



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA DE MURO
ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL
RÍO TULLUMAYO - URUBAMBA – CUSCO**

PRESENTADA POR

LEONIDAS MEJIA MEZA

KELVIN ELVIO SURCO PAUCCAR

ASESORES

ERNESTO ANTONIO VILLAR GALLARDO

JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**LIMA – PERÚ
2023**



CC BY-NC-ND

Reconocimiento – No comercial – Sin obra derivada

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede cambiar de ninguna manera ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA DE MURO ENROCADO
PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO
TULLUMAYO - URUBAMBA – CUSCO**

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

**PRESENTADO POR:
LEONIDAS MEJIA MEZA
KELVIN ELVIO SURCO PAUCCAR**

**ASESORES:
Mg. Ing. ERNESTO ANTONIO VILLAR GALLARDO
Mg. Ing. JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARIA
LIMA-PERÚ**

2023

DEDICATORIA

A mis progenitores, Valentín y Constantina quienes me respaldaron durante todo este período, y especialmente a aquellos que confiaron en mí desde el principio. Agradezco a las personas que, a pesar de sus agendas laborales abrumadas, mostraron interés en la materia de investigación y contribuyeron tanto emocional como académicamente a su desarrollo. También dedico esta tesis a mis profesores, quienes compartieron sus conocimientos y experiencias para que pudiera completar mi formación académica, así como a todos los interesados en el campo de investigación que he explorado juntos. Espero que este trabajo sea provechoso para la generación de nuevos conocimientos.

Leonidas Mejia Meza

DEDICATORIA

A mi familia, quienes son el pilar emocional en mi vida, siempre creyendo en mí y proporcionándome ejemplos de superación, humildad y sacrificio. Han sido mi guía para aprender a valorar todo lo que tengo. También expresé gratitud hacia mis amigos y todas las personas que se mostraron interesadas en esta investigación, aportando sus conocimientos e ideas para mejorar cada aspecto de esta. Agradezco profundamente a todos ellos por permitirme llegar a este punto y por la confianza que depositaron en mí.

Kelvin Elvio Surco Paucar

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestro profundo agradecimiento, primero a todopoderoso Dios, por ser mi guía constante y por armarme acompañamiento a lo largo de mi vida, dándome su infinita sabiduría y paciencia.

También agradezco a mis hermanos, quienes me motivaron a completar este importante capítulo de mi vida profesional. Ellos han sido un modelo a seguir para mí, sirviendo como mi fuente de motivación para esforzarme aún más y superarme. Agradecemos la orientación brindada en este estudio por parte de los expertos Mg.Ing. Ernesto Antonio Villar Gallardo y Mg.Ing. Juan Manuel Oblitas Santa María, quienes compartieron sus valiosas experiencias y sabiduría.

Leonidas Mejia Meza y Kelvin Surco Paucar

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN	xix
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	
1. 1 Antecedentes de la investigación	1
1.1.1 Antecedentes internacionales	1
1.1.2 Antecedentes nacionales	4
1. 2 Fundamentación del problema	7
1. 3 Planteamiento del Problema	11
1.3.1 Problema Principal	12
1.3.2 Problemas Específicos	12
1. 4 Impacto potencial	13
1.4.1 Impacto teórico	13
1.4.2 Impacto práctico	13
1. 5 Limitaciones	14
1.5.1 Limitación social	14
1.5.2 Limitación técnica	14
1. 6 Bases teóricas	15
1.6.1 Levantamiento topográfico	15
1.6.2 Estudios de suelos	15
1.6.3 Estudio hidrológico	23
1.6.4 Modelamiento hidráulico	35

	Página
1. 7	Definición de términos básicos 42
CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES	
2.1	Formulación de objetivos 44
2.2	Hipótesis 45
2.3	Definición de variables 46
2.3.1	Definición conceptual 46
2.3.2	Definición operacional 46
2.4	Operacionalización de variables 47
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	
3.1.	Diseño metodológico 48
3.1.1	Tipo de investigación 48
3.1.2	Enfoque de la investigación 48
3.1.3	Nivel de investigación de investigación 49
3.1.4	Diseño de investigación 49
3.2.	Población y muestra 49
3.2.1	Población 49
3.2.2	Muestra 50
3.3.	Instrumento 57
3.3.1	Instrumentos de recolección de datos 57
3.4.	Técnicas e instrumentos del proceso de datos 58
3.4.1	Técnicas 58
3.4.2	Procedimientos 59
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	
4.1	Levantamiento topográfico 62

	Página	
4.1.1	Mapa de proceso	62
4.1.2	Desarrollo	62
4.2	Estudio hidrológico	78
4.2.1	Mapa de proceso	78
4.2.2	Desarrollo	78
4.2.3	Delimitación con ArcGIS	79
4.2.4	Resultados	108
4.3	Estudio suelos	119
4.3.1	Mapa de proceso	119
4.3.2	Desarrollo	119
4.3.3	Resultados	128
4.4	Modelamiento hidráulico	132
4.4.1	Mapa de proceso	132
4.4.2	Desarrollo	132
4.5	Pre dimensionamiento de muro enrocado	147
4.5.1	Mapa de proceso	147
4.5.2	Desarrollo	147
4.5.3	Resultados	148
 CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS		
5.1	Contrastación de hipótesis	158
5.1.1	Hipótesis general HG: Diseño de defensa ribereña	158
5.1.2	Hipótesis Especifico HE 1: Levantamiento topográfico	158
5.1.3	Hipótesis Especifico HE 2: Estudio de hidrológico	159
5.1.4	Hipótesis Especifico HE 3: Estudio suelos	160

	Página	
5.1.5	Hipótesis Especifico HE 4: Modelamiento hidráulico	161
5.1.6	Hipótesis Especifico HE 5: Pre dimensionamiento	162
5.2	Contrastación de antecedentes	163
5.2.1	Antecedentes internacionales	163
5.2.2	Antecedentes nacionales	164
	CONCLUSIONES	166
	RECOMENDACIONES	168
	FUENTES DE INFORMACIÓN	169

ÍNDICE TABLAS

	Página
Tabla 1. <i>Símbolos de grupo (SUCS)</i>	16
Tabla 2. <i>Tipología de suelos (SUCS)</i>	16
Tabla 3. <i>Correlación de tipos de suelo AASHTO</i>	17
Tabla 4. <i>Serie de tamices para el ensayo por tamizado</i>	20
Tabla 5. <i>Clasificación por tamaño de cuencas</i>	24
Tabla 6. <i>Forma de cuenca según valores de K</i>	25
Tabla 7. <i>Valores de tiempo de retorno T (años)</i>	33
Tabla 8. <i>Valores máximos de riesgo recomendados</i>	34
Tabla 9. <i>Valores de coeficiente de Manning</i>	39
Tabla 10. <i>Operacionalización de variables</i>	47
Tabla 11. <i>Puntos BM de control del río Tullumayo</i>	68
Tabla 12. <i>Puntos de levantamiento topográfico con GPS diferencial</i>	69
Tabla 13. <i>Clases de forma según valores de K</i>	84
Tabla 14. <i>Rectángulo equivalente</i>	86
Tabla 15. <i>Coeficiente de incidencia de las estaciones al área de estudio</i>	92
Tabla 16. <i>Resumen de análisis de prueba de ajuste a distribuciones</i>	99
Tabla 17. <i>Precipitaciones Máximas probables para periodos de retorno</i>	100
Tabla 18. <i>Cuadro de intensidades para diferentes tiempos de duración</i>	101
Tabla 19. <i>Tormenta de diseño T=25 años</i>	103
Tabla 20. <i>Tormenta de diseño T=50 años</i>	104
Tabla 21. <i>Tormenta de diseño T=100 años</i>	105
Tabla 22. <i>Tormenta de diseño T=140 años</i>	106

	Página
Tabla 23. <i>Tormenta de diseño $T_r=500$ años</i>	107
Tabla 24. <i>Parámetros de forma de la microcuenca de Chicón</i>	109
Tabla 25. <i>Sistema de drenaje de la microcuenca de Chicón</i>	110
Tabla 26. <i>Resumen parámetros de desnivel de la microcuenca Chicón</i>	110
Tabla 27. <i>Número de curva de la cuenca del río Tullumayo</i>	112
Tabla 28. <i>Ubicación de calicatas del proyecto</i>	124
Tabla 29. <i>Resumen de resultados de los estudios de suelos</i>	129
Tabla 30. <i>Resumen de resultados de los estudios de suelos</i>	129
Tabla 31. <i>Valores de factor de frecuencia</i>	149
Tabla 32. <i>Valores de X y $1/(x+1)$</i>	149
Tabla 33. <i>Coeficiente K según tipo de material</i>	151
Tabla 34. <i>Contrastación de Hipótesis General</i>	158
Tabla 35. <i>Contrastación de Hipótesis Específica 1</i>	159
Tabla 36. <i>Contrastación de Hipótesis Específica 2</i>	160
Tabla 37. <i>Contrastación de Hipótesis Específica 3</i>	161
Tabla 38. <i>Contrastación de Hipótesis Específica 4</i>	162
Tabla 39. <i>Contrastación de Hipótesis Específica 5</i>	163
Tabla 40. <i>Contrastación de Antecedente Internacional</i>	164
Tabla 41. <i>Contrastación de Antecedente Nacional</i>	165

ÍNDICE FIGURAS

	Página
Figura 1. <i>Historial de Inundaciones anuales a nivel nacional</i>	8
Figura 2. <i>Muertes por inundaciones a nivel nacional entre los años 1981 y 2021</i>	8
Figura 3. <i>Departamentos afectados por inundaciones en el año 2010</i>	9
Figura 4. <i>Huayco en la entrada principal de la comunidad de Chicón</i>	10
Figura 5. <i>Diagrama de causa y efecto</i>	12
Figura 6. <i>Límites de atterberg</i>	18
Figura 7. <i>Ensayo de limite liquido</i>	19
Figura 8. <i>Ensayo de limite plástico</i>	19
Figura 9. <i>Partes de cuenca hidrográfica</i>	23
Figura 10. <i>Rectángulo equivalente de la cuenca Tullumayo</i>	26
Figura 11. <i>Edad del río de acuerdo con la geometría de la curva hipsométrica</i>	27
Figura 12. <i>Orden de cauce de la cuenca del río Tullumayo</i>	29
Figura 13. <i>Hidrograma unitario en software HEC-HMS</i>	35
Figura 14. <i>Muro de gaviones</i>	40
Figura 15. <i>Muro enrocado</i>	41
Figura 16. <i>Ubicación de la microcuenca de Chicón del río Tullumayo</i>	50
Figura 17. <i>Vuelo Dron de zonas críticas del río Tullumayo</i>	51
Figura 18. <i>Vista panorámica desde lo alto de la Comunidad San Isidro Chicón</i>	51
Figura 19. <i>Plano de ubicación de la muestra</i>	52
Figura 20. <i>Muestra de estudio tramo I del 2+380 km al 2+440 km</i>	53
Figura 21. <i>Muestra de estudio tramo II del 4+200 km al 6+145 km</i>	54
Figura 22. <i>Visita al área de estudio para realizar trabajos de campo</i>	55

	Página
Figura 23. <i>Condiciones actuales del río Tullumayo</i>	55
Figura 24. <i>Vuelo de Dron al área de estudio</i>	56
Figura 25. <i>Probables zonas afectadas ante inundaciones del río Tullumayo</i>	56
Figura 26. <i>Procesamiento de dato para el diseño de muro enrocado</i>	60
Figura 27. <i>Proceso de levantamiento topográfico</i>	62
Figura 28. <i>Certificado de punto geodésico</i>	63
Figura 29. <i>Reconocimiento del río Tullumayo</i>	64
Figura 30. <i>Instalación de GPS diferencial en el punto geodésico</i>	65
Figura 31. <i>Instrumentos utilizados para el levantamiento topográfico</i>	66
Figura 32. <i>Recorrido por el cauce del río Tullumayo para la toma de puntos</i>	66
Figura 33. <i>Levantamiento topográfico con vuelo Dron</i>	67
Figura 34. <i>Muestra de estudio tramo I del 2+380 km al 2+440 km</i>	75
Figura 35. <i>Muestra de estudio tramo II del 4+200 km al 5+000 km</i>	76
Figura 36. <i>Muestra de estudio tramo II km 5+000 al km 6+145</i>	77
Figura 37. <i>Proceso de estudio hidrológico</i>	78
Figura 38. <i>Mapa de cobertura de imágenes ASTER(DEM)</i>	79
Figura 39. <i>Inserción del DEM al software ArcGIS</i>	80
Figura 40. <i>Ríos principales de la ciudad de Urubamba en ArcGIS</i>	80
Figura 41. <i>Colocación del punto de salida del flujo</i>	81
Figura 42. <i>Delimitación de la microcuenca de Chicón del río Tullumayo</i>	81
Figura 43. <i>Orden de ríos de la microcuenca de Chicón del río Tullumayo</i>	82
Figura 44. <i>Datos de área y perímetros de la microcuenca de Chicón del río Tullumayo</i>	83

	Página
Figura 45. <i>Rectángulo equivalente de microcuenca de Chicón del río Tullumayo</i>	86
Figura 46. <i>Curva hipsométrica de la microcuenca de Chicón del río Tullumayo</i>	89
Figura 47. <i>Polígono de frecuencias de áreas parciales</i>	89
Figura 48. <i>Análisis mediante el método de polígono de Thiessen</i>	92
Figura 49. <i>Registro de precipitaciones máximas de 24 horas de estación hidrológica de Urubamba</i>	93
Figura 50. <i>Datos de precipitaciones máximas de 24 horas anuales</i>	96
Figura 51. <i>Historial de precipitaciones máximas anuales de 24 horas</i>	96
Figura 52. <i>Comportamiento de la distribución Gamma</i>	97
Figura 53. <i>Análisis de bondad de distribución de Pearson III</i>	97
Figura 54. <i>Resultado de prueba de ajuste de Kolmogorov - Smirnov</i>	98
Figura 55. <i>Resultado de prueba de ajuste de Chi-cuadrado(X^2)</i>	98
Figura 56. <i>Cálculo de precipitaciones máximas probables</i>	99
Figura 57. <i>Curva IDF para diferentes tiempos de duración</i>	102
Figura 58. <i>Tormenta de diseño $T=25$ años</i>	104
Figura 59. <i>Tormenta de diseño $T=50$ años</i>	105
Figura 60. <i>Tormenta de diseño $T=100$ años</i>	106
Figura 61. <i>Tormenta de diseño $T=140$ años</i>	107
Figura 62. <i>Tormenta de diseño $Tr=500$ años</i>	108
Figura 63. <i>Áreas parciales y rango de número de curva</i>	111
Figura 64. <i>Programa de HEC-HMS</i>	112
Figura 65. <i>Programa de HEC- HMS con intervalos de tiempo de 5 minutos</i>	113

	Página
Figura 66. Caudal máximo mediante el hidrograma unitario de sintético del SCS para T=25 años	113
Figura 67. Programa de HEC- HMS Caudal máximo mediante el hidrograma unitario para T=25 años	114
Figura 68. Caudal máximo mediante el hidrograma unitario de sintético del SCS para T=50 años	114
Figura 69. Caudal máximo mediante el hidrograma unitario para T=50 años	115
Figura 70. Caudal máximo mediante el hidrograma unitario para T=100 años	115
Figura 71. Caudal máximo mediante el hidrograma unitario para T=100 años	116
Figura 72. Caudal máximo mediante el hidrograma unitario de sintético del SCS para T=140 años	116
Figura 73. Caudal máximo mediante el hidrograma unitario para T=140 años	117
Figura 74. Caudal máximo mediante el hidrograma unitario de sintético del SCS para T=500 años	117
Figura 75. Caudal máximo mediante el hidrograma unitario para T=500 años	118
Figura 76. Mapa de proceso de estudio de suelo	119
Figura 77. Ubicación de 6 calicatas para el estudio de suelos	120
Figura 78. Toma de muestra de la calicata 01	120
Figura 79. Toma de muestra de la calicata 02	121
Figura 80. Toma de muestra de la calicata 03	122
Figura 81. Toma de muestra de la calicata 04	123
Figura 82. Toma de muestra de la calicata 05	123
Figura 83. Toma de muestra de la calicata 06	124
Figura 84. Análisis granulométrico por tamizado	125
Figura 85. Tamizado de material para el ensayo de limite plástico	126

	Página
Figura 86. <i>Ensayo de límite plástico</i>	126
Figura 87. <i>Toma de muestra ensayo limite plástico</i>	127
Figura 88. <i>Ensayo de granulometría</i>	127
Figura 89. <i>Ensayo corte directo</i>	128
Figura 90. <i>Análisis granulométrico</i>	130
Figura 91. <i>Ángulo de fricción</i>	130
Figura 92. <i>Carga admisible</i>	131
Figura 93. <i>Mapa de proceso de modelamiento hidráulico</i>	132
Figura 94. <i>Creación del eje del cauce, definición del inicio y fin del cauce</i>	133
Figura 95. <i>Creación de banks lines del río Tullumayo</i>	133
Figura 96. <i>Creación de llanuras de inundación del río Tullumayo</i>	134
Figura 97. <i>Creación de secciones transversales del río Tullumayo</i>	134
Figura 98. <i>Creación de archivo en HEC-RAS</i>	134
Figura 99. <i>Importación de geometría</i>	135
Figura 100. <i>Introducción la rugosidad</i>	135
Figura 101. <i>Instrucción de caudales para la modelación</i>	136
Figura 102. <i>Visualización de inundación de inundación en 3d en Ras Mapper</i>	136
Figura 103. <i>Secciones transversales progresiva 6+140</i>	137
Figura 104. <i>Secciones transversales progresiva 5+840</i>	137
Figura 105. <i>Secciones transversales progresiva 5+460 4+660</i>	138
Figura 106. <i>Secciones transversales progresiva 5+460</i>	138
Figura 107. <i>Secciones transversales progresiva 4+980</i>	139
Figura 108. <i>Secciones transversales progresiva 4+300</i>	139
Figura 109. <i>Secciones transversales progresiva 4+180</i>	140

	Página
Figura 110. Secciones transversales progresiva 3 +100	140
Figura 111. Perfil longitudinal del tramo de estudio	141
Figura 112. Propiedades hidráulicas de las secciones	141
Figura 113. Tramo crítico del río Tullumayo	142
Figura 114. Ubicación de área inundable tramo I	143
Figura 115. Ubicación de área inundable tramo II	143
Figura 116. Ubicación del muro enrocado de tramo I 2+380 Km al 2+440 Km	144
Figura 117. Ubicación del muro enrocado de tramo II 5+000 km AL 6+145 km	145
Figura 118. Ubicación del muro enrocado de tramo II 4+200 km AL 5+000 km	146
Figura 119. Mapa de proceso	147
Figura 120. Diseño del muro enrocado	157

RESUMEN

Nuestro país es vulnerable a inundaciones producidas por el fenómeno del niño y otros aspectos ambientales, estos traen consigo pérdida de vidas humanas, casas, vías de comunicación, terrenos agrarios y otros; lo cual implica que muchas regiones del Perú deberían tener una planificación en la construcción de defensas rivereñas en zonas críticas como quebradas, bordes de los ríos, etc.

Esta investigación propone realizar el diseño de defensa rivereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo - Urubamba - Cusco.

La metodología es aplicada no experimental de enfoque cuantitativo. La muestra seleccionada consta de dos tramos, el primer tramo inicia en la progresiva de 2+380 km hasta progresiva 2+440 km y el segundo tramo inicia con la progresiva 4+200 km hasta progresiva 6+145 km en la microcuenca de Chicón. Se determinó caudales máximos de diseños para tiempos de retorno $Tr=25$, $Tr=50$, $Tr=100$, $Tr=140$ y $Tr=500$ años y tipo de suelo grava arcillosa.

Como resultado se obtuvo la construcción del muro enrocado en ambas márgenes del tramo crítico del río Tullumayo; las dimensiones del muro enrocado son: altura 2.50 metros, Ancho de corona 3.00 metros, diámetro medio de roca 1.30 metros, amplitud de cauce de 7.40 metros y la profundidad de uña de 1.15 metros. Se concluye que el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado mitiga de manera óptima las inundaciones por causa de las precipitaciones altas en el río Tullumayo.

Palabra clave: Mitigar, caudal, riesgo, periodo de retorno.

ABSTRACT

Our country is vulnerable to floods caused by the El Niño phenomenon and other environmental aspects, these bring with them loss of human lives, houses, communication routes, agricultural land and others; which implies that many regions of Peru should have planning for the construction of river defenses in critical areas such as ravines, river edges, etc.

This research proposes to carry out the design of river defense with the rock wall system to mitigate flooding in the Tullumayo - Urubamba - Cusco river.

The methodology is applied non-experimental with a quantitative approach. The selected sample consists of two sections, the first section begins at the progressive 2+380 km until progressive 2+440 km and the second section begins with the progressive 4+200 km until progressive 6+145 km in the Chicón micro-basin. Maximum design flows were determined for return times $Tr=25$, $Tr=50$, $Tr=100$, $Tr=140$ and $Tr=500$ years and clay gravel soil type.

As a result, the construction of the rock wall on both banks of the critical section of the Tullumayo River was obtained; The dimensions of the rock wall are: height 2.50 meters, crown width 3.00 meters, average rock diameter 1.30 meters, channel width of 7.40 meters and nail depth of 1.15 meters. It is concluded that the riverside defense design with the rockwall system optimally mitigates flooding due to high rainfall in the Tullumayo River.

Keyword: Mitigate, flow, risk, return period.

NOMBRE DEL TRABAJO

DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA D
E MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS
INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO -
U

AUTOR

LEONIDAS MEJIA MEZA / KELVIN ELVIO
SURCO PAUCCAR

RECUENTO DE PALABRAS

36606 Words

RECUENTO DE CARACTERES

176910 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

195 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

11.5MB

FECHA DE ENTREGA

Feb 22, 2024 10:02 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Feb 22, 2024 10:29 AM GMT-5

● 18% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 14% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)

**Biblioteca FIA**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Patricia Rodríguez Toledo'.

Patricia Rodríguez Toledo
Bibliotecóloga

INTRODUCCIÓN

En muchas partes del mundo, las constantes lluvias son vitales para la vida en la superficie terrestre. Sin embargo, cuando las precipitaciones exceden en el cauce natural de los ríos y quebradas, permite el desbordamiento, generando zonas inundables que provocan daños materiales, afectan la agricultura y además pueden resultar en la pérdida de vidas humanas. Esto tiene un impacto significativo en la economía sostenible y la supervivencia de las comunidades. En respuesta a estos desafíos se implementan proyectos de protección, como las defensas ribereñas para mitigar estos riesgos.

Esta investigación tiene importancia crucial, por que dará una solución al problema de inundaciones producidas por las crecidas de los ríos debido a cambios climáticos sobre todo los causados por el Fenómeno el Niño. Además, actúan como barreras físicas que reducen el impacto de inundaciones y contribuyen a mantener la estabilidad de las zonas adyacentes al río en el cual se encuentran viviendas, terrenos de cultivos, caminos vecinales, etc.

La metodología es de tipo aplicada no experimental de enfoque cuantitativo. La muestra seleccionada consta de dos tramos, el primer tramo inicia en la progresiva 2+380 km hasta la progresiva 2+440 km y el segundo tramo inicia con la progresiva 3+400 km hasta la progresiva 6+145 km en la microcuenca de Chicón del río Tullumayo. Se ha determinado un caudal de diseño de $15.10 \text{ m}^3/\text{s}$ para un periodo de retorno de 100 años, pendiente topográfica de 9% y el tipo de suelo grava arcillosa. Estos tramos han sido identificados como críticos debido a su relevancia en términos de vulnerabilidad a eventos hidrológicos extremos y su importancia para el diseño de medidas de mitigación.

El levantamiento topográfico; permite realizar el reconocimiento del área a estudiar para luego realizar el levantamiento topográfico haciendo uso de equipos topográficos como es el Drone, GPS diferencial y una vez obtenida las datos se procede al trabajo en gabinete utilizando el programa Civil 3D, para lograr obtener el perfil longitudinal, secciones transversales y las curvas de nivel.

El estudio hidrológico, primeramente, se obtiene datos pluviométricos de SENAMHI luego ser procesados con la ayuda del software Excel, software ArcGIS, HEC-HMS, este objetivo contribuyo en los caudales máximos para periodos de retorno, así

como en hallar los hidrogramas de diseño para $Tr=25$, $Tr=50$, $Tr=100$, $Tr=140$ y $Tr=500$ años.

El estudio de suelos determina las características del suelo; se realizaron 06 calicatas para asegurar la cimentación del diseño de muro enrocado.

El modelamiento hidráulico aplicando el HEC-RAS contribuye a identificar las zonas propensas a inundaciones a lo largo del cauce del río Tullumayo. Además, proporciona valores de tirante de agua, pendiente, velocidad etc.

El pre - dimensionamiento determina las dimensiones del muro enrocado para los tramos críticos del río Tullumayo.

La siguiente investigación está comprendida en los siguientes capítulos:

El capítulo I está constituido por los antecedentes bibliográficos, fundamentación del problema, planteamiento de la problemática, bases teóricas y definición de los términos básicos.

El capítulo II comprende formulación de objetivos, las hipótesis, la definición de variables y su operacionalización.

El capítulo III está compuesta por metodológica, población, muestra, instrumentos, técnicas e instrumentos de procesamiento de datos.

El capítulo IV contiene los resultados del estudio de suelos, estudio hidrológico e hidráulico y el levantamiento topográfico. Finalmente se presenta el diseño de muro enrocado.

El capítulo V está comprendido por la contrastación de hipótesis y la contrastación de antecedentes.

Al final se tiene las conclusiones, sugerencias, fuentes de información y anexos.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes de la investigación

1.1.1 Antecedentes internacionales

Chona et al. (2023), en su artículo que lleva como título “Comparación obras de reducción del riesgo sobre áreas de amenaza alta por inundación sobre un sector de la quebrada Tonchala en San José de Cúcuta”. País de Colombia

El objetivo es mencionar que las estructuras de defensa desempeñan un rol crucial en la mitigación del riesgo en zonas propensas a inundaciones severas. Su importancia radica en la detección temprana de deficiencias emergentes y en la capacidad de intervenir de manera efectiva. Este estudio se centra en comparar diferentes enfoques de obras de protección diseñadas para reducir la amenaza en áreas altamente susceptibles a inundaciones. La zona en estudio es la Quebrada Tonchalá.

La metodología se centró en la investigación de carácter aplicado y busca implementar conocimientos ya adquiridos en situaciones reales.

Muestra de estudio es en la Quebrada Tonchalá del gobierno municipal de San José de Cúcuta.

En los instrumentos se aplica un análisis basado en múltiples criterios mediante el uso del método AHP (Análisis de Jerarquía Procesal) para identificar la infraestructura de protección más apropiada para la región en cuestión.

Los resultados, indican que este enfoque se basa en ponderar la relevancia de distintos factores esenciales que influyen directamente en la decisión final. De este análisis se concluye que un muro de concreto con un 35% es la opción más adecuada y el muro enrocado 26% son las mejores opciones preferidas para reducir el riesgo de inundación en zonas altamente amenazadas en comparación con otras alternativas. Esto respalda la idea de que estas opciones son las mejores adaptadas a las condiciones específicas del área en cuestión.

Bermony & Manzanera (2022), en su investigación titulada “Estudio hidrológico e hidráulico y propuesta de mitigación sobre la margen izquierda del río Ocoa Km 9+930.00 barrio Samán de la Rivera, municipio de Villavicencio – Meta”. Universidad cooperativa de Colombia.

El objetivo se centra en hacer un análisis hidrológico e hidráulico y proponer medidas de mitigación para construir una defensa ribereña.

La metodología empleada en este proyecto es descriptiva y explicativa. Comienza recopilando y analizando información, realizando un estudio hidrológico y morfométrico (utilizando mapas característicos), desarrollando modelos hidráulicos y finalmente, presentando una propuesta de mitigación. Para obtener datos morfométricos de la cuenca,

Los instrumentos utilizados fueron el software ArcGIS, luego se emplea el programa HEC-RAS junto con la extensión RAS MAPPER para realizar un modelo hidráulico y analizar las amenazas, considerando niveles de flujo y áreas de inundación.

La muestra se centra en el río Ocoa, que posee un área de 39.93 km². El diseño del caudal considerando un tiempo de retorno $Tr=100$ años se establece en 154,65 m³/s.

Los resultados muestran el análisis indica que el río tiende a desbordarse tanto en el margen izquierdo como derecho del barrio Samán de la Rivera. Por lo tanto, se propone canalizar el fondo del cauce desde la sección 100 hasta la sección 10 como medida para abordar esta problemática.

Incapoma (2022), en su investigación titulada “Estudios hidrológicos iniciales para la canalización del Río Seco”. Universidad Mayor de San Andrés país Bolivia.

El objetivo principal es ejecutar un estudio hidrológico para canalizar el Río Seco.

La Metodología de este trabajo se caracteriza por tener tipo aplicativo, ya que se enfoca en abordar un problema específico, y se adscribe al enfoque cuantitativo al recopilar información de naturaleza numérica.

Muestra de estudio la Cuenca del Río Seco, departamento de La Paz, Provincia Murillo, al noroeste de la ciudad de El Alto.

Los instrumentos utilizados son el software computacional Civil 3D y software ArcGIS estos instrumentos ayudaron a determinar los puntos críticos a sufrir inundaciones.

Los resultados de los análisis hidrológicos en relación con la canalización del Río Seco se debieron abordar con una perspectiva más amplia, considerando tanto los enfoques convencionales basados en la fisiografía y la morfología de la cuenca, los cuales proporcionan información sobre el comportamiento natural que tienen las aguas en el cauce del río.

Friend (2022), en su investigación titulada “Reparación de enrocado de protección contra el oleaje y erosión litoral, en el predio de la casa de prácticos APG”. Universidad de la Salle país Colombia.

El objetivo consiste en desarrollar una recomendación de restauración para el enrocado utilizado en la defensa costera con el fin de salvaguardar las áreas cercanas a la Casa de Prácticos de la APG contra la embestida de las olas, así como de los efectos erosivos en la costa, asegurando así la solidez de la estructura.

La metodología para este trabajo es descriptivo y explicativo, basado en datos cuantitativos. Esto implica que se llevará a cabo una visita en terreno previa para observar y detallar el estado del diseño del enrocado bajo análisis.

Instrumento utilizado para el análisis de datos fueron el software Geo5, Slope/W y AutoCAD. Además, se realizaron levantamientos topográficos utilizando tecnología RTK y drones para obtener imágenes aéreas.

En la muestra de estudio está comprendido en las áreas cercanas donde se ubica la Casa de Prácticos de la APG para ello se llevó a cabo una inspección visual y un reconocimiento del entorno en el enrocado de defensa costera.

Los resultados señalan que los efectos destructivos de las mareas, olas y fluviales en los enrocados se manifiestan por medio de cambios en el perfil de las estructuras, asentamientos y desgaste de la capa de protección, erosión en la base del talud, al igual que desplazamientos o fracturas de las rocas. Es por ello propone realizar un nuevo enrocado con las siguientes dimensiones de muro altura de muro 4.00 m con talud 1.5 H ,1 V, ancho de corona 5.00 m, profundidad de uña 1.35 m, ancho de uña 2.50, diámetro mínimo de roca 0.52 m, diámetro máximo de roca 1.67 m.

Castrillón y Gonzáles (2021), en su investigación titulada “Alternativa de restauración para la protección y estabilidad del cauce de la quebrada Altavista en un tramo comprendido entre la cantera Santa Cecilia y el colegio padre Manyanet” Universidad EIA país de Colombia.

El objetivo es diseñar obras de bioingeniería para atenuar los problemas en las bancas a causa de la inundación. Para lograr las metas, se empleó un modelo del cauce para recrear su reacción ante diferentes situaciones, y se categorizó la quebrada basándose en el método de Rosgen. Tras establecer la descripción, caracterización y condición geomorfológica, se sugirieron diversas opciones de rehabilitación, las cuales usan técnicas amigables con el ambiente.

Los instrumentos utilizados son el software computacional HEC-RAS con extensión de HEC-GeoRAS la cual es compatible con el lenguaje ArcGIS; estos instrumentos ayudaron a determinar los puntos críticos a sufrir inundaciones.

La muestra está conformada por 10 presas de sedimentación que afectan la integridad natural de la quebrada Altavista.

Se llevaron a cabo simulaciones considerando como tiempo de retorno 5, 10 y 100 años, revelando que no son hidráulicamente adecuadas las secciones del canal y presentan inundaciones en momentos de lluvias intensas.

Por esta razón, se propone intervenir en los puntos críticos recubriendo los taludes con Flexocretos de concreto. A pesar de que esta opción no se clasifica como una alternativa de bioingeniería, se consideró como la solución más apropiada para abordar la situación. Los resultados del modelo hidráulico muestran que, con el caudal a niveles máximos, las velocidades varían en un rango desde 1.34 m/s hasta 4.92 m/s. Se observa una prevalencia de valores cercanos a los 2 m/s y 4 m/s, lo que sugiere la existencia de zonas en la que la velocidad favorece la acumulación de sedimentos, así como tramos donde se produce erosión en las orillas. En cuanto a las fuerzas de corte, fluctúan de 27.92 N/m² a 850.33 N/m², con puntuaciones predominantes de 150 N/m² a 500 N/m², indicando la presencia de fuerzas de arrastre considerables, los cuales impulsan el traslado de sedimentos en el canal.

1.1.2 Antecedentes nacionales

Echegaray & Quiroz (2022), en su tesis titulada “Diseño hidráulico y estructural de la defensa ribereña del Río Reque en el sector Eten - Monsefú”. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Tuvo como objetivo plantear defensas ribereñas para poder proteger los desbordes que pueda causar el río Reque en Eten - Monsefu.

Para esto se utilizó la metodología de obtención de datos del estudio realizado por el Ana en el año 2014 de la franja marginal del río Chancay. Los instrumentos usados son programas modernos como HEC-HMS, Civil 3D y HEC-RAS para analizar la hidrología y diseñar las defensas.

La muestra está compuesta del tramo río Chotano y Chotano con una longitud total de 170 km.

En los resultados propusieron diques formados de materiales del lecho fluvial ancho de corona 4.00m, profundidad de uña 2.20m, con una inclinación de

1V, 2.50H, y altura de muro 4.45m en el borde izquierdo y 5.15m en derecho, estos están resguardados con un filtro, recubiertos con enrocado y complementados con tres estructuras espigón en la curva más marcada.

Guerrero (2022), en su investigación titulada “Diseño hidráulico y estructural de dique enrocado en el río Chicana – sector Salinar Progresivas 47+850 a 49 +850, Distrito Chicana, Provincia Ascope, La libertad”. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Se plantearon el objetivo de hacer el diseño estructural e hidráulico del dique con enrocado para el río Chicama.

Se empleó la metodología de investigación cuantitativa, basado en el análisis de datos numéricos utilizados para medir variables y sus relaciones. Asimismo, se realizó por medio de un diseño descriptivo (no experimental). Se utilizaron herramientas de información de Data Hidrométrica de estación Salinar la cual fue proporcionada por ANA y los softwares utilizados fueron Microsoft Office, procesamiento de información, River, HEC- RAS, Civil 3D, Hidroesta y ArcGIS.

