

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“Impacto de los escenarios de cambio climático en la socavación futura del puente Pendencia – Huánuco, 2020-2050”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Grados Reyes, Dangelo Walther

ASESOR: Aguilar Alcántara, Leonel Marlo

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Hidráulica

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería civil

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 47150683

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 43415813

Grado/Título: Maestro en ingeniería civil con mención en dirección de empresas de la construcción

Código ORCID: 0000-0002-0877-5922

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jara Trujillo, Carlos Alberto	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769
2	Trujillo Ariza, Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002-5650-3745
3	Arteaga Espinoza, Ingrid Delia Dignarda	Máster en dirección de proyectos	73645168	0009-0001-0745-5433

D

H



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 15:00 horas del día martes 25 de febrero de 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

- | | |
|--|------------|
| ❖ MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA | PRESIDENTE |
| ❖ MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA | SECRETARIA |
| ❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO | VOCAL |

Nombrados mediante RESOLUCIÓN No 0304-2025-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "IMPACTO DE LOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMATICO EN LA SOCAVACIÓN FUTURA DEL PUENTE PENDENCIA – HUÁNUCO, 2020-2050", presentado por el (la) Bachiller. Bach. Dangelo Walther GRADOS REYES, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) APROBADO por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 11 y cualitativo de suficiente (Art. 47).

Siendo las 03:43 p.m. horas del día 25 del mes de febrero del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA
DNI: 70502371
ORCID: 0000-0002-5650-3745
PRESIDENTE

MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA
DNI: 73645168
ORCID: 0009-0001-0745-5433
SECRETARIO (A)

MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO
DNI: 41891649
ORCID: 0000-0001-8392-1769
VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: DANGELO WALTHER GRADOS REYES, de la investigación titulada "Impacto de los escenarios de cambio climático en la socavación futura del puente Pendencia - Huánuco, 2020-2050", con asesor(a) LEONEL MARLO AGUILAR ALCANTARA, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 0231-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 17 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 23 de diciembre de 2024



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

79. Grados Reyes, Dangelo Walther.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.uss.edu.pe

Fuente de Internet

4%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

3

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

www.researchgate.net

Fuente de Internet

1%

5

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286

cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

DEDICATORIA

Agradezco profundamente al supremo hacedor por brindarme el espíritu, la valentía, la paciencia y la fe en esta emergente responsabilidad. A mis progenitores, por su admirable ejemplo de superación continua y por ser los cimientos de mi fortaleza.

AGRADECIMIENTO

Empiezo por agradecer a Dios, poniendo en primer lugar siempre, al P.A.P. de Ingeniería civil de la UDH, por los docentes que brindaron sus conocimientos para la profesión que opte.

También incluyo mi agradecimiento a mi asesor de este proyecto al Mg. Leonel Marlo Aguilar Alcántara, por la acertada sugerencia y sentido crítico para desarrollar la presente tesis.

Incluyo mi más profundo agradecimiento a mis padres, mis guadores, a mi esposa, hermanos que brindaron su granito para apoyarme en este camino, fueron una inspiración para mi éxito profesional, estaré eternamente agradecido.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XII
CAPITULO I.....	13
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	13
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	15
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	15
1.3. OBJETIVOS.....	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	16
1.4.2. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	17
1.4.3. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	17
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.6.1. VIABILIDAD OPERATIVA.....	18
1.6.2. VIABILIDAD TÉCNICA.....	18
1.6.3. VIABILIDAD ECONÓMICA.....	19
CAPÍTULO II.....	20
MARCO TEÓRICO.....	20
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	20
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	22
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	23

2.2.	BASES TEÓRICAS	24
2.2.1.	PUENTES	24
2.2.2.	SOCAVACIÓN	29
2.2.3.	TRANSPORTE DE SEDIMENTOS	36
2.2.4.	ESTRUCTURAS VIALES: PUENTES	38
2.2.5.	PROYECCIONES CLIMÁTICAS	39
2.2.6.	TRAYECTORIAS DE CONCENTRACIÓN REPRESENTATIVA (RCP) 40	
2.2.7.	TRANSPORTE DE SEDIMENTOS	40
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES	41
2.4.	HIPÓTESIS.....	42
2.4.1.	HIPÓTESIS GENERAL	42
2.4.2.	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	42
2.5.	VARIABLES	43
2.5.1.	VARIABLE DEPENDIENTE	43
2.5.2.	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	43
2.6.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	44
CAPITULO III		45
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		45
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	45
3.1.1.	ENFOQUE	45
3.1.2.	ALCANCE O NIVEL	45
3.1.3.	DISEÑO	45
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	50
3.2.1.	POBLACIÓN	50
3.2.2.	MUESTRA.....	50
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	51
3.4.	TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	55
CAPÍTULO IV		56
RESULTADOS		56
4.1.	PROCESAMIENTO DE DATOS	56
4.2.	APORTE PRÁCTICO.....	81

4.3. CONTRASTE O PRUEBA DE HIPÓTESIS HIPÓTESIS	
GENERAL	83
CONCLUSIONES.....	86
RECOMENDACIONES	88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
ANEXOS	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Coordenadas de Puente Pendencia	35
Tabla 2	Formas de Transporte y Origen del Material.....	37
Tabla 3	Instrumentos de recolección de datos	51
Tabla 4	Instrumentos físicos	52
Tabla 5	Resultados del levantamiento topográfico	56
Tabla 6	Coordenadas “UTM”	56
Tabla 7	Resultados del ensayo de laboratorio	57
Tabla 8	Registro pluviométrico de las estaciones Tingo María	60
Tabla 9	Distribución de probabilidades pluviométricas mediante gumbel	62
Tabla 10	Cálculo de las precipitaciones diarias máximas probables según frecuencias.....	64
Tabla 11	Coeficientes para relaciones a la lluvia de duración 24 horas	64
Tabla 12	Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias	65
Tabla 13	Intensidades de lluvia a partir de “Pd”, según duración de precipitación y frecuencia de la misma	65
Tabla 14	Periodo de retorno para 2 años	66
Tabla 15	Periodo de retorno para 5 años	67
Tabla 16	Periodo de retorno para 10 años	68
Tabla 17	Periodo de retorno para 25 años	69
Tabla 18	Periodo de retorno para 50 años	70
Tabla 19	Periodo de retorno para 100 años	71
Tabla 20	Periodo de retorno para 500 años	72
Tabla 21	Resumen de aplicación.....	73
Tabla 22	Regresión potencial	73
Tabla 23	Tabla de intensidades - Tiempo de duración	74
Tabla 24	Resumen de caudales para los periodos de retorno.....	76
Tabla 25	Resumen de tipo de distribución	78
Tabla 26	Resumen de tipo de distribución	79
Tabla 27	Resumen de tipo de distribución	79
Tabla 28	Resumen de tipo de distribución	80
Tabla 29	Prueba ANOVA para el impacto del escenario de cambio climático	

en la socavación del puente Pendencia – Huánuco	83
Tabla 30 Prueba ANOVA para el impacto del escenario de cambio climático en la socavación del puente Pendencia – Huánuco	84
Tabla 31 Prueba ANOVA para el impacto del escenario de cambio climático en la socavación del puente Pendencia – Huánuco	85
Tabla 32 Equipos y materiales.....	125
Tabla 33 Resultados de ensayos.....	125
Tabla 34 Datos hidrometeorológicos	180
Tabla 35 Estaciones y caudal anual	182
Tabla 36 Caudal máximo y caudal acumulado	183
Tabla 37 Probabilidad según periodos de retorno	185
Tabla 38 Descargas máximas instantáneas	186

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Apoyos con Elastómeros en Uniones en Puente de Concreto	26
Figura 2 Socavación	32
Figura 3 Puente pendencia- Daniel Alomía Robles, Huánuco	36
Figura 4 Ubicación del lugar de estudio.....	51
Figura 5 Ubicación geográfica del puente Pendencia.....	57
Figura 6 Histograma	62
Figura 7 Regresión T=2 años (Intensidad - Duración)	67
Figura 8 Regresión T=5 años (Intensidad - Duración)	68
Figura 9 Regresión T=10 años (Intensidad - Duración)	69
Figura 10 Regresión T=25 años (Intensidad - Duración)	70
Figura 11 Regresión T=50 años (Intensidad - Duración)	71
Figura 12 Regresión T=100 años (Intensidad - Duración)	72
Figura 13 Regresión T=500 años (Intensidad - Duración)	73
Figura 14 Cd (d) relación con el T (años)	74
Figura 15 Curvas IDF de la cuenca	75
Figura 16 Levantamiento topográfico con dron.....	104
Figura 17 Borde del terreno natural	104
Figura 18 Sección central del puente.....	105
Figura 19 Medición con wincha.....	105
Figura 20 Vista panorámica del puente aguas arriba.....	106
Figura 21 Calicata 1, extracción de muestra 1	122
Figura 22 Calicata 2, extracción muestra 2.....	123
Figura 23 Calicata 3, extracción de muestra 3.....	123
Figura 24 Calicata 4, extracción muestra 4.....	124
Figura 25 Calicata 1	126
Figura 26 Calicata 2.....	127
Figura 27 Calicata 3.....	128
Figura 28 Calicata 4.....	129
Figura 29 Análisis visual	184

RESUMEN

La presente tesis, titulada Impacto de los escenarios de cambio climático en la socavación futura del puente Pendencia – Huánuco, 2020-2050, tiene como objetivo evaluar los efectos de la variación climática sobre la socavación futura del puente Pendencia en el periodo 2020-2050. Para ello, se empleó **metodológicamente** un enfoque cuantitativo, con un alcance aplicativo y un nivel explicativo, lo que permite abordar la pregunta: ¿Qué impacto tiene? y ¿por qué ocurre? y explora la conexión entre las dos variables de estudio: los escenarios de cambio climático y la socavación futura del puente Pendencia. **Resultados:** se calcularon las propiedades de las cuencas hidrográficas para puente Pendencia, teniendo lo siguiente: el área 115,69 km², longitud del río 8,938 metros, perímetro 82,35, ancho de la cuenca 6,45 km, entre otros. **Se concluyó** en el análisis estadístico realizado mediante la prueba ANOVA para la socavación en las estructuras del puente pendencia (pilar y estribos) en la escena de variación climática para el 2050, que existe diferencia relevante de la variación climática en la socavación de puente Pendencia año 2050; por tal podemos inferir que el cambio climático impactó en la socavación del puente pendencia.

Palabras clave: Cambio Climático, Puente, Socavación, Cuencas hidrográficas, variación climática.

ABSTRACT

This thesis, titled "Impact of Climate Change Scenarios on the Future Scour of the Pendencia Bridge – Huánuco, 2020-2050," aims to assess the effects of climate variation on the future scour of the Pendencia Bridge during the period 2020-2050. A quantitative approach was employed methodologically, with an applied scope and an explanatory level, which allows addressing the questions: What is the impact? and why does it occur? It also explores the relationship between the two study variables: climate change scenarios and the future scour of the Pendencia Bridge. Results: The properties of the watersheds for the Pendencia Bridge were calculated, with the following details: area 115.69 km², river length 8,938 meters, perimeter 82.35 km, watershed width 6.45 km, among others. The statistical analysis conducted using the ANOVA test for scour in the structures of the Pendencia Bridge (pier and abutments) under the climate variation scenario for 2050 concluded that there is a significant difference in the climate variation's effect on the scour of the Pendencia Bridge in 2050. Therefore, we can infer that climate change has impacted the scour of the Pendencia Bridge.

Keywords: Climate Change, Bridge, Scour, Watersheds, climate variation

INTRODUCCIÓN

La presente tesis titulada “Impacto de los escenarios de cambio climático en la socavación futura del puente Pendencia – Huánuco, 2020-2050”, tiene como propósito analizar cómo el cambio climático podría influir en la socavación futura del puente Pendencia, ubicado en Huánuco, durante el período comprendido entre 2020 y 2050. Para esto, se propone la aplicación del programa HEC-RAS utilizando el método analítico y deductivo para los escenarios climáticos proyectados para los años 2030, 2040 y 2050.

Para alcanzar los objetivos planteados, se llevaron a cabo las acciones siguientes:

Se planteó el problema central de la tesis, destacando que una de las mayores afectaciones en los puentes de Perú es causada por las variaciones en los flujos de agua, influenciadas por factores hidrológicos como el caudal, el tirante de agua y la escorrentía. El primer capítulo se enfoca en describir y formular el objeto de estudio, justificar su importancia, delimitar su alcance y demostrar su viabilidad.

En el marco teórico, se sustenta el estudio con información básica de antecedentes en tres contextos: internacional, nacional y local. En este se desarrollan los fundamentos teóricos, se explican los conceptos clave y se definen las hipótesis, junto con las variables y su respectiva operacionalización. Todos estos aspectos se abordan en detalle en el Capítulo 2.

Metodológicamente, la investigación define su naturaleza, enfoque y alcance. Se describe el equipo básico utilizado (muestreo) y las técnicas empleadas, incluyendo los instrumentos de medición y los métodos para la presentación de la información. Estos aspectos se discuten y definen en el Capítulo 3.

El Capítulo 4 presenta los resultados obtenidos junto con la comprobación de las hipótesis planteadas. Por último, se evidencian las conclusiones del estudio y se proponen algunas recomendaciones.

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los puentes son componentes fundamentales de las infraestructuras viales a nivel mundial, ya que su construcción es indispensable en áreas con condiciones topográficas y de relieve complejas. Estas estructuras permiten reducir distancias y mejorar la accesibilidad, por lo que deben garantizar tanto la seguridad como la transitabilidad (Delborne et al., 2020).

La socavación es una problemática global en la infraestructura de puentes, causado por la erosión de los cimientos debido a factores hidrológicos y eventos climáticos extremos. Esto amenaza la seguridad y accesibilidad de las vías de transporte, impactando negativamente en la movilidad y la economía de las regiones afectadas (Harasti et al., 2021).

En el Perú, las fluctuaciones en los flujos de agua representan uno de los principales desafíos para la integridad de los puentes. Estos cambios están condicionados por factores hidrológicos como el caudal, el nivel del agua y la escorrentía. La falta de consideración de esta variabilidad en los criterios de diseño conduce a la falla y al deterioro crítico de muchos puentes. Estas fluctuaciones causan la erosión del suelo alrededor de las estructuras, lo que eventualmente lleva a la socavación y compromete la estabilidad de los puentes (Armas, 2021).

La falta de consideración de esta variabilidad durante las etapas de planificación y ejecución de las infraestructuras viales conlleva a una serie de problemas graves. En particular, la ausencia de criterios adecuados para enfrentar estas condiciones extremas puede resultar en el debilitamiento progresivo e incluso el colapso repentino de los puentes, especialmente en zonas vulnerables e inundaciones y deslizamientos (Almonte et al., 2022).

En muchas ciudades del país las fluctuaciones bruscas en los flujos de agua pueden acelerar significativamente el proceso de erosión del suelo

alrededor de las bases de los puentes, desencadenando la socavación y comprometiendo gravemente la estabilidad estructural de estas importantes vías de comunicación (Flores et al., 2022).

El panorama en el departamento de Huánuco no es diferente debido a que en la actualidad muchos de sus puentes se encuentran vulnerables como consecuencia de fenómenos naturales; que provocan variaciones en las condiciones climáticas, así como sus parámetros hidráulicos, y la desconsideración de estos en los criterios de diseño. A pesar de que la ciudad de Huánuco se encuentra vulnerable constantemente ante la erosión y la socavación causadas por la lluvia exponen los cimientos de las estructuras de los puentes al ataque del agua; la falla de estas estructuras es aún muy común (Canales y Vela, 2020).

Como señala Robles (2023) en su estudio, en Huánuco aproximadamente el 35% de los estribos de puentes sufren daños en sus cimentaciones y pilares, particularmente aquellos construidos hace más de dos décadas. Este problema se debe a que los parámetros clave para el diseño de las cimentaciones se centraron principalmente en la capacidad de carga, sin considerar adecuadamente los fenómenos de socavación esperados. Para abordar esta problemática, se recurre al uso de herramientas computacionales como el software HEC-RAS, que facilita la evaluación de cada puente mediante el análisis de parámetros hidrológicos y las condiciones específicas del lugar de estudio. Además, esta herramienta posibilita la realización de cálculos hidráulicos tanto unidimensionales como bidimensionales (Canales y Vela, 2020).

Un ejemplo de infraestructura afectada por esta problemática es el Puente Pendencia, localizado en el distrito de Daniel Alomía Robles, provincia de Leoncio Prado. Este puente sufrió las consecuencias del incremento de precipitaciones, lo que generó un aumento del caudal y el desborde del río en enero de 2020 (Inga et al., 2020). En la actualidad, el puente está experimentando socavación debido a las inundaciones recurrentes en la zona. Por ello, resulta fundamental realizar un análisis de la profundidad de la socavación considerando los parámetros hidráulicos actuales de la zona,

complementado con una simulación hidráulica utilizando el software HEC-RAS. Este estudio permitirá comprender mejor el impacto de las inundaciones en la infraestructura del Puente Pendencia y adoptar medidas preventivas para garantizar su estabilidad y seguridad a largo plazo.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo afectarán los escenarios de cambio climático previstos en la socavación futura del puente Pendencia - Huánuco durante el periodo 2020-2050?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

P1: ¿Cómo influyen las proyecciones de cambio climático del modelo CMIP5 en la socavación del puente Pendencia en el distrito Daniel Alomía Robles - Huánuco, considerando distintos escenarios?

P2: ¿De qué manera se evalúa la vulnerabilidad del puente Pendencia ante distintos escenarios climáticos futuros, y cómo se relaciona esta evaluación con el riesgo de socavación?

P3: ¿En qué medida se estima el riesgo potencial de socavación del puente Pendencia al combinar la evaluación de vulnerabilidad con la identificación de peligros climáticos?

P4: ¿Qué medidas de adaptación y mitigación se proponen para reducir el riesgo de socavación del puente Pendencia, en función de los diferentes escenarios de cambio climático identificados?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el impacto de los escenarios de cambio climático en la socavación futura del puente Pendencia – Huánuco, para los años 2020-2050.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O1: Analizar cómo las proyecciones de cambio climático del modelo CMIP5 influyen en la socavación del Puente Pendencia en el distrito Daniel Alomía Robles - Huánuco, considerando distintos escenarios climáticos.

O2: Evaluar la vulnerabilidad del Puente Pendencia ante diferentes escenarios climáticos futuros, determinando cómo esta evaluación se relaciona con el riesgo de socavación.

O3: Estimar el riesgo potencial de socavación del Puente Pendencia mediante la combinación de la evaluación de vulnerabilidad y la identificación de peligros climáticos.

O4: Proponer medidas de adaptación y mitigación para disminuir el riesgo de socavación del Puente Pendencia, en función de los distintos escenarios de cambio climático identificados.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

El estudio de la socavación en infraestructuras viales, como el Puente Pendencia, se apoya en conceptos fundamentales de la dinámica de fluidos. Este análisis emplea fórmulas empíricas desarrolladas por expertos en hidráulica fluvial y herramientas avanzadas, como software especializado, que permiten simular y evaluar los procesos de socavación. A nivel internacional, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (USACE) ha elaborado manuales técnicos que funcionan como referencias fundamentales para la planificación y desarrollo de estructuras para transporte y sistemas hidráulicos. En el ámbito nacional, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) ha establecido normativas específicas para el análisis de la socavación en puentes. Examinar estos enfoques teóricos es crucial, ya que facilita la comprensión y discusión sobre la importancia del conocimiento actual en el diseño y protección de infraestructuras

frente a la socavación, particularmente en un escenario marcado por el cambio climático y la fluctuación de los recursos hídricos.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Este estudio emplea herramientas de Sistemas de Información Geográfica (GIS) para procesar datos topográficos, como la creación de curvas de nivel utilizando un modelo digital de elevación. También se utiliza una modelación hidrológica determinística para calcular los caudales máximos, lo que facilita un análisis exhaustivo de las fuentes de agua en la zona estudiada. El comportamiento hidrodinámico y el fenómeno de la socavación se evalúan mediante modelación hidráulica, lo cual resulta esencial para comprender los procesos que ocurren en los cauces fluviales. La integración de estas metodologías computacionales no solo proporciona una base sólida para el análisis, sino que también permite visualizar y simular diversos escenarios, lo que mejora la comprensión del impacto de las variables climáticas sobre la socavación. En este contexto, la selección de estas herramientas se considera crucial para obtener resultados precisos y útiles en la planificación y gestión de infraestructuras hidráulicas y viales.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

La pesquisa tiene como meta abordar aspectos clave de la socavación en infraestructuras viales, un fenómeno generado por el flujo de agua y modificado por factores como las condiciones geotécnicas, hidrológicas e hidráulicas. El valor de este análisis reside en su capacidad para aportar al conocimiento científico y técnico, proporcionando información valiosa que colma vacíos existentes en el entendimiento de cómo la socavación podría ser influenciada por las consecuencias climáticas. Este análisis resulta esencial, ya que el cambio climático influye de manera directa en los parámetros hidrológicos que afectan la dinámica de la socavación. De este modo, la investigación no solo enriquece el conocimiento teórico sobre el fenómeno, sino que también ofrece herramientas prácticas que pueden

mejorar el diseño y gestión de infraestructuras, asegurando su resistencia ante condiciones climáticas extremas.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La tesis enfrenta restricciones en la recolección de datos relacionados con los parámetros hidráulicos del cauce del Puente Pendencia. Debido a la escasez de información disponible, se recurrió a una estimación estadística de los caudales en diversas fechas durante la temporada de lluvias. Esta problemática se ve amplificada por la insuficiencia en la cobertura de estaciones hidrológicas y meteorológicas en Perú, administradas por el SENAMHI, lo que complica el acceso a datos exactos y completos para los análisis hidrológicos. Como consecuencia, se concluye que los caudales máximos, calculados a partir de las condiciones climáticas, afectan de manera gradual la estabilidad de las estructuras viales, lo que resalta la urgencia de mejorar la infraestructura de monitoreo en la región.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. VIABILIDAD OPERATIVA

La viabilidad operativa se garantiza por el acceso gratuito en línea a toda la información bibliográfica relevante, que abarca artículos, reseñas, tesis, libros y conferencias. Asimismo, se anticipa que esta investigación ofrecerá una contribución significativa a futuros trabajos de tesis y será útil para las autoridades interesadas en el estudio de la socavación en puentes, al igual que en la adopción de decisiones fundamentadas en el uso de herramientas computacionales.

1.6.2. VIABILIDAD TÉCNICA

La viabilidad técnica está garantizada gracias al respaldo de un ingeniero civil con especialización en hidráulica computacional. Además, se dispone de los recursos técnicos esenciales, como software de modelado y herramientas de análisis, que permitirán realizar la investigación de manera eficiente.

1.6.3. VIABILIDAD ECONÓMICA

La viabilidad económica es positiva, ya que los recursos requeridos para la investigación fueron obtenidos directamente de la zona de investigación. Se sometieron levantamientos topográficos y mediciones de parámetros hidráulicos utilizando un correntómetro, lo que garantiza la precisión de los resultados. Además, el tesista cuenta con los medios requeridos para ejecutar el proyecto sin enfrentar problemas financieros.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

En el estudio titulado “Análisis experimental de la socavación local en pilas de sección circular en puentes. Modelo en laboratorio”, Torres (2019) tiene como objetivo principal estudiar la socavación local en escombreras utilizando un modelo experimental en laboratorio, donde el suelo está compuesto por material granular homogéneo. Para ello, se diseñó y construyó un laboratorio que reproduce a escala el fenómeno de la socavación local en un canal, utilizando los datos registrados como referencia. Se realizaron pruebas de laboratorio sobre pilotes redondos en diferentes condiciones, y los resultados obtenidos fueron analizados para determinar las correlaciones de las variables del sistema estudiado. Se evaluó la profundidad de socavación, se compararon los resultados del modelo físico con la información revisada y, finalmente, se propuso un nuevo plan de prueba para futuras investigaciones. Los resultados mostraron que la socavación fue mayor en la zona estudiada, resaltando que la dimensión de las partículas del material del lecho no mostró un impacto considerable en los resultados del análisis. Finalmente, la ecuación propuesta para los ensayos fue: $ds = -0.0160 + 1.33 * Q + 0.656 * D$. Esta investigación proporcionará criterios de evaluación para el cálculo de socavación a través de un estudio hidrológico.

Cruz, Gómez y De León (2021), en su estudio titulado “Caracterización de la amenaza hidrológica de un puente con fines de análisis por socavación local”, tuvo como objetivo estimar el arrastre local en un puente a partir de un historial aleatorio. Los factores hidráulicos clave para este análisis fueron la profundidad y la velocidad promedio del flujo, lo que permitió una descripción histórica de estos parámetros y su impacto sobre el estado de servicio del puente en diferentes

momentos. La metodología se basó en el uso de un modelo de elevación digital del terreno y en el ajuste del modelo "GR4J", aplicando modelos hidrológicos para el área de estudio y estableciendo la correlación entre los gastos registrados y los niveles de precipitación en la subárea. Además, en los experimentos de simulación de Monte Carlo se utilizó la teoría de la cópula bivariada, que considera la dependencia de la estación climática, para simular eventos de precipitación aleatorios. Utilizando el método de Poisson, estimaron los tiempos de llegada. Utilizando la misma área trapezoidal, resolvieron la ecuación de Manning tanto para velocidades como para tensiones. La evaluación de riesgos produce una aproximación más precisa de la contaminación local proyectada dentro del edificio y mide la probabilidad de ocurrencia peligrosa.

Rifo (2021), en su tesis de grado titulada "Evaluación del riesgo de colapso de puentes debido a socavación local de las cepas", tuvo como objetivo calcular un modelo para medir el riesgo asociado a la socavación local en los pilotes de los puentes. La investigación identificó la formación de profundos agujeros en los pilotes a lo largo del tiempo, considerando además el llenado de estos pozos de socavación por la deposición de sedimentos durante la retirada de las inundaciones. También se realizó una evaluación mediante ecolocalización de una o más profundidades máximas extremas de socavación. Para 10 puentes analizados, se determinó que la serie de valores máximos por encima del umbral (POT) es más adecuada para estudios de frecuencia que la serie de valores máximos anuales (AMAX). Los datos revelaron que la profundidad de los pilotes sigue una distribución de Cauchy. Al considerar un período de retorno de 100 años, se observó que las profundidades de socavación en los 10 puentes variaban entre el 22% y el 202% del valor de equilibrio. Este resultado subraya la necesidad de utilizar un estándar más uniforme al seleccionar la profundidad de diseño de socavación. Se propone la implementación de diseños estocásticos para optimizar la gestión de riesgos en infraestructuras, calculando la profundidad de socavación local planificada en relación con la

probabilidad de que ocurra.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Armas (2021), de Trujillo, en su investigación titulada “Análisis de la Socavación Local en los Pilares del Puente Moche Ubicado en la Ciudad de Trujillo Mediante Simulación Hidráulica en HEC-RAS”, tuvo como objetivo utilizar simulaciones hidráulicas con el software HEC-RAS para evaluar la socavación local en los pilares del puente Moche y determinar la profundidad resultante del desgaste producido en dichos elementos. El estudio incluyó una descripción técnica del terreno del río Moche, un análisis hidrológico y la simulación hidráulica mediante HEC-RAS. A través del procesamiento de datos topográficos, se obtuvo información detallada sobre la superficie del terreno, lo que permitió una caracterización exhaustiva del puente. Los resultados indicaron que los pilares presentaban una profundidad de socavación de 1,71 m tras el fenómeno de lavado local, lo cual fue considerado un resultado aceptable. Este estudio proporciona información clave para la investigación, especialmente para la realización de estudios técnicos básicos del área, como la realización de estudios topográficos y el examen de las propiedades mecánicas del suelo.

Pasto y Arias (2019), en su estudio titulado “Sedimentos, socavación en estribos, pilas y riesgo en el puente del río Muyurina, Ayacucho-2019”, tuvieron como finalidad evidenciar los factores hidrológicos y geomorfológicos que facilitan la evaluación de la carga de arrastre y la carga total, así como las profundidades de erosión globales y locales en el puente sobre el río Muyurina, situado en la cuenca de Yucaes. Para ello, desarrollaron métodos para estimar las cargas de arrastre del fondo y las cargas totales de sedimentos. El caudal máximo promedio de la cuenca fue calculado utilizando el método Iszkowski a través del software llamado “Mac Math”, junto con el método de pendiente superficial, lo que resultó en un valor de ($Q_p = 248,29 \text{ m}^3/\text{s}$). Se generaron curvas granulométricas para determinar el diámetro promedio, dando como resultado un valor de 9,2 mm. La fórmula

empírica utilizada para calcular la rugosidad del río fue ($n = 0,054$). Por último, el costo de la pesca de arrastre se calculó utilizando los métodos de B. Meyer-Peter, Müller, Kalinnske, Schoklitsch y Magnold, lo que permitió estimar la carga total de sedimentos. Los resultados revelaron que la profundidad del desenfoque, considerando un período de 200 años de retorno, alcanzó los 2,19 metros. Se sugiere considerar el riesgo de erosión fluvial durante las inundaciones, y es fundamental monitorear y regular la extracción de arena y grava, así como la extracción de arena del río, para evitar deslizamientos y percances.

Cacchi y Carla (2019), en su tesis titulada “Cambio climático y resiliencia en carreteras”, investigaron los impactos de las fluctuaciones del clima sobre las infraestructuras viales en la provincia de Chanchamayo, particularmente en el tramo km 77+100. Su principal objetivo fue desarrollar una estrategia de resiliencia que permitiera anticipar y reducir los impactos adversos del cambio climático en la planificación, construcción y operación de las infraestructuras viales. Además, propusieron un enfoque de gestión de riesgos enfocado en el mantenimiento de estas infraestructuras. El análisis contempló la recopilación de datos provenientes de diferentes fuentes, tales como libros, folletos, reportes, etc.; con el fin de analizar los eventos extremos ocurridos en ese tramo. Los hallazgos indican que el aumento de las precipitaciones y la intensificación de las tormentas podrían ocasionar mayores perjuicios a la infraestructura vial, particularmente por la cantidad y el momento de la acumulación de agua. Un aumento en el caudal máximo, por ejemplo, podría alterar los criterios de diseño y la capacidad de drenaje de puentes y alcantarillas, además de afectar los plazos de retorno de los eventos hidrológicos.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Baltazar Espíritu (2022), es su tesis de grado titulada “Efectos de socavación potencial en la falla por estabilidad de estribos del Puente Heraclio Tapia León, Huánuco – 2022”, tuvo como objetivo evaluar los posibles efectos de socavación que podrían comprometer la estabilidad

de los estribos del puente Heraclio Tapia León, ubicado sobre el río Higuera, en la región de Huánuco. Para ello, se estimaron los efectos de adelgazamiento y contracción utilizando el método de Rishtvan-Levediev, aplicado a flujos subcríticos, y el método de David Fröhlich para determinar la formación de incertidumbre local. El análisis consideró una recuperación de 500 años y un caudal estimado de 214,97 metros cúbicos por segundo. Los resultados mostraron que las profundidades de socavación alcanzadas en el estribo derecho fueron de 1,67 m y en el izquierdo de 1,60 m, sin llegar a afectar el nivel de la cimentación, sino más bien la zona inferior o superior a la base. En cuanto a las traviesas, las profundidades fueron de 0,34 m y 0,21 m, con una altura de 2,29 m y 2,26 m, respectivamente. En este caso, la situación fue inversa, y el nivel de cimentación en el pie de pilar fue de 2 m para la columna derecha y de 1,92 m para la columna izquierda después de retirar el material.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. PUENTES

Se refiere al trabajo necesario para superar un accidente geográfico o un limitante artificial o natural. (MTC, 2018), destinada a salvar depresiones del terreno, pasos sobre corrientes de agua; puede ser una vía fluvial, marítima, un valle, una vía de circulación, entre otros (Castro, 2019).

2.2.1.1. MATERIALES

Los materiales especificados en el MTC del manual de puentes (2018), con relación a lo estipulado en el capítulo 2.5 (5.4 AASHTO); son los siguientes:

Concreto. Dedicado a la construcción de puentes, debe ser controlado y dosificado de manera adecuada, cumpliendo con las especificaciones establecidas por la AASHTO. Los materiales que componen el concreto, como el cemento, los agregados, el agua y

los aditivos, deben ajustarse a los criterios determinados en el diseño previamente realizado y estar en conformidad con las Normas Técnicas Peruanas vigentes.

Las propiedades del concreto deben ser determinadas y, entre ellas, se incluyen la resistencia, la compresión, la fluencia, la contracción, el coeficiente de expansión térmica y el módulo de elasticidad.

Acero. El refuerzo de estructuras de acero o hormigón pretensado debe estar constituido por barras, alambres, cables y cordones de acero. Para puentes metálicos, se especifican los tipos de acero estructural, siendo fundamental evaluar sus características de manera integral. Esto abarca la resistencia a la fluencia, la resistencia a la tracción, la dureza al corte, la ductilidad, la capacidad de soldadura y la calidad del acero tratado. Los elementos de acero deben cumplir con lo indicado en la NTE E-060 o con la normativa aplicable vigente.

Acero Pre-esforzado. Este tipo de acero debe ajustarse a los parámetros correspondientes de la ASTM. En el caso del acero utilizado para la placa de soporte que encapsula el elastómero, se debe especificar el valor de la tensión de fluencia y fractura, así como el tipo de acero empleado.

Elastómeros. Son polímeros elásticos y viscosos cuyas propiedades deben de estar Se específica según la dureza o coeficiente de deformación lateral y los esfuerzos máximos de compresión, rotaciones y deformaciones esperadas en el dispositivo de soporte. Estos elementos pueden estar fabricados a base de caucho natural o cloropreno, pero no de caucho vulcanizado. Además, debe tener suficiente durabilidad y capacidad para soportar cambios de temperatura.

Figura 1

Apoyos con Elastómeros en Uniones en Puentes de Concreto



Nota: Apoyos de Neopreno (Elastómero) en puentes, como dispositivo entre cubierta y vigas, para la correcta transferencia de carga del elemento a otro. Tomado de Global Rubber Corporation (2021).

2.2.1.2. ELEMENTOS

Si bien existen diferentes tipos de puentes, como los que soportan conductos o canales de agua son conocidos como acueductos, los que se encuentran contruidos sobre un valle o terreno seco se les conoce como Los viaductos, aquellos que cruzan carreteras y vías férreas, se denomina paso elevado; Generalmente constan un par de partes: infraestructura y la superestructura. (Páez y Reyes, 2020)

Superestructura. Compuesta por un tablero, el cual soporta directamente las cargas que se transfieren desde el tablero a los apoyos. Este elemento resiste directamente la acción de las cargas. (Castro y Sarmiento, 2020)

Infraestructura. Se encuentra conformada por Columnas que soportan directamente la superestructura (soportes centrales), estribos (soportes exteriores) y cimentaciones que cumplen la función de transmitir fuerza a la parcela. (Castro y Sarmiento, 2020)

2.2.1.3. CLASIFICACIÓN DE LOS PUENTES

Guevara (2021) clasifica a los puentes según su función, materiales, tipo de estructura, geometría en planta y el tiempo de vía.

Por su función. Los puentes clasificados por su función pueden ser: Del tráfico Superior

- Puente para los aviones en aeropuertos
- Peatonal
- Ferroviario
- Carretero
- Acueducto De tráfico Inferior
- Puente
- Viaducto
- Puente de altura estricta
- Puente sumergible
- De tráfico superior (Naturaleza de la vía soportada)
- Carreteras

Por su luz o longitud. Estos pueden ser un solo vano o de dos vanos y también de manera intrínseca:

- Pequeños: menos de 15 m
- Medianos: hasta 50 m
- Grandes: hasta 100 m
- Extraordinarios: más de 100 m

Por los materiales de construcción. Estos pueden ser de los siguientes tipos:

- Aceros Estructurado
- Maderas
- Mamposterías
- El concreto armado
- Secciones compuestas
- Concretos Pre - esforzados

Por el Tipo de Estructura. Estos pueden ser:

- Continuo
- En arcos
- Simple apoyado
- Simple para tramo múltiple
- Colgante
- Cantiléver (brazo voladizo)
- Atirantados (usan el cable recto que atiranta a los tableros)
- Levadizo (basculante)

Pontón: Se usa para denominar la plataforma flotante. Referida a puente de menor tamaño, longitudinal de 10 m.

Por su Geometría en Planta. Pueden ser:

- Enviajado
- Recto

- Curvo

Según el tiempo de vía. Pueden ser:

- Puentes premeditados de 75 años de vida útil. La especificación fue creada con este propósito en mente.
- Temporal: Puentes donde se utiliza solo un límite de tiempo, no más de 5 años.

2.2.1.4. FACTORES QUE AFECTAN LA ESTABILIDAD DE UN PUENTE

Winter y Nilson (2021), señalan que las causas de la falla de un puente varían según el tipo de puente o río. Las principales causas son:

- Impacto de objetos extraños. Vallas, botes, bloques de hielo, etc.
- Comportamiento pluvial. Explorando las diversas manifestaciones de la dinámica pluvial.
- Operaciones eólicas y sísmicas. Uno de los factores que tiene gran participación en la afección en la estructura del puente y por consiguiente en su estabilidad es la socavación.

2.2.2. SOCAVACIÓN

Sustracción de material profunda de una vía fluvial o presa mediante un proceso de erosión por la influencia por el flujo del líquido alrededor de estructuras hidráulicas. El principal causante para este fenómeno de flujo fue diferencia entre su aportante de sólidos introducido por el líquido y el contenido de material eliminado, ya sea producto de procesos naturales o antropogénicos, el cual está desequilibrado. (Guevara, 2021)

Autores como Zhang et al., (2020) se refieren a la erosión

localizada como socavación. Está confinado a un lugar específico o a un período de tiempo específico debido a la turbulencia del flujo. Como fenómeno hidráulico, la socavación se produce por el movimiento de remolinos en la base de determinadas estructuras hidráulicas como muelles y estribos, y en canales de drenaje de terrenos ganados al mar.

Hidrología e Hidráulica (2020) señala que, la erosión ocurre cuando el agua de los ríos crea cavidades profundas en el suelo o costado del río, modificando así la sección de este, producidos con mayor frecuencia en elementos del puente como estribos y pilares.

2.2.2.1. TIPOS DE SOCAVACIÓN

Cada uno de los diferentes tipos de socavación es calculado mediante métodos de estudio significativos, expresados en fórmulas.

Socavación General

Fenómeno originario en periodo prolongado y es más probable que ocurra en los puntos más altos de una cuenca de captación determinada. Este es también un fenómeno en el que el lecho del río se vuelve más bajo en general como resultado de la capacidad del flujo para atraer y transportar sedimentos del lecho del río durante las inundaciones. (Guevara, 2021).

Los métodos para su respectivo estudio son los siguientes:

Método de L.L. Lischtvan-Ledeviev (1967)

Medina menciona (2022) este método permite calcular la socavación general del cauce durante crecientes sin importar la existencia de un puente. El método considera que no debe aplicarse en la zona de un puente, ya que, tiene efectos de contracción.

Fórmula:

$$H_{si} = \left[\frac{\alpha [H_{0i}]^{5/3}}{0.68\psi\beta(Dm)^{0.28}} \right]^{1/(1+z)}$$

Donde:

α : Energía

H_0 : Profundidad inicial de flujo.

$\beta = 0.0973 \log(Tr) + 0.79$: constante

$\psi = 1.5(\gamma m) - 0.54$: constante

$Z = 0.394 - 0.041 \log(Dm) - 0.0089(\log(Dm))^2$: El cociente depende del calibre media de partícula. Determinado a partir de la curva distributiva de la magnitud de la partícula del área de estudio.

Método de Straub (1935)

Este método calcula de manera práctica la baja altura del río cuando la sección hidráulica disminuye (erosión lateral), debido alguna construcción de una obra (Felipe, 2016).

B_1 = ancho de la superficie libre [m]

B_2 = ancho de la superficie libre [m]

h_1 = Corriente de agua hacia la parte superior de la contracción

Método de Laursen (1958)

Yupanqui (2023), menciona que este método Se tiene en cuenta el caso de formación de socavación en una capa en movimiento o en agua transparente. Laursen propuso esta metodología de hallazgo de profundidades base del pilar.

Fórmula:

$$\frac{Y_s}{Y_n} = f\left(\frac{Q_o C}{Q_c Y_n}\right) K_o$$

Donde:

“ Q_o ” = Caudal captado por el estribo en el lecho durante las avenidas.

“ C ” = Ancho del foso de socavación

“ C ” = $2,75 Y_s$, conforme Laursen.

“ Q_c ” = Caudal asociado a la franja de ancho determinado.

“ Y_n ” = Nivel de agua normal, aguas arriba del estribo.

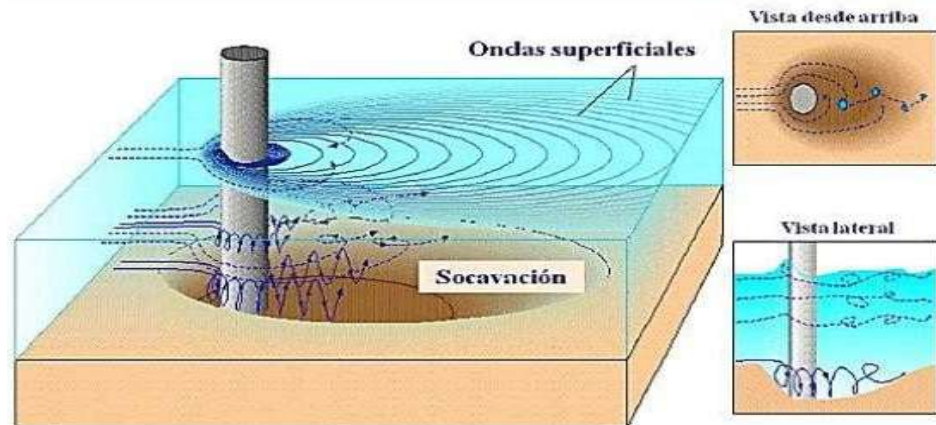
“ K_0 ” = Coeficiente que varía según el ángulo de incidencia.

