000	180.614
PROMEDIO	187.152	263.727	316.402	230.446	115.073	58.896	42.841	42.036	56.708	69.511	103.659	145.448	

Tabla 24.*Caudales Máximos Registrados por la Estación Condorcerro Entre los Años 1977-2023*

PERIODO	Q_{MAX}	PERIODO	Q_{MAX}
1977	141.587	2001	500.886
1978	223.250	2002	383.796
1979	505.335	2003	258.159
1980	238.560	2004	167.651
1981	477.125	2005	294.185
1982	350.225	2006	392.904
1983	386.130	2007	330.607
1984	711.046	2008	279.922
1985	174.484	2009	489.253
1986	269.232	2010	270.399
1987	301.586	2011	283.995
1988	314.397	2012	322.991
1989	345.226	2013	265.936
1990	143.374	2014	466.945
1991	353.973	2015	382.381
1992	131.175	2016	286.930
1993	740.336	2017	466.572
1994	471.795	2018	310.098
1995	230.104	2019	348.800
1996	357.374	2020	184.714
1997	279.134	2021	312.250
1998	617.258	2022	386.492
1999	533.048	2023	568.790
2000	333.375		

4.1.3. Características Hidráulicas

4.1.3.1. Cálculo de Caudales de Diseño

4.1.3.1.1. *Método Gumbel.* Primeramente, calculamos la desviación estándar muestral, según la Ecuación 7., teniendo que determinar previamente la sumatoria del cuadrado de los caudales máximos y el cuadrado del promedio de los mismos, teniendo en cuenta que N es el valor del número de datos registrados, en este caso N=47.

Tabla 25.

Desviación Estándar Muestral para los Datos Entre los Años 1977-2023

ΣQ^2i	Q_m	Q^2m	σ_Q
6743981.477	352.846	124500.607	139.288

Luego determinamos el caudal máximo (Q_{max}), para ello se debe seleccionar de acuerdo al número de datos N=47, los valores de Y_N y σ_N , según la tabla 2: $Y_N = 0.54730$ y $\sigma_N = 1.15570$. Con esos valores procedemos a calcular el caudal máximo para diferentes periodos de retorno:

Tabla 26.

Caudales Máximos por el Método Gumbel

PERIODO DE RETORNO (T)	Ln(T)	Q_{max}
5	1.609	480.858
10	2.303	564.398
25	3.219	674.832
50	3.912	758.372
75	4.317	807.239
100	4.605	841.912
150	5.011	890.779

Después determinamos el intervalo de confianza que nos permite tener un grado de certeza sobre la precisión de nuestros resultados, como la mayoría de los valores de \emptyset son mayores a 0.9, entonces se toma la ecuación 9.

Tabla 27.*Intervalo de Confianza*

PERIODO DE RETORNO (T)	$\emptyset = 1 - 1/T$	ΔQ (m³/s)
5	0.800	137.396
10	0.900	137.396
25	0.960	137.396
50	0.980	137.396
75	0.987	137.396
100	0.990	137.396
150	0.993	137.396

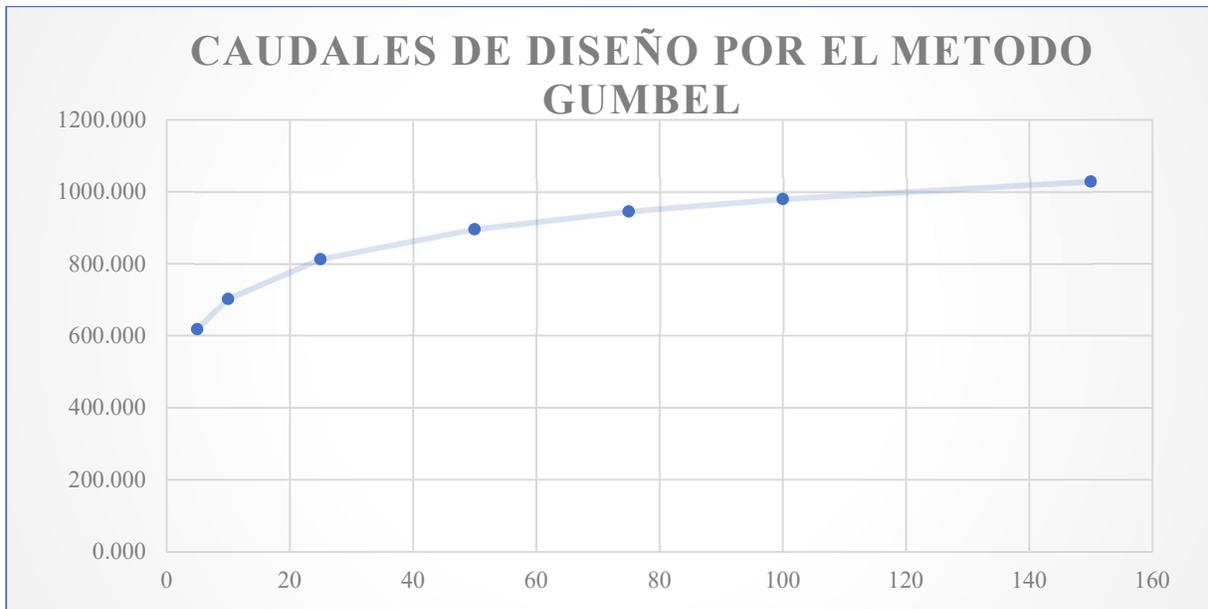
Finalmente se determina el caudal de diseño para los diferentes periodos de retorno:

Tabla 28.*Caudales de Diseño para Diferentes Periodos de Retorno por el Método Gumbel*

PERIODO DE RETORNO (años)	Q_d (m³/s)
5	618.254
10	701.794
25	812.228
50	895.768
75	944.635
100	979.308
150	1028.175

Figura 16.

Caudales de Diseño por el Método Gumbel



4.1.3.1.2. Método Log-Pearson Tipo III. Este procedimiento recomienda convertir los datos registrados de los caudales máximos a sus logaritmos.

Tabla 29.*Logaritmo de los Caudales para el Cálculo del Caudal Medio Máximo*

AÑO	Qi	Log Qi
1977	141.587	2.1510
1978	223.250	2.3488
1979	505.335	2.7036
1980	238.560	2.3776
1981	477.125	2.6786
1982	350.225	2.5443
1983	386.130	2.5867
1984	711.046	2.8519
1985	174.484	2.2418
1986	269.232	2.4301
1987	301.586	2.4794
1988	314.397	2.4975
1989	345.226	2.5381
1990	143.374	2.1565
1991	353.973	2.5490
1992	131.175	2.1179
1993	740.336	2.8694
1994	471.795	2.6738
1995	230.104	2.3619
1996	357.374	2.5531
1997	279.134	2.4458
1998	617.258	2.7905
1999	533.048	2.7268
2000	333.375	2.5229
2001	500.886	2.6997
2002	383.796	2.5841
2003	258.159	2.4119
2004	167.651	2.2244
2005	294.185	2.4686
2006	392.904	2.5943
2007	330.607	2.5193
2008	279.922	2.4470
2009	489.253	2.6895
2010	270.399	2.4320
2011	283.995	2.4533
2012	322.991	2.5092

2013	265.936	2.4248
2014	466.945	2.6693
2015	382.381	2.5825
2016	286.930	2.4578
2017	466.572	2.6689
2018	310.098	2.4915
2019	348.800	2.5426
2020	184.714	2.2665
2021	312.250	2.4945
2022	386.492	2.5871
2023	568.790	2.7550
SUMATORIA	16583.782	118.1708

Con estos datos se logró determinar el caudal medio máximo, teniendo en cuenta el número de datos del registro de caudales N=47, según la siguiente fórmula:

$$\text{Log Qmm} = \frac{\sum \log Q_i}{N}$$

$$\text{Log Qmm} = 118.171 / 47$$

$$\text{Log Qmm} = 2.514$$

De acuerdo a ellos se definen los siguientes coeficientes para el cálculo de la desviación estándar y el coeficiente de asimetría.

Tabla 30.*Logaritmo de los Caudales para el Cálculo del Caudal Medio Máximo*

AÑO	Qi	Log Qi	LogQi - LogQmm	(LogQi - LogQmm)²	(LogQi - LogQmm)³
1977	141.587	2.1510	-0.3633	0.1320	-0.0479
1978	223.250	2.3488	-0.1655	0.0274	-0.0045
1979	505.335	2.7036	0.1893	0.0358	0.0068
1980	238.560	2.3776	-0.1367	0.0187	-0.0026
1981	477.125	2.6786	0.1643	0.0270	0.0044
1982	350.225	2.5443	0.0300	0.0009	0.0000
1983	386.130	2.5867	0.0724	0.0052	0.0004
1984	711.046	2.8519	0.3376	0.1140	0.0385
1985	174.484	2.2418	-0.2725	0.0743	-0.0202
1986	269.232	2.4301	-0.0842	0.0071	-0.0006
1987	301.586	2.4794	-0.0349	0.0012	-0.00004
1988	314.397	2.4975	-0.0168	0.0003	0.00000
1989	345.226	2.5381	0.0238	0.0006	0.00001
1990	143.374	2.1565	-0.3578	0.1280	-0.0458
1991	353.973	2.5490	0.0347	0.0012	0.0000
1992	131.175	2.1179	-0.3964	0.1572	-0.0623
1993	740.336	2.8694	0.3551	0.1261	0.0448
1994	471.795	2.6738	0.1595	0.0254	0.0041
1995	230.104	2.3619	-0.1524	0.0232	-0.0035
1996	357.374	2.5531	0.0388	0.0015	0.0001
1997	279.134	2.4458	-0.0685	0.0047	-0.0003
1998	617.258	2.7905	0.2762	0.0763	0.0211
1999	533.048	2.7268	0.2125	0.0451	0.0096
2000	333.375	2.5229	0.0086	0.0001	0.0000
2001	500.886	2.6997	0.1854	0.0344	0.0064
2002	383.796	2.5841	0.0698	0.0049	0.0003
2003	258.159	2.4119	-0.1024	0.0105	-0.0011
2004	167.651	2.2244	-0.2899	0.0840	-0.0244
2005	294.185	2.4686	-0.0457	0.0021	-0.0001
2006	392.904	2.5943	0.0800	0.0064	0.0005
2007	330.607	2.5193	0.0050	0.0000	0.0000
2008	279.922	2.4470	-0.0673	0.0045	-0.0003
2009	489.253	2.6895	0.1752	0.0307	0.0054
2010	270.399	2.4320	-0.0823	0.0068	-0.0006
2011	283.995	2.4533	-0.0610	0.0037	-0.0002
2012	322.991	2.5092	-0.0051	0.0000	0.0000

2013	265.936	2.4248	-0.0895	0.0080	-0.0007
2014	466.945	2.6693	0.1550	0.0240	0.0037
2015	382.381	2.5825	0.0682	0.0047	0.0003
2016	286.930	2.4578	-0.0565	0.0032	-0.0002
2017	466.572	2.6689	0.1546	0.0239	0.0037
2018	310.098	2.4915	-0.0228	0.0005	0.0000
2019	348.800	2.5426	0.0283	0.0008	0.0000
2020	184.714	2.2665	-0.2478	0.0614	-0.0152
2021	312.250	2.4945	-0.0198	0.0004	0.0000
2022	386.492	2.5871	0.0728	0.0053	0.0004
2023	568.790	2.7550	0.2407	0.0579	0.0139
SUMATORIA	16583.782	118.1708	-0.0013	1.4115	-0.0663

Tabla 31.

Desviación Estándar y Coeficiente de Asimetría

$\sigma_{\log Q}$	Ag
0.1752	-0.2799

Como el valor del coeficiente de asimetría $Ag = -0.2799$ esta entre el rango de -0.2 y -0.4 , el cual no se encuentra en el cuadro 3 de los valores de K para la distribución del modelo Log-Pearson tipo III, entonces se realizó la interpolación para llegar a los valores requerido según el periodo de retorno:

Tabla 32.

Interpolación para Valores de K Según el Coeficiente de Asimetría

Ag	Periodo de retorno, años										
	1.0101	1.25	2	5	10	25	50	75	100	150	200
-0.200	-2.472	-0.830	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.086	2.178	2.305	2.388
-0.2799	-2.529	-0.824	0.046	0.852	1.247	1.650	1.901	2.033	2.118	2.237	2.313
-0.400	-2.615	-0.816	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	1.953	2.029	2.135	2.201

Teniendo los valores de K definidos, se procedió a calcular los caudales de diseño para los periodos de retorno designados, tal como 5, 10, 25, 50, 75, 100 y 150 años.

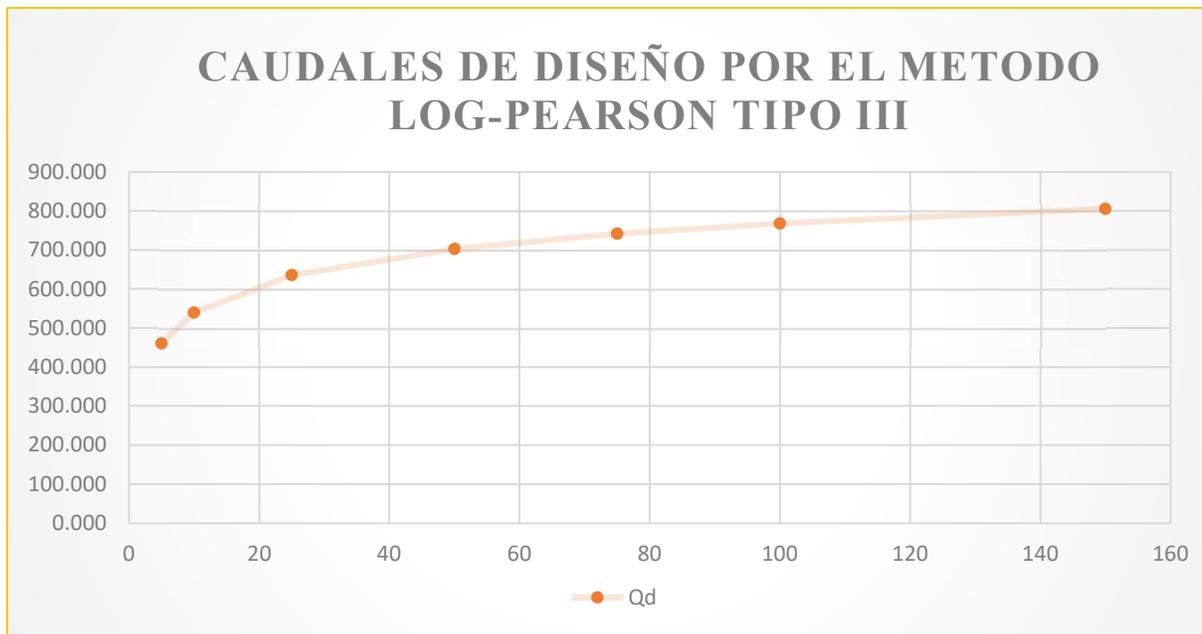
Tabla 33.

Caudales de Diseño para Diferentes Periodos de Retorno por el Método Log-Pearson Tipo III

PERIODO DE RETORNO (T)	K	LogQm	Qd (m3/s)
5	0.852	2.664	460.832
10	1.247	2.733	540.470
25	1.650	2.803	635.922
50	1.901	2.847	703.451
75	2.033	2.870	741.982
100	2.118	2.885	768.049
150	2.237	2.906	805.686

Figura 17.

Caudales de Diseño por el Método Log-Pearson Tipo III



Cuadro Resumen de Caudales de Diseño

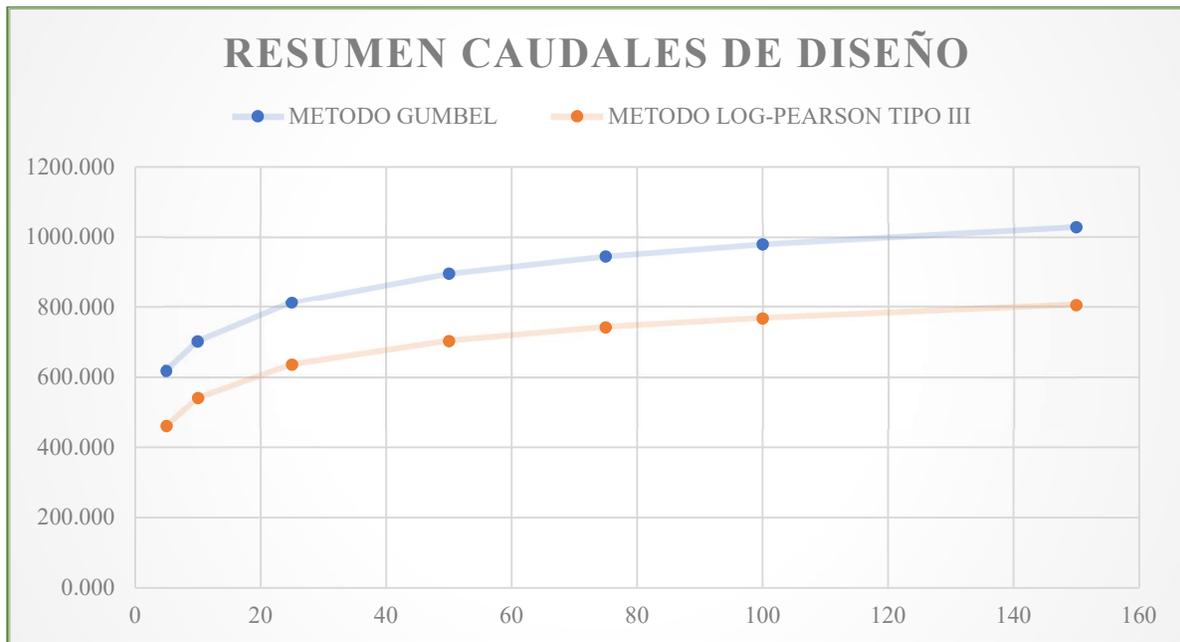
Tabla 34.