La muestra de este trabajo es de tipo no probabilística dado que se inspira en varios parámetros como la topografía, caudales, inundaciones y el tamaño es de 2.00 km del río Chicana entre las progresivas 47+870 a 49+850.

Como resultado se consiguió el diseño estructural del dique enrocado, que esta dividido en dos tramos en función a su ancho estable de cause el primer tramo 0+000 – 0+227 la cual tiene dimensiones de 6.00 m de altura, corona de 5.00m y talud de 1:1,5. El enrocado en el primer tramo presenta dimensiones consistentes con una altura de 1.00 m, 1.00 m de ancho de cabeza, 1:2 de talud, profundidad de uña de 3.50 m, 4.00 m de ancho superior y 3.00 m de ancho inferior. Luego, en el segundo tramo que se extiende desde el punto 0+227 hasta el 0+427, se produce una transición a una segunda sección en la que el dique tiene un talud de 1:1.5, una altura de 3.50 m y una corona de 4.00 m. En este tramo, el enrocado tiene una altura constante, 1.00 m de ancho de cabeza, 1:2 de talud, 2.50 m de profundidad de uña, un talud de 1:1, un ancho inferior de 2.00 m y un ancho superior de 3.00 m.

Cabrera & Guzmán (2021), en su investigación titulada “Modelamiento hidrológico para pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el tramo 8+000 a 14+km. Del río Chancay – provincia de Huaral – departamento de Lima”. Universidad San Martín de Porres.

Tienen como objetivo crear el modelamiento hidráulico e hidrológico para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas.

La metodología empleada corresponde a un enfoque aplicado, no experimental y de naturaleza cuantitativa.

La muestra posee 6.080 kilómetros de longitud del río Chancay , dividida en dos tramos.

Los instrumentos para llevar a cabo el modelamiento hidráulico e hidrológico son el programa HEC-RAS y HEC-HMS, respectivamente.

Los resultados establecieron que el diseño del dique enrocado con las dimensiones siguientes: para el tramo I, se fijó el dique con una altura de 3.15 metros, y en el tramo II, se fijó 2.84 metros de altura.

Mariño (2021), esta investigación titulada “Mejoramiento de la defensa ribereña para prevenir los riesgos de inundación del Río Chillón, Lima – 2020”. Universidad Cesar Vallejo.

El objetivo es mejorar la defensa ribereña del Río Chillón para prevenir inundaciones.

Se utilizó una metodología cuantitativa con un enfoque descriptivo, evaluando diseños de defensa ribereña, incluyendo enrocado, gaviones y muro de concreto.

La muestra se realizó en una zona de 1,53 km del río Chillón, desde el Puente Nueva Esperanza hasta Puente Piedra, con un muestreo no probabilístico.

Los resultados abarcan dimensiones calculadas y verificaciones de estabilidad, vuelco y resistencia para cada tipo de estructura de defensa ribereña. En resumen, la investigación propone tres mejoras diferentes en las defensas ribereñas del Río Chillón: enrocado, gaviones y muro de concreto.

Acuña (2020), en investigación que tiene como título “Diseño de dique enrocado y defensa ribereña del sector Baños de Fierro tramo km 102+080 a 435, distrito de Andajes - Oyon – Lima”. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

El objetivo de la investigación fue determinar la conexión entre el diseño de un dique construido con enrocado y la protección de la ribera en el área de Baños de Fierro, en una sección que va desde el km 102 +080 al 202+435.

La metodología utilizada es un enfoque correlacional transversal con un enfoque cuantitativo. La muestra está compuesta de 282 personas, que equivale a la población total.

Los resultados señalan que el diseño del dique enrocado tiene un impacto positivo en la prevención de inundaciones causadas por el desbordamiento de agua a través de la defensa ribereña. Los datos recopilados a través de un cuestionario sugieren que estas variables tienen una relación moderada a alta. Específicamente, se encontraron 4 respuestas de "En desacuerdo", 66 respuestas de "Ni de acuerdo ni en desacuerdo", 180 respuestas de "De acuerdo" y 32 respuestas de "Muy de acuerdo".

1.2 Fundamentación del problema

El Niño es un fenómeno climatológico que ocurre recurrentemente en el océano Pacífico, produce un acrecentamiento significativo de las temperaturas en el mar frente al litoral costero peruano. Esto puede resultar en un aumento en la evaporación y la humedad atmosférica, lo que contribuye a lluvias más intensas y prolongadas en la región Costa, Sierra y Selva (Belltich, 2023).

Las inundaciones en el Perú debido a lluvias fuertes en la costa, sierra y selva son el resultado de varios factores geográficos, climáticos y geológicos. Estos factores se combinan para crear condiciones propicias para inundaciones en ciertas regiones del país en estos últimos años se aprecian altas precipitaciones.

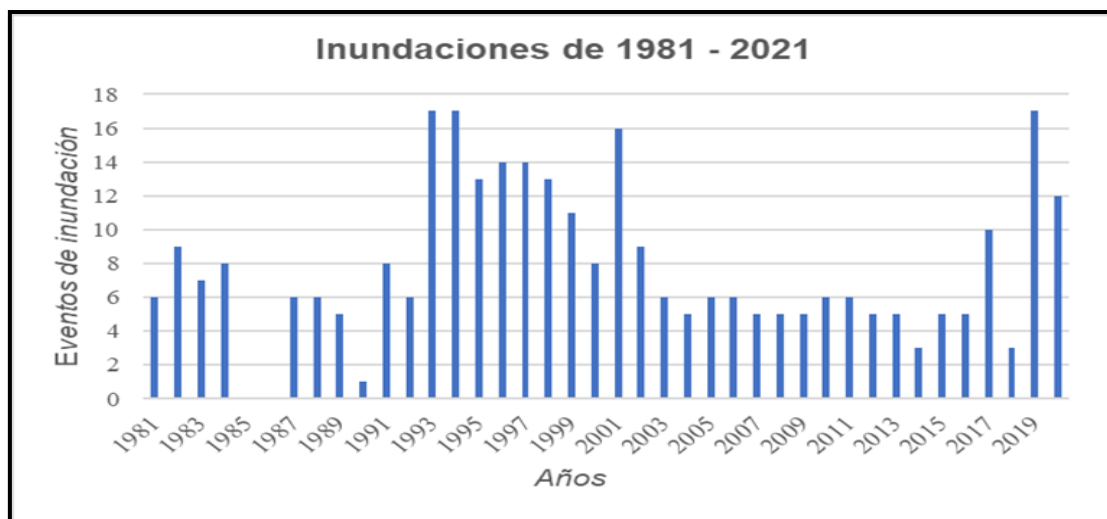
En Perú, organismos como el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) han llevado a cabo investigaciones sobre la hidrología y los riesgos asociados en diferentes regiones del país. Estos estudios han proporcionado información relevante para comprender las características hidrológicas y su influencia en la vulnerabilidad de las estructuras de defensa ribereña.

Según Sardón et al. (2022), recopiló información durante los últimos diez años 2011-2021, en el cual indica que no hubo inundaciones de carácter excepcional, lo que en términos generales se tradujo en la ausencia de pérdidas de vidas humanas. Sin embargo, en el 2017, a nivel nacional se reportaron 107 personas fallecidas, 171,322 personas afectadas, 1,010,208 personas afectadas, 319 heridos y 18 personas desaparecidas. Además, se documentó el colapso de 20,301 viviendas, 18,908 viviendas que quedaron inhabilitadas y 221,761 viviendas afectadas.

Tal como se representa los datos de inventarios de inundaciones a nivel nacional en el siguiente gráfico:

Figura 1.

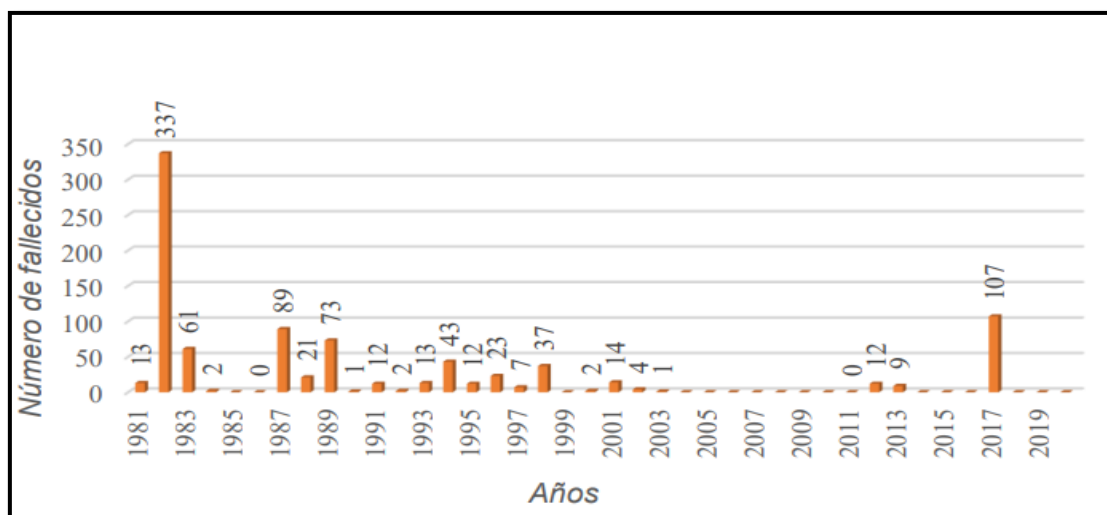
Historial de Inundaciones anuales a nivel nacional



Fuente: Sardón, Lavado, & Felipe, (2022). Inventario de datos de eventos de inundaciones del Perú. (<https://bit.ly/3MKTqvz>)

Figura 2.

Muertes por inundaciones a nivel nacional entre los años 1981 y 2021



Fuente: Sardón, Lavado, & Felipe, (2022). Inventario de datos de eventos de inundaciones del Perú. (<https://bit.ly/3MKTqvz>)

En los últimos tiempos, particularmente en el año 2010, se registraron lluvias inusuales en la región del Cusco. Estos eventos proporcionaron datos valiosos

sobre los procesos geológicos e hidrometeorológicos, así como los desafíos que enfrenta la región, especialmente en relación con las inundaciones en los ríos Vilcanota y Huatanay, que atraviesan la mayor área del Valle del Cusco. Estas inundaciones resultaron en la destrucción de numerosas infraestructuras, como vivienda, puentes, y áreas de cultivo, entre otros problemas significativos.

Figura 3.

Departamentos afectados por inundaciones en el año 2010

Departamento	Fallecidos	Damnificados	Casas destruidas	Casas dañadas	Centro Salud afectados	Afectados directamente
Junín	2	793	151	100	0	442
Ayacucho	10	810	192	401	0	1874
Arequipa	0	0	0	0	5	0
Lima	0	223	55	711	3	3549
Cusco	8	18220	3644	6946	3	34730
Apurímac	0	59	11	83	0	2719
Puno	1	75	15	548	1	2267
Huancavelica	3	309	56	189	2	1084

Fuente: Sardón, Lavado, & Felipe, (2022). Inventario de datos de eventos de inundaciones del Perú. (<https://bit.ly/3MKTqvz>)

En 2010, entre enero y febrero, la ciudad del Cusco y sus proximidades experimentaron fenómenos hidrometeorológicos y de movimientos de tierra, tales como deslizamientos, aluviones e inundaciones, provocados principalmente por fuertes lluvias en el Valle del Cusco. Las zonas más propensas a aluviones se localizaban en el sector noroeste de la ciudad, especialmente en las quebradas de Kusilluchayoq-Picchu, Saqramayo, KillkeMayo, Ayahuayco y Sipasmayo, a raíz de su configuración geográfica (Cárdenas et al., 2013).

A nivel local, en la quebrada Chicón, en el distrito de Urubamba de la provincia de Urubamba, el 17 de octubre de 2010 se desencadenó un aluvión (Huayco). Este evento fue consecuencia de la liberación de una masa de dimensiones reducidas, aproximadamente de 100 x 30 metros, desde la parte sur del glaciar del Chicón y alcanzó la ciudad de Urubamba aproximadamente a las 23:35 horas (Carlotto et al., 2010).

Este incidente impactó alrededor de 300 residencias, provocó la inundación de áreas de cultivo y resultó en la afectación de más de 1,200 personas damnificadas. La causa principal de este suceso está relacionada con las

alteraciones climáticas que están ocasionando la disminución de los glaciares y las lluvias intensas.

Según el estudio en el nevado Chicón, se anticipa desprendimientos de diversos tamaños, así como la erosión de material morrénico, los que podrían dar lugar a aluviones, en su mayoría de magnitud reducida.

Figura 4.

Huayco en la entrada principal de la comunidad de Chicón



Fuente: Carlotto, Cárdenas, Del Castillo, Concha, García, Astete & Tito (2010). Evaluación geológica y geodinámica en la quebrada Chicón: Aluvión del 17 de octubre del 2010 que afectó Urubamba-Cusco [Informe Técnico N° A6558]. (<https://bit.ly/40L6reu>)

No obstante, la llanura de Occororuyoc actúa como un reservorio natural que retendría la mayoría de estos sedimentos aluviales, actuando como una barrera de protección natural. A pesar de la existencia de esta llanura, es posible que flujos de lodo logren sobre pasarla y generen nuevos aluviones en la sección inferior de

Occororuyoc y en la quebrada Chicón, con la posibilidad de alcanzar Urubamba, como se evidenció en los eventos ocurridos en los años 1942 y 2010.

Por otro lado, de acuerdo con la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2010), indica que la ocurrencia de estos eventos se debe a una combinación de factores, incluyendo defectos geográficos, geotécnicos e hidráulicos inherentes a la naturaleza de la zona. Este problema se ve agravado debido al acrecentamiento en la cantidad de habitantes que se establece en las orillas de los ríos, lo que conlleva procesos erosivos continuos que representan una amenaza constante, especialmente para los residentes locales esto tiene consecuencias.

La falta de defensas ribereñas puede dar lugar a una serie de problemas y consecuencias negativas como la erosión e inundaciones. Sin una protección adecuada, las zonas ribereñas son propensas a inundaciones recurrentes durante eventos climáticos extremos, en alrededores del río Tullumayo existen varios habitantes que construyeron sus viviendas aledañas o dentro de la franja marginal y están propensas a ser dañadas sus viviendas, terrenos de cultivos, caminos vecinales; los cuales podrían ser afectados por huaicos, inundaciones, desbordamiento del río.

1.3 Planteamiento del Problema

En estos últimos años el fenómeno del Niño está relacionado con el cambio climático. Causando lluvia fuerte o inesperada promedio histórico y ocurre durante o fuera de la temporada de lluvias. En el pasado que El Niño es un clima que incide en cambios de comportamiento el movimiento del agua de mar en los trópicos medios. Un reto la interacción de las aguas cálidas debido a la corriente del niño que están yéndose hacia el sur, hacia la costa norte del Perú, ya que sus aguas cálidas van produciendo el fenómeno del niño costero con el consiguiente incremento de temperatura en todas las zonas del Perú.

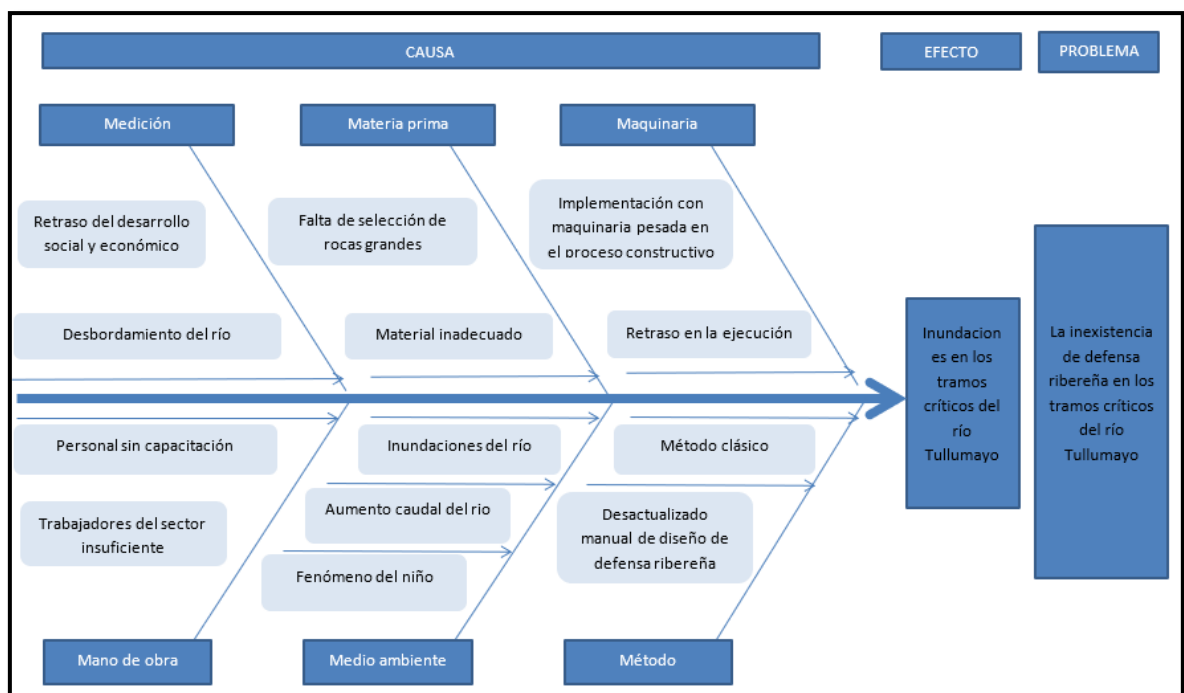
La falta de defensa ribereña ante huaicos en la provincia de Urubamba representa un desafío singular y crítico que requiere una atención especial. Esta problemática se caracteriza por la ausencia de medidas adecuadas para proteger las áreas ribereñas de los cuerpos de agua ante la amenaza de huaicos, eventos naturales que combinan la erosión de suelos con avalanchas de lodo y rocas debido a factores como la topografía local, la temporada de lluvias intensas y la falta de vegetación protectora en ciertas áreas. La ausencia de defensas ribereñas amplifica esta vulnerabilidad al exponer las áreas ribereñas a una erosión más

rápida, lo que puede provocar la ocurrencia de huacos con mayor frecuencia y severidad.

Para efectuar esta investigación en un primer momento se realizó una encuesta a diez profesionales conocedores del tema de hidrología e hidráulica con el objetivo de recepcionar sus experiencias y recomendaciones sobre el tema planteado a investigar tales respuestas están representadas en el siguiente diagrama.

Figura 5.

Diagrama de causa y efecto



Fuente: Los autores (2023)

1.3.1 Problema Principal

¿Cuál es la influencia de un diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo Urubamba – Cusco?

1.3.2 Problemas Específicos

- ¿Cuál es la influencia del levantamiento topográfico para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo Urubamba - Cusco?

- ¿Cuál es la influencia del modelamiento hidrológico para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo, Urubamba - Cusco?
- ¿Cuál es la influencia del estudio de suelo para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo, Urubamba - Cusco?
- ¿Cuál es la influencia del estudio hidráulico para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo, Urubamba - Cusco?
- ¿Cuál es la influencia del pre dimensionamiento en el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo, Urubamba - Cusco?

1.4 Impacto potencial

1.4.1 Impacto teórico

Este trabajo beneficiará a los pobladores que están propensos a sufrir inundaciones a lo largo de la ribera del río Tullumayo, por lo que se pretende diseñar la defensa ribereña con la finalidad de mitigar las pérdidas y daños que puedan causar las inundaciones como son las vidas humanas, tierras agrícolas, viviendas, vías de comunicación y sitios arqueológicos.

Además, esta investigación aportará conocimientos actualizados, estudios de suelos, topográficos, estudios de hidrología e hidráulica a lo largo de toda la cuenca del río Tullumayo y así llegar a pre dimensionar una defensa ribereña empleando herramientas Gis (ARGIS, HEC-HMS- HEC-RAS).

Esta investigación se adapta a la realidad, porque contiene un enfoque para diseñar las defensas ribereñas con el sistema muro enrocado para atenuar las inundaciones de los ríos y se pueden emplear a nivel nacional e internacional.

1.4.2 Impacto práctico

Este trabajo de investigación, centrado en el diseño del sistema de muro enrocado para mitigar inundaciones, conlleva beneficios significativos para diversos sectores y comunidades. Entre los principales beneficiarios se encuentran agricultores, actores del sector turismo, transportistas, estudiantes, profesores y los residentes cercanos al cauce principal del río Tullumayo.

Además, servirá para mitigar la erosión del cauce del río, proteger de inundación a las viviendas, colegios, a los terrenos agrícolas, a los caminos vecinales y proteger los servicios básicos (agua, desagüe y electricidad) para la población que reside cerca del río Tullumayo y que enfrenta daños causados por inundaciones, es por ello necesario la construcción de defensa ribereña.

Este trabajo no solo simplificará la labor de gobiernos regionales, locales y empresas consultoras en la elaboración de expedientes técnicos para obras hidráulicas, sino que también proporcionará información actualizada del río Tullumayo para futuras investigaciones. Contribuirá con estudios topográficos, hidrológicos y estudios de suelos facilitando la planificación de proyectos futuros.

En última instancia, se espera que esta investigación resuelva el problema de las inundaciones, permitiendo la mitigación de los daños causados durante los períodos de lluvias intensas. La meta principal es dar mejoría a la calidad de vida de las personas, brindando confianza y tranquilidad y reconociendo la relación directa entre el manejo agrícola, la conservación de asentamientos humanos y la calidad de vida, alineándose con principios ecológicos.

1.5 Limitaciones

Esta investigación ha tenido una restricción financiera debido al elevado presupuesto necesario para las actividades de campo, dado que el análisis de suelos se llevará a cabo en un laboratorio particular, los equipos para realizar el levantamiento topográficos son alquilados.

1.5.1 Limitación social

Para realizar los trabajos de gabinete se tuvo que pedir una autorización para el ingreso a la jurisdicción de la comunidad, puesto que no se tuvo una respuesta temprana a la solicitud presentada a los directivos de la comunidad lo cual retrasó los estudios de suelos y topográficos.

1.5.2 Limitación técnica

Para realizar el trabajo de campo de este estudio se considera la realización de labores de gabinete y la recolección de información meteorológica, el terreno es accidentado, presencia mucha de vegetación (plantas árboles) falta de descolmatación en el río lo que retrasó realizar el levantamiento topográfico.

1.6 Bases teóricas

1.6.1 Levantamiento topográfico

La topografía trata sobre la medición y representación gráfica de áreas de terreno, incluyendo sus características, formas y detalles. Además, implica que se determinen las distancias tanto verticales como horizontales entre diversos puntos y elementos en el territorio, así como la medida de ángulos y la identificación de puntos a partir de distancias y ángulos predefinidos.

Clases de levantamiento:

Levantamientos topográficos se enfocan en áreas pequeñas y pueden omitir la curvatura terrestre sin cometer errores significativos. Mientras que los levantamientos geodésicos abarcan extensiones más amplias y requieren tener en cuenta la curvatura de la tierra.

Etapas del levantamiento topográfico:

- Fase de campo: Implica la adquisición de datos, como distancias y ángulos.
- Fase de gabinete: Comprende la ejecución de cálculos y la creación de dibujos basados en los datos recopilados en el campo.

Partes de la topografía

- Planimetría: Se enfoca en los instrumentos y métodos utilizados para representar en un plano horizontal los puntos clave del terreno, creando así una figura semejante al terreno mismo. Las tareas de planimetría incluyen cálculo de áreas, subdivisión de terrenos en parcelas, restablecimiento de líneas antiguas o dañadas, y la creación de planos topográficos, entre otras.
- Altimetría: Considera las diferencias de elevación entre los distintos puntos del terreno con relación a una superficie de referencia, que habitualmente es el nivel medio del mar (Gaméz, 2015).

1.6.2 Estudios de suelos

Clasificación de suelos

Es un método empleado para identificar y organizar los diferentes tipos de suelos según sus atributos físicos, químicos y mecánicos. Incluye criterios como la consistencia, la composición, la capacidad de absorción de agua, la permeabilidad,

entre otros factores. Este sistema es esencial para comprender las propiedades específicas y el comportamiento de los suelos, facilitando su aplicación en áreas como la construcción, la agricultura y la investigación del suelo.

Se emplea el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (ASTM D-2487) para categorizar los suelos en base al tamaño de sus partículas.

Tabla 1.

Símbolos de grupo (SUCS)

Tipo de suelo	Prefijo	Subgrupo	Sufijo
Turba	Pt	Límite líquido (<50)	H
Orgánico	O	Límite líquido alto (>50)	L
Arcilla	C	Arcilloso	C
Limo	M	Limoso	M
Arena	S	Pobrememente Graduado	P
Grava	G	Bien graduado	W

Fuente: Adaptado de Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2014).

Manual de Carreteras. Suelos geología, geotecnia y pavimentos.

(<https://bit.ly/40EkMJo>)

Tabla 2.

Tipología de suelos (SUCS)

Símbolo	Características		
GW	Grava (>50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos <5%)	Bien graduados
GP			Pobrememente graduados
GM		Con finos (Finos >12%)	Componente limoso
GC			Componente arcilloso
SW	Arenas (<50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos <5%)	Bien graduadas
SP			Pobrememente graduadas
SM		Con finos (finos >12%)	Componente limoso

Símbolo	Características		
SC			Componente arcilloso
MH	Limos	Alta plasticidad (LL>50)	
ML		Baja plasticidad (LL<50)	
CH	Arcillas	Alta plasticidad (LL>50)	
CL		Baja plasticidad (LL<50)	
OL	Suelos orgánicos	Baja plasticidad (LL<50)	
OH		Alta plasticidad (LL>50)	
Pt	Turba	Suelos altamente orgánicos	

Fuente: Adaptado Das (2015). Fundamentos de ingeniería geotécnica (4ª ed.).

(<https://bit.ly/3FWRY5w>)

Clasificación AASHTO

El Sistema de clasificación de suelos (AASHTO M 145) ha sido adoptado por La Asociación Americana de funcionarios de Carreteras Estatales (The American Association of State Highway Officials). Organiza los suelos en categorías basadas en su desempeño como estrato de apoyo.

La clasificación se fundamenta en siete categorías (A-1, A-2, ..., A-7), que se determinan según sus características granulométricas y de plasticidad. Esto se basa en la proporción de partículas que atraviesan los tamices N° 200, N° 40 y N° 10. Los suelos cuyas partículas pasan a través del tamiz N°200 y contienen más del 35 por ciento se categorizan como materiales finos, que comprenden A-7, A-6, A-5 y A-4. En su mayoría, estos suelos consisten en limo y materiales arcillosos.

Tabla 3.

Correlación de tipos de suelo AASHTO

Clasificación AASHTO M-145
A-7
A-6
A-5
A-4

Clasificación AASHTO M-145
A-3
A-2
A-1-b
A-1-a

Fuente: Das (2015). Fundamentos de ingeniería geotécnica (4ª ed.).

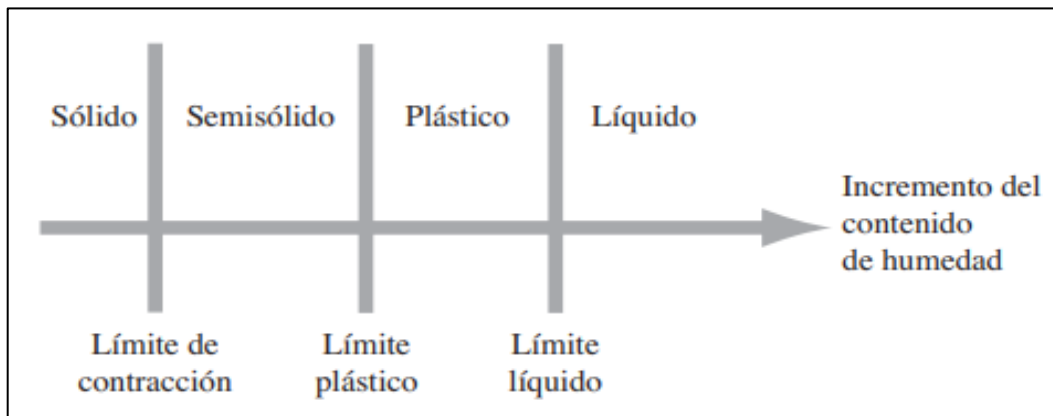
(<https://bit.ly/3FWRY5w>)

Límites de Atterberg

Identifican puntos específicos de humedad donde una arcilla desmenuzada pasa por variaciones en su consistencia. Un protocolo estándar, definido por la asociación francesa de mecánica de suelos, describe con precisión estos límites.

Figura 6.

Límites de atterberg



Fuente: Das (2015). Fundamentos de ingeniería geotécnica (4ª ed.).

(<https://bit.Y5w>)

El límite líquido

Corresponde al nivel de humedad en una mezcla moldeada donde la sustancia se transforma de una condición plástica a líquida (Das, 2015).

Figura 7.

Ensayo de limite liquido



Fuente: Los autores (2023)

El límite plástico

Se asocia con la concentración de agua en una mezcla amasada, debajo de la cual se transforma de un estado plástico a semisólido.

Estos niveles de humedad se representan en términos del porcentaje de humedad natural (w) de los especímenes no modificados, basado en su peso seco (Das, 2015).

Figura 8.

Ensayo de limite plástico



Fuente: Los autores (2023)

Índice de Plasticidad (I_p)

Su cálculo se obtiene al restar el límite líquido con el límite plástico, proporcionando una evaluación de la maleabilidad del terreno (Das, 2015).

$$I_p = WL - Wp$$

Nivel de Humedad

Proporción entre el contenido de la fase líquida (agua) y los componentes minerales sólidos del suelo.

$$w(\%) = \frac{w_w * 100}{w_s}$$

Ws=Peso del suelo seco. Ww= Peso del agua en la muestra.

Granulometría

Es un método que consiste en la separación y clasificación de partículas del suelo por su tamaño. Se emplean dos métodos; Análisis con tamices o mallas y Análisis con hidrómetro. La finalidad principal de llevar a cabo un estudio granulométrico es clasificar las partículas del suelo según su tamaño para entender mejor su composición y propiedades inherentes (Rodríguez, 2020).

Tabla 4.

Serie de tamices para el ensayo por tamizado

Serie de tamices en base a la normativa ASTM-422.	
1/4" (6.3 mm)	N° 200 (0.075 mm)
3/8" (9.5 mm)	N° 100 (0.150 mm)
1/2" (12.5 mm)	N° 60 (0.250 mm)
3/4" (19.0 mm)	N° 40 (0.425 mm)
1 " (25.0 mm)	N° 30 (0.6 mm)
1 1/2 "(37.5 mm)	N° 20 (0.850 mm)
2" (50.0 mm)	N° 10 (2.00 mm)
3" (75.0 mm)	N° 4 (4.75 mm)

Fuente: MTC (2014). Manual de ensayo de materiales (<https://n9.cl/caj51>)

Peso específico seco (λ_d)

La densidad seca (λ_d) se refiere al peso de los componentes secos de una muestra de suelo que llena un volumen específico en su estado natural. Se calcula después de eliminar toda el agua intersticial, manteniendo intacta el agua que es

parte integral de la composición química de las partículas del suelo (Rodríguez, 2020).

Peso específico (λ)

La densidad del suelo (λ) alude al peso del suelo en su estado natural y no sumergido, tomando en cuenta el agua presente naturalmente entre las partículas sólidas del suelo (Rodríguez, 2020).

Características mecánicas

Estas propiedades se estudian para entender cómo reacciona el suelo ante fuerzas externas. Existen diversos métodos para analizar estas características.

Resistencia cortante del suelo

Es la resistencia que un suelo ofrece contra la deformación y el deslizamiento interno, medida por unidad de área. Conocer esta resistencia es fundamental para analizar la resistencia del suelo, como su capacidad de soporte y la estabilidad de pendientes, entre otros (Das, 2015).

Ensayo de corte directo

Ensayo en el que se someten a tres muestras de suelo a fuerzas verticales y horizontales para identificar el momento en el que ocurre el deslizamiento o la falla bajo cortante. La prueba de corte directo se emplea para analizar la capacidad de resistencia al corte de una muestra. En este proceso, se elige un ejemplar y se sitúa dentro de un dispositivo diseñado para tal fin. Posteriormente, se les somete a cargas tanto normales como tangenciales, replicando de esta manera las condiciones de estrés y las fuerzas cortantes que se experimentan en situaciones reales. Durante el ensayo, se observa y registra la deformación del ejemplar para obtener datos esenciales que luego serán analizados para deducir la capacidad del suelo para resistir fuerzas cortantes. Esta información es crucial y se utiliza para tomar decisiones informadas en las etapas de diseño y evaluación estructural, garantizando así la integridad, seguridad y estabilidad en los emprendimientos de construcción y desarrollo de tierras (Rodríguez, 2020).

El procedimiento del ensayo incluye:

- Ubicar la muestra dentro del aparato de corte
- Impartir la carga normal
- Instalación de sistemas de drenaje y mojado de la muestra

- Fortalecimiento de la muestra
- Desmontar los soportes que mantienen la muestra en su lugar
- Administrar la fuerza cortante

En un ensayo específico, se estima el esfuerzo normal de la siguiente manera:

El esfuerzo cortante opositor se determina para cualquier movimiento cortante conforme al siguiente cálculo.

Factor de seguridad

En ingeniería se relaciona con la habilidad de un componente o estructura para soportar fuerzas o cargas que van más allá de las expectativas o requisitos establecidos. Se mide como la proporción entre la resistencia total que puede ofrecer un material o construcción y la fuerza o carga que está destinada a aguantar. Una cifra más alta en el factor de seguridad señala un margen adicional para prevenir fallas no anticipadas, errores en los cálculos de diseño o situaciones extremas no previstas. Este concepto es esencial para reducir los peligros vinculados a la incertidumbre en los criterios de diseño, las inconsistencias en los materiales y las condiciones de uso variables, asegurando de este modo la solidez y seguridad de sistemas y estructuras en varios sectores de la ingeniería (Rodríguez, 2020).

El factor de seguridad se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$F_s = \frac{t_f}{t_d}$$

T_f = Es la resistencia cortante media del suelo.

T_d = Representa el esfuerzo cortante medio que se produce a lo largo del plano potencial de rotura.

F_s = Indica la relación de seguridad con relación a la resistencia.

Esto ayuda a entender y cuantificar la capacidad del suelo para resistir las fuerzas cortantes y mantener la estabilidad estructural (Rodríguez, 2020).

Capacidad de carga límite (q_d)

La presión máxima que sobre la cimentación se ejerce antes de que esta penetre en el suelo es conocida como "carga de hundimiento última" o "capacidad de carga última de la cimentación".

Capacidad de carga admisible

La capacidad portante o resistencia última se obtiene cuando se divide la carga límite por un factor de seguridad (Rodríguez, 2020).

Esfuerzo neto (q neto)

La carga útil disponible para la superestructura luego de restarle la sobrecarga del piso y el esfuerzo ejercido por el peso del relleno del suelo se refiere como "carga neta" (Rodríguez, 2020).

Presión de contacto (q_c)

La presión en la base de la zapata, producida por diversas cargas, como la carga muerta, la carga viva, la carga sísmica y otras, y que actúa en el nivel de la base de la zapata en su interacción con el suelo, se denomina "carga de cimentación". En el diseño de cimentaciones, el objetivo es que la carga de cimentación (q_c) sea igual o menor que la carga neta (q neto) (Rodríguez, 2020).