Socavación Local

Es la supresión de partícula en torno al pilar y estribo de puentes, o aguas abajo de presas y alcantarillas de aliviadero. Este tipo de socavación es causado por cambios en las turbulencias, línea de corrientes, aceleraciones de flujo y remolinos causados por obstáculos al flujo (Guevara, 2021). De manera similar, Liu y El-Gohary (2020), señala que la socavación local depende del modo de transportar sedimentos.

Figura 2

Socavación



Nota. Representación de Socavación Localizada en una Pila Cilíndrica, extraída del “*Estudio Comparativo de Métodos de Cálculo de Socavación Local en una Cepa Circular en Río de Lecho Arenoso*” (Peñaloza et al., 2019).

Método de Laursen y Toch (1953, 1956)

Yupanqui (2023), realizaron un estudio donde observaron la socavación máxima que podría ocurrir a una profundidad de flujo particular. Este método establece que la capacidad de transporte

de sedimento hacia y desde el pozo de socavación varía dependiendo del caudal y tamaño del sedimento, teniendo en cuenta el hondo del flujo y las constantes de profundidad de socavación. Por lo tanto, el valor del efecto socavaciones máximo alcanzado no es afectado por la longitud de partícula del suelo, siempre que el material sea arena.

Fórmula:

$$ds = K_f K_g a$$

“**ds**” = profundidad de socavación local (m).

“**K_f**” = coeficiente (figura 10).

“**K_g**” = coeficiente de la relación H_s/a (figura 11)

“**a**” = ancho (m).

Método de Melville para Pilas (1992)

Según Moncada, Molina y Suárez (2021), este método se encuentra basado en la curva envolvente de la nota en experimentación. Esta orden estima la profundidad del equilibrio socavado de los pilotes es superior en comparación con otros métodos recomendados porque muestra susceptibilidad socavada a escala del flujo, el sustrato y las condiciones del pilote.

Fórmula:

$$d_s = a \times k_t \times k_h \times K_d \times K_\sigma \times K_f \times K_\theta$$

Donde:

“**K_θ**” = ángulo de ataque del flujo

“**H_o**” = tirante de agua

“**K_d**” = tamaño del sedimento

“**K_i**” = intensidad del flujo

“**K_σ**” = gradación del sedimento

“ K_h ” = profundidad del flujo

“ K_f ” = forma de la pila

Método de Arunachalam (1965, 1967)

Este personaje modificó la ecuación de Englis-Poona en 1948 y propuso un método basado en una fórmula (Encalada, 2020).

Fórmula:

$$d_s = 1.334 [q^{\frac{2}{3}} 1.95 \left(\frac{1.334 q^{\frac{2}{3}}}{\alpha} \right)^{-1/6} - 1$$

Método de Jhonson (1992)

El método se encuentra basado en una expresión que pretende calcular la socavación local (Guevara, 2021).

Fórmula:

$$\frac{d_s}{H_0} = 1.52 \left(\frac{\alpha}{H_0} \right)^{0.46} \times Fr^{0.28}$$

Donde:

Fr= número de Froude

α = diámetro de la pila (m).

Socavación Total

Denominado a la limpieza absoluta es la unión de todo tipo de limpieza, limpieza general y tópica. Se obtiene a lo largo del caudal en el punto estudiado. (Guevara, 2021)

Formula:

$$Y_{Total} = Y_{Local} + Y_{General}$$

Donde:

Y= Socavación

2.2.2.2. DESCRIPCIÓN LA ZONA DE ESTUDIO

Río Pendencia

El río Pendencia nace del río Huallaga y es catalogado según Mapcarta (2020) como un arroyo, tiene una altitud de 614 metros. El río Pendencia se encuentra situado al sureste de Santa Lucía y dentro del departamento de Huánuco.

Puente Pendencia

Se encuentra en la orilla de la provincia de Leoncio Prado, a lo largo del río Pendencia, y forma parte de la infraestructura vial, junto a la carretera Fernando Belaunde Terry.

Coordenadas

Tabla 1

Coordenadas de Puente Pendencia

Lugar	Distrito	Coordenadas		Altitud (msnm)
		Este	Norte	
Puente Pendencia	Daniel Alomía Robles	393104	8987566	634

Nota. Coordenadas del puente Pendencia adaptado de estudio (Rosas, 2019).

Según Inga et al. (2020), el puente Pendencia forma parte de los elementos expuestos susceptibles al peligro por inundación y socavación consecuentemente. Se establece una alta vulnerabilidad para la estructura.

Figura 3

Puente pendencia- Daniel Alomía Robles, Huánuco



Nota. Representación del puente Pendencia, extraída del “Informe de Evaluación de Riesgos” (Inga et al.,2020).

2.2.3. TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

Torres et al. (2022), define Al transporte del residuo y el movimiento del agua sobre su superficie erosiona el componente de la vertiente del río, produciendo parte componente a transportar dentro del canal. La procedencia de la materia es del área que fue llevado para su traslado en la que llovió y se inició escorrentía superficial. El calibre de materia trasladada (sedimento) siendo menor a 0,0625 mm. Estos pueden proceder de piscina o del propio suelo.

El transporte de sedimentos ocurre mediante un mecanismo de articulación atípico, comenzando con la llovizna que circula sobre la superficie a lo largo de la cuenca, lo que desencadena la acción líquida dentro del curso de agua.

Investigación sobre el transporte de sedimentos, mencionados en Torres et al. (2022), se realizan por los siguientes propósitos:

- Calibrar el coeficiente de rugosidad utilizando información y levantamientos topográficos.

- Valorar la suficiencia transportada de líquidos y sólidos del canal, caracterizando el sedimento.
- Calibrar el modelo de traslado que da la definición de regiones de declive, equilibrio o degradante.
- Explicación activa del flujo en el canal, representando las resistencias y los sólidos suspendidos, el perfil de flujo a caudal variable, así como las capacidades de transporte de líquidos y sólidos.

Los sedimentos transportados se producen a través de escorrentías superficiales y en cauce natural, como se muestra a continuación:

- Transporte de sedimentos por escorrentía superficial

La mayor parte del agua transportada desde el arroyo durante las inundaciones se desplaza como escorrentía. Esta fluye a lo largo de la superficie del río, provocando erosión de material desde las orillas, y una pequeña cantidad de este material es trasladada al canal.

- Transporte de sedimentos en vías fluviales naturales.

Líquido fluyente a través de canal del río deteriora el canal, profundizándolo y ensanchándolo, transportando sedimentos y depositando sedimentos. La ejecución de estas actuaciones cuenta con la cifra del líquido, su estructura y tipos de cauces y la pendiente del caudal. El área cubierta por el agua es mínima en proporción de su área total.

Tabla 2

Formas de Transporte y Origen del Material

Origen de la partícula	Modo de transporte
El propio cauce	Transporte de fondo
	Transporte de suspensión
La cuenca	Transporte de suspensión

Nota. Detalla las formas de transporte y origen del material de transporte extraída del libro: (Noriega, 2023).

Métodos estimación de socavación relacionados con el transporte de sedimentos, ya sea empírica o numéricamente, dependerán de la mezcla en la variable hidráulica peculiaridad del área estudiada. Esto requiere uso del software HEC-RAS. (Noriega, 2023)

2.2.3.1. HEC-RAS

De acuerdo a Geyisa, Aduña y Gudu (2022), por sus siglas en inglés HEC–RAS, es un software gratuito de modelado hidráulico unidimensional que admite cuatro análisis: modelado de flujo en estado estacionario, modelado de flujo no hidráulico. Estado estacionario, modelado del traslado de materia e indagación de la calidad líquida. Este software puede simular el flujo en vías fluviales naturales, pero también puede simular el flujo en vías fluviales artificiales.

En EE.UU. CIE (2021) afirma al software HEC-RAS permite calculación al flujo constante uni y bidimensionales, determinaciones al traslado de materia, lechos fluidizados y modelos de temple y calidad líquida.

2.2.3.2. ARCGIS

ArcGIS es un grupo de software desarrollado por Esri, diseñado para trabajar con SIG. Este software permite a los usuarios crear, administrar, analizar y visualizar datos geo-espaciales. Las aplicaciones de ArcGIS son diversas y abarcan desde la creación de mapas y el análisis espacial hasta la gestión de datos y la realización de estudios geográficos complejos (Sarangi et al., 2022).

2.2.4. ESTRUCTURAS VIALES: PUENTES

Las estructuras viales especialmente la vía de tierra es herramienta base en el crecimiento en economía y en comercial del país y regiones. Destacamos entre estas estructuras a los puentes debido a su importancia y funcionalidad (Aira et al., 2022).

Los puentes son obras de ingeniería concebidas, diseñadas y construidas para salvar obstáculos, permitiendo la continuidad de una línea. Además, pueden soportar tuberías y líneas de distribución de energía. Estas obras viales están constituidas principalmente por dos elementos: la superestructura y la infraestructura. La variabilidad de tipo de puente depende de la condición del lugar como su uso, específicamente teniendo en cuenta la finalidad de su construcción (Villegas, 2022).

2.2.5. PROYECCIONES CLIMÁTICAS

Se trata de respuestas simuladas el proceso climático a diverso escenario de emisión o curvas de concentración representativa (RCP) de aerosol y gas del efecto invernadero, a menudo basadas en simulaciones con modelos climáticos. El problema con las proyecciones climáticas es que dependen en escenarios de liberación/concentración/propulsión radiactiva utilizados y se basan en suposiciones sobre el futuro económico-social y ciencias aplicadas que pueden hacerse realidad o no. (Suárez et al., 2020)

La proyección climática se utiliza comúnmente como producto básico para crear climas, sin embargo, a menudo requieren datos extras, puede ser de la climatización observada actualmente. (SENAMHI, 2022)

Las proyecciones climáticas son respuestas simuladas de sistematización climática ante escenarios futuros de emisiones o niveles de gases de efecto invernadero y aerosoles, comúnmente derivadas usando modelo climática. (Universidad de Concepción, 2021).

Se trata de respuestas simuladas de clima sistematizado diversos escenarios de emisión o curvas representativas de emisión (RCP) de gases de efecto invernadero y aerosoles, a menudo enfocado en simular con modelo climático. El problema con la proyección climática es que dependen de los escenarios de liberación/concentración/propulsión radiactiva utilizados y se basan en suposiciones sobre el futuro económico-social y tecnológica donde pueda hacerse realidad o no.

(Suárez et al., 2020)

Las proyecciones climáticas son respuestas simuladas sistemáticas en escenarios emitidos o concentrados al futuro con gas de los efectos invernaderos y aerosol, la mayoría derivadas de usar modelo climatizado. (Bases et al., 2019)

Además de la información sobre la región de interés, las escenas globales de emitir gas del efecto invernadero generado del IPCC se utilizan para crear proyecciones climáticas. Dado en el quinto reporte de evaluación- AR5

- (IPCC, 2013), el IPCC propuso un nuevo grupo de escenas llamado Rutas de Concentración Representativas (RCP).

Según Suárez et al., (2020) la proyección climática se puede definir sucintamente como contestación del proceso del clima simulada a través de trayectorias en densidad representativas (RCP), que son componentes medibles y observables.

2.2.6. TRAYECTORIAS DE CONCENTRACIÓN REPRESENTATIVA (RCP)

Escenas donde emiten el gas del efecto invernadero RCP de 4.5. y 8.5, por unidad contiene temple máximo diario, temple diario y lluvias en periodo mil novecientos cincuenta al dos mil noventa y nueve. (NASA, 2021)

2.2.7. TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

Transporte de sedimento refiere al agua del río en movimiento transportando a su paso partículas propias del lecho móvil o arroyos. Estos sedimentos acumulados producen enormes a las estructuras y territorios cercanos. Se debe a eso la importancia de ser estudiados y controlados. El transporte de sedimentos sucede en escorrentía superficial y en cauce natural, estos a lo largo del tiempo provocan socavación y por consecuente afectan la estabilidad de la estructura del

puente (Noriega, 2023).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Cauce del Río: Superficies que están inundadas durante el pico máximo de crecida de un río. (Valdivielso, 2021)

Erosión: desgaste de la tierra superficial producto de la fuerza natural actuada. (Gobierno de Colombia [GOV.CO], 2020)

Estribos de Puente: elemento estructural en el que el tablero se apoya, este elemento se encuentra cimentado sobre el terreno de construcción. Sirven como apoyo de extremos del puente. (Structuralia, 2021)

Fluctuación: es la variación, disminución del nivel del agua de un río. (Noriega, 2023)

Gradación: Organizar o realizar algo en sucesivas etapas ascendentes o descendentes.

Lecho del río: conocido también como lecho fondo de río o cauce. (Guevara, 2021)

Pendiente: hace referencia a la inclinación en declive de una superficie. (RAE, 2021).

Pila de Puente: estructura vertical de soporte del puente carretero o ferroviario. Estos elementos sirven como apoyos intermedios del puente, encargados de transmitir esfuerzos de los elementos portantes a las cimentaciones. (Construmática, 2018)

Profundidad de socavación: dimensión de excavación causada por el proceso de socavación en el río, dependerá de variable caracterizada por el flujo, a la composición del lecho en cauce y su geometría del puente. (Guevara, 2021)

Socavación: erosión localizada o excavación causada por el agua y transporte de sedimentos y acumulación de estos a largo plazo. (Guevara,

2021)

Transporte de sedimentos: Movimientos del agua encargada de transportar partículas con diámetro inferior a 0.0625, procedentes de la cuenca o lecho del río. La acción es originada con presencia de lluvias y escorrentía artificial (Noriega, 2023).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

La socavación futura del puente Pendencia - Huánuco será significativamente influenciada por los escenarios de cambio climático proyectados para los años 2020-2050, con un aumento en la intensidad y frecuencia de las precipitaciones, lo que incrementará el riesgo de socavación.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

H1: Las proyecciones de cambio climático del modelo CMIP5 indicarán que el aumento de las precipitaciones y la variabilidad climática tendrán un efecto negativo en la socavación del Puente Pendencia en el distrito Daniel Alomía Robles - Huánuco, causando un incremento en la tasa de erosión del cauce.

H2: La evaluación de la vulnerabilidad del Puente Pendencia ante diferentes escenarios climáticos futuros revelará que las estructuras existentes son inadecuadas para soportar el aumento del riesgo de socavación, lo que podría llevar a fallas estructurales en el puente.

H3: La combinación de la evaluación de vulnerabilidad y la identificación de peligros climáticos permitirá establecer que el riesgo potencial de socavación del Puente Pendencia aumentará significativamente bajo escenarios climáticos extremos, lo que justifica la necesidad de intervenciones preventivas.

H4: Las medidas de adaptación y mitigación propuestas para

reducir el riesgo de socavación del Puente Pendencia serán efectivas para aumentar la resistencia de la estructura ante los diferentes escenarios de cambio climático, disminuyendo así la probabilidad de socavación y fallas estructurales.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Socavación futura del puente Pendencia

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Escenarios de cambio climático

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 3

Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Dependiente. Socavación futura del puente Pendencia	La socavación es el asentamiento del fondo de un canal cuando el material que constituye el lecho del canal es arrastrado durante una inundación. (MTC, 2014)	Socavación local en los pilares Socavación local en los estribos Profundidad de la socavación	Altura de la socavación Profundidad de la socavación	Módulo de transporte de un modelo CFD (Dinámica de Fluidos Computacional)
Independiente. Escenarios del Cambio climático	Es la representación plausible del clima futuro, que se construyen investigar las consecuencias potenciales del cambio climático (INECC, 2017).	Precipitaciones Temperatura Vientos	Promedio anual de precipitación (mm) Temperatura media anual (°C) Velocidad media del viento (m/s)	Modelos globales para la selva alta (SENAMHI) Modelo CMIP5 para análisis climático

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. ENFOQUE

Fue cuantitativo, dado que se recopilaron y analizaron datos para responder a las preguntas de investigación y validar las hipótesis planteadas previamente. Además, se utilizó la medición numérica y el recuento continuo, apoyándome en herramientas estadísticas para determinar de manera precisa los patrones de comportamiento de las poblaciones. (Vega-Malagón et al., 2014)

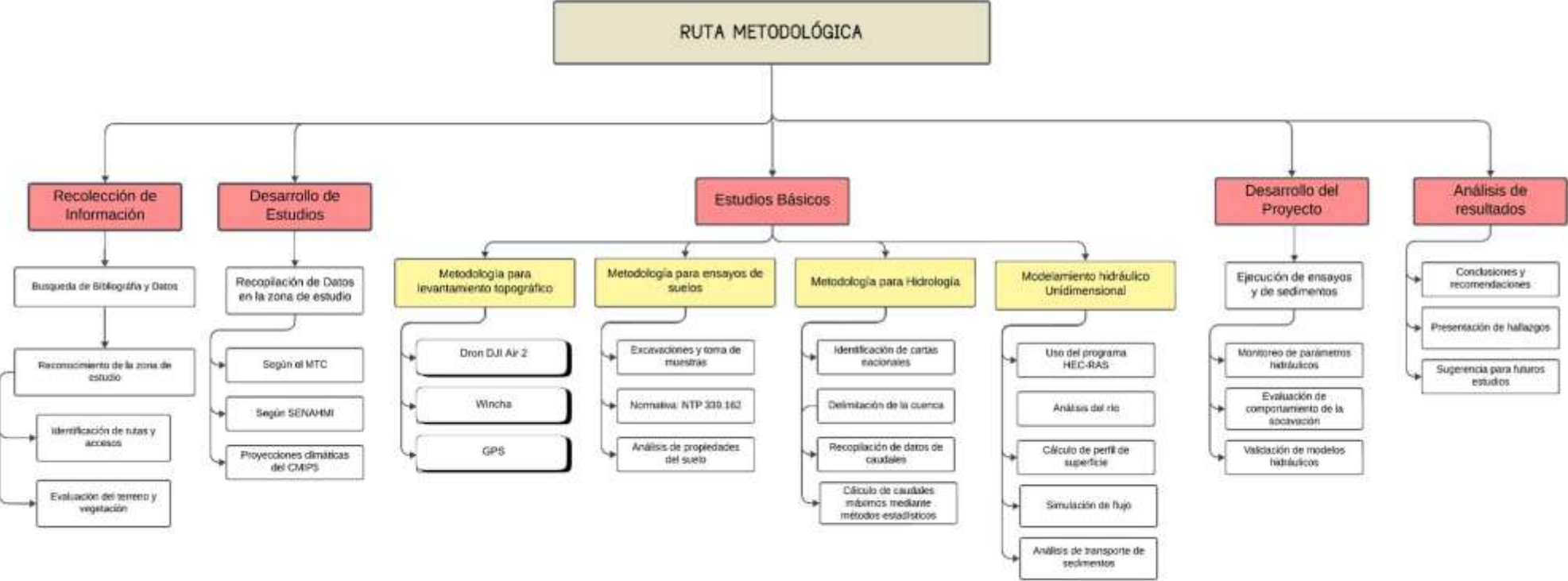
3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Su alcance fue descriptivo, ya que buscó detallar y comprender de qué manera las situaciones de cambio climático impactan la socavación futura del puente Pendencia - Huánuco entre los años 2020 y 2050. Este enfoque permitirá identificar las características y factores relevantes en la relación entre las proyecciones climáticas y los procesos de socavación. Además, tiene un nivel explicativo, dado que examina las causas de la influencia de las fluctuaciones climáticas en la socavación, respondiendo a la pregunta de cómo y por qué ocurren estos fenómenos.

3.1.3. DISEÑO

El diseño empleado es de tipo no experimental, específicamente de carácter transversal, debido a que el presente estudio no manipula la variable independiente, sino que observa y evalúa cómo el cambio climático influye en la socavación del puente Pendencia. A través de un enfoque observacional, se medirá el impacto del cambio climático utilizando modelación numérica, que se relaciona con la hidráulica computacional (Hernández & Mendoza, 2018). En el siguiente diagrama, ver Figura 4, se representa la ruta metodológica a seguir en esta investigación, así mismo se describe a detalle cada etapa de dicha ruta.

Figura 4
Ruta Metodológica



A) Estudio de avenidas máximas

En esta parte se realizó una búsqueda de información de lluvia y caudales (se utilizó fichas que recolecta datos, ver Anexo I y II) en las diferentes plataformas de acceso libre de la ANA y SENAMHI.

Posterior de ella se realizó una delimitación de la cuenca utilizando un software GIS (Ver ficha que recolecta las cifras de parámetros morfológicos de cuenca, ver Anexo 3), por lo que para un estudio de avenidas máximas se desarrolla mediante una modelación hidrológica, y además es necesaria la delimitación de la cuenca de estudio para incorporarlo al modelo.

Se realizó un análisis de tormenta utilizando la información de precipitación obtenida de la plataforma en la cuenca delimitada, con el fin de generar los hietogramas de diseño para cada estación. Asimismo, se realizó un análisis de frecuencia para varios períodos de retorno, con el objetivo de calcular los caudales probabilísticos para tiempos de retorno superiores a 100 años. Además, el proceso de calibración se efectuó empleando el número de curva, considerando tanto las condiciones normales como las húmedas.

Se simularon las avenidas máximas y se transformaron en un histograma sintético con una escala de tiempo de 5 minutos o menos. Es importante destacar que, en los casos de estudio fluviales, se analizará el flujo bajo un régimen no permanente.

En esta investigación se integran proyecciones climáticas obtenidas de los modelos de circulación general (GCM) pertenecientes al proyecto CMIP5. Estas proyecciones incluyen datos específicos de precipitación bajo diversos escenarios de variabilidad climática, tales como los RCP 4.5 y RCP 8.5, que representan trayectorias de emisiones moderadas y altas, respectivamente. Dichas proyecciones son fundamentales para anticipar posibles incrementos en la precipitación que pueden afectar los caudales de diseño de las infraestructuras viales en estudio. Los valores de precipitación proyectados se incorporan en la

modelación hidrológica para ajustar los cálculos de los caudales futuros, permitiendo así estimar el impacto de las fluctuaciones climáticas en el proceso de socavación.

B) Modelación de la Socavación

Para la parte unidimensional se importó la información de la topografía, caudales naturales y tener listo la información del suelo para poder realizar la simulación predeterminada con un régimen no permanente.

Posteriormente, se necesitó obtener información de parámetros hidráulicos como caudales y velocidades, que deben extraer con un correntómetro en diferentes tramos del río de estudio.

Se calibra el modelo con los parámetros hidráulicos de campo (ver Anexo 6) y se simula su caudal en distinta fase de regreso y obtiene la socavación en los pilares o estribo en el Puente a través el módulo de transporte de sedimentos que tiene el Software HEC-RAS.

Finalmente, simulamos bidimensional con el mismo software para visualizar el comportamiento de los pilares del puente sujeta a las avenidas máximas.

C) Modelación semidistribuida

Se ha elegido el método de frecuencia para calcular los caudales máximos anuales, utilizando la serie histórica de caudales máximos registrados desde 1975 hasta 2022.

El método de frecuencia consiste en ajustar una distribución estadística adecuada (como la distribución de gumbel o Log-Pearson) a los datos históricos de caudales máximos, con el fin de estimar los caudales extremos correspondientes a diferentes periodos de retorno. Esta estimación es fundamental para el análisis de eventos extremos, como la socavación de estructuras, y permite realizar proyecciones de caudales máximos con base en los datos históricos observados.

Según la normativa peruana para el desarrollo de estructuras hidráulicas y la estimación de socavación, el cálculo del caudal de diseño se realiza para un periodo de retorno de 500 años. Este estudio extiende dicha normativa al incorporar proyecciones climáticas de precipitación, con el fin de evaluar el posible aumento de los caudales bajo posibles situaciones de variaciones climáticas. El caudal de diseño se ha ajustado mediante distribuciones estadísticas aplicadas a los datos de precipitación, utilizando el método SCS con el número de curva (CN) adaptado a las proyecciones climáticas y al cambio proyectado en la cobertura del suelo. De esta manera, los caudales futuros ajustados al cambio climático se emplean como insumo para el modelo de socavación del puente.

D) Socavación futura.

Se ingresó los hidrogramas de los caudales futuros para visualizar el comportamiento de la profundidad que se presenta por las presiones del flujo del agua en la estructura. Y luego se compara los resultados.

Para estimar el impacto de la variabilidad climática en la socavación del puente Pendencia, se utilizó el software HEC-RAS mediante un enfoque de modelación numérica. Los caudales de entrada se calcularon a partir de datos históricos ajustados con proyecciones climáticas obtenidas del modelo CMIP5, considerando los escenarios RCP 4.5 y 8.5. Estos caudales se integraron con la modelación de sedimentos para evaluar la socavación en los pilares y estribos del puente. La modelación bidimensional en HEC-RAS facilita el análisis de la dinámica del flujo en el entorno del puente y las consecuencias proyectadas de las variaciones climáticas en la profundidad de la socavación. La simulación contempla ajustes en los valores de velocidad y profundidad del flujo, considerando los incrementos en los caudales proyectados bajo los escenarios de fluctuaciones climáticas.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Según Carrasco (2019), la población se describe como un conjunto de elementos vinculados a las variables de la investigación. En este caso, la población está compuesta por el Puente Pendencia, que constituye el objeto de estudio en relación con dichas variables.

3.2.2. MUESTRA

Se emplea un muestreo no probabilístico intencional, donde se seleccionan elementos específicos que se consideran pertinentes para el estudio (Hernández & Mendoza, 2018). La muestra se limita a la evaluación de los escenarios de variación climática en la socavación futura del Puente Pendencia entre los años 2020 y 2050. Los criterios para la selección de la muestra son los siguientes:

- Criterios de inclusión
 - Escenarios de cambio climático correspondientes al período 2020- 2050 Ámbito hidrológico – hidráulico del puente Pendencia.
 - Socavación fluvial.
- Criterios de exclusión
 - Escenario en cambio climático mayor al año 2050
 - Socavación antropogénica.

Figura 4

Ubicación del lugar de estudio



Nota. Representación del Puente Pendencia. Tomado por Google Earth.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Hernández (2018) elabora la capacidad analítica define como: "Capacidad recolectando data que permitan la recolección y sistematización de la investigación sobre los hechos o fenómenos generales relacionados con el tema que motiva la investigación".

Asimismo, en esta investigación los datos de entrada del modelo hidrológico e hidráulico fueron medidos a través de instrumentos mecánicos a través de la técnica observacional u observación.

Por otro lado, mucha de la data fue medida en el pasado, y fueron recopilados mediante las siguientes fichas de recolectar cifras; plasma esta tabla.

Tabla 3

Instrumentos de recolección de datos

Instrumento	Descripción
	Ficha que recolectara los caudales mensuales desde el año 1981 hasta 2016 (ver anexo 1)
	Ficha que recolectara la precipitación mensual registrada en las estaciones pluviométricas desde el año 1981 hasta 2016

Ficha de recolección de datos

Ficha de precipitaciones máximas anuales y caudales máximos anuales
Ficha que recolectara los parámetros morfométricos del ámbito hidrológico – hidráulico del Puente Pendencia
Ficha que recolectara las características hidráulicas del río Huallaga

Tabla 4

Instrumentos físicos

Instrumento	Descripción
Estudio de Mecánica de Suelos	Observación Ensayos de laboratorio Formatos de recolección de datos
Estudio hidrológico	Observación Formato de recolección de datos Guía documental
Estudio topográfico	Observación Equipos topográficos Formato de recolección de datos

Validez y Confiabilidad

En la actual pesquisa de tesis, La validez hace referencia a la habilidad del instrumento o procedimiento utilizado para medir de forma exacta aquello que se desea evaluar. En otras palabras, se busca asegurar que los resultados obtenidos sean precisos y reflejen de manera adecuada la realidad del fenómeno estudiado. Por otro lado, la confiabilidad hace referencia a la consistencia y estabilidad de los resultados obtenidos a lo largo del tiempo y en diferentes condiciones. En el actual estudio de tesis, se busca que las mediciones o datos recolectados sean consistentes y reproducibles

La validez de la data procesada se sustenta en su origen, ya que provienen de fuentes oficiales, como el COER, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y el SENAHMI. Esto garantiza que la información es confiable y representa adecuadamente las condiciones estudiadas.

Además, los equipos topográficos utilizados en la recopilación de datos y los resultados de los estudios realizados se fundamentan en las especificaciones de la ficha técnica y la calibración de los instrumentos. Estos equipos han sido verificados y calibrados de acuerdo con estándares establecidos, asegurando la precisión y fiabilidad de las mediciones. Los

estudios también cuentan con la validación de profesionales certificados en laboratorio, quienes han firmado los informes, garantizando la calidad y la rigurosidad de los análisis realizados

Para la recolección de datos

Objetivo1.- Se utilizaron las plataformas de la ANA, en las cuales las autoridades registran información hidrometeorológica de las estaciones convencionales y automáticas en campo. Además, se descargará el DEM desde la plataforma de acceso libre Land Viewer para la delimitación del ámbito hidrológico-hidráulico del Puente Pendencia.

Objetivo 2,3 y 4.- Se usó la revisión bibliográfica en tesis, artículos, manuales, capacitaciones, etc.; con el fin de entender la parte teórica y práctica de la modelación numérica aplicada al estudio de socavación y poder interpretar los resultados.

Obtención de muestras

Se realizó una visita al puente Pendencia (río Pendencia) para la toma de muestras mediante la perforación de 4 calicatas en el mencionado río de estudio.

Se tomaron 4 muestras de 4 calicatas, distribuidas de la siguiente manera: una en el eje central del puente, otra en la orilla izquierda, una más en la orilla derecha del río y la última a 500 metros río abajo.

Estudio de mecánica de suelos

Se realizaron pruebas de granulometría, donde las muestras fueron sometidas a tamizado con diversas mallas con el fin de determinar los diámetros de las partículas. Para este proceso, se aplicaron las fórmulas previamente mencionadas. Además, se realizaron pruebas de humedad, límites líquido y plástico, gravedad específica, y se procedió con la clasificación de los suelos.

La normativa utilizada para los ensayos es la siguiente:

- Contenido de humedad
- Análisis granulométrico por tamizado
- Límites plástico y líquido
- Gravedad específica

La fórmula utilizada para obtener el contenido de húmeda es la siguiente:

$$\%w = \frac{\text{Peso muestra húmeda} - \text{peso muestra seca}}{\text{peso de muestra seca}} * 100$$

Para realizar el cálculo del ensayo de análisis granulométrico, se emplearon las siguientes ecuaciones:

$$\text{Pasa (0.074)} = \frac{\text{Peso total} - \text{peso retenido en el tamiz (0.074)}}{\text{peso total}} * 100$$

El porcentaje retenido sobre cada tamiz se obtuvo:

$$\%retenido = \frac{\text{Peso retenido en el tamiz}}{\text{peso total}} * 100$$

El porcentaje más fino se determina restando, de manera acumulativa, el porcentaje retenido en cada tamiz del 100%.

$$\%pasa = 100 - \%Retenido\ acumulado$$

Para la prueba de gravedad específica, se empleó la siguiente ecuación:

$$Ma(Tx) = \frac{\text{Densidad del agua } Tx}{\text{Densidad del agua } Ti} * (Ma - Mf) + Mf$$

Donde:

Ma: Masa del agua en la fiola más el agua.

Mf: Masa de la fiola vacía.

Tx: Temperatura durante la prueba.

Ti: Temperatura calibrada.

Determinación de la gravedad específica:

$$Gs = Ma(Tx) * K$$

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

En el proceso de nuestros datos, use el programa de Microsoft Office, ArcGIS 10.8 y los interfaces gráficos de los modelos hidrológicos de los programas de acceso libre (Hec-Hms) y Modelos hidráulicos (Hec-Ras).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

➤ Resultados del levantamiento topográfico

La medición topográfica permite obtener el perfil longitudinal y los cortes transversales, revelando una topografía predominantemente llana con una pendiente del 0,87%.

Tabla 5

Resultados del levantamiento topográfico

Ítem	Descripción	Cota
Eje del puente 0 + 500	N.T N.A	634.50 635.32
Aguas arriba 0 + 000	N.T N.A	634.42 635.50
Aguas abajo 1 + 000	N.T N.A	639.85 640.45

Con base en estos puntos, se determinó la inclinación, elaborando el plano del perfil longitudinal y las secciones transversales, lo que permitió calcular el caudal máximo para diferentes períodos de retorno.

Se utilizaron las coordenadas UTM para determinar la posición exacta del puente, lo que facilitó la creación del plano de localización.

Tabla 6

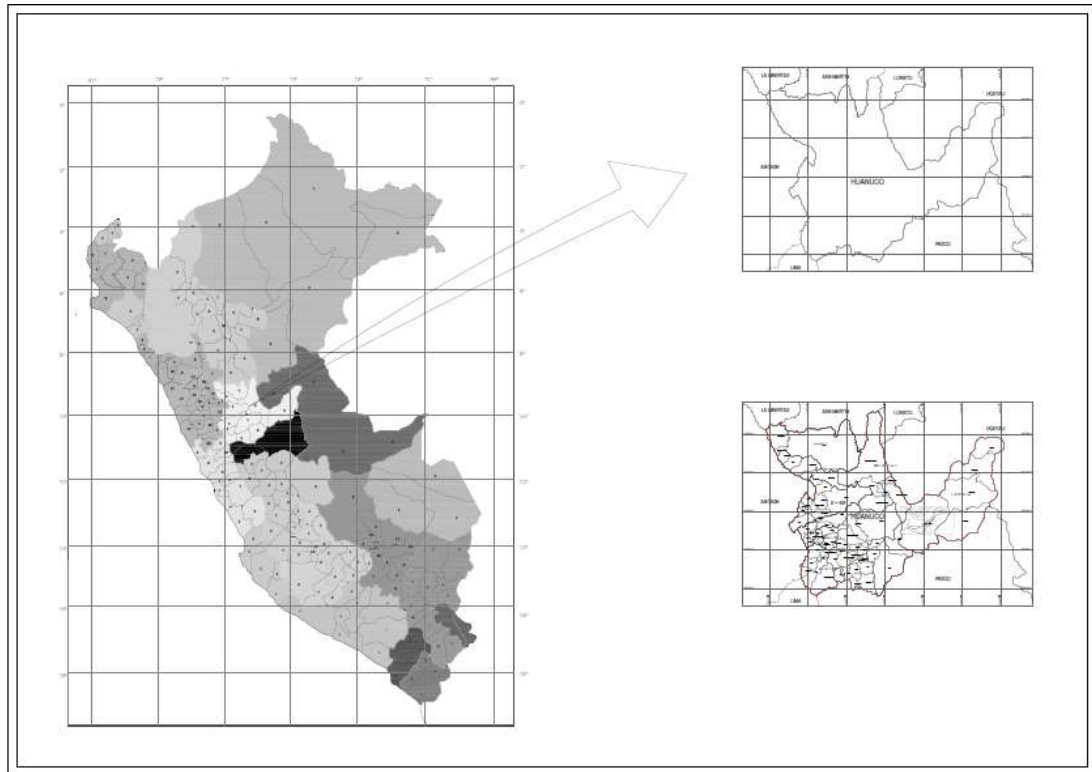
Coordenadas "UTM"

Punto	ESTE	NORTE	COTA
54	393035.56	8988198.34	634.22
55	393039.59	8988206.30	634.20
110	392952.32	8988239.59	638.99
111	392957.27	8988247.21	638.98

Se confeccionó el plano de localización geográfica del puente y el río Pendencia utilizando las coordenadas obtenidas.

Figura 5

Ubicación geográfica del puente Pendencia



➤ **Estudio de mecánica de suelos**

Las muestras extraídas de las calicatas del río Pendencia fueron enviadas al laboratorio para llevar a cabo diversos ensayos, cuyos resultados fueron los siguientes:

Tabla 7

Resultados del ensayo de laboratorio

Ítem	Parámetros	Unidad	Muestra	Resultado
Contenido de humedad	Muestra saturada	%	1	8.30
			2	8.30
			3	10.10
			4	10.10

Límites Líquido y Plástico	Muestra seca parcialmente húmeda	Índice de plasticidad	1	-
			2	-
			3	-
			4	-
Análisis Granulométrico	Clasificación (S.U.C.S)	-	1	GP – GM
			2	GM
			3	GP – GM
			4	GM
	Clasificación (AASHTO)	-	1	A-1-a
			2	A-1-a
			3	A-1-a
			4	A-1-a

Se determinó que las muestras 1 y 2 tienen el mayor contenido de humedad, debido a su contacto directo con el agua.

En cuanto a los ensayos de límites de consistencia, no se obtuvieron resultados, ya que todas las muestras consisten en arenas con gravas.

En el análisis granulométrico, las partículas fueron clasificadas como GP – GM (grava pobremente graduada con limo y arena) y GM (grava limosa con arena). Sin embargo, el método AASHTO clasificó todas las muestras como A-1-a, lo que indica que son de buena calidad.

➤ **Geomorfología de la cuenca**

Utilizando la carta nacional del IGN y las imágenes satelitales en formato “.dem”, se cargaron las fotografías en ArcGIS para proceder a la delimitación de la cuenca (ver Anexo 07, 08 y 09). Posteriormente, se realizó el cálculo de los parámetros geomorfológicos mediante un modelado en ArcGIS, obteniendo como resultado los siguientes indicadores geomorfológicos de la cuenca:

-Área de la cuenca = 115.66 km^2

-Perímetro de la cuenca = 82.35 km

-Longitud del cauce = 8.93 km

Con base en estos valores, es posible comenzar a caracterizar la cuenca de manera integral utilizando fórmulas empíricas, las cuales se detallan a

continuación:

Tiempo de Concentración: El TC en una cuenca hidrográfica hace referencia al tiempo necesario para que el caudal de salida alcance un estado estable tras una precipitación de intensidad uniforme en toda la cuenca. La fórmula utilizada para calcularlo es la siguiente:

$$T_c = 0.3(L/S^{0.25})^{0.76}$$

Se conoce que la longitud del tramo es 8.93 Km, y la pendiente promedio del cauce mayor es de 0.088 mm, resultado un tiempo de concentración de 2.52 horas.

Coefficiente de Uniformidad: Es necesario ajustar el valor del TC aplicando el CU. Al reemplazar los valores en la fórmula, obtenemos lo siguiente:

$$K = 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14}$$

Al reemplazar los valores, se obtiene un $K = 1.1848$

Para un "Tc" de 2.52 horas, se obtiene un valor K de 1.1848.

Coefficiente de simultaneidad

La máxima precipitación diaria registrada fue de 156 mm, proporcionada por la Estación Meteorológica de Tingo María, la más cercana a la zona de estudio (según la Municipalidad Distrital Daniel Alomía Robles, 2020). Esta cantidad de lluvia se produjo en marzo de 1997, como se detalla en la Tabla 8. A través del análisis de precipitaciones diarias, mensuales y anuales de los últimos 49 años, se identificó que esta fue la precipitación más elevada registrada, la cual ocurrió durante el evento climático conocido como el Fenómeno de El Niño Costero.

Ante esto, se corrige la precipitación máxima diaria final, la cual se calcula según la siguiente fórmula:

$$P = P_d * K_A$$

Pd= Precipitación máxima diaria (mm)

KA= Factor reductor

Ante esto, se reemplaza los valores

$$P = 156 * 1.18 = 184.09$$

➤ Estudio hidrológico

Los registros pluviométricos diarios, mensuales y anuales de las estaciones de Tingo María, facilitarán la identificación de los caudales máximos anuales.

Tabla 8

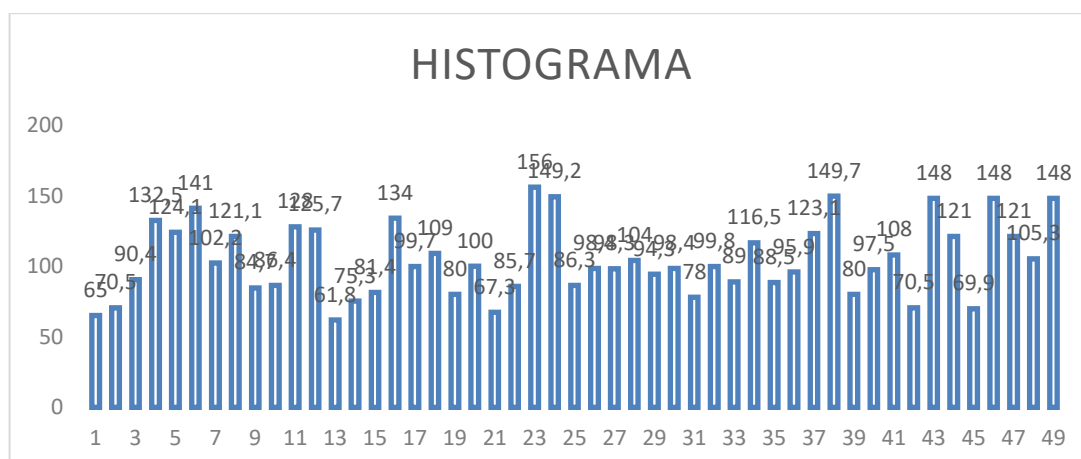
Registro pluviométrico de las estaciones Tingo María

AÑO	PRECIP MÁX DIARIO ANUAL
	Pp Max. En 24 Horas (mm/h)
TINGOMARÍA	
1975	65
1976	70.5
1977	90.4
1978	132.5
1979	124.1
1980	141
1981	102.2
1982	121.1
1983	84.7
1984	86.4
1985	128
1986	125.7
1987	61.8
1988	75.3
1989	81.4
1990	134
1991	99.7
1992	109
1993	80
1994	100
1995	67.3
1996	85.7

1997	156
1998	149.2
1999	86.3
2000	98.4
2001	98.3
2002	104
2003	94.3
2004	98.4
2005	78
2006	99.8
2007	89
2008	116.5
2009	88.5
2010	95.9
2011	123.1
2012	149.7
2013	80
2014	97.5
2015	108
2016	70.5
2017	148
2018	121
2019	69.9
2020	148
2021	121
2022	105.3
2023	148

. Ref.: SENAMHI

Una vez obtenidos todos los registros pluviométricos completados del año 1975 al 2023, hallamos lo caudales máximos para los distintos años mediante el método racional modificado.