Resumen de Caudales de Diseño

PERIODO DE RETORNO (T)	METODO GUMBEL	METODO LOG-PEARSON TIPO III
5	618.254	460.832
10	701.794	540.470
25	812.228	635.922
50	895.768	703.451
75	944.635	741.982
100	979.308	768.049
150	1028.175	805.686

Figura 18.

Resumen de Caudales de Diseño



4.1.3.2. Selección del Periodo de Retorno. La probabilidad de no colapso en una obra de construcción se refiere a la posibilidad de que, durante su vida útil, no ocurra un evento de magnitud mayor al que se le contempló en el diseño para los años de función. Esto implica que la

estructura está diseñada para resistir evento de cierta magnitud y la estructura no colapsará en caso se presenten eventos de menos escala.

Es por ello que se tomó en cuenta la recomendación del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y se optó por considerar los siguientes parámetros:

- Riesgo de falla admisible $R=25\%$
- Vida útil de defensa ribereña $n=40\text{años}$

Entonces calculamos el periodo de retorno de acuerdo a los datos considerados:

$$25\% = 1 - (1 - 1/T)^{40}$$

$$T = 139.54 \text{ Años}$$

$T = 150$ Años es el periodo utilizado para el presente proyecto.

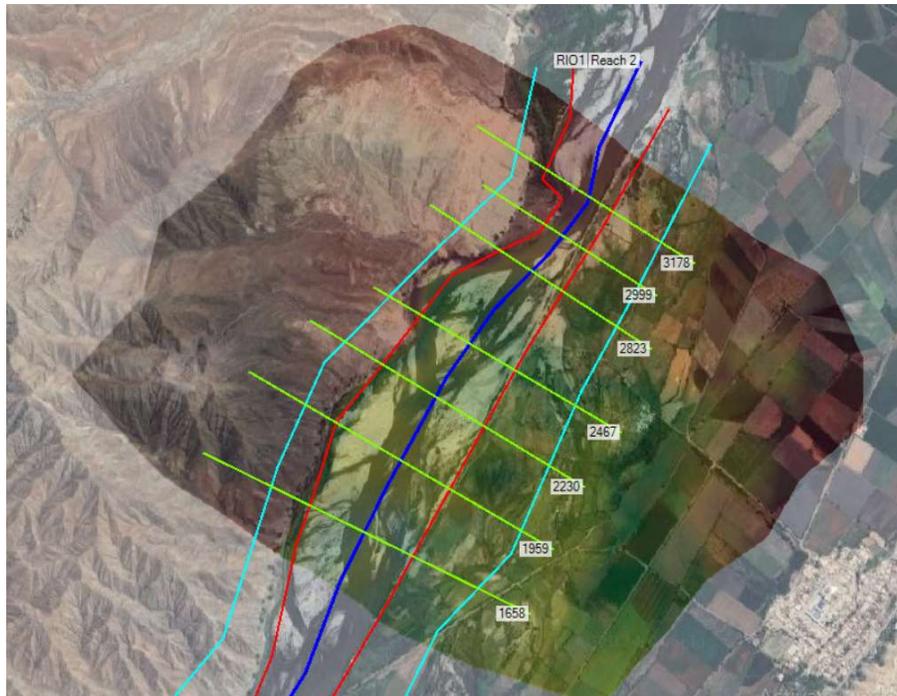
De los cálculos realizados se tomó como caudal máximo de diseño $Q_d = 1028.175 \text{ m}^3/\text{seg}$, según el cuadro resumen de caudales de diseño para un periodo de retorno determinado de 150 años, debido a que el método de Gumbel arroja el caudal más alto a comparación de lo estimado en el método de Log-Pearson tipo III.

4.1.3.3. Modelamiento en HEC-RAS 6.5. El inicio del proceso para conocer las zonas en riesgo de inundación se dio en la conversión de la superficie generada en Autodesk Civil 3D a un archivo DEM que es compatible para el programa Hec-Ras versión 6.5 donde se realizó el modelamiento.

Mediante el uso de herramientas en Hec-Ras se trazaron diferentes líneas donde se encuentra el eje aproximado del río, el camino por la cual se transporta el fluido, y las secciones transversales que fueron delineadas en distancias variables, generándose 7 secciones, detalladas en la siguiente figura.

Figura 19.

Trazado del tramo de estudio en Hec-Ras



De acuerdo a las condiciones físicas del río Santa, tenemos un coeficiente de rugosidad de 0.035 y una pendiente de 0.6%, el flujo de análisis fue un flujo subcrítico en consecuencia de la pendiente, las cuales son introducidas al modelamiento, así mismo encontramos que el tipo de flujo en esa área del Rio es No Permanente debido a que los caudales cambian en relación al tiempo, sin embargo, para la simulación de inundación fueron considerados solo los caudales máximos para los periodos de retorno de 5, 10, 25, 50, 75, 100 y 150 años, lo que conlleva a generar un modelo con flujo permanente en toda la longitud de estudio.

Figura 20.

Simulación de inundación para el periodo de retorno de 5 años



Figura 21.

Simulación de inundación para el periodo de retorno de 10 años



Figura 22.

Simulación de inundación para el periodo de retorno de 25 años



Figura 23.

Simulación de inundación para el periodo de retorno de 50 años



Figura 24.

Simulación de inundación para el periodo de retorno de 75 años



Figura 25.

Simulación de inundación para el periodo de retorno de 100 años

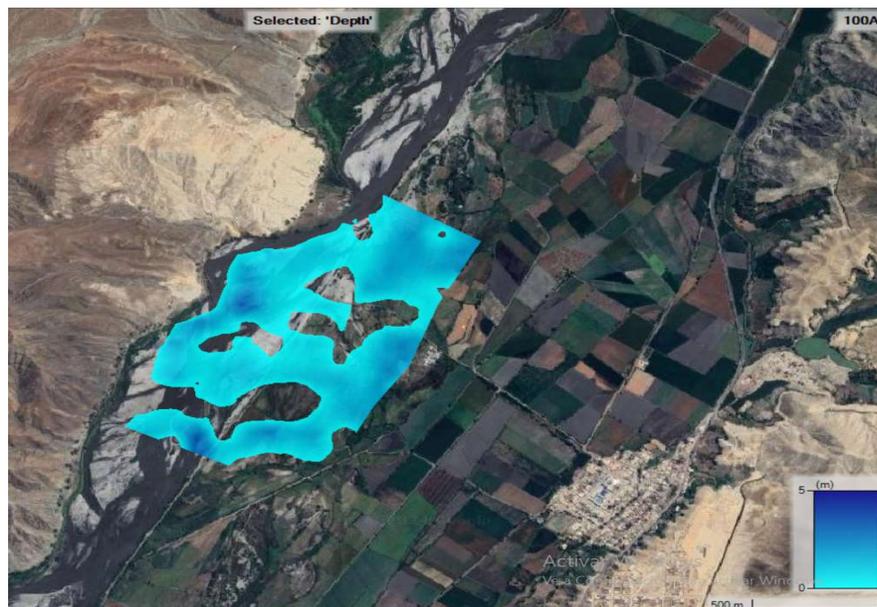


Figura 26.

Simulación de inundación para el periodo de retorno de 150 años



Del análisis realizado en los escenarios tomados en cuenta, observamos que el nivel del agua llega a inundar las áreas de cultivo adyacentes al río en la zona de Vinzos. De acuerdo a los antecedentes producidos, se conoció que en épocas de lluvias intensas el río Santa en este sector llega a obtener caudales de hasta más de 500 m³/seg., lo que provoca que sobrepase el nivel estimado y se desborde, dañando cientos de hectáreas de cultivos y perjudicando a muchos productores que tienen como único sustento económico estas actividades de agricultura.

4.1.4. Dimensionamiento de la Defensa Ribereña

4.1.4.1. Sección Estable. Se realizó el cálculo del ancho estable por 5 métodos diferentes:

4.1.4.1.1. Por el Método Practico

Tabla 35.

Ancho Estable por el Método Práctico

Caudal de Diseño	Q (m3/s)	ANCHO ESTABLE (B2)
1028.175	3000	200
	2400	190
	1500	120
	1000	100
	500	70

Como tenemos el caudal de diseño elegido para un periodo de retorno de 150 años, el cual es 1028.175 m³/seg. la recomendación práctica una serie de valores de acuerdo el caudal de diseño determinado, de acuerdo a ello obtener un ancho estable de B=100 m.

4.1.4.1.2. Por el Método de Petits

Tabla 36.

Ancho Estable por el Método de Petits

DATOS	FORMULA	RESULTADO
Caudal de diseño (Q) = 1028.175	$B = 4.44 * Q^{0.5}$	B = 142.369m

4.1.4.1.3. Por el Método de Blench

Tabla 37.

Ancho Estable por el Método de Blench

DATOS		FORMULA	RESULTADO
Caudal de diseño (Q)	1028.175		
Factor de fondo (Fb)	0.8	$B=1.81*((Q*Fb)/F_s)^{1/2}$	B= 164.156 m
Factor de fondo (Fs)	0.1		

4.1.4.1.4. Por el Método de Altunin-Maning

Tabla 38.

Ancho Estable por el Método de Altunin-Maning

DATOS		FORMULA	RESULTADO
Caudal de diseño (Q)	1028.175		
Pendiente (S)	0.0060	$B = (Q^{1/2} / S^{1/5}) * (nK^{5/3})^{3/(3+5m)}$	B= 111.600 m
Factor de rugosidad de Manning (n)	0.035		
Factor del tipo de Material de rio (K)	10		
Factor del tipo de afluente (m)	0.7		

4.1.4.1.5. Resumen del Ancho Estable

Tabla 39.

Resumen de valores del Ancho Estable por Diferentes Métodos

METODO	ANCHO ESTABLE (B)
Recomendación Practica.	100.000 m
Método de Petits	142.369 m
Método de Blench	164.156 m
Método de Altunin-Maning	111.600 m

Se adopta una sección o ancho estable $B = 130$ m como promedio de los diferentes métodos propuestos y por adaptarse a la zona de estudio.

4.1.4.2. Tirante Crítico y Velocidad Media del Flujo

Tabla 40.

Tirante Crítico por el Método de Manning-Strickler

DATOS		FORMULA	RESULTADO
Caudal de diseño (Q)	1028.175		
Sección estable (B)	130	$Y = [Q / (K_s * B * S^{1/2})]^{3/5}$	Y = 2.17 m
Coefficiente de rugosidad (Ks)	28		
Pendiente (S)	0.0060		

Según el método de Manning-Strickler, obtenemos como resultado de tirante crítico

Y=2.17m.

Cuando el talud es 1:1 ; entonces Z=1

Tabla 41.

Radio Hidráulico

DESCRIPCION	FORMULA	RESULTADO
Espejo de agua (T)	$T = B + 2 * Z * Y$	T = 134.35 m
Perímetro (P)	$P = B + 2 * (Z^2 + Y^2)^{1/2}$	P = 134.78 m
Área (A)	$A = (B + T) * Y / 2$	A = 287.26 m ²
Radio Hidráulico (R)	$R = A / P$	R = 2.13 m

Tabla 42.*Velocidad Media*

DATOS		FORMULA	RESULTADO
Caudal de diseño (Q)	1028.175		
Radio Hidráulico (R)	2.13	$V = (R^{2/3} * S^{1/2}) / n$	V = 3.67 m/seg
Pendiente (S)	0.0060		
Factor de rugosidad Manning (n)	0.0350		

Según los cálculos realizados obtenemos:

$$Y = 2.17 \text{ m}$$

$$V = 3.67 \text{ m/seg}$$

4.1.4.3. Profundidad de Socavación**Tabla 43.***Profundidad de Socavación para Suelos No Cohesivos*

DESCRIPCION	DATOS	FORMULA	RESULTADO
	Caudal de diseño (Qd)	1028.175	
	Ancho estable (B)	130.00	
Factor α	Aceleración de la gravedad (g)	9.81	$\alpha = Qd / (t^{5/3} * B * \mu)$
	Factor de contracción (μ)	0.99	
	Tirante de diseño (t)	2.17	
Tirante de socavación para suelos no cohesivos	Diámetro medio (Dm)	3.00	$Ts = [(\alpha * t^{5/3}) / (0.68 * \beta * Dm^{0.28})]^{1/(x+1)}$
	Coficiente por tiempo de retorno (β)	1.01	
	Exponente que depende del diámetro del agregado (x)	0.38	
Profundidad de socavación	Tirante de diseño (t)	2.17	$Hs = Ts - t$
			Hs = 2.56 m

Adoptamos una profundidad de socavación para suelos no cohesivos $H_s=3.00\text{m}$, lo cual será la altura de la uña del dique, por lo tanto:

$$H_s = \text{Huña} = 3.00\text{m}$$

4.1.4.4. Sección del Dique

Tabla 44.

Altura del Muro

DESCRIPCION	DATOS	FORMULA	RESULTADO	
Borde Libre	Coeficiente en función de la máxima descarga y pendiente (Φ)	1.4	$BL = \Phi (V^2/2g)$	BL = 0.96 m
	Velocidad media (V)	3.67		
	Aceleración de la gravedad (g)	9.81		
Altura del muro	Tirante de diseño (t)	2.17	$HM = t + BL$	HM = 3.13 m

Adoptamos la altura del muro a $HM = 3.50\text{ m}$

Tabla 45.

Ancho de Uña

DESCRIPCION	DATOS	FORMULA	RESULTADO	
Ancho de base	Profundidad de socavación	3.00	$Au = 1.5 * H_s$	Au = 4.50 m

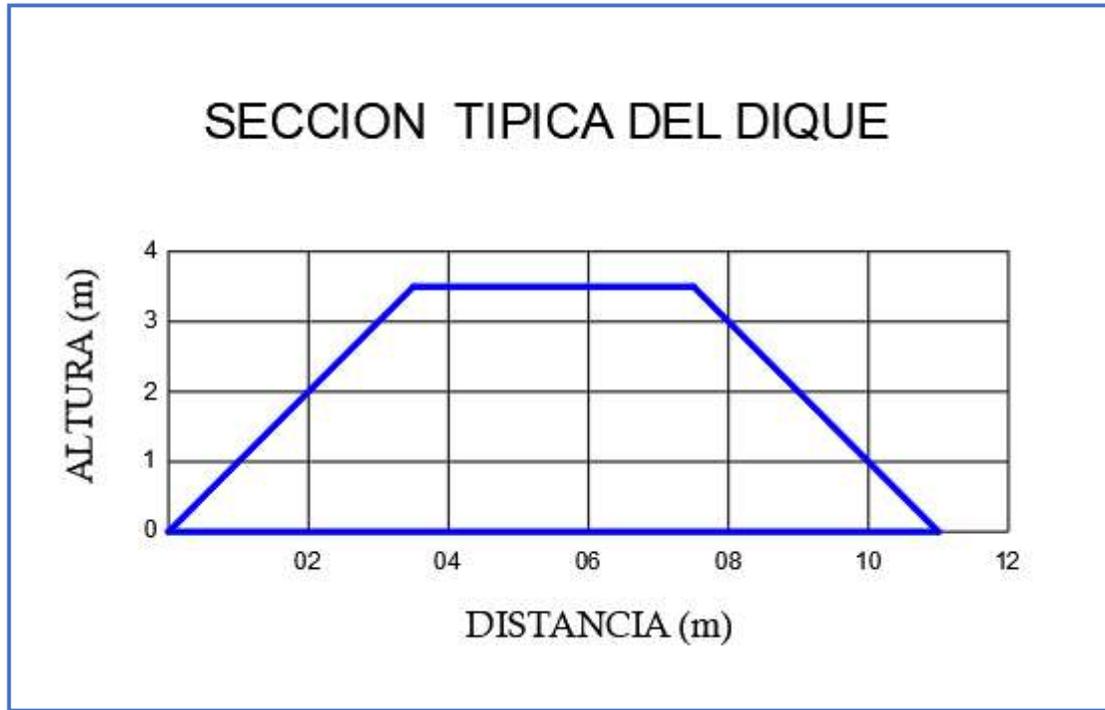
Tabla 46.

Ancho de Uña

DESCRIPCION	DATOS	FORMULA	RESULTADO	
Ancho de base	Caudal de diseño (Qd)	1028.175	Según tabla está en el parámetro de 500 - 2000	Ac = 4.00 m

Figura 27.

Sección Típica del Dique



4.1.4.5. Diámetro de la Roca

Tabla 47.