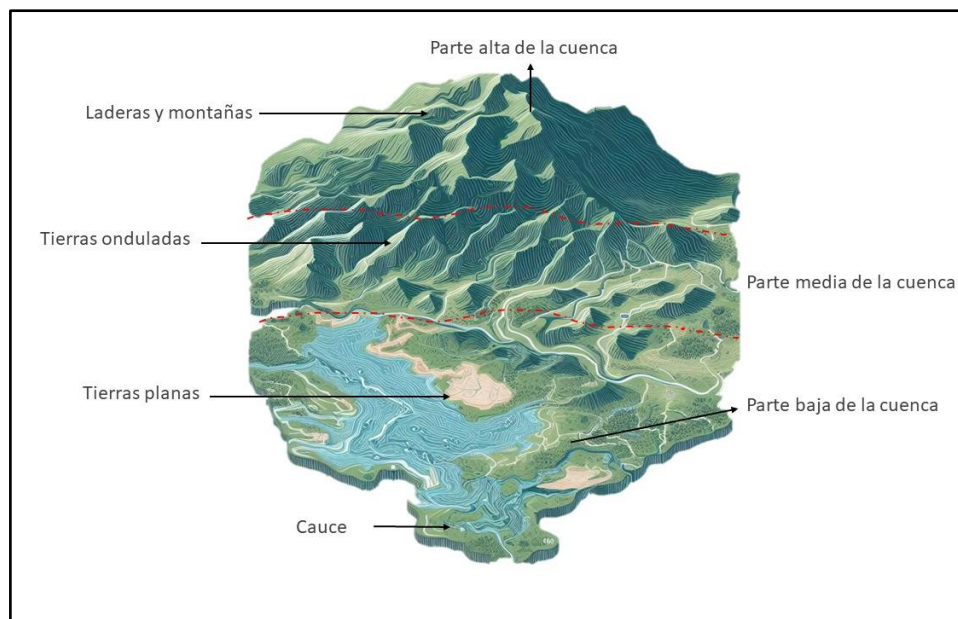
1.6.3 Estudio hidrológico

- Cuenca hidrográfica

Para Villón (2022) una cuenca hidrográfica representa una región delimitada por su topografía, donde fluye el agua.

Mediante un río central o una serie de ríos entrelazados, y todo el flujo de agua que sale de esa área se descarga por un solo punto de salida.

Figura 9. Partes de cuenca hidrográfica



Fuente: Los autores (2023)

Parámetros de la forma de una cuenca

Esta característica es de gran relevancia, ya que está vinculada al tiempo de concentración. Las inundaciones son comunes en cuencas pequeñas y circulares, especialmente cuando tienen pendientes pronunciadas que aceleran el flujo del agua (Gámez, 2010).

- Área

Gutiérrez (2014), precisó que el término "área de la cuenca" se refiere al terreno plana dentro de los límites que definen la división de aguas. Esta área cumple un rol esencial en el cálculo de diversas propiedades físicas y se suele medir con un planímetro, siendo su expresión común en kilómetros cuadrados o hectáreas.

Tabla 5.

Clasificación por tamaño de cuencas

Carácter	Área(km ²)
Pequeñas	<de50
Medianas	De 50 a 150
Grandes	>DE150

Fuente: Gámez (2010). Texto básico de hidrología. (<https://bit.ly/47dyyFv>)

- Perímetro

Aules et al.,(2020), acotó que se refiere a la extensión de la línea que circunscribe y define la cuenca hidrográfica. Comúnmente, sigue la cresta, que es la frontera topográfica donde las aguas se desvían en rutas divergentes, y se cuantifica en kilómetros u otras unidades de medida.

- Longitud de la cuenca

La longitud de una cuenca, denotada como "L", puede establecerse como la distancia horizontal cubierta por el río principal desde un punto situado aguas abajo, que suele ser una estación de medición, hasta otro punto aguas arriba, en donde la trayectoria general del río cruza con la línea que marca los límites de la cuenca (Aules et al., 2020).

- Cálculo de índice de Gravelius(k)

Este valor sin unidades conecta el perímetro de la cuenca con el contorno de un círculo que posee igual área que la cuenca. Describe la forma de la cuenca

y está vinculado al tiempo que lleva concentrar el agua en el sistema hidrológico, como se explica mediante la fórmula siguiente. (Villón, 2022)

$$K = \frac{0.28P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

A: Área de la cuenca(km²)

P: Perímetro de la cuenca (km)

K: Coeficiente de Gravelius,

El coeficiente tiene un valor igual o mayor a 1, lo que significa que cuanto se aproxime más cerca de la unidad, la cuenca tendrá una geometría semejante a un círculo. En otras palabras, si el valor de Gravelius es superior a 1, la cuenca será más alargada, mientras que se asemeje a un círculo a medida que el puntaje se aproxime a 1.

Por lo general, las cuencas extensas tienden a poseer una forma similar a una pera, mientras que las cuencas más pequeñas se asemejan a abanicos. Sin embargo, es importante evitar estas descripciones cualitativas y utilizar datos numéricos, ya que ofrecen una comparación más precisa y confiable. La cuantificación permite clasificar las formas en tres tipos o categorías, según el puntaje de Gravelius o ratio de compacidad.

Tabla 6.

Forma de cuenca según valores de K

Valores de "K"	Tipos
1.51 a 1.75	oval oblonga a rectangular oblonga
1.26 a 1.50	oval redonda a oval oblonga
1.00 a 1.25	casi redonda a oval redonda

Fuente: Gámez (2010). Texto básico de hidrología. (<https://bit.ly/47dyyFv>)

- Cálculo del rectángulo equivalente

El método fue desarrollado por hidrólogos de Francia con el propósito de analizar de manera más precisa la caracterización de una cuenca. Este método implica la creación de un rectángulo con un área igual a la de la cuenca, donde los lados mayor y menor se denominan "L" e "l" respectivamente. Las curvas de nivel

del rectángulo siguen la topografía natural de la cuenca para garantizar la precisión del modelo.

Para determinar las dimensiones del rectángulo, se utilizan ecuaciones específicas que se derivan del área y el perímetro del rectángulo, junto con el coeficiente de compacidad (k). Estos cálculos permiten comparar y evaluar de manera efectiva la característica de la cuenca (Mejía, 2012).

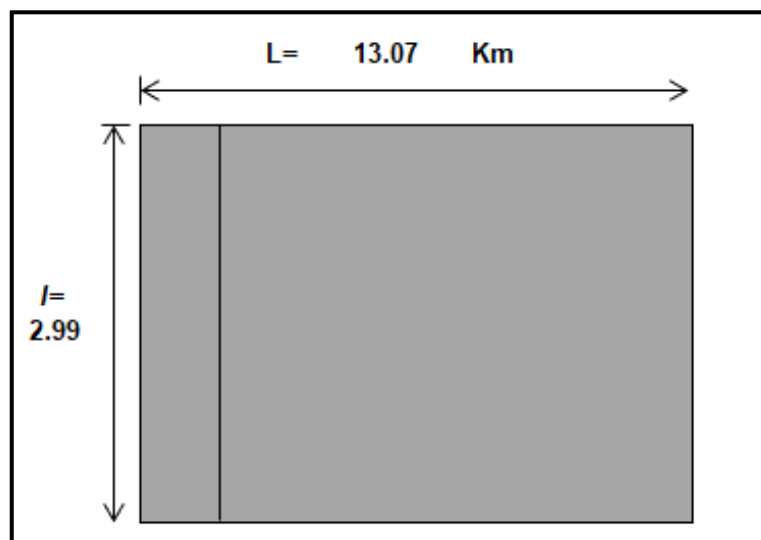
$$A = L * I P = 2(L + I) 2(L + I) = \frac{K\sqrt{A}}{0.28}$$

$$L = \frac{K_C + \sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 + \left(\frac{1.12}{K_C} \right)^2} \right) \text{ Ldo mayor}$$

$$I = \frac{K_C + \sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_C} \right)^2} \right) \text{ lado menor}$$

Figura 10.

Rectángulo equivalente de la cuenca Tulumayo



Fuente: Los autores (2023)

Parámetros de relieve

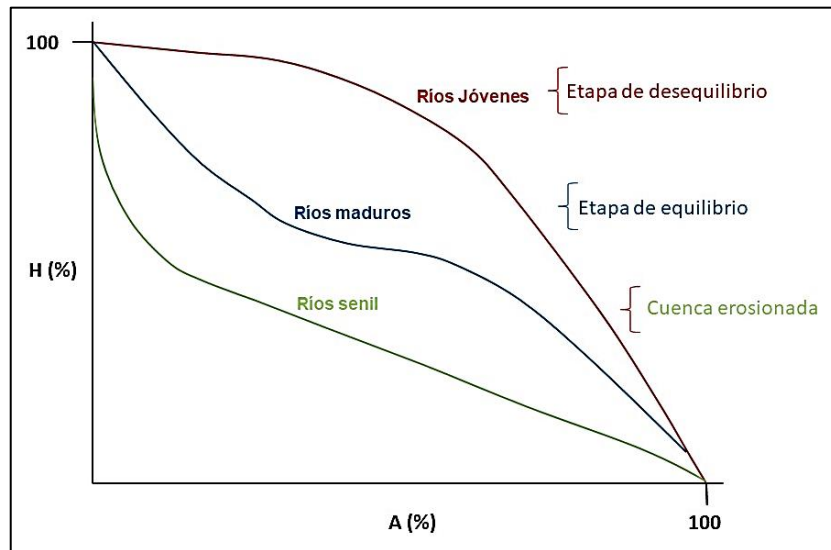
- Curva hipsométrica

Según los resultados obtenidos una curva hipsométrica muestra cómo cambia el área de drenaje en relación de la altura del nivel freático.

La hipsométrica ofrece una manera práctica de expresar la asociación entre la altitud de la cuenca en el plano y la elevación. Este gráfico adimensional se emplea ampliamente en hidrología con el afán de examinar la separación entre dos cuencas, especialmente cuando hay cambios en la precipitación y evaporación según la altitud. Además, estas curvas se relacionan con la edad de los ríos.

Figura 11.

Edad del río de acuerdo con la geometría de la curva hipsométrica



Fuente: Adaptado de Ibáñez et al. (2010). Morfología de las cuencas hidrológicas. (<https://n9.cl/69ql>)

Donde:

La gráfica de color rojo representa un periodo de desequilibrio, la cuenca es estratigráficamente joven y hace referencia a una cuenca de meseta.

La gráfica de color azul representa un periodo de equilibrio, cuenca estratigráficamente madura y hace referencia a una cuenca de pie de montaña

El gráfica de color verde, es una cuenca erosionada (cuenca de valle).

- Cálculo de la altitud mediana

Su cálculo se consigue midiendo el área entre diferentes contornos de altura característicos periódicos de la cuenca. A media altura, el 50% de la superficie está por encima y el 50% restante está por debajo.

Se obtiene con la siguiente ecuación:

$$c_i = \frac{(\sum c_i + c_{i-1})}{2}$$

$$H = \frac{(\sum a_i c_i)}{A}$$

Donde:

a_i = Área fraccional de tierra entre las curvas de nivel

A = Área de la cuenca

c_i = Altura media de cada subárea entre dos curvas de nivel

Parámetros de drenaje

Cálculo de densidad de drenaje

Este valor se calcula haciendo la división de la longitud de los cursos de agua en la cuenca con el área de la cuenca (Villon,2022).

$Dd=L/A$, en km/km²

En donde:

A = Área completa de la cuenca (km²)

L = Longitud completa de la corriente de agua (km)

La densidad de drenaje comúnmente varía de 0.5 km/km² en cuencas con un drenaje limitado a 3.5 km/km² en cuencas con un drenaje excepcionalmente eficiente.

- Cálculo de frecuencia de los ríos

Este indicador se consigue cuando se divide la cantidad total de ríos entre la superficie de la cuenca y está expresada en ríos por kilómetro cuadrado (ríos/km²) (ANA, 2019).

Extensión media de escurrimiento superficial este valor representa la distancia promedio que el agua de la lluvia deberá recorrer para llegar a un curso de agua cercano (Córdova, 2016).

Fórmula:

$$Es = \frac{A}{4Li}$$

Es = Amplitud media de escurrimiento

A = Área de la cuenca, expresada en km²

Li = La longitud de los cursos de agua, expresada en kilómetros

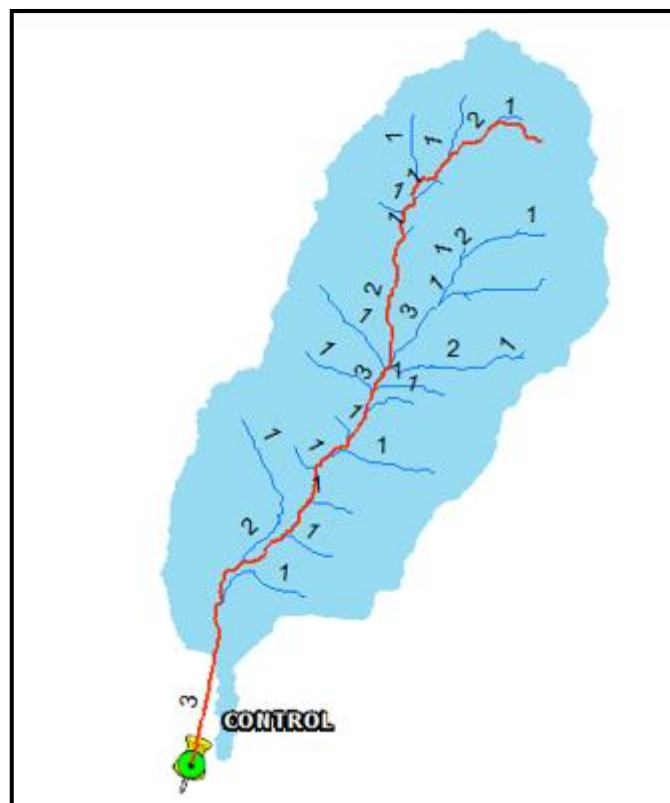
- Orden de cause

La jerarquía de los cursos de agua es un sistema de drenaje, consta de un curso de agua principal y una sucesión de tributarios o afluentes y para establecer su jerarquía se realiza una categorización. En esta clasificación, se etiquetan como

cursos de primera orden a aquellos que no poseen afluentes, de segunda orden a aquellos que poseen dos o más afluentes de primera orden, de tercera orden a aquellos con dos o más afluentes de segunda orden, y así consecutivamente. Cuando un curso de primera orden se junta con un curso de segunda orden, forman un curso de segunda orden; si un curso de segunda orden se combina con uno de tercera orden, crean un curso de tercera orden, y así consecutivamente. La jerarquía de una cuenca será igual a la del curso de agua principal en su punto de desembocadura. Por lo tanto, la jerarquía del cauce principal indica la extensión de la red de cursos de agua en una cuenca. Esta categorización debe tener en cuenta tanto los cursos de agua que fluyen constantemente como los intermitentes (Villón, 2022).

Figura 12.

Orden de cauce de la cuenca del río Tulumayo



Fuente: Los autores (2023)

Tiempo de concentración

El tiempo que demora una gota de lluvia en viajar desde el punto más lejano de la cuenca hasta el punto de control. Las ecuaciones convencionales generalmente se centran en considerar principalmente la pendiente, la longitud del curso de agua principal desde el punto de división de aguas y el área de la cuenca.

Fórmulas para determinar la concentración:

(Kirpich, 1940)

$$t_c = 0.01947 \cdot L^{0.77} \cdot S^{-0.385}$$

S= Es la pendiente promedio de la cuenca. m/m

L= Alude a longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida m.

(Temez, 1978)

$$t_c = 0.30 \left(\frac{L_c}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Tc= Es el tiempo de concentración (h)

Lc= Alude a longitud de cause principal

S= Pendiente media del cauce principal (m/m).

Fundamentación teórica de la hidrología

- Generación de caudal

Cuando se disponga de datos de medición en adecuada cantidad, se efectúa una examinación estadística del caudal instantáneo máximo anual en la estación próxima al lugar de interés. Se determinan los flujos correspondientes a los tiempos de recurrencia (2, 5, 10, 20, 50, 100 y 500 años son intervalos comunes) empleando distribuciones como la log-Pearson III, log-normal y el Valor Extremo Tipo I (Gumbel) (Villón, 2022).

Hydrognomon

Se ha empleado el programa HYDROGNOMON para llevar a cabo el análisis estadístico de un conjunto de datos y para evaluar la adecuación de las funciones de distribución.

Este software libre, destinado al análisis y procesamiento de series hidrológicas, ofrece la posibilidad de aplicar diversas funciones de distribución y utilizar una amplia variedad de métodos de ajuste. (Chetyrina, 2017)

Métodos paramétricos

Los métodos paramétricos emplean fórmulas algebraicas fundamentadas en parámetros ajustados a partir de la muestra para modelar series de datos. Existen diversas leyes de distribución ampliamente utilizadas, y a continuación se presentan algunas de ellas. Todo esto forma parte del ámbito de la HIDROGNOMON.

- La distribución Pearson III, caracterizada por su gran flexibilidad y diversas formas según los valores de sus parámetros, demuestra su utilidad en el análisis de precipitaciones o caudales máximos anuales.

$$F(X) = \frac{1}{\alpha\Gamma(\beta)} \left(\frac{x-\delta}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\frac{x-\delta}{\alpha}}$$

- GEV Max.

$$F(x) = \exp \left\{ - \left[1 + k \left(\frac{x}{\mu} - \sigma \right) \right]^{-\frac{1}{k}} \right\} \quad x \geq \mu \left(\sigma - \frac{1}{k} \right)$$

σ = parámetro de localización,

μ = paramero de escala;

k = parámetro de forma

- Gamma.

$$F(x) = \int_0^x \frac{1}{\mu^k \Gamma(k)} y^{k-1} e^{-y/\mu} dy, \quad x \geq 0$$

k = parámetro de forma, λ = parametro de escala.

- Exponencial.

$$F(x) = 1 - e^{-\frac{x}{\mu} + \sigma} \quad x \geq \mu\sigma$$

σ = parámetro de localización; μ = parámetro de escala

- La distribución Normal,

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2} \right]$$

Tes de bondad de ajuste

La comprobación de la adecuación de un ajuste puede llevarse a cabo mediante una inspección visual, aunque esta aproximación, aunque sugestiva, no

se caracteriza por su rigurosidad. Para evaluar de manera más precisa la calidad del ajuste, se recurre a varios métodos estadísticos, siendo notables el ajuste de Chi-cuadrado y el ajuste de Kolmogorov-Smirnov.

- Test Kolmogorov-Smirnov

Este procedimiento implica calcular la máxima discrepancia, en términos absolutos, entre el valor de la función no paramétrica, $F_n(x)$, que representa la frecuencia observada en la muestra, y la función paramétrica, $F(x)$, que corresponde al valor de la distribución considerada. Este cálculo se realiza para cada valor de caudal observado y ordenado. (Chetyrina,2017)

$$D_{max} = \max |F_n(X) - F(X)|$$

Si, para un nivel de significación específico, este valor excede al estadístico de Kolmogorov-Smirnov, cuyos valores críticos están disponibles en tablas, entonces se rechaza la hipótesis.

- Test Chi Cuadrado

Se trata de una prueba no paramétrica que evalúa la discrepancia entre las frecuencias observadas (f_o) y las predichas (f_c) utilizando una distribución teórica establecida por el estadístico X^2 , que se expresa de la siguiente manera:

$$x^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(f_o - f_c)^2}{f_c}$$

Donde:

$$\sum f_o = \sum f_c$$

Si es estadístico $x^2 = 0$ significa que las distribuciones teórica y real se ajustan a la perfección. En cambio, si $x^2 > 0$, difieren.

Cuando el estadístico $x^2 = 0$, indica que las distribuciones teórica y observada se ajustan de manera perfecta. En contraste, $x^2 > 0$ significa que hay una discrepancia entre ellas.

- Riesgo de falla

Para estimar el tiempo de retorno a efectos de diseño, es fundamental tener en cuenta la conexión entre la probabilidad de que un evento suceda, así como el nivel de riesgo tolerable y la vida útil de la estructura. El riesgo tolerable depende de diversos factores, que abarcan aspectos sociales, económicos, técnicos, entre otros (MTC, 2012).

Fórmula de riesgo de falla:

$$R = 1 - [1 - P(x \geq x_t)]^2$$

$$R = \left[1 - \frac{1}{t_r}\right]^n$$

Donde: La letra "R" simboliza la posibilidad de que un evento tenga lugar al menos una vez durante un período de vida de "n" años.

- Periodo de retorno

Se refiere al tiempo en el que se prevé que ocurra un evento, teniendo en cuenta la incertidumbre en las predicciones; se formula a través de la siguiente ecuación (MTC, 2012).

Fórmula para hallar periodo de retorno

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

Tabla 7.

Valores de tiempo de retorno T (años)

Riesgo Admisible	Vida útil de las obras (n años)									
	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
0.01	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
0.02	50	90	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
0.05	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
0.10	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
0.20	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0.25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0.50	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
0.75	1.3	2	2.7	4.1	7.7	15	18	37	73	144
0.99	1	1.11	1.27	1.66	2.7	5	5.9	11	22	44

Fuente: MTC (2012). Manual de hidrología, hidráulica y drenaje.

(<https://bit.ly/3MI9ONn>)

Según la información suministrada en la tabla previa, se aconseja utilizar, como límite superior, estos son los niveles de riesgo permitidos para las estructuras de drenaje.

Tabla 8.

Valores máximos de riesgo recomendados

Tipo de obra	Riesgo admisible (%)
Defensas Ribereñas	25
Subdrenes	40
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40
Puentes	25

Fuente: MTC (2012). Manual de hidrología, hidráulica y drenaje.

(<https://bit.ly/3MI9ONn>)

Se sugiere considerar como tiempo de retorno T igual a 500 años para calcular el socavamiento.

Vida útil (n)

- Drenaje de plataforma y sub-drenes $n=15$ años
- Alcantarillas de quebradas menores $n=15$ años
- Alcantarillas de quebradas importantes $n=25$ años
- Defensas Ribereñas y Puentes $n=40$ años

Se considerará, tanto la relevancia como la vida útil de la obra que se diseñará. El propietario de la obra define el riesgo aceptable de fallo, así como la vida útil de las obras.

- Curva IDF

Las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) son representaciones gráficas que se consiguen al unir puntos que indican la intensidad promedio en distintos periodos, y todos estos puntos corresponden a un único período de recurrencia (Aules et al., 2020).

- Hietograma

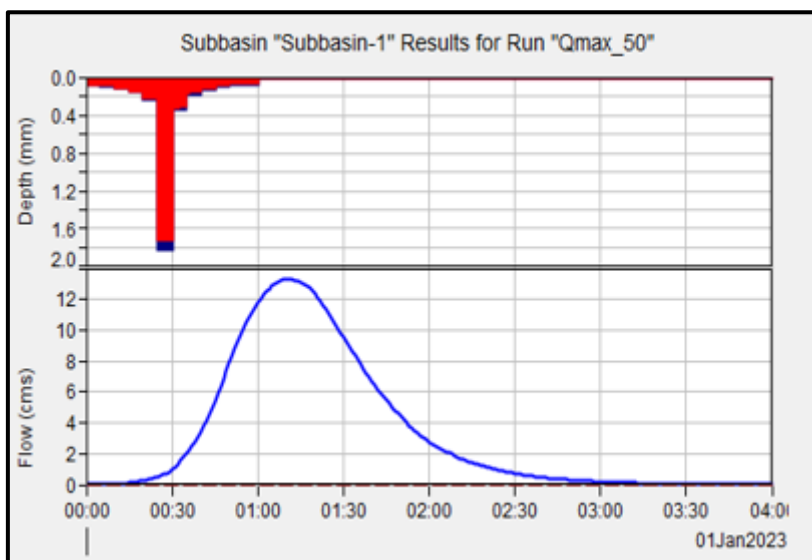
Los hietogramas son un modo de representación visual en donde se ilustra cómo cambia la intensidad de la lluvia a lo largo del tiempo, mostrándola mediante gráficos de barras (Villón, 2022).

- Hidrograma

Un hidrograma de flujo se representa a través de un gráfico o una tabla, exhibiendo cómo varía la velocidad de flujo a lo largo del tiempo en un punto específico del curso de agua. En realidad, el hidrograma representa de manera global las características físicas y climatológicas que influyen en las interacciones entre la precipitación y el escurrimiento en una cuenca de drenaje particular (Villón, 2022).

Figura 13.

Hidrograma unitario en software HEC-HMS



Fuente: Los autores (2023)

1.6.4 Modelamiento hidráulico

Modelamiento hidráulico con (HEC- RAS)

El modelamiento hidráulico con HEC-RAS (Hydrologic Engineering Centers - River Analysis System) implica el uso de este software especializado para analizar y simular las condiciones de flujo y las cualidades hidráulicas de cuerpos de agua como ríos, canales y embalses.

Cómo se utiliza HEC-RAS para el modelamiento hidráulico.

Proceso de Modelamiento Hidráulico con HEC-RAS

Recolección de Datos:

-Topografía y Bathimetría: Recopilación de datos topográficos y bathimétricos para entender la geografía y la profundidad del agua.

-Condiciones de flujo: Obtener información sobre las condiciones de flujo, incluyendo caudales y niveles de agua.

Preparación del Modelo:

-Ingreso de datos: Ingresar los datos recolectados en el software HEC-RAS.

-Creación del modelo: Establecer el modelo hidráulico, incluyendo tanto la geometría del río como las condiciones de contorno, así también otros parámetros relevantes.

Simulación:

-Configuración:

Configurar los parámetros de la simulación, como las condiciones iniciales y los escenarios de flujo.

Ejecución:

Ejecutar la simulación para analizar el comportamiento hidráulico del cuerpo de agua.

Análisis de Resultados:

Visualización:

Visualizar los resultados de la simulación, como los perfiles de agua y las velocidades de flujo.

Interpretación:

Interpretar los datos para entender las características hidráulicas y el comportamiento del flujo.

Aplicaciones prácticas:

Ingeniería y diseño:

Aplicar los conocimientos obtenidos para diseñar y evaluar estructuras hidráulicas, como presas y canales.

Herramientas y funciones de HEC-RAS:

Modelamiento unidimensional y bidimensional:

Permite realizar análisis tanto unidimensionales como bidimensionales del flujo de agua.

Análisis estacionario y no estacionario:

Capacidad para modelar flujos estacionarios y no estacionarios, incluyendo inundaciones y eventos de flujo variable.

Interfaz gráfica de usuario:

Ofrece una interfaz gráfica de usuario intuitiva para facilitar la configuración, la ejecución y el análisis de simulaciones.

HEC-RAS es un software valioso para ingenieros hidráulicos, planificadores y científicos ambientales que buscan entender y prever el comportamiento de los cuerpos de agua, facilitando tomar decisiones en la gestión eficiente y sostenible de los recursos hídricos.

Modelamiento hidrológico con (HEC-HMS)

HEC-HMS es una herramienta de software especializada en la modelización y el análisis de los eventos hidrológicos que se desarrollan en una cuenca o un conjunto de cuencas. El proceso inicia con la recolección de información meteorológica y datos geográficos esenciales. Posteriormente, se procede a identificar y establecer parámetros específicos para la cuenca dentro del software. Los usuarios tienen la capacidad de ajustar y realizar simulaciones, permitiéndoles evaluar la reacción de la cuenca ante variados escenarios de precipitación. Se examinan y validan los resultados obtenidos, incluyendo hidrogramas, al cotejarlos con datos reales, facilitando la comprensión del comportamiento del agua. Esto es esencial para la administración eficiente de los recursos acuáticos, la planificación de infraestructuras y la evaluación de riesgos asociados a inundaciones. La versatilidad, la intuitiva interfaz de usuario y la capacidad de integrarse con otros programas hacen de HEC-HMS una opción preferida entre los profesionales.

Inundación

Una inundación ocurre cuando un exceso anormal, y a menudo repentino, de agua excede los niveles regulares y cubre transitoriamente regiones que típicamente están libres de agua. Este fenómeno puede representar un peligro para los individuos y los bienes ubicados en dichas zonas. En diversas naciones de Latinoamérica, las inundaciones constituyen un evento catastrófico habitual, presentándose tanto en zonas terrestres como costeras.

Mapas de áreas inundadas

Los mapas de áreas inundadas visualizan zonas propensas a inundaciones, integrando datos geográficos, hidrológicos y meteorológicos. Son esenciales para

la planificación urbana, gestionar riesgos de desastres y crear conciencia pública. Se elaboran utilizando tecnologías GIS y modelos hidrológicos, clasificando áreas según los niveles de riesgo. La actualización constante es crucial para mantener la precisión, reflejando los cambios en la topografía y el clima. Son vitales para la toma de decisión.

Modelamiento hidráulico

En el campo de la Hidráulica, se emplea un modelo inicial para capturar una representación preliminar y ajustar las condiciones existentes para entender su dinámica. La conexión intrínseca del prototipo inicial es crucial, donde la conceptualización y estructuración del modelo se consideran elementos clave para descifrar la esencia del prototipo inicial, requiriendo la integración de ambos aspectos. Los experimentos se ejecutan en un entorno de laboratorio regulado, ofreciendo numerosos beneficios al modelo hidráulico. Este método se ha diseñado para abordar cuestiones asociadas con sistemas hidráulicos, corrientes internas o de ríos y en una etapa más avanzada, con la movilización de sedimentos. Los elementos centrales de estos aparatos se identifican claramente por sus denominaciones específicas (Cruz, 2022).

Ecuación de Manning

En el ámbito de la hidráulica, el método Manning es frecuentemente empleado para calcular el volumen de agua que circula en una línea durante cada sección o flujo. Este método se basa en variables tales como el área, la circunferencia mojada, el radio hidráulico o la pendiente del flujo de agua, así como la resistencia opuesta al flujo. Este coeficiente de resistencia es conocido habitualmente como "n" de Manning.

Siguiente ecuación:

$$V = \frac{1.49}{n} R^{2/3} * S^{1/2}$$

En donde V alude a la velocidad en medida de pies/s, R es el radio hidráulico y S alude a la pendiente de la línea de energía (Chow et al., 1994).

Coeficiente de rugosidad de Manning

El "n", o coeficiente de rugosidad de Manning, es un elemento esencial en la fórmula de Manning, utilizado para determinar tanto la velocidad como el flujo del agua en conductos abiertos y tuberías. Este coeficiente adimensional indica la

rugosidad o resistencia al flujo de agua, variando según factores como la naturaleza del canal y las obstrucciones presentes. Se determina a través de observaciones, experimentos o referencias empíricas y es esencial para el diseño eficiente y seguro de sistemas hidráulicos, la administración de recursos hídricos y la atenuación de inundaciones. La selección adecuada del valor de "n" asegura estimaciones precisas en cálculos hidráulicos.

Tabla 9.

Valores de coeficiente de Manning

Tipo de canal y descripción	Mín.	Normal	Máy.
Corrientes naturales			
Corrientes inferiores (ancho superficial en nivel creciente <100 pies)			
a) Corrientes en planicies			
Limpias, rectas, máximo nivel, sin pozos profundos ni montículos.	0.025	0.030	0.033
Limpio, serpenteante, algunos bancos y pozos de arena.			
Igual al anterior, pero con algunos matorrales y piedras.	0.030	0.035	0.040
Igual al anterior, niveles más bajos, pendientes y secciones más ineficientes.	0.033	0.040	0.045
Igual al 4, pero con más piedras.			
Tramos con muchas malezas, pozos profundos o canales de crecientes con muchos árboles con matorrales bajos.	0.035	0.045	0.050
Tramos lentos, con malezas y pozos profundos.	0.040	0.048	0.055
Valores de coeficiente de Manning			
b) Corrientes montañosas, sin vegetación en el canal, bancas usualmente empinadas, árboles y matorrales a lo largo de las bancas sumergidas en niveles altos	0.045	0.050	0.060
Fondo: cantos rodados con rocas grandes.	0.075	0.100	0.150
Fondo: gravas, canto rodado y algunas rocas	0.050	0.070	0.080
	0.040	0.050	0.070

Fuente: adaptado de (Chow et al., 1994). hidrología aplicada.

Defensas ribereñas

Las defensas ribereñas están diseñadas para resguardar los lugares cercanos a los ríos de la erosión en sus orillas, un fenómeno propiciado por la velocidad del agua y la socavación que realiza el río al arrastrar material de las riberas, especialmente durante las estaciones de lluvia intensa. Estas condiciones pueden desestabilizar la base de los taludes y la plataforma de carreteras. Aunque estas defensas pueden ser efectivas para la zona que se busca proteger, es importante destacar que alteran el flujo natural del agua y pueden tener efectos significativos en áreas circundantes. Por lo tanto, se requiere un análisis y diseño exhaustivos antes de llevar a cabo su construcción.

Tipos de defensas ribereñas

- Gaviones

Los gaviones se utilizan como muros de contención que pueden diseñarse para cumplir diferentes funciones, incluyendo soporte y drenaje. Estos se construyen sin necesidad de excavar el suelo y están destinados a proteger el suelo contra la erosión causada por el agua, manteniendo los niveles de nutrientes, propiedades hidráulicas y potencial agrícola del suelo.

Figura 14.

Muro de gaviones



Fuente: Maccaferri de Perú (2023). Defensa ribereña río Huallaga – Bellavista.

(<https://bit.ly/3SNrKtX>)

- Muro enrocado:

Un muro de enrocado se compone de bloques o piedras irregulares de diferentes tamaños que se disponen en el talud junto a la orilla de una masa de agua. La estabilidad de esta estructura se logra mediante el peso de las piedras individuales y su interconexión. El enrocado se utiliza cuando hay acceso a rocas cercanas, prefiriendo las piedras cúbicas sobre las de forma alargada o redondeada.

Figura 15.

Muro enrocado



Fuente: Dirección Regional de Agricultura (2021). Más de 15.5 millones invertidos en defensa ribereña con enrocado en los ríos Santa Eulalia y Rímac.

(<https://bit.ly/46hk7Ps>)

Tipos de diques

Existen diferentes tipos de diques para la construcción de defensa ribereña.

- Diques naturales

Estos se forman debido a la acumulación progresiva de materiales y sedimentos que el agua transporta hacia los bordes de los ríos, resultando en la elevación natural de las riberas con el paso del tiempo.

- Diques de contención

Principalmente diseñados para prevenir inundaciones, estos diques se construyen apilando capas de tierra u otros materiales en los bordes de un río para elevar y fortalecer las riberas.

- Diques rompeolas

Diseñados para atenuar la energía de las olas, aunque no bloquean completamente el paso del agua. Ayudan a mitigar la erosión y otros impactos de las olas en las costas.

- Diques enrocados

Se construyen para evitar que el río se desborde e inunde las áreas cercanas, aportando una barrera sólida y resistente contra las crecidas fluviales.

Cada tipo de dique tiene un propósito específico y se construye con técnicas y materiales particulares para abordar desafíos específicos relacionados con el control del agua, la prevención de inundaciones.

El diseño de los diques enrocados, se integran varios elementos críticos para asegurar que la estructura será eficiente y segura. Esta etapa preliminar se basa en datos y análisis exhaustivos para informar las decisiones de diseño.