Figura 6*Histograma***Tabla 9***Distribución de probabilidades pluviométricas mediante gumbel*

Nº	Año	Mes	Precipitación (mm)	
			Max. Precip.	X_i
				$(x_i - \bar{x})^2$
1	1975	Nov	65.00	1540.8028
2	1976	Ago	70.50	1139.26914
3	1977	Abr	90.40	191.907305
4	1978	Ene	132.50	797.88955
5	1979	Ene	124.10	393.900979
6	1980	May	141.00	1350.33751
7	1981	Abr	102.20	4.21506039
8	1982	Dic	121.10	283.819346
9	1983	Ene	84.70	382.322203
10	1984	Nov	86.40	318.731795
11	1985	Nov	128.00	563.917101
12	1986	Feb	125.70	459.971183
13	1987	Jun	61.80	1802.26241
14	1988	Ago	75.30	838.279754
15	1989	Ago	81.40	522.262407
16	1990	May	134.00	884.880367
17	1991	Dic	99.70	20.7303665
18	1992	Ene	109.00	22.5334277
19	1993	Nov	80.00	588.210979
20	1994	Nov	100.00	18.0885298
21	1995	Jul	67.30	1365.52873
22	1996	Ene	85.70	344.216081
23	1997	Feb	156.00	2677.74567
24	1998	Dic	149.20	2020.22731
25	1999	Ene	86.30	322.312407
26	2000	Dic	98.40	34.2583257

27	2001	Feb	98.30	35.4389379
28	2002	Jul	104.00	0.06403998
29	2003	Nov	94.30	99.0634277
30	2004	Feb	98.40	34.2583257
31	2005	Feb	78.00	689.223224
32	2006	Dic	99.80	19.8297543
33	2007	Dic	89.00	232.655877
34	2008	May	116.50	149.987509
35	2009	Dic	88.50	248.158938
36	2010	Feb	95.90	69.7736318
37	2011	Mar	123.10	355.207101
38	2012	Nov	149.70	2065.42424
39	2013	Ene	80.00	588.210979
40	2014	Feb	97.50	45.6038359
41	2015	Dic	108.00	14.0395502
42	2016	May	70.50	1139.26914
43	2017	Dic	148.00	1913.79465
44	2018	Jun	121.00	280.459958
45	2019	Dic	69.90	1180.13282
46	2020	Nov	148.00	1913.79465
47	2021	Feb	121.00	280.459958
48	2022	Nov	105.30	1.0960808
49	2023	Ene	148.00	1913.79465

Cálculo de variables probabilísticas

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = 104.25 \text{ mm}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} = 25.88 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S = 20.18 \text{ mm}$$

$$u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha = 92.60 \text{ mm}$$

Tabla 10

Cálculo de las precipitaciones diarias máximas probables según frecuencias

<i>Periodo</i>	<i>Variable</i>	<i>Precip.</i>	<i>Prob. de</i>	<i>Corrección</i>
<i>Retorno</i>	<i>Reducida</i>	<i>(mm)</i>	<i>ocurrencia</i>	<i>intervalo</i>
<i>Años</i>	<i>YT</i>	<i>XT'(mm)</i>	<i>F(xT)</i>	<i>XT (mm)</i>
2	0.366	100.0011	0.500	113.0012
5	1.499	122.8753	0.800	138.8491
10	2.250	138.0200	0.900	155.9626
25	3.198	157.1554	0.960	177.5856
50	3.902	171.3511	0.980	193.6267
100	4.600	185.4420	0.990	209.5494
500	6.214	218.0039	0.998	246.3444

La tabla muestra valores estimados de precipitación máxima para diferentes periodos de retorno, calculados mediante la variable reducida y el valor corregido para un intervalo fijo. A medida que el periodo de retorno aumenta, se observa un incremento en la precipitación proyectada ('XT'), reflejando mayores niveles de precipitación esperados en eventos menos frecuentes. La probabilidad de ocurrencia ($F(x_T)$) también disminuye conforme aumenta el periodo de retorno, indicando que las lluvias intensas son menos probables, pero más severas, en intervalos de retorno más largos.

Tabla 11

Coefficientes para relaciones a la lluvia de duración 24 horas

Duraciones, en minutos										
60	120	180	240	300	360	480	720	1080	1440	
0.30	0.39	0.46	0.52	0.57	0.61	0.68	0.80	0.91	1.00	

Fuente. D.F. Campos A., 1978

La tabla 12 presenta los valores de precipitación máxima estimada (P_d) en milímetros para distintos tiempos de duración (de 60 a 1440 minutos) y periodos de retorno (de 2 a 500 años). Cada intervalo de tiempo está asociado a un "cociente de duración" que indica el porcentaje de precipitación en comparación con el evento de 24 horas (considerado como el 100%). Conforme se reduce el tiempo de duración, los valores de precipitación máxima disminuyen, reflejando la relación entre el tiempo y la intensidad de

los eventos de lluvia. Estos datos son útiles para evaluar la intensidad de precipitaciones en función de diferentes escenarios de retorno y duraciones.

Tabla 12

Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias

Tiempo de Duración	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm)						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	113.00 12	138.84 91	155.96 26	177.58 56	193.62 67	209.54 94	246.34 44
18 hr	X18 = 91%	102.83 11	126.35 27	141.92 59	161.60 29	176.20 03	190.69 00	224.17 34
12 hr	X12 = 80%	90.401 0	111.07 93	124.77 01	142.06 84	154.90 14	167.63 95	197.07 55
8 hr	X8 = 68%	76.840 8	94.417 4	106.05 46	120.75 82	131.66 62	142.49 36	167.51 42
6 hr	X6 = 61%	68.930 8	84.697 9	95.137 2	108.32 72	118.11 23	127.82 51	150.27 01
5 hr	X5 = 57%	64.410 7	79.144 0	88.898 7	101.22 38	110.36 72	119.44 32	140.41 63
4 hr	X4 = 52%	58.760 6	72.201 5	81.100 5	92.344 5	100.68 59	108.96 57	128.09 91
3 hr	X3 = 46%	51.980 6	63.870 6	71.742 8	81.689 4	89.068 3	96.392 7	113.31 84
2 hr	X2 = 39%	44.070 5	54.151 1	60.825 4	69.258 4	75.514 4	81.724 3	96.074 3
1 hr	X1 = 30%	33.900 4	41.654 7	46.788 8	53.275 7	58.088 0	62.864 8	73.903 3

La fórmula mostrada representa la intensidad de precipitación (I), que se calcula dividiendo la precipitación acumulada (P) en milímetros [mm] por el tiempo de duración de la lluvia (t. duración) en horas [hr]. En términos matemáticos, se expresa como:

$$I = \frac{P}{t_{duración}}$$

Tabla 13

Intensidades de lluvia a partir de "Pd", según duración de precipitación y frecuencia de la misma

Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr)						
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	1440	4.7084	5.7854	6.4984	7.3994	8.0678	8.7312	10.2643
18 hr	1080	5.7128	7.0196	7.8848	8.9779	9.7889	10.5939	12.4541
12 hr	720	7.5334	9.2566	10.3975	11.8390	12.9084	13.9700	16.4230

8 hr	480	9.6051	11.802	13.256	15.094	16.458	17.8117	20.9393
			2	8	8	3		
6 hr	360	11.488	14.116	15.856	18.054	19.685	21.3042	25.0450
		5	3	2	5	4		
5 hr	300	12.882	15.828	17.779	20.244	22.073	23.8886	28.0833
		1	8	7	8	4		
4 hr	240	14.690	18.050	20.275	23.086	25.171	27.2414	32.0248
		2	4	1	1	5		
3 hr	180	17.326	21.290	23.914	27.229	29.689	32.1309	37.7728
		9	2	3	8	4		
2 hr	120	22.035	27.075	30.412	34.629	37.757	40.8621	48.0372
		2	6	7	2	2		
1 hr	60	33.900	41.654	46.788	53.275	58.088	62.8648	73.9033
		4	7	8	7	0		

Regresiones I-D-T

La fórmula a continuación representa una ecuación general para calcular la intensidad de precipitación (I) en función del periodo de retorno y la duración de la tormenta. En esta ecuación:

$$I = \frac{K * T^m}{t^n}$$

Seguido se realiza un cambio:

$$d = K * T^m$$

Con esto, se obtiene la siguiente expresión:

$$I = \frac{d}{t^n} = d * t^{-n}$$

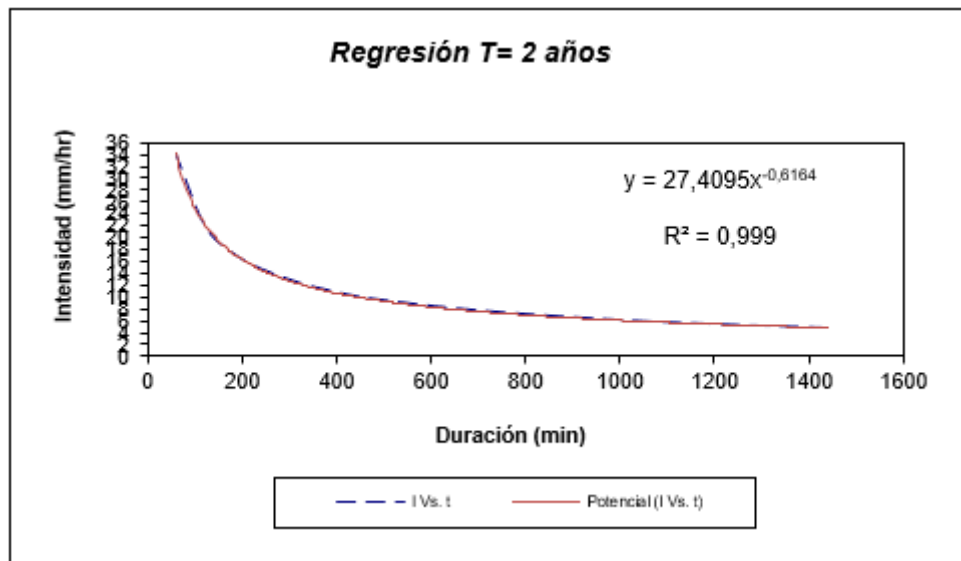
Tabla 14

Periodo de retorno para 2 años

Periodo de retorno para T = 2 años						
Nº	x	y	lnx	lny	lnx*lny	(lnx)²
01	1440	4.7084	7.272	1.549	11.268	52.888
02	1080	5.7128	6.985	1.743	12.172	48.786
03	720	7.5334	6.579	2.019	13.286	43.287
04	480	9.6051	6.174	2.262	13.967	38.116
05	360	11.4885	5.886	2.441	14.370	34.646
06	300	12.8821	5.704	2.556	14.578	32.533
07	240	14.6902	5.481	2.687	14.728	30.037
08	180	17.3269	5.193	2.852	14.812	26.967
09	120	22.0352	4.788	3.093	14.806	22.920
10	60	33.9004	4.094	3.523	14.426	16.764
	4980	139.8830	58.156	24.726	138.412	346.944
<i>Ln(d) =</i>	6.0573	<i>d =</i>	427.2040	<i>n =</i>	-0.6164	

Figura 7

Regresión T=2 años (Intensidad - Duración)



La última fila presenta las sumas de cada columna, que son utilizadas para calcular la regresión lineal. En este caso, el análisis lineal permite determinar los valores de la pendiente ($n = -0.6164$) y la constante de la función ($d = 427.2040$). Estos resultados son representados en la Figura 7, donde se grafica la relación entre la intensidad y la duración para un T= 2 años.

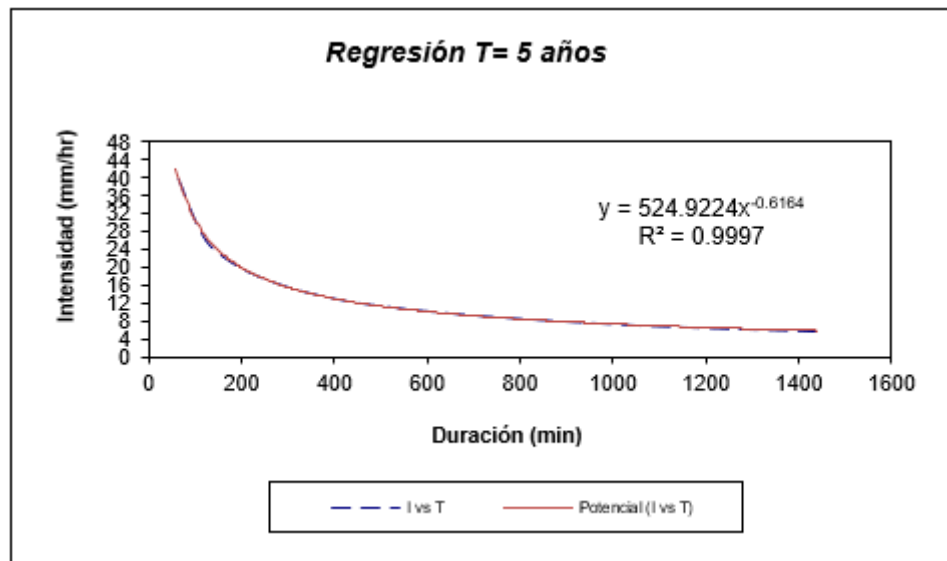
Tabla 15

Periodo de retorno para 5 años

Periodo de retorno para T = 5 años						
Nº	x	y	lnx	lny	lnx*lny	(lnx) ²
01	1440	5.7854	7.272	1.755	12.766	52.888
02	1080	7.0196	6.985	1.949	13.611	48.786
03	720	9.2566	6.579	2.225	14.641	43.287
04	480	11.8022	6.174	2.468	15.239	38.116
05	360	14.1163	5.886	2.647	15.583	34.646
06	300	15.8288	5.704	2.762	15.753	32.533
07	240	18.0504	5.481	2.893	15.856	30.037
08	180	21.2902	5.193	3.058	15.881	26.967
09	120	27.0756	4.788	3.299	15.792	22.920
10	60	41.6547	4.094	3.729	15.270	16.764
	4980	171.8797	58.156	26.786	150.391	346.944
	$Ln(d) = 6.2633$	$d = 524.9224$		$n = -0.6164$		

Figura 8

Regresión T=5 años (Intensidad - Duración)



La última fila resume las sumas de cada columna, necesarias para determinar la pendiente y la constante de la función de regresión. En este caso, se obtuvo una pendiente ($n = -0.6164$) y una constante ($d = 524.9224$), que describen la relación entre intensidad y duración para un T=5 años.

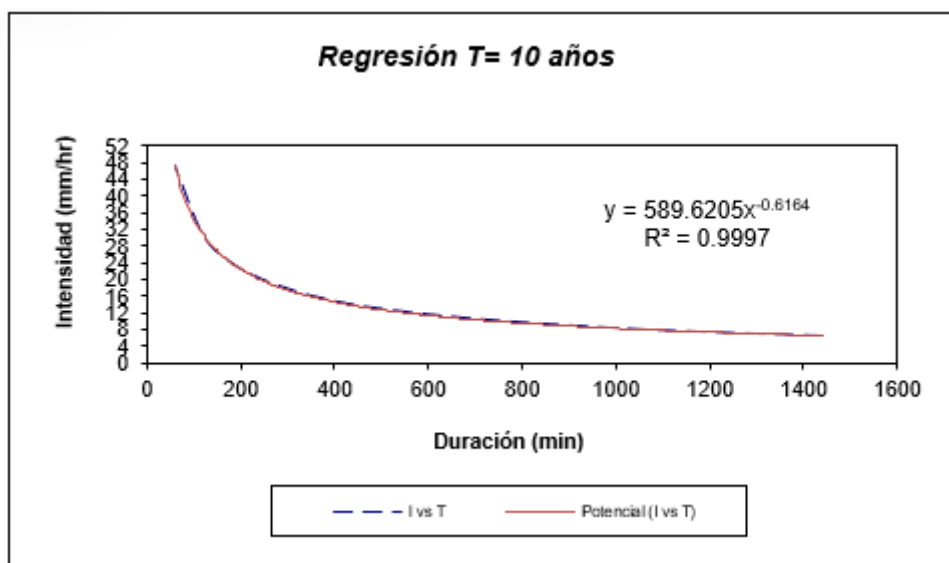
Tabla 16

Periodo de retorno para 10 años

Periodo de retorno para T = 10 años						
Nº	x	y	lnx	lny	lnx*lny	(lnx) ²
01	1440	6.4984	7.272	1.872	13.611	52.888
02	1080	7.8848	6.985	2.065	14.423	48.786
03	720	10.3975	6.579	2.342	15.406	43.287
04	480	13.2568	6.174	2.585	15.956	38.116
05	360	15.8562	5.886	2.764	16.267	34.646
06	300	17.7797	5.704	2.878	16.416	32.533
07	240	20.2751	5.481	3.009	16.493	30.037
08	180	23.9143	5.193	3.175	16.485	26.967
09	120	30.4127	4.788	3.415	16.349	22.920
10	60	46.7888	4.094	3.846	15.745	16.764
	4980	193.0643	58.156	27.949	157.151	346.944
	$\ln(d) = 6.3795$	$d = 589.6205$		$n = -0.6164$		

Figura 9

Regresión T=10 años (Intensidad - Duración)



La última fila presenta los valores resumidos, que permiten calcular la pendiente y la constante de la función de regresión. Para un T= 10 años, se obtuvo una pendiente ($n = -0.6164$) y una constante ($d = 589.6205$)

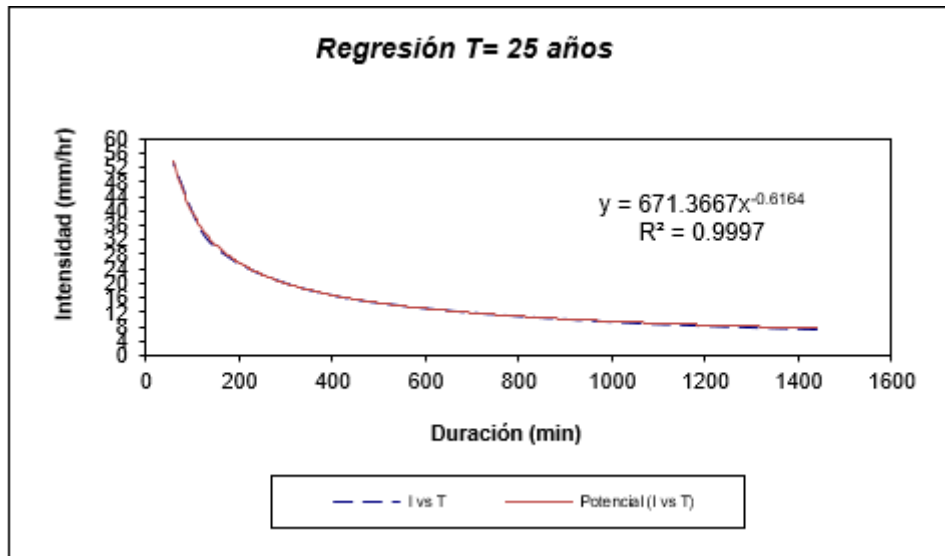
Tabla 17

Periodo de retorno para 25 años

Periodo de retorno para T = 25 años						
Nº	x	y	lnx	lny	lnx*lny	(lnx) ²
01	1440	7.3994	7.272	2.001	14.555	52.888
02	1080	8.9779	6.985	2.195	15.330	48.786
03	720	11.8390	6.579	2.471	16.260	43.287
04	480	15.0948	6.174	2.714	16.758	38.116
05	360	18.0545	5.886	2.893	17.031	34.646
06	300	20.2448	5.704	3.008	17.156	32.533
07	240	23.0861	5.481	3.139	17.205	30.037
08	180	27.2298	5.193	3.304	17.159	26.967
09	120	34.6292	4.788	3.545	16.970	22.920
10	60	53.2757	4.094	3.976	16.277	16.764
	4980	219.8312	58.155	29.247	164.701	346.944
	$Ln(d) = 6.5093$	$d = 671.3667$		$n = -0.6164$		

Figura 10

Regresión T=25 años (Intensidad - Duración)



La última fila muestra los valores acumulativos, utilizados para calcular los parámetros de la regresión. Para este periodo de retorno de 25 años, se obtuvo una pendiente $n = -0.6164$ y una constante $d = 671.3667$.

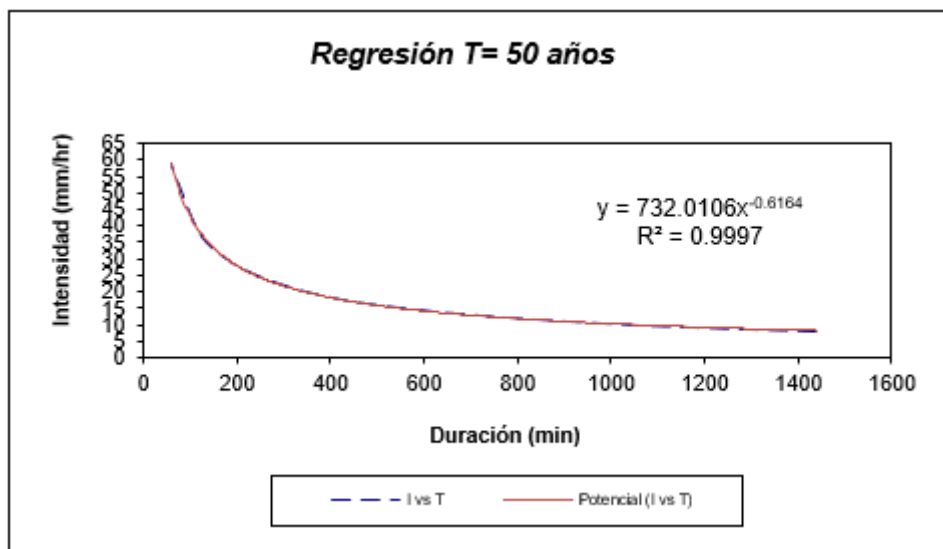
Tabla 18

Periodo de retorno para 50 años

Periodo de retorno para T = 50 años						
Nº	x	y	lnx	lny	lnx*lny	(lnx)²
01	1440	8.0678	7.272	2.088	15.184	52.888
02	1080	9.7889	6.985	2.281	15.934	48.786
03	720	12.9084	6.579	2.558	16.829	43.287
04	480	16.4583	6.174	2.801	17.292	38.116
05	360	19.6854	5.886	2.980	17.540	34.646
06	300	22.0734	5.704	3.094	17.650	32.533
07	240	25.1715	5.481	3.226	17.679	30.037
08	180	29.6894	5.193	3.391	17.608	26.967
09	120	37.7572	4.788	3.631	17.384	22.920
10	60	58.0880	4.094	4.062	16.631	16.764
	4980	239.6883	58.156	30.112	169.730	346.944
Ln (d) =	6.5958	d =	732.0106	n =	-0.6164	

Figura 11

Regresión T=50 años (Intensidad - Duración)



La última fila muestra los valores acumulativos, que permiten obtener los parámetros de la ecuación de regresión. Para un T= 50 años, los resultados incluyen una pendiente de $n = -0.6164$ y una constante $d = 732.0106$.

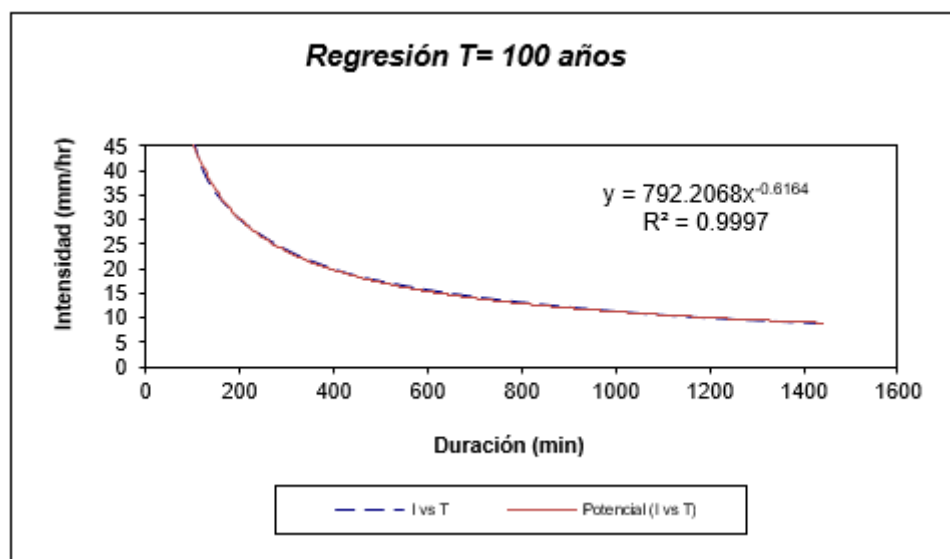
Tabla 19

Periodo de retorno para 100 años

Periodo de retorno para T = 100 años						
Nº	x	y	lnx	lny	lnx*lny	(lnx) ²
01	1440	8.7312	7.272	2.167	15.759	52.888
02	1080	10.5939	6.985	2.360	16.486	48.786
03	720	13.9700	6.579	2.637	17.349	43.287
04	480	17.8117	6.174	2.880	17.780	38.116
05	360	21.3042	5.886	3.059	18.005	34.646
06	300	23.8886	5.704	3.173	18.100	32.533
07	240	27.2414	5.481	3.305	18.112	30.037
08	180	32.1309	5.193	3.470	18.017	26.967
09	120	40.8621	4.788	3.710	17.763	22.920
10	60	62.8648	4.094	4.141	16.955	16.764
	4980	259.3989	58.155	30.902	174.326	346.944
Ln (d) =	6.6748	d =	792.2068	n =	-0.6164	

Figura 12

Regresión T=100 años (Intensidad - Duración)



La última fila indica los valores acumulativos, necesarios para calcular los parámetros de la ecuación de regresión. En el caso de un T= 100 años, se obtuvo una pendiente $n = -0.6164$ y una constante $d = 792.2068$.

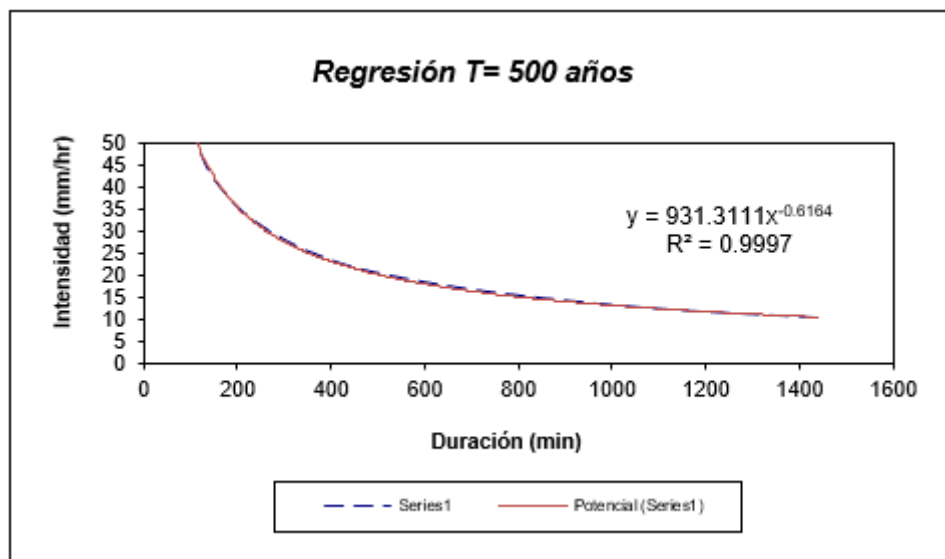
Tabla 20

Periodo de retorno para 500 años

Periodo de retorno para T = 500 años						
Nº	x	y	lnx	lny	lnx*lny	(lnx) ²
01	1440	10.264	7.272	2.329	16.935	52.888
02	1080	12.454	6.985	2.522	17.616	48.786
03	720	16.423	6.579	2.799	18.413	43.287
04	480	20.939	6.174	3.042	18.778	38.116
05	360	25.045	5.886	3.221	18.957	34.646
06	300	28.083	5.704	3.335	19.023	32.533
07	240	32.025	5.480	3.467	18.999	30.037
08	180	37.773	5.193	3.632	18.859	26.967
09	120	48.037	4.788	3.872	18.537	22.920
10	60	73.903	4.094	4.303	17.617	16.764
	4980	304.947	58.156	32.520	183.734	346.944
$Ln(d) =$	6.8366	$d =$	931.3111	$n =$	-0.6164	

Figura 13

Regresión T=500 años (Intensidad - Duración)



Resumen de aplicación de regresión potencial

Tabla 21

Resumen de aplicación

<i>Resumen de aplicación de regresión potencial</i>		
T (años)	Término cte (d)	Coef. de regresión [n]
2	427.20402046857	-0.61638608809
5	524.92240015561	-0.61638608809
10	589.62047026522	-0.61638608809
25	671.36665335995	-0.61638608809
50	732.01064179194	-0.61638608809
100	792.20684453266	-0.61638608809
500	931.31107964742	-0.61638608809
Promedio =	666.94887288877	-0.61638608809

Con el fin de obtener los valores de la ecuación:

$$d = K * T^m$$

Tabla 22

Regresión potencial

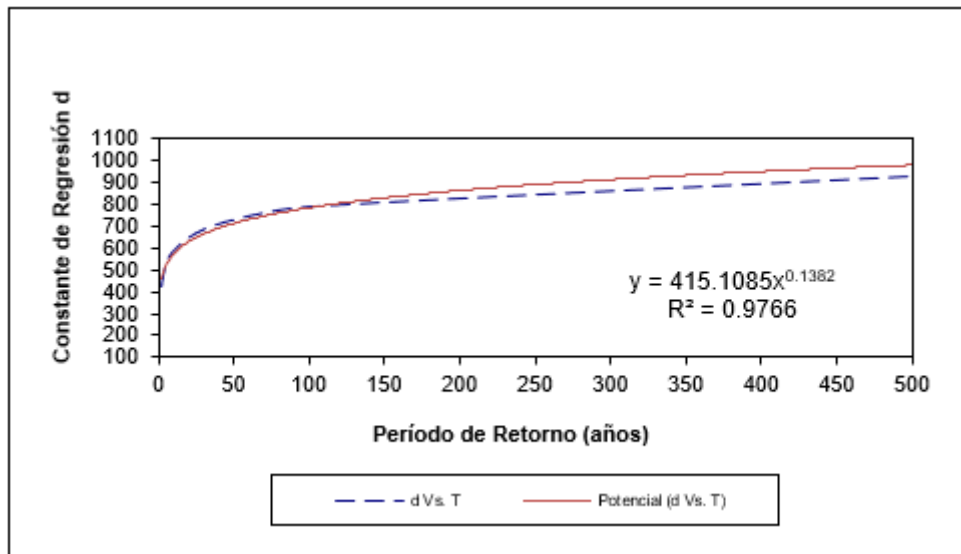
Regresión potencial						
Nº	x	y	lnx	lny	lnx*lny	(lnx) ²
01	2	427.2040	0.693	6.057	4.199	0.481
02	5	524.9224	1.609	6.263	10.080	2.590
03	10	589.6205	2.303	6.380	14.689	5.302
04	25	671.3667	3.219	6.509	20.953	10.361
05	50	732.0106	3.912	6.596	25.803	15.304

06	100	792.2068	4.605	6.675	30.739	21.208
07	500	931.3111	6.215	6.837	42.487	38.621
08	692	4668.6421	22.556	45.317	148.949	93.867
$Ln(K) = 6.0285$		$K = 415.1085$		$m = 0.1382$		

El término constante de regresión, denotado como K, es igual a 415.1085, mientras que el coeficiente de regresión, representado por m, tiene un valor de 0.138179.

Figura 14

Cd (d) relación con el T (años)



➤ **Intensidad válida para cuenca**

$$I = \frac{K * T}{t}$$

Tabla 23

Tabla de intensidades - Tiempo de duración

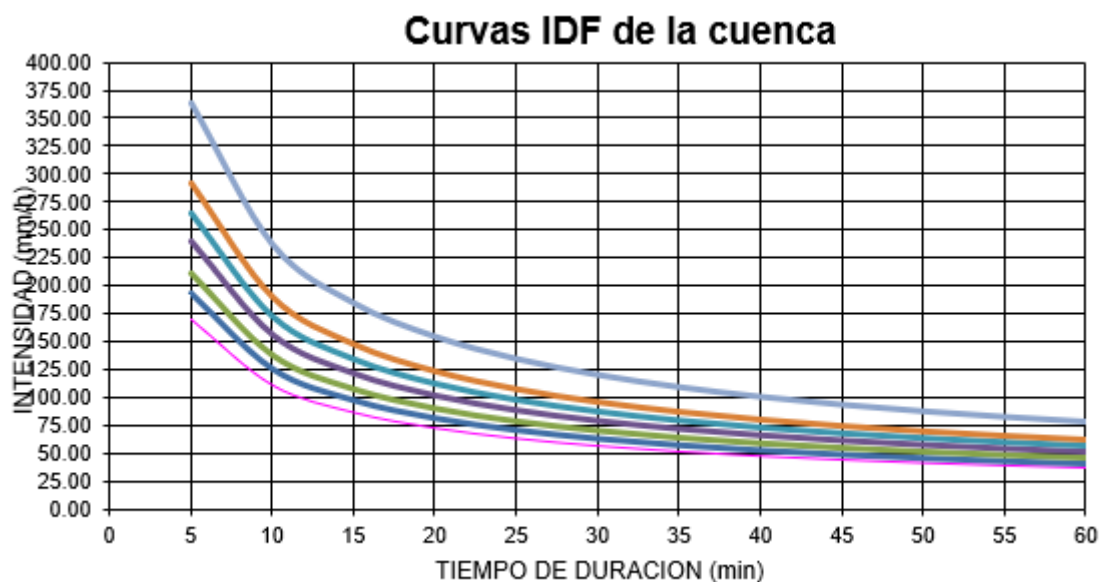
Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia años	Duración											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	169.	110.	86.0	72.0	62.8	56.1	51.0	47.0	43.	40.	38.	36.
	40	50	7	8	2	4	5	2	73	98	64	62
5	192.	125.	97.6	81.8	71.3	63.7	57.9	53.3	49.	46.	43.	41.
	27	42	8	1	0	2	4	7	63	51	85	56
10	211.	138.	107.	90.0	78.4	70.1	63.7	58.7	54.	51.	48.	45.
	59	02	50	3	6	2	7	3	62	18	26	74
25	240.	156.	122.	102.	89.0	79.5	72.3	66.6	61.	58.	54.	51.
	16	65	01	19	5	9	7	6	99	09	78	92

50	264.	172.	134.	112.	98.0	87.5	79.6	73.3	68.	63.	60.	57.
	29	40	28	46	1	9	5	6	22	93	28	13
100	290.	189.	147.	123.	107.	96.3	87.6	80.7	75.	70.	66.	62.
	86	73	77	76	86	9	6	3	08	36	34	88
500	363.	236.	184.	154.	134.	120.	109.	100.	93.	87.	82.	78.
	30	98	58	58	72	40	49	84	77	88	86	54

La tabla de intensidades y tiempos de duración presenta una serie de datos que relacionan la frecuencia (en años) con la duración en minutos. Estos datos serán utilizados para analizar la variación de la intensidad del fenómeno de socavación en función del tiempo.

Figura 15

Curvas IDF de la cuenca



Se calculan los caudales mediante el método SCS, utilizando la tabla de intensidades previamente obtenida. Este método se centra en calcular la precipitación efectiva y la escorrentía directa para determinar el caudal de diseño.

Para ello, se establece el número de curva (CN), que depende de factores como la cobertura del suelo, el tipo de suelo, el uso de la tierra y las condiciones de humedad de la cuenca. El valor del CN varía entre 30 y 100; en este estudio, al tratarse de una cuenca urbana, se asigna un valor de CN = 85.

Posterior a esto se halla el almacenamiento potencial (S), el cual se

calcula con la siguiente fórmula:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Sustituyendo el valor de CN:

$$S = \frac{25400}{85} - 254 = 200.47mm$$

Luego se calcula la precipitación efectiva la cual es la cantidad de precipitación que realmente contribuye a la escorrentía, es decir, la precipitación que excede la capacidad de almacenamiento del suelo. Se calcula de la siguiente forma:

$$P_e = P - 0.2 \times S$$

Y para calcular la escorrentía directa, se usa la siguiente fórmula:

$$Ed = \frac{(P_e)^2}{(P_e + 0.8 \times S)}$$

Esto nos brinda la escorrentía en mm, para posteriormente hallar la escorrentía a caudal volumétrico, en el cual usamos la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{Q_{mm} \times A_{km^2}}{3600}$$

Este será el caudal volumétrico de diseño para la cuenca en m^3/s .

Tabla 24

Resumen de caudales para los periodos de retorno

T	Intensidad (mm/h)	Escorrentía Directa (mm)	Caudal volumétrico (m3/s)
2 años	36.62	0.001	0.0001
5 años	41.56	0.0133	0.0004
10 años	45.74	0.192	0.00613
25 años	51.92	0.812	0.0259
50 años	57.13	1.638	0.052
100 años	62.88	2.838	0.0906
500 años	78.54	7.451	0.238

El análisis de caudales de diseño en este estudio considera no solo datos

históricos de precipitación, sino también proyecciones climáticas que reflejan escenarios futuros de cambio climático. Utilizando los datos de CMIP5, se realizaron ajustes en el cálculo de caudales aplicando distribuciones de probabilidad adecuadas, tales como la distribución de gumbel, para periodos de retorno de hasta 500 años, en cumplimiento con la normativa nacional para infraestructura en zonas vulnerables a socavación. Los resultados de este análisis reflejan el incremento proyectado en los caudales bajo distintos escenarios de cambio climático, los cuales se incorporan al modelo HEC-RAS para estimar los posibles efectos en la socavación de los puentes.

➤ **Escenario de cambio climático**

- **Socavación futura del puente pendencia**

En la presente pesquisa, se analiza la socavación considerando el impacto proyectado del cambio climático sobre los caudales del río Pendencia, empleando el software HEC-RAS V6.0.1 para la modelación hidráulica. La socavación se calcula mediante caudales de diseño específicos para cada año de proyección (2030, 2040 y 2050), tomando en cuenta los escenarios de cambio climático. Este enfoque permite observar cómo el aumento proyectado de las precipitaciones afecta la socavación en los pilares y estribos del puente.

Los caudales de diseño no se asumen constantes para cada año, sino que se ajustan mediante proyecciones climáticas del CMIP5, las cuales simulan aumentos en las precipitaciones bajo diferentes trayectorias de emisión (RCP 4.5 y RCP 8.5). Así, para cada año (2030, 2040 y 2050), se utiliza un caudal de diseño único que refleja las condiciones proyectadas de cambio climático y sus efectos en la intensidad y frecuencia de las precipitaciones.

La metodología aplicada considera los caudales de diseño específicos calculados con base en distribuciones estadísticas, tales como gumbel o Log-Pearson III, aplicadas a datos históricos ajustados por escenarios de cambio climático. Para cada escenario temporal, el caudal proyectado se ingresa en el modelo HEC-RAS, y se evalúa su efecto en la socavación de los estribos y

el pilar central del puente.

En el software HEC-RAS, la socavación se analiza bajo el método de Laursen, seleccionando la socavación fluidizada por las características del río Pendencia, un río alpino con alto contenido de sedimentos. Los parámetros hidráulicos y geomorfológicos del área se introducen en el software para simular condiciones específicas de flujo y transporte de sedimentos para cada año proyectado.

Para obtener cálculos más precisos, la mutilación del cañar obligación dividirse en secciones para que el reparto de velocidad y demás cálculo hidráulico sea cercano el parecido probable al dinero verdadero del raudal. Para el cincelado hidráulico, esto se divide en 10 partes, y para llanuras aluviales, 10 partes a la izquierda y 10 partes a la derecha.

- Cálculo de factores de Socavación futura del puente pendencia

Dado que el río Pendencia es un río alpino que transporta sedimentos y presenta un tipo de socavación modelada como socavación fluidizada, el software HEC-RAS V1.0.1 utiliza las ecuaciones de Laursen para calcular el socavado.

Tabla 25

Resumen de tipo de distribución

V''/w	K1	Modo de transporte del sedimento
< 0.5	0.59	Mucho del material en contacto con el lecho
0.5 – 2	0.64	Algo de material del lecho suspendido
Mayor a 2	0.69	Mucho material del lecho suspendido

El cálculo de la socavación local en los estribos que realiza el programa HEC – RAS V1.0.1

Del valor obtenido:

$$N_{\text{eje}} = 0.047$$

$$N_{\text{borde}} = 0.055 \quad D_{50} = 0.72$$

$$K_a = 0.4.$$

$$V_{\text{izq}} = 1.23 \text{ m/s} \quad V_{\text{der.}} = 0.97 \text{ m/s}$$

- Resultado de la socavación futura del puente pendencia para el 2030 en escenario de cambio climático

Como interpretación de los resultados obtenidos del modelado, resumimos los siguientes resultados del modelado obtenidos en este estudio caudal de $186,573 \text{ m}^3/\text{s}$ para el tiempo de regreso hasta 2030.

Tabla 26

Resumen de tipo de distribución

<i>Descripción</i>	<i>Estribo Izquierdo</i>	<i>Estribo Derecho</i>
Profundidad de socavación(m)	1.93	1.05
Velocidad de Flujo (m/s)	1.19	0.85
Tirante(m)	1.81	1.08

Los resultados para cada escenario (2030, 2040, 2050) muestran un incremento progresivo en la profundidad de socavación y velocidad del flujo debido a los caudales de diseño ajustados para reflejar el impacto del cambio climático. A continuación, se presentan los caudales específicos y resultados para cada año

- Resultado de la socavación futura del puente pendencia para el 2040 escenario de cambio climático

Para interpretar los resultados obtenidos del modelado, resumimos los siguientes resultados del modelado obtenidos en este estudio para un caudal de $186.573 \text{ m}^3/\text{s}$ para el T hasta el 2040.

Tabla 27

Resumen de tipo de distribución

Descripción	Estribo Izquierdo	Estribo Derecho
Profundidad de socavación (m)	2.12	1.23
Velocidad de Flujo (m/s)	1.23	0.97
Tirante (m)	1.96	1.37

- Resultado de la socavación futura del puente Pendencia para el año

2050, considerando el impacto de las variaciones climáticas.

Como interpretación de los resultados obtenidos del modelado, resumimos los siguientes resultados del modelado obtenidos en este estudio del caudal de $186.573 \text{ m}^3/\text{s}$ en el tiempo de regreso hasta 2050.