Método de Maynard

DESCRIPCION	DATOS		FORMULA	RESULTADO
	Coefficiente de corrección (C2)	1.25		
Numero de Froude	Velocidad media (V)	3.67	$F = C2 * (V / (g * y)^{1/2})$	F = 0.99
	Gravedad (g)	9.81		
Diámetro medio de roca (d50)	Coefficiente de corrección (C1)	0.32	$d50 = C1 * y * F^3$	d50 = 0.68 m
	Tirante critico (y)	2.17		

Tabla 48.*Método del U.S. Department of Transportation*

DESCRIPCION	FORMULA	RESULTADO
Coefficiente de corrección por la gravedad específica (Csg)	$C_{sg} = 2.12 / (\gamma_s - 1)^{1.5}$	$C_{sg} = 0.89$
Coefficiente de corrección por estabilidad (Csf)	$C_{sf} = (FS/1.2)^{1.5}$	$C_{sf} = 1.54$
Factor de corrección (K1)	$K1 = [1 - (\sin^{2\theta} / \sin^{2\phi})]^{0.5}$	$K1 = 0.77$
Diámetro medio de roca (d50)	$d50 = C * (0.001V^3) / (y^{0.5} * K1^{1.5})$	$d50 = 0.40 \text{ m}$
	En el sistema ingles	
	$d50 = C * (0.00594V^3) / (y^{0.5} * K1^{1.5})$	
	En el sistema internacional	

Para este método se consideró un ángulo de inclinación del material de roca en estado de reposo de $\phi=45^\circ$, ya que el talud es 1:1, mientras que el ángulo de inclinación de la sección de roca expuesta al agua es de $\theta=26.57^\circ$ debido al talud 1:2. El peso específico de la roca es de $\gamma_s=2.78 \text{ g/cm}^3$ determinado a través de ensayos realizados al material en laboratorio, así mismo se estimó un factor de seguridad $F_s=1.60$ al considerarse que el flujo en ese tramo es gradualmente variado.

Por lo tanto, entre ambos métodos se escogió el diámetro mayor, adoptándose de la siguiente manera:

$$\text{Diámetro de roca adoptado (d50)} = 0.60 \text{ m}$$

$$\text{Diámetro de roca (d100)} = 1.00 \text{ m}$$

Tabla 49.*Tamaño Mínimo de la Roca*

DESCRIPCION	CONDICIONES		RESULTADO
	No menor a 1.5 d50	0.90 m	
Espesor de enrocado	mínimo 30cm	0.30 m	Tmin = 1.00 m
	Mayor a d100	1.00 m	

Según las condiciones para elegir la dimensión mínima de la roca a utilizar en la estructura es de 1 metro, porque es el mayor valor encontrado de dichas restricciones.

4.1.4.6. Análisis de Estabilidad de la Defensa Ribereña

4.1.4.6.1. Análisis de Estabilidad por Deslizamiento

Datos:

Peso específico del terreno (Y_t) = 1510 kg/m³

Peso específico del agua (P_w) = 1000 kg/m³

Angulo de fricción interna del suelo (\emptyset) = 25° 33' 44"

Tirante del agua (t) = 2.17 m

Peso del terraplén (W) = $((4+11)/2) \times 3.5 \times Y_t = 39637.50$ kg

Tabla 50.*Por Deslizamiento*

DESCRIPCION	FORMULA	RESULTADO
Fuerza resistente	$R = W * Tg\emptyset$	$R = 18958.91$ Kg/m
Presión del Flujo	$P = P_w * t^2 / 2$	$P = 2361.77$ kg/m

Entonces la fuerza resistente del dique es mayor que la presión del flujo agua:

$$R > P$$

$$18958.91 \text{ Kg/m} > 2361.77 \text{ kg/m}$$

Por lo tanto, el dique propuesto es estable a la presión que ejerce el agua.

4.1.4.6.2. Análisis de Estabilidad por Asentamiento

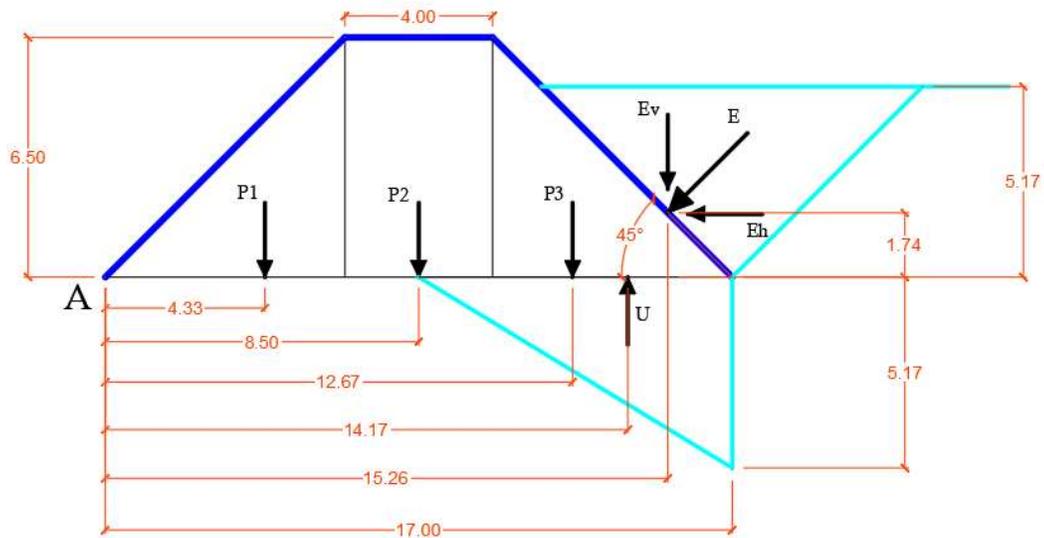
Datos:

Peso específico del terreno (γ_t) = 1510 kg/m³

Peso específico del agua (γ_w) = 1000 kg/m³

Figura 28.

Fuerzas Actuantes sobre el Dique a la Profundidad de Desplante $D_f=3.0m$



Empuje activo del agua:

$$E = \frac{7.31 \cdot 7.31}{2} \cdot 1000 = 26718.05 \text{ kg}$$

Descomponiendo el empuje activo en la dirección vertical y horizontal

$$E_y = 26718.05 \cdot \cos(45^\circ) = 18892.51 \text{ Kg}$$

$$E_x = 26718.05 \cdot \sin(45^\circ) = 18892.51 \text{ Kg}$$

Fuerzas estabilizadoras:

$$P1 = \frac{6.50 \cdot 6.50}{2} \cdot 1510 = 31898.75 \text{ Kg}$$

2

$$P2 = 4.00 \cdot 6.50 \cdot 1510 = 39260.00 \text{ Kg}$$

$$P3 = \frac{6.50 \cdot 6.50}{2} \cdot 1510 = 31898.75 \text{ Kg}$$

2

Tomando como punto de análisis de estabilidad el punto A, mostrado en la figura 16, calculamos los momentos actuantes:

Tabla 51.

Momentos Actuantes para fuerzas estabilizadoras

DESCRIPCION	FUERZA (kg)	DISTANCIA (m)	MOMENTO (kg.m)
Ey	18892.51	15.26	288299.7
P1	31898.75	4.33	138121.59
P2	39260.00	8.50	333710
P3	31898.75	12.67	404157.16
TOTAL	121950.01 Kg		1164288.45 Kg.m

Fuerzas desestabilizadoras:

$$U = \frac{5.17 \cdot 8.50}{2} \cdot 1000 = 21972.50 \text{ Kg}$$

2

Tabla 52.

Momentos Actuantes para fuerzas desestabilizadoras

DESCRIPCION	FUERZA (kg)	DISTANCIA (m)	MOMENTO (kg.m)
Ex	18892.51	1.74	32872.97
U	21972.50	14.17	311350.33
TOTAL			344223.30 Kg.m

Factor de seguridad por asentamiento:

$$\dot{x} = \frac{1164288.45 - 344223.30}{121950.01 - 21972.50} = 8.20 \text{ m}$$

$$e = \frac{17}{2} - 8.20 = 0.30 \text{ m}$$

Donde $e < B/6$:

$$0.30\text{m} < 2.83 \text{ m}$$

Por lo tanto, calculamos las cargas actuantes sobre el suelo:

$$qt = \frac{(121950.01 - 21972.50)}{17} * [1 \pm 6 * \frac{0.30}{17}]$$

$$qt_{\max} = 6503.73 \text{ kg/m}^2 = qt_{\max} = 0.65 \text{ kg/cm}^2$$

$$qt_{\min} = 5258.33 \text{ kg/m}^2 = qt_{\min} = 0.52 \text{ kg/cm}^2$$

Estas cargas actuantes ejercidas por la estructura tienen que ser menores a la capacidad de carga que soporta el suelo, la cual es 0.91 kg/cm^2 , cumpliéndose con lo requerido, por ende, la estructura de defensa ribereña es estable ante posibles riesgos de asentamiento.

4.1.4.6.3. Análisis de Estabilidad por Fuerzas Cortantes

Para este análisis de estabilidad se tuvo que calcular los esfuerzos cortantes considerando tramos rectos, esfuerzos cortantes en el fondo del río, y los esfuerzos cortantes en los taludes, teniendo que elegir un parámetro de canales anchos ya que al ser un río amplio se considera de este tipo, este parámetro es $a=0.04$, y los demás datos que ya son conocidos de los cálculos anteriores.

Tabla 53.

Por Fuerzas Cortantes

DESCRIPCION	FORMULA	RESULTADO
Esfuerzo Cortante Promedio para tramos rectos	$\bar{\tau} = \gamma RS$	$\tau_0 = 12.79 \text{ kg/m}^2$
Esfuerzo cortante en el fondo del canal	$\tau = a (\gamma_s - \gamma) * D50$	$\tau = 42.72 \text{ kg/m}^2$
Esfuerzo cortante de diseño en los taludes	$\tau' = \tau * (1 - \text{Sen}2\theta/\text{Sen}2\phi)^{0.5}$	$\tau' = 19.10 \text{ kg/m}^2$

Donde:

$$\text{Relación } \tau_0 \leq \tau$$

$$\text{Relación } \tau_0 \leq \tau'$$

Por lo tanto, la interpretación a estas relaciones determinadas es que el revestimiento del enrocado es estable.

4.1.4.7. Evaluación para Determinar la Utilización de Filtro

Datos:

$$D50 = 0.60\text{m}$$

$$S = 0.006$$

$$n_f = 0.02$$

$$D_m = 0.003\text{m}$$

Calculamos la velocidad en el intervalo entre el enrocado y fondo

$$V_a = \frac{(0.60/2)^{2/3} * 0.006^{1/2}}{0.02} = 1.74 \text{ m/seg}$$

Calculamos la velocidad máxima de soporte del suelo sin experimentar erosión.

$$V_e = 1.61 * (0.003)^{1/2} = 0.88 \text{ m/seg}$$

Como $V_a > V_e$, entonces se necesitará la implementación de un filtro, debido a la erosión que puede originarse.

Se asume que el tipo de filtro es de geotextil, por lo tanto:

$$V_{a1} = 1.74/4 = 0.44 \text{ m/seg}$$

Comparándolo con la velocidad máxima de soporte del suelo sin experimentar erosiones, tenemos que es menor, por lo que el uso de geotextil no es la mejor opción de filtro para esta defensa ribereña. El uso de filtro de grava es la opción más viable.

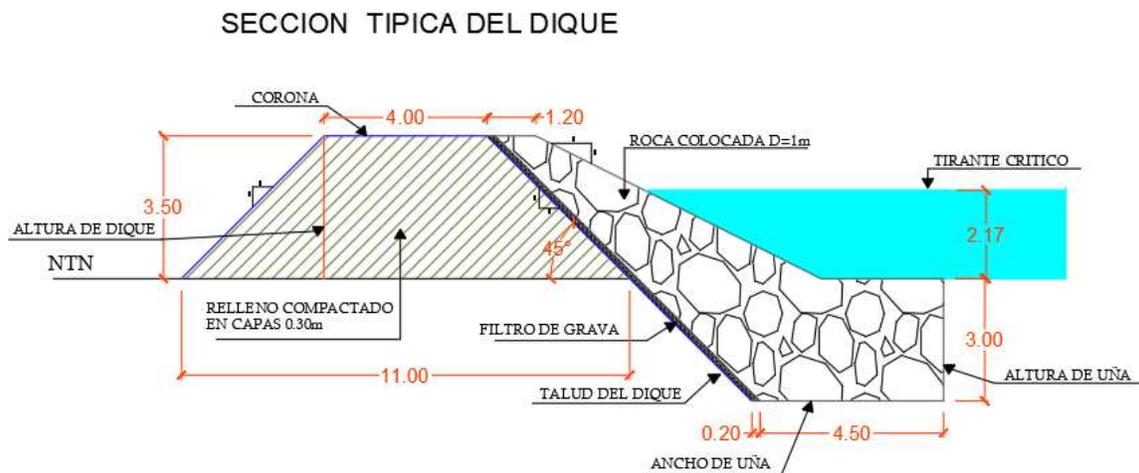
En este caso, calculamos el tamaño del filtro de grava a utilizarse:

$$e = 20 * 1\text{cm} = 20\text{cm}$$

En consecuencia, la dimensión del filtro que se calcula es menor a 30cm, por ende, el espesor de este elemento es apropiado ya que es estable y no tiende a deslizarse con el talud.

Figura 29.

Dimensionamiento de la estructura de dique con roca colocada $D=1\text{m}$



4.2. Discusión

La hipótesis de investigación planteó que el *flujo hidráulico del río Santa para determinar el dimensionamiento de la defensa ribereña en Vinzos es crítico, 2022*. Sin embargo, los resultados obtenidos permiten rechazar parcialmente esta hipótesis, ya que, si bien el flujo hidráulico es un elemento relevante, no es el único factor determinante. En este estudio se identificó que el flujo del río Santa presenta características subcríticas y no permanentes, lo que modifica su influencia en el diseño estructural de la defensa ribereña. Este comportamiento hidráulico reduce la energía del flujo y su capacidad erosiva, lo que implica que los parámetros del diseño deben ser determinados también por otros factores, como la estabilidad del suelo, la socavación y las condiciones aguas abajo.

El estudio logró cumplir con el objetivo general de evaluar el flujo hidráulico del río Santa como base para el dimensionamiento de la defensa ribereña. Se caracterizó el flujo como subcrítico y se modelaron escenarios de inundación utilizando el software HEC-RAS, lo que permitió identificar que las áreas adyacentes al tramo de estudio (1 km) son vulnerables a desbordamientos en periodos de lluvias extremas. Sin embargo, los resultados evidencian que el flujo subcrítico limita el esfuerzo hidráulico sobre las estructuras, reduciendo su relevancia como único criterio de diseño.

La defensa ribereña propuesta incluye un dique de sección trapezoidal, con una altura de 3.50 m, un ancho de corona de 4.00 m y una profundidad de socavación de 3.00 m, acompañado por un filtro de grava de 0.20 m de espesor. Estas dimensiones se determinaron considerando la estabilidad estructural frente a fuerzas hidráulicas y la seguridad de las zonas vulnerables adyacentes.

En relación con los antecedentes nacionales, el trabajo de Trujillo & Esteban (2022) en el

río Huallaga planteó la construcción de defensas de concreto armado para un caudal de diseño superior (hasta 2461.68 m³/s para un periodo de retorno de 500 años). En contraste, el río Santa, con un caudal de diseño máximo de 1028.175 m³/s para un periodo de retorno de 150 años, mostró menores exigencias hidráulicas, permitiendo el uso de diques trapezoidales con roca colocada, lo que optimiza los recursos sin comprometer la estabilidad de la estructura.

Asimismo, los hallazgos del presente estudio difieren de los resultados de Gómez & Bartra (2019), quienes diseñaron gaviones y pantallas antisocavantes en el río Cumbaza debido a condiciones más agresivas del flujo. Aunque ambos estudios emplearon los métodos probabilísticos de Gumbel y Log Pearson Tipo III para determinar caudales, las características subcríticas del flujo del río Santa redujeron la necesidad de estructuras complejas, priorizando un diseño enfocado en taludes estables y control de socavación.

Por otro lado, la investigación de Santamaría & Zeña (2021) en los ríos Corral del Medio y La Gallega presentó similitudes con este trabajo, al integrar parámetros geotécnicos y geomorfológicos en el diseño de defensas ribereñas. Sin embargo, a diferencia de su propuesta, que incluyó intervenciones complementarias como descolmatación del cauce, este estudio se centró exclusivamente en el diseño estructural del dique, ajustado a las condiciones hidráulicas específicas del río Santa.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Las características físicas incluyen un pendiente longitudinal promedio de 0.55%, un lecho conformado por arena limosa clasificada como GM según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, y con una capacidad portante de 0.91 kg/cm², un ángulo de fricción interna de 20°50'09", un peso específico del suelo de 1800 kg/m³. En las características hidráulicas se tiene que el caudal máximo de diseño fue calculado en 1028.175 m³/s para un periodo de retorno de 150 años.

- A través de la modelación hidráulica realizada en HEC-RAS, se logró identificar que el río Santa presenta un flujo subcrítico (número de Froude < 1.0) en todas las condiciones analizadas, con velocidades moderadas que oscilan entre 1.45 m/s y 3.2 m/s, dependiendo del caudal. se analizaron los tirantes máximos, las zonas de inundación y el comportamiento del flujo en diferentes periodos de retorno. Para un caudal de diseño de 1028.175 m³/s (periodo de retorno de 150 años), el tirante máximo alcanzó 5.85 metros, provocando desbordamientos significativos en un tramo crítico de 1 kilómetro, afectando aproximadamente el 30% de las áreas agrícolas adyacentes.