El pre diseño de un dique enrocado involucra una evaluación integrada de los hallazgos obtenidos de la simulación hidráulica, el cálculo de la socavación y el análisis de suelos. Este proceso comprensivo asegura que la estructura se encuentre fundamentada en datos precisos y análisis detallados, considerando las condiciones específicas del sitio y los posibles desafíos ambientales y de seguridad.

El concepto inicial se ajusta conforme sea necesario, garantizando un diseño optimizado, sostenible y seguro.

1.7 Definición de términos básicos

- Prueba de corte directo

Este procedimiento sirve para precisar la resistencia al corte de una muestra de suelo.

- Diseño de obras hidráulicas

Involucra el uso de modelos matemáticos para entender el comportamiento hidrológico de una cuenca y es crucial analizar áreas vulnerables.

- Hidrología

Se enfoca en examinar la distribución y cualidades del agua en la corteza terrestre y la atmósfera (Villón, 2022).

- Protección de orillas

Está diseñada para salvaguardar los márgenes de los ríos y áreas cercanas de la erosión.

- Hidráulica

Estudia las cualidades mecánicas de los fluidos y su comportamiento bajo diferentes fuerzas.

- Encauzamiento de un río

Se refiere a la delimitación de los límites del cauce de un río a través de obras de ingeniería (Villón, 2022).

- Máximas avenidas

Corresponden al máximo caudal registrado en un río (MTC, 2012).

- Muro de enrocado

Estructuras de rocas usadas para la defensa ribereña.

CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1 Formulación de objetivos

Para determinar los objetivos de la investigación se tiene previamente los siguientes problemas:

Problema Principal

¿Cuál es la influencia de un diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo Urubamba – Cusco?

Problemas Específicos

- ¿Cuál es la influencia del levantamiento topográfico para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo Urubamba - Cusco?
- ¿Cuál es la influencia del estudio hidrológico para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo, Urubamba - Cusco?
- ¿Cuál es la influencia del estudio de suelo para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo, Urubamba - Cusco?
- ¿Cuál es la influencia del modelamiento hidráulico para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo, Urubamba - Cusco?
- ¿Cuál es la influencia del pre dimensionamiento en el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo, Urubamba - Cusco?

Asimismo, la formulación de objetivos fueron los siguientes:

Objetivos generales

Realizar un diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo Urubamba – Cusco.

Objetivos específicos

- Realizar el levantamiento topográfico para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo Urubamba - Cusco

- Desarrollar el estudio hidrológico para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo, Urubamba - Cusco
- Elaborar el estudio de suelo para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo, Urubamba - Cusco
- Desarrollar el modelamiento hidráulico para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo, Urubamba - Cusco
- Realizar el pre dimensionamiento para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo, Urubamba – Cusco.

2.2 Hipótesis

Hipótesis general

- El diseño de defensas ribereñas con el sistema de muro enrocado reduce el peligro de inundaciones en el río Tullumayo Urubamba -Cusco.

Hipótesis específicas

- HE1: El levantamiento topográfico contribuye con información para el modelamiento y pre dimensionamiento del sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo Urubamba- Cusco
- HE2: El estudio hidrológico determina el caudal de diseño equivalente a 16.30 m³/s para Tr=100 años para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo, Urubamba - Cusco
- HE3: El estudio del suelo determinará el tipo de cimentación para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo, Urubamba- Cusco
- HE4: La influencia del modelamiento hidráulico determina las zonas críticas en la microcuenca para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo, Urubamba- Cusco

- HE5: El pre dimensionamiento contribuye con el diseño del sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo, Urubamba - Cusco.

2.3 Definición de variables

2.3.1 Definición conceptual

Variable Independiente VI: Sistema de muro enrocado

Son estructuras formadas a partir de materiales fluviales preparados de forma trapezoidal y cubierto de rocas pesadas en el lado húmedo; Pueden ser tramos continuos o preferenciales por donde fluye el agua con gran poder erosivo (Autoridad para la Reconstrucción con Cambios [ARC],2021).

Variable Dependiente VD: Inundación

La inundación es la descarga de agua más allá del curso normal del agua. Se establece agua, este fenómeno se produce debido a un aumento de caudales (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2021).

2.3.2 Definición operacional

Se identifica la variable independiente con el objetivo de diseñar una defensa ribereña utilizando muro enrocado para atenuar las inundaciones en el río Tullumayo, del distrito de Urubamba, provincia de Urubamba y Región de Cusco. Este proceso implica el análisis de la morfología del área, la geografía local, que incluye la topografía, estudio hidrológico, estudio de suelo, estudio hidráulico las cuales son básicos para la realización del diseño.

Validez y definición operacional

El diseño de un sistema de defensa con el sistema de muro enrocado para atenuar las inundaciones del río Tullumayo tiene como base un estudio previo de hidrología, topografía, hidráulica y geotecnia. Este trabajo considera diversos aspectos como la precipitación, la topografía y los caudales de agua a lo largo del curso del río. Estas mediciones ayudarán a comprender el comportamiento del río y calcular el límite lógico para la construcción del muro enrocado e impedir desbordamientos o inundaciones.

2.4 Operacionalización de variables

Tabla 10.

Operacionalización de variables

Operacionalización de variables Variable	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
VI: MURO ENROCADO	Levantamiento topográfico	- Perfil longitudinal - Secciones Transversales	Levantamiento topográfico
	Estudio hidrológico	- Área de cuenca - Tiempo de concentración - Caudal de diseño - Forma de cuenca	ArcGIS SENAMHI ANA
	Estudio de suelos	- Capacidad portante de suelo - Clasificación de suelos - Límite líquido - Límite plástico - Granulometría - Corte directo	Laboratorio de suelos
	Modelamiento hidráulico	- Áreas inundables - Velocidad - Tirante máximo	HEC - RAS
	Pre dimensionamiento	- Ancho de corona - Estabilidad de muro - Altura de muro - Socavación - Profundidad de uña - Espesor de muro	Cálculos de ingeniería
VD: INUNDACIONES	Identificación de zonas críticas	Registro histórico	Softwares de diseño

Fuente: Los autores (2023)

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Diseño metodológico

3.1.1 Tipo de investigación

Este trabajo tiene una orientación de tipo aplicado porque permite solucionar problemas reales (Hadi et al., 2023).

Este estudio es aplicado, dado que se centra en un enfoque práctico con el propósito principal de generar conocimiento que tenga aplicabilidad directa en la protección y gestión de defensa ribereña en el río Tullumayo. A través del análisis de las avenidas máximas durante el fenómeno de El Niño en relación con el diseño de defensa ribereña con muro enrocado, su meta es proporcionar recomendaciones y estrategias específicas que puedan ser directamente implementadas en la planificación, diseño y mantenimiento de estas defensas ribereñas.

Los resultados de esta investigación tienen una orientación evidente hacia la solución de problemas precisos y la mejoría de las prácticas de ingeniería relacionadas con la protección de las zonas ribereñas. Esto, a su vez, contribuirá a la aminoración de riesgos y a la seguridad de las comunidades. En lugar de enfocarse únicamente en la generación de conocimiento teórico, esta tesis busca producir resultados tangibles y aplicables en la ingeniería hidráulica y la gestión de riesgos hidrológicos.

3.1.2 Enfoque de la investigación

Para Hernández-Sampieri & Mendoza (2018), el método cuantitativo involucra la recopilación de información con el propósito de verificar suposiciones para lo cual se vale de valores numéricos y análisis estadístico. También busca identificar patrones de comportamiento, así como validar teorías.

Esta investigación adopta un enfoque cuantitativo, pues se basará en la reunión de datos procedentes de estudios topográficos, de suelos, hidrológicos e hidráulico. Estos datos servirán como punto de referencia para llevar a cabo mediciones numéricas y análisis estadísticos necesarios. El propósito principal es explorar e interpretar la problemática planteada con relación a las avenidas máximas durante el fenómeno de El Niño. Esto se llevará a cabo considerando la información previa de expertos y teóricos en el campo.

El objetivo posterior es aplicar pruebas y análisis empíricos a las estructuras de defensa ribereña con muro enrocado. A través de la recopilación de datos

hidrológicos y un análisis estadístico riguroso, se pretende validar o refutar las hipótesis establecidas, lo que conducirá a la obtención de conclusiones que enriquecerán el conocimiento científico. Estas conclusiones, a la par, proporcionarán información valiosa para tomar decisiones vinculadas con el diseño y la gestión de las mencionadas estructuras de defensa ribereña.

3.1.3 Nivel de investigación de investigación

En palabras de Hernández-Sampieri & Mendoza (2018), la finalidad del estudio descriptivo radica en reconocer atributos y particularidades significativas de individuos, colectivos, comunidades, procedimientos, objetos u otros fenómenos que necesitan ser analizados.

3.1.4 Diseño de investigación

Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) en un estudio que se basa en un diseño "no experimental", las variables independientes son preexistentes y no se modifican, controlan ni influyen directamente, dado que tanto las variables como sus efectos ya han ocurrido.

Esta investigación se clasifica como "no experimental", debido a que no se manipulan deliberadamente las variables independientes, como el suelo, el caudal y la roca, con el fin de observar sus efectos en la variable dependiente relacionada con el diseño de las defensas ribereñas.

Además, su estructura es transversal, ya que los datos se recopilan en un solo punto del tiempo, en el presente. En este estudio, se establecerán bases para investigaciones futuras, aunque será necesario ajustar los enfoques en base a los objetivos formulados.

3.2. Población y muestra

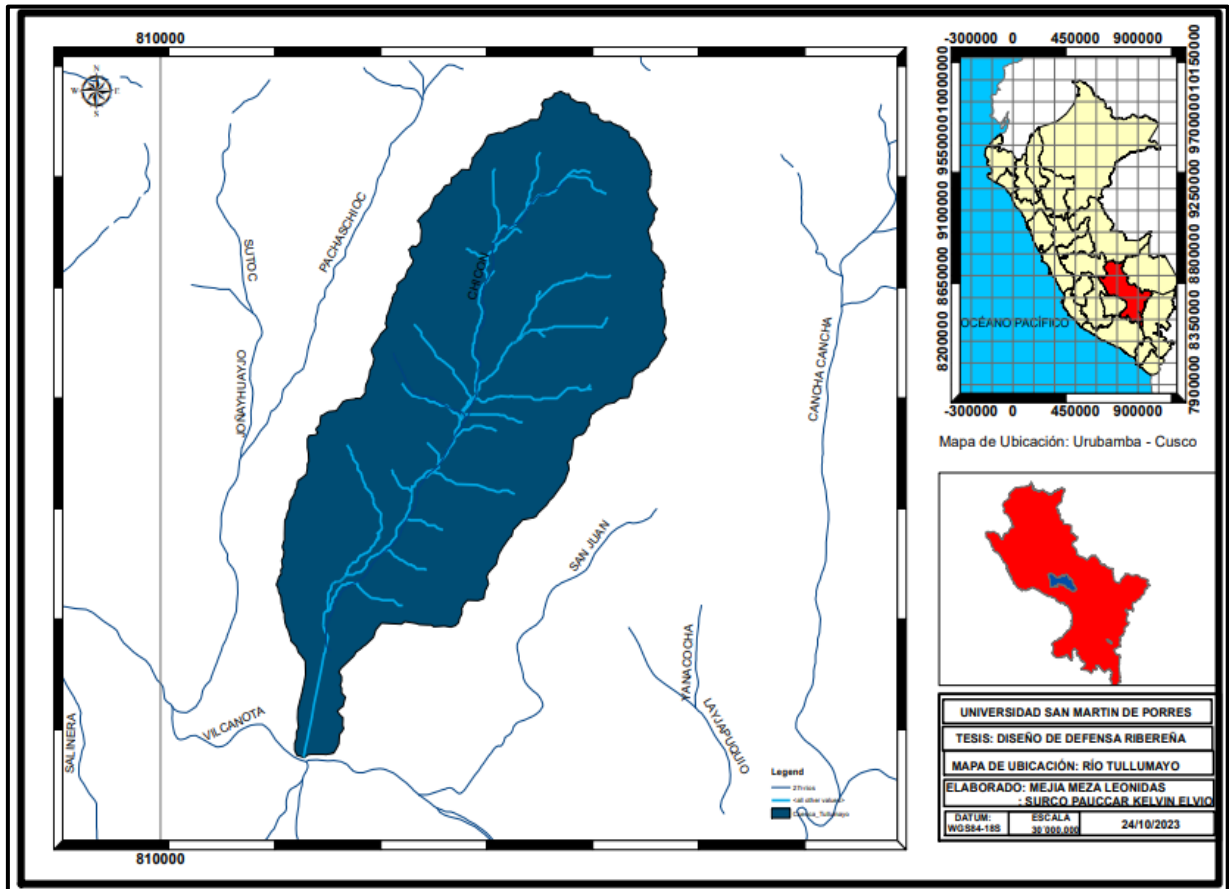
3.2.1 Población

Se encuentra contemplado por la microcuenca del Chicón del río Tullumayo que posee un área de 39.06 km² y un perímetro de 31.87 km y que tiene como río principal al río Tullumayo, que desemboca al río Vilcanota en el distrito de Urubamba, Provincia de Urubamba, en región Cusco, que está situado entre las coordenadas geodésicas siguientes:

- Latitud sur: 13°17'14.14483"S
- Latitud Oeste: 72°06'24.38959"W.

Figura 16.

Ubicación de la microcuenca de Chicón del río Tullumayo



Fuente: Los autores (2023)

3.2.2 Muestra

En palabras de Hernández-Sampieri & Mendoza (2018), es un segmento específico de la población, de este se obtienen datos y es esencial que sea representativo si se busca hacer generalizaciones.

La muestra seleccionada corresponde a dos tramos críticos del río Tullumayo, se tiene como primer tramo que inicia en la progresiva de 2+380 km hasta progresiva 2+440 km altura reservorio de Chichubamba y el segundo tramo inicia con la progresiva 3+400 km hasta progresiva 6+145 km altura Centro poblado San Isidro Chicón en la microcuenca de Chicón del río Tullumayo, distrito de Urubamba, provincia de Urubamba, región Cusco.

Se realizó el vuelo de Drone en el área de estudio para conocer las condiciones en que encuentra el río y se idéntico que a lo largo de la zona de estudio se observa terrenos de agrícolas, viviendas, invernaderos, caminos vecinales tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 17.

Vuelo Drone de zonas críticas del río Tullumayo



Fuente: Los autores (2023)

Figura 18.

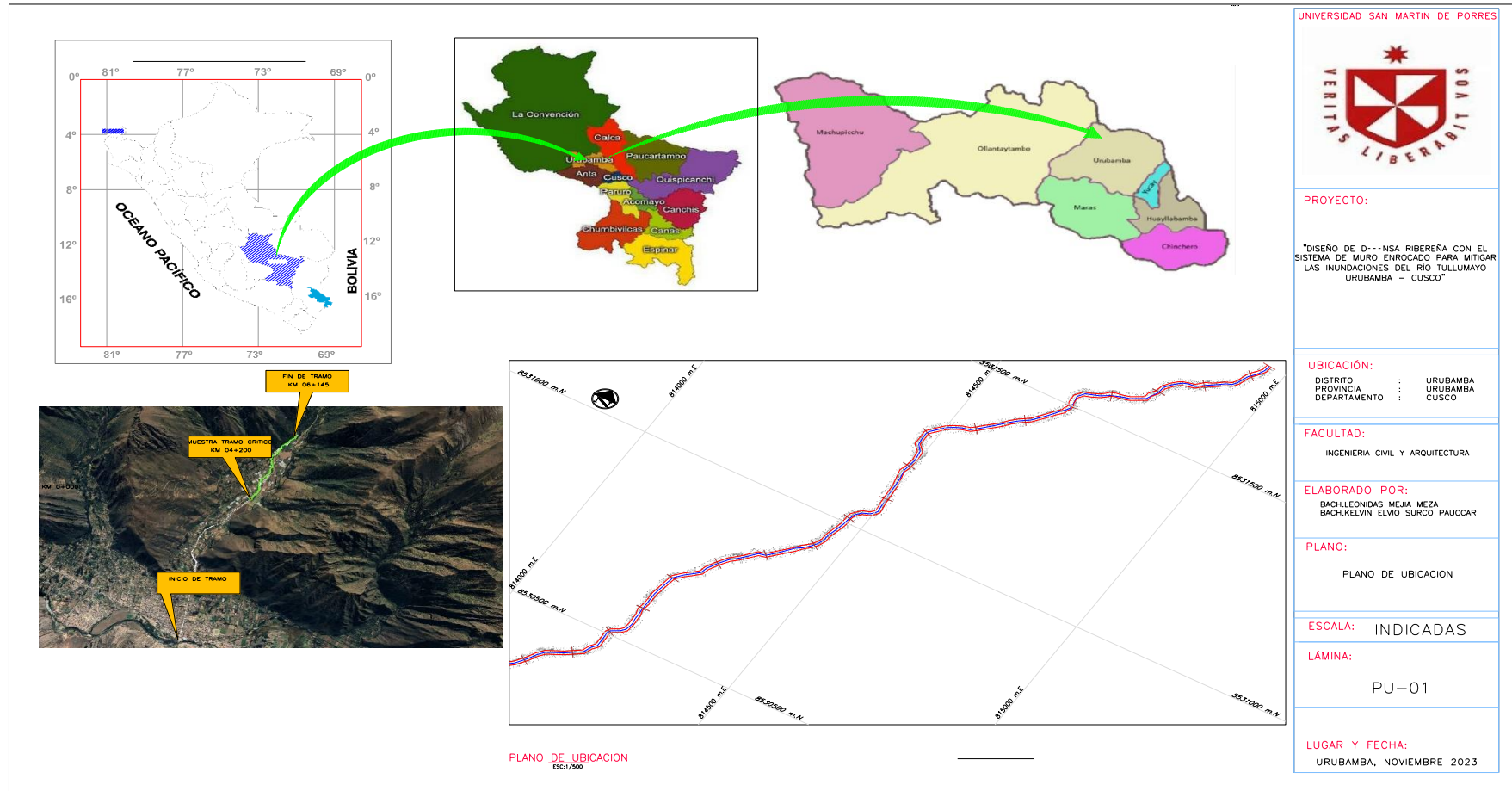
Vista panorámica desde lo alto de la Comunidad San Isidro Chicón



Fuente: Los autores (2023)

Figura 19.

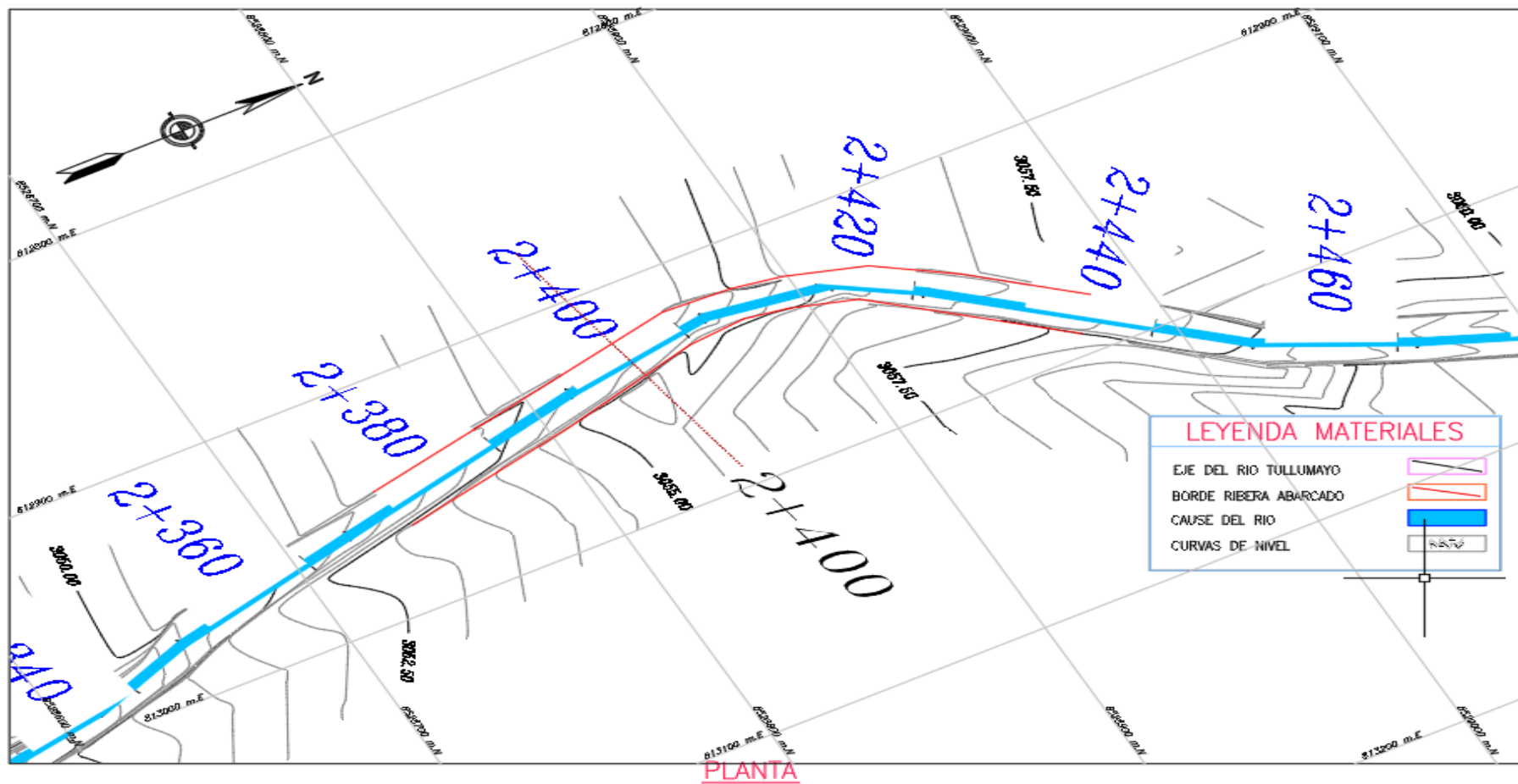
Plano de ubicación de la muestra



Fuente: Los autores (2023)

Figura 20.

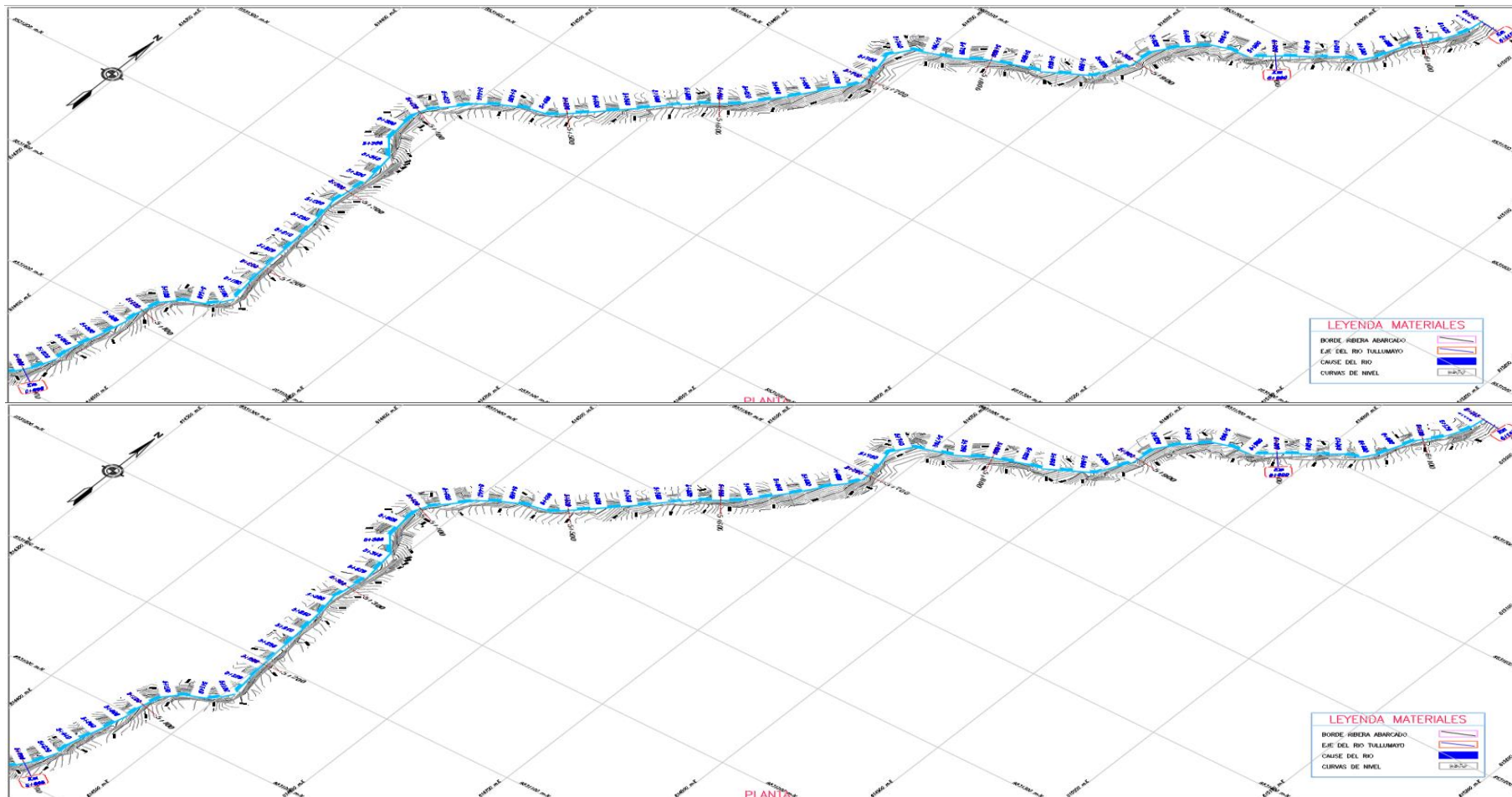
Muestra de estudio tramo I del 2+380 km al 2+440 km



Fuente: Los autores (2023)

Figura 21.

Muestra de estudio tramo II del 4+200 km al 6+145 km



Fuente: Los autores (2023)

Figura 22.

Visita al área de estudio para realizar trabajos de campo

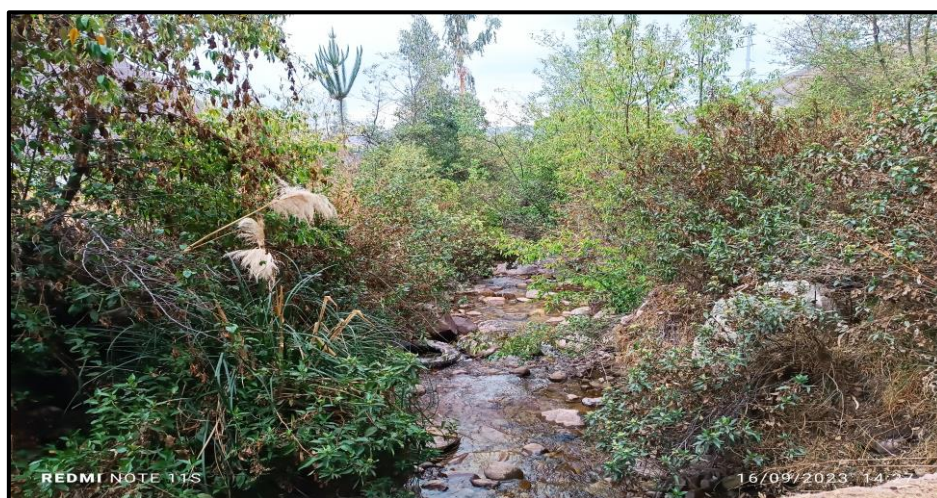


Fuente: Los autores (2023)

En la figura que a continuación se presenta se aprecia las condiciones actuales en la que se encuentra el cauce del río Tullumayo, de lo cual se identificó que dicho cauce necesita una descolmatación y la protección a terrenos agrícolas, viviendas, caminos para mitigar las inundaciones que se puedan presentar ante el fenómeno del niño.

Figura 23.

Condiciones actuales del río Tullumayo



Fuente: Los autores (2023)

Figura 24. Vuelo de Dron al área de estudio



Fuente: Los autores (2023)

Figura 25. Probables zonas afectadas ante inundaciones del río Tullumayo



Fuente: Los autores (2023)

Criterios de inclusión

Son aquellas características que tiene que cumplir un objeto u sujeto para ser parte del estudio.

En esta investigación solo se incluyen los tramos críticos que se identificaron a través del modelamiento hidráulico a lo largo del río Tullumayo.

Criterios de exclusión

Se hace referencia a las condiciones o atributos que poseen los participantes y que tienen el potencial de influir o cambiar los resultados, lo que los excluye de ser considerados adecuados para el estudio.

En esta investigación se excluyen el diseño de canales de regadío, diseño de puentes, diseño de carretera entre otros.

3.3. Instrumento

En esta investigación los instrumentos usados son los siguientes.

3.3.1 Instrumentos de recolección de datos

Para Aguirre & De la Torre (2019), se trata de la información que se adquiere de la realidad a través del uso de una herramienta de recojo de datos, que puede ser, por ejemplo, observación, entrevista, cuestionario, entre otros.

- Análisis de información existente

En esta investigación se utilizará información como: normas, artículos, tesis, libros, pluviométricos adquiridos de Senamhi, datos hidrométricos, etc., relacionados con la investigación, cuyo fin es obtener datos verídicos y claros para la ejecución del estudio.

- Visitas de campo

Estas vistas son muy importantes para realizar los estudios de la investigación del proyecto, estudios como la recolección de patrones de la superficie del lecho del río Tullumayo y para su análisis pertinente en el laboratorio de mecánica de suelos.

- Entrevistas

Estas entrevistas se aplicaron a ingenieros especialistas en Hidráulica y en área de geotecnia la cual será un gran apoyo para la ejecución de este estudio.

Instrumentos de procesamiento

En la siguiente investigación se emplearán los siguientes instrumentos:

- Microsoft Excel
- Levantamiento topográfico

- Dron
- DEM
- También se utilizarán los siguientes programas y estos son:
- AutoCAD civil 3D
- ArcGIS 10.8
- Global Mapper
- Google Earth
- Programa HEC- HMS 4.11
- Programa HEC - RAS 5.07
- Instrumentos de medición hidrológica
- Equipos de muestreo y análisis de suelos
- Herramientas de análisis estadístico

Se empleará formatos para el análisis y cálculo la cual se menciona a continuación:

- Formato de topografía
- Formato para estudio de suelo
- Revisión de documentos

Se revisó las normativas técnicas adecuadas, manuales y tesis que serán de gran ayuda para diseñar la defensa ribereña, algunos de estas normas son la NTP 339.131, NTP 339.134, ASTM D 2216, ASTM D 422, ASTM D3080 NTP 339.128. También tenemos disponible en la web el Manual de Ensayo de Materiales (MTC,2016) y el manual de hidrología y drenaje (MTC, 2012).

3.4. Técnicas e instrumentos del proceso de datos

3.4.1 Técnicas

La data pluviométrica e hidrométrica de la cuenca del río Tullumayo que se obtuvo de SENAMHI, la cual se procesó mediante el software Microsoft Excel, ArcGIS, HEC- HMS, para luego hallar el caudal de diseño y luego se determinó la simulación de caudal mediante el software HEC-RAS la cual identificó las zonas críticas a lo largo del río Tullumayo.

Asimismo, los datos de los ensayos de laboratorio serán plasmados mediante gráficos, como en el caso de corte directo, Proctor modificado y la curva granulométrica, etc.

3.4.2 Procedimientos

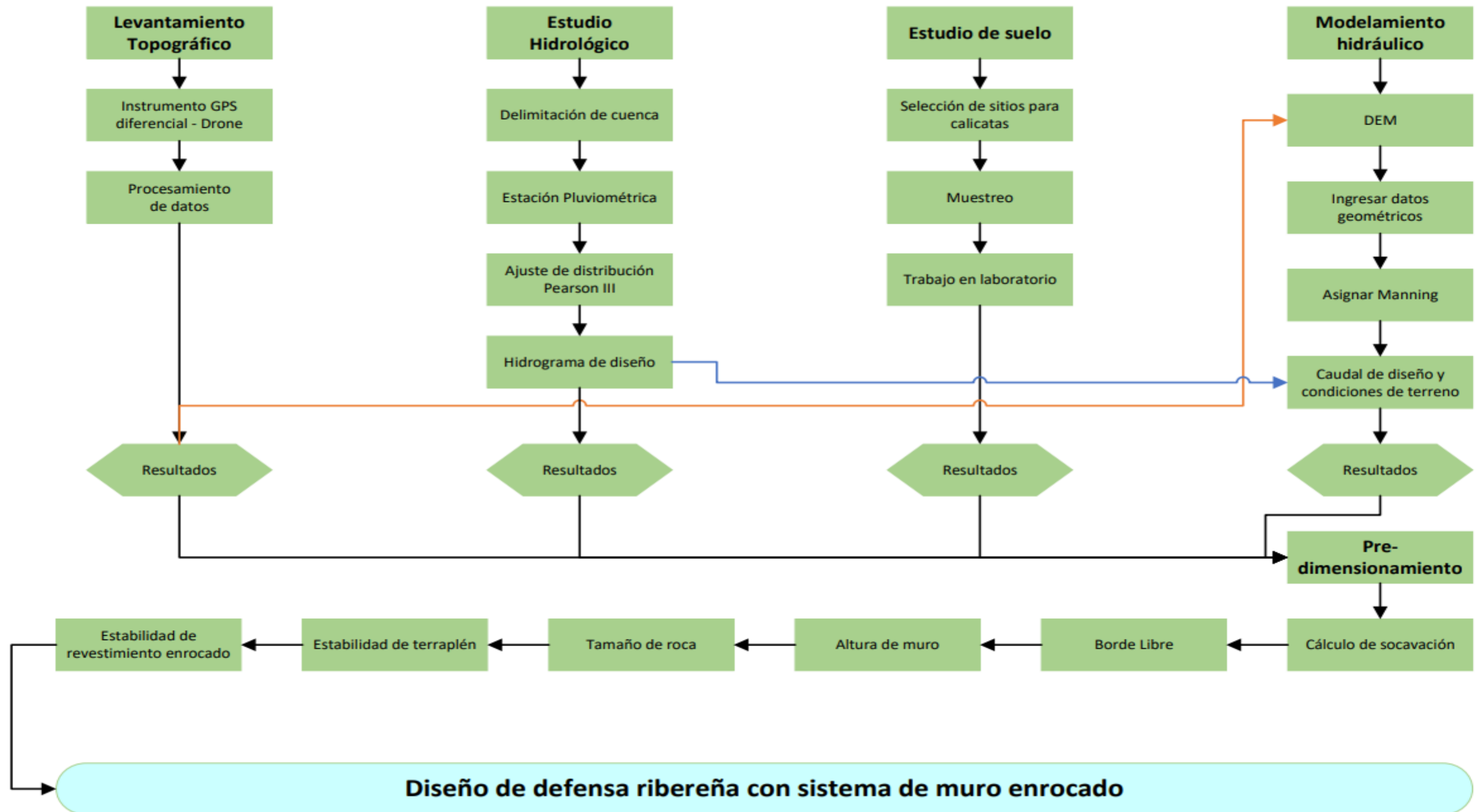
Se diseñará la ficha de reunión de datos, estableciendo las variables de interés y los parámetros a ser registrados. Se definirán las categorías y secciones pertinentes para cada variable, garantizando la consistencia en el recojo de datos. Se hará una investigación minuciosa de la literatura científica y normativas técnicas relacionadas a las máximas avenidas ante fenómeno del niño para diseñar estructuras de defensa ribereña con muro enrocado. Esto permitirá obtener información contextual relevante y definir los criterios de clasificación y medición. Se realizará una planificación de los puntos de muestreo a lo largo de la ribera del río Tulumayo, considerando la representatividad espacial y la variedad de condiciones hidrológicas.