Tabla 28

Resumen de tipo de distribución

Descripción	Estribo Izquierdo	Estribo Derecho
Profundidad de socavación (m)	2.23	1.36
Velocidad de Flujo (m/s)	1.23	0.99
Tirante (m)	1.98	1.42

Con base en información final que se obtuvo, determinó, el socavado del pilar fue importante, dado que se debe proteger la estructura con un sistema de protección. Cabe señalar sobre el modelado socavado de puente se hizo sin ningún sistema protegido.

Los resultados muestran un aumento en la socavación de los estribos y pilares del puente Pendencia debido al cambio climático. La evolución de los caudales proyectados y su impacto en la socavación destacan la necesidad de implementar sistemas de protección para los pilares y estribos del puente, con el fin de anticipar los efectos acumulativos del cambio climático sobre la estabilidad de la infraestructura. La modelación de la socavación se realiza sin ningún sistema de protección inicial, lo que permite observar el impacto directo del cambio climático en la estructura.

4.2. APORTE PRÁCTICO

➤ Descripción

Con el fin de proteger las infraestructuras como una medida preventiva frente a las crecidas extremas o eventos severos vinculados al Fenómeno del Niño, que comúnmente ocurre entre noviembre y marzo según los informes del SENAMHI, y considerando la acumulación de sedimentos en la zona debido al arrastre de las lluvias del Niño costero, se proyecta llevar a cabo una limpieza del cauce. Este proceso consistirá en remover la sedimentación acumulada para permitir un flujo de agua más libre en el río.

En este contexto, se propone la "Descolmatación del río Pendencia aguas arriba del puente Pendencia, en el distrito de Daniel Alomía Robles, Huánuco, 2024".

Como parte de esta investigación, se calculará el caudal de diseño para el río Pendencia. Los parámetros obtenidos del estudio hidrológico e hidráulico servirán como datos clave para determinar la sección de corte del cauce. Este procedimiento es esencial para asegurar una descolmatación efectiva del río Pendencia, mejorando su capacidad de transporte y reduciendo el riesgo de inundaciones durante eventos de alto caudal.

El registro hidrológico de descargas máximas proviene de las estaciones Tingo María y Tulumayo, abarcando un extenso período desde 1975 hasta 2023. Este lapso de tiempo proporciona un total de 49 registros de datos, los cuales son esenciales para el análisis hidrológico de largo plazo. La fuente de esta información es el SNIRH del ANA, una entidad que recopila y gestiona datos hídricos a nivel nacional.

El análisis de estos registros hidrológicos permitirá una comprensión más precisa de los patrones de flujo del río Pendencia, incluyendo las tendencias a largo plazo y las variaciones estacionales. Además, estos datos serán cruciales para modelar escenarios futuros y planificar medidas de mitigación que puedan ser implementadas para proteger la infraestructura y las comunidades adyacentes al río.

➤ **Impacto ambiental**

La implementación del proyecto "Descolmatación del río Pendencia aguas arriba del puente Pendencia – distrito de Daniel Alomía Robles – Huánuco, 2024" tendrá un impacto significativo al proporcionar beneficios directos e indirectos a los residentes de los caseríos Pendencia Alto, Pendencia y Pendencia Baja. Este proyecto se centrará en remover la acumulación de sedimentos del cauce del río, lo cual permitirá un flujo de agua más libre y continuo. Esta mejora en el flujo reducirá significativamente el riesgo de desbordamientos y las inundaciones resultantes que han sido un problema recurrente debido a la sobresaturación de sedimentos en el río.

El proyecto de descolmatación no solo contribuirá a la estabilidad y seguridad de las comunidades cercanas, sino que también tendrá un efecto positivo en la agricultura local, al prevenir la inundación de tierras agrícolas que son vitales para el sustento de los habitantes. Además, el proyecto mejorará la infraestructura existente, protegiendo puentes y carreteras de posibles daños causados por inundaciones.

La evaluación preliminar del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) tiene como propósito principal identificar y analizar las interacciones más significativas entre las actividades del proyecto y los factores ambientales. Este análisis detallado permitirá prever los posibles impactos tanto negativos como positivos sobre el entorno. Entre los impactos positivos, se destacan la reducción de los riesgos de inundación y la mejora del hábitat acuático, lo que contribuye a la protección de la biodiversidad local. No obstante, también se identificarán impactos negativos, como la perturbación temporal del ecosistema durante las actividades de descolmatación.

El EIA también se enfocará en el desarrollo de estrategias para mitigar los impactos negativos, asegurando que las actividades del proyecto sean sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. Esto incluye medidas para la gestión de residuos, la protección de las especies locales y la rehabilitación de las áreas afectadas una vez concluido el proyecto. Además, se promoverán mejoras en la gestión ambiental mediante la implementación de prácticas

sostenibles que minimicen el impacto del proyecto en el entorno.

4.3. CONTRASTE O PRUEBA DE HIPÓTESIS HIPÓTESIS GENERAL

Los escenarios de cambio climático causan impacto en la socavación futura del puente pendencia – Huánuco, 2020-2050.

➤ Hipótesis específica

H1: El escenario de cambio climático para el año 2030 impacta en la socavación del puente Pendencia – Huánuco.

H0: El escenario de cambio climático para el año 2030 no impacta en la socavación del puente Pendencia – Huánuco.

La consideración usó ANOVA Comparación multifactorial de variables con la meta para la obtención del nivel significativo del 0.05.

Tabla 29

Prueba ANOVA para el impacto del escenario de cambio climático en la socavación del puente Pendencia – Huánuco

Variable	ANOVA	
	F	Significancia
Modelación medidas de control estructural	33.86	0,042

Nota. Muestra el resultado aplicando Prueba ANOVA para la socavación en las estructuras del puente pendencia (pilar y estribos) en una escena de variación climática para el año 2030, no encontrándose un valor “p” de 0.042; por tanto, se deduce que “p” es menor que 0.05, y, en consecuencia, existe diferencia relevante del cambio climático en la socavación del puente Pendencia para el año 2030; por tal podemos inferir que el cambio climático impacta en la socavación del puente pendencia, los datos fueron procesados en el paquete estadístico IBM SPSS V – 25.

El análisis ANOVA realizado para evaluar el impacto del escenario de cambio climático en la socavación del puente Pendencia en Huánuco para el año 2030 revela que hay una diferencia significativa en los efectos de este fenómeno sobre la estructura del puente.

En resumen, se acepta la hipótesis alternativa (H1) de que el cambio

climático para el año 2030 impacta significativamente en la socavación del puente Pendencia – Huánuco, rechazando la hipótesis nula (H0)

H2: El escenario de cambio climático para el año 2040 impacta en la socavación del puente Pendencia – Huánuco.

H0: El escenario de cambio climático para el año 2040 no impacta en la socavación del puente Pendencia – Huánuco.

La tesis usó la metodología ANOVA (Análisis multifactorial de variables) con el fin de obtener un nivel de significación del 0.05.

Tabla 30

Prueba ANOVA para el impacto del escenario de cambio climático en la socavación del puente Pendencia – Huánuco

Variable	ANOVA	
	F	Significancia
Modelación medidas de control estructural	25.61	0,044

Nota. Presentamos los resultados de la aplicación de una prueba ANOVA a la socavación de estructuras de puentes en pendiente (pilas y estribos) bajo el escenario de cambio climático 2040. No se encontró un valor de “p” de 0,044. Dado que “p” es menor que 0,05, concluimos que existe una diferencia relevante en el cambio climático en el colapso del Puente Pendencia en 2040. De esto, podemos concluir que el cambio climático está influyendo en el hundimiento del suelo del Puente Pendencia. Los datos fueron procesados con el paquete estadístico IBM SPSS V-25.

En resumen, se acepta la hipótesis alternativa de que el cambio climático para el año 2040 impacta significativamente en la socavación del puente Pendencia – Huánuco, rechazando la hipótesis nula. Esto indica que el cambio climático está influyendo en el hundimiento del suelo del puente Pendencia

H3 El escenario de cambio climático para el año 2050 impacta en la socavación del puente Pendencia – Huánuco.

H0: El escenario de cambio climático para el año 2050 no impacta en la socavación del puente Pendencia – Huánuco.

La tesis usó la metodología ANOVA (Análisis multifactorial de variables) con el fin de obtener un nivel de significación del 0.05.

Tabla 31

Prueba ANOVA para el impacto del escenario de cambio climático en la socavación del puente Pendencia – Huánuco

Variable	ANOVA	
	F	Significancia
Modelación medidas de control estructural	33,89	0,040

Nota. Presentamos los resultados de la aplicación de una prueba ANOVA a la socavación de estructuras de puentes en pendiente (pilas y estribos) bajo el escenario de cambio climático 2050. No se encontró un valor de “p” de 0,040. Dado que “p” es menor que 0,05, concluimos que existe una diferencia relevante en el cambio climático en el colapso del Puente Pendencia en 2050. De esto, podemos concluir que el cambio climático está influyendo en el hundimiento del suelo del Puente Pendencia. Los datos fueron procesados con el paquete estadístico IBM SPSS V-25.

En resumen, se acepta la hipótesis alternativa de que el cambio climático para el año 2050 impacta significativamente en la socavación del puente Pendencia – Huánuco, rechazando la hipótesis nula. Esto indica que el cambio climático está influyendo en el hundimiento del suelo del puente Pendencia

CONCLUSIONES

De la investigación titulada “Impacto de los escenarios de cambio Climático en la socavación futura del puente pendencia – Huánuco, 2020-2050”, se llegó a las siguientes conclusiones:

- Se realizó un mapeo topográfico (levantamiento) exhaustivo que permitió definir el perfil longitudinal y los cortes transversales del área de estudio, con una pendiente del 0,87%. Este procedimiento facilitó la localización precisa del puente Pendencia y la determinación de los caudales máximos para distintos períodos de retorno.
- Las muestras de suelo analizadas revelaron que las muestras 1 y 2 tenían el mayor contenido de humedad debido a su contacto directo con el agua. Las muestras clasificaron principalmente como grava con limo y arena (GP – GM y GM) según la clasificación S.U.C.S., y como A-1-a en el método AASHTO, indicando que son adecuadas para la construcción
- Los registros pluviométricos de la estación Tingo María mostrando variaciones significativas en la precipitación máxima diaria anual, siendo el año 1997 el de mayor precipitación registrada, esto de acuerdo al fenómeno de niño que sucedió en esos años.
- La cuenca del canal fue caracterizada como de tipo perenne con una longitud del cauce principal de 17.935 km y una alta densidad de drenaje de 3.67. La curva hipsométrica indicó que la cuenca está en equilibrio. La pendiente del cauce principal se calculó en 34.97%, clasificando el terreno como muy accidentado.
- El intervalo de concentración promedio de la cuenca fue de 1.16 horas. Se generaron curvas de intensidad, duración y frecuencia para diversos períodos de retorno, mostrando una variabilidad considerable en nivel máximo de precipitación anual.
- En el análisis de socavación futura del puente Pendencia bajo diferentes escenarios climáticos, se utilizó la distribución de gumbel para estimar los caudales máximos. Para el año 2030, se proyectó un caudal de 186.573 m³/s, resultando en profundidades de socavación de 1.93 m y 1.05 m en los estribos izquierdo y derecho, respectivamente.

Las velocidades de flujo alcanzaron 1.19 m/s y 0.85 m/s.

- Para 2040 y 2050, se anticipan caudales constantes de 186.573 m³/s, con profundidades de socavación aumentando a 2.12 m y 1.23 m en 2040, y 2.23 m y 1.36 m en 2050. Las velocidades de flujo se mantienen relativamente estables, indicando un aumento en los riesgos de socavación.
- El modelado enfatiza la necesidad de implementar medidas de protección para el puente contra la socavación, dado el incremento proyectado en los caudales máximos como resultado del cambio climático
- La cuenca abarca un área de 115.69 km², con una longitud de 17.94 km y una configuración relativamente amplia. La altura máxima y mínima dentro de la cuenca presenta una variabilidad significativa, y el coeficiente de densidad indica un terreno muy montañoso, lo que influye en la dinámica hidrológica.
- El análisis mediante la prueba ANOVA indica diferencias significativas en los daños estructurales del puente Pendencia para el año 2050, sugiriendo que el cambio climático tiene un impacto directo en la socavación del puente.

RECOMENDACIONES

De la investigación titulada “*Impacto de los escenarios de cambio Climático en la socavación futura del puente Pendencia – Huánuco, 2020-2050*”, se emite las siguientes recomendaciones:

- Que habiéndose determinado que la escena de la variación climática impacto la socavación en el puente Pendencia, es necesario actuar mediante medidas de control estructural para su protección.
- Es crucial en el ámbito profesional y académico considerar meticulosamente los posibles efectos derivados de la erosión y el flujo del río al diseñar puentes. Para maximizar la efectividad de las salidas de reconocimiento de campo, es aconsejable llevar todos los equipos necesarios. Para lograrlo, una planificación detallada de las actividades en el sitio es fundamental, asegurando la disponibilidad de todos los elementos necesarios para una inspección exhaustiva y la toma precisa de muestras, si es necesario.
- El uso del software HEC-RAS proporciona beneficios importantes en la evaluación de las condiciones hidráulicas, especialmente en tramos rectos del río. No obstante, es fundamental reconocer que los resultados obtenidos dependen considerablemente de la calidad y precisión de los datos recolectados. Por lo tanto, es crucial llevar a cabo una recolección de datos precisa y de alta calidad para garantizar la fiabilidad de los resultados.
- Para llevar a cabo el modelado hidráulico con HEC-RAS, es esencial disponer de un levantamiento topográfico altamente preciso. Esto asegura la obtención de secciones transversales representativas del área de estudio, lo que a su vez garantiza la calidad del modelado y la exactitud de los parámetros hidráulicos obtenidos.
- La estimación de caudales máximos requiere una mejora en la precisión y la disponibilidad de información detallada. Se recomienda integrar y contrastar información pluviométrica e hidrométrica para evaluar su grado de certeza y mejorar la precisión en estas estimaciones.
- Se sugiere continuar con la monitorización de las condiciones

hidrológicas de la cuenca y adaptar las medidas de protección para el puente en función de las variaciones climáticas y los datos obtenidos en este estudio

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aira, J., Cabo, M., del Blanco, F., & Gonzalo, L. (2022). Puentes de madera con estructura recíproca. Análisis comparativo del puente tradicional chino y el puente de Leonardo. *Informes De La Construcción*, 74(565). doi:<https://doi.org/10.3989/ic.85874>
- Alarcón Llaja, T. E., & Ramirez Arones, G. A. (2016). *Investigación de la falla hidráulica del puente Bella Unión para el análisis comparativo de costo de falla y costos de prevención, brindando lineamientos para el análisis del fenómeno de socavación en otros puentes*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Almonte, N., & De la Cruz, S. (Enero-Junio de 2022). Evaluación y diseño de protección frente a la socavación hidráulica del puente Unocolla, Juliaca – Puno. *Llamkasun: Revista de investigación científica y tecnológica*, 3(1), págs. 74-78. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8510592>
- Armas Melendez, M. A. (2021). *Análisis de la Socavación Local en los Pilares del Puente Moche Ubicado en la Ciudad de Trujillo Mediante Simulación Hidráulica en Hec-Ras*. Trujillo: Universidad Privada del Norte.
- Benayas Polo, R. (12 de julio de 2016). *GEASIG*. Obtenido de ¿Qué es HEC-RAS y para qué sirve: <https://www.geasig.com/que-es-hec-ras-y-para-que-sirve/>
- Canales Anyosa, F. G., & Vela Villacorta, D. G. (2020). *Comparación técnica y económica de la protección local para el control de erosión en el puente Ignacio escudero - piura*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Carrasco, S. (2019). *Metodología de la Investigación Científica: Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación*. Lima – Perú.: Editorial San Marcos E.I.R., Edición 19

- Castro, G., & Sarmiento, F. (Junio de 2020). Cálculo y diseño del tramo de un puente ferrocarrilero de superestructura metálica en el Vigía, Estado Mérida. *Gaceta Técnica*, 21(1), págs. 3-26. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=570362079006>
- Cotrina Cano, J. W., & Hernandez Genovez, I. W. (2017). *Estudio de la Socavación del Proyecto del Puente el Inca Ubicado en el Río Chorobal del Distrito de Chao Mediante Simulación Numérica Unidimensional*. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego.
- Delborne, J., Hasala, D., Wigner, A., & Kinchy, A. (March de 2020). Dueling metaphors, fueling futures: “Bridge fuel” visions of coal and natural gas in the United States. *Energy Research & Social Science*, 61. doi:<https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.101350>
- Encalada, M. (2020). *Evaluación de la socavación local en los pilares de concreto del puente Ramis Puno 2020*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12672/18558>
- Enciso Navarro, P. D. (2015). *Estudio Hidráulico y Estimación de Socavación en el Puente Interconexión Muyurina - Ayacucho*. Ayacucho: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Felipe Matías, E. (2016). *Socavación producida por el río huallaga al puente colpa alta en la provincia de huánuco, utilizando los métodos de artamanov, straub y maza, en el hec-ras*. Lima: Universidad de Piura
- Flores, D., Gómez, R., & Escobar, J. (2022). Confiabilidad de puentes ante el fenómeno de socavación utilizando distintos métodos de simulación. *Sociedad mexicana de Ingeniería Estructural*. Obtenido de : <https://www.researchgate.net/publication/365360765>
- Freire Zurita, P. J., & Ruilova Blacio, J. G. (2012). *Socavación en puentes: tramo entre avenida 12 de octubre-solano*. Cuenca: Universidad de Cuenca.

- García Giraldo, J. M., Ospina Giraldo, J., & Graciano Gómez, E. A. (2014). La infraestructura de puentes en las vías secundarias del departamento de Antioquia. *EIA*, 14.
- Geyisa, W., Adugna, T., & Gudu, F. (2022). Application of HEC-RAS and HEC-GeoRAS model for Flood Inundation Mapping, the case of Awash Bello Flood Plain, Upper Awash River Basin, Oromiya Regional State, Ethiopia. *Model. Earth Syst. Environ*, 8, págs. 1449-1460. doi:<https://doi.org/10.1007/s40808-021-01166-9>
- Gobierno de Colombia [GOV.CO]. (2020). *Bogotanitos*. Obtenido de La erosión o desertización del suelo: <https://www.culturarecreacionydeporte.gov.co/es/bogotanitos/biodiversidad/la-erosion-o-desertizacion-del-suelo>
- Guevara Álvarez, M. E. (2016). *Socavación en Puentes*. Cauca: Universidad del Cauca.
- Guevara, M. (2021). *Socavación en Puentes. Evaluación, instrumentación y cálculo*. Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario.
- Harasti, A., Gilja, G., Potocki, K., & Lacko, M. (2021). Scour at Bridge Piers Protected by the Riprap Sloping Structure: A Review. *Water*, 13(24). doi:<https://doi.org/10.3390/w13243606>
- Hernández, R. & Mendoza, C. . (2018). *Metodología de la Investigación Científica: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México. : McGRAW- Hill. .
- Hidrología e Hidráulica. (24 de marzo de 2020). *Hidrología e Hidráulica*. Obtenido de tipos de socavación: definición y estimación: <https://www.hidraulicautiling.com/2020/03/el-fenomeno-de-socavacion-tipos-y.html>

- Idvia. (29 de abril de 2020). *IDVIA - Ingeniería*. Obtenido de la socavación y su relación con el colapso de los puentes: <https://www.idvia.es/la-socavacion-y-su-relacion-con-el-colapso-de-los-puentes>
- Inga de la Cruz, O. O., Capcha Barrera, J. J., Montoya Delgado, J. P., Janampa Ventura, E. K., & Mori Sáenz, X. N. (2020). *Informe de evaluación de riesgos*. Huánuco: Municipalidad Distrital Daniel Alomía Robles.
- Liu, K., & El-Gohary, N. (2020). Fusing Data Extracted from Bridge Inspection Reports for Enhanced Data-Driven Bridge Deterioration Prediction: A Hybrid Data Fusion Method. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 34(6). doi:[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000921](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000921)
- Mapcarta. (2020). *Mapcarta*. Obtenido de Río Pendencia: <https://mapcarta.com/es/25664520>
- Medina, C. (2022). *Factores geotécnicos, hidrológicos e hidráulicos para minimizar la erosión fluvial en la subestructura del Puente en la carretera-año 2021*. Lima: Universidad Ricardo Palma. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14138/5749>
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones [MTC]. (2018). *Manual de Puentes*. Lima: MTC.
- Moncada, A., Molina, O., & Suárez, A. (Agosto-Noviembre de 2021). Ensayo de diferentes métodos de protección contra la socavación local en pilas cuadradas. *Revista Ciencia e Ingeniería*, 42(3), págs. 339-350. Obtenido de <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/cienciaeingenieria/article/download/17277/21921928436>
- Muñoz Díaz, E. E. (2002). Estudio de las causas del colapso de algunos
- Noriega, A. (2023). *Evaluación integral del transporte de sedimentos en la desembocadura del río Matuntugo en Bocas del Atrato entre el año 2019 y 2020*. Escuela Colombiana de Ingeniería. Obtenido de

<https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/2741>

- Ochoa, S., Reyna, T., Reyna, S., García, M., Labaque, M., & Díaz, J. M. (2016). Modelación hidrodinámica del tramo medio del río Ctalamochita, Provincia de Córdoba. *Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales [FCEFYN]*, 7.
- Páez, D., & Reyes, J. (Sep./Dec. de 2020). Puentes entre conocimientos tradicionales y conocimientos científicos escolares con relación a las plantas medicinales en el grado 8vo del liceo Nuestra Señora de Torcoroma. *Revista Científica*(39). doi:<https://doi.org/10.14483/23448350.16736>
- Peñaloza H., F. C., Caamaño, D. A., & Villagrán V., M. (2017). Estudio comparativo de métodos de cálculo de socavación local en una cepa circular en río de lecho arenoso. *Simposio de Habilitación profesional* (pág. 17). Concepción: universidad católica de la santísima concepción, Chile.
- Real Academia Española [RAE]. (2021). RAE. Obtenido de Gradación: <https://dle.rae.es/gradaci%C3%B3n>
- Robles, A. (2023). *Determinación del grado de socavación producido por el Río Higuera a los estribos del puente Daniel Alomía Robles, Huánuco - 2021*. Huánuco: Universidad de Huánuco. Obtenido de <http://repositorio.udh.edu.pe/20.500.14257/4120>
- Rodríguez Serquén, A. (2016). *Puentes con AASHTO - LRFD 2014*. Lima.
- Rosas Chávez, K. E. (2019). *Morfometría de frutos y semillas de dos morfotipos de cedro colorado (Cedrela odorata L.) En Tingo María*. Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Saranghi, A., Madramootoo, C., & Singh, D. (2022). Development of ArcGIS Assisted User Interface for Estimation of Watershed Morphologic Parameters. *FOOD and Agriculture Organization of the United Nations*. Obtenido de

<https://agris.fao.org/search/en/providers/122648/records/6474b08af2e6fe92b3634f27>

Structuralia. (28 de abril de 2021). *Structuralia*. Obtenido de Estribos en puentes: tipología y materiales: <https://blog.structuralia.com/estribos-en-puentes-tipologia-y-materiales>

Suárez, S., Solera, A., Andreu, J., & García, L. (2020). Análisis de incertidumbre de las proyecciones climáticas en relación a las aportaciones históricas en la Cuenca del Júcar. *Ingeniería del Agua*, 24(2), págs. 89-99. doi:<https://doi.org/10.4995/ia.2020.12149>

Torres, F., González, J., Naranjo, M., & Cantero, J. (2022). *Modelación del transporte de sedimentos en el Delta del río Sinú, Colombia*. Colombia: Revista Internacional De Contaminación Ambiental. doi:<https://doi.org/10.20937/RICA.54337>

Torres Suárez, L. H. (2019). *Análisis experimental de la socavación local en pilas de sección circular en puentes. Modelo en Laboratorio*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

US Army Corps of Engineers. (abril de 2021). *Hydrologic Engineering Cente*. Obtenido de HEC - RAS: <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>

Valdivielso, A. (2021). *iagua*. Obtenido de ¿Qué es el cauce de un río?: <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-cauce-rio>

Vallecilla Bahena, C. R. (2014). *Fundamentos de Diseño de Puentes - Norma Colombiana de Diseño de Puentes LRFD-CCP-14 INVIAS 2014*. Colombia: INVIAS.

Vega-Malagón, G., Ávila-Morales, J., Vega-Malagón, A. J., Camacho-Calderón, N., Becerril-Santos, A., & Leo-Amador, G. E. (2014). Paradigmas en la investigación. Enfoque cuantitativo y cualitativo. *European Scientific Journal*, 10(15).

Villegas, L. (2022). *Un viaje por los caminos y puentes de las comarcas orientales de Cantabria: Trasmiera, Costa Oriental y Asón-Agüera*. Editorial Universidad de Cantabria.

Winter, G., & Nilson, A. (2021). *Proyecto de estructuras de hormigón*. Reverte.

Yupanqui, E. (2023). *Socavación local en los puentes plan manzanas y san antonio que cruza el río Porcón-Cajamarca*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/6223>

Zhang, Y., Wang, H., Mao, J., Xu, Z., & Feng, Y. (October de 2020). Probabilistic Framework with Bayesian Optimization for Predicting Typhoon-Induced Dynamic Responses of a Long-Span Bridge. *Journal of Structural Engineering*, 147(1). doi:[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0002881](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0002881)

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Grados Reyes, D. (2025). *Impacto de los escenarios de cambio climático en la socavación futura del puente Pendencia – Huánuco, 2020-2050* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Problema general</p> <p>¿Cómo afectarán los escenarios de cambio climático previstos en la socavación futura del puente Pendencia - Huánuco durante el periodo 2020-2050?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>P1: ¿Cómo influyen las proyecciones de cambio climático del modelo CMIP5 en la socavación del puente Pendencia en el distrito Daniel Alomía Robles - Huánuco, considerando distintos escenarios?</p> <p>P2: ¿De qué manera se</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Evaluar el impacto de los escenarios de cambio climático en la socavación futura del puente Pendencia - Huánuco, para los años 2020-2050.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>O1: Analizar cómo las proyecciones de cambio climático del modelo CMIP5 influyen en la socavación del puente Pendencia en el distrito Daniel Alomía Robles - Huánuco, considerando distintos escenarios climáticos.</p> <p>O2: Evaluar la vulnerabilidad del puente Pendencia ante diferentes escenarios climáticos</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>La socavación futura del puente Pendencia - Huánuco será significativamente influenciada por los escenarios de cambio climático proyectados para los años 2020 - 2050, con un aumento en la intensidad y frecuencia de las precipitaciones, lo que incrementará el riesgo de socavación.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p>H1: Las proyecciones de cambio climático del modelo CMIP5 indicarán que el aumento de las precipitaciones y la variabilidad climática tendrán un efecto negativo en la socavación del puente Pendencia en el distrito Daniel Alomía Robles - Huánuco, causando un incremento en la tasa de erosión del cauce.</p> <p>H2: La evaluación de la vulnerabilidad del puente Pendencia ante diferentes escenarios climáticos futuros revelará que las estructuras existentes son inadecuadas para soportar el aumento del riesgo de socavación, lo que podría llevar a fallas</p>	<p>Técnica</p>

<p>evalúa la vulnerabilidad del puente Pendencia ante distritos escenarios climáticos futuros, y cómo se relaciona esta evaluación con el riesgo de socavación?</p> <p>P3: ¿En qué medida se estima el riesgo potencia de socavación del puente Pendencia al combinar la evaluación de vulnerabilidad con la identificación de peligros climáticos?</p> <p>P4: ¿Qué medidas de adaptación y mitigación se proponen para reducir el riesgo de socavación del puente Pendencia, en función de los diferentes escenarios de cambio climático identificados?</p>	<p>futuros, determinando cómo esta evaluación se relaciona con el riesgo de socavación.</p> <p>O3: Estimar el riesgo potencial de socavación del puente Pendencia mediante la combinación de la evaluación de vulnerabilidad y la identificación de peligros climáticos.</p> <p>O4: Proponer medidas de adaptación y mitigación para disminuir el riesgo de socavación del puente Pendencia, en función de los distintos escenarios de cambio climático identificados.</p>	<p>estructurales en el puente.</p> <p>H3: La combinación de la evaluación de vulnerabilidad y la identificación de peligros climáticos permitirá establecer que el riesgo potencial de socavación del puente Pendencia aumentará significativamente bajo escenarios climáticos extremos, lo que justifica la necesidad de intervenciones preventivas.</p> <p>H4: Las medidas de adaptación y mitigación propuestas para reducir el riesgo de socavación del puente Pendencia serán efectivas para aumentar la resistencia de la estructura ante los diferentes escenarios de cambio climático, disminuyendo así la probabilidad de socavación y fallas estructurales.</p>	<p>Observación Formatos de registro</p> <hr/> <p>Instrumentos</p> <hr/> <p>Formatos de cotejos de datos ANA SENAHMI Civil 3D HEC-RAS HEC-HMS ARCGIS</p>
---	--	---	---

ANEXO 2

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

PROYECTO: “IMPACTO DE LOS ESCENARIOS DE
CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SOCAVACIÓN FUTURA DEL
PUENTE PENDENCIA – HUÁNUCO, 2020-2050”

I. Introducción

1.1. Nombre del Proyecto

“IMPACTO DE LOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SOCAVACIÓN FUTURA DEL PUENTE PENDENCIA – HUÁNUCO, 2020-2050”

1.2. Ubicación política

El proyecto “IMPACTO DE LOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SOCAVACIÓN FUTURA DEL PUENTE PENDENCIA – HUÁNUCO, 2020-2050”, está situada al noroeste de Puente Tulumayo, y al norte de Puente Santa Rosa.

Distrito: Daniel Alomía Robles

Provincia: Leoncio Prado

Región: Huánuco

Longitud: 1+000 km

1.3. Vías de acceso

El acceso al centro poblado de Pendencia es por vía terrestre; desde la ciudad de Huánuco tomando la carretera Fernando Belaunde Terry, hasta arribar al cruce que va a la localidad del presente estudio es aproximadamente 155 km, desde el distrito de Pumahuasi es 5.5 km. En el caso del centro poblado de Alto Pendencia, la distancia al distrito de Pumahuasi es de 11.5 km.

1.4. Objetivo del levantamiento topográfico

- Permite definir la ubicación y las dimensiones del elemento estructural en estudio
- Permiten elaborar los planos topográficos
- Proporciona información básica para los estudios hidrológicos e hidráulicos, geología, geotecnia

II. Descripción de la zona de influencia

El trabajo de campo para el levantamiento topográfico del río y del puente permite determinar el eje central y los ejes de las márgenes del río, tanto aguas arriba como aguas abajo. Este levantamiento se inició desde la margen izquierda del puente aguas arriba como primer punto de estación, y como segundo punto de estación se consideró la margen izquierda del puente aguas abajo. Este procedimiento nos facilita obtener las secciones transversales y el perfil longitudinal del puente. Además, con la información recopilada, es posible calcular el caudal asociado a dicho puente.

III. Clima

El clima de la ciudad es tropical, cálido con una temperatura promedio anual de 18°C a 35°C y humedad relativa de 77.5%, con una precipitación anual de 3.000 mm. Puede observarse microclimas o lluvias a distancias muy cortas entre 200 a 500 metros, no obstante, debido al clima tropical el calor es constante todo el año

IV. Método empleado

Se realizó un análisis visual de la zona, concretando datos medibles del puente y lecho del río. Además, se realizó un levantamiento taquimétrico, con la ayuda de un dron DJI Air 2.

V. Equipos y herramientas

- Dron marca DJI
- Winchas
- GPS
- Celular
- Cámara fotográfica

VI. Levantamiento topográfico

Se toma un punto de referencia (E1) para empezar con el levantamiento taquimétrico y monitorear los demás puntos de importancia, inicia por el margen izquierdo del río formando una sección trapezoidal. Conociendo así el eje del río fondo de margen izquierdo y derecho, talud de ambos márgenes y el terreno natural del río.

VII. Trabajo de gabinete

Los trabajos de gabinete básicamente se refieren al procesamiento de los datos obtenidos en campo para la realización de los planos topográficos, los cuales servirán como las plantillas iniciales para luego proceder a su diseño definitivo.

Se utilizó el software AutoCAD, Civil 3D y Google Earth los cuales determinarán las curvas de nivel y los rellenos topográficos, los cuales se tomaron en consideración para el desarrollo del estudio.

Datum: WGS-84

Proyección: UTM

Hemisferio: Sur

Zona: 17 m

VIII. Resultados

La elaboración de los planos con curvas de nivel a cada 20 metros, los mismos que se aprecian en las láminas posteriores. Así mismo se hizo el levantamiento topográfico del puente Pendencia y del río en estudio el cual es de 1+000 km, resultando una pendiente del terreno de 0.87%.

IX. Anexos

9.1. Panel Fotográfico

Figura 16

Levantamiento topográfico con dron



Figura 17

Borde del terreno natural



Figura 18

Sección central del puente



Figura 19

Medición con wincha



Figura 20

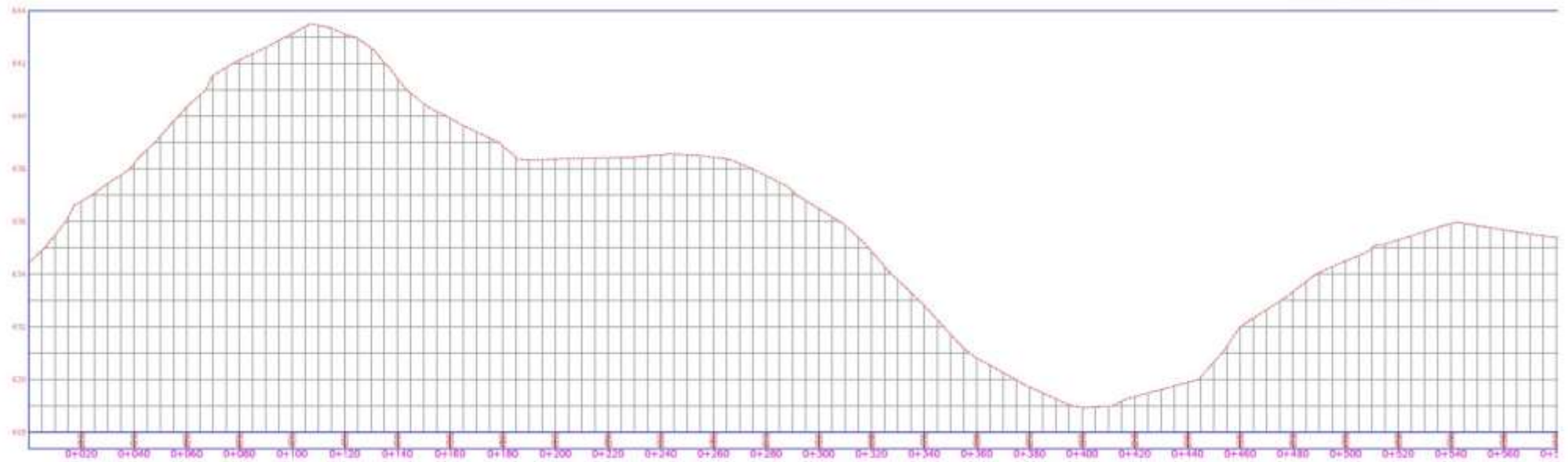
Vista panorámica del puente aguas arriba



9.2. Planos

Perfil Longitudinal

PERFIL LONGITUDINAL



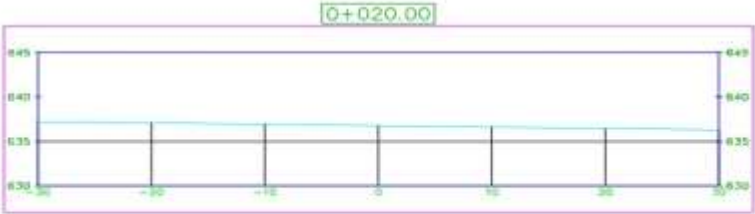
PLANO PERFIL LONGITUDINAL - PROJ:0-000<>0-560
ES:1/50

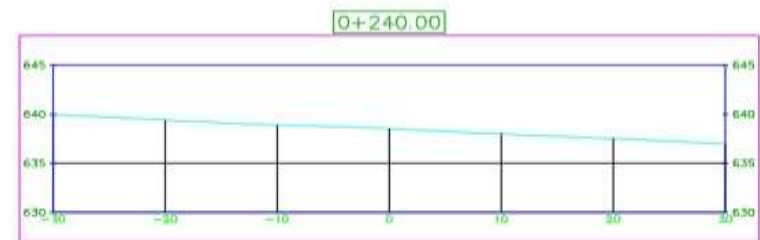
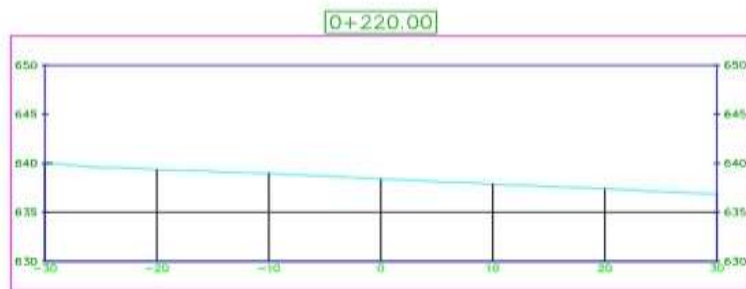
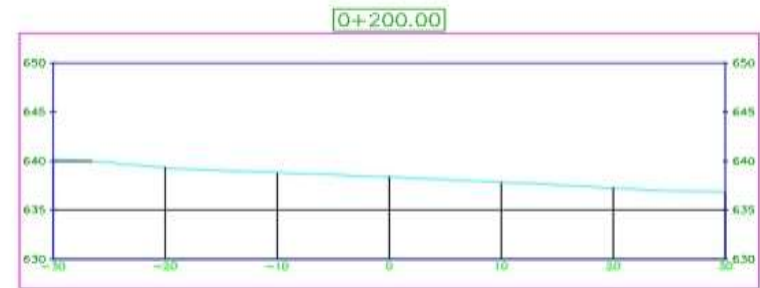
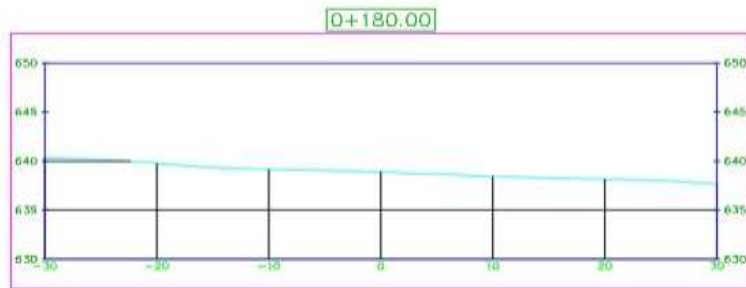
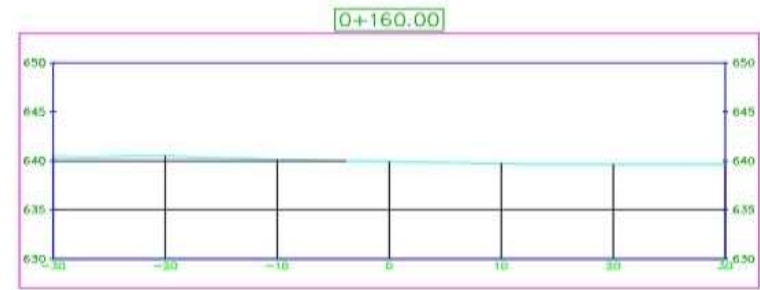
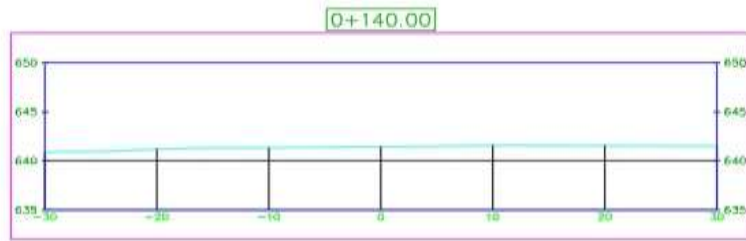
PERFIL LONGITUDINAL