- Se determinó el tipo de defensa ribereña, en el que se optó por realizar una estructura de dique trapezoidal con roca colocada de acuerdo a las exigencias hidráulicas obtenidas en la evaluación previa priorizando un diseño orientado a taludes estables y el control de socavación y erosión, además de las ventajas económicas que nos ofrece este tipo de estructura en su ejecución. Se definió el dimensionamiento de la defensa ribereña donde se estableció un ancho estable promedio de 130m, las dimensiones para estructura de dique de enrocado son: una altura de muro de 3.50m, la profundidad de socavación es de 3.00m y un ancho de uña de 4.50m, ancho de corona

de 4.00m y un diámetro de roca de 1.00 m, además del uso de un filtro de grava con un espesor de 0.20m. Además, se comprobó la estabilidad de la estructura con el análisis realizado por estabilidad, por asentamiento y por fuerzas cortantes.

5.2. Recomendaciones

- En el diseño hidráulico del proyecto, es importante tener en cuenta los niveles de avenidas máximas para garantizar que el dique longitudinal permita el paso libre del agua. Se sugiere que las estructuras para el control de inundaciones superen estos niveles, y que las estructuras para controlar la erosión consideren la socavación para establecer la altura del dique.

- Se recomienda a las autoridades competentes de la zona gestionar ante la Municipalidad Provincial del Santa la ejecución de este proyecto de defensa ribereña para dar solución a la problemática que existe en ese sector, teniendo en cuenta los antecedentes ocurridos en el año 2017 a causa del fenómeno del niño donde muchas viviendas y zonas agrícolas se vieron afectadas por la falta de una protección de riberas asimismo no contaba con un plan de contingencia en caso de inundaciones.

- Se recomienda llevar a cabo mantenimiento regular de la defensa ribereña en el río Santa para asegurar que la estructura funcione correctamente, incluso después de eventos naturales. Cuando el nivel del agua en el río se mantiene elevado por períodos prolongados, es necesario realizar inspecciones mensuales de los terraplenes, prestando especial atención a la parte superior del dique, las secciones visibles de la protección del talud húmedo, el talud seco y las áreas aguas abajo del dique, para verificar posibles anomalías. Durante la temporada de estiaje, se recomienda un mantenimiento sistemático para reparar o reemplazar cualquier sección dañada del enrocado, teniendo en cuenta la naturaleza y el grado de daños en las áreas sumergidas de la obra.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS

BIBLIOGRÁFICAS

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autoridad Autónoma Cuenca Hidrográfica Chira - Piura. (2007). Plan De Defensas Ribereñas Y Encauzamiento De Ríos - Resumen Del Diagnostico Situacional. <https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/32/ANA0000535.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Autoridad Nacional del Agua. (2020). Glosario de Términos utilizados en la Ley de Recursos Hídricos N°29338 y en su Reglamento (D.S. N°001.2010-AG).
- Carrasco, A., & Vásquez, C. (2019). Propuesta de diseño de defensa ribereña en la margen izquierda del rio Pantanoyacu-C.P. Pacayzapa, Distrito de Alonso de Alvarado, San Martin, 2019. (Tesis de pregrado). Universidad Científica del Perú, Tarapoto.
- Castañeda López, J. M., & Paredes Gámez, D. (2021). Diseño de defensa ribereña del río Lacramarca, tramo Jorge Chávez - Los Pescadores, provincia de Santa, departamento de Áncash. Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/84422>
- Castro, S. (2015). Evaluación del comportamiento hidráulico de obras de captación mediante el modelamiento hidrodinámico del flujo en 1-D y 2-D. (Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Civil). Universidad de Cuenca, Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/23118>
- Cedeño, J. (2020). Determinación de zonas de inundación del rio Jipijapa abscisas 0+000 hasta 7+031, mediante modelación hidráulica con el software HEC-RAS. (Tesis de pregrado). Universidad Estatal del Sur de Manabí, Manabí. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2724>
- Chinchilla, J. (2016). Análisis y soluciones a problemas de Inundaciones en el cantón de

- Oreamuno, Cartago. (Tesis de grado). Universidad de Costa Rica, Sede Rodrigo Facio.
<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/xmlui/handle/123456789/10286>
- Crespo Villalaz, L. (1981). Mecánica de suelos: Fundamentos de ingeniería geotécnica. McGraw-Hill Interamericana.
- Díaz, D., & Millán, R. (2020). Diseño de una defensa ribereña mediante enrocado en el río Chillón, Sector Yangas. tramo: km 34 - 40. (Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrícola). Universidad Nacional de Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque.
- Escobar, A. (2012). El comportamiento de los Ríos. En Gómez, M., & Bartra, J. (2019) (Eds.), Evaluación del Flujo Hidráulico del Río Cumbaza para el Diseño de Defensa Ribereña en el Sector Mirador Cumbaza, Distrito De Morales-2018. (Tesis de pregrado). Tarapoto.
- Gómez, M., & Bartra, J. (2019). Evaluación del flujo hidráulico del río Cumbaza para el diseño de defensa ribereña en el Sector Mirador Cumbaza, Distrito de Morales-2018. (Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil). Universidad Cesar Vallejo, Tarapoto.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/39870>
- Instituto Nacional De Recursos Naturales. (2007). Evaluación de los recursos hídricos de la Cuenca del Río Mala - Estudio Hidrológico.
http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/estudio_hidrologico_mala_0_0.pdf
- Kessler, M. (2016). Flujo Turbulento. ESSS. <https://www.esss.co/es/blog/flujo-turbulento>
- Melgara, F., & Rayo, A. (2015). Diseño de muros de contención de la población ribereña del barrio Boris Vega en la quebrada el Zapote, en la ciudad de Estelí. (Tesis para optar por el título de Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Ingeniería, Managua.
<https://core.ac.uk/download/pdf/250144484.pdf>

- Nava, A., & Cortes, D. (2009). Morfología, Técnicas de Medición y Muestreo en Ríos. (Tesis de titulación). Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México.
https://www.academia.edu/14237681/Hidr%C3%A1ulica_de_R%C3%ADos_DEDICAT_ORIAS_A_DIOS
- Pillaca, G., & Huerta, C. (2020). Evaluación Hidrológica e hidráulica en el Puente Sechin hasta un periodo de retorno de 100 años en el Distrito de Casma, Provincia de Casma, Departamento de Ancash. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote.
<https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3592>
- Real Academia Española. (s.f.). Río. En Diccionario de la lengua española. Recuperado el 05 de noviembre, 2023, de <https://dle.rae.es/río>
- Rocha, A. (2013). Introducción a la Hidráulica de las Obras Viales. (3ª ed.). Fondo Editorial ICG.
https://issuu.com/sthalynpicoy/docs/hidraulica_de_obras_viales
- Rojas, D., & Paredes, J. (2013). Compendio de Geología General. Editorial Macro.
- Santamaría, C., & Zeña, A. (2021). Diseño de una defensa ribereña mediante enrocado en los Ríos Corral del medio y la Gallega, longitud 4.0km. Distrito y provincia de Morropón, región Piura. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque.
<https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/9410>
- Sánchez, M. (2014). Hidráulica de Canales Abiertos – Teoría y Problemas. Fondo Editorial - UNALM. <https://www.fondoeditorialunalm.com/wpcontent/uploads/2020/09/Hidraulica-de-Canales-abiertos.pdf>
- Smith, J., Anderson, L., & Brown, K. (2023). High-resolution assessment of riverbank erosion and stabilization techniques with associated water quality implications. Taylor & Francis.
<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/15715124.2023.2214866>

- Soriano, E. (2012). Desarrollo de un refractómetro interferométrico para medir flujos laminares. (Tesis de doctorado). Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica. Puebla. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2258443>
- Suarez, J. (2013). Deslizamientos: Análisis geotécnico. Cap. 5. Los Fluidos. <https://www.erosion.com.co/deslizamientos-tomo-i-analisis-geotecnico/>
- Trujillo, T., & Esteban, Y. (2022). Modelamiento hidráulico para el diseño de la defensa ribereña en la margen derecha del Rio Huallaga en la Urbanización Huayopampa del Distrito de Amarilis-Huánuco. (Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil). Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/7733>

CAPÍTULO VII

ANEXOS

ANEXO N°01:

SOLICITUD DE DATOS

HIDROLÓGICOS

Anexo N 01. Solicitud de Datos Hidrológicos



NRO CUT : 199977-2023
FECHA : 02/10/2023 04:21 PM
CREADO : Tramite Virtual

INFORMACIÓN DE TRÁMITE

Datos del documento	
Dni:	72942432
Apellidos y Nombres:	ANCAJIMA MAZA ALEX ARMANDO
Dirección:	A.H HOUSTON MZ J LOTE 22
Nro Documento:	- S/N
Asunto:	SOLICITUD DE ACCESO A LA INFORMACION PUBLICA
Fecha Documento:	2/10/2023
Folios:	1

NOTA:

Estimado administrado, de cumplir con los requisitos de admisibilidad se le comunicará, al correo electrónico consignado por su persona la aceptación de su solicitud. Caso contrario, se indicarán las observaciones detectadas, las mismas que deberán ser subsanadas obligatoriamente en la Mesa de Partes Virtual dentro del plazo máximo de dos (02) días hábiles, computados desde la recepción del correo electrónico institucional. Tener en cuenta que la recepción de su solicitud NO da conformidad al contenido presentado.

ANEXO N°02:

PANEL FOTOGRAFICO

Anexo N°02. Panel Fotográfico

Fotografía N°01.

Levantamiento topográfico del Rio Santa en el Centro Poblado Vinzos.



Fotografía N°02.

Recolección de puntos de acuerdo al levantamiento topográfico realizado con estación total.



Fotografía N°03.

Vista Panorámica del Río Santa en el Centro Poblado Vinzos.



Fotografía N°04.

Protección temporal en el margen izquierdo del Río Santa en el Sector Vinzos.



Fotografía N°05.

Ensayo de penetración dinámica ligera (DPL) en la faja marginal del Río Santa en el Sector Vinzos.



Fotografía N°06.

Realizando el ensayo de penetración dinámica ligera in-situ para el análisis geotécnico del suelo.



Fotografía N°07.

Muestra de ensayo DPL in-situ en el Rio Santa sector de Vinzos.



Fotografía N°08.

Extracción de muestra de terreno natural in-situ para los ensayos de suelos correspondientes realizados en laboratorio.



Fotografía N°09.

Análisis granulométrico por tamizado de la muestra extraída en el lugar de evaluación.



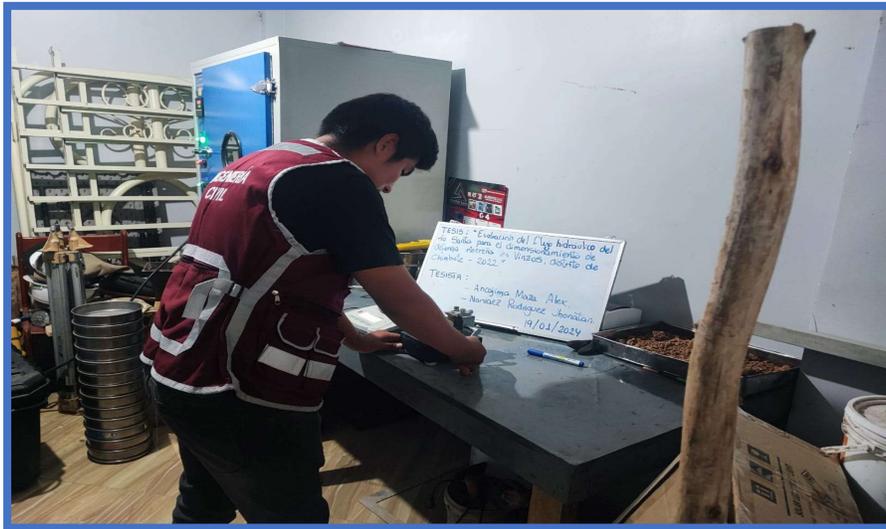
Fotografía N°10.

Peso de la muestra de terreno extraída.



Fotografía N°11.

Ensayo de Copa de Casagrande para determinar el limite liquido del suelo.



Fotografía N°12.

Secado de la muestra en pequeñas porciones colocadas en recipientes mediante el horno para determinar el contenido de humedad del suelo.



ANEXO N°03:

ENSAYOS DE

LABORATORIO

PROYECTO: "EVALUACION DEL FLUJO HIDRAULICO DEL RIO SANTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE DEFENSA RIBEREÑA EN VINZOS, DISTRITO DE CHIMBOTE - 2022"

UBICACION: RIO SANTA - VINZOS

SOLICITA: ANCAJIMA MAZA - NARVAEZ RODRIGUEZ

FECHA: 19 DE ENERO 2024

Calicata: C-01

Profundidad: 1.50 m

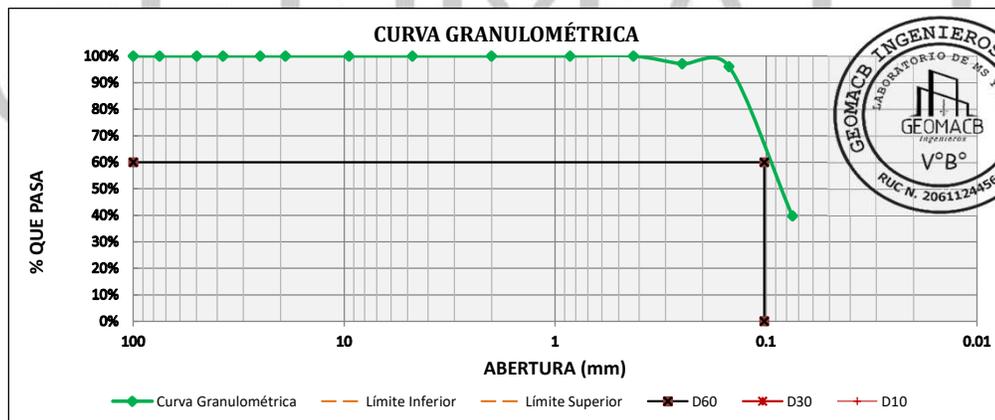
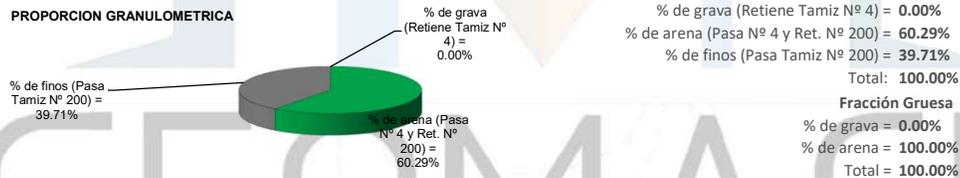
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88

Antes del lavado: Peso de la Muestra Seca total= **560.00 gr**
 Después del lavado: Peso de la Muestra Seca lavada = **338.03 gr**
 Peso de la fracción final = **338.03 gr** % de Error en Peso = **0.19%** Ok!

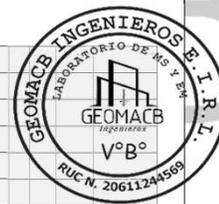
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	100	0.00	558.92	0.00%	0.00%	100.00%
3"	75	0.00	558.92	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	558.92	0.00%	0.00%	100.00%
1½"	37.5	0.00	558.92	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25	0.00	558.92	0.00%	0.00%	100.00%
¾"	19	0.00	558.92	0.00%	0.00%	100.00%
⅜"	9.5	0.00	558.92	0.00%	0.00%	100.00%
Nº 4	4.75	0.00	558.92	0.00%	0.00%	100.00%
Nº 10	2	0.00	558.92	0.00%	0.00%	100.00%
Nº 20	0.850	0.00	558.92	0.00%	0.00%	100.00%
Nº 40	0.425	0.00	558.92	0.00%	0.00%	100.00%
Nº 60	0.250	16.24	542.68	2.91%	2.91%	97.09%
Nº 100	0.150	5.68	553.24	1.02%	3.92%	96.08%
Nº 200	0.075	315.03	243.89	56.36%	60.29%	39.71%
Cazoleta		221.97	336.95	39.71%	100.00%	0.00%
Total Fracción Retenida en Lavado =		558.92		100.00%		

PROPORCIÓN GRANULOMÉTRICA



D60 = 0.10 mm
D30 = -
D10 = -

Cu = -
Cc = -



PROYECTO: "EVALUACION DEL FLUJO HIDRAULICO DEL RIO SANTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE DEFENSA RIBERENA EN VINZOS, DISTRITO DE CHIMBOTE - 2022"
UBICACION: RIO SANTA - VINZOS
SOLICITA: ANCAJIMA MAZA - NARVAEZ RODRIGUEZ
FECHA: 19 DE ENERO 2024
Calicata: C-02
Profundidad: 1.90

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88

Antes del lavado
Peso de la Muestra Seca total= **3487.25 gr**
Peso de la fracción final =

Después del lavado
Peso de la Muestra seca lavada= **2995.14 gr**
% de Error en Peso = -0.08% Ok!