En paralelo, a la recopilación de datos en campo, se recopilarán datos históricos de eventos hidrológicos y condiciones climáticas, así como información geoespacial de la zona de estudio. Estos datos complementarán las observaciones directas y proporcionarán una visión más completa. Una vez completada la recopilación de datos, se procederá a la valoración y verificación de la calidad de los datos recopilados.

Se realizarán análisis de consistencia y se resolverán posibles discrepancias o errores identificados. Los datos recopilados se organizarán y se ingresarán en una base de datos para luego ejecutar las pruebas estadísticas y modelización. Se utilizarán herramientas especializadas para analizar las relaciones entre las variables hidrológicas y la vulnerabilidad de las estructuras de defensa ribereña, generando conclusiones y recomendaciones basadas en evidencia científica.

Figura 26.

Procesamiento de dato para el diseño de muro enrocado



Fuente: Los autores (2023)

Confiabilidad

Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), la confiabilidad se relaciona con la consistencia en los resultados cuando se aplica de forma repetida a la misma persona, caso o muestra.

Esto significa que el área analizada siempre proporcionará resultados consistentes, lo que genera confianza en la utilidad de los resultados que se emplearán en las pruebas. Además, la certificación del instrumento, que incluye su calibración, es fundamental para obtener resultados fiables.

Validez

Según Narvaez (2023), la validez demuestra el nivel en que un instrumento evalúa verdaderamente la variable que se intenta evaluar, se alcanza al demostrar que el instrumento representa adecuadamente el concepto abstracto por medio de sus mediciones concretas.

Los instrumentos utilizados en este estudio fueron evaluados por expertos en los campos de geología e hidráulica. Estos especialistas validaron y aprobaron el contenido de los instrumentos que se utilizarían en el estudio.

Se tiene los certificados de calibración de los instrumentos utilizados en el laboratorio de mecánica de suelos y el certificado de punto geodésico para la georreferenciación en el levantamiento topográfico.

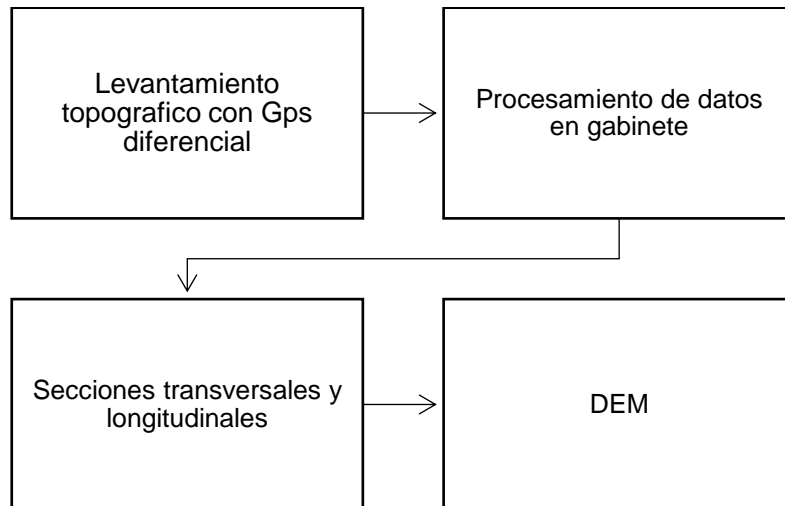
CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1 Levantamiento topográfico

4.1.1 Mapa de proceso

Figura 27.

Proceso de levantamiento topográfico



Fuente: Los autores (2023)

4.1.2 Desarrollo

La topografía es un análisis esencial que sirve como base para cualquier iniciativa constructiva. La finalidad de las labores topográficas es brindar datos precisos y auténticos que faciliten el diseño de estructuras sustentado en estimaciones fidedignas. Se llevaron a cabo acciones tanto en terreno como en gabinete con el objetivo de representar fielmente las particularidades topográficas del río "Tullumayo" en el tramo analizado.

Se ha utilizado para la georreferenciación punto geodésico CUS13243 con el certificado de punto geodésico obtenido del instituto geográfico nacional de acuerdo con las siguientes características mostrado en la siguiente figura:

Figura 28.

Certificado de punto geodésico

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
SUBDIRECCIÓN DE CERTIFICACIONES

CERTIFICADO DE PUNTO GEODÉSICO

Visto el informe de procesamiento del punto geodésico **CUS13243** y habiendo verificado el resultado obtenido por la **MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE URUBAMBA**, el Instituto Geográfico Nacional procede a certificar la calidad del resultado obtenido, el cual cumple con los requisitos establecidos según Norma Técnica Geodésica, de acuerdo a las siguientes características:

CÓDIGO DEL PUNTO GEODÉSICO		CUS13243	
COORDENADAS WGS-84			
UTM		GEODÉSICAS	
ESTE	813500.478 m	LATITUD	13°17'14.14483" S
NORTE	8529276.314 m	LONGITUD	72°06'24.38959" O
ZONA	18 Sur	ALT. ELIPSOIDAL	3235.037 m

Datos Generales:

- ORDEN: "C"
- UBICACIÓN (Prov. – Dpto.): URUBAMBA - CUSCO
- ESTACIÓN GNSS BASE: CUSCO (CS01) - 2020
- ÉPOCA DE OBSERVACIÓN: NOVIEMBRE 2022
- NÚM. CORRELATIVO: 4171 – 2022/IGN/DIG/SDCERTIF

Lima, 17 de noviembre de 2022

SILVA CELESTINO Clari Luz
TTE EP
Subdirectora de Certificaciones

8000998034789

Fuente: Certificado obtenido de la municipalidad provincial de Urubamba. (2022)

Reconocimiento de campo

Las actividades que se realizaron fueron visitas al área principal de investigación. En esencia, las tareas de reconocimiento incluyeron:

- Exploración detallada del área designada para evaluar las acciones a llevar a cabo, corroborar los datos ya disponibles y determinar puntos clave para el control topográfico.

- Identificación de vías de acceso, comunidades cercanas y zonas habitadas.
- Durante esta etapa, fue esencial dialogar con la comunidad local sobre áreas propensas a inundaciones y los daños derivados de estas.
- El análisis topográfico se efectuó registrando los puntos esenciales para capturar la topografía del terreno, así como detalles específicos como estructuras existentes y límites de propiedad.
- Este proceso tuvo lugar con equipo especializado y el respaldo de profesionales experimentados para asegurar mediciones precisas. Se prestó particular atención al registro detallado de todos los elementos planimétricos en la zona del proyecto.

Figura 29.

Reconocimiento del río Tullumayo



Fuente: Los autores (2023)

Levantamiento planimétrico – altimétrico

Se estableció el punto de partida considerando todos los aspectos técnicos esenciales, y se trazó el segmento del canal con una extensión de 6,145 m. Luego, se llevó a cabo el registro del perfil longitudinal del terreno, siguiendo la ruta del río

usando un GPS diferencial y también con la ayuda de un dron. Las secciones transversales, perpendiculares al eje del trazado, se registraron cada 20 metros, cubriendo todo el ancho pertinente. Utilizando los datos del registro topográfico, se elaboró el dibujo respectivo en el programa AutoCAD Civil 3D – 2022 con las escalas especificadas.

Levantamiento topográfico

Figura 30.

Instalación de GPS diferencial en el punto geodésico



Fuente: Los autores (2023)

Figura 31.

Instrumentos utilizados para el levantamiento topográfico



Fuente: Los autores (2023)

Figura 32.

Recorrido por el cauce del río Tullumayo para la toma de puntos



Fuente: Los autores (2023)

Figura 33.

Levantamiento topográfico con vuelo Drone



Fuente: Los autores (2023)

Instrumentos y materiales topográficos

- Gps diferencial South galaxy G3
- Rover RTK South Galaxi G3
- Batería
- Libreta de campo
- Cemento
- Hormigón
- Varilla de acero de 1/2"

Puntos topográficos

El inicio del proyecto de investigación se determinó teniendo en cuenta criterios técnicos cruciales, y se delineó el trayecto del cauce desde el punto de salida del río Tullumayo en el río Vilcanota cota 0+000 km hasta alcanzar los 6+145 km. Posteriormente, se registró el perfil vertical del terreno a lo largo del curso del río

mediante un GPS diferencial y el apoyo de un dron. Se efectuaron registros de secciones transversales, abarcando todo el ancho requerido. A partir de la información topográfica recabada, se procesó correspondiente utilizando AutoCAD Civil 3D – 2022, respetando las escalas previamente definidas.

Tabla 11.

Puntos BM de control del río Tullumayo

Norte	Este	Cota	Descripción
8531799.95	814964.408	3379.617	BM
8531288.35	814478.957	3305.801	BM
8531288.35	814478.951	3305.795	BM
8530061.77	813786.584	3171.449	BM
8530061.78	813786.59	3171.45	BM
8530061.77	813786.589	3171.451	BM
8530061.78	813786.588	3171.45	BM
8530055.6	813780.982	3170.805	BM
8530055.82	813780.937	3169.421	BM
8530050.53	813777.683	3170.204	BM
8530050.51	813777.653	3169.385	BM
8530050.91	813777.338	3167.467	BM
8530048.29	813776.171	3169.069	BM
8530048.65	813775.783	3167.062	BM
8530040.84	813772.706	3168.244	BM
8530033.69	813769.516	3167.943	BM
8530033.57	813769.463	3167.542	BM
8530034.01	813769.042	3165.319	BM
8530022.47	813764.429	3166.358	BM
8530022.79	813764.081	3164.338	BM
8530014.26	813753.465	3165.253	BM
8530006.44	813742.942	3164.645	BM
8530006.36	813742.907	3164.319	BM
8530006.7	813742.776	3162.51	BM
8530000.56	813735.116	3163.509	BM

Norte	Este	Cota	Descripción
8529990.7	813721.783	3161.99	BM
8529981.4	813709.344	3160.836	BM
8529981.58	813709.065	3159.245	BM
8529950.74	813693.816	3158.538	BM
8529950.64	813693.517	3157.325	BM
8529923.02	813679.68	3156.139	BM
8529923.18	813679.382	3154.397	BM
8529898.33	813663.159	3153.856	BM
8529875.05	813647.33	3152.164	BM
8529875	813647.264	3151.629	BM
8529875.19	813647.092	3150.629	BM
8529871.8	813644.811	3151.513	BM
8530061.79	813786.605	3170.994	BM
8529750.53	813552.622	3138.809	BM
8529390.2	813085.975	3088.278	BM

Fuente: Los autores (2023)

Tabla 12.

Puntos de levantamiento topográfico con GPS diferencial

Nombre	Coord X	Coord X	COTA	Nombre	Coord X	Coord X	COTA
P01	8531799.53	814968.663	3380.482	P39	8531718.86	814933.572	3372.174
P02	8531793.17	814966.897	3379.181	P40	8531714.23	814928.837	3371.388
P03	8531771.21	814966.086	3379.36	P41	8531709.88	814924.07	3370.329
P04	8531777.22	814965.946	3378.735	P42	8531712.91	814922.712	3367.925
P05	8531808.18	814965.581	3379.542	P43	8531714.54	814921.317	3368.078
P06	8531808.15	814965.557	3379.554	P44	8531707.95	814920.754	3368.328
P07	8531808.21	814965.554	3379.549	P45	8531710.93	814920.421	3367.416
P08	8531808.27	814965.507	3379.549	P46	8531710.57	814916.811	3366.808
P09	8531777.45	814965.229	3378.848	P47	8531703.81	814914.893	3367.014
P10	8531808.39	814965.192	3379.588	P48	8531706.9	814913.022	3366.79
P11	8531807.52	814965.153	3378.702	P49	8531712.38	814913.019	3366.766
P12	8531793.19	814964.891	3378.415	P50	8531709.93	814911.737	3366.61
P13	8531802.52	814964.858	3379.499	P51	8531710.6	814911.194	3366.359

Nombre	Coord X	Coord X	COTA	Nombre	Coord X	Coord X	COTA
P14	8531803.57	814964.655	3378.324	P52	8531712.88	814911.053	3366.564
P15	8531789.41	814963.911	3378.135	P53	8531706.43	814910.442	3365.527
P16	8531789.56	814963.753	3376.525	P54	8531698.87	814908.938	3367.154
P17	8531773.6	814963.749	3379	P55	8531698.5	814908.762	3368.461
P18	8531797.86	814963.435	3377.011	P56	8531710.01	814907.597	3365.751
P19	8531794.92	814962.858	3376.814	P57	8531712.98	814907.433	3365.976
P20	8531770.29	814962.45	3378.672	P58	8531707.87	814907.259	3365.487
P21	8531798.7	814962.031	3377.115	P59	8531700.36	814906.116	3366.635
P22	8531799.3	814962.026	3377.858	P60	8531711.07	814905.197	3366.327
P23	8531792.27	814961.285	3376.234	P61	8531701.67	814904.65	3364.848
P24	8531767.86	814960.484	3378.019	P62	8531707.06	814903.318	3365.503
P25	8531767.18	814958.721	3377.487	P63	8531693.21	814903.282	3367.549
P26	8531807.76	814957.816	3378.197	P64	8531709.31	814902.731	3365.912
P27	8531807.59	814957.621	3383.063	P65	8531704.13	814902.253	3365.283
P28	8531803.92	814957.301	3381.065	P66	8531706.83	814901.602	3365.697
P29	8531764.94	814956.756	3376.649	P67	8531690.39	814899.871	3366.999
P30	8531793.04	814956.069	3377.954	P68	8531691.19	814899.361	3365.072
P31	8531803.61	814954.629	3386.447	P69	8531704.43	814898.98	3365.156
P32	8531800.51	814954.446	3381.006	P70	8531700.98	814896.629	3365.404
P33	8531800.11	814954.035	3380.968	P71	8531698.77	814895.71	3364.127
P34	8531746	814944.921	3374.634	P72	8531702.98	814895.558	3365.039
P35	8531743.6	814942.463	3374.673	P73	8531686.79	814894.048	3366.262
P36	8531734.25	814937.692	3373.643	P74	8531686.9	814893.953	3365.158
P37	8531728.81	814936.545	3373.115	P75	8531697.61	814893.232	3363.721
P38	8531724.66	814935.359	3372.259	P76	8531701.34	814892.341	3366.447
P77	8531698.51	814891.788	3364.411	P123	8531669.29	814849.013	3358.358
P78	8531700.37	814889.81	3366.074	P124	8531672.06	814847.958	3358.475
P79	8531695.3	814887.399	3363.712	P125	8531674.81	814847.956	3361.13
P80	8531681.94	814886.215	3366.222	P126	8531673.32	814846.351	3361.073
P81	8531694.5	814885.086	3363.842	P127	8531668.2	814845.811	3358.052
P82	8531690.96	814883.08	3362.951	P128	8531665.92	814845.455	3358.306
P83	8531678.06	814881.208	3365.097	P129	8531655.9	814844.665	3360.481
P84	8531693.33	814879.544	3363.641	P130	8531666.77	814842.828	3363.405
P85	8531694.74	814879.442	3364.886	P131	8531665.77	814840.435	3362.855

Nombre	Coord X	Coord X	COTA	Nombre	Coord X	Coord X	COTA
P86	8531676.55	814879.375	3364.767	P132	8531664.79	814838.602	3357.436
P87	8531672.55	814878.291	3364.942	P133	8531667	814837.223	3357.469
P88	8531672.81	814878.254	3363.725	P134	8531670.61	814836.494	3360.718
P89	8531677.33	814878.082	3362.281	P135	8531664.81	814835.332	3357.281
P90	8531675.98	814875.948	3361.749	P136	8531664.85	814831.091	3359.727
P91	8531682.98	814875.192	3362.85	P137	8531660.17	814830.177	3356.332
P92	8531687.98	814873.007	3363.15	P138	8531641.49	814828.577	3359.431
P93	8531679.73	814870.235	3361.574	P139	8531642.87	814825.875	3358.195
P94	8531676.99	814868.859	3361.583	P140	8531655.67	814825.675	3355.774
P95	8531685.74	814868.709	3362.503	P141	8531660.39	814824.755	3359.063
P96	8531677.97	814866.438	3361.425	P142	8531636.49	814824.399	3360.419
P97	8531675.59	814865.013	3360.778	P143	8531637.86	814822.826	3359.174
P98	8531663.64	814864.565	3362.965	P144	8531638.22	814822.258	3356.854
P99	8531671.85	814864.275	3360.052	P145	8531655.66	814821.355	3357.94
P100	8531665.55	814863.613	3363.111	P146	8531650.69	814821.3	3354.944
P101	8531674.95	814863.199	3360.817	P147	8531623.05	814818.815	3356.256
P102	8531664.74	814863.129	3365.062	P148	8531645.98	814817.535	3354.601
P103	8531678.03	814862.646	3362.679	P149	8531616	814817.48	3355.106
P104	8531674.11	814862.263	3360.987	P150	8531650.91	814817.042	3356.9
P105	8531676.36	814862.008	3362.559	P151	8531616.54	814816.632	3353.682
P106	8531661.46	814861.099	3362.831	P152	8531604.16	814812.913	3355.032
P107	8531675.71	814860.866	3362.253	P153	8531646.91	814812.83	3356.839
P108	8531674.35	814859.978	3360.927	P154	8531640.03	814811.766	3353.898
P109	8531673.31	814858.579	3360.393	P155	8531644.63	814810.51	3356.828
P110	8531672.28	814857.861	3359.593	P156	8531627.22	814808.334	3352.79
P111	8531673.64	814857.804	3360.337	P157	8531619.31	814808.114	3351.534
P112	8531674.5	814857.302	3360.222	P158	8531612.86	814807.753	3352.31
P113	8531658.36	814856.198	3361.764	P159	8531641.08	814807.085	3356.76
P114	8531671.2	814853.87	3361.735	P160	8531630.05	814806.893	3353.24
P115	8531658.04	814853.743	3360.617	P161	8531594.11	814806.802	3353.39
P116	8531670.99	814853.381	3358.754	P162	8531627.89	814806.261	3355.452
P117	8531677.22	814853.233	3359.912	P163	8531596.61	814805.957	3353.826
P118	8531659.5	814853.17	3359.549	P164	8531620.98	814805.819	3352.227
P119	8531672.04	814852.852	3359.241	P165	8531630.51	814805.412	3356.405

Nombre	Coord X	Coord X	COTA	Nombre	Coord X	Coord X	COTA
P120	8531656.33	814852.532	3361.579	P166	8531627.9	814804.887	3356.122
P121	8531673.95	814852.171	3359.563	P167	8531586.65	814804.544	3354.727
P122	8531655.79	814849.831	3361.148	P168	8531625.48	814803.92	3356.199
P169	8531613.04	814802.507	3351.787	P215	8531571.65	814761.749	3345.085
P170	8531597.82	814802.095	3353.569	P216	8531575.76	814761.123	3345.047
P171	8531596.61	814801.692	3351.142	P217	8531574.87	814758.575	3344.533
P172	8531609.66	814800.547	3351.024	P218	8531576.57	814758.378	3345.083
P173	8531613.42	814800.539	3353.343	P219	8531549.87	814758.363	3347.282
P174	8531616.28	814800.401	3354.631	P220	8531577.65	814757.343	3346.237
P175	8531617.26	814800.149	3357.056	P221	8531575.11	814756.319	3344.549
P176	8531613.88	814799.266	3354.319	P222	8531576.5	814755.302	3345.344
P177	8531590.22	814799.172	3349.92	P223	8531563.09	814753.801	3349.035
P178	8531584.72	814799.004	3351.205	P224	8531569.16	814751.212	3344.831
P179	8531569.11	814798.973	3351.723	P225	8531567.66	814748.922	3353.759
P180	8531569.35	814798.713	3351.745	P226	8531567.79	814747.111	3344.267
P181	8531613.33	814798.627	3354.581	P227	8531569.06	814745.006	3344.817
P182	8531585.52	814798.55	3350.485	P228	8531558.65	814744.728	3345.893
P183	8531583.84	814798.471	3353.371	P229	8531580.58	814742.794	3346.405
P184	8531583.43	814798.352	3352.806	P230	8531568.46	814742.081	3345.144
P185	8531586.89	814797.907	3350.041	P231	8531568.92	814741.941	3344.173
P186	8531606.42	814797.537	3352.578	P232	8531556.56	814739.268	3345.335
P187	8531584.37	814797.212	3359.824	P233	8531545.58	814739.166	3344.828
P188	8531587.85	814796.339	3349.043	P234	8531545.5	814739.154	3344.819
P189	8531607.48	814796.054	3353.826	P235	8531545.47	814739.121	3344.821
P190	8531599.17	814795.416	3360.32	P236	8531545.55	814739.041	3344.822
P191	8531604.95	814794.804	3353.503	P237	8531545.57	814738.913	3344.828
P192	8531597.41	814794.659	3350.752	P238	8531579.01	814738.715	3342.413
P193	8531602.02	814793.771	3352.987	P239	8531570.91	814737.135	3348.466
P194	8531598.7	814793.276	3351.47	P240	8531578.41	814736.625	3341.963
P195	8531598.89	814790.4	3352.594	P241	8531580.8	814735.879	3344.13
P196	8531598.91	814790.138	3352.931	P242	8531579.56	814735.79	3342.499
P197	8531588.82	814789.807	3349.323	P243	8531572.16	814734.406	3346.948
P198	8531598.48	814788.485	3352.895	P244	8531552.2	814733.346	3344.256
P199	8531590.77	814788.152	3350.195	P245	8531541.17	814731.032	3343.854

Nombre	Coord X	Coord X	COTA	Nombre	Coord X	Coord X	COTA
P200	8531595.26	814785.689	3351.25	P246	8531573.24	814730.458	3350.519
P201	8531591.13	814783.81	3350.115	P247	8531547.67	814726.152	3343.579
P202	8531591.11	814783.634	3350.218	P248	8531570.14	814718.896	3344.933
P203	8531583.1	814779.815	3349.519	P249	8531554.89	814716.308	3340.155
P204	8531569.6	814779.27	3349.109	P250	8531566.79	814715.995	3344.597
P205	8531585.09	814779.081	3349.319	P251	8531551.58	814714.756	3339.789
P206	8531568.92	814778.479	3350.156	P252	8531561.67	814711.562	3344.815
P207	8531581.05	814777.641	3348.558	P253	8531554.48	814711.504	3340.51
P208	8531566.82	814768.577	3348.702	P254	8531549.16	814708.417	3339.757
P209	8531570.99	814765.629	3345.807	P255	8531557.88	814707.142	3343.694
P210	8531576.21	814763.129	3345.917	P256	8531556.17	814703.649	3343.662
P211	8531575.64	814762.843	3345.103	P257	8531536.2	814700.172	3339.114
P212	8531569.26	814762.342	3346.297	P258	8531552.24	814697.716	3342.753
P213	8531568.61	814762.184	3347.301	P259	8531543.66	814690.923	3337.229
P214	8531574.01	814762.067	3344.63	P260	8531547.34	814689.473	3336.965
P261	8531549.49	814688.605	3342.338	P307	8531474.36	814661.221	3332.883
P262	8531546.77	814688.569	3337.893	P308	8531463.12	814661.099	3327.848
P263	8531549.5	814687.913	3342.306	P309	8531461.08	814660.76	3328.746
P264	8531504.1	814687.608	3337.076	P310	8531469.69	814659.536	3333.725
P265	8531544.42	814686.967	3337.359	P311	8531462.26	814656.886	3329.597
P266	8531497.9	814686.086	3334.593	P312	8531467.14	814656.414	3333.109
P267	8531511.37	814684.546	3335.79	P313	8531466.91	814655.816	3331.8
P268	8531545.99	814683.915	3341.396	P314	8531461.01	814654.862	3329.063
P269	8531493	814683.026	3332.554	P315	8531461.35	814651.334	3330.789
P270	8531546.06	814682.99	3342.923	P316	8531461.44	814651.191	3330.795
P271	8531493.06	814682.746	3332.415	P317	8531457.81	814648.579	3330.44
P272	8531499.65	814682.28	3332.491	P318	8531454.52	814646.795	3329.994
P273	8531516	814681.153	3336.535	P319	8531423.45	814646.366	3329.261
P274	8531505.51	814681.083	3333.747	P320	8531451.74	814644.572	3329.619
P275	8531508.71	814680.443	3336.246	P321	8531452.17	814644.56	3329.865
P276	8531500.36	814680.302	3332.902	P322	8531419.48	814640.662	3328.228
P277	8531502.68	814679.353	3334.156	P323	8531447.65	814640.164	3328.692
P278	8531542.43	814679.292	3341.031	P324	8531441.41	814638.725	3327.597
P279	8531542.39	814679.127	3341.184	P325	8531432.09	814638.059	3324.304

Nombre	Coord X	Coord X	COTA	Nombre	Coord X	Coord X	COTA
P280	8531507.86	814678.674	3334.378	P326	8531433.35	814636.369	3324.88
P281	8531530.39	814678.101	3335.737	P327	8531427.66	814636.301	3324.202
P282	8531496.31	814678.061	3332.993	P328	8531416.81	814635.46	3327.633
P283	8531492.54	814677.745	3332.321	P329	8531424.26	814633.801	3323.924
P284	8531488.73	814677.464	3332.393	P330	8531430.25	814633.092	3325.191
P285	8531483.15	814676.939	3331.047	P331	8531426.32	814632.219	3324.249
P286	8531480.27	814676.787	3330.295	P332	8531427.23	814630.917	3324.575

Fuente: Los autores (2023)

4.1.3 Resultados

Perfil longitudinal

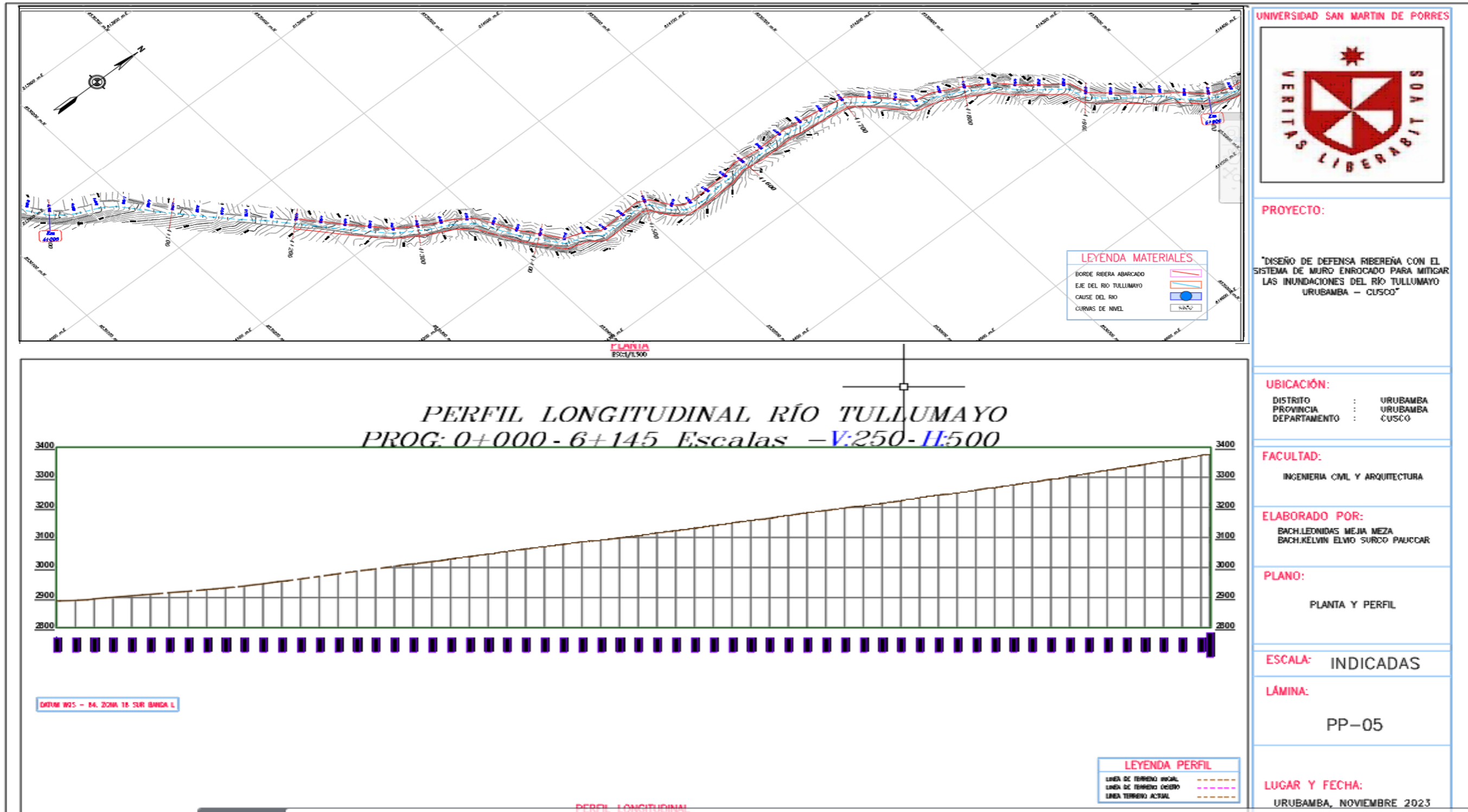
Definición de la poligonal abierta y su respectivo amarre a los puntos de referencia en el eje del río Tullumayo se tiene una pendiente promedio de 9.00%.

Secciones transversales

Se llevaron a cabo secciones transversales en ángulo recto con el trazado determinado por la poligonal central del río. Cada sección transversal contó con un punto de referencia adecuadamente nivelado en su eje, desde donde se registraron las altitudes de los puntos específicos de la sección. Estas secciones transversales se efectuaron cada 20 m a lo largo de toda el área investigada.

Figura 35.

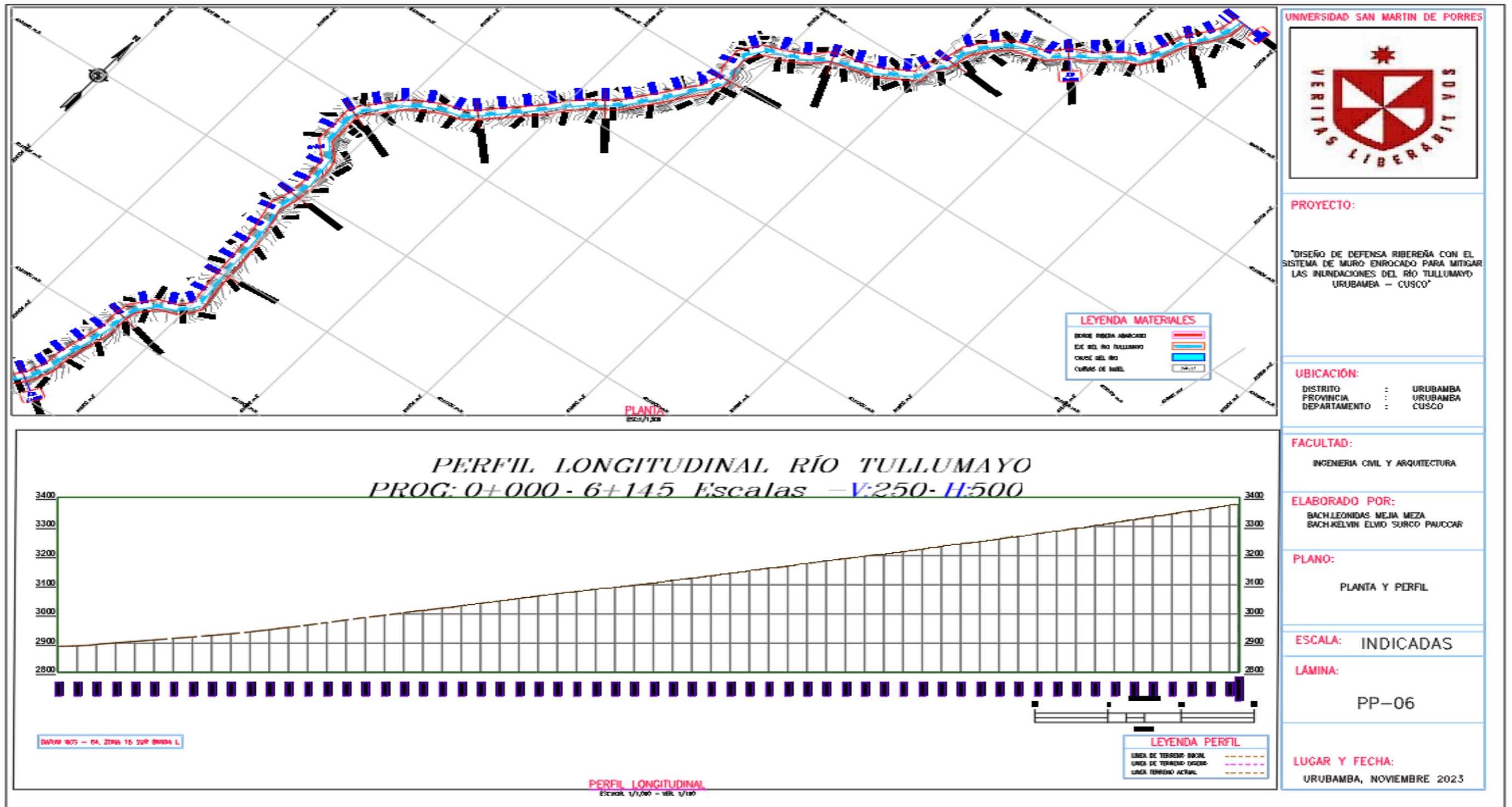
Muestra de estudio tramo II del 4+200 km al 5+000 km



Fuente: Los autores (2023)

Figura 36.

Muestra de estudio tramo II km 5+000 al km 6+145



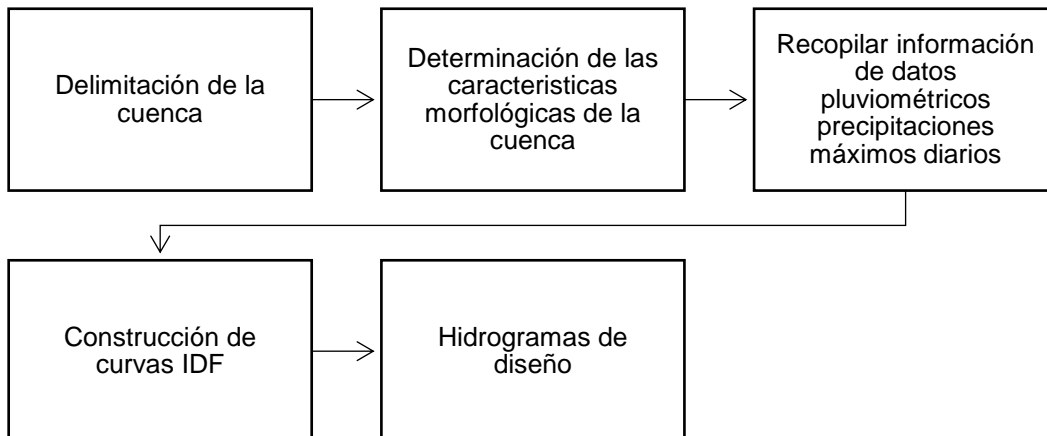
Fuente: Los autores (2023)

4.2 Estudio hidrológico

4.2.1 Mapa de proceso

Figura 37.