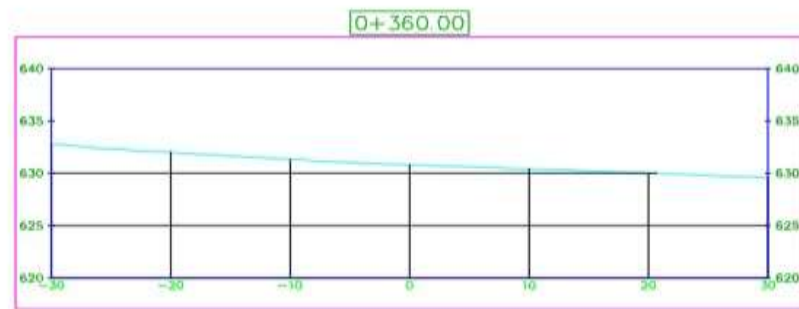
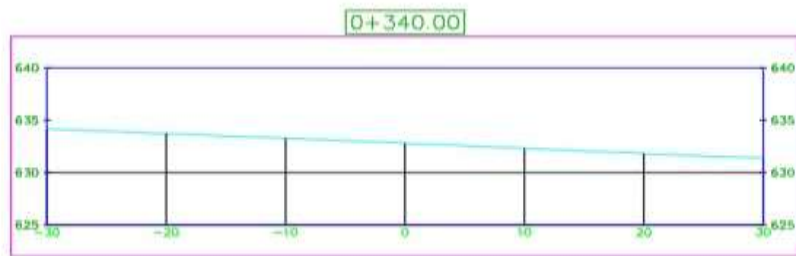
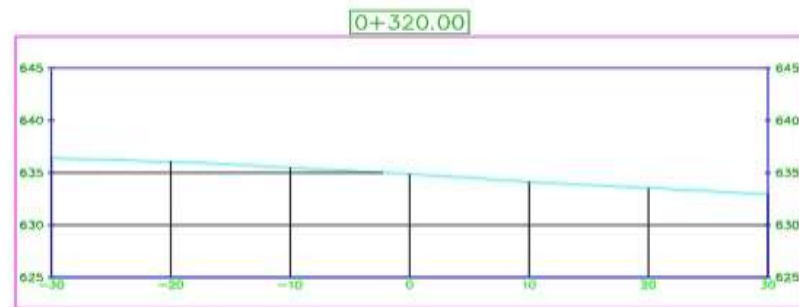
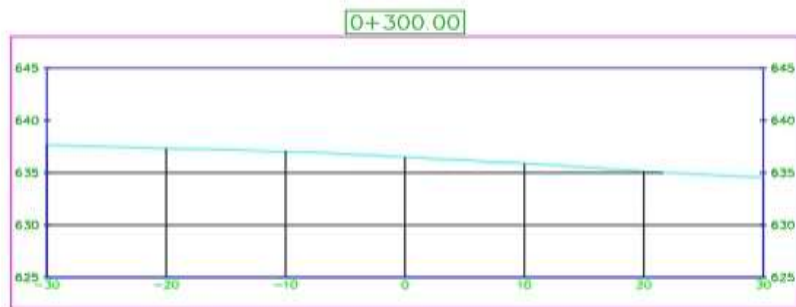
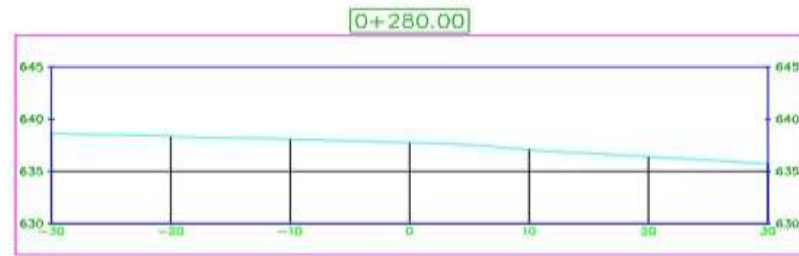
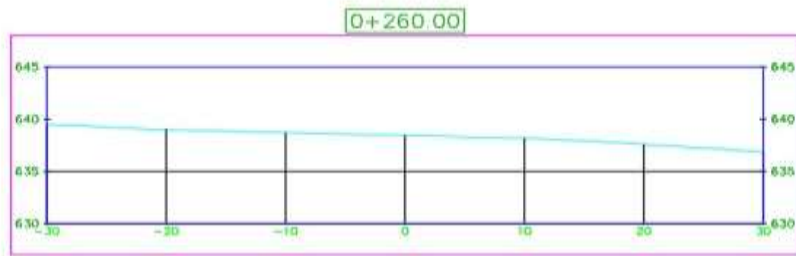


PLANO PERFIL LONGITUDINAL - PROG:0+560 ↔ 1+000

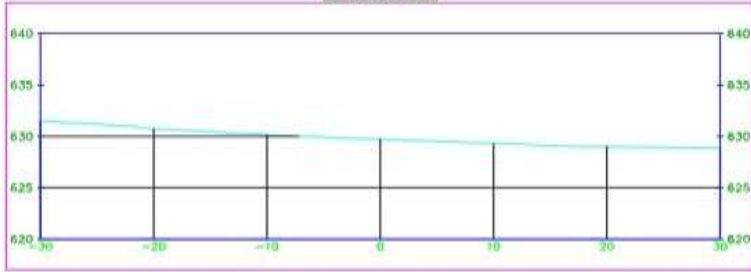
Secciones transversales



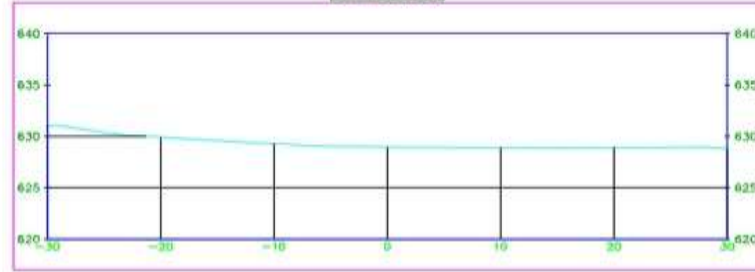




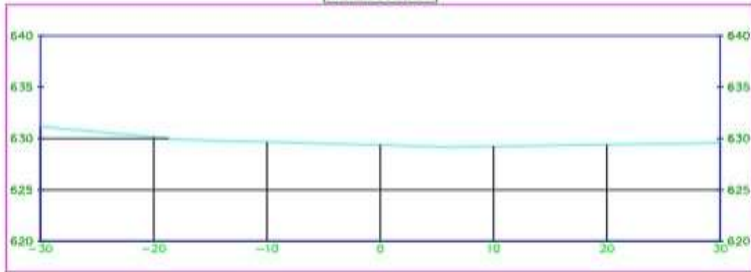
[0+380.00]



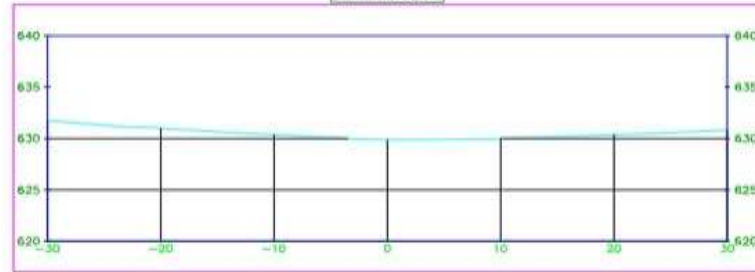
[0+400.00]



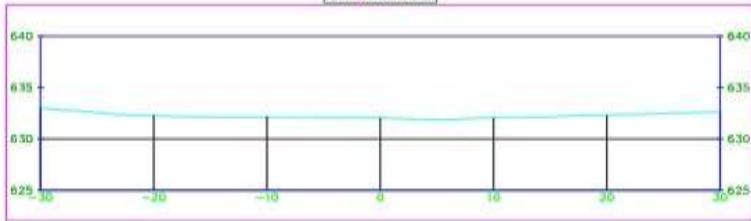
[0+420.00]



[0+440.00]

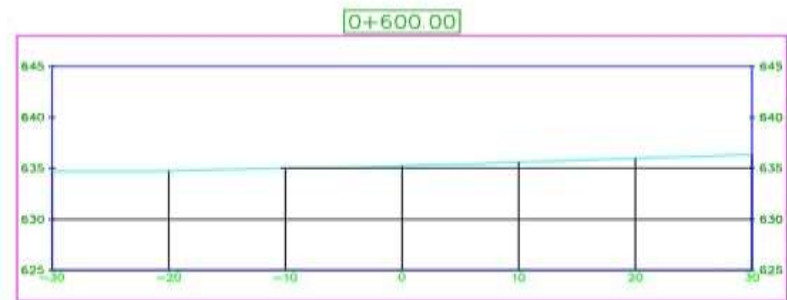
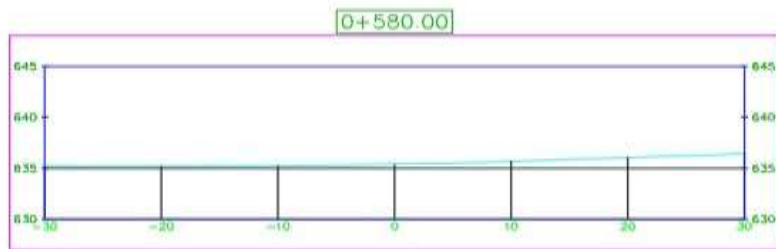
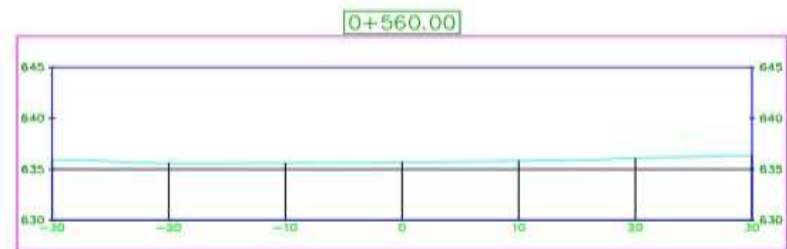
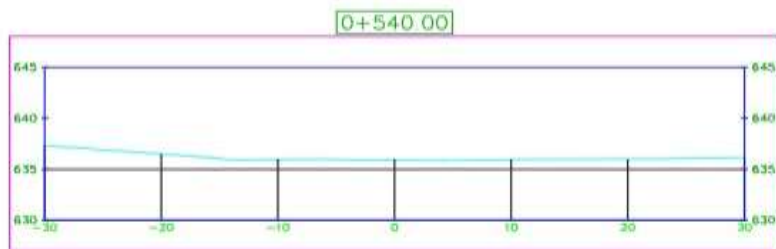
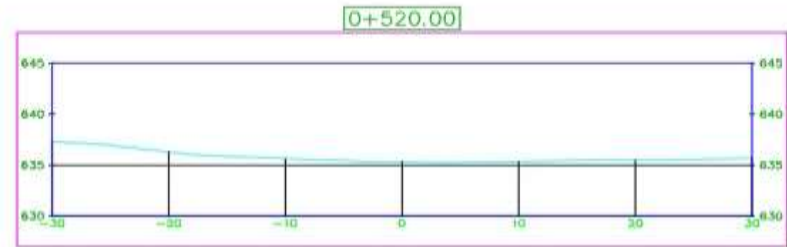
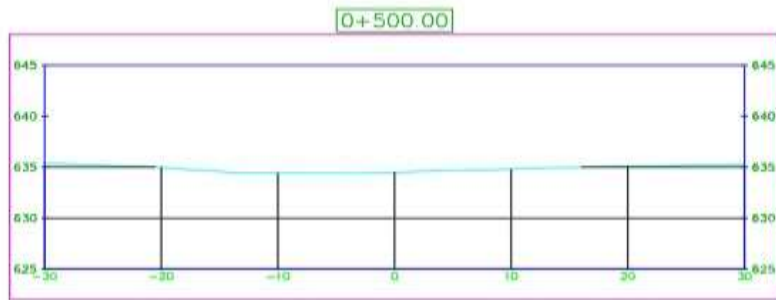


[0+460.00]

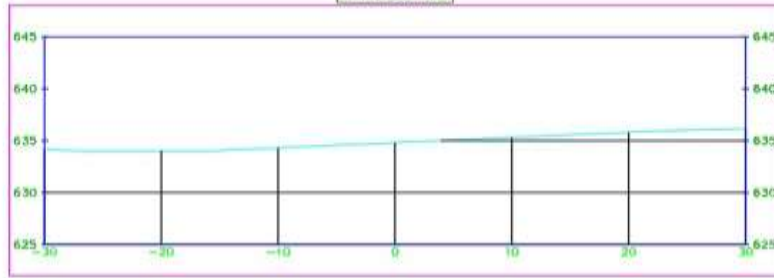


[0+480.00]

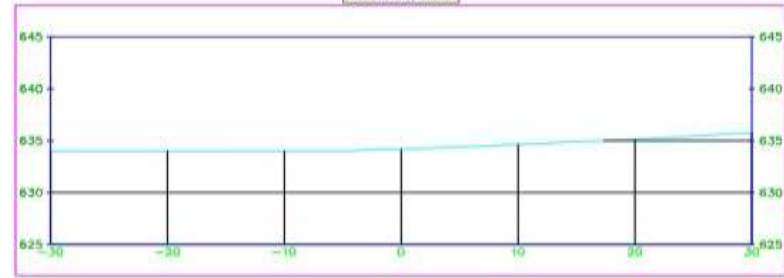




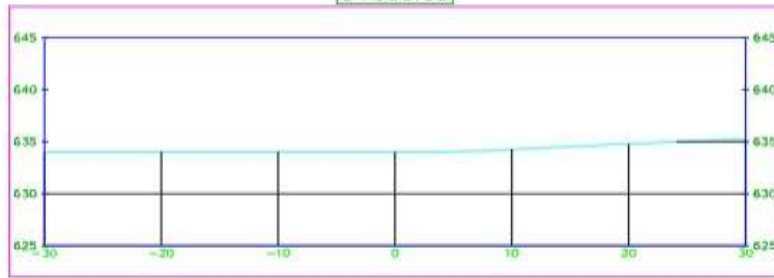
0+620.00



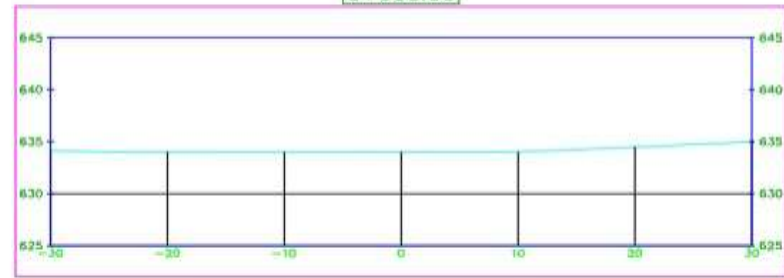
0+640.00



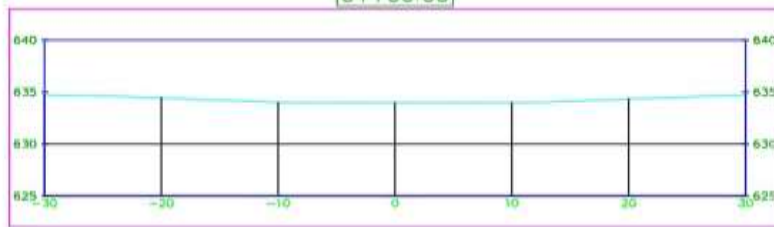
0+660.00



0+680.00



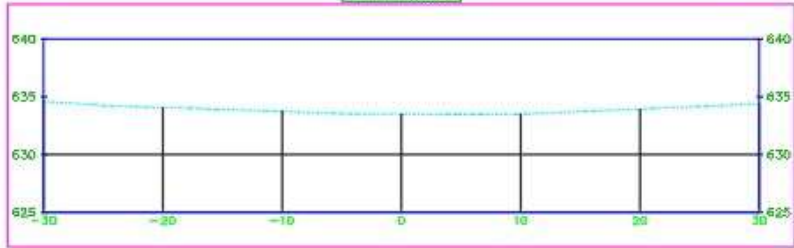
0+700.00



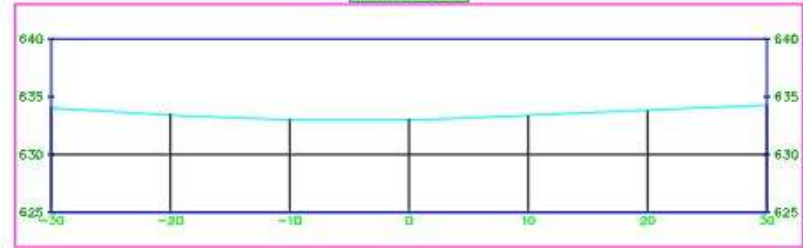
0+720.00



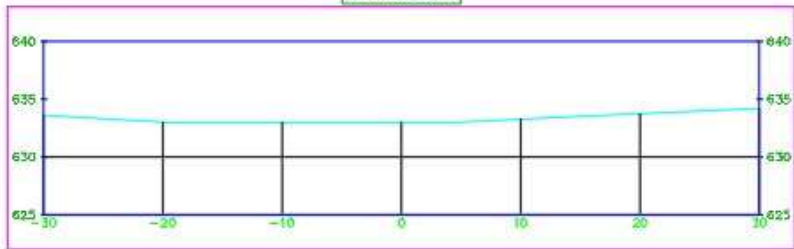
0+740.00



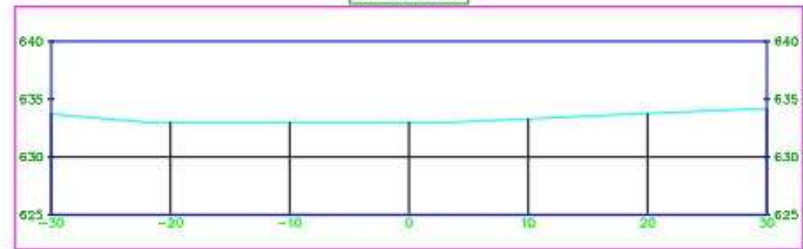
0+760.00



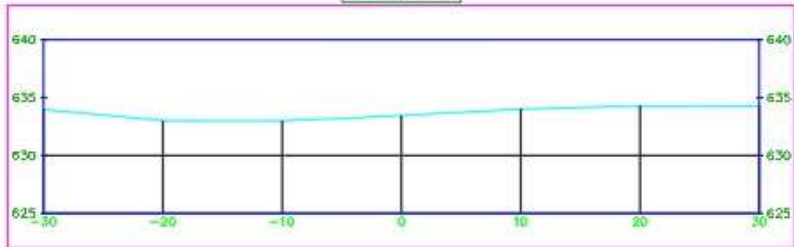
0+780.00



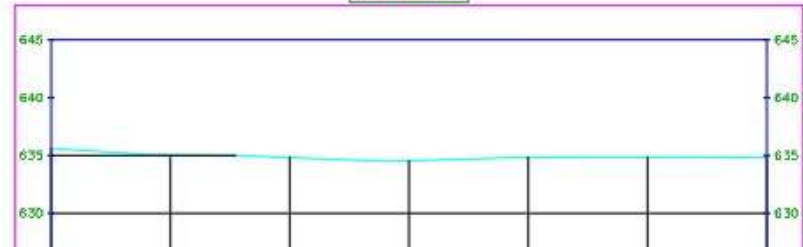
0+800.00



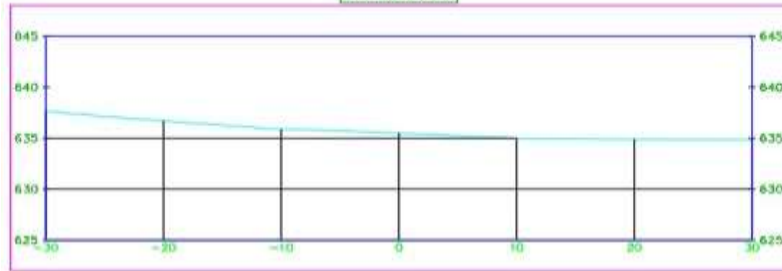
0+820.00



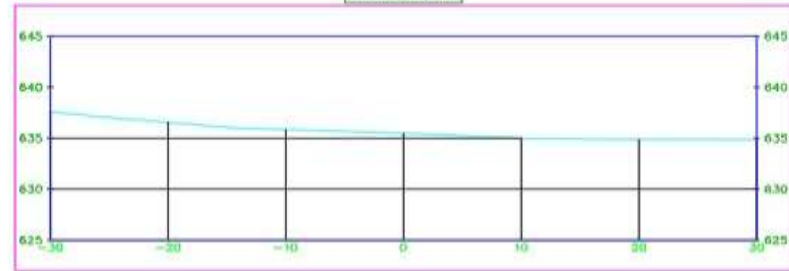
0+840.00



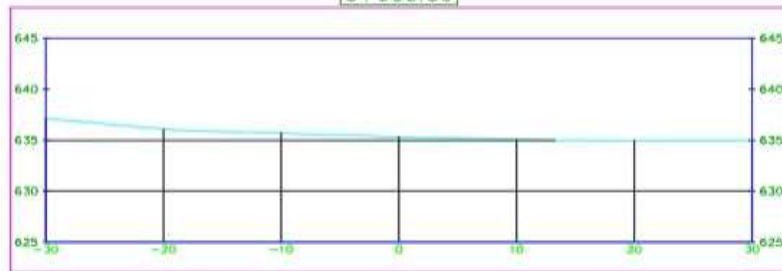
0+860.00



0+880.00



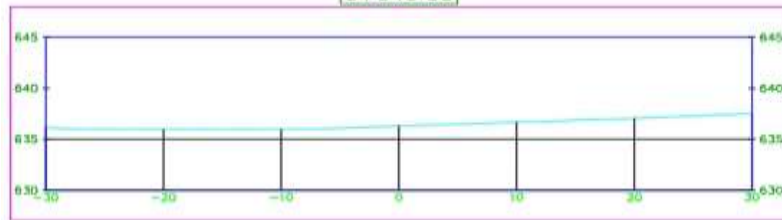
0+900.00



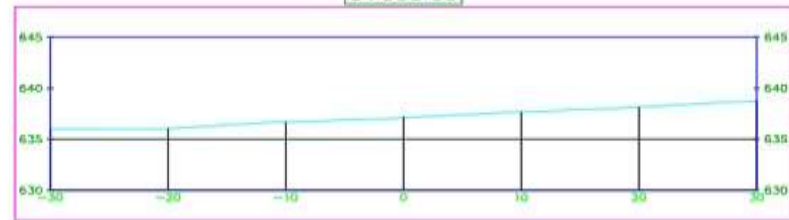
0+920.00



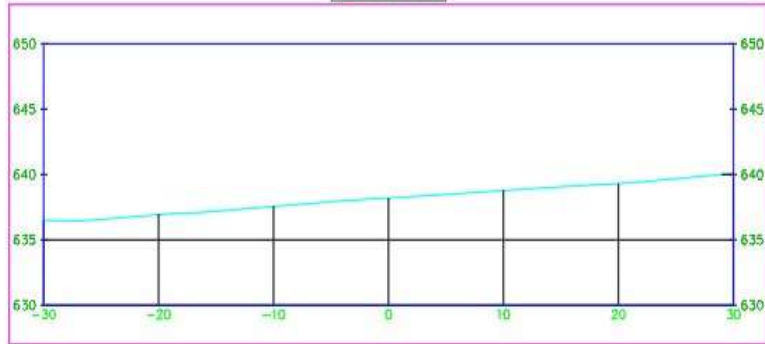
0+940.00



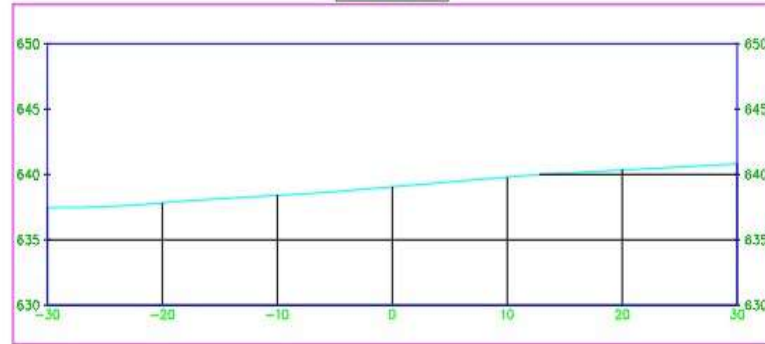
0+960.00



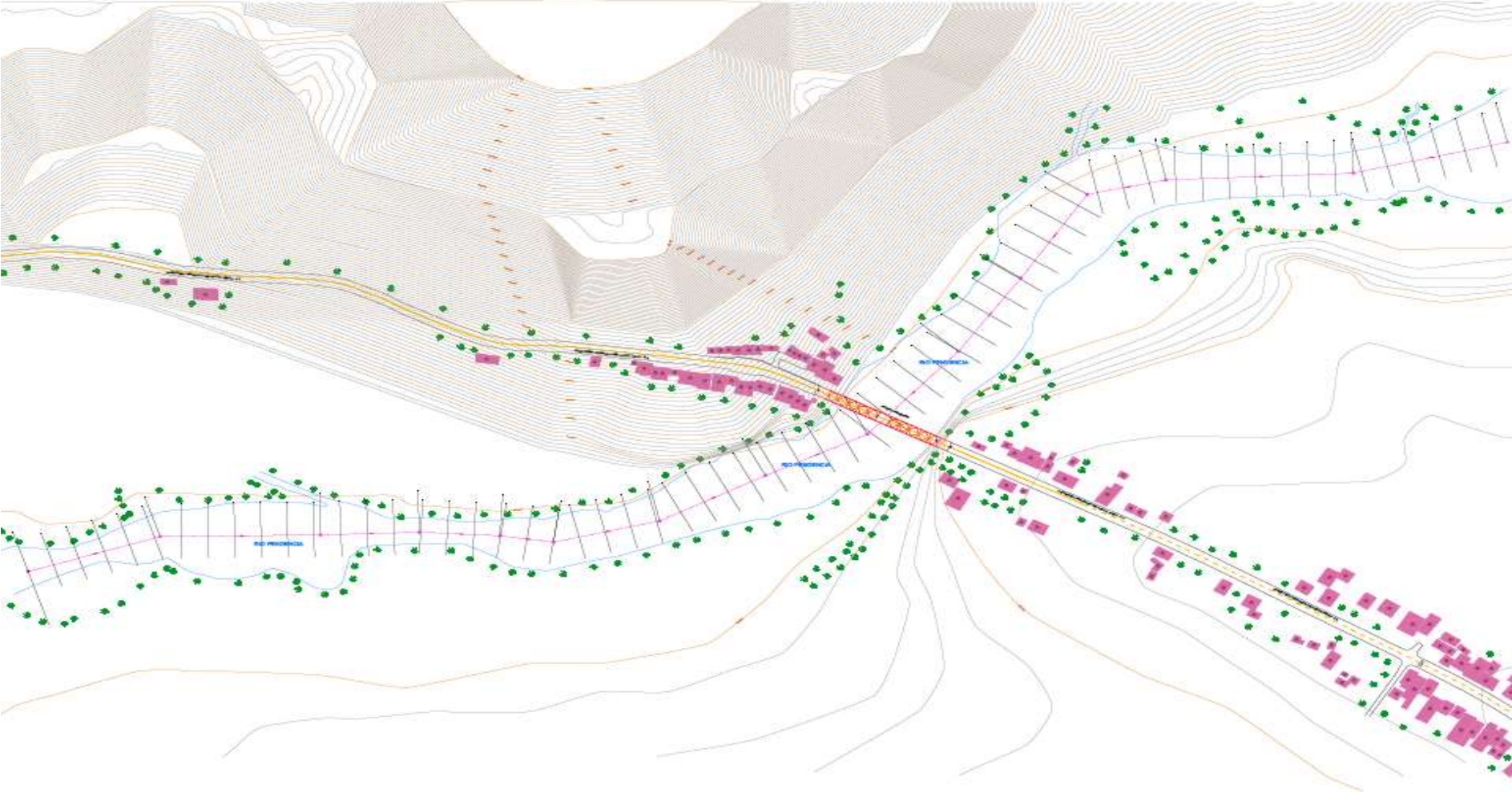
0+980.00



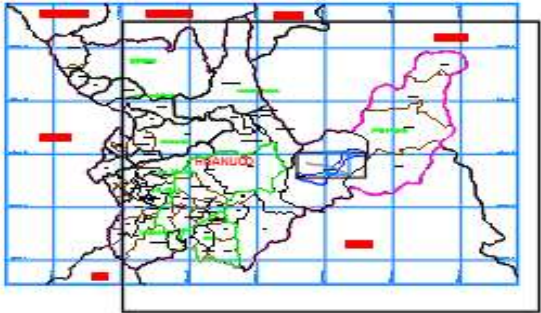
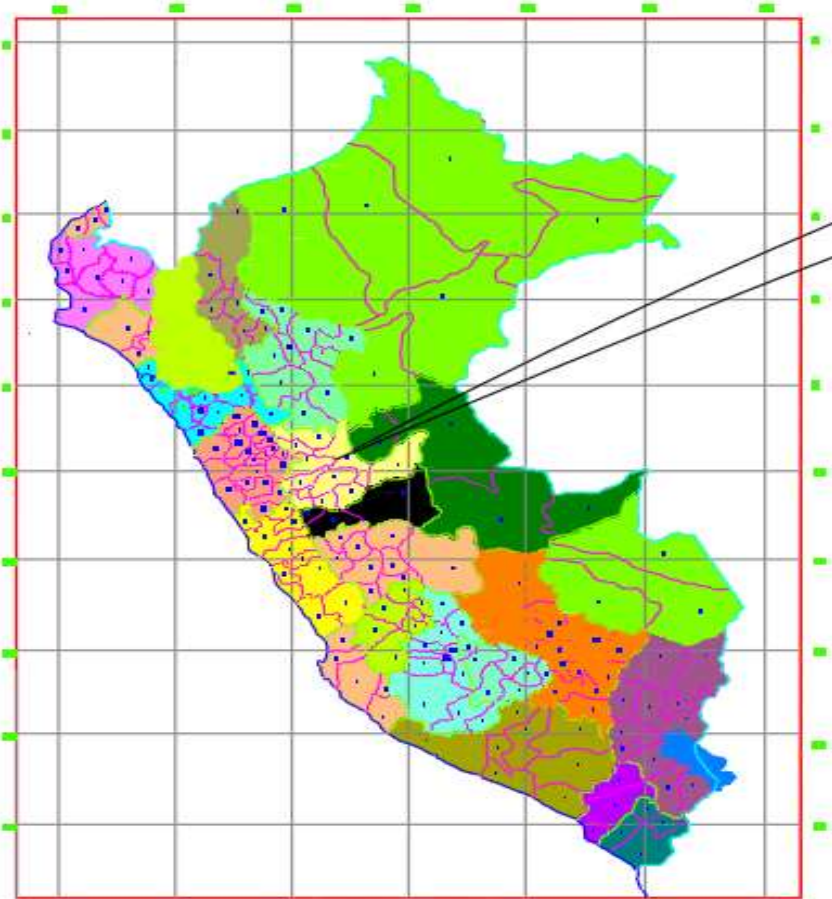
1+000.00



Curvas de nivel y recorrido del río



Plano de Ubicación



ANEXO 3
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO: “IMPACTO DE LOS ESCENARIOS DE
CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SOCAVACIÓN FUTURA DEL
PUENTE PENDENCIA – HUÁNUCO, 2020-2050”

I. Introducción

1.1. Nombre del Proyecto

“IMPACTO DE LOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SOCAVACIÓN FUTURA DEL PUENTE PENDENCIA – HUÁNUCO, 2020-2050”

1.2. Ubicación política

El proyecto “IMPACTO DE LOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SOCAVACIÓN FUTURA DEL PUENTE PENDENCIA – HUÁNUCO, 2020-2050”, está situada al noroeste de Puente Tulumayo, y al norte de Puente Santa Rosa.

Distrito: Daniel Alomía Robles

Provincia: Leoncio Prado

Región: Huánuco

Longitud: 1+000 km

1.3. Vías de acceso

El acceso al centro poblado de Pendencia es por vía terrestre; desde la ciudad de Huánuco tomando la carretera Fernando Belaunde Terry, hasta arribar al cruce que va a la localidad del presente estudio es aproximadamente 155 km, desde el distrito de Pumahuasi es 5.5 km. En el caso del centro poblado de Alto Pendencia, la distancia al distrito de Pumahuasi es de 11.5 km.

1.4. Objetivo del levantamiento topográfico

Es la obtención de una imagen representativa de los diversos tipos de suelos y horizontes de suelo presentes en el lugar

1.5. Clima

El clima de la ciudad es tropical, cálido con una temperatura promedio anual de 18°C a 35°C y humedad relativa de 77.5%, con una precipitación anual de 3.000 mm. Puede observarse microclimas o lluvias a distancias muy cortas entre 200 a 500 metros, no obstante, debido al clima tropical el calor es constante todo el año.

1.6. Muestras de suelo

Las muestras de suelos se pueden obtener de diferentes maneras, de acuerdo al tipo de ensayo que se va a realizar.

Muestras alteradas, que no reflejan exactamente como se encontraba el suelo en su estado natural antes del muestreo;

Muestras no alteradas, que reflejan exactamente como se encontraba el suelo en su estado natural antes del muestreo.

1.7. Extracción de muestras de las calicatas

Se visitó el puente pendencia (río pendencia), para la extracción de muestras a través de 4 calicatas que se hicieron en dicho río.

Se extrajo 4 muestras de las 4 calicatas, la primera en el eje del puente, la segunda a la margen izquierda del puente, se extrajo de la margen derecha del río, y la cuarta muestra se obtuvo 500 m aguas arriba del eje de puente.

Figura 21

Calicata 1, extracción de muestra 1



Figura 22

Calicata 2, extracción muestra 2



Figura 23

Calicata 3, extracción de muestra 3



Figura 24

Calicata 4, extracción muestra 4



II. Estudio de Mecánica de suelos

Se realizaron los ensayos de granulometría, donde las muestras se tamizaron en las diferentes mallas, con el objetivo de obtener los diámetros de las muestras donde fueron utilizadas las fórmulas mostradas anteriormente, también se realizó el ensayo de contenido de humedad, ensayos de límites líquido y plástico, otro ensayo realizado es la gravedad específica, y la clasificación de los suelos.

La normativa utilizada para los ensayos es la siguiente:

- Contenido de Humedad: NTP 339.127 /ASTM D 2216
- Análisis granulométrico por tamizado: NTP 339.128 /ASTM D 422
- Límites plástico y líquido: NTP 339.129 /ASTM D 4318
- Gravedad específica: NTP 339.131 /ASTM D854

Se usó los siguientes equipos y materiales

Tabla 32

Equipos y materiales

Ítem	Descripción
Equipos	Equipo topográfico
	Horno
	Balanza
	Horno
	Copa de casa grande
	Bomba de vacíos
Materiales	Material obtenido por las muestras
Instrumentos	Tamices
	Taras
	Bandejas
	Fiola
	Ranurador
	Espátula

2.1 Resultados de los ensayos

Tabla 33

Resultados de ensayos

Ítem	Parámetros	Unidad	Muestra	Resultado
Contenido de humedad	Muestra saturada	%	1	8.30
			2	8.30
			3	10.10
			4	10.10
Límites Líquido y Plástico	Muestra seca parcialmente húmeda	Índice de plasticidad	1	-
			2	-
			3	-
			4	-
Análisis Granulométrico	Clasificación (S.U.C.S)	-	1	GP – GM
			2	GM
			3	GP – GM
			4	GM
	Clasificación (AASHTO)	-	1	A-1-a
			2	A-1-a
			3	A-1-a
			4	A-1-a

Figura 25

Calicata 1

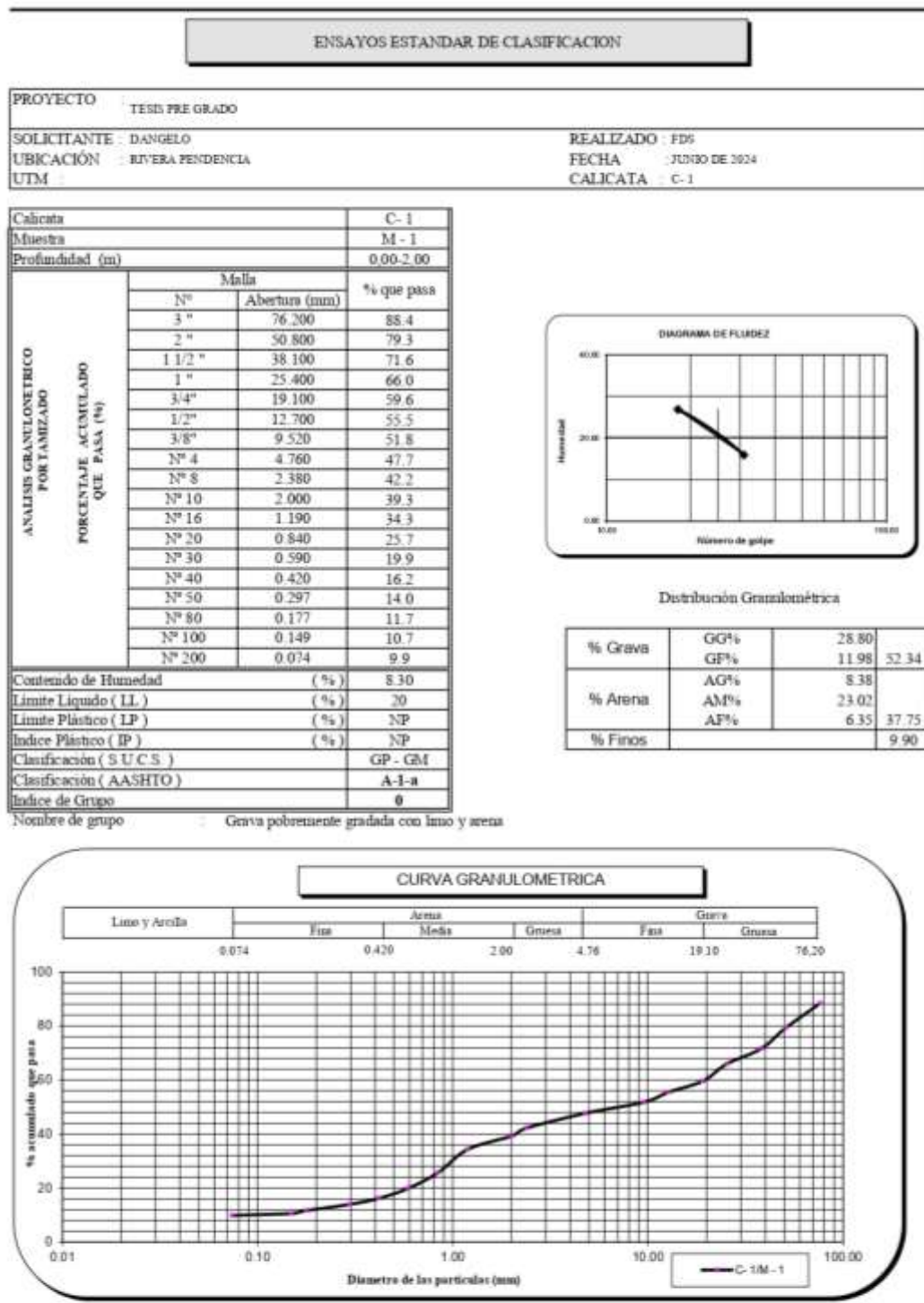
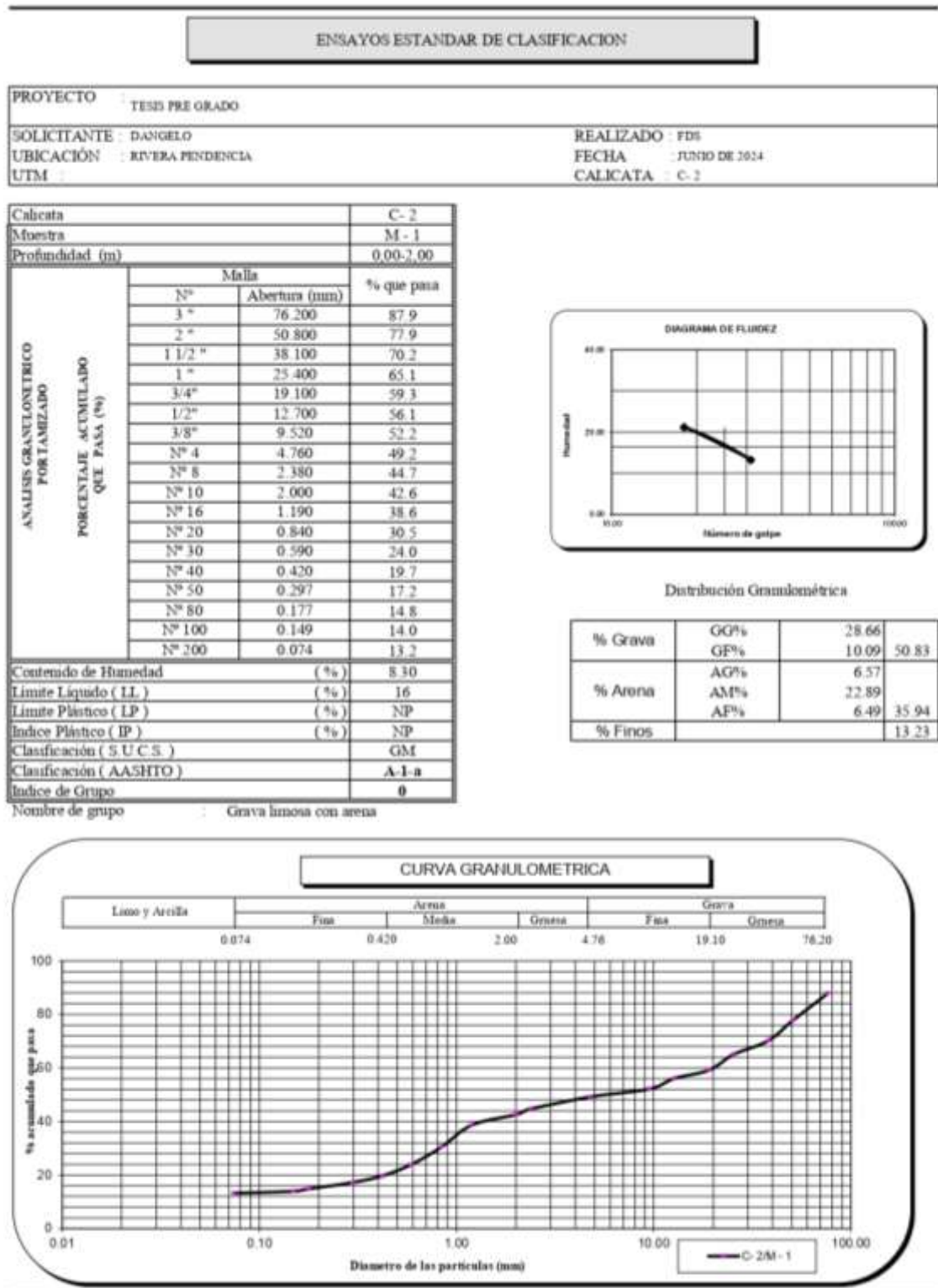


Figura 26

Calicata 2



Archivo: Clasificacion/Reporte

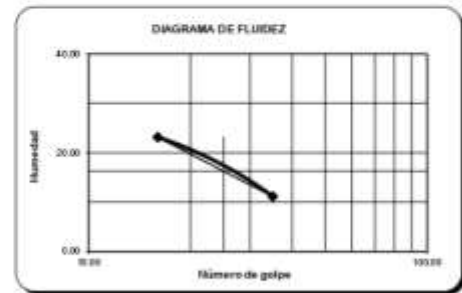
Descripción (AASHTO)	BUENO
----------------------	-------