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	100	0.00	3489.97	0.00%	0.00%	100.00%
3"	75	0.00	3489.97	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	3489.97	0.00%	0.00%	100.00%
1½"	37.5	62.00	3427.97	1.78%	1.78%	98.22%
1"	25	459.87	3030.10	13.18%	14.95%	85.05%
¾"	19	265.00	3224.97	7.59%	22.55%	77.45%
⅜"	9.5	489.00	3000.97	14.01%	36.56%	63.44%
Nº 4	4.75	356.00	3133.97	10.20%	46.76%	53.24%
Nº 10	2	332.00	3157.97	9.51%	56.27%	43.73%
Nº 20	0.850	215.00	3274.97	6.16%	62.43%	37.57%
Nº 40	0.425	489.00	3000.97	14.01%	76.44%	23.56%
Nº 60	0.250	87.26	3402.71	2.50%	78.94%	21.06%
Nº 100	0.150	148.00	3341.97	4.24%	83.18%	16.82%
Nº 200	0.075	79.26	3410.71	2.27%	85.46%	14.54%
Cazoleta		507.58	2982.39	14.54%	100.00%	0.00%
Total Fracción Retenida en Lavado =		3489.97		100.00%		

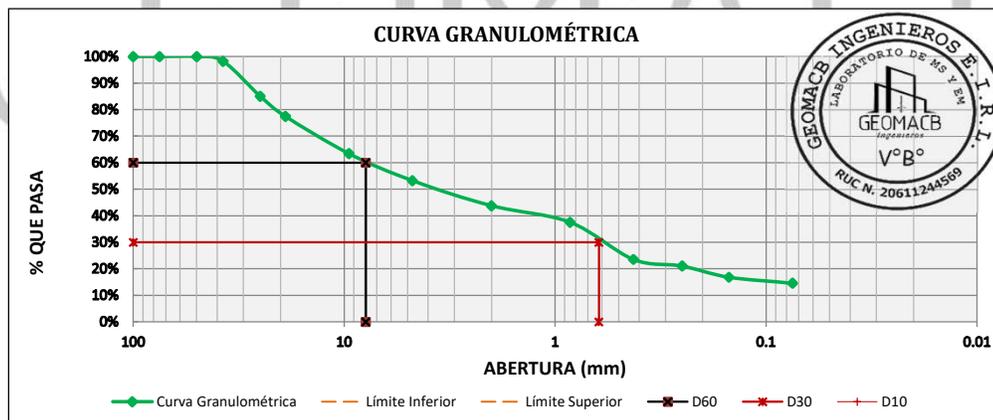
PROPORCIÓN GRANULOMÉTRICA

% de finos (Pasa Tamiz Nº 200) = 14.54%

% de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) = 38.70%

% de grava (Retiene Tamiz Nº 4) = 46.76%

% de grava (Retiene Tamiz Nº 4) = 46.76%
 % de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) = 38.70%
 % de finos (Pasa Tamiz Nº 200) = 14.54%
 Total = 100.00%
Fracción Gruesa
 % de grava = 54.72%
 % de arena = 45.28%
 Total = 100.00%



D60 = 7.90 mm
D30 = 0.62 mm
D10 = -

Cu = -
Cc = -

PROYECTO: "EVALUACION DEL FLUJO HIDRAULICO DEL RIO SANTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE DEFENSA RIBEREÑA EN VINZOS, DISTRITO DE CHIMBOTE - 2022"
UBICACION: RIO SANTA - VINZOS
SOLICITA: ANCAJIMA MAZA - NARVAEZ RODRIGUEZ
FECHA: 19 DE ENERO 2024
Calicata: C-03
Profundidad: 1.50 m

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

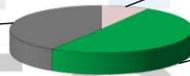
MTC E 107 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88

Antes del lavado: Peso de la Muestra Seca total= 1554.00 gr
 Después del lavado: Peso de la muestra seca lavada total: 945.00 gr
 Peso de la fracción final = % de Error en Peso = 0.19% Ok!

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	100	0.00	1551.00	0.00%	0.00%	100.00%
3"	75	0.00	1551.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	1551.00	0.00%	0.00%	100.00%
1½"	37.5	0.00	1551.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25	0.00	1551.00	0.00%	0.00%	100.00%
¾"	19	0.00	1551.00	0.00%	0.00%	100.00%
⅜"	9.5	50.00	1501.00	3.22%	3.22%	96.78%
Nº 4	4.75	83.00	1468.00	5.35%	8.58%	91.42%
Nº 10	2	155.00	1396.00	9.99%	18.57%	81.43%
Nº 20	0.850	135.00	1416.00	8.70%	27.27%	72.73%
Nº 40	0.425	118.00	1433.00	7.61%	34.88%	65.12%
Nº 60	0.250	156.00	1395.00	10.06%	44.94%	55.06%
Nº 100	0.150	134.00	1417.00	8.64%	53.58%	46.42%
Nº 200	0.075	85.00	1466.00	5.48%	59.06%	40.94%
Cazoleta		635.00	916.00	40.94%	100.00%	0.00%
Total Fracción Retenida en Lavado =		1551.00		100.00%		

PROPORCIÓN GRANULOMÉTRICA

% de finos (Pasa Tamiz Nº 200) = 40.94%



% de grava (Retiene Tamiz Nº 4) = 8.58%

% de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) = 50.48%

% de grava (Retiene Tamiz Nº 4) = 8.58%
 % de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) = 50.48%
 % de finos (Pasa Tamiz Nº 200) = 40.94%

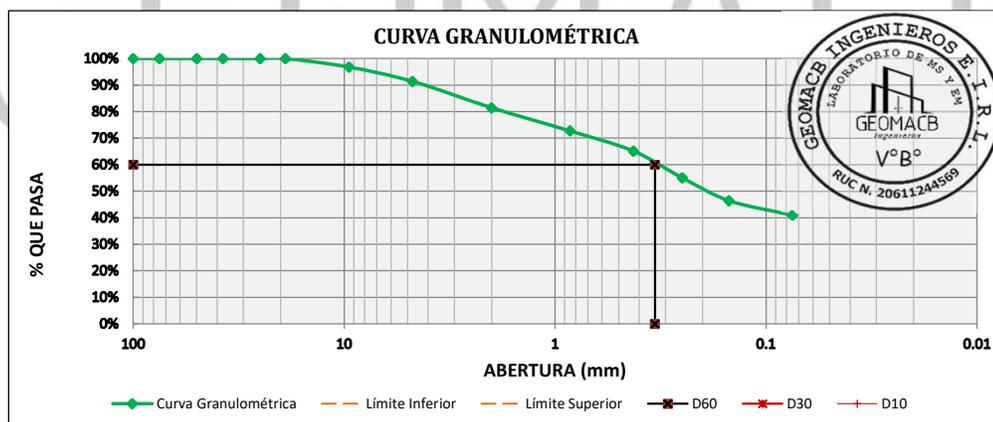
Total: 100.00%

Fracción Gruesa

% de grava = 14.52%

% de arena = 85.48%

Total = 100.00%



D60 = 0.34 mm

D30 = -

D10 = -

Cu = -

Cc = -

PROYECTO: "EVALUACION DEL FLUJO HIDRAULICO DEL RIO SANTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE DEFENSA
RIBEREÑA EN VINZOS, DISTRITO DE CHIMBOTE - 2022"

UBICACION: RIO SANTA - VINZOS

SOLICITA: ANCAJIMA MAZA - NARVAEZ RODRIGUEZ

FECHA: 19 DE ENERO 2024

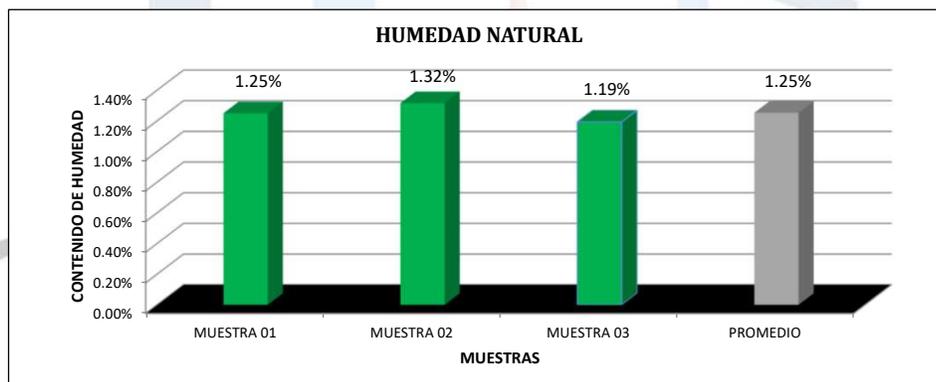
Calicata: C-01

Profundidad: 1.50 m

HUMEDAD NATURAL

NTP - 339.127, Basado en la Norma ASTM D-2216

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	317.00	310.00	428.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	884.00	926.00	937.00
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	877.00	918.00	931.00
Peso del Agua (gr)	7.00	8.00	6.00
Peso de la Muestra Seca (gr)	560.00	608.00	503.00
Contenido de Humedad	1.25%	1.32%	1.19%



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 1.25%



PROYECTO: "EVALUACION DEL FLUJO HIDRAULICO DEL RIO SANTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE DEFENSA RIBERENA EN VINZOS, DISTRITO DE CHIMBOTE - 2022"
UBICACION: RIO SANTA - VINZOS
SOLICITA: ANCAJIMA MAZA - NARVAEZ RODRIGUEZ
FECHA: 19 DE ENERO 2024
Calicata: C-02
Profundidad: 1.50 m

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88

Antes del lavado: Peso de la Muestra Seca total= **3487.25 gr**
 Después del lavado: Peso de la Muestra seca lavada= **2995.14 gr**
 Peso de la fracción final = % de Error en Peso = -0.08% Ok!

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	100	0.00	3489.97	0.00%	0.00%	100.00%
3"	75	0.00	3489.97	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	3489.97	0.00%	0.00%	100.00%
1½"	37.5	62.00	3427.97	1.78%	1.78%	98.22%
1"	25	459.87	3030.10	13.18%	14.95%	85.05%
¾"	19	265.00	3224.97	7.59%	22.55%	77.45%
¾"	9.5	489.00	3000.97	14.01%	36.56%	63.44%
Nº 4	4.75	356.00	3133.97	10.20%	46.76%	53.24%
Nº 10	2	332.00	3157.97	9.51%	56.27%	43.73%
Nº 20	0.850	215.00	3274.97	6.16%	62.43%	37.57%
Nº 40	0.425	489.00	3000.97	14.01%	76.44%	23.56%
Nº 60	0.250	87.26	3402.71	2.50%	78.94%	21.06%
Nº 100	0.150	148.00	3341.97	4.24%	83.18%	16.82%
Nº 200	0.075	79.26	3410.71	2.27%	85.46%	14.54%
Cazoleta		507.58	2982.39	14.54%	100.00%	0.00%
Total Fracción Retenida en Lavado =		3489.97		100.00%		

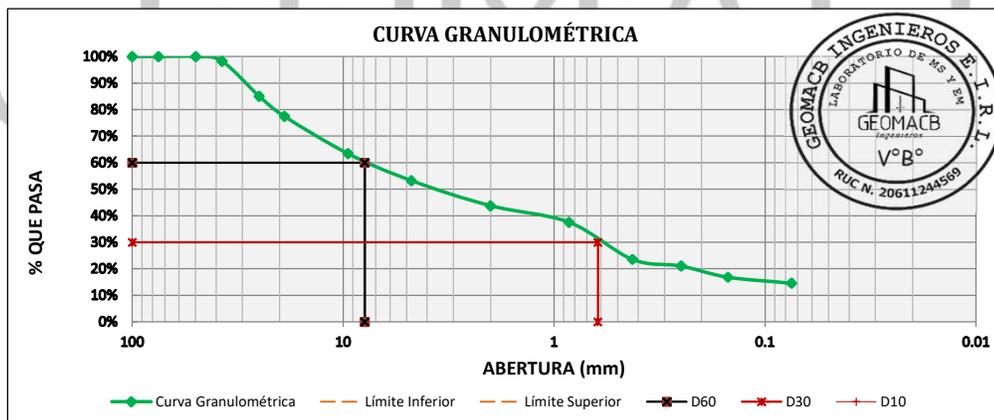
PROPORCIÓN GRANULOMÉTRICA

% de finos (Pasa Tamiz Nº 200) = 14.54%

% de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) = 38.70%

% de grava (Retiene Tamiz Nº 4) = 46.76%

% de grava (Retiene Tamiz Nº 4) = 46.76%
 % de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) = 38.70%
 % de finos (Pasa Tamiz Nº 200) = 14.54%
 Total = 100.00%
Fracción Gruesa
 % de grava = 54.72%
 % de arena = 45.28%
 Total = 100.00%



D60 = 7.90 mm
D30 = 0.62 mm
D10 = -

Cu = -
Cc = -

PROYECTO: "EVALUACION DEL FLUJO HIDRAULICO DEL RIO SANTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE DEFENSA RIBEREÑA EN VINZOS, DISTRITO DE CHIMBOTE - 2022"

UBICACION: RIO SANTA - VINZOS

SOLICITA: ANCAJIMA MAZA - NARVAEZ RODRIGUEZ

FECHA: 19 DE ENERO 2024

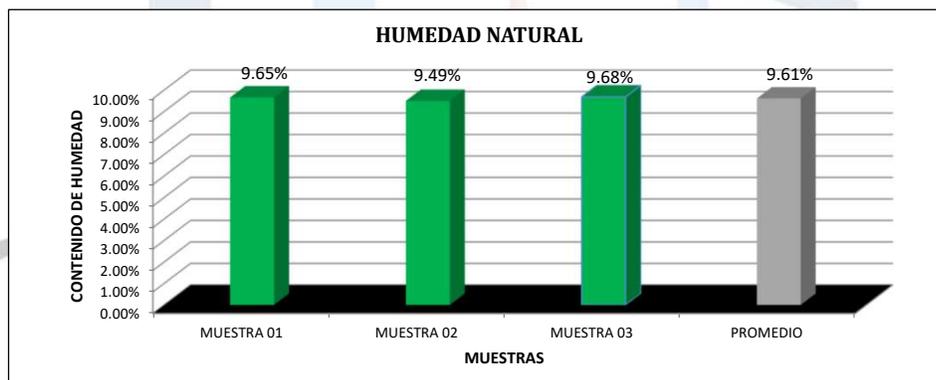
Calicata: C-03

Profundidad: 1.50 m

HUMEDAD NATURAL

NTP - 339.127, Basado en la Norma ASTM D-2216

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	310.00	315.00	328.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	2014.00	1895.00	2005.00
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	1864.00	1758.00	1857.00
Peso del Agua (gr)	150.00	137.00	148.00
Peso de la Muestra Seca (gr)	1554.00	1443.00	1529.00
Contenido de Humedad	9.65%	9.49%	9.68%



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 9.61%





GEOMACB INGENIEROS E.I.R.L.

RUC No 20611244569

Laboratorio Geotécnico – Investigaciones de Campo, Laboratorio de
Mecánica de Suelos y Control de Calidad de Materiales

PROYECTO:

"EVALUACION DEL FLUJO HIDRAULICO DEL RIO SANTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE DEFENSA
RIBEREÑA EN VINZOS, DISTRITO DE CHIMBOTE - 2022"

UBICACION: RIO SANTA - VINZOS

SOLICITA: ANCAJIMA MAZA - NARVAEZ RODRIGUEZ

FECHA: 19 DE ENERO 2024

Calicata: C-01
Profundidad: 1.50 m

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO

AASHTO M-145

DATOS PARA CLASIFICACIÓN		
De Granulometría	De Límites de Consistencia	Otros Datos
% que pasa el tamiz N° 10 = 100.00%	LL = NO PRESENTA	Tipo = Inorgánico
% que pasa el tamiz N° 40 = 100.00%	LP = NO PRESENTA	
% que pasa el tamiz N° 200 = 39.71%	IP = NO PRESENTA	



CLASIFICACIÓN GENERAL	MATERIALES GRANULARES (35% o menos pasa el tamiz N° 200)							MATERIALES LIMO - ARCILLOSOS (más del 35% pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
SUB - GRUPOS	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
% que pasa el tamiz: N° 10 N° 40 N° 200	50 máx. 30 máx. 15 máx.	50 máx. 25 máx.	51 mín. 10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del material que pasa el tamiz N° 40 Límite Líquido Índice de Plasticidad Índice de Grupo	6 máx. 6 máx. 0	6 máx. 6 máx. 0	No Plástico 0	40 máx. 10 máx. 0	41 mín. 10 máx. 0	40 máx. 11 mín. 4 máx.	41 mín. 11 mín. 4 máx.	40 máx. 10 máx. 8 máx.	41 mín. 10 máx. 12 máx.	40 máx. 11 mín. 16 máx.	41 mín. 11 mín. 20 máx.
Tipos de Material	Fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Gravas, arenas limosas y arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	

A-4 (1) = Principalmente partículas finas limosas



GEOMACB INGENIEROS E.I.R.L.