Proceso de estudio hidrológico



Fuente: Los autores (2023)

4.2.2 Desarrollo

- Ubicación geográfica

El área por estudiar se sitúa en la microcuenca de Chicón del río Tullumayo, provincia de Urubamba departamento de Cusco.

Latitud sur: 13°18'25.35"S

Latitud Oeste: 72°08'77.71"W

- Delimitación con ArcGIS

Se realizó la delimitación de la microcuenca de Chicón del río Tullumayo aprovechando ArcGIS 10.8 con la herramienta de modelación ArcMap.

Pasos:

Se debe descargar GDEM ASTER desde la página <https://bit.ly/47kXcEk> propiedad del Ministerio del Ambiente (MINAM). Seleccionar el recuadro donde está ubicado el área de estudio con el nombre ASTGTM_S14W073.

Figura 38.

Mapa de cobertura de imágenes ASTER(DEM)



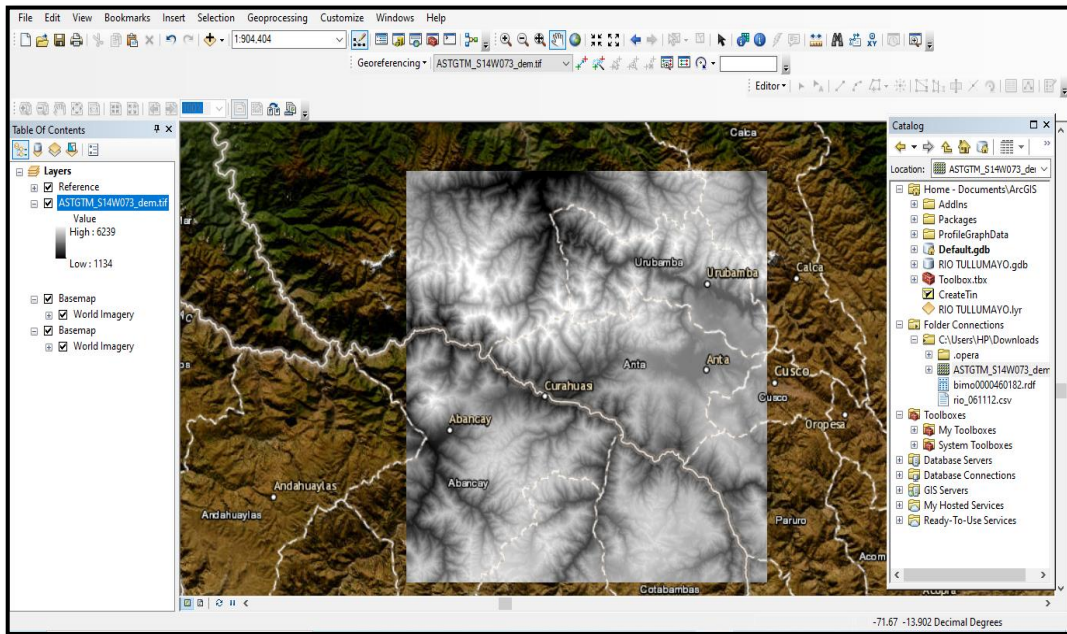
Fuente: Ministerio del Ambiente (s.f.). Descargar GDEM ASTER. (<https://bit.ly/47kXcEk>)

4.2.3 Delimitación con ArcGIS

Luego lo procesamos el DEM extraído en ArcGIS 10.8, así como se exhibe en la siguiente figura.

Figura 39.

Inserción del DEM al software ArcGIS

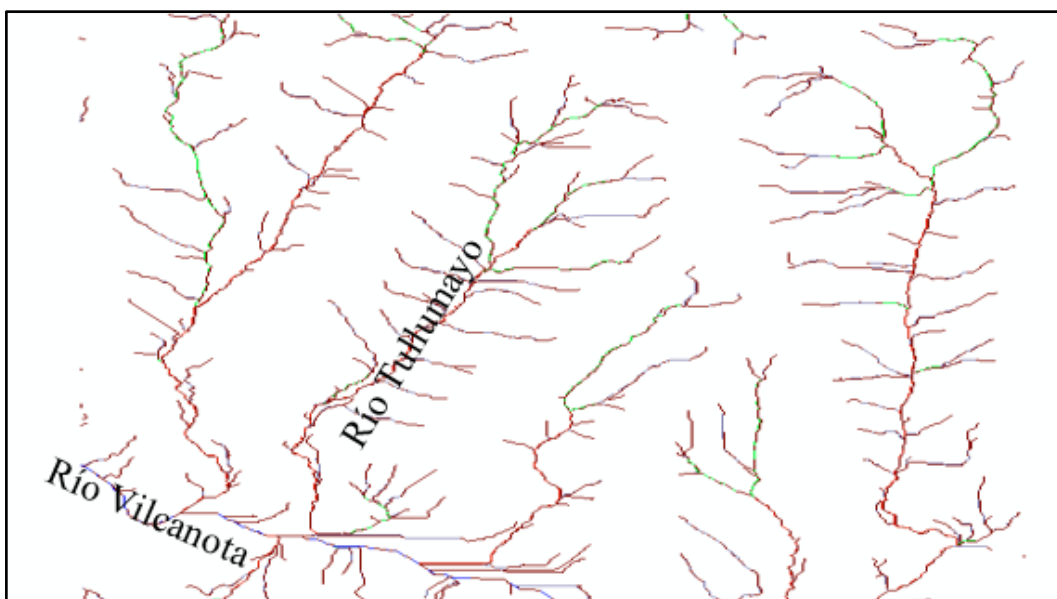


Fuente: Los autores (2023)

Identificar la microcuenca de Chicón del río Tullumayo a delimitar para la cual se activan el layers de los ríos en el software ArcGIS,10.8, así como se exhibe en la siguiente figura.

Figura 40.

Ríos principales de la ciudad de Urubamba en ArcGIS

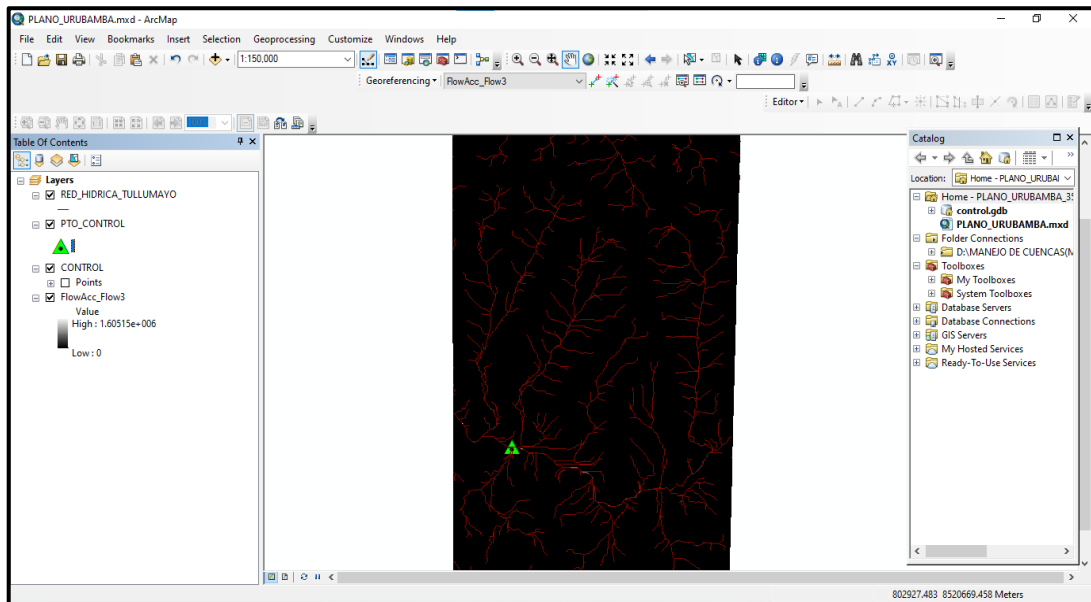


Fuente: Los autores (2023)

Se tiene que colocar un punto receptor o también llamado punto de drenaje para poder delimitar, para esto se activa el flujo de acumulación en el programa ArcGIS 10.8 así como se exhibe en la siguiente figura.

Figura 41.

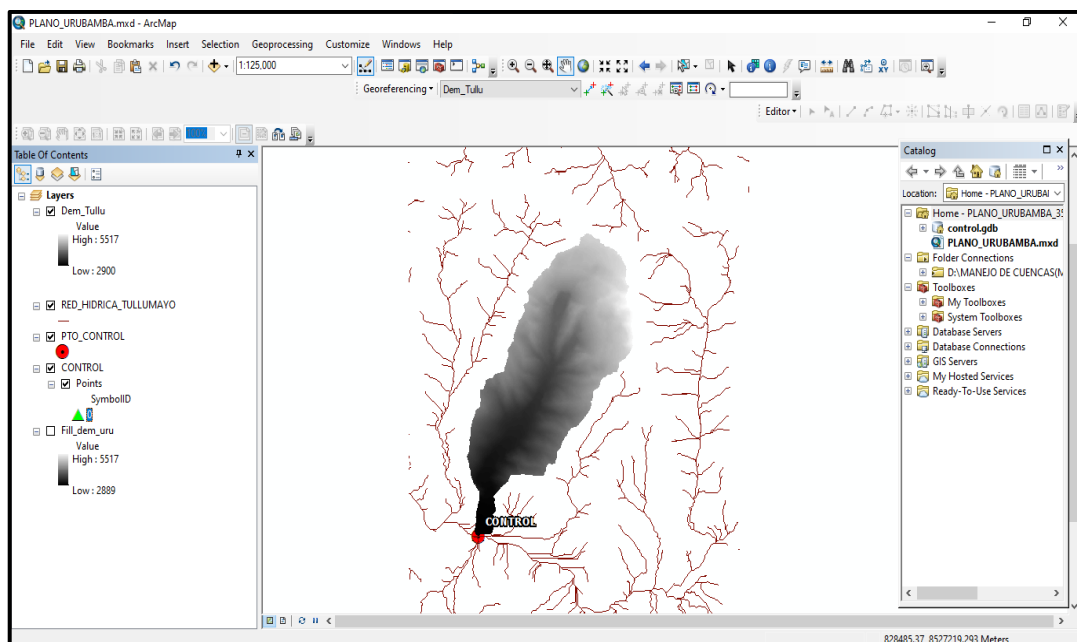
Colocación del punto de salida del flujo



Fuente: Los autores (2023)

Figura 42.

Delimitación de la microcuenca de Chicón del río Tullumayo

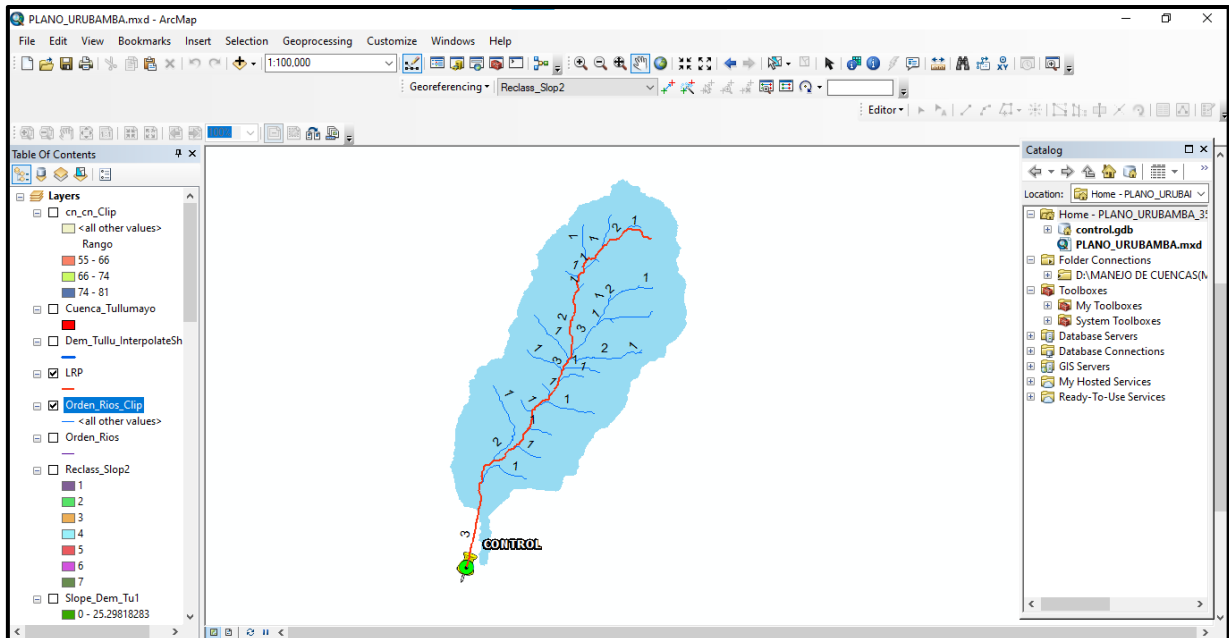


Fuente: Los autores (2023)

Se genera el orden de ríos para la microcuenca del río Tullumayo con el software ArcGIS 10.8, así como se exhibe en la siguiente figura.

Figura 43.

Orden de ríos de la microcuenca de Chicón del río Tullumayo



Fuente: Los autores (2023)

Geomorfología de la cuenca aportante

La cuenca hidrográfica representa un sistema en el cual la lluvia es la fuente principal de entrada, mientras que la salida se compone del caudal, la evapotranspiración y el flujo subsuperficial. La divisoria es la línea topográfica que divide dos sistemas de drenaje independientes o cuencas hidrográficas en términos de dirección y flujo. Es importante destacar que las salidas no siempre convergen en un río común específico.

El análisis de las cualidades fisiográficas de las cuencas consiste en una serie de factores que describen cómo se comportan desde un punto de vista hidrológico y cómo reaccionan como un sistema.

Estas propiedades se derivan principalmente de la forma y cualidades físicas de las cuencas, que incluyen parámetros como la topografía, la disposición de los ríos, la geología, la tipología de suelos, la vegetación, las prácticas agrícolas y otros elementos físicos. Estos factores ofrecen la oportunidad de entender y aplicar estos conocimientos en otras áreas con condiciones similares.

Parámetros de forma

Los aspectos relacionados con la forma son fundamentales, ya que determina el tiempo apropiado para que la cuenca contribuya al caudal en el punto de control bajo una precipitación máxima de 24 horas.

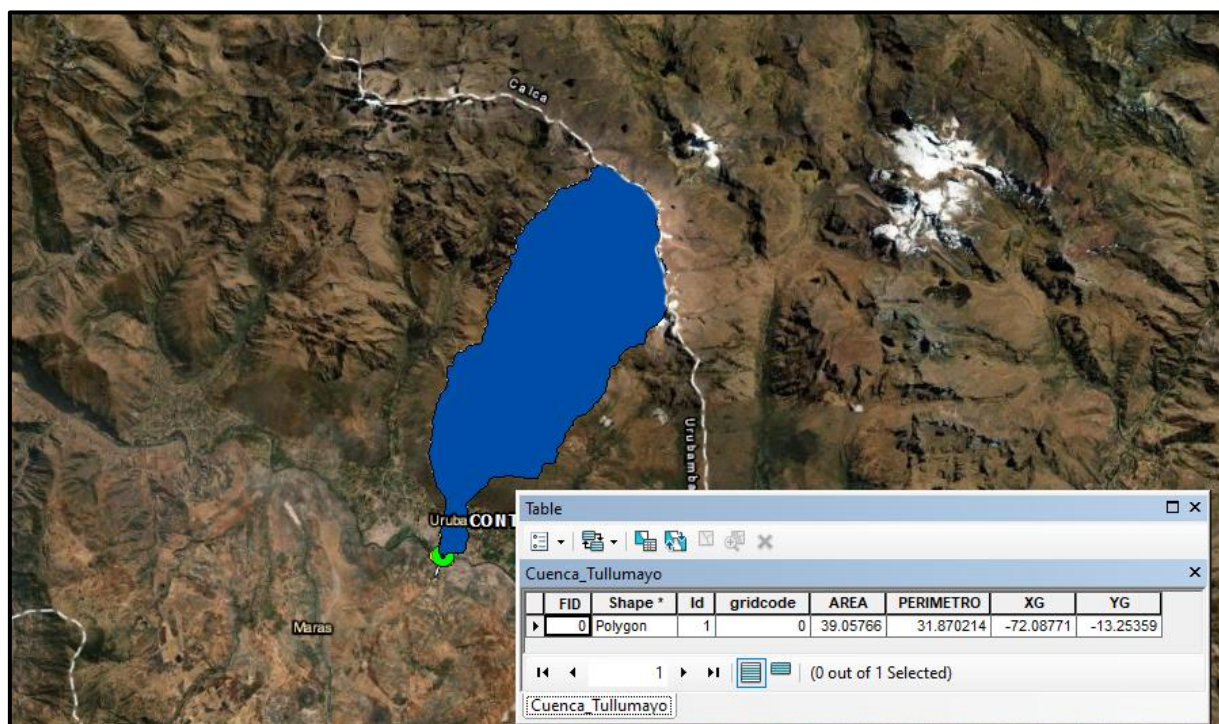
Dado que la estructura de las cuencas es fundamental, se busca medir estas particularidades a través de índices o coeficientes que establecen una relación entre el flujo del agua y la forma en que la cuenca responde a dicho flujo.

Área de la microcuenca

Se determina a partir de la línea de contorno coincidentemente con la divisora topográfica, desde sus nacientes hasta el punto de control ubicado en el punto de salida río Vilcanota. El área que tiene la microcuenca del río Tulumayo es 39.06 km² y perímetro 31.87 km. En la siguiente figura se muestra el área y el perímetro de la microcuenca Chicón del río Tulumayo a través del software ArcGIS 10.8.

Figura 44.

Datos de área y perímetros de la microcuenca de Chicón del río Tulumayo



Fuente: Los autores (2023)

Para la microcuenca Chicón el valor de Índice de Gravelius es de 1.44 la forma de la microcuenca es ovalada oblonga. Esto significa que la microcuenca es

más alargada que redonda, pero no lo suficiente como para ser considerada alargada.

$$K = \frac{0.28P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

P= Perímetro de cuenca

A= Área de cuenca

Reemplazando:

$$K = \frac{0.28 * 31.87}{\sqrt{39.06}} = 1.44$$

Tabla 13.

Clases de forma según valores de K

Valores de “K”	Tipos
1.51 a 1.75	oval oblonga a rectangular oblonga
1.26 a 1.50	oval redonda a oval oblonga
1.00 a 1.25	casi redonda a oval redonda

Fuente: Gámez (2010). Texto básico de hidrología. (<https://bit.ly/47dyyFv>)

Las cuencas con formas más alargadas tienden a tener tiempos de concentración más cortos, lo que significa que el agua tarda menos tiempo en fluir desde los puntos más lejanos de la cuenca hasta el punto de descarga. Esto puede aumentar el riesgo de inundaciones repentinas, pero no es el único factor que determina la susceptibilidad a inundaciones.

Rectángulo equivalente

El rectángulo equivalente es una simplificación, y los resultados conseguidos a partir de su análisis deben interpretarse con precaución, lo que implica un índice de compacidad igual. Esto se debe a la naturaleza de la cuenca, incluyendo aspectos como la distribución de altitudes, la curva hipsométrica y la disposición del terreno, incluyendo rocas y cultivos.

Dentro de esta representación rectangular, las curvas de nivel están representadas por líneas rectas que son paralelas a la base más corta, y se supone

que las pendientes de una cuenca no son necesariamente uniformes, y el rectángulo equivalente no puede capturar todas las variaciones en las pendientes. Además, lo que anteriormente era el punto de drenaje en la cuenca se convierte ahora en uno de los lados más cortos del rectángulo.

Esto significa que la cuenca es aproximadamente 4 veces más larga que ancha. Este tipo de forma suele asociarse con tiempos de concentración más cortos, lo que puede acrecentar el riesgo de repentinas inundaciones.

Las dimensiones del rectángulo que representa la cuenca bajo estudio son las siguientes: El lado más largo es de 13.07 km, y el lado más corto mide 2.99 km.

$$L = \frac{K_c + \sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 + \left(\frac{1.12}{K_c} \right)^2} \right) \text{ Lado mayor}$$

$$I = \frac{K_c + \sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_c} \right)^2} \right) \text{ Lado menor}$$

Donde:

K= Coeficiente de compacidad o índice de Gravilius

A= Área de cuenca en km²

Reemplazando:

$$L = \frac{1.4386 + \sqrt{39.06}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 + \left(\frac{1.12}{1.4386} \right)^2} \right) = 13.06 \text{ Lado mayor}$$

$$I = \frac{1.4386 + \sqrt{39.06}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{1.4386} \right)^2} \right) = 2.989 \text{ Lado menor}$$

Tabla 14.

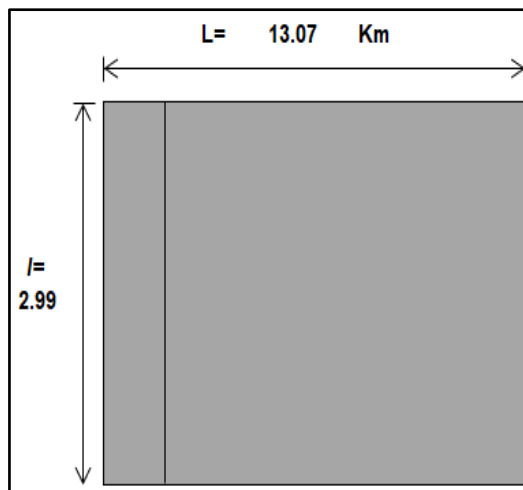
Rectángulo equivalente

Cota (msnm)	Área Parcial ai (Km2)	Ancho, ci (Km)
2900.00	0.00	0.00
3162.00	2.44	0.82
3424.00	3.83	1.28
3686.00	4.75	1.59
3947.00	6.04	2.02
4209.00	5.66	1.89
4471.00	4.83	1.61
4732.00	4.72	1.58
4994.00	4.09	1.37
5256.00	2.06	0.69
5517.00	0.63	0.21
	Suma ci= L=	13.07

Fuente: Los autores (2023)

Figura 45.

Rectángulo equivalente de microcuenca de Chicón del río Tullumayo



Fuente: Los autores (2023)

Factor de forma

Este valor se refiere a la proporción entre el área de la microcuenca y el área de un triángulo con una longitud L que corresponde al río principal de la microcuenca. Es importante destacar que las microcuencas no son parecidas en términos de forma; en otras palabras, a medida que el área crece, la relación A/L^2 aminora, lo que sugiere una tendencia hacia una forma más alargada en cuencas de mayor tamaño. Además, es conocido que la configuración de la cuenca influye en los patrones de caudales máximos. Horton propuso un factor adimensional de forma, F , que indica la forma de una cuenca.

$$F_f = \frac{l}{L} = \frac{A}{L^2}$$

$$F_f = \frac{31.87}{39.06^2} = 0.228$$

Donde:

l = Lado inferior del rectángulo equivalente

L =Lado superior del rectángulo equivalente

A = Área de la cuenca

Parámetros de relieve

- Pendiente de terreno o cuenca

Este factor cumple un rol fundamental en el cálculo del tiempo que lleva para que la lluvia se concentre en los canales de drenaje. También está estrechamente relacionado con la magnitud de las inundaciones y su interacción con el escurrimiento superficial, la infiltración, la humedad del suelo y la contribución de aguas subterráneas al escurrimiento, lo que lo convierte en un aspecto de gran complejidad en el estudio hidrológico.

Para la determinación de la pendiente media del cauce principal empleamos la siguiente fórmula:

$$S = \frac{H_{max} - H_{min}}{Lr}$$

Donde:

$H_{máx}$ = Altura máxima del río

Hmin= Altura mínima del río

Lr = Longitud del río principal

$$S = \frac{(4933.97 - 2900)}{(13.63 * 1000)} = 0.149$$

Como resultado se obtuvo una pendiente de 0.149 del cauce principal la cual se empleará para hallar el tiempo de concentración mediante el método de Kirpich.

Altitud media de cuenca

En general, las cuencas con altitudes medias más altas tienden a tener mayores precipitaciones que las cuencas con altitudes medias más bajas. Sin embargo, hay otros factores que también pueden influir en la precipitación, como la latitud, la exposición al sol y la presencia de sistemas montañosos.

Este parámetro es determinado mediante la relación área de la cuenca y el área entre las curvas de nivel mediante su elevación media entre curvas. La estimación de la altura media de la cuenca de río Tullumayo es 4085.75 msnm.

Curva hipsométrica

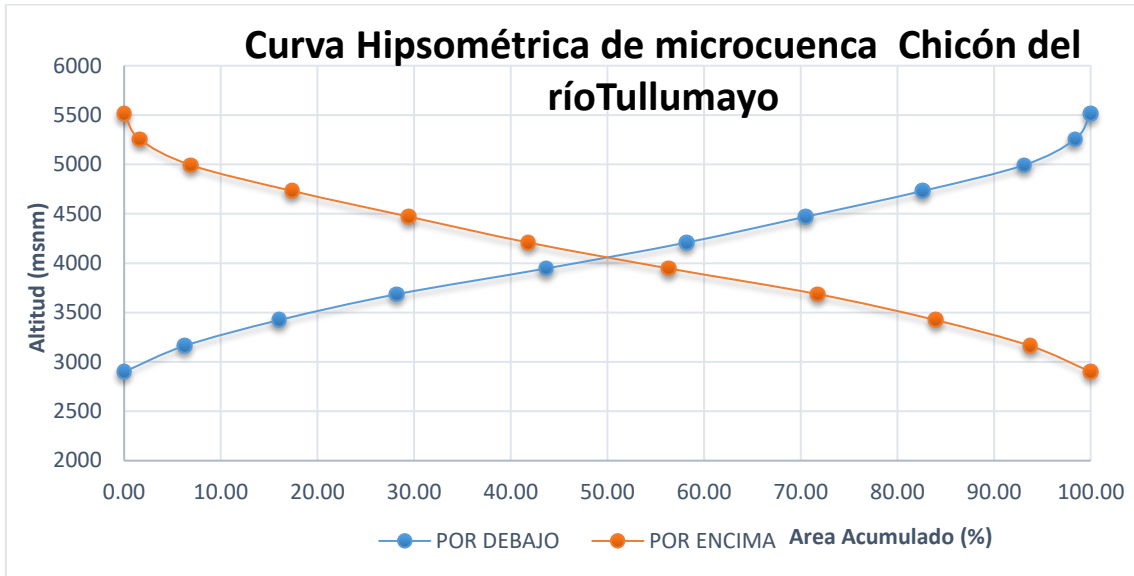
La curva hipsométrica muestra cómo cambia el área de drenaje en función de la elevación de la superficie de la microcuenca.

La función hipsométrica ofrece una manera práctica e imparcial de expresar la relación entre la altitud de una cuenca en un plano y su elevación. Este gráfico adimensional se emplea ampliamente en hidrología para examinar la separación entre dos cuencas, especialmente cuando hay cambios en la precipitación y evaporación según la altitud. Además, estas curvas se relacionan con la edad de los ríos.

A partir del análisis efectuado en la microcuenca de Chicón del río Tullumayo, se presenta la curva hipsométrica en la imagen a continuación. Esta curva revela que la cuenca principal exhibe declives uniformes con una leve disminución en su tercio superior, lo que sugiere que se encuentra en una etapa de equilibrio, en la etapa de madurez.

Figura 46.

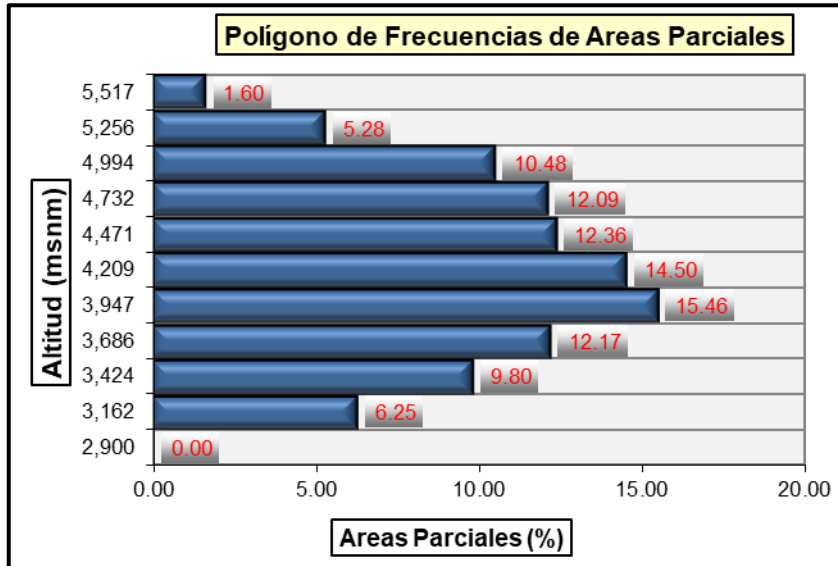
Curva hipsométrica de la microcuenca de Chicón del río Tulumayo



Fuente: Los autores (2023)

Figura 47.

Polígono de frecuencias de áreas parciales



Fuente: Los autores (2023)

Numero de orden de las corrientes

Siguiendo el enfoque establecido por el modelo de Strahler (1957), para clasificar la jerarquía de los ríos en una cuenca, aquellos que no tienen afluentes son designados como ríos de primer orden. Cuando dos ríos de primer orden se fusionan, dan lugar a un río de segundo orden, y este patrón continúa de manera consecutiva.

De acuerdo con el criterio descrito por Strahler (1957), la microcuenca de Chicón del río Tullumayo con punto de control en el río Vilcanota es de orden 3.

Densidad de drenaje

Parámetro que mide la relación entre la longitud total de los cursos de agua en una cuenca y la total en su área.

Tiempo de concentración

Se refiere al tiempo que tarda una gota de lluvia en viajar desde el punto más lejano de la cuenca hasta el punto de control, se ha empleado cálculo por el método de Kirpich y (U.S.B.R.L) como resultado se tiene el tiempo de concentración para la microcuenca es de 1.03 horas.

$$T_c = 0.01947 \frac{L_c^{0.77}}{S^{0.385}}$$

S= Pendiente media del cauce principal(mm/)

Tc= Tiempo de concentración en min

Lc=Longitud del Cause

Reemplazamos los valores en la formula

$$T_c = 0.01947 \frac{13628.93^{0.77}}{0.149^{0.385}}$$

$$T_c = 1.030 \text{ horas}$$

Precipitación máxima de 24 horas empleada

En este estudio se han empleado las precipitaciones máximas de 24 horas (Pmax), correspondientes a las estaciones meteorológicas de Urubamba porque resulta ser la más representativa para el estudio.

Análisis de caudales máximos

Para la selección de las estaciones de referencia se ha utilizado las estaciones de Kayra, Pisac, Paruro, Ccatcca y Urubamba; sin embargo, por medio

de la metodología del polígono de Thiessen se ha observado que la zona de estudio prácticamente ha sido cubierto por el estación de Urubamba, dado que al utiliza la metodología de los polígonos de Thiessen prácticamente el coeficiente obtenido para esta estación es 1 motivo por lo cual se ha seleccionado los datos de la estación de Urubamba es la que mejor que representa a la zona de estudio.

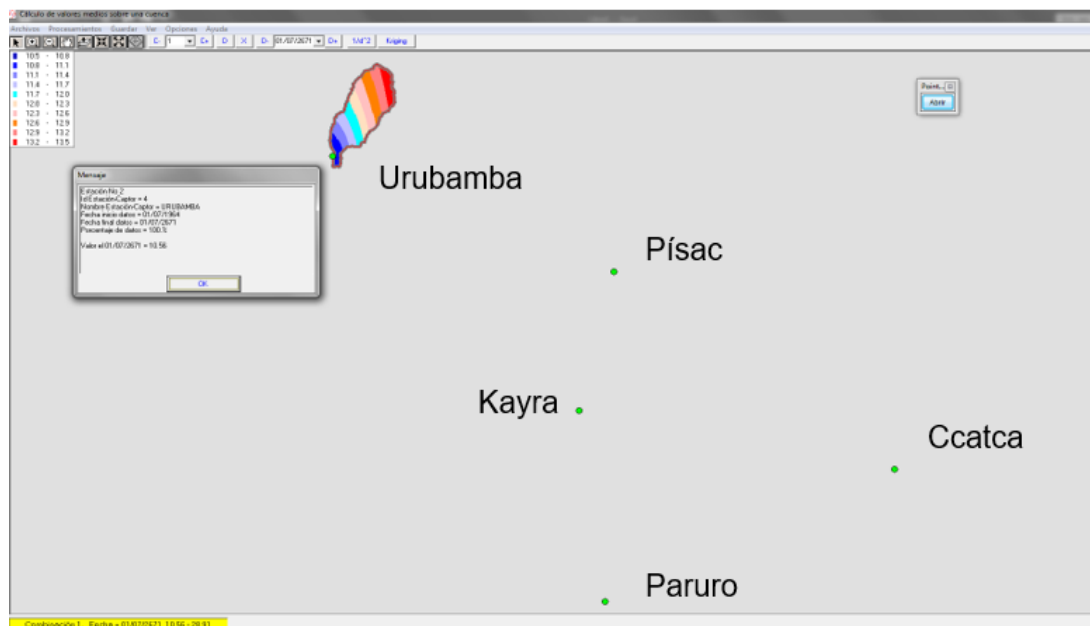
Posteriormente, se construyeron las curvas IDF empleando los datos de precipitación máxima de 24 horas del estación Urubamba seleccionado, las cuales se ajustaron en función a la densidad de probabilidad, para luego construir el patrón de tormenta o hietograma para diversos periodos de retorno, insumo necesario para el programa HEC-HMS, con la ayuda de este y mediante el empleo del método del Hidrograma unitario sintético se halla los periodos de retorno $Tr=25$, $Tr=50$, $Tr=100$, $Tr=140$ y $Tr=500$ años; a continuación, se muestra el proceso:

Tratamiento de la información hidrometeorológica

Para seleccionar y posteriormente para poder determinar el caudal máximo mediante la utilización del hidrograma unitario sintético se han empleado las estaciones de estación Kayra, Pisac, Paruro, Ccatcca y Urubamba. Sin embargo, luego de haber efectuado la selección por medio de la metodología de los polígonos de Thiessen se puede apreciar que la estación que más incidente y que tiene un valor de 1 es la estación de Urubamba por lo cual las otras estaciones han sido descartadas y solamente se ha trabajado con la estación de Urubamba.

Figura 48.

Análisis mediante el método de polígono de Thiessen



Elaboración: Los autores (2023)

Tabla 15.