Figura 27

Calicata 3

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION	
PROYECTO : TESIS PRE GRADO	REALIZADO : FDS
SOLICITANTE : DANGELO	FECHA : JUNIO DE 2024
UBICACIÓN : RIVERA PENDENCIA	CALICATA : C-3
UTM :	

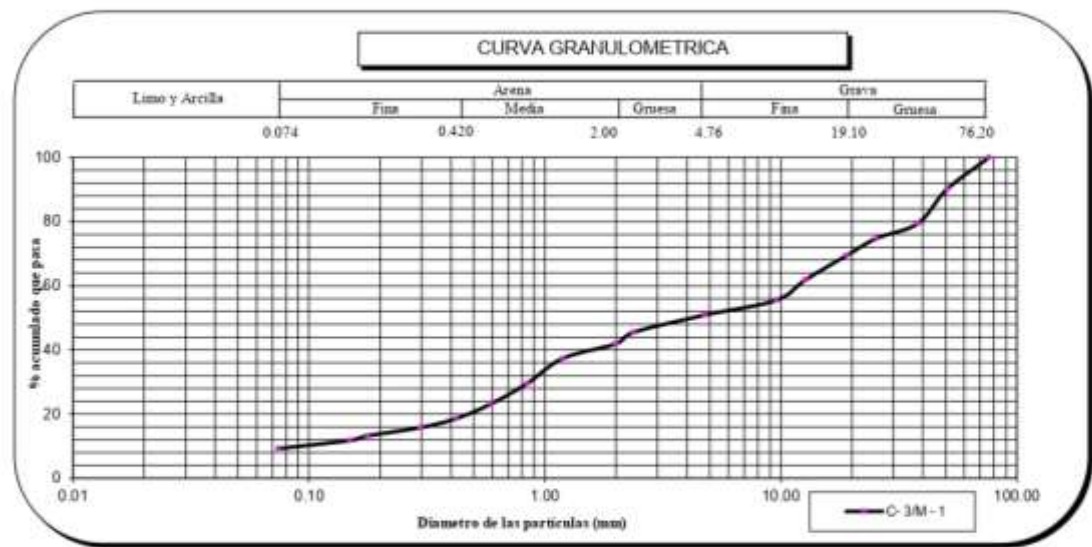
Calicata		C-3
Muestra		M-1
Profundidad (m)		0.00-2.00
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	Malla	
	Nº	Abertura (mm)
	3"	76.200
	2"	50.800
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.100
	1/2"	12.700
	3/8"	9.520
	Nº 4	4.760
	Nº 8	2.380
	Nº 10	2.000
	Nº 16	1.190
	Nº 20	0.840
	Nº 30	0.590
	Nº 40	0.420
	Nº 50	0.297
	Nº 80	0.177
	Nº 100	0.149
	Nº 200	0.074
Contenido de Humedad (%)		10.10
Límite Líquido (LL) (%)		16
Límite Plástico (LP) (%)		NP
Índice Plástico (IP) (%)		NP
Clasificación (S.U.C.S.)		GP - GM
Clasificación (AASHTO)		A-1-a
Índice de Grupo		0



Distribución Granulométrica

% Grava	GG%	30.38	
	GF%	18.74	49.13
% Arena	AG%	8.92	
	AM%	23.32	
	AF%	9.37	41.61
% Finos			9.27

Nombre de grupo : Grava pobremente gradada con limo y arena

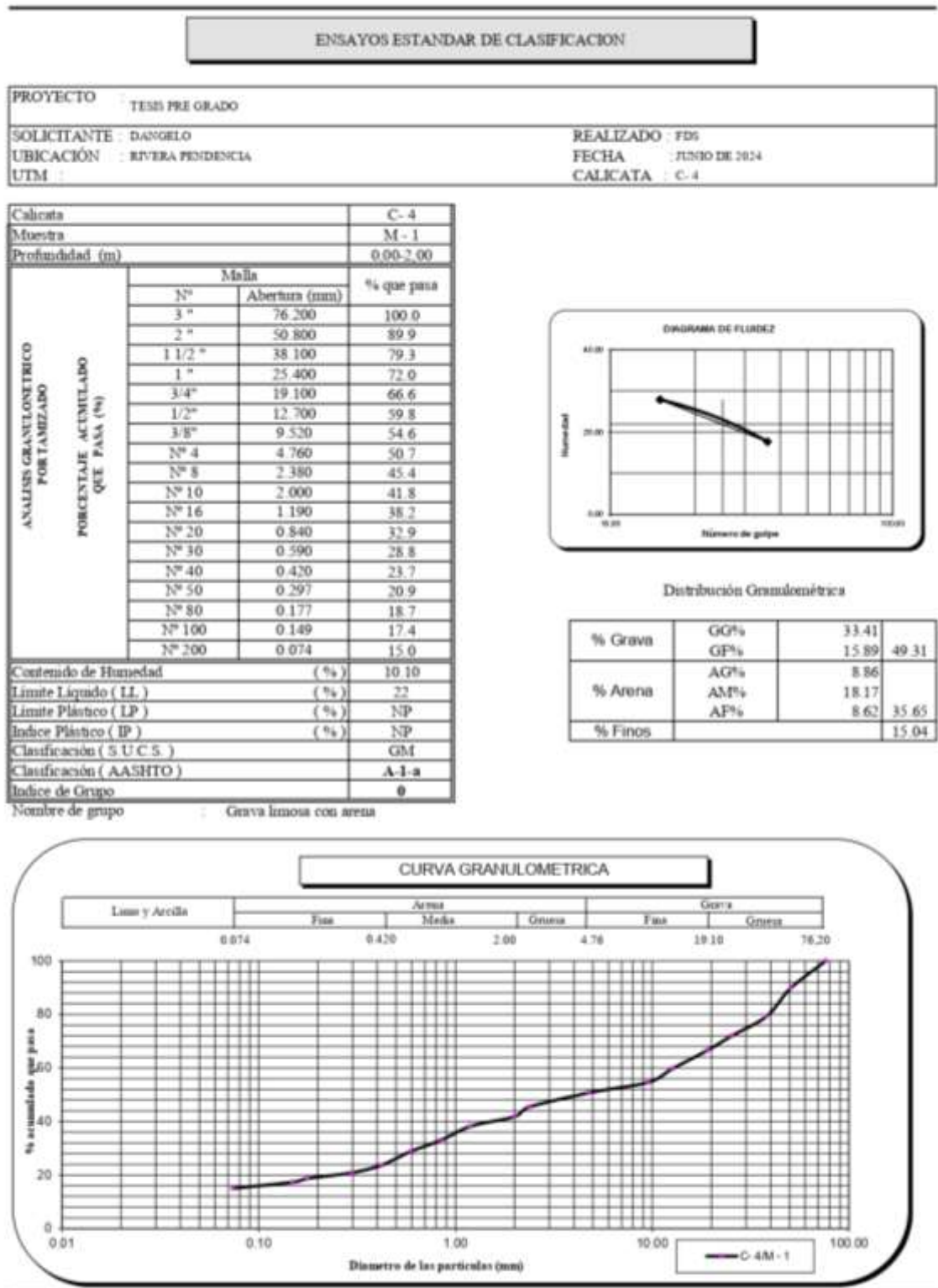


Archivo: Clasificacion/Reporte

Descripción (AASHTO)	BUENO
----------------------	-------

Figura 28

Calicata 4



Archivo: Clasificacion/Reporte

Descripción (AASHTO)	BUENO
----------------------	-------



INFORME TÉCNICO DE SUELOS

PROYECTO:

**"IMPACTO DE LOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA
SOCAVACIÓN FUTURA DEL PUENTE PENDENCIA – HUÁNUCO, 2020-
2050"**

SOLICITA:

DANGELO WALTHER GRADOS REYES

UBICACIÓN:

DISTRITO : DANIEL ALOMÍA ROBLES

PROVINCIA : LEONCIO PRADO

REGIÓN : HUÁNUCO

EJECUTADO:

GECONTEC E.I.R.L.

ESPECIALISTA:

ELIO A. SAAVEDRA CABRERA

JUNIO DEL 2024

ÍNDICE

I. INFORME TÉCNICO.....	3
1.1. ANTECEDENTES.....	3
1.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	3
1.3. UBICACIÓN Y ACCESO A LA ZONA DE ESTUDIO:.....	3
1.4. ACCESO AL ÁREA DE ESTUDIO.....	5
II. INVESTIGACIÓN DE CAMPO.....	6
2.1 INFORMACIÓN PREVIA.....	6
2.2 DESCRIPCIÓN.....	6
2.3 EXPLORACIÓN DE CAMPO.....	6
2.3 DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DE LA ZONA.....	8
III. ENSAYOS DE LABORATORIO.....	11
3.1 HUMEDAD NATURAL DE SUELO.....	11
3.2 LÍMITE DE CONSISTENCIA.....	12
3.3 GRANULOMETRÍA.....	14
3.4 CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR MÉTODOS UNIVERSALES.....	15
IV. CONCLUSIONES.....	17
4.1 CONCLUSIONES.....	17



Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
CIP. N° 306922

I. INFORME TÉCNICO

1.1. ANTECEDENTES

El presente estudio tiene por objetivo describir los trabajos de campo, laboratorio y gabinete, llevados a cabo para la determinación de características físicas y útiles a propósitos de ingeniería en el ámbito del proyecto "IMPACTO DE LOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SOCAVACIÓN FUTURA DEL PUENTE PENDENCIA – HUÁNUCO, 2020-2050"

1.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Entre los objetivos que debe cumplir el presente informe técnico de suelos es describir y evaluar las propiedades físicas de los suelos, en relación a su uso, manejo y conservación y a partir de ello, obtener los parámetros necesarios para el proyecto en mención. Dichos parámetros son: la determinación del contenido de humedad, caracterización de suelos y la clasificación con fines de ingeniería.


1.3. UBICACIÓN Y ACCESO A LA ZONA DE ESTUDIO:

La provincia de **Leoncio Prado** se encuentra localizada en el norte del departamento de Huánuco, bajo la administración del Gobierno regional de Huánuco, la provincia de **Leoncio Prado** constituye una síntesis de lo variado que es Perú. La ciudad de **Tingo María** capital de la provincia se encuentra a una altitud de **649 M.S.N.M.**

La provincia de **Leoncio Prado** abarca una superficie de **4953,08 km²**, cuyos límites son:

- **por el norte:** con el departamento de San Martín.
- **por el sur:** con las provincias de Puerto Inca, Pachitea y Huánuco.
- **por el este:** con los departamentos de Loreto y Ucayali.
- **por el oeste:** con las provincias de Marañón, Huacaybamba, Huamalíes y Dos de Mayo.

El área en estudio, Puente Pendencia localizada en el caserío de Pendencia, perteneciente al distrito de Daniel Alomía Robles, Jurisdicción de la provincia de Leoncio Prado, está ubicada en la parte selva del Perú, en la Región natural denominada Rupa Rupa o Selva Alta.


Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
CIP. N° 306922

Mapa 01 – Mapa del Departamento de Huánuco.



El departamento de Huánuco tiene una superficie de 37266 km².

Mapa 02 – Mapa de la Provincia de Leoncio Prado.



La provincia de Leoncio Prado tiene una superficie de 4953.08 KM².

Mapa 03– Mapa del distrito de Daniel Alomía Robles.



El distrito de Daniel Alomía Robles tiene una superficie de 710.32 KM².

Ing. Elis A. Saavedra Cabrera
CIP. N° 306922

1.4. ACCESO AL ÁREA DE ESTUDIO

La manera de accesibilidad considerando el punto de partida la Ciudad de Huánuco hacia el Puente Pendencia se describe:

- De Huánuco (capital de provincia del mismo nombre) al área de estudio existe una distancia aproximada de 141 Km.

IMAGEN N° 01 – Recorrido de Huánuco a Puente Pendencia.



Desde la ciudad de Huánuco a se deben tomar automóviles, que realizan el servicio de transporte interprovincial con dirección a la Ciudad de Tingo María, de este punto se toman vehículos de servicio de pasajeros con dirección a la ciudad de Aucayacu, descendiendo en el centro Poblado de Pendencia, lugar en el que se localiza el área de proyecto.

Cuadro N° 01 – Distancia desde Plaza Mayor de Huánuco – Puente Pendencia:

Fuente de elaboración propia

TRAMO	TIPO	DISTANCIA	TIEMPO
Plaza Mayor de Huánuco – Puente Pendencia	Terrestre – Asfaltado	141 km	4 h.

Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
CIP. N° 306922

II. INVESTIGACIÓN DE CAMPO

2.1 INFORMACIÓN PREVIA

La técnica empleada para el presente informe técnico está según las normas NTP aplicables según sea el caso de cada tipo de ensayo requerido y en su defecto se tomarán las normas técnicas de referencia como las ASTM, el profesional responsable deberá tomar las precauciones necesarias a fin de evitar accidentes.

Identificador	Lugar	Profundidad (m)
Calicata C-01	Rivera rio Pendencia	2.00 m
Calicata C-02	Rivera rio Pendencia	2.00 m
Calicata C-03	Rivera rio Pendencia	2.00 m
Calicata C-04	Rivera rio Pendencia	2.00 m

2.2 DESCRIPCIÓN


Se excavo cuatro (04) Pozos o calicatas a cielo abierto, la cual la profundidad varía entre 1.00 metro a 2.00 metros. Estos sondajes se ubicaron de tal forma que permitan establecer una información adecuada para los intereses del presente proyecto.

Se tomaron muestras disturbadas a lo largo de las excavaciones, en cantidad suficiente para su análisis. De cada estrato de suelo identificado, se tomaron muestras representativas, las que convenientemente identificadas con doble tarjeta de registro fueron empaquetadas en bolsas de polietileno y trasladadas al laboratorio para efectuar los ensayos de sus características físicas, llevándose un registro correlativo de muestras, que permitió controlar la procedencia y ubicación de cada muestra.

2.3 EXPLORACIÓN DE CAMPO

2.3.1 Plan de exploración

La Investigación de campo realizada consistió en visitas al sitio y la ejecución de pozos de exploración o calicatas con herramientas manuales, logrando una exploración continua del sub suelo a una profundidad de 2.00 metros según los intereses del proyecto.


Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
CIP. N° 306922

2.3.2 Obtención de muestras

Para determinar las propiedades de un suelo en laboratorio es preciso contar con muestras representativas de dicho suelo. Un muestreo adecuado y representativo es de primordial importancia, pues tiene el mismo valor que el de los ensayos en sí. A menos que la muestra obtenida sea verdaderamente representativa de los materiales que se pretenda usar, cualquier análisis de la muestra solo será aplicable a la propia muestra y no al material del cual procede, de ahí la imperiosa necesidad de que el muestreo sea afectado por personal conocedor de su trabajo. Las muestras pueden ser de dos tipos; alterada o inalterada.

Se dice que una muestra es alterada cuando no guarda las mismas condiciones que cuando se encontraba en el terreno de donde procede, e inalterada es caso contrario.


2.3.3 Muestreo

Los suelos con propiedades similares se clasifican en grupos y subgrupos basados en su comportamiento ingenieril. Los sistemas de clasificación proporcionan un lenguaje común para expresar en forma concisa las características generales de los suelos, que son infinitamente variadas sin una descripción detallada. Actualmente, dos sistemas de clasificación que usan la distribución por tamaño de grano y plasticidad de los suelos son usados comúnmente por los ingenieros de suelos. Estos son el sistema de clasificación AASHTO y el sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

2.3.4 Descripción e identificación de muestras

La excavación de pozos a cielo abierto rinde siempre de una información correcta hasta donde se desee llegar, pues permite la inspección visual de los estratos del suelo, sin embargo, la mayoría de investigaciones del suelo requieren estudios del terreno a profundidades mayores que las que se pueden alcanzar satisfactoriamente con excavaciones a cielo abierto.

Cualquier que sea el tipo de perforación que se ejecute, a medida que se va profundizando en ella se deben anotar los espesores de los distintos estratos atravesados, identificando cuales son gravas, arenas, limos, arcillas o mezclas de los mismos: Como son los granos de los materiales; donde son de tamaño uniforme o graduado de grueso a finos; color, olor y aspereza de los granos. Con estos datos y los de las pruebas que a los materiales se les ejecute se hace un perfil de suelos.



Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
CIP. N° 306822

2.3.5 Reducción de muestras a muestras de ensayo

La reducción de las muestras obtenidas en el campo a los tamaños de muestras requeridas para los ensayos, empleando procedimientos que minimizan la variación en la medición de las características entre las muestras de ensayo y las muestras de campo. La finalidad es el reducir las muestras obtenidas en el campo a las porciones requeridas para someterlas a ensayos.

La reducción de muestras se obtiene mediante los siguientes tres métodos:

- Método A: Cuarteador mecánico
- Método B: Cuarteo
- Método C: Pilas cónicas (agregado fino húmedo)


Los métodos indicados tienen por finalidad reducir el tamaño de la muestra obtenida en el campo a tamaños convenientes para realizar varios ensayos a fin de describir el material y medir su calidad, de tal manera que la porción de muestra de ensayo más pequeña no deje de ser representativa de la muestra más grande y por lo tanto de la total suministrada

2.3 DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DE LA ZONA.

Como parte de la evaluación de los suelos existentes a lo largo del área del proyecto, se llevó a cabo un programa de exploración de campo, mediante la excavación de calicatas a cielo abierto y recolección de muestras para ser ensayadas en el laboratorio.

a) Calicatas

Las calicatas permiten la inspección directa del suelo que se desea estudiar y, por lo tanto, es el método de exploración que normalmente entrega la información más confiable y completa. En suelos con grava, la calicata es el único medio de exploración que puede entregar información confiable, y es un medio muy efectivo para exploración y muestreo de suelos de fundación y materiales de construcción a un costo relativamente bajo. Es necesario registrar la ubicación y elevación de cada pozo, los que son numerados según la ubicación. Si un pozo programado no se ejecuta, es preferible mantener el número del pozo en el registro como "no realizado" en vez de volver a usar el número en otro lugar, para eliminar confusiones. A cada calicata se le deberá realizar un registro adecuado que pasará a formar parte del informe respectivo.



Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
CIP. N° 306922

b) Muestras alteradas

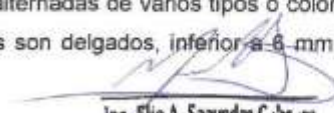
Se obtienen en general de las paredes de los pozos y comprometen estratos determinados o bien la suma de algunos de ellos, como es el caso de la investigación de yacimientos. Estas muestras deben guardarse en bolsas impermeables y de resistencia adecuada. Cada bolsa debe identificarse clara e indeleblemente.

Muestras en bolsas: Las muestras en bolsas se toman con pala, barreta o cualquier otra herramienta de mano conveniente y se colocan en bolsas sin tratar de mantener al suelo en forma inalterada.

El muestreo es tan importante como el ensayo y se deben tomar las precauciones para obtener muestras que exhiban la naturaleza real y condiciones de los suelos que se representan. Salvo situaciones que exijan determinación de resistencia o consolidación, las muestras necesarias para diseño de superestructura de obras proyectadas.

Dentro de los trabajos exploratorios se realiza una prospección visual manual, para obtener algunos parámetros en campo como son:

- **Tamaño:** Los suelos gruesos son aquellos en que más de la mitad de las partículas son visibles. En esta estimación se excluyen las partículas gruesas mayores a 80 mm (3"); sin embargo, tal fracción debe ser estimada visualmente y el porcentaje indicado independientemente del material inferior a 80 mm. La fracción gruesa comprende los tamaños de gravas y arenas, y la fracción fina los limos y arcillas. En caso de suelos mixtos, la muestra se identificará sobre la base de la fracción predominante usando los siguientes adjetivos, según la proporción de la fracción menos representativa; indicios: 0-10%, poco: 10-20%, algo: 20-35%; y abundante: 35-50%.
- **Olor:** Las muestras recientes de suelos orgánicos tienen un olor distintivo que ayuda a su identificación. El olor puede hacerse manifiesto calentando una muestra húmeda.
- **Color:** Se debe indicar el color predominante.
- **Humedad:** En las muestras recientes deberá registrarse la humedad. Los materiales secos necesitan una cantidad considerable de agua para obtener un óptimo de compactación. Los materiales húmedos están cerca del contenido óptimo. Los mojados necesitan secarse para llegar al óptimo, y los saturados son los suelos ubicados bajo un nivel freático.
- **Estructura:** Si los materiales presentan capas alternadas de varios tipos o colores se denominará estratificado; si las capas o colores son delgados, inferior a 6 mm, será


Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
CIP. N° 306822

descrito como laminado; fisurado si presenta grietas definidas; lenticular si presenta inclusión de suelos de textura diferente.

- **Cementación:** Algunos suelos muestran definida evidencia de cementación en estado inalterado. Esto debe destacarse e indicar el grado de cementación, descrito como débil o fuerte. Verificando con ácido clorhídrico si es debida a carbonatos y su intensidad como ninguna, débil o fuerte.
- **Densificación:** La compacidad o densidad relativa de suelos sin cohesión puede ser descrita como suelta o densa, dependiendo de la dificultad que oponga a la penetración de una cuña de madera.

La consistencia de suelos cohesivos puede ser determinada en sitio o sobre muestras inalteradas de acuerdo con el criterio indicado. Los valores de resistencia al corte están basados en correlaciones con penetrómetro de boisillo usado frecuentemente para estimar la consistencia.

- **Clasificación:** Se debe indicar además la clasificación probable. Pueden usarse clasificaciones dobles cuando un suelo no pertenece claramente a uno de los grupos, pero tiene fuertes característicos de ambos grupos. Deben colocarse entre paréntesis para indicar que han sido estimadas.

Previamente se identificaron los suelos, mediante procedimientos manuales de campo, tales como la dilatancia (reacción de agitación), la resistencia en estado seco (característica de rompimiento).

Las características físicas y mecánicas del material extraído se pueden ver en los registros correspondientes de los perfiles estratigráficos de sondaje



Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
CIP. N° 306922

III. ENSAYOS DE LABORATORIO

Las muestras seleccionadas como representativas fueron enviadas al Laboratorio Técnico especializado en Suelos, Concreto y Asfalto, para la realización de los ensayos estándar, para determinar el Angulo de fricción interna de los suelos y la cohesión del mismo, para el cálculo de la capacidad portante.

3.1 HUMEDAD NATURAL DE SUELO

El comportamiento el suelo se puede comparar con el de una esponja por su capacidad para retener agua dentro de su estructura y cuya cantidad depende de las características de sus partículas (textura y estructura). El contenido de humedad de un suelo es la relación existente entre la masa de agua que logra alojarse dentro de la estructura porosa del suelo, y la masa propia de las partículas de suelo.


Este método de ensayo cubre la determinación en laboratorio del contenido de humedad por masa de suelo, roca, y materiales similares donde la reducción en masa por secado se debe a la pérdida de agua. Este método de prueba requiere varias horas de secado para obtener el contenido de agua del espécimen. Generalmente el tiempo de secado es de 24 h. se empleará como referencia la norma ASTM D2216.

Cuadro N° 05 – cantidad especificada según norma ASTM D2216

Máximo tamaño de partícula (pasa el 100%)	Tamaño de malla estándar	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados	
		a ± 0,1%	a ± 1%
2 mm o menos	2,00 mm (Nº 10)	20 g	20 g *
4,75 mm	4,760 mm (Nº 4)	100 g	20 g *
9,5 mm	9,525 mm (3/8")	500 g	50 g
19,0 mm	19,050 mm (3/4")	2,5 kg	250 g
37,5 mm	38,1 mm (1 1/2")	10 kg	1 kg
75,0 mm	76,200 mm (3")	50 kg	5 kg

Resumen de resultados obtenidos a partir del ensayo estandarizado para la determinación del contenido de humedad en muestras de suelos

Identificador Calicata N°	Prof. de Estratos (metros)	Cont. de Humedad %
C - 01	0.00 - 2.00	8.3
C - 02	0.00 - 2.00	8.3
C - 03	0.00 - 2.00	10.1
C - 04	0.00 - 2.00	10.1


Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
CIP. N° 306922

3.2 LÍMITE DE CONSISTENCIA

La consistencia del suelo es la firmeza con que se unen los materiales que lo componen o la resistencia de los suelos a la deformación y la ruptura. La consistencia del suelo se mide por muestras de suelo mojado, húmedo y seco. En los suelos mojados, se expresa como adhesividad y plasticidad. La consistencia del suelo puede estimarse en el campo mediante ensayos sencillos, o medirse con mayor exactitud en el laboratorio.

Tabla N° 05 Método de ensayo normalizado

Descripción	ASTM	NTP - otros
Límite De Consistencia De Los Suelos	D4318	339.129

Albert Mauritz Atterberg definió los límites de consistencia de los suelos finos, con el fin de caracterizar su comportamiento. Estos límites son: Límite de Cohesión, Límite de Pegajosidad, Límite de Contracción, Límite Plástico, Límite Líquido e índice de plasticidad.

Tabla N° 06 Método de ensayo normalizado

Descripción	ASTM	NTP - otros
Límite Líquido	D423	339.129
Límite Plástico	D424	339.129

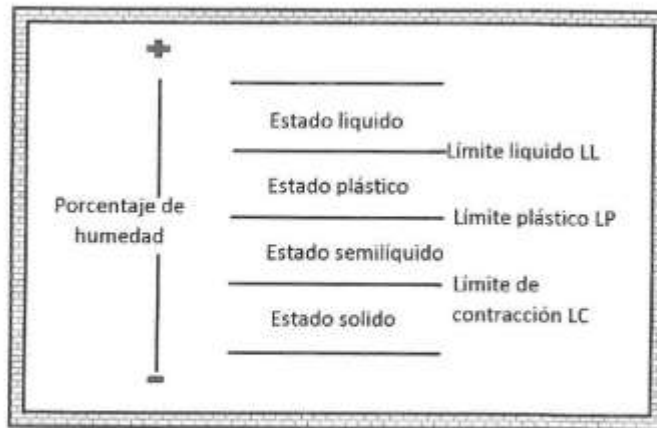
Límite líquido:

El Límite Líquido se define como el porcentaje de humedad del suelo, por debajo del cual se presenta un comportamiento plástico. Cuando los suelos alcanzan porcentajes de humedad mayores al límite líquido, su comportamiento será el de un fluido viscoso.

Este límite además de ser un parámetro esencial para la clasificación de los suelos, puede ser útil para determinar problemas de potencial de volumen, para estimar asentamientos en problemas de consolidación y en conjunto con el Límite plástico para predecir la máxima densidad en estudios de compactación.

En la determinación de correlaciones de los suelos como la compresibilidad, permeabilidad y compactabilidad, es usado el límite líquido en conjunto con el límite plástico y el índice de plasticidad

Ing. Edo A. Saavedra Cabrera
CIP. N° 306822



Límite líquido:

El límite plástico fue definido por Atterberg como la frontera que existe entre los estados plástico y semisólido del suelo. En términos de laboratorio este límite es definido como el momento en términos de contenido de humedad, en que rollitos de aproximadamente 3 mm de diámetro empiezan a presentar desmoronamiento y agrietamiento. Es importante resaltar que el diámetro de los rollitos fue propuesto por Terzaghi, dado que Atterberg nunca especificó este parámetro.

Índice de plasticidad:

El índice de plasticidad es la diferencia entre los valores de Límite Líquido y Límite Plástico. Un índice de plasticidad bajo, significa que un pequeño incremento en el contenido de humedad del suelo, lo transforma de semisólido a la condición de líquido, es decir resulta muy sensible a los cambios de humedad. Por el contrario, un índice de plasticidad alto, indica que para que un suelo pase del estado semisólido al líquido, se le debe agregar gran cantidad de agua.

Resumen de resultados obtenidos a partir del ensayo estandarizado para la determinación de límites de consistencia de los suelos

Identificador Calicata N°	Prof. de Estratos (metros)	Límite Líquido %	Límite Plástico %	Índice Plástico
C - 01	0.00 - 2.00	20	NP	NP
C - 02	0.00 - 2.00	16	NP	NP
C - 03	0.00 - 2.00	16	NP	NP
C - 04	0.00 - 2.00	22	NP	NP

Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
CIP. N° 306922

3.3 GRANULOMETRÍA

Un análisis granulométrico con mallas se efectúa tomando una cantidad medida de suelo seco bien pulverizado y haciéndolo pasar a través de un apilo de mallas con aberturas cada vez más pequeñas que dispone de una charola en su parte inferior.

Se mide la cantidad de suelo retenido en cada malla y se determina el porcentaje acumulado del suelo que pasa a través de cada una. A este porcentaje se le refiere por lo general como porcentaje de finos. La tabla 03 contiene una lista de los números de mallas utilizadas en Estados Unidos y en nuestro país y el tamaño correspondiente de sus aberturas. Estas mallas son de uso común para el análisis de suelos para fines de su clasificación. (fundamentos de ingeniería de cimentación, Braja m. Das, 2012)

Tabla N° 07- Tamaños de mallas estándar

Según las normas ASTM		Según las normas ASTM	
N° malla	Abertura en (mm)	N° malla	Abertura en (mm)
6"	152.00	Nº 8	2.380
5"	127.00	Nº 10	2.000
3"	76.200	Nº 16	1.190
2"	50.800	Nº 20	0.840
1 1/2"	38.100	Nº 30	0.590
1"	25.400	Nº 40	0.420
3/4"	19.100	Nº 50	0.297
1/2"	12.700	Nº 80	0.177
3/8"	9.520	Nº 100	0.149
Nº 4	4.760	Nº 200	0.074

Análisis Granulométrico por tamizado (ASTM D422; NTP 339.128)

Resumen de resultados obtenidos a partir del ensayo estandarizado para la determinación de la distribución granulométrica de las muestras de suelos

Identificador Calicata N°	Prof. de Estratos (metros)	Distribución Granulométrica %		
		% Grava	% Arena	% Fino
C - 01	0.00 - 2.00	52.34	37.75	9.90
C - 02	0.00 - 2.00	50.83	35.94	13.23
C - 03	0.00 - 2.00	49.13	41.61	9.27
C - 04	0.00 - 2.00	49.31	35.65	15.04

Ing. Elio A. Saavedra Cáceres
CIP. N° 306922

3.4 CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR MÉTODOS UNIVERSALES

Los sistemas de clasificación de suelos dividen los suelos en grupos y subgrupos con base en propiedades ingenieriles comunes como la distribución granulométrica, el límite líquido y el límite plástico. Los dos sistemas de clasificación principales de uso actual son:

1. el sistema de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). El sistema de la AASHTO se emplea principalmente para la clasificación de las capas del pavimento de una carretera. No se utiliza en la construcción de cimentaciones

➤ El Sistema de clasificación de suelos de la AASHTO fue propuesto originalmente para el Highway Research Board's Committee on Classification of Materials for Subgrades and Granular Type Roads (1945). De acuerdo con la forma presente de este sistema, los suelos se pueden clasificar según ocho grupos principales, A-1 a A-8, con base en su distribución granulométrica, límite líquido e índice de plasticidad. Los suelos listados en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales de grano grueso, y aquellos en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 son materiales de grano fino. La turba, el fango y otros suelos altamente orgánicos se clasifican en el grupo A-8 y se identifican mediante una inspección visual. (fundamentos de ingeniería de cimentación, Braja m. Das, 2012)

Clasificación general	Material granular (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
Subgrupo	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
Wentworth que pasa el tamiz N° 10 (2.00mm)	50 max.										
N° 40 (0.425mm)	30 max.	50 max.	37 max.								
N° 200 (0.075mm)	15 max.	25 max.	10 max.	35 max.	35 max.	35 max.	35 max.	35 max.	35 max.	35 max.	
Características de material que pasa el tamiz N° 40 (0.425mm)											
Límite líquido				40 max.	47 min.	40 max.	47 min.	40 max.	47 min.	40 max.	47 min.
Índice de plasticidad	6 max.		NP	19 max.	15 min.	11 min.	11 min.	10 max.	10 max.	11 min.	17 min.*
Tipo de fundación	Excavación a mano		Cemento en masa	Excavación a sujeta				Región simple			

* El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6, es igual o menor a LL-30.
El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5, es mayor que LL-30.

2. el Sistema unificado de clasificación de suelos (Unified Soil Classification System SUCC).

➤ El Sistema unificado de clasificación de suelos (Unified Soil Classification System) lo

propuso originalmente A. Casagrande en 1942 y más tarde lo revisó y adoptó el United States Bureau of Reclamation y el US Army Corps of Engineers. En la actualidad el sistema se utiliza prácticamente en todo el trabajo geotécnico. (fundamentos de ingeniería de cimentación, Braja m. Das, 2012).

➤ En el sistema unificado se utilizan los símbolos siguientes para fines de identificación

Símbolo	G	S	M	C	O	Pt	H	L	W	P
Descripción	Graba	Arena	Limo	Arcilla	Limo, orgánico y arcilla	Turba y suelos altamente orgánicos	Alta plasticidad	Baja plasticidad	Bien graduado	mal graduado

Resumen de clasificación de suelos con fines de ingeniería por métodos universales

Identificador Calicata N°	Prof. de Estratos (metros)		Tipo de suelo	
			SUCS	AASHTO
C - 01	0.00	- 2.00	GP-GM	A-1-a
C - 02	0.00	- 2.00	GM	A-1-a
C - 03	0.00	- 2.00	GP-GM	A-1-a
C - 04	0.00	- 2.00	GM	A-1-a



Ing. Elio A. Saavedra Carrera
CIP. N° 306822

IV. CONCLUSIONES


4.1 CONCLUSIONES

- El área en estudio se ubica en el Centro Poblado de Pendencia, Distrito de Daniel Alomía Robles, Provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco.
- Para la identificación de la estratigrafía del terreno se excavaron cuatro (04) calicatas o pozos a cielo abierto en la rivera del río Pendencia, que conforman el área del proyecto. Las muestras tomadas fueron sometidas a ensayos de laboratorio a efectos de determinar sus características físicas. Los certificados de los ensayos de laboratorio se anexan.
- Las muestras de las Calicatas corresponden a la clasificación de suelos SUCS y AASHTO; como se detalla en el siguiente cuadro:

Identificador Calicata N°	Prof. de Estratos (metros)			Tipo de suelo	
				SUCS	AASHTO
C - 01	0.00	-	2.00	GP-GM	A-1-a
C - 02	0.00	-	2.00	GM	A-1-a
C - 03	0.00	-	2.00	GP-GM	A-1-a
C - 04	0.00	-	2.00	GM	A-1-a

No observándose ningún otro cambio considerable para su reporte. Los certificados de los ensayos de laboratorio se anexan.

- Las Excavaciones se realizaron con el apoyo de herramientas manuales, de tal manera que las obtenciones de muestras fueran seguras.
- La obtención y recolección de muestras fue realizada por el solicitante del servicio.
- De las muestras analizadas se observa que predominan la presencia de gravas con arena y limos, Los certificados de los ensayos de laboratorio se anexan.
- El reporte del contenido de humedad podría diferir de las condiciones reales de la muestra debido a que se ensayaron a muestras alteradas.
- Los alcances del presente informe se limitan a los ensayos y requerimientos planteados por el solicitante.



Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
CIP. N° 306922

ANEXOS

ANEXO I

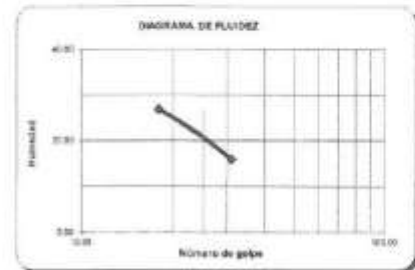
REPORTE DE ENSAYOS DE
LABORATORIO

CLASIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN
DE SUELOS

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

PROYECTO	: IMPACTO DE LOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMATICO EN LA SOCAVACION FUTURA DEL PUENTE PENDENCIA - HUÁNUCO, 2020-2030	REALIZADO	: GECONTEC
SOLICITANTE	: DANDREO WALTER ORADOS REYES	FECHA	: JUNIO DE 2024
UBICACION	: RIVERA RIO PENDENCIA	CALICATA	: C-1
UTM			

Calicata	C-1		
Muestra	M-1		
Profundidad (m)	0,00-2,00		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla		% que pasa
	N°	Abertura (mm)	
	3 *	76.200	88.4
	2 *	50.800	79.3
	1 1/2 *	38.100	71.6
	1 *	25.400	66.0
	3/4 *	19.100	59.6
	1/2 *	12.700	55.5
	3/8 *	9.520	51.8
	N° 4	4.760	47.7
	N° 8	2.380	42.2
	N° 10	2.000	39.3
	N° 16	1.190	34.3
	N° 20	0.840	25.7
	N° 30	0.590	19.9
	N° 40	0.420	16.2
	N° 50	0.297	14.0
N° 80	0.177	11.7	
N° 100	0.149	10.7	
N° 200	0.074	9.9	
Contenido de Humedad	(%)	8.30	
Limite Líquido (LL)	(%)	20	
Limite Plástico (LP)	(%)	NP	
Indice Plástico (IP)	(%)	NP	
Clasificación (S.U.C.S.)		GP - GM	
Clasificación (AASHTO)		A-1-a	
Indice de Grupo		0	



Distribución Granulométrica

% Grava	GG%	28.80	52.34
	GP%	11.98	
% Arena	AG%	8.38	37.75
	AM%	23.02	
% Finos	AF%	6.35	9.90

Nombre de grupo: Grava pobremente gradada con limo y arena



Descripción (AASHTO)	BUENO
----------------------	-------

Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
CIP. N° 306922

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

PROYECTO	IMPACTO DE LOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMATICO EN LA SOCAYACION FUTURA DEL PUENTE PENDENCIA - HUÁNUCO, 2028-2030		
SOLICITANTE	DANORLO WALTHER GRADOS REYES	REALIZADO	GECONTEC
UBICACIÓN	RIVERA RIO PENDENCIA	FECHA	JUNIO DE 2024
LITM		CALCATA	C-2

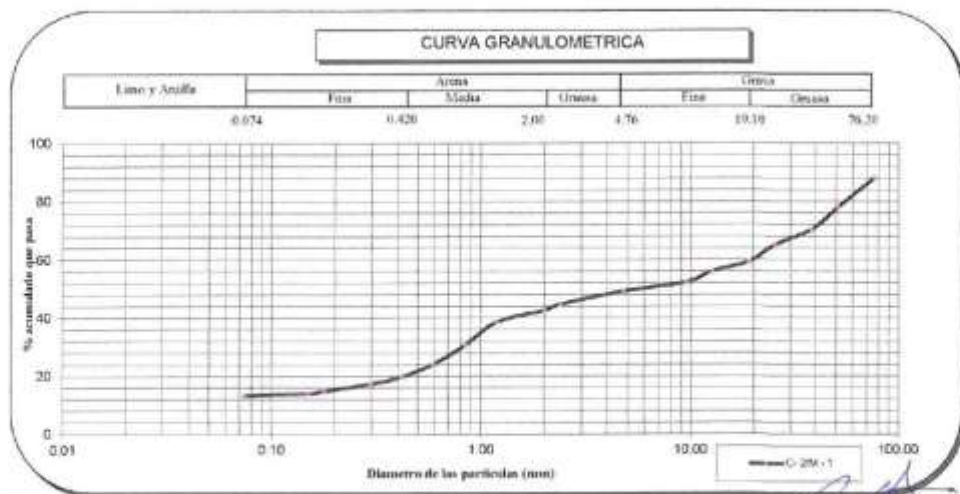
Calicata	C-2	
Muestra	M-1	
Profundidad (m)	0.00-2.00	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla	
	Nº	Abertura (mm)
	3"	76.200
	2"	50.800
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.100
	1/2"	12.700
	3/8"	9.520
	Nº 4	4.760
	Nº 8	2.380
	Nº 10	2.000
	Nº 16	1.190
	Nº 20	0.840
	Nº 30	0.590
Nº 40	0.420	
Nº 50	0.297	
Nº 80	0.177	
Nº 100	0.149	
Nº 200	0.074	
Contenido de Humedad	(%)	8.30
Límite Líquido (LL)	(%)	16
Límite Plástico (LP)	(%)	Nº
Índice Plástico (IP)	(%)	Nº
Clasificación (S.U.C.S.)		GM
Clasificación (AASHITO)		A-1-a
Índice de Grupo		0

Nombre de grupo : Grava lúscosa con arena



Distribución Granulométrica

% Grava	GC%	28.66
	GF%	10.09 50.83
% Arena	AC%	6.57
	AP%	22.89
% Finos	AF%	6.49 35.34
		13.23



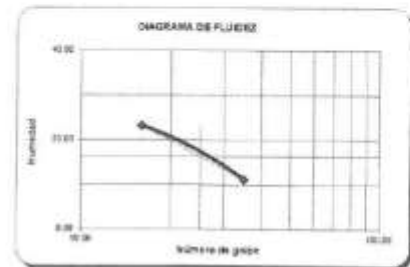
Descripción (AASHITO)	BUENO
-----------------------	-------

Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
CIP. N° 306822

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

PROYECTO : IMPACTO DE LOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SOCAVACIÓN FUTURA DEL PUENTE PENDENCIA - HUÁNUCO, 2020-2050	REALIZADO : GECONTEC
SOLICITANTE : DANILO WALTER GRADOS REYES	FECHA : JUNIO DE 2024
UBICACIÓN : RIVERA DE PENDENCIA	CALICATA : C-3
UTM :	

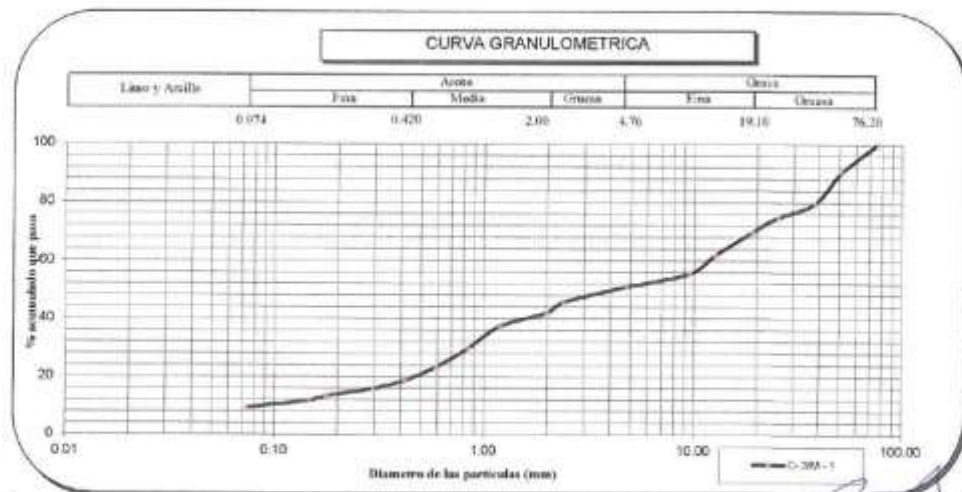
Calicata	C-3		
Muestra	M-1		
Profundidad (m)	0.00-2.00		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMBIADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla		% que pasa
	Nº	Abertura (mm)	
	3"	76.200	100.0
	2"	50.800	90.2
	1 1/2"	38.100	79.5
	1"	25.400	74.8
	3/4"	19.100	69.6
	1/2"	12.700	61.8
	3/8"	9.520	55.5
	Nº 4	4.760	30.9
	Nº 8	2.380	45.5
	Nº 10	2.000	42.0
	Nº 16	1.190	37.4
	Nº 20	0.840	29.6
	Nº 30	0.590	23.2
	Nº 40	0.420	18.6
Nº 50	0.297	15.8	
Nº 80	0.177	13.3	
Nº 100	0.149	11.8	
Nº 200	0.074	9.3	
Contenido de Humedad (%)	10.10		
Límite Líquido (LL) (%)	16		
Límite Plástico (LP) (%)	NP		
Índice Plástico (IP) (%)	NP		
Clasificación (S.U.C.S.)	GP-GM		
Clasificación (AASHTO)	A-1-a		
Índice de Grupo	0		



Distribución Granulométrica

% Grava	GP%	30.38	49.13
	GP%	18.74	
% Arena	AG%	8.92	41.61
	AF%	23.32	
% Finos			9.27

Nombre de grupo : Grava pobremente graduada con limo y arena



Descripción (AASHTO)	BUENO
----------------------	-------

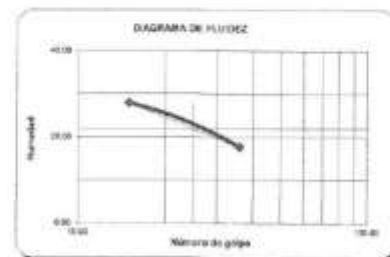
Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
CIP. N° 306922

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D5282 - D2487)

PROYECTO : IMPACTO DE LOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMATICO EN LA SOCAVACION FUTURA DEL PUENTE PENDENCIA - HUÁNUCO 2020-2050	REALIZADO : GECONTEC
SOLICITANTE : DANGELO WALTHER GRADOS REYES	FECHA : JUNIO DE 2024
UBICACION : RIVERA RIO PENDENCIA	CALCATA : C-4
UTM :	

Calicata	C-4			
Muestra	M-1			
Profundidad (m)	0,00-2,00			
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla		% que pasa	
	Nº	Abertura (mm)		
	3"	76.200		100.0
	2"	50.800		89.9
	1 1/2"	38.100		79.3
	1"	25.400		72.0
	3/4"	19.100		66.6
	1/2"	12.700		59.8
	3/8"	9.520		54.6
	Nº 4	4.760		50.7
	Nº 8	2.380		45.4
	Nº 10	2.000		41.8
	Nº 16	1.190		38.2
	Nº 20	0.840		32.9
	Nº 30	0.590		28.8
	Nº 40	0.420		23.7
	Nº 50	0.297		20.9
	Nº 80	0.177		18.7
	Nº 100	0.149		17.4
	Nº 200	0.074		15.0
Contenido de Humedad	(%)	10.10		
Límite Líquido (LL)	(%)	22		
Límite Plástico (LP)	(%)	NP		
Índice Plástico (IP)	(%)	NP		
Clasificación (S.U.C.S.)		GM		
Clasificación (AASHTO)		A-1-a		
Índice de Grupo		0		

Nombre de grupo : Grava limosa con arena



Distribución Geométrica

% Grava	GP%	33.41	
	GP%	15.80	49.31
% Arena	AG%	8.86	
	AM%	18.17	
	AP%	8.62	35.65
% Finos			15.04



Archivo: Clasificacion/Reporte

Descripción: (AASHTO)	HUANO
-----------------------	-------

Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
CIP. N° 306922

ANEXO II


PANEL FOTOGRÁFICO

FOTOGRAFÍA N° 01: vista
fotográfica del
procedimiento de
exploración y recolección
de muestras
correspondientes a la
calicata C-01



FOTOGRAFÍA N° 02:
vista fotográfica del
procedimiento de
exploración y recolección
de muestras
correspondientes a la
calicata C-02




Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
CIP. N° 309822

FOTOGRAFÍA N° 03: vista
fotográfica del
procedimiento de
exploración y recolección
de muestras
correspondientes a la
calicata C-03



FOTOGRAFÍA N° 04:
vista fotográfica del
procedimiento de
exploración y recolección
de muestras
correspondientes a la
calicata C-04



Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
CIP. N° 306922

FOTOGRAFÍA N° 05:
recepción de muestras en las instalaciones del laboratorio de ensayo de materiales, costales con identificadores: C-01, C-02, C-03 y C-04



FOTOGRAFÍA N° 06:
vista fotográfica de la preparación de muestras y su reducción a muestras para ensayo.



Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
CIP. N° 306922

FOTOGRAFÍA N° 07: vista fotográfica del procedimiento de ensayo, control de masa de muestra seleccionada.



FOTOGRAFÍA N° 08: vista fotográfica del procedimiento de ensayo, secado de muestra en horno a temperatura constante.



Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
CIP, N° 306922

FOTOGRAFÍA N° 09: vista fotográfica del procedimiento de ensayo, preparación de muestra para la determinación de límites de consistencia del suelo.



FOTOGRAFÍA N° 10: vista fotográfica del procedimiento de ensayo para la determinación de límites de consistencia del suelo.



[Handwritten Signature]
Ing. Etio A. Saavedra Cabrera
CIP. N° 306822

ANEXO III

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS DE LABORATORIO



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO
N° LC-071

CALIBRATEC S.A.C.
LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-0141-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 2 de 5

6. Método de calibración:

La calibración se realiza por comparación directa entre las indicaciones de lecturas de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrónes siguiendo el procedimiento PC-011 "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase 1 y 2" (edición 04) de INDICOPI.

7. Lugar de calibración

Instalaciones de GECONTEC EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA ubicada en Jr. Tarma No. 101 Cerro C.U. Huancayo (Esquina con J. Frenches) Huancayo - Huancayo - Huancayo

8. Condiciones ambientales

Temperatura	Humedad relativa	Presión
25.7 °C	61 %	1022.3 hPa

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
EUCROM	Juego de pesas de 1 mg a 1 kg de clase F1	CCP-0870-003-23
EUCROM	Juego de pesas de 1 kg a 5 kg in clase F1	CCP-0870-001-23

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta adhesiva con la medición **CALIBRADO**.
- En el caso de ser necesario, se hizo calibración en otro aula de cada medición.
- Se reportó el estado de las indicaciones de la lectura antes de la calibración, (para la carga de 7500 g la balanza indicaba 7495,6 g).
- El valor de "x", capacidad máxima y la clase de exactitud han sido determinados por el fabricante.
- Los resultados obtenidos en el presente certificado, se relacionan solamente con el item calibrado indicado en la página 1.
- En concordancia con el cliente, la variación de temperatura es 0,5 g.
- Se ha considerado como coeficiente de dilatación de funcionamiento no automático tipo 1 y 2 según el procedimiento PC-011 "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático tipo 1 y 2" (edición 04) de INDICOPI.
- El cliente no cuenta con pesos patrónes para realizar el ajuste de la balanza.
- El cliente no cuenta con la información de los certificados anteriores para la balanza a calibrar. Por lo tanto, la contribución de la incertidumbre de la lectura de la balanza no será considerada.
- El laboratorio de CALIBRATEC S.A.C. no se hace responsable de los datos suministrados por el cliente.

Revisión 03

0793 F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
✉ comercial@calibratec.com.pe
📍 CALIBRATEC SAC

☎ Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
📍 CALIBRATEC SAC



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO
N° LC-071

CALIBRATEC S.A.C.
LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-0141-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 5

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitar la calibración, el cliente debe tener en cuenta la capacidad de disponer en su momento la calibración de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los patrones que pueda utilizar al uso inmediato de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración ni de su exactitud.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio de la serie.

El certificado de calibración es íntegro y no sufre de alteraciones.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio de la serie.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio de la serie.



Área de Laboratorio

Revisión 03

RD31451

☎ 977 997 385 - 913 028 621
✉ comercial@calibratec.com.pe
📍 CALIBRATEC SAC

☎ Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
📍 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACION
CA-LM-0141-2024

Página 5 de 5

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Lectura corregida de la balanza

$$R_{\text{correctada}} = R + \text{0.0000240} \cdot R$$

R: Indicación de la lectura de la balanza en g

13. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es el incertidumbre asociada de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición $U_{\text{expandida}}$ a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración.

FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 02

RT32-FCJ

CERTIFICADO DE CALIBRACION
CA-L-0564-2024

Página 1 de 3

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

- Expediente: 0426
- Solicitante: GECONTEC EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA
- Dirección: JR. TARMA NRO. 101 CENTRO HUANOILCO (ESQUINA CON JR. PROVINCIA) HUANOILCO - HUANOILCO
- Equipo calibrado: TAMIZ
Marca: UTEST

Número de Serie: 10858F887163
Identificación: NO INDICA
Procedencia: TUBURQUA

Abertura Nominal: mm
Diámetro de basculador: 8 pulgadas
Designación alternativa: #10

5. Fecha de Calibración: 2024-04-20
Fecha de Emisión: 2024-04-25



Jefe de Laboratorio

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Integrado de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitar la corrección de un instrumento, se debe especificar el momento de aplicación de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración en firma y sello carece de validez.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-L-0564-2024

Área de Metrología
 Laboratorio de Longitud

Página 2 de 3

8. Método de Calibración

La calibración se realizó empleando el método de comparación directa tomando las medidas de abertura de la malla y el diámetro del alambre, tomando como referencia la norma ASTM E11 - 22 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves"

7. Lugar de calibración

Instalaciones de GECONTEC EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA ubicada en Jr. Tarma Nro. 101 Cent. C.U. Huancayo (Esquina con Jr. Provenza) Huancayo - Huancayo - Huancayo

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21.3 °C	20.0 °C
Humedad Relativa	63 %	44 %

9. Persona de referencia

Tratamiento	Patrón utilizado	Certificado de calibración
KOSSONMET	Pa objeto con incertidumbre de 29 µm	DM23-C-0131

10. Observaciones

- Se colocó una encuesta automática de CALIBRADO
- Las resultados de calibración en el presente certificado, se relacionan acionamiento con el ítem calibrado indicado en la página 1.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-L-0564-2024

Área de Metrología
 Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

11. Resultados

ABERTURA DEL TÁMIZ			
Abertura Promedio mm	Abertura Máxima mm	Desviación estándar mm	Incertidumbre mm
2.022	2.040	0.010	0.048

ERRORES MÁXIMOS PERMITIDOS (ASTM E11-22)

Variación de abertura porcentual			
Máximo mm	Mínimo mm	Máxima variación de abertura mm	Máxima desviación estándar mm
1.944	2.059	0.115	0.054

DIÁMETRO DEL ALAMBRE

E.36 F. (ASTM E11-22)			
Diámetro Promedio mm	Incertidumbre mm	Máximo mm	Mínimo mm
0.598	0.044	0.770	1.040

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-L-0565-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 3

- Expediente: 0636
- Solicitante: GECONTEC EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA
- Dirección: JR. TARMANA NRO. 101 CENT. C.U. HUAMUCCO (ESQUINA CON JR. PROVINCIA) HUAMUCCO - HUAMUCCO
- Equipo calibrado: TAMIZ
- Marca: UTEST
- Número de Serie: 40B5EZF66229
- Identificación: NO INJICA
- Procedencia: TURQUÍA
- Abertura Nominal: 325 µm
- Diámetro de bastidor: 8 pulgadas
- Designación alternativa: 240
- Fecha de Calibración: 2024-04-20

Fecha de Emisión:

2024-04-26

Jefe de Laboratorio



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-L-0565-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó empleando el método de comparación directa tomando las medidas de abertura de la malla y el diámetro del alambre, tomando como referencia la norma ASTM E11 - 22 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

7. Lugar de calibración

Instalaciones de GECONTEC EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA ubicado en Jr. Tarma Nro 101 Cent. C.U. Huamuco (Esquina con Jr. Provincia) Huamuco - Huamuco - Huamuco

8. Condiciones ambientales

	Inicio	Final
Temperatura	21.3 °C	20.0 °C
Humedad Relativa	43 %	44 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Retícula de medición con incertidumbre de \pm (proporcion 1,2 µm a 1,5 µm)	LLA-0219-2023

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoclavante de CALIBRADO
- Los resultados obtenidos en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-L-0565-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

11. Resultados

ABERTURA DEL TAMIZ			
Apertura Procedido	Abertura Máxima	Desviación estandar	Incertidumbre
429.9 µm	455.0 µm	8.5 µm	4.2 µm

ERRORES MÁXIMOS PERMITIDOS (ACTM E1)-221

Variación de abertura permitida			
Mínimo	Máximo	Módulo de abertura	Módulo de desviación estandar
411 µm	439 µm	40000 µm	22.43 µm

DIÁMETRO DEL ALAMBRE

D.E.M.E. (ASTM E11-22)			
Diámetro Procedido	Incertidumbre	Módulo	Máximo
254.9 µm	4.4 µm	240.0 µm	320.0 µm

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-L-0566-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 3

- Expediente: 0626
- Solicitante: **GECONTEC EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA**
- Dirección: **JR. TARIJA MRD. 101 CENICU HUANUCO (ESQUINA CON JR. PROVINCIA HUANUCO - HUANUCO - HUANUCO)**
- Equipo calibrado: **TAMIZ**
- Marca: **UTEST**
- Número de Serie: **906587699170**
- Identificación: **NO INDICA**
- Procedencia: **TURQUÍA**
- Abertura Nominal: **250 µm**
- Diámetro de bastidor: **8 pulgadas**
- Designación alternativa: **253**
- Fecha de Calibración: **2024-04-20**
- Fecha de Emisión: **2024-04-25**



Jefe de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-L-0565-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

11. Resultados

ABERTURA DEL TAPIZ			
Apertura Promedio	Abertura Máxima	Desviación estándar	Incertidumbre
429.9 μm	455.0 μm	8.5 μm	4.2 μm

ERRORES MÁXIMOS PERMITIDOS (ACTM E1)-321

Variación de abertura promedio				Máxima variación de abertura				Máxima desviación estándar			
Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
411 μm	439 μm	400.00 μm	400.00 μm	400.00 μm	400.00 μm	400.00 μm	400.00 μm	400.00 μm	400.00 μm	400.00 μm	400.00 μm

DIÁMETRO DEL ALAMBRE

D.M.E. (ASTM E11-22)			
Diámetro Promedio	Incertidumbre	Mínimo	Máximo
254.9 μm	4.4 μm	240.0 μm	320.0 μm

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-L-0566-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 3

- Expediente: 0626
- Solicitante: **GECONTEC EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA**
- Dirección: **JR. TARIJA NRO. 101 CENTRO URBANICO ESQUINA CON JR. PROVINCIA HUANUCO - HUANUCO - HUANUCO**
- Equipo calibrado: **TAMIZ**
- Marca: **UTEST**
- Número de Serie: **906587699170**
- Identificación: **NO INDICA**
- Procedencia: **TURQUÍA**
- Abertura Nominal: **250 μm**
- Diámetro de bastidor: **8 pulgadas**
- Designación alternativa: **903**
- Fecha de Calibración: **2024-04-20**
- Fecha de Emisión: **2024-04-25**



Jefe de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACION
CA-L-0567-2024

Área de Metrología
 Laboratorio de Longitud

Página 1 de 3

- Expediente: 0826
- Solicitante: GECONTEC EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA
- Dirección: JR. TARMAS NRO. 101 CENT. C.U. HUATUZO (ESQUINA CON JR. PROVINCIA) HUAMBLO - HUATUZO - HUANCAYO
- Equipo calibrando: TAMIZ
- Marca: UTEST
- Número de Serie: 2016534999916
- Identificación: NO INDICA
- Procedencia: TUMBURA
- Abertura Nominal: 75 µm
- Diámetro de bastidor: 9 pulgadas
- Designación alternativa: 8200
- Fecha de Calibración: 2024-04-20



Fecha de Emisión
 2024-04-25

Jefe de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACION
CA-L-0567-2024

Área de Metrología
 Laboratorio de Longitud

Página 2 de 3

- Método de Calibración: La calibración se realizó empleando el método de comparación directa tomando los medidos de abertura de la malla y el diámetro del alambre, tomando como referencia la norma ASTM E11 - 22 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".
- Lugar de calibración: Instalaciones de GECONTEC EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA ubicada en Jr. Tarma Nro. 101 Cent. C.U. Huatuzo (Esquina con Jr. Provincia) Huamblo - Huatuzo - Huancayo
- Condiciones ambientales:

Temperatura	21,3 °C	20,0 °C
Humedad relativa	43 %	44 %

Trazabilidad	Patrón calibrado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Retículo de muestreo con diámetro del grano 1,2 µm a 1,5 µm	LLA-029-2023

- Observaciones:
 - Se colocó una pequeña autocorona de CALIBRATEC
 - Los resultados obtenidos en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-L-0567-2024

Área de Metrología
 Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

11. Resultados

ABERTURA DEL TAMBÚ		
Abertura Promedio	Desviación estándar	Incertidumbre
76.4 μm	81.0 μm	3.7 μm

ERRORES MÁXIMOS PERMITIDOS (ASTM E11-22)

Variancia de abertura promedio	Máxima variación de apertura	Máxima desviación estándar
Mínimo μm	Máximo μm	Máximo μm
75.3	76.7	81.0

DIÁMETRO DEL ALAMBRE

D.M.P. (ASTM E11-22)		
Diámetro Probado	Máximo	Mínimo
43.4 μm	43.0 μm	38.0 μm

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-L-0569-2024

Área de Metrología
 Laboratorio de Longitud

Página 1 de 3

1. Expediente

0626
 Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

2. Solicitante

GECONTEC EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA

3. Dirección

JR. TARIYA NRO. 161 CENSO UJUANUCO (ESQUINA CON JR. PROVINCIA) HUANUCO - HUANUCO

4. Equipo calibrado

CAZUELA CASAGRANDI
 TAMIEQUIPOS

Marca

TAMIEQUIPOS

Número de Serie

502

Modelo

TCP 003

Procedencia

COLOMBIA

Identificación

NO INDICA

Tipo de indicación

ANALITICO

5. Fecha de Calibración

2024-04-26

Fecha de Emisión

2024-04-26



Jefe de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-L-0569-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó empleando el método de comparación directa tomando las mediciones del instrumento, según las especificaciones de la norma internacional ASTM D4319 "Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit and Shrinkage Limit of Soils."

7. Lugar de calibración

Instituto de GECONTEC EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA ubicada en Jr. Tarma 110, 101 Cent. C.U. Huancayo (Esquina con Jr. Provisoria) Huancayo - Huancayo

8. Condiciones ambientales

Temperatura	Inicial	Final
Humedad relativa	40 %	38 %

9. Patrón de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
NOESOMET	Plg de rey con una incertidumbre de 29 µm	DMC3-C-0131

10. Observaciones

- Se usó una etiqueta adhesiva de CALIBRATEC.
- Los resultados discutidos en la presente certificación se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-L-0569-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

11. Resultados

DIMENSIONES DE LA BASE		
Altura (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)
32.06	150.15	25.10

Incertidumbre expandida: 0.037 mm

DIMENSIONES DE LA COPA

Diámetro de la copa		
Diámetro de la copa (mm)	Espesor de la copa (mm)	Profundidad de la copa (mm)
93.84	2.04	30.28

Incertidumbre expandida: 0.049 mm

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de mediciones que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

VIN DEL DOCUMENTO



Soporte para DJI Air 2S

[Ver manuales >](#) [Explora la colección de drones >](#)

Empezar

Aplicaciones

Aplicaciones oficiales de DJI con las últimas funciones.

[Ver ahora >](#)

Otras descargas

Manuales y otras aplicaciones.

[Más información >](#)

Solicitud de servicio

Información de mi dispositivo

Conozca la activación, el estado del plan de servicio y la elegibilidad para comprar DJI Care.

[Compruébalo ahora >](#)

Centro de servicio autorizado

Encuentre tiendas autorizadas y obtenga asistencia presencial fuera de línea.

[Compruébalo ahora >](#)

¿Necesitas ayuda? Estamos aquí para ayudarte!

Especificaciones

DJI Air 2S

Aeronave

Peso de despegue

595 gramos

<https://www.dji.com/global/support/product/air-2s>

Empezar Solicitud de servicio Especificaciones Vídeos tutoriales Preguntas frecuentes

	183×253×77 mm (largo×ancho×alto)
Longitud diagonal	302 milímetros
Velocidad máxima de ascenso	6 m/s (modo S) 6 m/s (modo N)
Velocidad máxima de descenso	6 m/s (modo S) 6 m/s (modo N)
Techo de servicio máximo sobre el nivel del mar	5000 metros
Tiempo máximo de vuelo (sin viento)	31 minutos
Tiempo máximo de vuelo estacionario (sin viento)	30 minutos *
	* El tiempo de vuelo se midió en un entorno de prueba controlado. Las condiciones de prueba las siguientes: sin viento, a nivel del mar, velocidad de vuelo constante de 32,4 km/h, A/VIS desactivado, parámetros de la cámara configurados en 1080p/24 fps, modo de vídeo vuelo desde el 100 % de batería hasta el 0 % de batería. Los resultados pueden variar según el escenario de uso y la versión del firmware.
Distancia máxima de vuelo (sin viento)	18,5 kilómetros
Velocidad máxima de vuelo (cerca del nivel del mar, sin viento)	19 m/s (modo S) 15 m/s (modo N) 5 m/s (modo C)
Resistencia a la velocidad máxima del viento	10,7 m/s
Ángulo de inclinación máximo	35° (modo S) Delantero: 30°, Trasero: 20°, Izquierdo: 35°, Derecho: 35° (modo N)
Velocidad angular máxima	250°/s (modo S) 90°/s (modo N) 60°/s (modo C)
Rango de temperatura de funcionamiento	0° a 40°C (32° a 104°F)
Frecuencia de funcionamiento	2,4 GHz 5,8 GHz
Potencia de transmisión (PIRE)	2,4 GHz: FCC: ≤30 dBm CE: ≤20 dBm SRRC: ≤20 dBm MIC: ≤20 dBm 5,8 GHz: FCC: ≤30 dBm CE: ≤14 dBm SRRC: ≤29 dBm
Rango de precisión de vuelo estacionario	Vertical: ± 0,1 m (con posicionamiento de visión) ± 0,5 m (con posicionamiento GNSS) Horizontal:

¿Necesitas ayuda? Estamos aquí para ayudarte!

Empezar Solicitud de servicio Especificaciones Videos tutoriales Preguntas frecuentes

Helices	Liberación rápida, bajo nivel de ruido, plegable.
Armas de aeronaves	Plegable
Sistema global de navegación por satélite (GNSS)	GPS+GLONASS+GALILEO
Brújula	Brújula simple
NARIZ	IMU única
Almacenamiento interno	8 GB

Batería de vuelo inteligente

Capacidad ^[1]	3750 mAh / 3500 mAh
Voltaje	11,04V/11,55V
Voltaje máximo de carga	12,6 V/13,2 V
Tipo de batería	Lipo 3S
Energía	41,4 Wh / 40,42 Wh
Peso	198 gramos
Rango de temperatura de carga	5° a 40°C (41° a 104°F)
Potencia máxima de carga	38W
Batería incorporada	N / A

Cámara

Sensor	CMOS de 1" Píxeles efectivos: 20 MP; tamaño de píxel de 2,4 µm	
Lente	Campo de visión (FOV): 88° Formato equivalente a 35 mm: 22 mm Apertura: f/2,8 Alcance de disparo: 0,6 m a ∞	
Rango ISO	Vídeo: 100-3200 (Automático) 100-6400 (Manual) Dlog-M de 10 bits Vídeo: 100-800 (Automático) 100-1600 (Manual) Foto: 100-3200 (Automático) 100-12800 (Manual)	
Tamaño de imagen fija	20 MP 5472 × 3648 (3:2) 5472 × 3078 (16:9)	¿Necesitas ayuda? Estamos aquí para ayudarte!
Modos de fotografía fija	Disparo único: 20 MP Disparo en ráfaga: 20 MP (ráfaga continua) Horquillado automático de exposición (AEB): 20 MP, 3/5 fotografías horizontales con un sesgo de 0,7 EV Temporizado: 20 MP, 2/3/5/7/10/15/20/30/60 s	

Empezar	Solicitud de servicio	Especificaciones	Videos tutoriales	Preguntas frecuentes
				<p>Gran angular (3x3): 8000x6144 (anchoxalto)</p> <p>180° (3x7): 8192x3500 (anchoxalto)</p> <p>Esfera (3x8+1): 8192x4096 (anchoxalto)</p> <p>JPEG/DNG (RAW)</p>
		Resolución de vídeo		<p>5,4K: 5472 x 3078 a 24/25/30 fps</p> <p>4K Ultra HD: 3840 x 2160 a 24/25/30/48/50/60 fps</p> <p>2,7K: 2688 x 1512 a 24/25/30/48/50/60 fps</p> <p>FHD: 1920 x 1080 a 24/25/30/48/50/60/120 fps</p> <p>MP4/MOV (H.264/MPEG-4 AVC, H.265/HEVC)</p>
		Velocidad de bits máxima del vídeo		150 Mbps
		Sistema de archivos compatible		FAT32/exFAT Admite una tarjeta microSD con una capacidad de hasta 256 GB.
		Zoom digital		<p>La grabación con zoom no está disponible durante la grabación de vídeo a 120 fps.</p> <p>4K/30 fps: 4x;</p> <p>2,7K/60 fps: 4x;</p> <p>2,7K/30 fps: 6x;</p> <p>1080p/60 fps: 6x;</p> <p>1080p/30 fps: 8x</p>

Cardán

Estabilización	3 ejes (inclinación, balanceo, movimiento horizontal)
Gama mecánica	Inclinación: -135° a 45° Balanceo: -45° a 45° Giro: -100° a 100°
Eje panorámico	Panorámica: -80° a 80°
Rango controlable	Inclinación: -90° a 0° (predeterminado); -90° a 24° (extendida)
Velocidad máxima controlable (inclinación)	100°/s
Rango de vibración angular	±0,01°

Sistema de detección

Adelante	<p>Rango de medición de precisión: 0,38-23,8 m</p> <p>Velocidad de detección efectiva: ≤15 m/s</p> <p>Campo de visión (FOV): 72° (horizontal), 58° (vertical)</p>
Hacia atrás	<p>Rango de medición: <i>¿Necesitas ayuda? Estamos aquí para ayudarte!</i></p> <p>Velocidad de detección: <i>¿Necesitas ayuda? Estamos aquí para ayudarte!</i></p> <p>Campo de visión (FOV): 57° (horizontal), 44° (vertical)</p>
Hacia abajo	<p>Rango de medición ToF: 0,1-8 m</p> <p>Rango de vuelo estacionario: 0,5-30 m</p> <p>Rango de vuelo estacionario del sensor de visión: 0,5-60 m</p>
Izquierda/Derecha	N/A

Empezar Solicitud de servicio Especificaciones Vídeos tutoriales Preguntas frecuentes

Luz auxiliar descendente LED único

Transmisión de video

Sistema de transmisión	O3 2,4 GHz/5,8 GHz con conmutación automática (compatible con OcuSync) 4 antenas 2T4R
Distancia máxima de transmisión	12 km (FCC), 8 km (CE) 8 km (SRRC), 8 km (MIC)
Calidad/latencia de visualización en vivo	Dron + control remoto: 1080p/30 fps 12 Mbps 120 ms Dron + controlador inteligente DJI: 1080p/30 fps 12 Mbps 130 ms
Velocidad máxima de transmisión de bits	44 Mbps (tasa de bits de descarga) 16 Mbps (tasa de bits de video en vivo)
Frecuencia de funcionamiento	2,4 GHz 5,8 GHz

Control remoto DJI RC-N1

Controladores múltiples	N/A
Controlador inteligente DJI	Apoyado
Sistema de transmisión por control remoto	Cuando se utilizan con diferentes configuraciones de hardware de aer controladores remotos DJI RC-N1 seleccionarán automáticamente la versión firmware correspondiente para la actualización y admitirán las siguientes tecnologías de transmisión habilitadas por el rendimiento del hardware modelos de aeronaves vinculados: a. DJI Mini 2/ DJI Mavic Air 2: O2 b. DJI Air 2S: O3 c. DJI Mavic 3: O3+
Duración de la batería	6 horas (4 horas al cargar un dispositivo móvil)
Conectores de dispositivos móviles compatibles	Lightning, Micro USB, USB-C
Tamaño máximo de dispositivo móvil admitido	180×86×10 mm (largo×ancho×alto)
Temperatura de funcionamiento	0° a 40°C (32° a 104°F)
Potencia del transmisor (PIRE)	2,400-2,4835 GHz: <26 dBm (FCC), <20 dBm (CE/SRRC/MIC) 5,725-5,850 GHz: <26 dBm (FCC), <23 dBm (SRRC), <14 dBm (CE)

DJI RC

Modelo	330 RM	¿Necesitas ayuda? Estamos aquí para ayudarte!
Sistema de transmisión de video	DJI O3	
Potencia del transmisor (PIRE)	2,400-2,4835 GHz: < 26 dBm (FCC), < 20 dBm (CE/SRRC/MIC) 5,725-5,850 GHz: < 26 dBm (FCC), < 23 dBm (SRRC), < 14 dBm (CE)	

Empezar Solicitud de servicio Especificaciones Videos tutoriales Preguntas frecuentes

Puerto de salida de vídeo	N / A
Duración máxima de la batería	Aproximadamente 4 horas
Temperatura de funcionamiento	-10° a 40° C (14° a 104° F)
Tarjetas SD compatibles	Se requiere una tarjeta de velocidad UHS-I de clase 3 o superior. A continuación encontrará una lista de tarjetas microSD recomendadas.
Tarjetas microSD recomendadas	SanDisk Extreme 64 GB V30 A1 microSDXC SanDisk Extreme 128 GB V30 A2 microSDXC SanDisk Extreme 256 GB V30 A2 microSDXC SanDisk Extreme Pro 64 GB V30 A1 SanDisk Extreme Pro 256 GB V30 A2 microSDXC SanDisk Extreme Pro A2 microSDXC SanDisk High Endurance 64 GB V30 microSDXC SanDisk High Endurance 256 GB V30 microSDXC Kingston Canvas Go!Plus 64 GB V30 microSDXC Kingston Canvas Go!Plus 256 GB V30 A2 microSDXC Lexar Endurance 64 GB V30 microSDXC Lexar High Endurance 128 GB V30 n Lexar 633x 256 GB V30 A1 microSDXC Lexar 1066x 64 GB V30 A2 micr

Potencia del transmisor Wi-Fi (EIRP)	2,400-2,4835 GHz: < 23 dBm (FCC), < 20 dBm (CE/SRRC/MIC) 5,150-5,250 GHz: < 23 dBm (FCC/CE/SRRC/MIC) 5,725-5,850 GHz: < 23 dBm (FCC/SRRC), < 14 dBm (CE)
Protocolo Bluetooth	Bluetooth 4.2
Alimentación del transmisor Bluetooth (EIRP)	2,400-2,4835 GHz: < 10 dBm
Protocolo Wi-Fi	802.11a/b/g/n

Cargador

Entrada de carga	100-240 V, 50/60 Hz, 1,3 A
Salida de carga	Puerto de carga: 13,2 V=2,82 A Puerto USB: 5 V=2 A
Voltaje	13,2 voltios
Potencia nominal	38W

¿Necesitas ayuda? Estamos aquí para ayudarte!

Notas al pie:

1. Las dos versiones de batería son básicamente iguales en términos de la batería y rendimiento de propulsión.

ANEXO 4

ESTUDIO HIDROLÓGICO

PROYECTO: “IMPACTO DE LOS ESCENARIOS DE
CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SOCAVACIÓN FUTURA DEL
PUENTE PENDENCIA – HUÁNUCO, 2020-2050”

I. Introducción

1.1. Nombre del Proyecto

“IMPACTO DE LOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SOCAVACIÓN FUTURA DEL PUENTE PENDENCIA – HUÁNUCO, 2020-2050”

1.2. Ubicación política

El proyecto “IMPACTO DE LOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SOCAVACIÓN FUTURA DEL PUENTE PENDENCIA – HUÁNUCO, 2020-2050”, está situada al noroeste de Puente Tulumayo, y al norte de Puente Santa Rosa.

Distrito: Daniel Alomía Robles

Provincia: Leoncio Prado

Región: Huánuco

Longitud: 1+000 km

1.3. Objetivo del estudio

El estudio de las máximas avenidas y extraordinarias; permite determinar bajo ciertos supuestos, la probabilidad de ocurrencia de avenidas de una cierta magnitud.

Determinar los caudales para el diseño de las obras hidráulicas, que permiten delimitar su trayectoria del río, ubicación y definir los requisitos mínimos de un puente.

1.4. Factores hidrológicos

- Determinar el tamaño de la cuenca
- Condiciones climáticas
- Condiciones topográficas
- Tipo de suelo
- Cobertura vegetal

- Capacidad de almacenamiento

1.5. Estudios de campo

Se realizan con el propósito de identificar, obtener y evaluar la información referida. El reconocimiento de campo permite ubicar todas las cuencas y micro-cuencas hidrográficas, cuyos cursos de drenaje interceptan en el eje vial en estudio.

1.6. Evaluación de información hidrológica

Existen estaciones pluviométricas, hidrométricas que me permiten obtener registros de máximas avenidas en un tiempo de periodo de retorno. Con dicha información obtenida se elegirá el método al cual más se ajuste para así poder obtener las estimaciones de la magnitud del caudal

1.7. Análisis estadísticos de datos hidrológicos

Los modelos de distribución Tienen la finalidad de estimar las intensidades, precipitaciones o caudales máximos, para diferentes períodos de retorno; mediante la aplicación de los modelos probabilísticos los cuales pueden ser continuos o discretos.

- Distribución Normal
- Distribución log Normal
- Distribución log Pearson tipo III
- Distribución gumbel

Distribución normal: La función de densidad de probabilidad normal se define como:

$$f(x) = \frac{1}{S\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{s}\right)^2}$$

Donde:

$f(x)$ = función densidad normal de la variable x

μ = parámetro de localización, igual a la media aritmética de x

S = parámetro de escala

Distribución log normal: Se usa la función de distribución de probabilidad

$$f(x) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi}(S_y)} e^{\frac{1}{2}(\ln((x-x_0)-\frac{u_y}{S_y}))^2}$$

Siendo, $X > X_0$

Donde:

X_0 = Parámetros de posición

μ_y = parámetro de forma o varianza

Distribución log Pearson tipo III: La función de densidad es

$$f(x) = \frac{(\ln x - x_0)^{y-1} e^{-\frac{(\ln x - x_0)}{\beta}}}{x\beta\gamma r(y)}$$

Para:

$X_0 \leq X \leq \infty$

$-\infty < X_0 < \infty$

$0 < \beta < \alpha$

$0 < \gamma < \infty$

Donde:

X_0 = parámetro de posición

γ = parámetro de forma

β = parámetro de escala

Distribución gumbel: tiene como función de distribución de probabilidades la siguiente:

$$F(x) = e^{-\alpha(x-\beta)}$$

$$\beta = \mu - 0.45\sigma$$

Donde:

σ = parámetro de concentración

β = parámetro de localización

1.8. Resultados

Tabla 34

Datos hidrometeorológicos

DATOS HIDROMETEOROLÓGICOS			
Tesista	Dangelo Walther Grados Reyes		
AÑO	PRECIP MÁX DIARIO ANUAL		PMDA MÁX (mm/día)
	TINGOMARÍA	TULUMAYO	
1975	65	66.5	66.5
1976	70.5	98.8	98.8
1977	90.4	94.7	94.7
1978	132.5	78.9	132.5
1979	124.1	84	124.1
1980	141	112.8	141
1981	102.2	112	112
1982	121.1	154.5	154.5
1983	84.7	99.8	99.8
1984	86.4	65.1	86.4

1985	128	71.7	128
1986	125.7	95	125.7
1987	61.8	92	92
1988	75.3	57.3	75.3
1989	81.4	88	88
1990	134	133.5	134
1991	99.7	116.7	116.7
1992	109	86	109
1993	80	74.7	80
1994	100	95.5	100
1995	67.3	97.1	97.1
1996	85.7	78.5	85.7
1997	89	57.3	89
1998	94.4	89.2	94.4
1999	86.3	64.1	86.3
2000	98.4	95.2	98.4
2001	98.3	96.6	98.3
2002	104	75	104
2003	149.2	72	149.2
2004	98.4	73.4	98.4
2005	78	102.9	102.9
2006	99.8	136	136
2007	156	113.3	156
2008	116.5	113.8	116.5
2009	88.5	96.6	96.6
2010	95.9	90.7	95.9
2011	123.1	103.5	123.1
2012	149.7	126	149.7
2013	80	102.4	102.4
2014	97.5	142	142
2015	108	118.6	118.6
2016	70.5	76.8	76.8
2017	95.8	68.3	95.8
2018	78.2	97.6	97.6
2019	69.9	108.5	108.5
2020	105	89	105
2021	103.7	80	103.7
2022	121	83.7	121
2023	148	77	148

Tabla 35*Estaciones y caudal anual*

ESTACIONES					
AÑO	Pd	P	I	C	Q (m³/s)
1975	66.5	7.5	0.87	0.15	10.1
1976	98.8	11.14	1.3	0.27	11.28
1977	94.7	10.68	1.24	0.26	10.28
1978	132.5	14.95	1.74	0.37	20.56
1979	124.1	14	1.63	0.34	18.09
1980	141	15.9	1.85	0.39	23.15
1981	112	12.63	1.47	0.31	14.7
1982	154.5	17.43	2.03	0.42	27.45
1983	99.8	11.26	1.31	0.27	11.53
1984	86.4	9.75	1.14	0.23	8.35
1985	128	14.44	1.68	0.36	19.22
1986	125.7	14.18	1.65	0.35	18.55
1987	92	10.38	1.21	0.25	9.63
1988	75.3	8.49	0.99	0.19	6
1989	88	9.93	1.16	0.23	8.71
1990	134	15.11	1.76	0.37	21.01
1991	116.7	13.16	1.53	0.32	15.99
1992	109	12.29	1.43	0.3	13.9
1993	80	9.02	1.05	0.21	6.96
1994	100	11.28	1.31	0.27	11.58
1995	97.1	10.95	1.28	0.26	10.86
1996	85.7	9.67	1.13	0.23	8.19
1997	89	10.04	1.17	0.24	8.94
1998	94.4	10.65	1.24	0.26	10.2
1999	86.3	9.73	1.13	0.23	8.33
2000	98.4	11.1	1.29	0.27	11.18
2001	98.3	11.09	1.29	0.27	11.15
2002	104	11.73	1.37	0.29	12.59
2003	149.2	16.83	1.96	0.41	25.74
2004	98.4	11.1	1.29	0.27	11.18
2005	102.9	11.61	1.35	0.28	12.31
2006	136	15.34	1.79	0.38	21.62
2007	156	17.6	2.05	0.42	27.94
2008	116.5	13.14	1.53	0.32	15.94
2009	96.6	10.9	1.27	0.26	10.74
2010	95.9	10.82	1.26	0.26	10.57
2011	123.1	13.89	1.62	0.34	17.8
2012	149.7	16.89	1.97	0.41	25.9
2013	102.4	11.55	1.35	0.28	12.18
2014	142	16.02	1.87	0.39	23.47

2015	118.6	13.38	1.56	0.33	16.52
2016	76.8	8.66	1.01	0.19	6.3
2017	95.8	10.81	1.26	0.26	10.54
2018	97.6	11.01	1.28	0.27	10.98
2019	108.5	12.24	1.43	0.3	13.77
2020	105	11.84	1.38	0.29	12.85
2021	103.7	11.7	1.36	0.29	12.51
2022	121	13.65	1.59	0.34	17.2
2023	148	16.69	1.94	0.41	25.36

Tabla 36

Caudal máximo y caudal acumulado

m (orden)	Qmáx	Qacum
1	4.34	4.34
2	6.00	10.34
3	6.30	16.64
4	6.96	23.60
5	8.19	31.80
6	8.33	40.13
7	8.35	48.48
8	8.71	57.19
9	8.94	66.13
10	9.63	75.76
11	10.20	85.97
12	10.28	96.24
13	10.54	106.78
14	10.57	117.35
15	10.74	128.09
16	10.86	138.95
17	10.98	149.93
18	11.15	161.08
19	11.18	172.26
20	11.18	183.44
21	11.28	194.72
22	11.53	206.24
23	11.58	217.82
24	12.18	230.00
25	12.31	242.31
26	12.51	254.82
27	12.59	267.41
28	12.85	280.26
29	13.77	294.03
30	13.90	307.93
31	14.70	322.63
32	15.94	338.56

33	15.99	354.55
34	16.52	371.08
35	17.20	388.27
36	17.80	406.07
37	18.09	424.16
38	18.55	442.71
39	19.22	461.93
40	20.56	482.49
41	21.01	503.50
42	21.62	525.12
43	23.15	548.28
44	23.47	571.74
45	25.36	597.10
46	25.74	622.84
47	25.90	648.74
48	27.45	676.19
49	27.94	704.13