RUC No 20611244569

Laboratorio Geotécnico – Investigaciones de Campo, Laboratorio de
Mecánica de Suelos y Control de Calidad de Materiales

PROYECTO:

"EVALUACION DEL FLUJO HIDRAULICO DEL RIO SANTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE DEFENSA
RIBEREÑA EN VINZOS, DISTRITO DE CHIMBOTE - 2022"

UBICACION: RIO SANTA - VINZOS

SOLICITA: ANCAJIMA MAZA - NARVAEZ RODRIGUEZ

FECHA: 19 DE ENERO 2024

Calicata: C-02
Profundidad: 1.50 m

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO

AASHTO M-145

DATOS PARA CLASIFICACIÓN		
De Granulometría	De Límites de Consistencia	Otros Datos
% que pasa el tamiz Nº 10 = 43.73%	LL = NO PRESENTA	Tipo = Inorgánico
% que pasa el tamiz Nº 40 = 23.56%	LP = NO PRESENTA	
% que pasa el tamiz Nº 200 = 14.54%	IP = NO PRESENTA	



CLASIFICACIÓN GENERAL	MATERIALES GRANULARES (35% o menos pasa el tamiz Nº 200)							MATERIALES LIMO - ARCILLOSOS (más del 35% pasa el tamiz Nº 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
SUB - GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
% que pasa el tamiz: Nº 10	50 máx.										
Nº 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.								
Nº 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del material que pasa el tamiz Nº 40											
Límite Líquido			No Plástico	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de Plasticidad	6 máx.	6 máx.		10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	Fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Gravas, arenas limosas y arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	

A-1-a (0) = Principalmente gravas con o sin partículas finas de granulometrías bien definidas



GEOMACB INGENIEROS E.I.R.L.

RUC No 20611244569

Laboratorio Geotécnico – Investigaciones de Campo, Laboratorio de
Mecánica de Suelos y Control de Calidad de Materiales

PROYECTO:

"EVALUACION DEL FLUJO HIDRAULICO DEL RIO SANTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE DEFENSA
RIBEREÑA EN VINZOS, DISTRITO DE CHIMBOTE - 2022"

UBICACION: RIO SANTA - VINZOS

SOLICITA: ANCAJIMA MAZA - NARVAEZ RODRIGUEZ

FECHA: 19 DE ENERO 2024

Calicata: C-03
Profundidad: 1.50 m

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO

AASHTO M-145

DATOS PARA CLASIFICACIÓN		
De Granulometría	De Límites de Consistencia	Otros Datos
% que pasa el tamiz N° 10 = 81.43%	LL = NO PRESENTA	Tipo = Inorgánico
% que pasa el tamiz N° 40 = 65.12%	LP = NO PRESENTA	
% que pasa el tamiz N° 200 = 40.94%	IP = NO PRESENTA	



CLASIFICACIÓN GENERAL	MATERIALES GRANULARES (35% o menos pasa el tamiz N° 200)							MATERIALES LIMO - ARCILLOSOS (más del 35% pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
SUB - GRUPOS											
% que pasa el tamiz:											
N° 10	50 máx.										
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.								
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del material que pasa el tamiz N° 40											
Límite Líquido			No Plástico	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de Plasticidad	6 máx.	6 máx.		10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	Fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Gravas, arenas limosas y arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	

A-4 (1) = Principalmente partículas finas limosas



GEOMACB INGENIEROS E.I.R.L.

RUC No 20611244569

Laboratorio Geotécnico – Investigaciones de Campo, Laboratorio de Mecánica de Suelos y Control de Calidad de Materiales

"EVALUACION DEL FLUJO HIDRAULICO DEL RIO SANTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE DEFENSA RIBEREÑA EN VINZOS, DISTRITO DE CHIMBOTE - 2022"

PROYECTO:

UBICACION: RIO SANTA - VINZOS

SOLICITA: ANCAJIMA MAZA - NARVAEZ RODRIGUEZ

FECHA: 19 DE ENERO 2024

Calicata: C-01
Profundidad: 1.50 m

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

ASTM D-2487

DATOS PARA CLASIFICACIÓN	
De Granulometría	
% de Gruesos =	60.29%
% de Finos =	39.71%
Total =	100.00%
% de Grava =	0.00%
% de Arena =	60.29%
Total =	60.29%
Fracción Gruesa	
% de Grava =	0.00%
% de Arena =	100.00%
Total =	100.00%
Coeficientes	
Cu =	-
Cc =	-
De Límites de Consistencia	
LL =	NO PRESENTA
LP =	NO PRESENTA
IP =	NO PRESENTA
Otros Datos	
Tipo =	Inorgánico

SM



CRITERIOS PARA LA ASIGNACIÓN DE SÍMBOLOS DE GRUPO Y NOMBRE DE GRUPO CON EL USO DE ENSAYOS DE LABORATORIO		SÍMBOLO	NOMBRE DE GRUPO
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más del 50% es retenido en la malla N° 200	GRAVAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW Grava bien graduada
		$Cu < 4$ ó $1 > Cc > 3$	GP Grava mal graduada
	GRAVAS CON FINOS Mas del 12% pasa la malla N° 200	$IP < 4$ ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM Grava limosa
		$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC Grava arcillosa
		$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC - GM Grava limosa arcillosa
	GRAVAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N° 200	Cumple los criterios para GW y GM	GW - GM Grava bien graduada con limo
		Cumple los criterios para GW y GC o para GW y GC - GM	GW - GC Grava bien graduada con arcilla
		Cumple los criterios para GP y GM	GP - GM Grava mal graduada con limo
		Cumple los criterios para GP y GC o para GP y GC - GM	GP - GC Grava mal graduada con arcilla
	SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS El 50% o más pasa la malla N° 200	ARENAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$
		$Cu < 6$ ó $1 > Cc > 3$	SP Arena mal graduada
ARENAS CON FINOS Mas del 12% pasa la malla N° 200		$IP < 4$ ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM Arena limosa
		$IP \geq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC Arena arcillosa
		$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC - SM Arena limosa arcillosa
ARENAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N° 200		Cumple los criterios para SW y SM	SW - SM Arena bien graduada con limo
		Cumple los criterios para SW y SC o para SW y SC - SM	SW - SC Arena bien graduada con arcilla
		Cumple los criterios para SP y SM	SP - SM Arena mal graduada con limo
		Cumple los criterios para SP y SC o para SP y SC - SM	SP - SC Arena mal graduada con arcilla
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS Principalmente materia orgánica de color oscuro		LIMOS Y ARCILLAS Inorgánicos	$IP < 4$ ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad
		$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	CL Arcilla de baja plasticidad
		$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	CL - ML Arcilla limosa
	LIMOS Y ARCILLAS Orgánicos	$\frac{\text{Límite Líquido secado al horno}}{\text{Límite Líquido no secado}} < 0.75$	OL Limo orgánico
			Arcilla orgánica
	LIMOS Y ARCILLAS Inorgánicos	Se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH Limo de alta plasticidad
	Se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH Arcilla de alta plasticidad	
	$\frac{\text{Límite Líquido secado al horno}}{\text{Límite Líquido no secado}} < 0.75$	OH Limo orgánico	
		Arcilla orgánica	
		Pt Turba	



SM = Arena limosa

geomacbingenieros@gmail.com



GEOMACB INGENIEROS E.I.R.L.

RUC No 20611244569

Laboratorio Geotécnico – Investigaciones de Campo, Laboratorio de
Mecánica de Suelos y Control de Calidad de Materiales

PROYECTO:

UBICACION: RIO SANTA - VINZOS

SOLICITA: ANCAJIMA MAZA - NARVAEZ RODRIGUEZ

FECHA: 19 DE ENERO 2024

"EVALUACION DEL FLUJO HIDRAULICO DEL RIO SANTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE DEFENSARIBEREÑA EN VINZOS, DISTRITO DE CHIMBOTE - 2022"

Calicata: C-02
Profundidad: 1.50 m

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

ASTM D-2487

DATOS PARA CLASIFICACIÓN	
De Granulometría	
% de Gruesos =	85.46%
% de Finos =	14.54%
Total =	100.00%
% de Grava =	46.76%
% de Arena =	38.70%
Total =	85.46%
Fracción Gruesa	
% de Grava =	54.72%
% de Arena =	45.28%
Total =	100.00%
Coefficientes	
Cu =	-
Cc =	-
De Límites de Consistencia	
LL =	NO PRESENTA
LP =	NO PRESENTA
IP =	NO PRESENTA
Otros Datos	
Tipo =	Inorgánico



CRITERIOS PARA LA ASIGNACIÓN DE SÍMBOLOS DE GRUPO Y NOMBRE DE GRUPO CON EL USO DE ENSAYOS DE LABORATORIO		SÍMBOLO	NOMBRE DE GRUPO
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más del 50% es retenido en la malla N° 200	GRAVAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$ $Cu < 4$ ó $1 > Cc > 3$	GW Grava bien graduada GP Grava mal graduada
	GRAVAS CON FINOS Mas del 12% pasa la malla N° 200	$IP < 4$ ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad $IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad $4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM Grava limosa GC Grava arcillosa GC - GM Grava limosa arcillosa
	GRAVAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N° 200	Cumple los criterios para GW y GM Cumple los criterios para GW y GC o para GW y GC - GM	GW - GM Grava bien graduada con limo GW - GC Grava bien graduada con arcilla
	ARENAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$ $Cu < 6$ ó $1 > Cc > 3$	SW Arena bien graduada SP Arena mal graduada
	ARENAS CON FINOS Mas del 12% pasa la malla N° 200	$IP < 4$ ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad $IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad $4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM Arena limosa SC Arena arcillosa SC - SM Arena limosa arcillosa
	ARENAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N° 200	Cumple los criterios para SW y SM Cumple los criterios para SW y SC o para SW y SC - SM	SW - SM Arena bien graduada con limo SW - SC Arena bien graduada con arcilla
	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido menor que 50	Inorgánicos Orgánicos	ML Limo de baja plasticidad CL - ML Arcilla limosa OL Limo orgánico
	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido 50 o mayor	Inorgánicos Orgánicos	MH Limo de alta plasticidad CH Arcilla de alta plasticidad OH Limo orgánico Arcilla orgánica
	SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	Principalmente materia orgánica de color oscuro	Pt Turba



GM = Grava limosa arenosa



GEOMACB INGENIEROS E.I.R.L.

RUC No 20611244569

Laboratorio Geotécnico – Investigaciones de Campo, Laboratorio de Mecánica de Suelos y Control de Calidad de Materiales

"EVALUACION DEL FLUJO HIDRAULICO DEL RIO SANTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE DEFENSA RIBEREÑA EN VINZOS, DISTRITO DE CHIMBOTE - 2022"

PROYECTO:

UBICACION: RIO SANTA - VINZOS

SOLICITA: ANCAJIMA MAZA - NARVAEZ RODRIGUEZ

FECHA: 19 DE ENERO 2024

Calicata: C-03
Profundidad: 1.50 m

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

ASTM D-2487

DATOS PARA CLASIFICACIÓN	
De Granulometría	
% de Gruesos =	59.06%
% de Finos =	40.94%
Total =	100.00%
% de Grava =	8.58%
% de Arena =	50.48%
Total =	59.06%
Fracción Gruesa	
% de Grava =	14.52%
% de Arena =	85.48%
Total =	100.00%
Coefficientes	
Cu =	-
Cc =	-
De Límites de Consistencia	
LL =	NO PRESENTA
LP =	NO PRESENTA
IP =	NO PRESENTA
Otros Datos	
Tipo =	Inorgánico



CRITERIOS PARA LA ASIGNACIÓN DE SÍMBOLOS DE GRUPO Y NOMBRE DE GRUPO CON EL USO DE ENSAYOS DE LABORATORIO		SÍMBOLO	NOMBRE DE GRUPO	
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más del 50% es retenido en la malla N° 200	GRAVAS Más del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla N° 4	GRAVAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200	Cu ≥ 4 y 1 ≤ Cc ≤ 3 GW Grava bien graduada Cu < 4 ó 1 > Cc > 3 GP Grava mal graduada	
		GRAVAS CON FINOS Mas del 12% pasa la malla N° 200	IP < 4 ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad GM Grava limosa IP > 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad GC Grava arcillosa 4 ≤ IP ≤ 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad GC - GM Grava limosa arcillosa	
	ARENAS El 50% o más de la fracción gruesa pasa la malla N° 4	GRAVAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N° 200	Cumple los criterios para GW y GM GW - GM Grava bien graduada con limo Cumple los criterios para GW y GC o para GW y GC - GM GW - GC Grava bien graduada con arcilla	
		ARENAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200	Cumple los criterios para GP y GM GP - GM Grava mal graduada con limo Cumple los criterios para GP y GC o para GP y GC - GM GP - GC Grava mal graduada con arcilla	
	SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS El 50% o más pasa la malla N° 200	ARENAS CON FINOS Mas del 12% pasa la malla N° 200	ARENAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200	Cu ≥ 6 y 1 ≤ Cc ≤ 3 SW Arena bien graduada Cu < 6 ó 1 > Cc > 3 SP Arena mal graduada
			ARENAS CON FINOS Mas del 12% pasa la malla N° 200	IP < 4 ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad SM Arena limosa IP > 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad SC Arena arcillosa 4 ≤ IP ≤ 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad SC - SM Arena limosa arcillosa
		LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido menor que 50	ARENAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N° 200	Cumple los criterios para SW y SM SW - SM Arena bien graduada con limo Cumple los criterios para SW y SC o para SW y SC - SM SW - SC Arena bien graduada con arcilla
			ARENAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N° 200	Cumple los criterios para SP y SM SP - SM Arena mal graduada con limo Cumple los criterios para SP y SC o para SP y SC - SM SP - SC Arena mal graduada con arcilla
		LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido 50 o mayor	Inorgánicos	IP < 4 ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad ML Limo de baja plasticidad IP > 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad CL Arcilla de baja plasticidad 4 ≤ IP ≤ 7 y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad CL - ML Arcilla limosa
			Orgánicos	$\frac{\text{Límite Líquido secado al horno}}{\text{Límite Líquido no secado}} < 0.75$ OL Limo orgánico Arcilla orgánica
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	Inorgánicos	Se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A" MH Limo de alta plasticidad Se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A" CH Arcilla de alta plasticidad		
	Orgánicos	$\frac{\text{Límite Líquido secado al horno}}{\text{Límite Líquido no secado}} < 0.75$ OH Limo orgánico Arcilla orgánica		
Principalmente materia orgánica de color oscuro		Pt	Turba	



SM = Arena limosa

PROYECTO: "EVALUACION DEL FLUJO HIDRAULICO DEL RIO SANTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE DEFENSA RIBEREÑA EN VINZOS, DISTRITO DE CHIMBOTE - 2022"

UBICACION: RIO SANTA - VINZOS

SOLICITA: ANCAJIMA MAZA - NARVAEZ RODRIGUEZ

FECHA: 19 DE ENERO 2024

Calicata: C-01
Profundidad: 1.90 m

PENETRÓMETRO DINÁMICO LIGERO (DPL)

NTP 339.159, Norma DIN 4094 y Norma IRTP/DP

CORRELACIÓN ENTRE DPL Y SPT

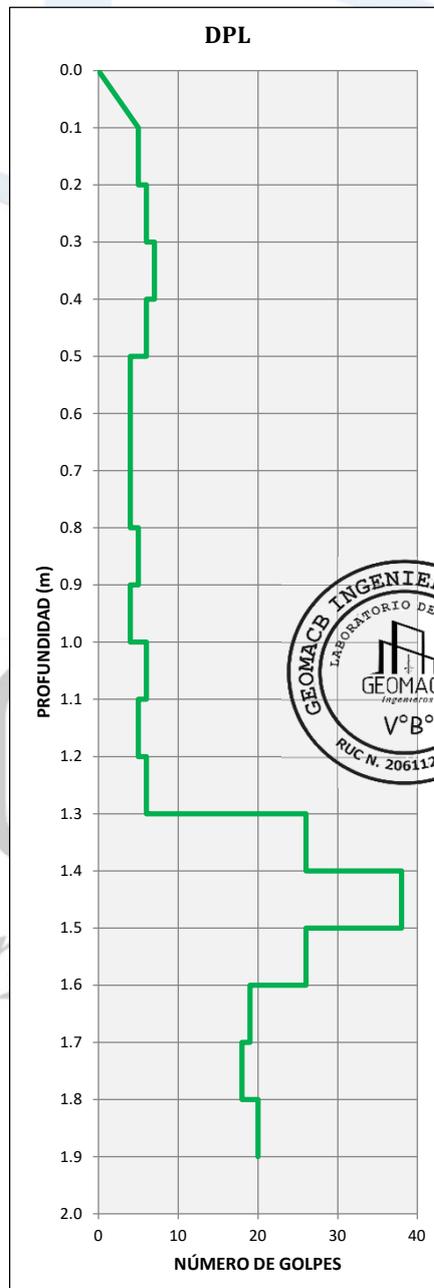
$$W_0 = N * W * H = q_{din} * A * E$$

$$q_{din} = \frac{N_{SPT} * W_{SPT} * H_{SPT}}{A_{SPT} * E_{SPT}} = \frac{N_{DPL} * W_{DPL} * H_{DPL}}{A_{DPL} * E_{DPL}}$$

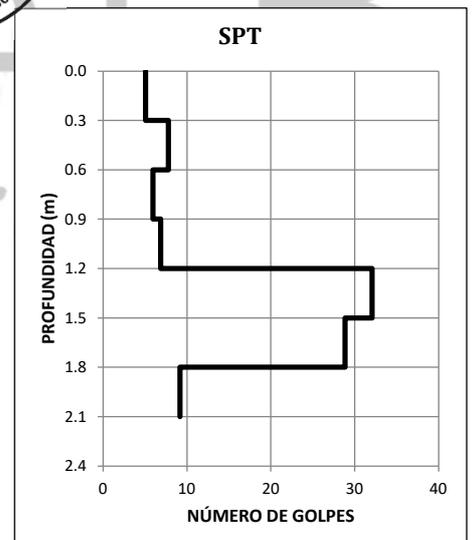
$$N_{SPT} = N_{DPL} * \frac{W_{DPL} * H_{DPL}}{A_{DPL} * E_{DPL}} * \frac{A_{SPT} * E_{SPT}}{W_{SPT} * H_{SPT}}$$

Tipo Penetrómetro	DPL	SPT
Peso de Martillo W (kg)	10.00	63.50
Altura de Caída H (cm)	50.00	76.20
Área de Punta A (cm ²)	4.57	20.27
Espesor de Hince E (cm)	30.00	30.00

DPL	
PROFUNDIDAD (m)	NRO DE GOLPES
0.10	0
0.20	5
0.30	6
0.40	7
0.50	6
0.60	4
0.70	4
0.80	4
0.90	5
1.00	4
1.10	6
1.20	5
1.30	6
1.40	26
1.50	38
1.60	26
1.70	19
1.80	18
1.90	20



SPT	
PROFUNDIDAD (m)	NRO DE GOLPES
0.30	5.04
0.60	7.79
0.90	5.96
1.20	6.87
1.50	32.07
1.80	28.86
2.10	9.16





GEOMACB INGENIEROS E.I.R.L.