Coeficiente de incidencia de las estaciones al área de estudio

Id Estación	Nombre Estación	Latitud	Longitud	Coeficientes de incidencia
1	Kayra	13°34'S	71°54'W	0
2	Urubamba	13°18'S	72°07'W	1
3	Paruro	13°45'S	71°51'W	0
4	Ccatcca	13°37'S	71°34'W	0
5	Pisac	13°25'40" S	71°50'29" W	0

Fuente: Los autores (2023)

Análisis de frecuencia de precipitaciones

Figura 49.

Registro de precipitaciones máximas de 24 horas de estación hidrológica de Urubamba

PRECIPITACIÓN MÁXIMA 24 HORAS														
(mm)														
Estación		:	URUBAMBA		Latitud:		13°18'		S		Departamento		:	Cusco
					Long.:		72°07'		W		Provincia		:	Urubamba
Tipo		:	PLU		Altitud :		2863		msnm		Distrito		:	Urubamba
Nº REG	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAX
1	1.964	13,0	13,0	27,0	7,0	8,0	0,0	0,0	0,0	7,0	17,0	24,0	8,0	27,0
2	1.965	21,0	10,0	16,0	16,0	8,7	0,0	0,0	0,0	7,0	4,0	12,0	23,0	23,0
3	1.966	19,0	28,0	16,0	5,0	14,0	0,5	0,0	5,3	17,5	21,0	23,0	13,0	28,0
4	1.967	22,3	20,0	13,0	12,0	4,5	0,5	6,5	0,0	0,0	5,0	18,0	9,0	22,3
5	1.968	15,0	20,0	21,0	6,0	0,0	0,0	5,5	5,0	10,0	0,0	15,0	5,0	21,0
6	1.969	17,0	14,0	5,0	4,0	0,0	0,0	3,0	0,0	3,0	3,0	4,0	6,0	17,0
7	1.970	16,0	10,0	5,0	1,3	0,0	0,0	2,5	0,0	6,0	10,0	12,5	25,0	25,0
8	1.971	15,0	17,0	10,0	8,0	0,0	0,0	0,0	3,0	2,0	16,5	11,0	30,0	30,0
9	1.972	23,0	13,0	8,0	7,8	1,6	0,0	2,0	6,9	12,9	2,8	10,2	17,9	23,0
10	1.973	31,0	11,3	21,0	15,1	2,8	1,4	4,1	3,9	1,6	5,1	14,9	11,0	31,0
11	1.974	13,0	15,4	20,8	12,7	8,0	7,8	0,0	13,8	5,8	9,2	7,8	19,5	20,8
12	1.975	19,3	28,7	9,8	13,8	8,8	5,5	0,0	9,2	5,3	8,2	10,3	24,5	28,7
13	1.976	23,6	10,5	32,2	9,8	6,3	2,0	0,0	0,0	5,0	0,0	13,8	25,0	32,2
14	1.977	18,2	9,2	22,4	25,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,4	22,0	9,6	25,2
15	1.978	17,4	16,8	24,2	21,8	9,6	0,0	0,0	0,0	2,4	5,2	10,6	18,0	24,2
16	1.979	19,4	15,2	8,6	4,8	2,8	0,0	0,0	3,6	25,2	2,2	14,0	6,4	25,2
17	1.980	8,4	10,0	15,4	5,0	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	2,8	20,6	6,0	20,6
18	1.981	17,9	21,4	18,2	12,5	0,0	2,5	0,0	6,5	2,0	19,2	11,9	14,6	21,4
19	1.982	20,6	11,4	11,3	9,9	4,0	5,5	0,0	3,0	2,4	6,1	20,6	26,0	26,0

Nº REG	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAX
20	1.983	22,7	16,0	18,2	7,7	7,4	4,5	2,7	5,0	0,0	11,9	8,3	15,8	22,7
21	1.984	6,0	13,2	10,3	20,4	0,0	2,8	0,0	9,4	4,2	19,7	17,8	8,8	20,4
22	1.985	25,7	9,8	27,3	1,3	9,4	4,2	2,1	2,8	4,8	4,9	12,2	21,0	27,3
23	1.986	11,0	14,0	7,5	17,5	6,5	0,0	0,0	4,0	1,5	7,5	16,0	15,0	17,5
24	1.987	20,0	16,0	17,5	0,5	3,0	6,5	8,5	0,0	7,5	8,0	11,0	16,0	20,0
25	1.988	17,0	12,5	23,5	11,0	2,0	0,0	0,0	0,0	13,5	11,0	11,5	31,5	31,5
26	1.989	15,0	27,5	15,5	12,5	6,0	4,5	0,5	0,0	15,0	13,5	12,5	18,0	27,5
27	1.990	14,0	23,5	6,0	13,5	2,0	16,0	0,0	8,5	3,5	13,0	7,5	10,5	23,5
28	1.991	15,0	31,0	23,0	22,5	0,5	5,5	0,0	6,7	8,5	9,0	22,5	22,0	31,0
29	1.992	19,5	17,0	17,0	5,0	0,0	32,5	0,0	18,0	1,5	7,0	14,5	6,5	32,5
30	1.993	16,0	14,5	9,5	12,5	1,0	0,0	2,0	15,0	2,0	9,0	13,5	29,0	29,0
31	1.994	28,0	15,5	14,0	8,0	0,5	0,0	8,3	3,1	17,0	19,5	9,0	24,5	28,0
32	1.995	18,2	9,6	11,1	7,9	0,8	1,0	0,2	0,0	12,5	9,0	15,1	18,0	18,2
33	1.996	12,2	16,2	13,0	13,7	7,5	0,4	0,1	4,2	2,2	9,1	14,1	22,0	22,0
34	1.997	13,0	24,2	16,7	3,8	1,8	5,4	0,0	4,0	4,3	4,8	17,5	18,1	24,2
35	1.998	14,7	13,4	9,6	5,9	2,4	0,7	0,0	0,4	1,6	7,0	9,0	9,8	14,7
36	1.999	28,1	21,5	14,6	10,4	15,6	0,8	0,1	0,0	11,7	11,2	13,4	23,8	28,1
37	2.000	30,0	9,8	21,5	2,5	5,0	6,6	0,4	0,1	14,8	22,2	12,1	13,2	30,0
38	2.001	17,8	15,0	15,1	4,0	4,7	0,0	9,5	3,9	5,2	35,5	13,7	11,0	35,5
39	2.002	23,4	16,0	9,9	27,6	5,5	2,5	19,0	1,2	1,2	14,9	16,8	23,5	27,6
40	2.003	20,0	21,4	22,4	8,8	3,3	8,4	0,9	9,2	0,8	14,9	18,2	16,2	22,4
41	2.004	11,4	16,1	15,1	4,5	0,7	13,1	12,4	5,1	2,3	17,4	7,9	18,4	18,4
42	2.005	14,5	19,5	12,8	12,5	1,4	0,0	1,5	0,6	8,3	3,8	14,3	17,7	19,5
43	2.006	28,5	24,2	19,0	13,6	0,0	1,0	0,0	2,5	5,6	11,2	20,7	14,4	28,5
44	2.007	12,3	20,5	17,1	18,0	3,0	0,0	1,2	0,1	0,0	15,9	16,2	18,6	20,5
45	2.008	21,0	14,6	13,7	2,5	4,2	1,5	0,6	2,8	1,2	8,3	24,6	22,5	24,6
46	2.009	29,8	28,3	13,9	3,0	6,0	0,1	3,4	1,1	6,2	10,2	20,7	21,4	29,8

Nº REG	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAX
47	2.010	18,0	15,1	25,0	17,2	7,1	6,5	1,0	1,3	13,5	23,3	8,2	28,1	28,1
48	2.011	27,2	12,2	13,7	20,2	2,6	1,2	2,8	0,0	14,4	10,1	20,7	14,5	27,2
49	2.012	12,3	13,4	15,3	14,0	8,1	3,8	5,3	0,0	0,0	7,2	6,2	23,6	23,6
50	2.013	24,5	18,3	11,2	2,6	2,2	4,5	1,3	0,0	15,8	0,0	16,7	7,9	24,5
51	2.014	15,6	15,6	21,9	19,0	4,6	7,6	0,0	0,3	5,6	0,0	18,5	13,2	21,9
52	2.015	24,0	21,7	14,5	10,8	8,7	7,4	5,0	6,2	0,3	5,2	17,8	29,9	29,9
53	2.016	13,1	13,1	22,8	7,5	0,0	7,1	7,4	7,6	1,7	18,7	10,3	21,0	22,8
54	2.017	9,3	14,4	18,3	4,2	1,7	0,0	8,8	6,2	6,6	1,7	17,5	23,6	23,6
55	2.018	14,8	11,4	18,9	11,6	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9	2,3	12,2	9,2	18,9
56	2.019	19,5	22,3	5,8	13,7	6,4	0,0	0,0	3,4	3,0	16,1	20,2	20,9	22,3
57	2.020	19,7	21,7	14,7	4,3	0,0	0,0	1,0	0,0	12,0	5,6	12,3	23,5	23,5
58	2.021	21,3	10,9	20,2	1,2	8,8	3,9	5,2	4,8	0,0	6,3	13,4	21,9	21,9
59	2.022	28,1	16,0	19,3	10,0	2,5	6,5	0,0	0,2	0,0	0,2	18,5	10,6	28,1
Nº Datos		59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59
Media		18,7	16,6	16,0	10,3	3,9	3,3	2,3	3,4	5,9	9,9	14,6	17,5	24,8
Desv. Estándar		5,79	5,46	6,00	6,43	3,73	5,22	3,72	4,05	5,69	7,19	4,78	7,02	4,43
Coef. Variación		31,01	32,82	37,60	62,74	94,78	160,59	162,92	119,78	96,03	72,70	32,84	40,13	17,87
Prec. Max.		31,0	31,0	32,2	27,6	15,6	32,5	19,0	18,0	25,2	35,5	24,6	31,5	35,5
Prec. Min.		6,0	9,2	5,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	5,0	0,0

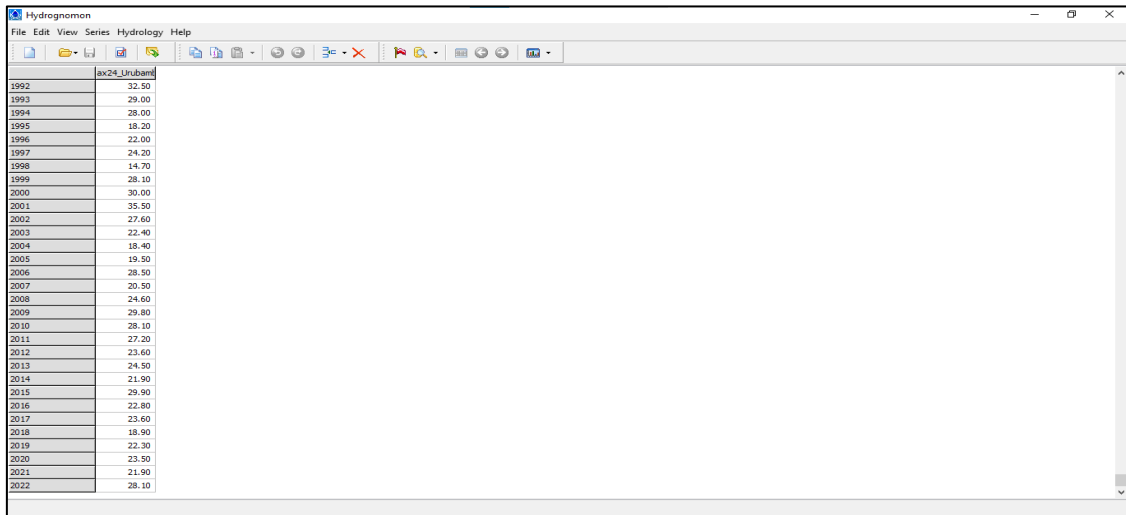
Fuente: SENAMHI (2023). Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional. (<https://n9.cl/yky7p>)

Ajuste de bondad

Se realiza el ajuste tomando la precipitación máxima de 24 horas de la estación hidrológica Urubamba. Estos valores ingresamos al software Easyfit y al software Hydrognomon los datos que tenemos desde 1964-2022.

Figura 50.

Datos de precipitaciones máximas de 24 horas anuales



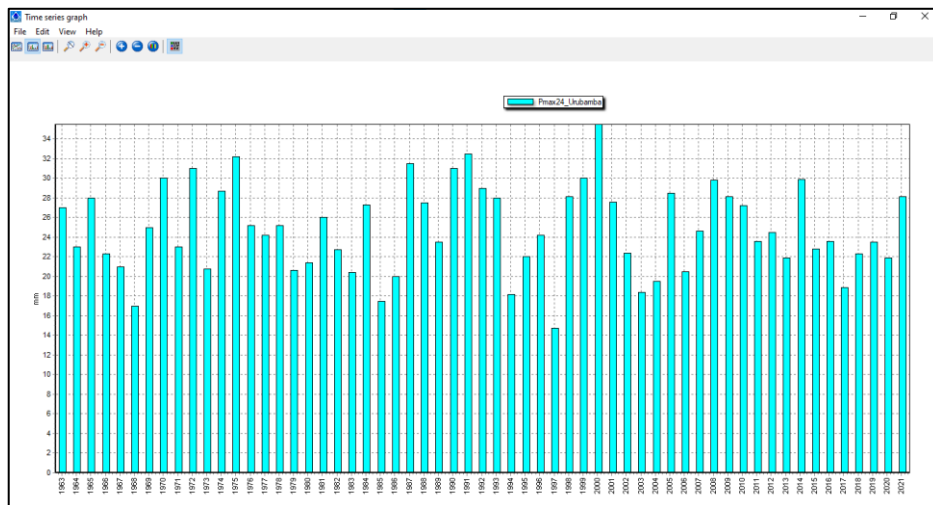
Año	Precipitación (mm)
1992	32.50
1993	29.00
1994	28.00
1995	18.30
1996	22.00
1997	24.20
1998	14.70
1999	28.10
2000	30.00
2001	35.50
2002	27.60
2003	22.40
2004	18.40
2005	19.50
2006	28.50
2007	20.50
2008	24.60
2009	29.80
2010	28.10
2011	27.20
2012	23.60
2013	24.50
2014	21.90
2015	29.90
2016	22.80
2017	23.60
2018	18.90
2019	22.30
2020	23.50
2021	21.90
2022	28.10

Fuente: Los autores (2023)

En la siguiente figura de la estación Urubamba se evidencia el comportamiento de las precipitaciones de 24 horas anual, en el año 2000 fue el más relevante.

Figura 51.

Historial de precipitaciones máximas anuales de 24 horas

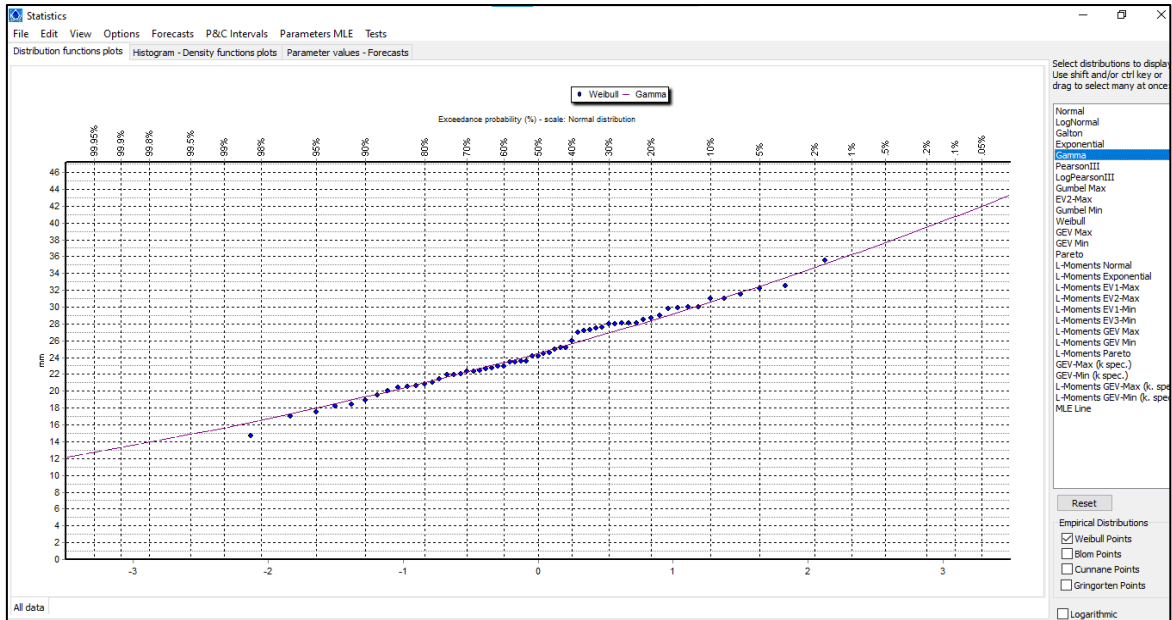


Fuente: Los autores (2023)

Se tiene que realizar el análisis de datos estadísticos y para seleccionar la distribución que mejor represente al comportamiento del fenómeno de la estación.

Figura 52.

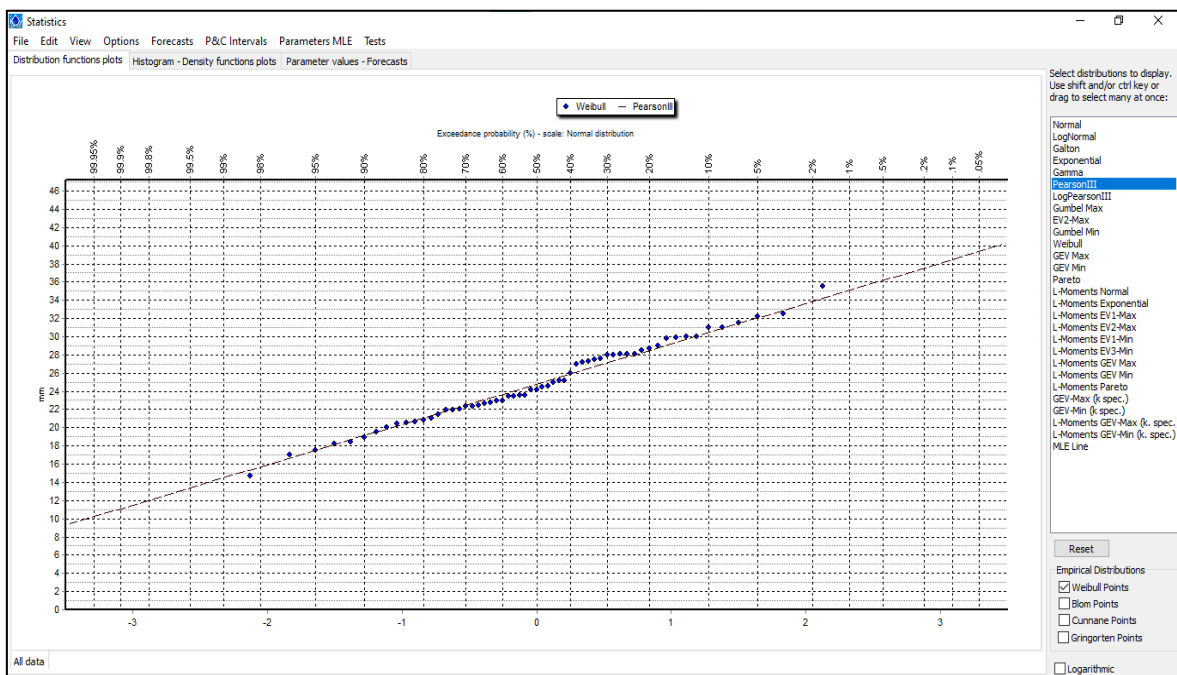
Comportamiento de la distribución Gamma



Fuente: Los autores (2023)

Figura 53.

Análisis de bondad de distribución de Pearson III



Fuente: Los autores (2023)

Figura 54.

Resultado de prueba de ajuste de Kolmogorov - Smirnov

Kolmogorov-Smirnov test for: All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	90.1669%	0.07417
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	92.5763%	0.07122
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	61.1091%	0.09889
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	86.6330%	0.07791
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	9.82268%	0.15981
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	16.7169%	0.14501
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	72.7148%	0.08988
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	90.1669%	0.07417
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	50.9686%	0.10694
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	29.8935%	0.12680
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	10.1513%	0.15893
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	20.6597%	0.13867
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	58.9683%	0.10055
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	90.1788%	0.07416
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	93.2651%	0.07028
Pareto	ACCEPT	REJECT	REJECT	1.31585%	0.20634
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	90.6268%	0.07364
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	92.7785%	0.07095
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	37.8159%	0.11856
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	15.9840%	0.14632
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	24.5224%	0.13330
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	63.3354%	0.09716

Fuente: Los autores (2023)

Figura 55.

Resultado de prueba de ajuste de Chi-cuadrado(χ^2)

Chi-Square test for All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	Pearson Param.
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	54.2119%	4.05085
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	50.4042%	4.32203
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	46.7509%	4.59322
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	36.4174%	4.32203
Exponential	REJECT	REJECT	REJECT	0.86364%	15.4407
Exponential (L-Moments)	REJECT	REJECT	REJECT	0.49021%	16.7966
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	58.1553%	3.77966
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	39.9168%	4.05085
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	8.73275%	8.11864
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	13.6020%	8.38983
EV2-Max	ACCEPT	REJECT	REJECT	2.09657%	13.2712
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	REJECT	REJECT	4.00041%	11.6441
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	16.4845%	7.84746
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	16.5325%	6.49153
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	36.4174%	4.32203
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	16.5325%	6.49153
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	16.5325%	6.49153
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	16.5325%	6.49153
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	5.48460%	10.8305
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	7.47564%	10.0169
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	REJECT	REJECT	2.09657%	13.2712
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	16.4845%	7.84746
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	18.3286%	6.22034
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	REJECT	REJECT	2.09657%	13.2712
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	13.6020%	8.38983
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	11.1799%	8.93220
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	16.4845%	7.84746

Fuente: Los autores (2023)

Por lo tanto se trabaja con GEV-MAZ (distribución generalizada de valores extremos) Pearson III, Gamma se calcula las precipitaciones máximos probables para las funciones.

Tabla 16.

Resumen de análisis de prueba de ajuste a distribuciones

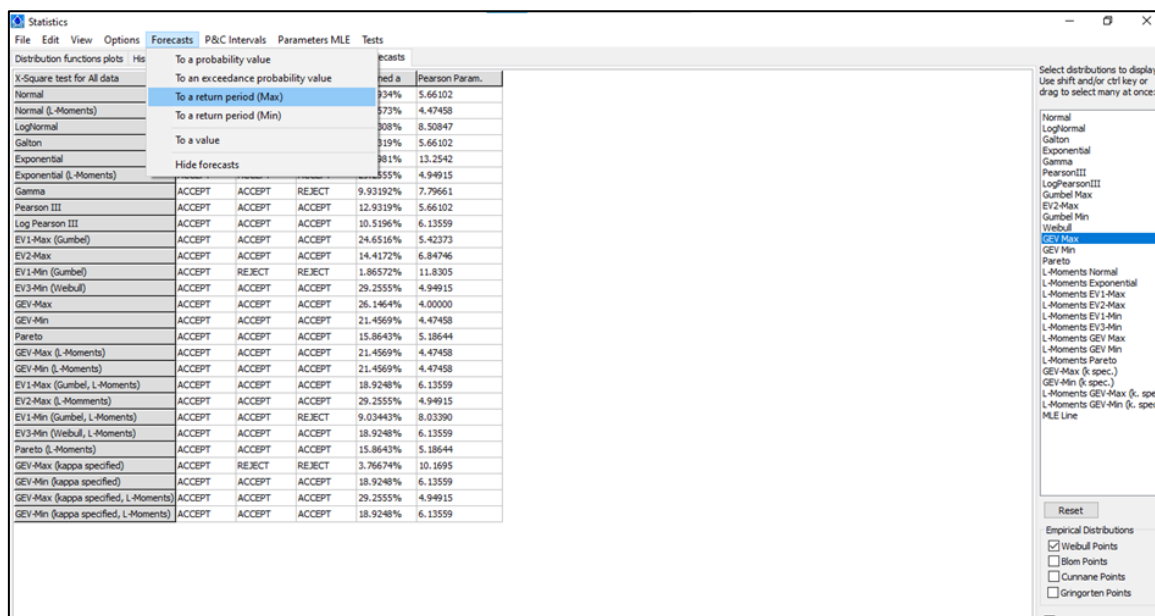
Prueba de bondad		
Distribución	Kolmogorov – Smirnov (Dmax)	X-Square (Attaned a)
GEV-Max	0.07416	16.5325%
Pearson III	0.07417	39.9168%
Gamma	0.08988	58.1555%

Fuente: Los autores (2023)

Se procede a realizar el cálculo de las precipitaciones máximas probables para diversos tiempos de retorno 2,5,10, 20, 25, 50, 100,140 y 500 años, con factor de ajuste 1.13 con cantidad de observaciones 1 día.

Figura 56.

Cálculo de precipitaciones máximas probables



Fuente: Los autores (2023)

Luego de haber sido ajustado los puntajes de precipitación máxima de 24 horas a las diversas funciones de probabilidad en base a los estadísticos de

Kolmogorov – Smirnov y X-Square se pudo seleccionar la función de distribución de GEV-MAZ (distribución generalizada de valores extremos); así mismo, se obtuvo la distribución Pearson III y finalmente la distribución de Gamma. Luego del análisis de los estadísticos y tomando como referencia recomendaciones del Manual del MTC se asumió por la distribución de Pearson III.

Tabla 17.

Precipitaciones Máximas probables para periodos de retorno

Periodo de retorno(T)	Probabilidad de no excedencia (P)	Distribución Gev Max	Distribución Pearson III	Distribución Gamma
2	0.50000	24.691	24.7932	24.53
5	0.80000	28.611	28.521	28.4236
10	0.90000	30.656	30.4696	30.6119
20	0.95000	32.288	32.0787	32.5001
25	0.96000	32.746	32.5475	33.0641
50	0.98000	34.005	33.8899	34.7143
100	0.99000	35.053	35.0973	36.2433
140	0.99286	35.498	35.645	36.951
500	0.99800	36.875	37.5414	39.4701
1000	0.99900	37.458	38.4807	39.4701

Fuente: Los autores (2023)

Con los resultados anteriores con la función de distribución seleccionada se procedió a construir las curvas IDF mediante la metodología de Dick Peschke, posterior a ello se procedió a generar los patrones de tormentas de precipitaciones correspondientes a distintos intervalos de retorno. Se consideraron intervalos de 25, 50, 100, 140 y 500 años.

Sin embargo, por las características del estudio dado que en este estudio se propondrá la creación de la defensa ribereña, tomando como referencia el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje donde la vida útil para defensa ribereña es de 30 años y el riesgo aceptable es 25 años y una vida útil de 30 años se procedió a hallar el tiempo de retorno teniendo como resultado 100 años.

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

Por lo cual para la presente investigación se tomará un tiempo de retorno de 100 años; así mismo, para el diseño para estructuras de protección defensa ribereñas se considera un factor de socavación y según las sugerencias del Manual De Hidrología, Hidráulica y Drenaje para el estudio de proyectos para el caso de socavación recomienda un tiempo de retorno de 500 años motivo por lo cual en el presente estudio se tomará los periodos de 100 y 500 años.

Se sugiere tomar en cuenta un tiempo de retorno T_r igual a 500 años para calcular la socavación.

A continuación, se presenta las curvas IDF para diversos tiempos de retorno; posterior a ello se presenta los patrones de tormenta para los periodos indicados.

Curvas IDF

Se presenta la expresión matemática de intensidad para la zona en estudio

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

Donde:

I= Intensidad de precipitación(mm/hr)

T= Tiempo de retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitaciones

Reemplazando los valores se tiene:

$$I = \frac{205.40678 * T^{0.0608436}}{t^{0.750000}}$$

Se procede a calcular las intensidades

Tabla 18.

Cuadro de intensidades para diferentes tiempos de duración

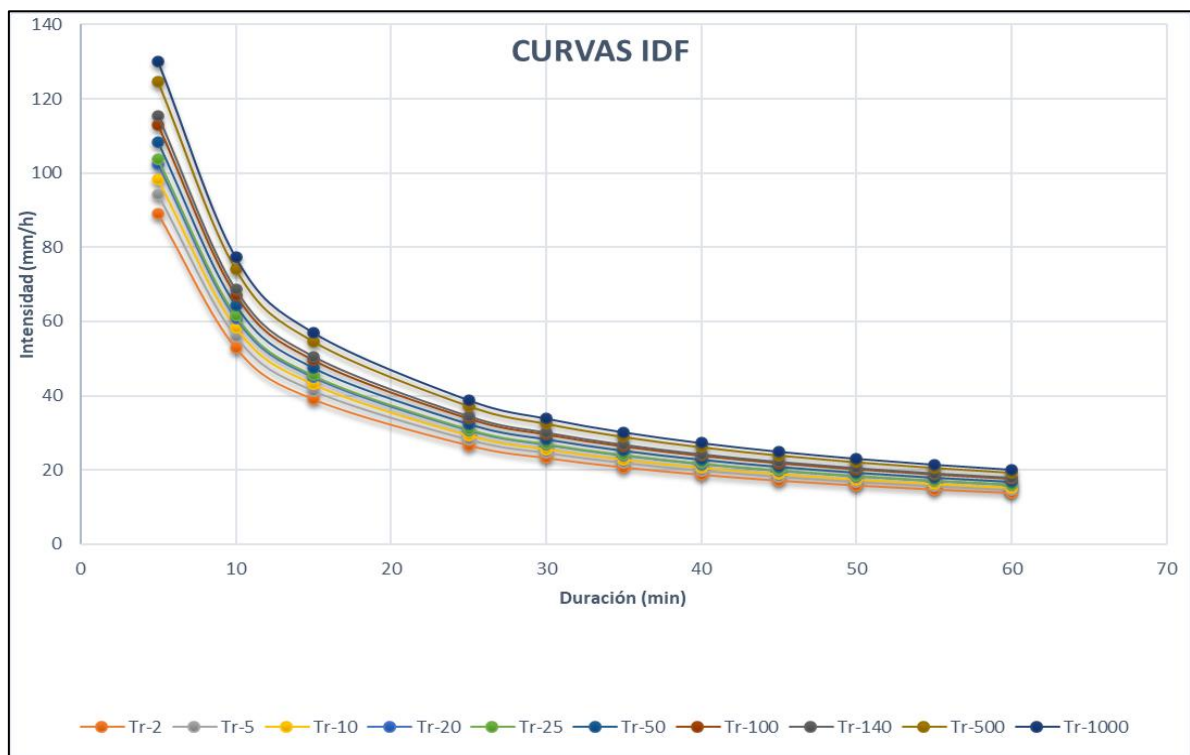
Periodo retorno (T)	Tiempo de duración de precipitación en minutos=t									
	2	5	10	20	25	50	100	140	500	1000
5	89.03	94.14	98.19	102.42	103.82	108.29	112.96	115.3	124.58	129.95
10	52.94	55.97	58.39	60.9	61.73	64.39	67.17	68.56	74.08	77.27
15	39.06	41.3	43.08	44.93	45.55	47.51	49.55	50.58	54.65	57.01
25	26.63	28.15	29.37	30.63	31.05	32.39	33.78	34.48	37.26	38.86
30	23.22	24.56	25.61	26.72	27.08	28.25	29.47	30.07	32.5	33.9

Periodo retorno (T)	Tiempo de duración de precipitación en minutos=t									
	35	20.69	21.87	22.82	23.8	24.13	25.16	26.25	26.79	28.95
40	18.72	19.79	20.64	21.53	21.83	22.77	23.75	24.24	26.19	27.32
45	17.13	18.12	18.9	19.71	19.98	20.84	21.74	22.19	23.98	25.01
50	15.83	16.74	17.46	18.21	18.46	19.26	20.09	20.5	22.15	23.11
55	14.74	15.59	16.26	16.96	17.19	17.93	18.7	19.09	20.63	21.51
60	13.81	14.6	15.23	15.89	16.1	16.8	17.52	17.88	19.32	20.15

Fuente: Los autores (2023)

Figura 57.

Curva IDF para diferentes tiempos de duración



Fuente: Los autores (2023)

Hietograma de diseño

Con los datos y consideraciones anteriores se procedió a calcular el Hietograma según la metodología de bloque alterno para un tiempo de retorno de $Tr=25$, $Tr=50$, $Tr=100$, $Tr=140$ y $Tr=500$ años para una duración de precipitación igual al tiempo de concentración calculada para el proyecto es decir 60 minutos; ahora aplicando el método de bloques alternos para la distribución temporal de la precipitación se generó el hietograma cada 5 min.

Los resultados de mayor consistencia y que más se ajustan a las condiciones del río, son los del método Pearson III; por lo tanto, el caudal máximo propuesto para fines de diseño y dimensionamiento del muro enrocado es 15.10 m³/s para 100 años.

Tabla 19.

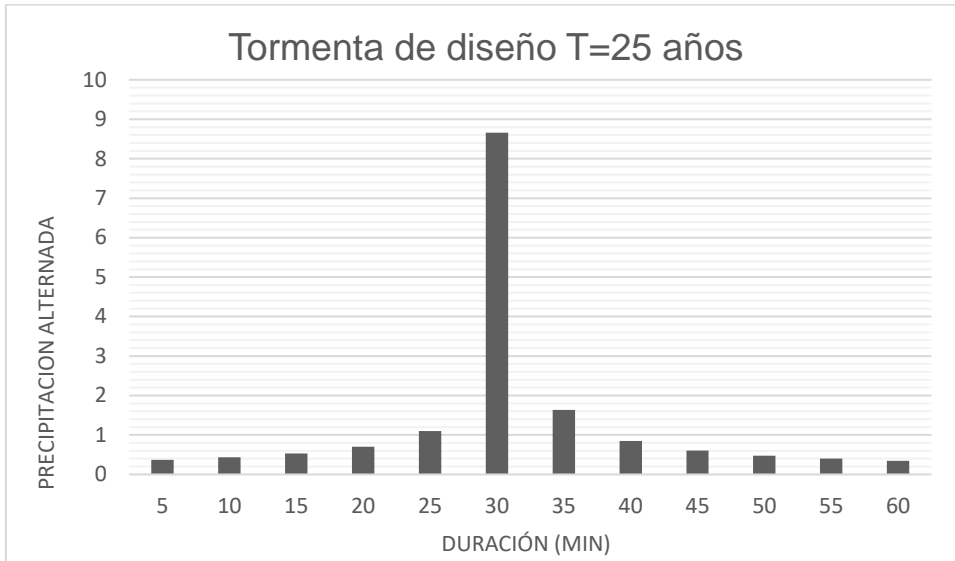
Tormenta de diseño T=25 años

Instante (min)	Intensidad (mm/h)	P.acumulada (mm)	ΔP (mm)	P. Alternada (mm)
5	103.900	8.658	8.658	0.371
10	61.779	10.297	1.638	0.435
15	45.580	11.395	1.098	0.532
20	36.734	12.245	0.850	0.702
25	31.073	12.947	0.702	1.098
30	27.102	13.551	0.604	8.658
35	24.143	14.083	0.532	1.638
40	21.842	14.562	0.478	0.850
45	19.996	14.997	0.435	0.604
50	18.476	15.397	0.400	0.478
55	17.202	15.768	0.371	0.400
60	16.115	16.115	0.347	0.347

Fuente: Los autores (2023)

Figura 58.