Figura 29

Análisis visual

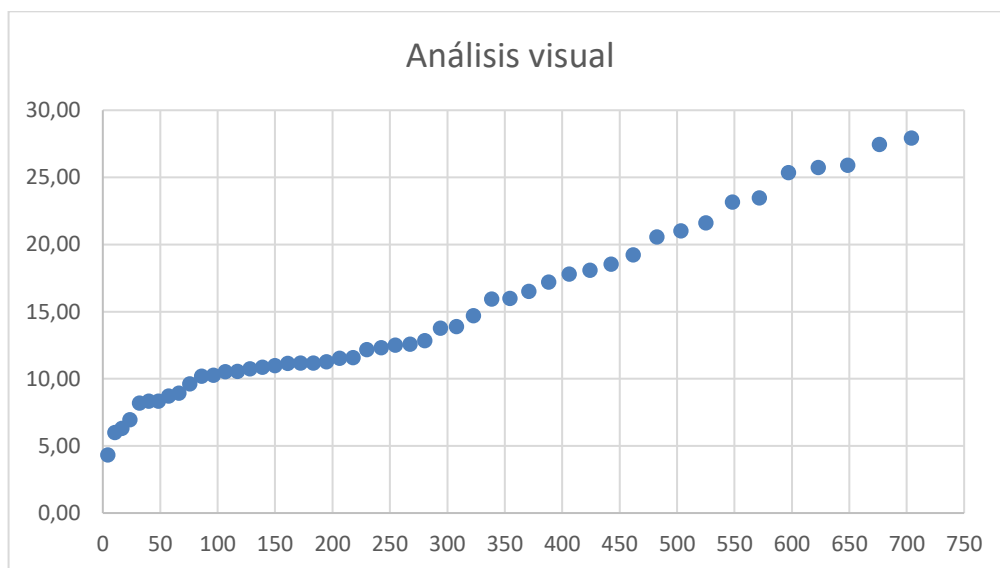


Tabla 37*Probabilidad según periodos de retorno*

Pro. Exced.	Prob. Acum.	Normal	a	b	Tr 10 K=	KU	KL
0.01	0.99	2.330	0.9434	1.546	1.287	1.836	0.892
0.05	0.95	1.645	0.9718	1.601	1.287	1.650	0.998
0.10	0.90	1.280	0.9829	1.623	1.287	1.561	1.058

Pro. Exced.	Prob. Acum.	Normal	a	b	Tr 25 K=	KU	KL
0.01	0.99	2.330	0.9434	2.980	1.758	2.423	1.303
0.05	0.95	1.645	0.9718	3.035	1.758	2.195	1.423
0.10	0.90	1.280	0.9829	3.057	1.758	2.086	1.491


Pro. Exced.	Prob. Acum.	Normal	a	b	Tr 50 K=	KU	KL
0.01	0.99	2.330	0.9434	4.142	2.062	2.808	1.563
0.05	0.95	1.645	0.9718	4.197	2.062	2.551	1.693
0.10	0.90	1.280	0.9829	4.219	2.062	2.428	1.768

Pro. Exced.	Prob. Acum.	Normal	a	b	Tr 100 K=	KU	KL
0.01	0.99	2.330	0.9434	5.345	2.336	3.157	1.795
0.05	0.95	1.645	0.9718	5.400	2.336	2.872	1.935
0.10	0.90	1.280	0.9829	5.422	2.336	2.737	2.015

Pro. Exced.	Prob. Acum.	Normal	a	b	Tr 500 K=	KU	KL
0.01	0.99	2.330	0.9434	8.238	2.889	3.867	2.258
0.05	0.95	1.645	0.9718	8.293	2.889	3.526	2.420
0.10	0.90	1.280	0.9829	8.315	2.889	3.366	2.514

Tabla 38

Descargas máximas instantáneas

		UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO FACULTAD DE INGENIERÍA								
Descarga Máxima Instantáneas (m³/s)										
Cuenca:	Pendencia									
Estación:	Tingo María y Tulumayo									
Área de Cuenca	115.69 Km²									
Año	Q (m³/s)	Distribución		Distribución Log Pearson Tipo III			Distribución tipo I Gumbel			
		Normal	Log Normal	log Q	K	Q	K	Q		
		K	Q	log Q	K	Q	K	Q		
Nº años	49									
Máximo	27.9415									
Promedio	15.3152		1.12		1.12					
Desviación estándar	6.0237		0.18		0.18					
Coefficiente Asimetría					-0.129					
0.1		0.998	21.33	0.998	20.09		0.998	20.09	0.998	21.33

Qmax₁₀	1.287	23.07	1.287	22.70	1.272	22.56	1.305	23.17
10	1.650	25.26	1.65	26.47	1.650	26.47	1.650	25.26
0.04	1.423	23.89	1.423	24.04	1.423	24.04	1.423	23.89
Qmax₂₅	1.758	25.90	1.758	27.70	1.712	27.17	2.044	27.63
25	2.195	28.54	2.195	33.33	2.195	33.33	2.195	28.54
0.02	1.693	25.52	1.693	26.96	1.693	26.96	1.693	25.52
Qmax₅₀	2.062	27.74	2.062	31.51	1.992	30.59	2.592	30.93
50	2.551	30.68	2.551	38.7	2.551	38.75	2.551	30.68
0.010	1.935	26.97	1.935	29.86	1.935	29.86	1.935	26.97
Qmax₁₀₀	2.336	29.39	2.336	35.4	2.240	33.97	3.137	34.21
100	2.872	32.62	2.872	44.392	2.872	44.39	1.935	26.97
0.002	2.420	29.89	2.420	36.66	2.420	36.66	2.420	29.89
Qmax₅₀₀	2.889	32.72	2.889	45	2.733	41.85	4.395	41.79
500	3.526	36.56	3.526	59	3.526	58.6	3.526	36.56

ANEXO 5
PARÁMETROS DE CUENCA

PROYECTO: “IMPACTO DE LOS ESCENARIOS DE
CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SOCAVACIÓN FUTURA DEL
PUENTE PENDENCIA – HUÁNUCO, 2020-2050”

PARÁMETROS DE FORMA

	DESCRIPCION	SIMB.	U.M	VALOR
PARAMETROS DE FORMA DE UNA CUENCA	AREA TOTAL DE LA CUENCA	(A)	KM2	115.69
	PERIMETRO DE LA CUENCA	(P)	KM	82.35
	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL	(L)	KM	17.94
	ANCHO PROMEDIO DE LA CUENCA	(AP)	KM	6.449
	COEFICIENTE DE COMPACIDAD	(Kc)		2.159
	FACTOR DE FORMA	(Ff)		0.359
	RECTANGULO EQUIVALENTE	L (Lado Mayor)		KM
I (Lado Menor)			KM	3.008

FORMAS DE LA CUENCA DE ACUERDO AL ÍNDICE DE COMPACIDAD

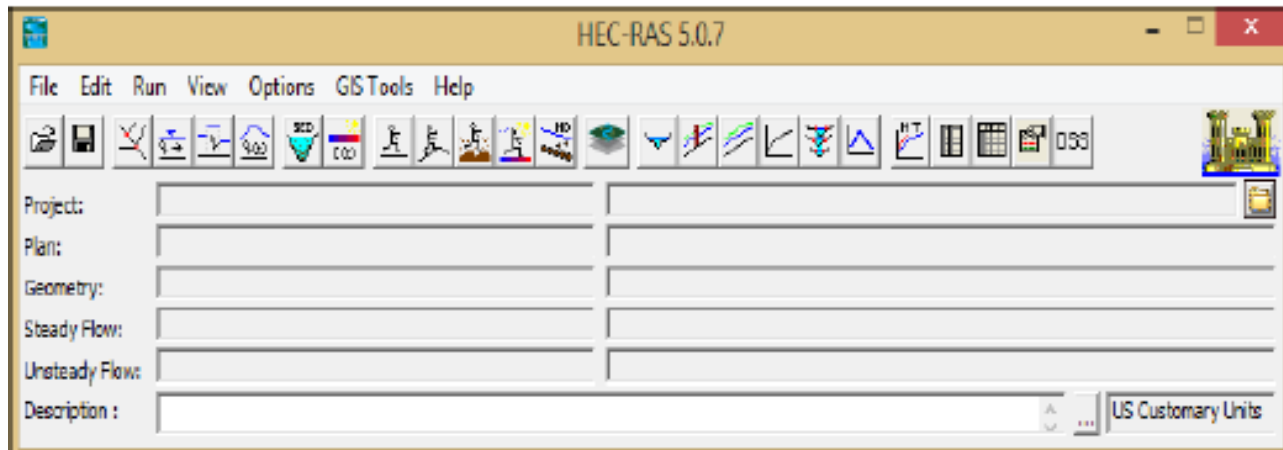
CLASES DE FORMA	INDICE DE COMPACIDAD	FORMA DE LA CUENCA
CLASE I	1.0 a 1.25	Casi Redonda a Oval Redonda
CLASE II	1.26 a 1.50	Oval Redonda a Oval Oblonga
CLASE III	1.51 a más de 2	Oval Oblonga a Rectangular Oblonga

INTERPRETACIÓN: Los resultados de los parámetros de forma obtenidos en el cuadro adjunto muestran una tendencia de la cuenca oval oblonga a rectangular oblonga, esto quiere decir que la probabilidad de una tormenta de alta intensidad es regulares en esta zona, esto es corroborado por el factor de forma que tiene una tendencia lejana a cero.

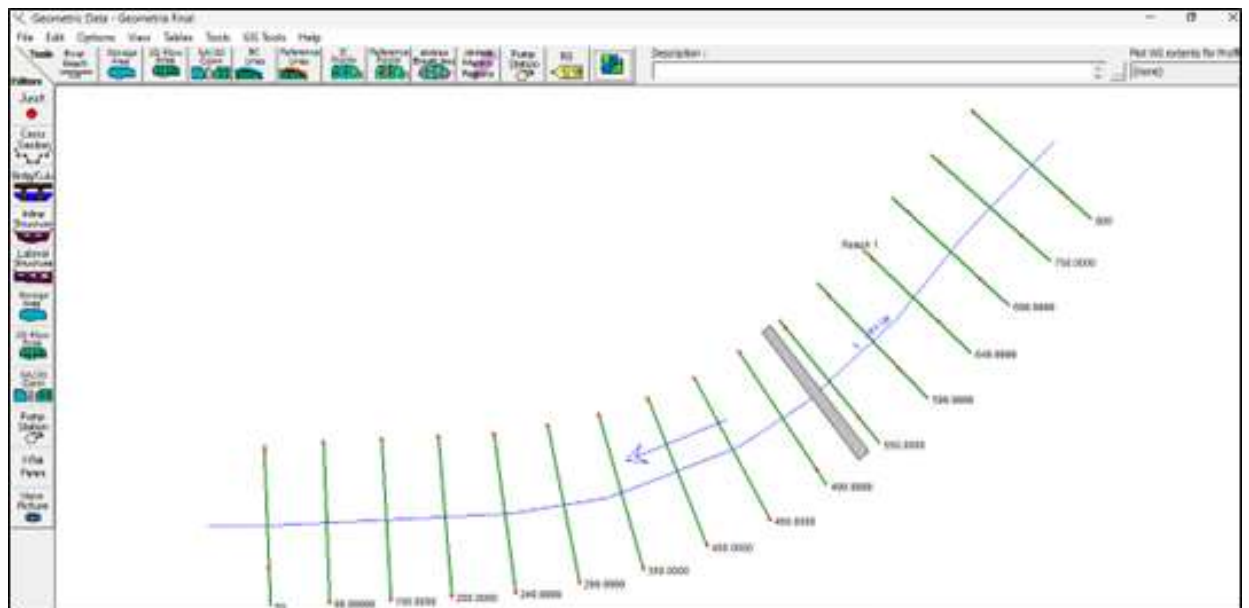
ANEXO 6

SIMULACIÓN HEC RAS

La simulación hidráulica realizada en el software HEC-RAS, comprende el tramo estudiado aguas arriba y aguas abajo del puente en mención.



Vista en planta de la topografía – Puente pendencia



Una vez se tienen las secciones de diseño, ingresaremos al programa los datos de los caudales de diseño para los diferentes PR's calculados por el análisis hidrológico del río.

Por medio del comando “steady Flow data” se ingresó los siguientes caudales:

Steady Flow Data - caudal

File Options Help

Description :

Enter/Edit Number of Profiles (32000 max):

Locations of Flow Data Changes

River:

Reach: River Sta.:

Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates					
River	Reach	RS	PR=10 años	PR=25 años	PR=50 años	PR=100 años	PR=500 años	
1	CANAL	TRAMO	1000	23.17	27.7	31.51	35.4	45
2	CANAL	TRAMO	900	23.17	27.7	31.51	35.4	45
3	CANAL	TRAMO	800	23.17	27.7	31.51	35.4	45
4	CANAL	TRAMO	700	23.17	27.7	31.51	35.4	45
5	CANAL	TRAMO	600	23.17	27.7	31.51	35.4	45
6	CANAL	TRAMO	500	23.17	27.7	31.51	35.4	45
7	CANAL	TRAMO	400	23.17	27.7	31.51	35.4	45
8	CANAL	TRAMO	300	23.17	27.7	31.51	35.4	45

Edit Steady flow data for the profiles (rfs)

La pendiente existente:

Steady Flow Boundary Conditions

Set boundary for all profiles Set boundary for one profile at a time

Available External Boundary Condition Types

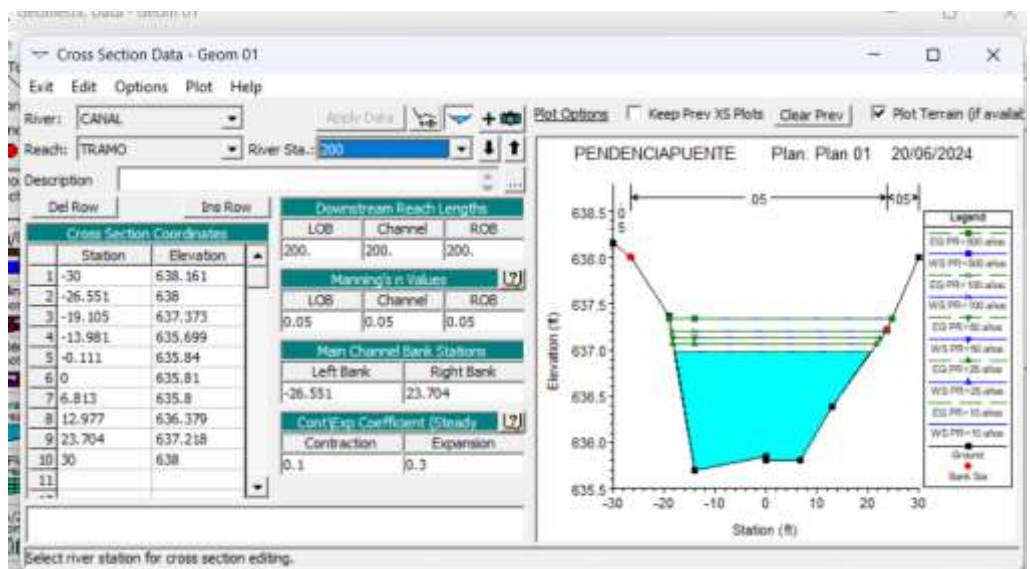
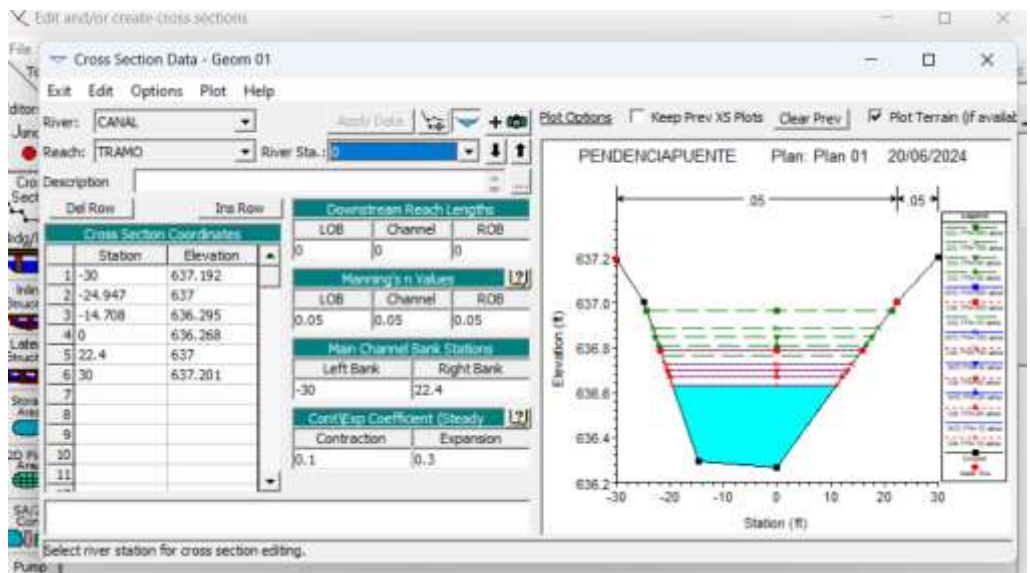
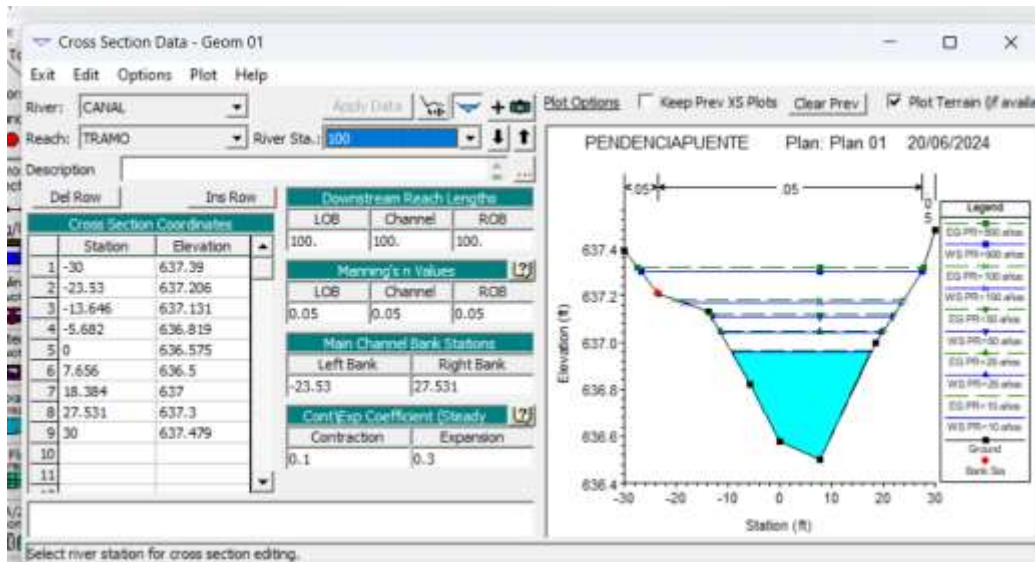
Selected Boundary Condition Locations and Types

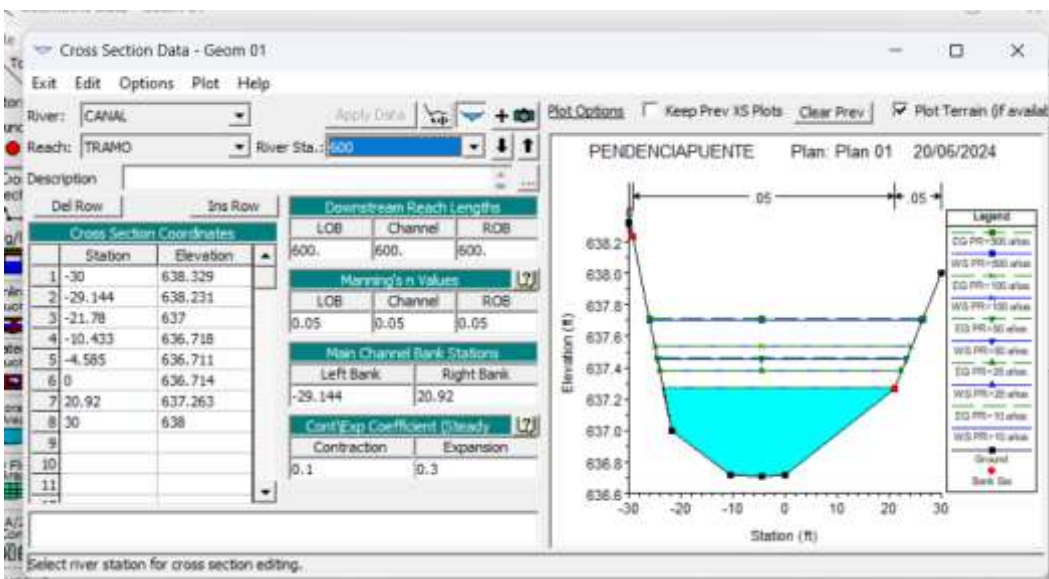
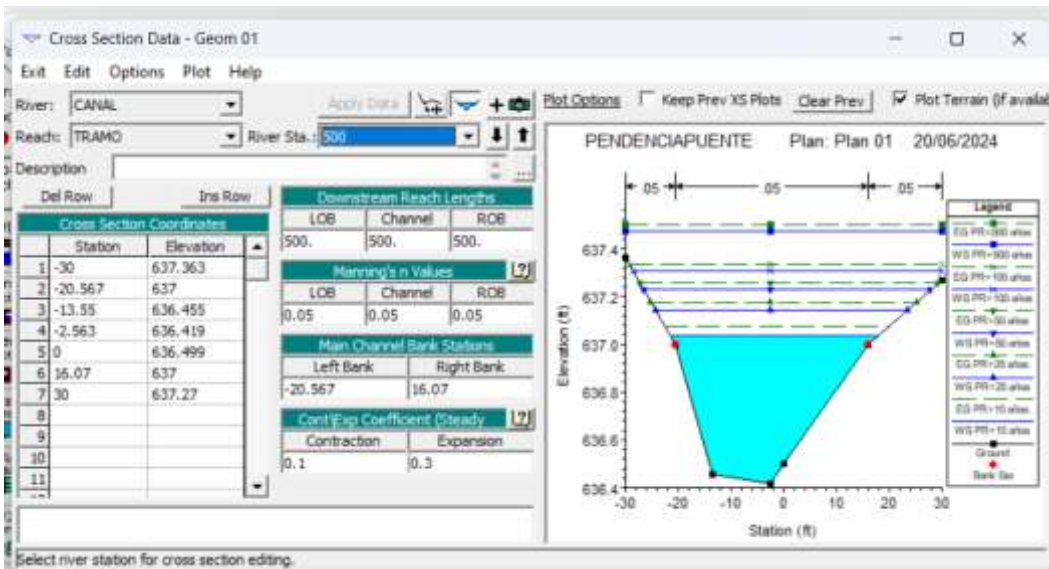
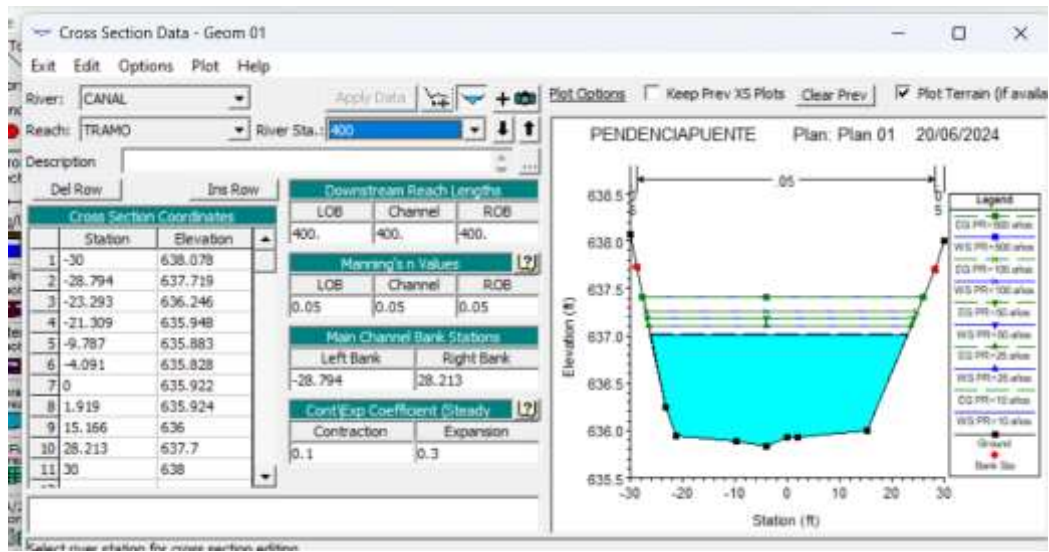
River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
CANAL	TRAMO	all	Normal Depth S = 0.087	Normal Depth S = 0.087

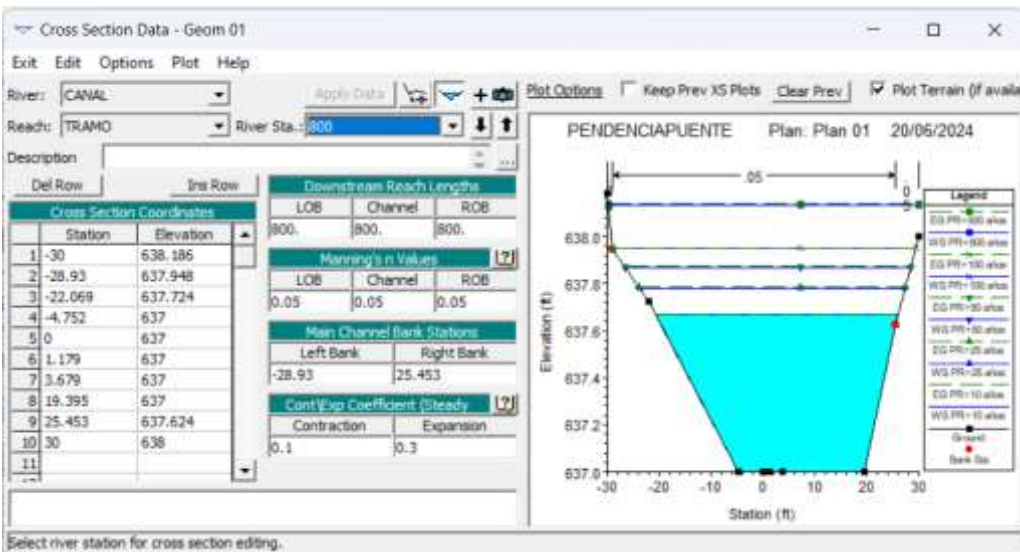
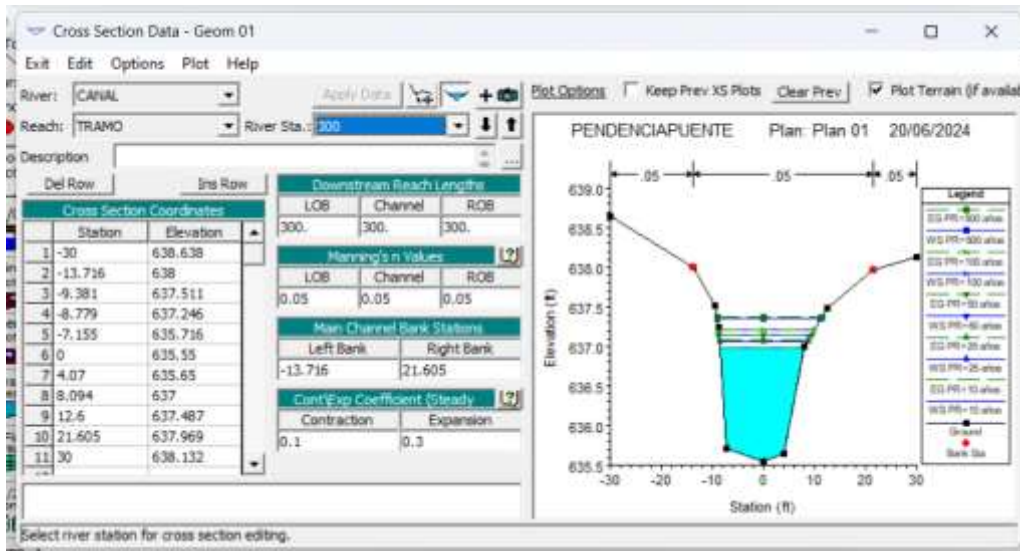
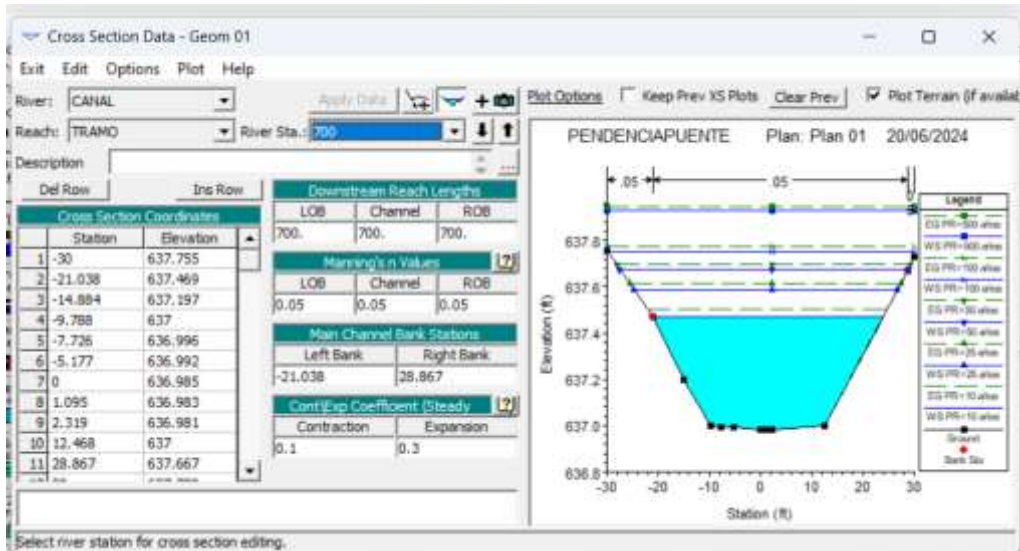
Steady Flow Reach-Storage Area Optimization ...

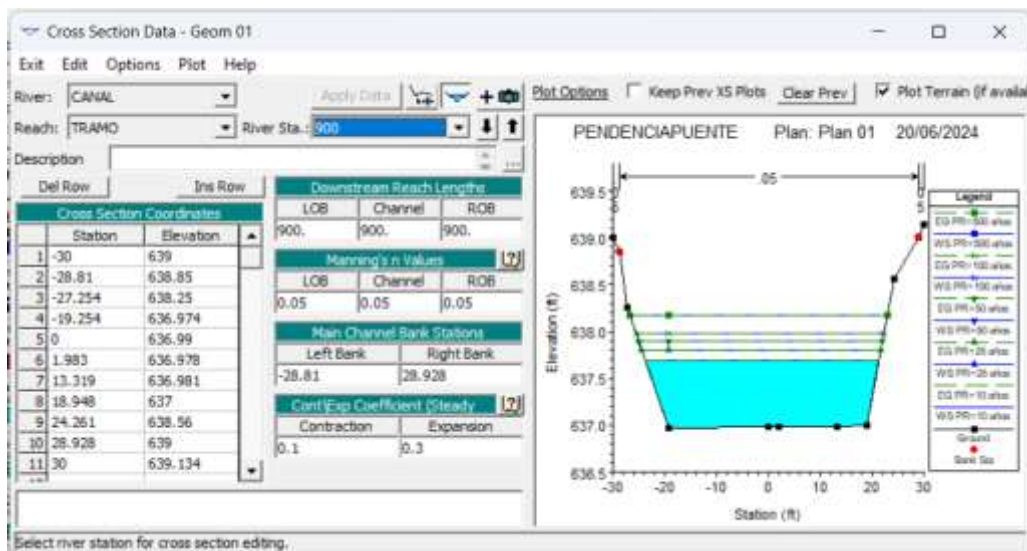
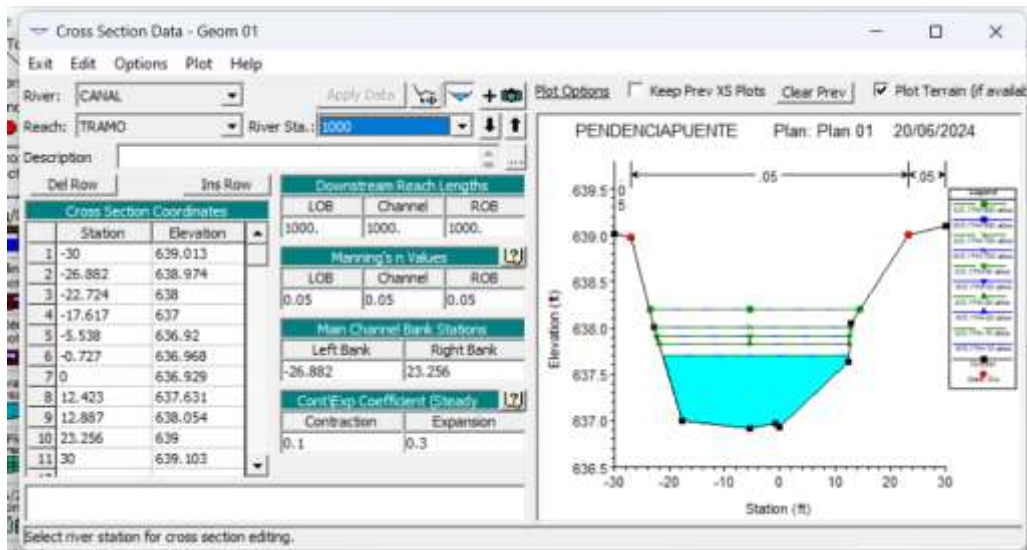
Enter to accept data changes.

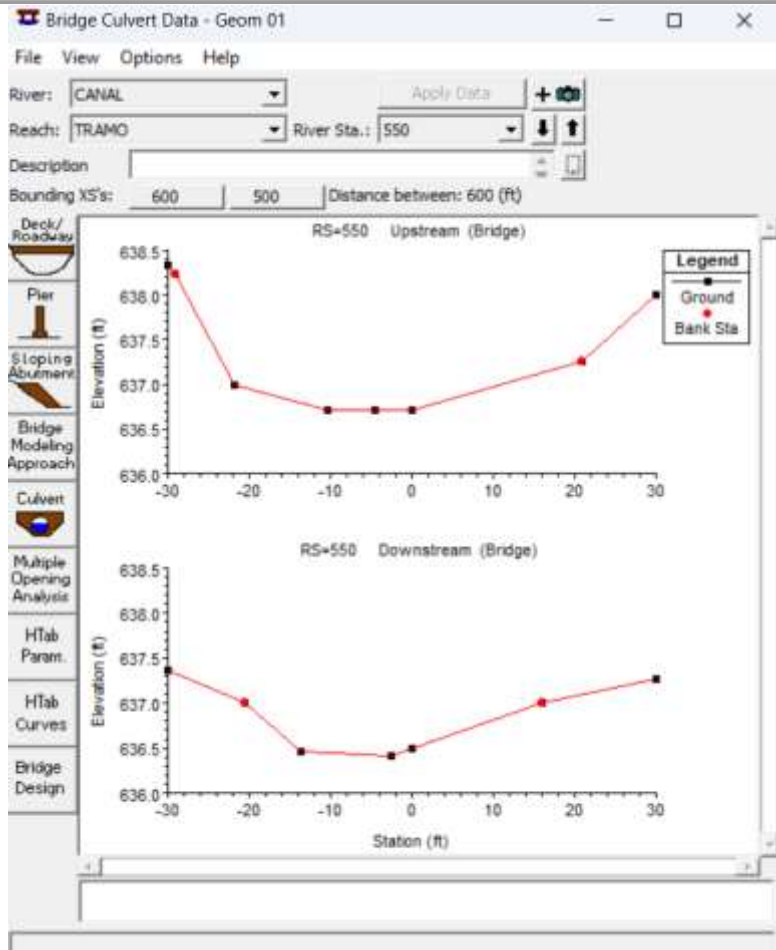
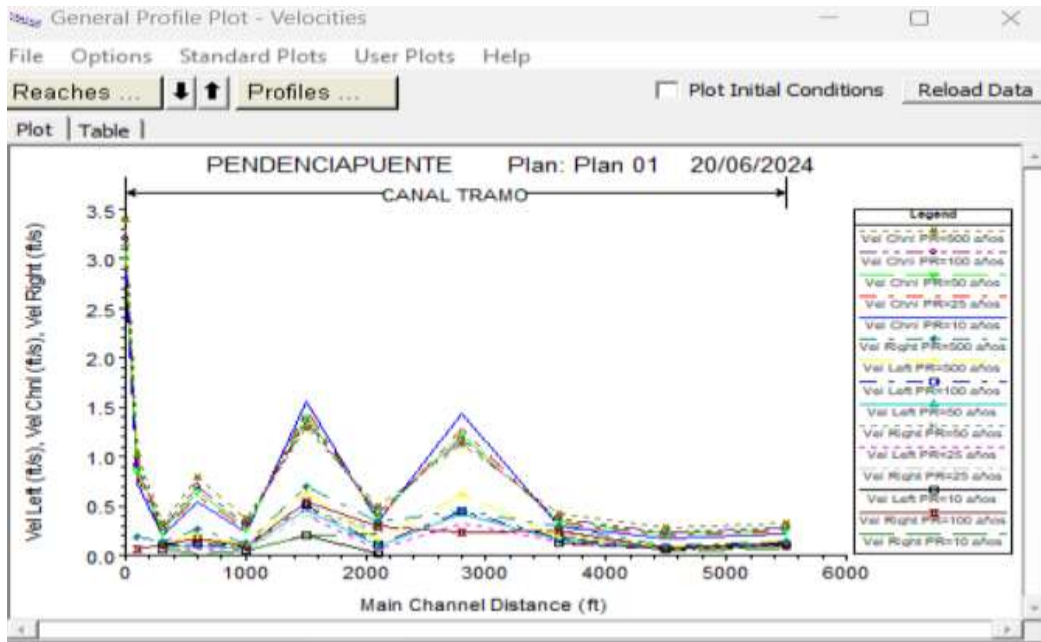
Estas secciones exhiben las variaciones en el caudal para varios intervalos de tiempo de retorno, lo que permite identificar las áreas más susceptibles a inundaciones. Presentamos imágenes que representan las secciones transversales del tramo de estudio en cada punto de referencia







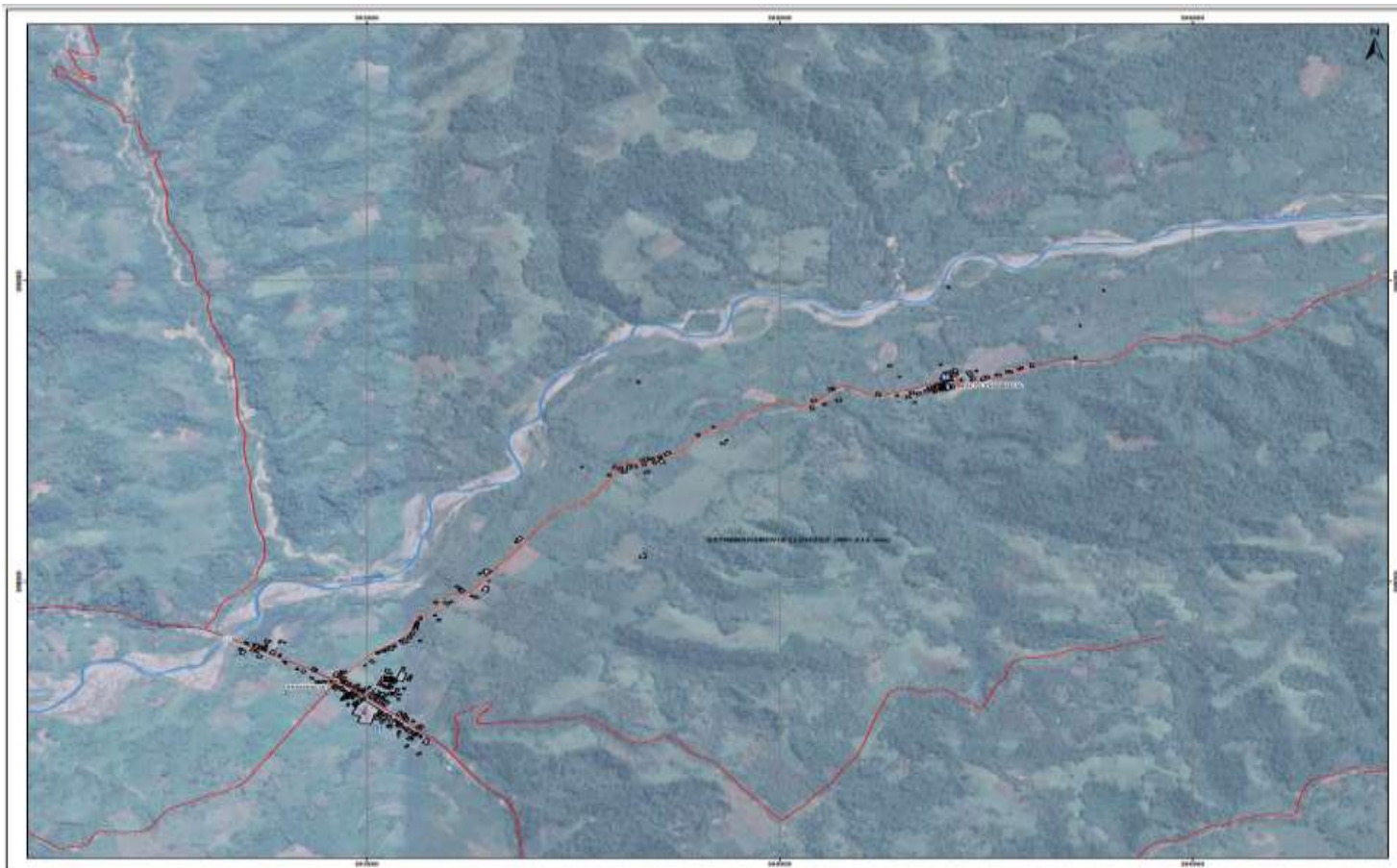




ANEXO 7
HOJA DE LA CARTA NACIONAL – MAPA DE UBICACIÓN



ANEXO 8
HOJA DE LA CARTA NACIONAL – MAPA DE UMBRALES DE PRECIPITACIÓN



ANEXO 9

HOJA DE LA CARTA NACIONAL – MAPA DE ALTURA DE INUNDACIÓN