RUC No 20611244569

Laboratorio Geotécnico – Investigaciones de Campo, Laboratorio de Mecánica de Suelos y Control de Calidad de Materiales

PROYECTO: "EVALUACION DEL FLUJO HIDRAULICO DEL RIO SANTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE DEFENSA RIBEREÑA EN VINZOS, DISTRITO DE CHIMBOTE - 2022"

UBICACION: RIO SANTA - VINZOS

SOLICITA: ANCAJIMA MAZA - NARVAEZ RODRIGUEZ

FECHA: 19 DE ENERO 2024

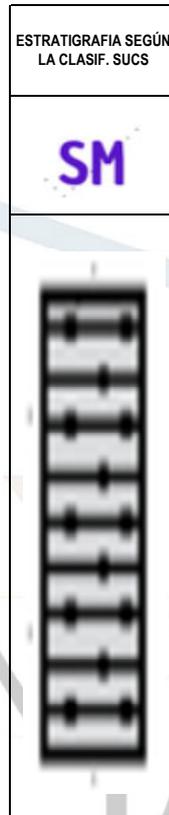
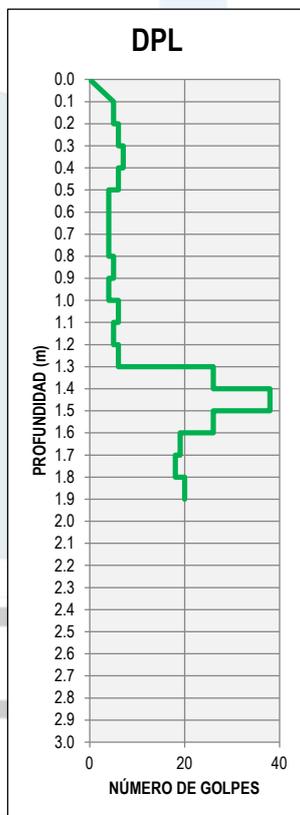
CALICATA: C-01

PROFUND: 1.90 m

PENETRÓMETRO DINÁMICO LIGERO (DPL) CORRELACION CON SPT

NTP 339.159, Norma DIN 4094 y Norma IRTP/DP

DPL	
PROFUNDIDAD (m)	NRO DE GOLPES
0.10	0
0.20	5
0.30	6
0.40	7
0.50	6
0.60	4
0.70	4
0.80	4
0.90	5
1.00	4
1.10	6
1.20	5
1.30	6
1.40	26
1.50	38
1.60	26
1.70	19
1.80	18
1.90	20
2.00	0
2.10	0
2.20	0
2.30	0
2.40	0
2.50	0
2.60	0
2.70	0
2.80	0
2.90	0
3.00	0



CORRELACIÓN ENTRE DPL Y SPT

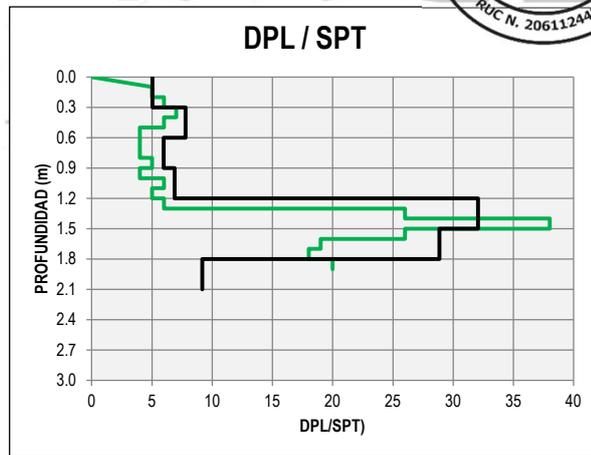
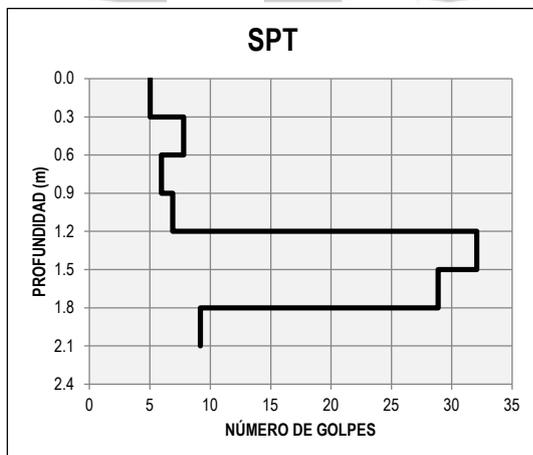
$$W_0 = N * W * H = q_{din} * A * E$$

$$q_{din} = \frac{N_{SPT} * W_{SPT} * H_{SPT}}{A_{SPT} * E_{SPT}} = \frac{N_{DPL} * W_{DPL} * H_{DPL}}{A_{DPL} * E_{DPL}}$$

$$N_{SPT} = N_{DPL} * \frac{W_{DPL} * H_{DPL}}{A_{DPL} * E_{DPL}} * \frac{A_{SPT} * E_{SPT}}{W_{SPT} * H_{SPT}}$$

Tipo Penetrómetro	DPL	SPT
Peso de Martillo W (kg)	10.00	63.50
Altura de Caída H (cm)	50.00	76.20
Área de Punta A (cm²)	4.57	20.27
Espesor de Hincia E (cm)	30.00	30.00

SPT	
PROFUNDIDAD (m)	NRO DE GOLPES
0.30	5.04
0.60	7.79
0.90	5.96
1.20	6.87
1.50	32.07
1.80	28.86
2.10	9.16





GEOMACB INGENIEROS E.I.R.L.

RUC No 20611244569

Laboratorio Geotécnico – Investigaciones de Campo, Laboratorio de Mecánica de Suelos y Control de Calidad de Materiales

PROYECTO:

"EVALUACION DEL FLUJO HIDRAULICO DEL RIO SANTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE DEFENSA RIBEREÑA EN VINZOS, DISTRITO DE CHIMBOTE - 2022"

UBICACION: RIO SANTA - VINZOS

SOLICITA: ANCAJIMA MAZA - NARVAEZ RODRIGUEZ

FECHA: 19 DE ENERO 2024

Calicata: C-01

Profundidad: 1.90 m

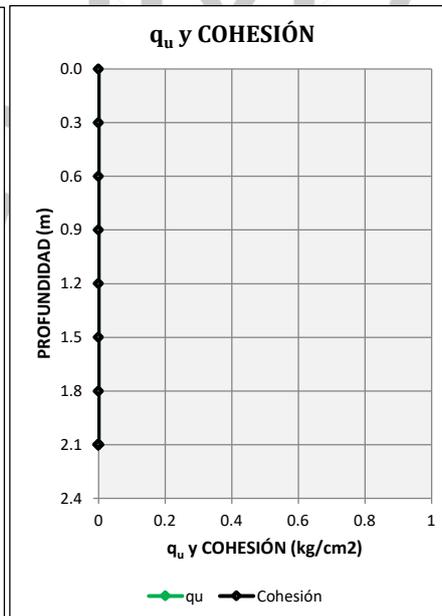
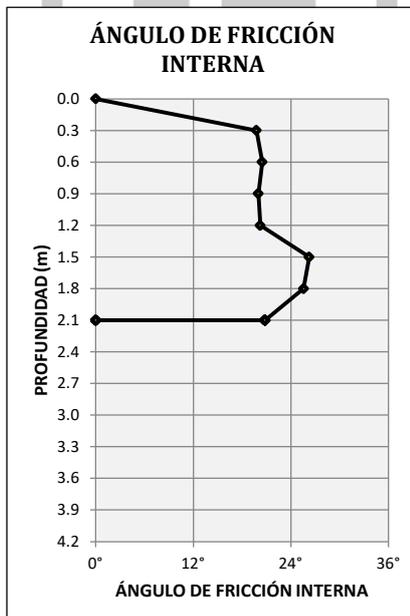
CORRELACIONES DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT)

NO Presenta Nivel Freático

ESTRATO		PROFUNDIDAD		CLASIFICACIÓN SUCS
NÚMERO	ESPESOR (m)	INICIAL (m)	FINAL (m)	
Estrato 1	1.90	0.00	1.90	SM
Estrato 2	0.00			
Estrato 3	0.00			

Profundidad de Investigación alcanzada en campo: 1.90 m

PROFUNDIDAD (m)	NÚMERO DE GOLPES EN SPT Ncampo	ESFUERZO TOTAL DEL SUELO (kg/cm ²)	ESFUERZO EFECTIVO DEL SUELO (kg/cm ²)	FACTOR DE CORRECCIÓN POR PROFUNDIDAD C _N	NÚMERO DE GOLPES EN SPT CORREGIDO Ncorr	ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (° ' ")	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE q _u (kg/cm ²)	COHESIÓN c (kg/cm ²)
0.30	5.04	0.04	0.04	1.00	5.04	28° 20' 47"	-	-
0.60	7.79	0.08	0.09	1.00	7.79	29° 15' 45"	-	-
0.90	5.96	0.13	0.14	1.00	5.96	28° 39' 06"	-	-
1.20	6.87	0.17	0.18	1.00	6.87	28° 57' 26"	-	-
1.50	32.07	0.22	0.23	1.00	32.07	36° 31' 00"	-	-
1.80	28.86	0.27	0.27	1.57	45.36	35° 39' 29"	-	-
2.10	9.16	0.31	0.32	1.52	13.90	29° 43' 14"	-	-



ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA CORREGIDA (° ' ")	PROFUNDIDAD D (m)
19°46'54"	0.30
20°28'58"	0.60
20°00'53"	0.90
20°14'54"	1.20
26°16'17"	1.50
25°33'44"	1.80
20°50'09"	2.10





GEOMACB INGENIEROS E.I.R.L.

RUC No 20611244569

Laboratorio Geotécnico – Investigaciones de Campo, Laboratorio de Mecánica de Suelos y Control de Calidad de Materiales

PROYECTO: "EVALUACION DEL FLUJO HIDRAULICO DEL RIO SANTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE DEFENSA RIBEREÑA EN VINZOS, DISTRITO DE CHIMBOTE - 2022"

UBICACION: RIO SANTA - VINZOS

SOLICITA: ANCAJIMA MAZA - NARVAEZ RODRIGUEZ

FECHA: 19 DE ENERO 2024

Calicata: C-01

Profundidad: 1.90 m

CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA Y ADMISIBLE SEGÚN TERZAGHI CIMENTO CORRIDO FALLA LOCAL

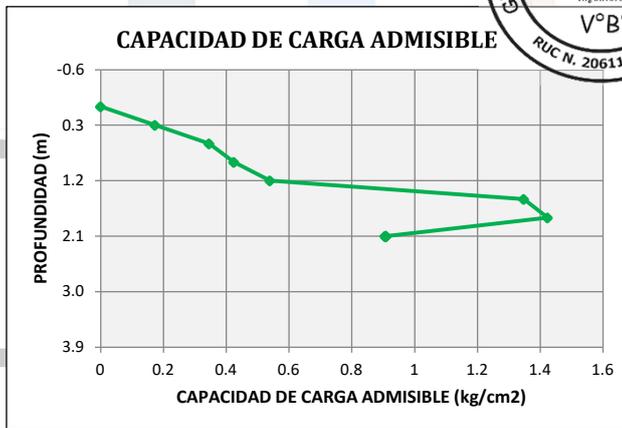
$$q_{cu} = 2/3c * N_c + q * N_q + 0.5 * B * \gamma * N_\gamma$$

$$q = \gamma * D_f$$

B = 1.00 m

F.S. = 3

D _f (m)	c (kg/cm ²)	γ (gr/cm ³)	K _{py}	q (kg/cm ²)	N _c	N _q	N _γ	q _{cu} (kg/cm ²)	q _a (kg/cm ²)
0.30	-	1.21	24.72	0.04	17.43	7.27	4.84	0.52	0.17
0.60	-	1.53	25.97	0.09	18.27	7.83	5.34	1.04	0.35
0.90	-	1.53	25.03	0.14	17.71	7.45	4.98	1.27	0.42
1.20	-	1.53	25.50	0.18	17.99	7.64	5.16	1.62	0.54
1.50	-	1.53	39.32	0.23	27.65	14.65	11.82	4.04	1.35
1.80	-	1.53	36.91	0.28	26.21	13.54	10.61	4.27	1.42
2.10	-	1.53	26.67	0.32	18.71	8.12	5.62	2.72	0.91



q = γ * D_f
K_{py} = passive pressure coefficient

Ang. Fric.	K _{py}	kpy D _f : 2.10
0	10.8	26.67
5	12.2	26.67
10	14.7	26.67
15	18.6	26.67
20	25	26.67
25	35	0.00
30	52	0.00
35	82	0.00
40	141	0.00
45	298	0.00
50	800	0.00

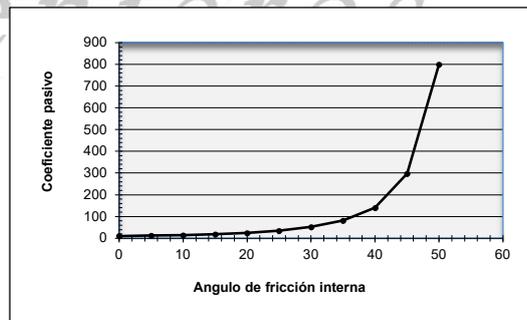
FACTORES DE CARGA

$$N_c = \cot\phi [Nq - 1]$$

$$N_q = \frac{a^2}{2\cos^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)}$$

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

$$a = e^{(0.75*\pi - \phi/2)*\tan\phi}$$





GEOMACB INGENIEROS E.I.R.L.

RUC No 20611244569

Laboratorio Geotécnico – Investigaciones de Campo, Laboratorio de
Mecánica de Suelos y Control de Calidad de Materiales

PROYECTO: "EVALUACION DEL FLUJO HIDRAULICO DEL RIO SANTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE DEFENSA RIBEREÑA EN VINZOS, DISTRITO DE CHIMBOTE - 2022"

UBICACION: RIO SANTA - VINZOS

SOLICITA: ANCAJIMA MAZA - NARVAEZ RODRIGUEZ

FECHA: 19 DE ENERO 2024

Calicata: C-01

Profundidad: 1.90 m

CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA Y ADMISIBLE SEGÚN MEYERHOF CIMENTO CORRIDO FALLA LOCAL

$$q_{cu} = 2/3c * N_c * F_{cs} * F_{cd} * F_{ci} + q * N_q * F_{qs} * F_{qd} * F_{qi} + 0.5 * B * \gamma * N_\gamma * F_{\gamma s} * F_{\gamma d} * F_{\gamma i}$$

Ángulo de Inclinación de la Carga
con respecto a la Vertical:

0° 00' 00"

B= 1.00 m

F.S. = 3

D _f (m)	F _{cs}	F _{qs}	F _{γs}	F _{cd}	F _{qd}	F _{γd}	F _{ci}	F _{qi}	F _{γi}
0.30	1.00	1.00	1.00	1.12	1.09	1.00	1.00	1.00	1.00
0.60	1.00	1.00	1.00	1.24	1.19	1.00	1.00	1.00	1.00
0.90	1.00	1.00	1.00	1.36	1.28	1.00	1.00	1.00	1.00
1.20	1.00	1.00	1.00	1.35	1.28	1.00	1.00	1.00	1.00
1.50	1.00	1.00	1.00	1.39	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
1.80	1.00	1.00	1.00	1.43	1.33	1.00	1.00	1.00	1.00
2.10	1.00	1.00	1.00	1.45	1.36	1.00	1.00	1.00	1.00



FACTORES DE CARGA

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} * \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

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

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 \phi)$$

FACTORES DE PROFUNDIDAD

$$F_{cd} = 1 + 0.4 * \frac{D_f}{B'}$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi * (1 - \sin \phi)^2 * \frac{D_f}{B'}$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

FACTORES DE FORMA

$$F_{cs} = 1 + \frac{B'}{L} * \frac{N_q}{N_c}$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B'}{L} * \tan \phi$$

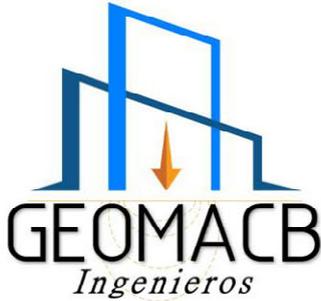
$$F_{\gamma s} = 1 - \frac{0.4}{L} * B'$$

FACTORES DE INCLINACION

$$F_{ci} = \left(1 - \frac{\beta}{90} \right)^2$$

$$F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta}{90} \right)^2$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi} \right)^2$$



GEOMACB INGENIEROS E.I.R.L.

RUC No 20611244569

Laboratorio Geotécnico – Investigaciones de Campo, Laboratorio de
Mecánica de Suelos y Control de Calidad de Materiales

PROYECTO: "EVALUACION DEL FLUJO HIDRAULICO DEL RIO SANTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE DEFENSA
RIBEREÑA EN VINZOS, DISTRITO DE CHIMBOTE - 2022"

UBICACION: RIO SANTA - VINZOS

SOLICITA: ANCAJIMA MAZA - NARVAEZ RODRIGUEZ

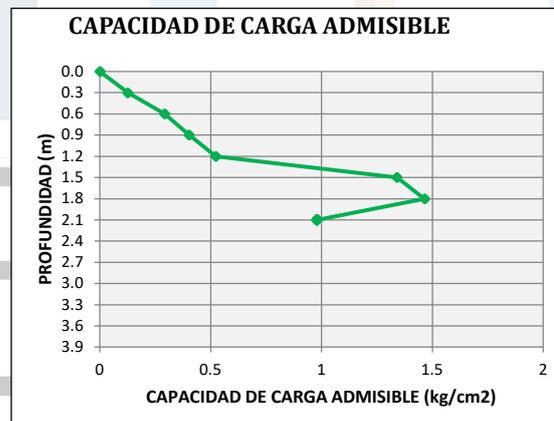
FECHA: 19 DE ENERO 2024

Calicata: C-01

Profundidad: 1.90 m

CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA Y ADMISIBLE SEGÚN MEYERHOF

D_f (m)	D_f/B	c (kg/cm ²)	γ (gr/cm ³)	q (kg/cm ²)	N_c	N_q	N_γ	q_{cu} (kg/cm ²)	q_a (kg/cm ²)
0.30	0.30	-	1.21	0.04	14.63	6.26	2.76	0.38	0.13
0.60	0.60	-	1.53	0.09	15.30	6.71	3.13	0.87	0.29
0.90	0.90	-	1.53	0.14	14.85	6.41	2.88	1.21	0.40
1.20	1.20	-	1.53	0.18	15.07	6.56	3.00	1.57	0.52
1.50	1.50	-	1.53	0.23	22.70	12.20	8.37	4.02	1.34
1.80	1.80	-	1.53	0.27	21.57	11.31	7.44	4.40	1.47
2.10	2.10	-	1.53	0.32	15.65	6.96	3.32	2.94	0.98





GEOMACB INGENIEROS E.I.R.L.

RUC No 20611244569

Laboratorio Geotécnico – Investigaciones de Campo, Laboratorio de
Mecánica de Suelos y Control de Calidad de Materiales

PROYECTO: "EVALUACION DEL FLUJO HIDRAULICO DEL RIO SANTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE DEFENSA RIBEREÑA EN VINZOS, DISTRITO DE CHIMBOTE - 2022"

UBICACION: RIO SANTA - VINZOS

SOLICITA: ANCAJIMA MAZA - NARVAEZ RODRIGUEZ

FECHA: 19 DE ENERO 2024

Calicata: C-01

Profundidad: 1.90 m

RESUMEN DE RESULTADOS

		q_a (kg/cm ²)			q_a Mínima (kg/cm ²)
		Skempton	Terzaghi	Meyerhof	
D_f (m)	0.30	-	0.17	0.13	0.13
	0.60	-	0.35	0.29	0.29
	0.90	-	0.42	0.40	0.40
	1.20	-	0.54	0.52	0.52
	1.50	-	1.35	1.34	1.34
	1.80	-	1.42	1.47	1.42
	2.10	-	0.91	0.98	0.91



GEOMACB
Ingenieros

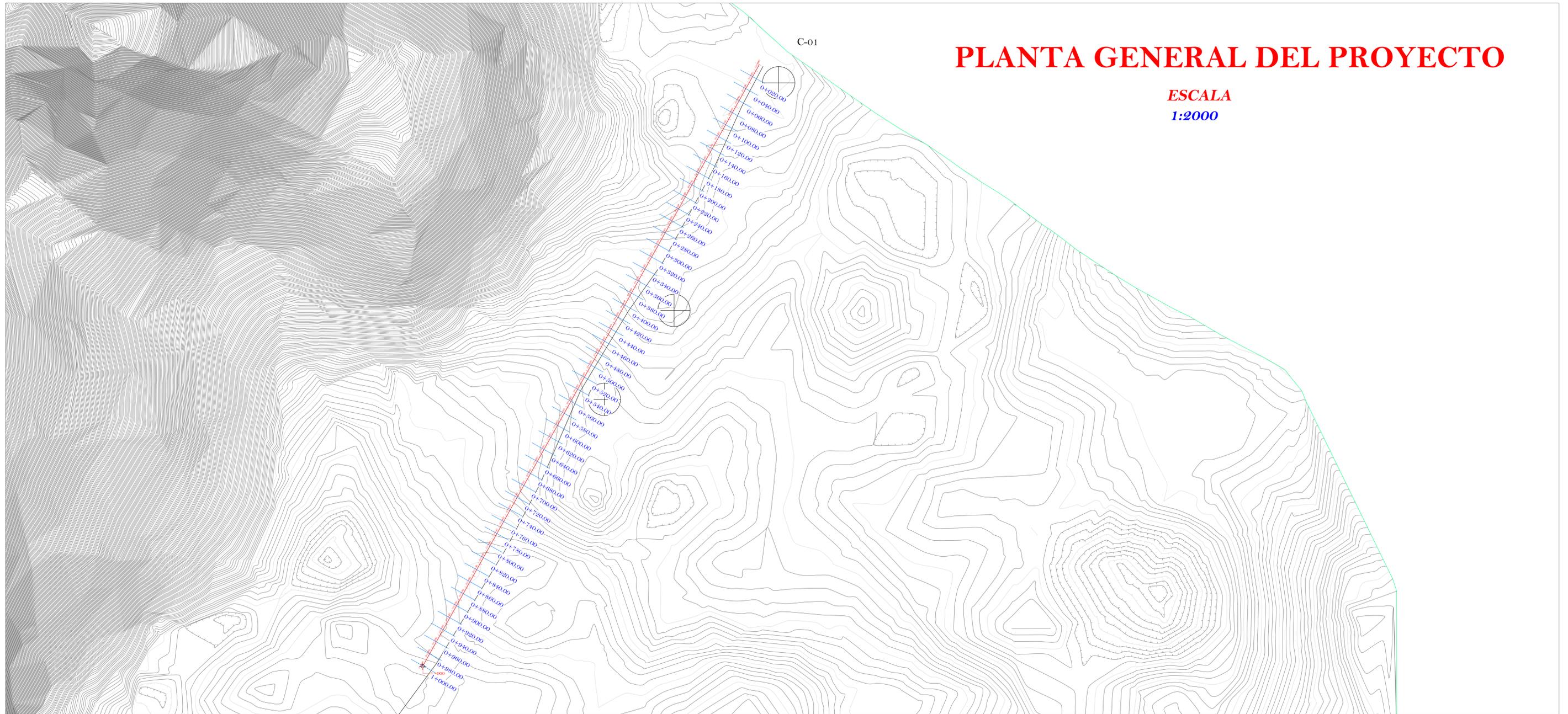
ANEXO N°04:

PLANOS

C-01

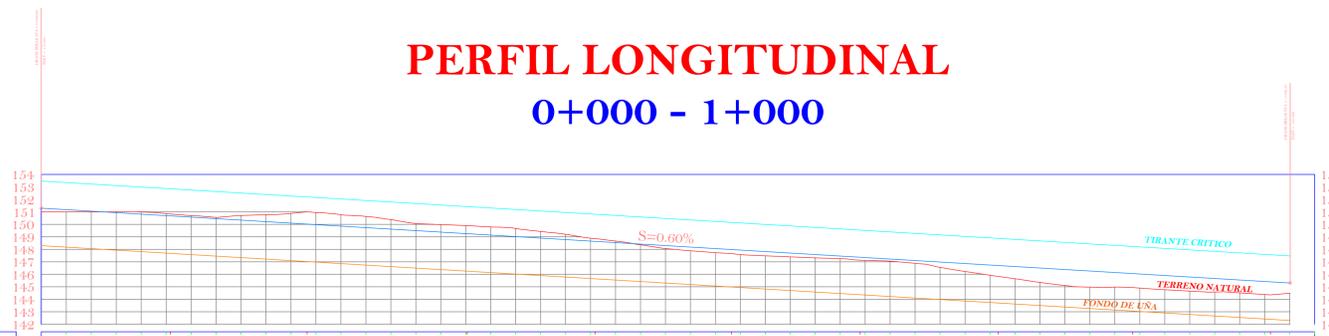
PLANTA GENERAL DEL PROYECTO

ESCALA
1:2000



PERFIL LONGITUDINAL 0+000 - 1+000

ESCALA
1:2000

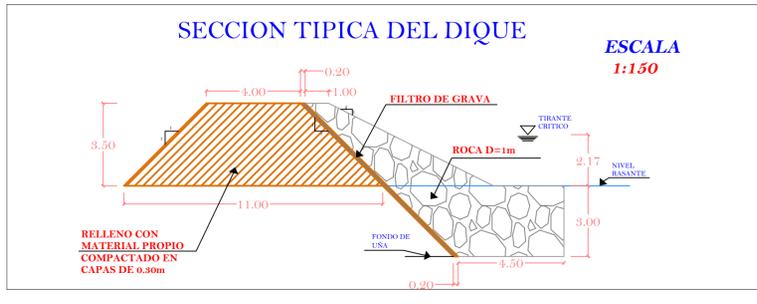
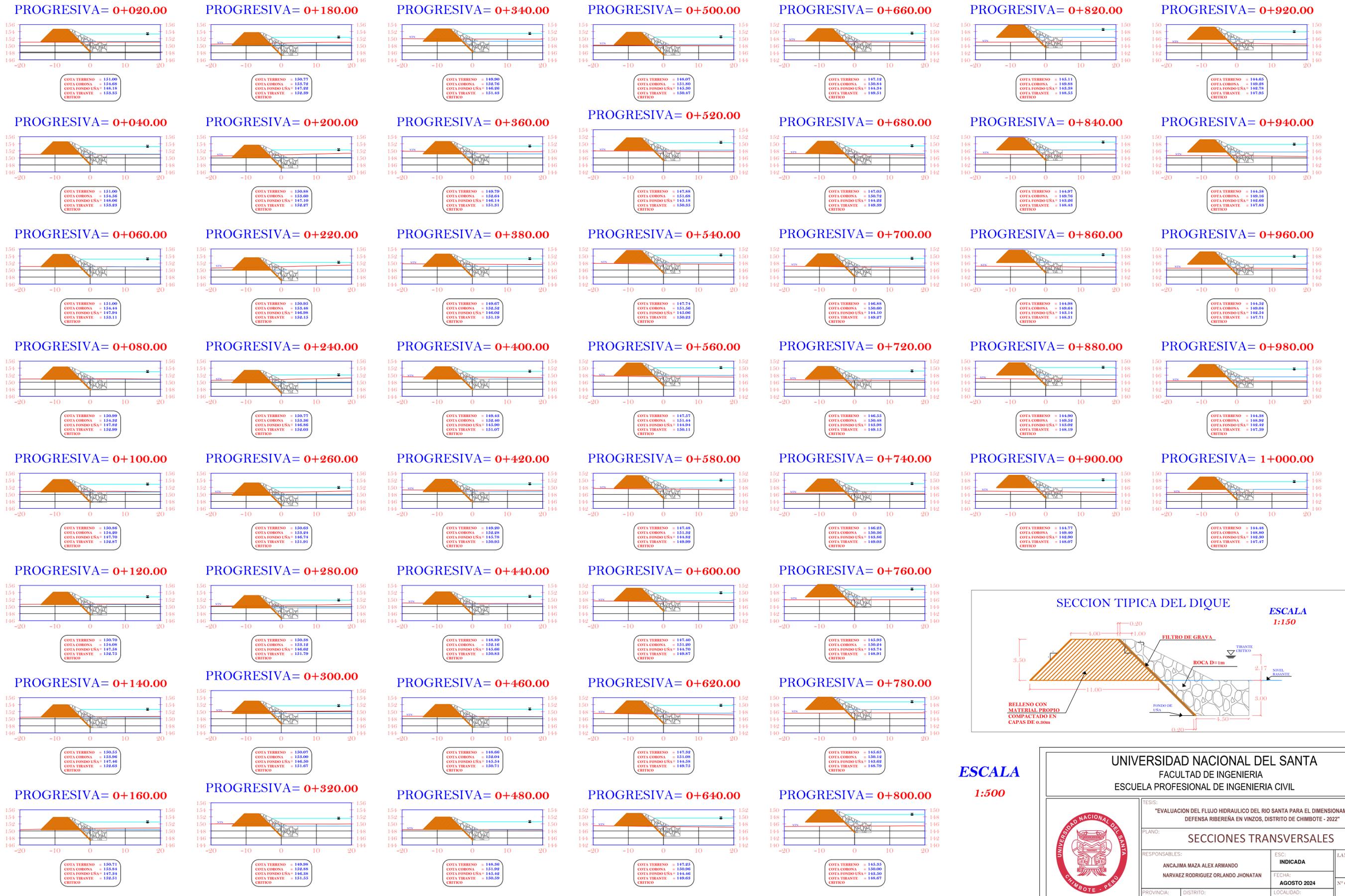


PROGRESIVA	COTAS TERRENO	COTA RASANTE	ALTURA CORTE (-) RELENO (+)	PENDIENTE
0+020	151.00	151.18	0.18	
0+040	151.00	151.06	0.06	
0+060	151.00	150.94	-0.06	
0+080	150.99	150.82	-0.17	
0+100	150.86	150.70	-0.16	
0+120	150.70	150.58	-0.12	
0+140	150.55	150.46	-0.10	
0+160	150.71	150.34	-0.37	
0+180	150.77	150.22	-0.55	
0+200	150.65	149.98	-0.67	
0+220	150.77	149.86	-0.92	
0+240	150.63	149.74	-0.90	
0+260	150.63	149.62	-0.76	
0+280	150.88	149.50	-0.37	
0+300	150.07	149.38	-0.69	
0+320	149.98	149.26	-0.72	
0+340	149.90	149.14	-0.76	
0+360	149.07	149.02	-0.05	
0+380	149.43	148.78	-0.65	
0+400	149.43	148.78	-0.65	
0+420	148.80	148.54	-0.26	
0+440	148.80	148.54	-0.26	
0+460	148.66	148.42	-0.24	
0+480	148.36	148.20	-0.16	
0+500	148.07	147.88	-0.19	
0+520	147.88	147.76	-0.12	
0+540	147.78	147.64	-0.14	
0+560	147.57	147.42	-0.15	
0+580	147.48	147.30	-0.18	
0+600	147.40	147.18	-0.20	
0+620	147.32	147.06	-0.24	
0+640	147.25	146.94	-0.31	
0+660	147.12	146.82	-0.30	
0+680	147.05	146.70	-0.35	
0+700	146.88	146.58	-0.30	
0+720	146.55	146.25	-0.30	
0+740	146.25	145.95	-0.30	
0+760	146.65	146.35	-0.30	
0+780	146.65	146.35	-0.30	
0+800	146.50	146.20	-0.30	
0+820	146.11	145.81	-0.30	
0+840	144.97	144.67	-0.30	
0+860	144.98	144.68	-0.30	
0+880	144.90	144.60	-0.30	
0+900	144.77	144.47	-0.30	
0+920	144.65	144.35	-0.30	
0+940	144.58	144.28	-0.30	
0+960	144.51	144.21	-0.30	
0+980	144.42	144.12	-0.30	
1+000	144.18	143.88	-0.30	

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS: "EVALUACION DEL FLUJO HIDRAULICO DEL RIO SANTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE DEFENSA RIBERENA EN VINZOS, DISTRITO DE CHIMBOTE - 2022"		
PLANO: PERFIL LONGITUDINAL		
RESPONSABLES: ANCAJIMA MAZA ALEX ARMANDO NARVAEZ RODRIGUEZ ORLANDO JHONATAN	ESC: INDICADA FECHA: AGOSTO 2024	LAMINA N°: PL N° Correlativo: 01
PROVINCIA: SANTA	DISTRITO: CHIMBOTE	LOCALIDAD: VINZOS



ESCALA
1:500

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

RESUMEN:
 "EVALUACION DEL FLUJO HIDRAULICO DEL RIO SANTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE DEFENSA RIBERENA EN VINZOS, DISTRITO DE CHIMBOTE - 2022"

PLANO:
 SECCIONES TRANSVERSALES

RESPONSABLES: ANCAJIMA MAZA ALEX ARMANDO NARVAEZ RODRIGUEZ ORLANDO JHONATAN	ESC: INDICADA	LAMINA N°: ST
PROVINCIA: SANTA	FECHA: AGOSTO 2024	N° Correlativo: 01
DISTRITO: CHIMBOTE	LOCALIDAD: VINZOS	