Tormenta de diseño T=25 años



Fuente: Los autores (2023)

Tabla 20.

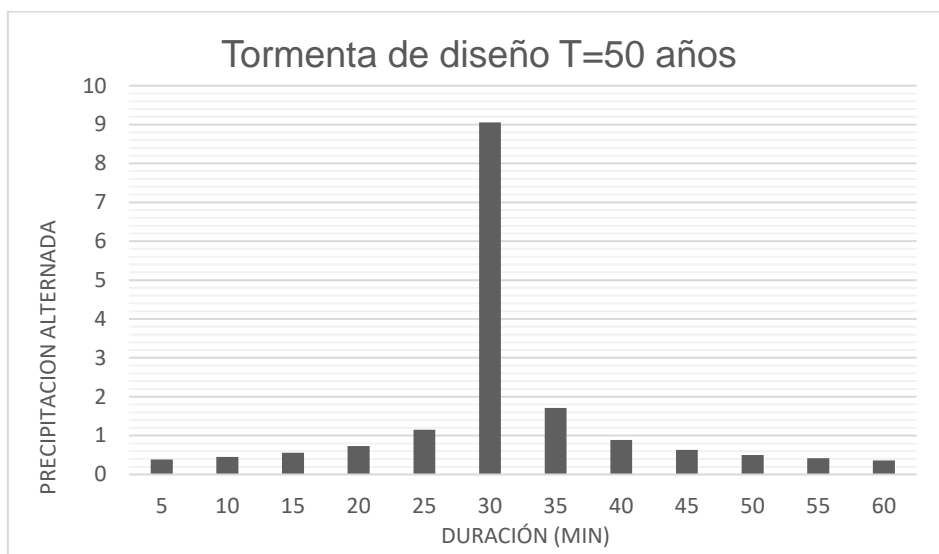
Tormenta de diseño T=50 años

Instante (min)	Intensidad (mm/h)	P.acumulada (mm)	ΔP (mm)	P. Alternada (mm)
5	108.688743	9.05739527	9.05739527	0.38838905
10	64.6267134	10.7711189	1.71372363	0.45520636
15	47.6808102	11.9202025	1.14908364	0.55695718
20	38.4272737	12.8090912	0.88888869	0.73487375
25	32.505516	13.543965	0.73487375	1.14908364
30	28.3511794	14.1755897	0.63162469	9.05739527
35	25.2557946	14.7325469	0.55695718	1.71372363
40	22.8489937	15.2326624	0.50011557	0.88888869
45	20.9171584	15.6878688	0.45520636	0.63162469
50	19.3278954	16.1065795	0.41871073	0.50011557
55	17.9945112	16.4949686	0.38838905	0.41871073
60	16.8577121	16.8577121	0.36274353	0.36274353

Fuente: Los autores (2023)

Figura 59.

Tormenta de diseño T=50 años



Fuente: Los autores (2023)

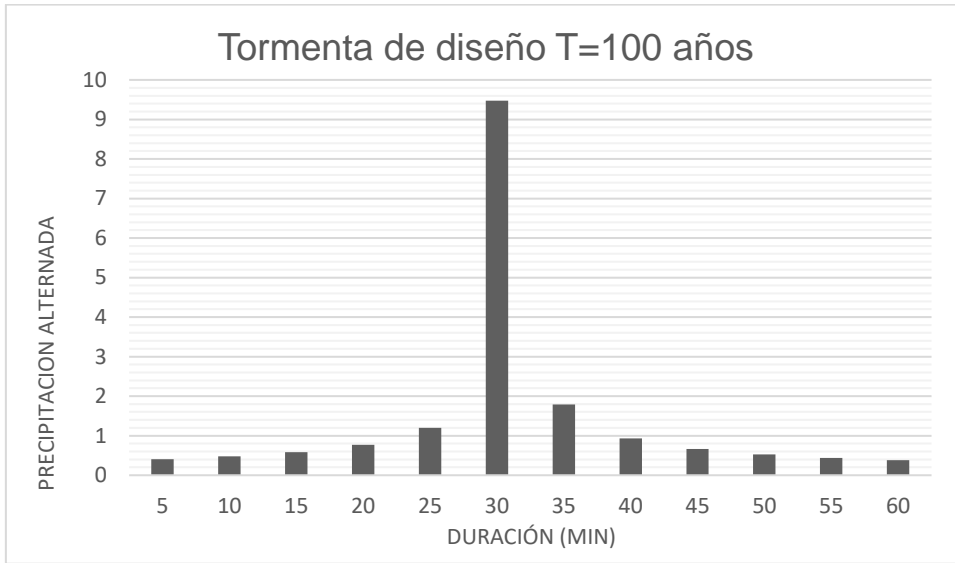
Tabla 21.

Tormenta de diseño T=100 años

Instante (min)	Intensidad (mm/h)	P.acumulada (mm)	ΔP (mm)	P. Alternada (mm)
5.000	113.698	9.475	9.475	0.406
10.000	67.605	11.268	1.793	0.476
15.000	49.878	12.470	1.202	0.583
20.000	40.198	13.399	0.930	0.769
25.000	34.004	14.168	0.769	1.202
30.000	29.658	14.829	0.661	9.475
35.000	26.420	15.412	0.583	1.793
40.000	23.902	15.935	0.523	0.930
45.000	21.881	16.411	0.476	0.661
50.000	20.219	16.849	0.438	0.523
55.000	18.824	17.255	0.406	0.438
60.000	17.635	17.635	0.379	0.379

Figura 60.

Tormenta de diseño T=100 años



Fuente: Los autores (2023)

Tabla 22.

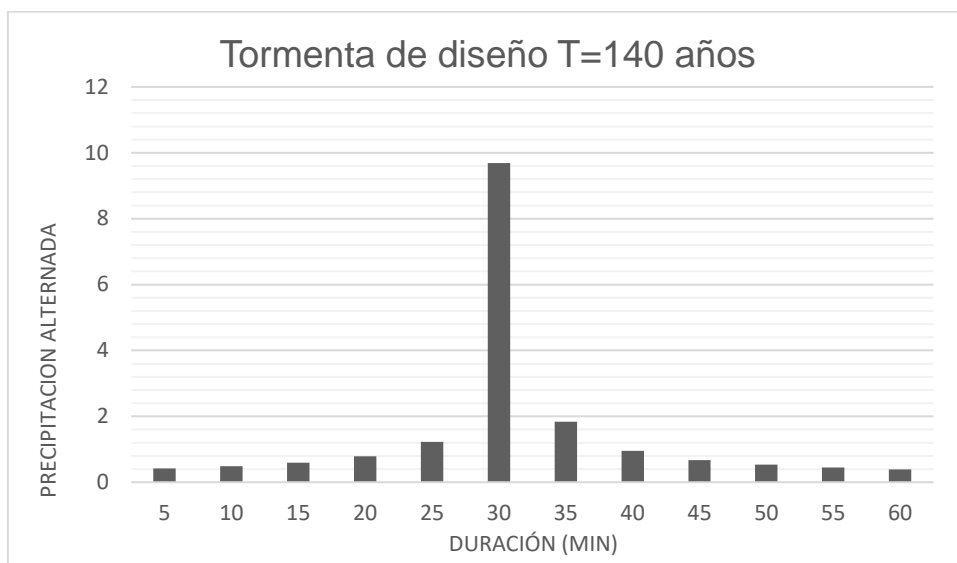
Tormenta de diseño T=140 años

Instante (min)	Intensidad (mm/h)	P. acumulada (mm)	ΔP (mm)	P. Alternada (mm)
5	116.212	9.684	9.684	0.415
10	69.100	11.517	1.832	0.487
15	50.981	12.745	1.229	0.596
20	41.087	13.696	0.950	0.786
25	34.756	14.481	0.786	1.229
30	30.314	15.157	0.675	9.684
35	27.004	15.752	0.596	1.832
40	24.431	16.287	0.535	0.950
45	22.365	16.774	0.487	0.675
50	20.666	17.221	0.448	0.535
55	19.240	17.637	0.415	0.448
60	18.025	18.025	0.388	0.388

Fuente: Los autores (2023)

Figura 61.

Tormenta de diseño $T=140$ años



Fuente: Los autores (2023)

Tabla 23.

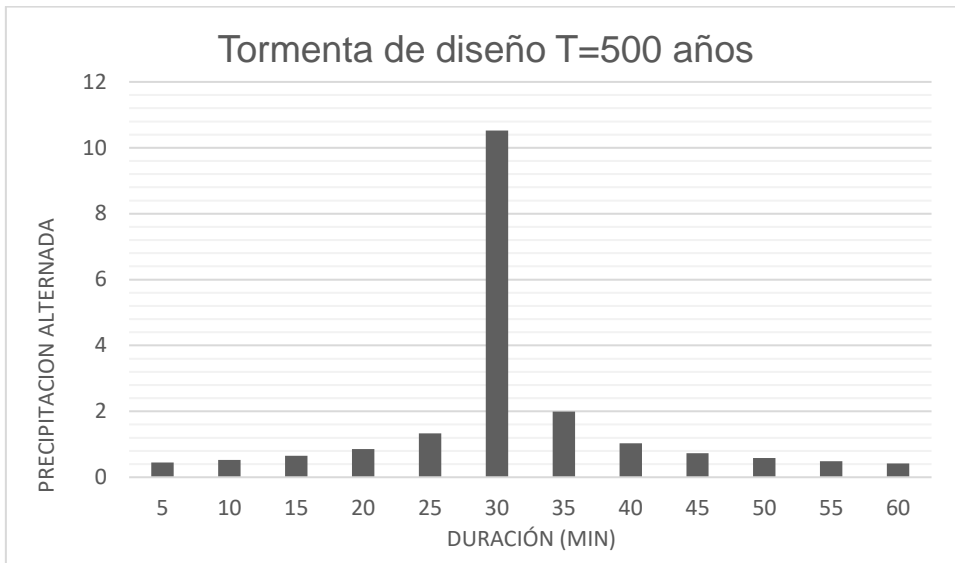
Tormenta de diseño $Tr=500$ años

Instante (min)	Intensidad (mm/h)	P.acumulada (mm)	ΔP (mm)	P. Alternada (mm)
5	126.237	10.520	10.520	0.451
10	75.061	12.510	1.990	0.529
15	55.379	13.845	1.335	0.647
20	44.632	14.877	1.032	0.854
25	37.754	15.731	0.854	1.335
30	32.929	16.464	0.734	10.520
35	29.334	17.111	0.647	1.990
40	26.538	17.692	0.581	1.032
45	24.294	18.221	0.529	0.734
50	22.449	18.707	0.486	0.581
55	20.900	19.158	0.451	0.486
60	19.580	19.580	0.421	0.421

Fuente: Los autores (2023)

Figura 62.

Tormenta de diseño $T_r=500$ años



Fuente: Los autores (2023)

4.2.4 Resultados

A continuación, se presenta resumen los resultados de los parámetros geomorfológicos de la microcuenca de Chicón del río Tullumayo.

Tabla 24.

Parámetros de forma de la microcuenca de Chicón

PARÁMETROS		UND	NOMENCLATURA	MICRO CUENCA		
Superficie total de la cuenca		Km ²	At	39.058		
Perímetro		Km.	P	31.870		
UBICACIÓN	Latitud	°	Lat.	13°15'12.92"		
	Longitud	°	Long.	72°5'15.76"		
	Zona de Proyección UTM	s/U	Zona	18		
	X	m	Coord. X	815611.71		
	Y	m	Coord. Y	8532980.62		
RELACIONES DE FORMA	FACTOR DE CUENCA	Coeficiente de Compacidad (Gravelius)		s/U	$Kc = 0.28 P / (At)^{1/2}$	1.439
		FACTOR DE FORMA	Longitud de la Cuenca	Km.	LB	13.065
			Ancho Medio de la Cuenca	Km.	$AM = At / LB$	2.989
			Factor de Forma	s/U	$Kf = AM / LB$	0.229
	RECTANGULO EQUIVALENTE	Lado Mayor	Km.	$Kc*(\pi*A)^{1/2}/2*(1+(1-4/\pi*Kc^2))$	13.065	
		Lado Menor	Km.	$Kc*(\pi*A)^{1/2}/2*(1-(1-4/\pi*Kc^2))$	2.989	

Fuente: Los autores (2023)

Tabla 25.

Sistema de drenaje de la microcuenca de Chicón

Parámetros		Und	Nomenclatura	Micro Cuenca	
SISTEMA DE DRENAJE	Grado de Ramificación	Longitud total	Km.	Orden 1	21.8
			Km.	Orden 2	10.13
			Km.	Orden 3	8.95
	Números de ríos para los diferentes grados de ramificación	s/U	Orden 1	78	
		s/U	Orden 2	41	
		s/U	Orden 3	58	
	Long. total, de los ríos de diferentes grados	Km.	Lt	40.88	
	Número de ríos según grados	s/U	N° ríos	177	
	Longitud del río principal	Km.	Lr	13.63	
	Densidad de drenaje	Km./Km ² .	$Dd = Lt / At$	1.047	
	Relación de Bifurcación	s/U	$Rb = N^{\circ}Rn / (N^{\circ}Rn+1)$	1.86	
	Extensión media para los diferentes grados	Km.	$Es = At / 4Lt$	0.239	
Frecuencia de los ríos	r/Km ²	$Fr = N^{\circ}ríos / At$	4.53		

Fuente: Los autores (2023)**Tabla 26.**

Resumen parámetros de desnivel de la microcuenca Chicón

Parámetros	Und	Nomenclatura	Micro Cuenca
Desnivel total de la cuenca	Km.	Ht	2.62
Desnivel total del río principal	Km.	Ht	2.03
Altura máxima cuenca	m.s.n.m.	Hcu	5517.00
Altura máxima río	m.s.n.m.	Hmáx	4933.97
Altura mínima río	m.s.n.m.	Hmín	2900.00
Altura media de la cuenca	m.s.n.m.	Hm	4085.75
Pendiente media del cauce principal	%		14.9%
Pendiente cuenca (Met. Rectángulo Equivalente)	%	Ht / Lma	87.54%

Parámetros	Und	Nomenclatura	Micro Cuenca
Tiempo de Concentración	min.	promedio	61.80

Fuente: Los autores (2023)

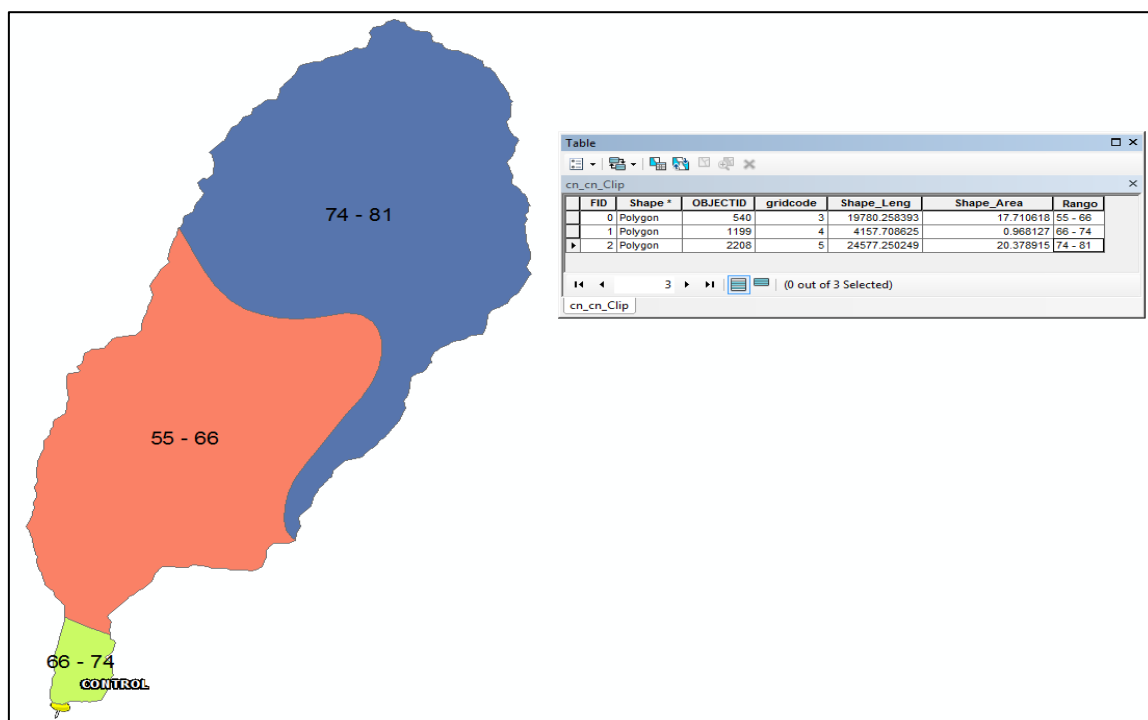
Hidrograma de diseño

Para calcular los niveles máximos de flujo en las áreas de drenaje, donde se observan influencias de dispersión que reducen el caudal máximo, se empleó la herramienta informática HEC-HMS (Hydrologic Modeling System).

Para este trabajo se usó el número de curva, el shapefile creado por la ANA donde se realizó el corte con el shapefile de la microcuenca de Chicón del río Tullumayo y sea obtenido el número de curva pondera por áreas con dicho valor se procedió a ingresar al programa HEC-HMS para el modelamiento.

Figura 63.

Áreas parciales y rango de número de curva



Fuente: Los autores (2023)

Tabla 27.

Número de curva de la cuenca del río Tulumayo

Cálculo de numero de curva				
Ítem	Área	Rango inferior	Rango superior	CN promedio
1.00	17.71	55.00	66.00	60.50
2.00	0.97	66.00	74.00	70.00
3.00	20.38	74.00	81.00	77.50
Total	39.06	195.00	221.00	208.00
CN Ponderado		65.19	74.02	69.61
CN Promedio		65.00	73.67	69.33

Fuente: Los autores (2023)

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

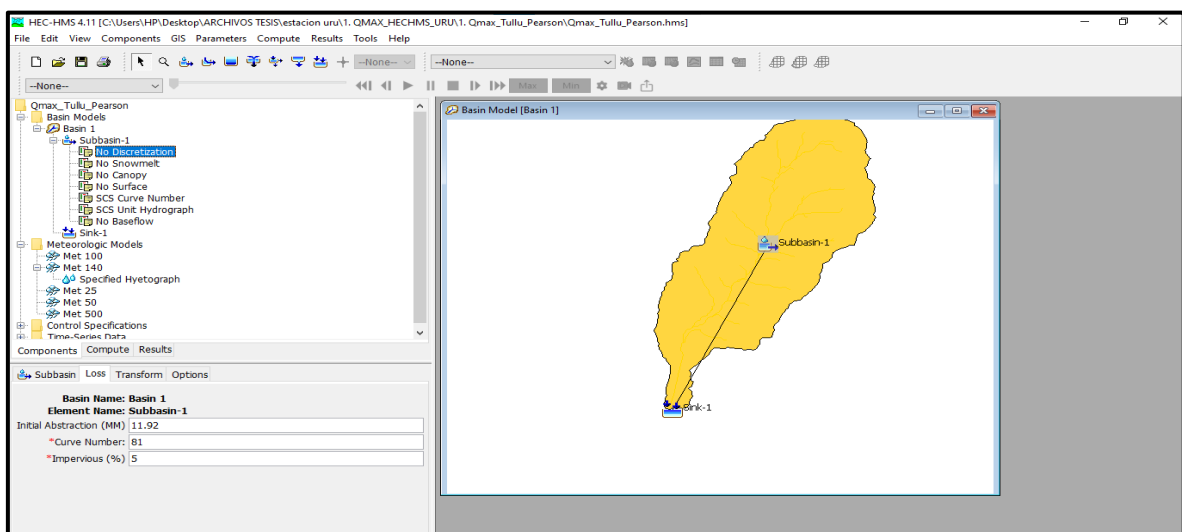
$$Ia = 0.2S$$

$$S=2.35\text{pulg}$$

$$Ia=11.92\text{mm}$$

Figura 64.

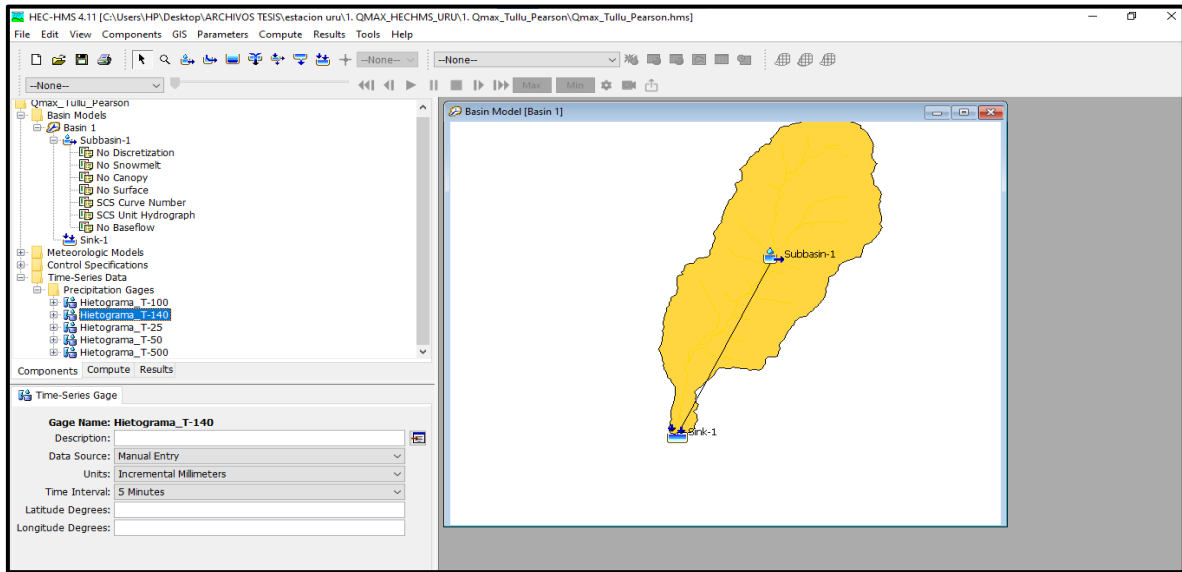
Programa de HEC-HMS



Fuente: Los autores (2023)

Figura 65.

Programa de HEC- HMS con intervalos de tiempo de 5 minutos



Fuente: Los autores (2023)

Figura 66.

Caudal máximo mediante el hidrograma unitario de sintético del SCS para T=25 años

Global Summary Results for Run "Qmax_25"

Project: Qmax_Tullu_Pearson Simulation Run: Qmax_25

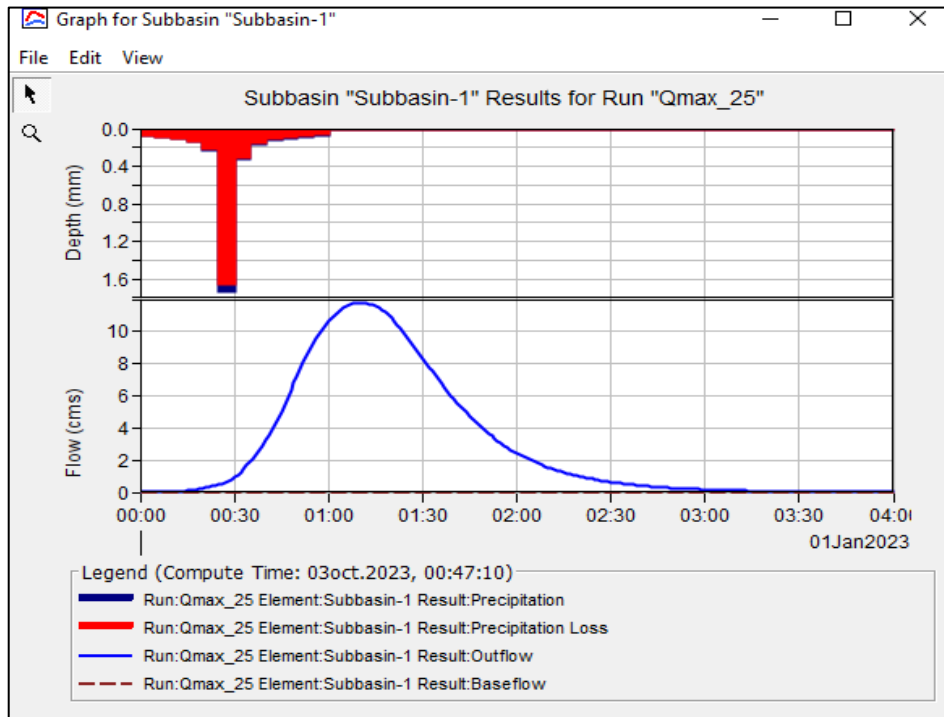
Start of Run: 01ene.2023, 00:00 Basin Model: Basin 1
 End of Run: 01ene.2023, 04:00 Meteorologic Model: Met 25
 Compute Time: 03oct.2023, 00:47:10 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Watershed Explorer

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subbasin-1	39.1	11.8	1 January 2023, 0...	1.07
Sink-1	39.1	11.8	1 January 2023, 0...	1.07

Fuente: Los autores (2023)

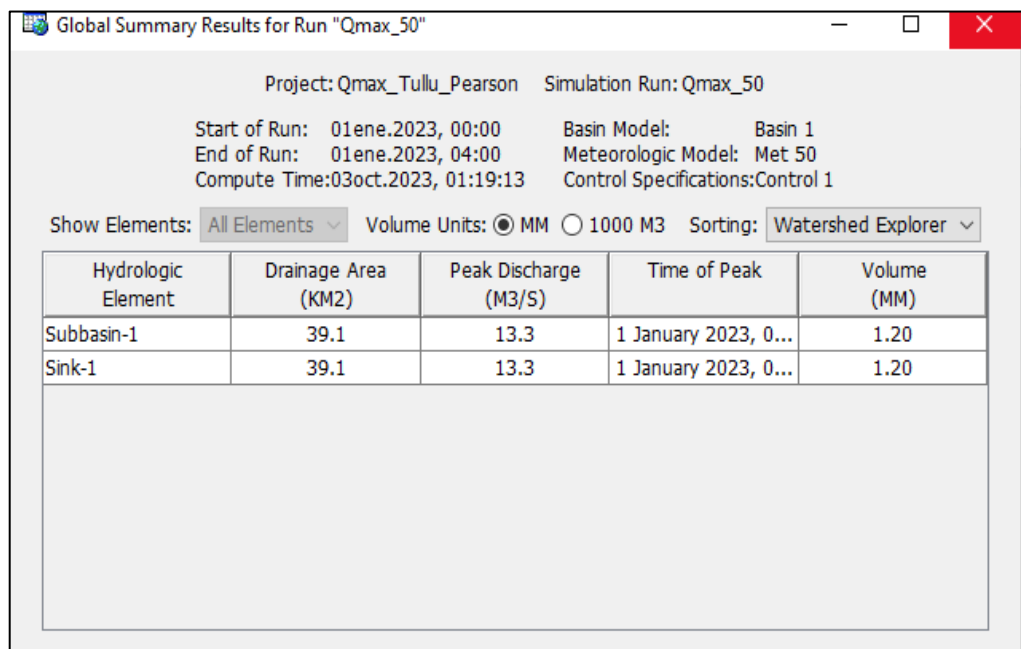
Figura 67. Programa de HEC- HMS Caudal máximo mediante el hidrograma unitario para $T=25$ años



Fuente: Los autores (2023)

Figura 68.

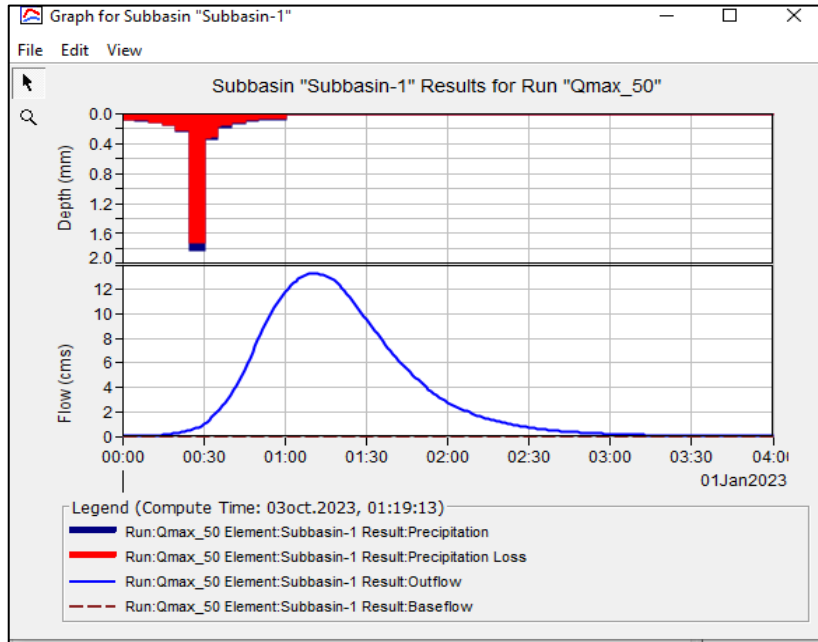
Caudal máximo mediante el hidrograma unitario de sintético del SCS para $T=50$ años



Fuente: Los autores (2023)

Figura 69.

Caudal máximo mediante el hidrograma unitario para T=50 años

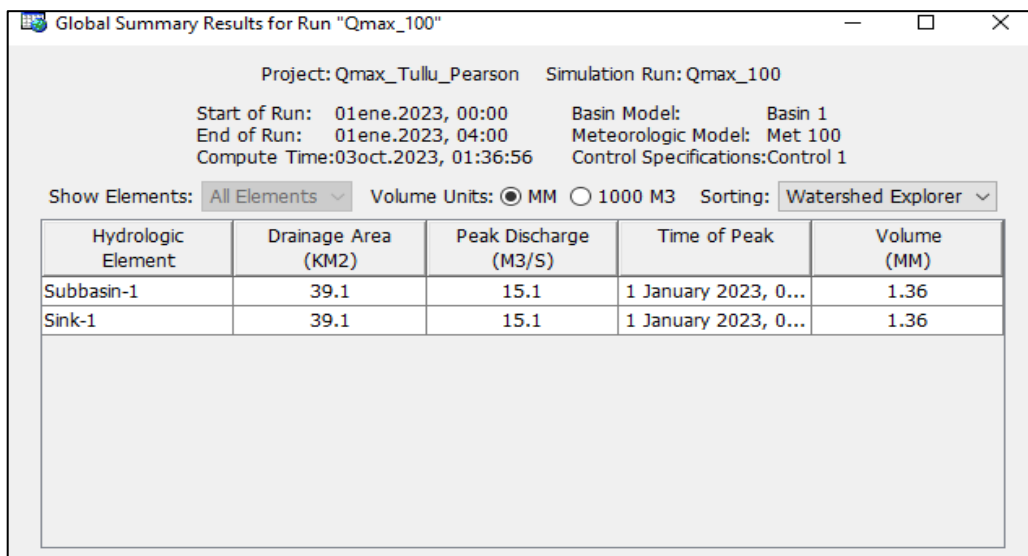


Fuente: Los autores (2023)

La imagen muestra el resultado de una simulación hidráulica de un evento de precipitación en la microcuenca de Chicón del río Tullumayo. El evento de precipitación se basa en la tormenta de diseño para un tiempo de retorno de 100 años.

Figura 70.

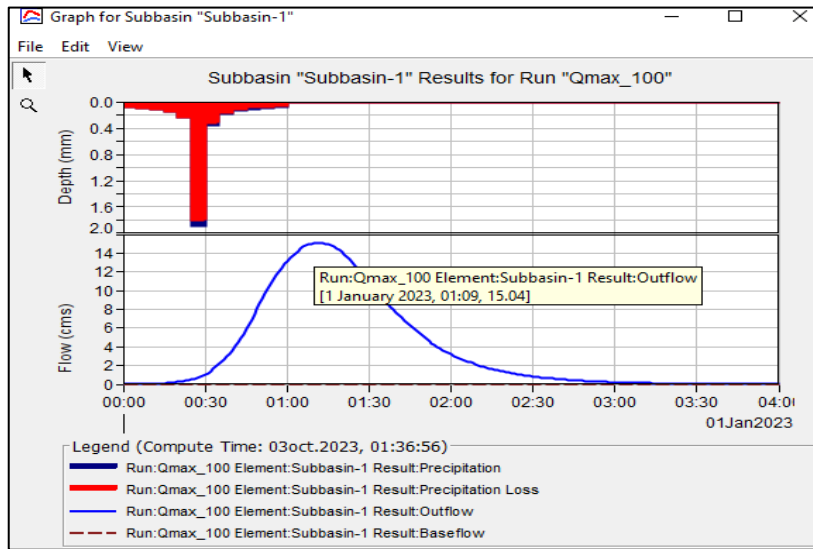
Caudal máximo mediante el hidrograma unitario para T=100 años



Fuente: Los autores (2023)

Figura 71.

Caudal máximo mediante el hidrograma unitario para T=100 años

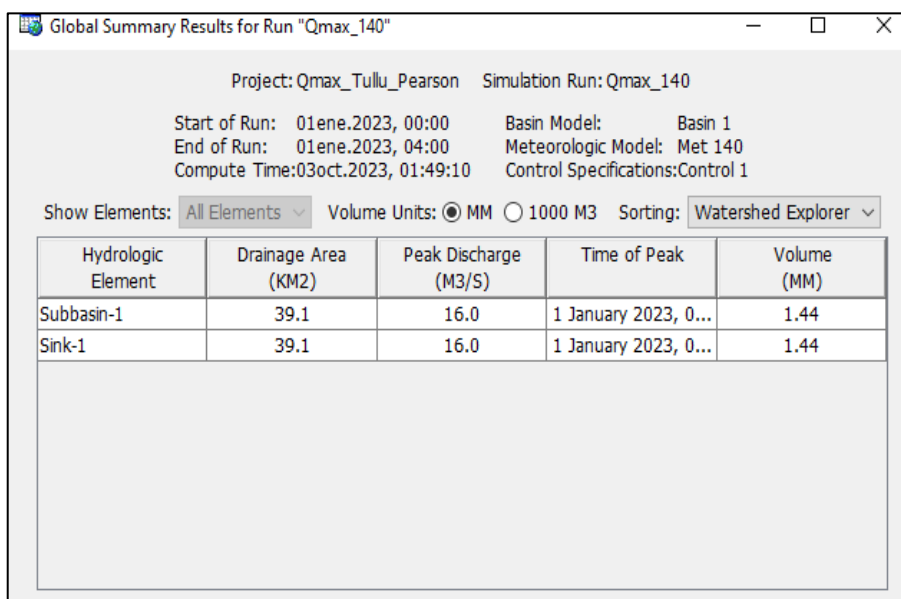


Fuente: Los autores (2023)

La imagen muestra el resultado de una simulación hidráulica de un evento de precipitación en la microcuenca de Chicón del río Tullumayo. El evento de precipitación se basa en la tormenta de diseño para un tiempo de retorno de 140 años.

Figura 72.

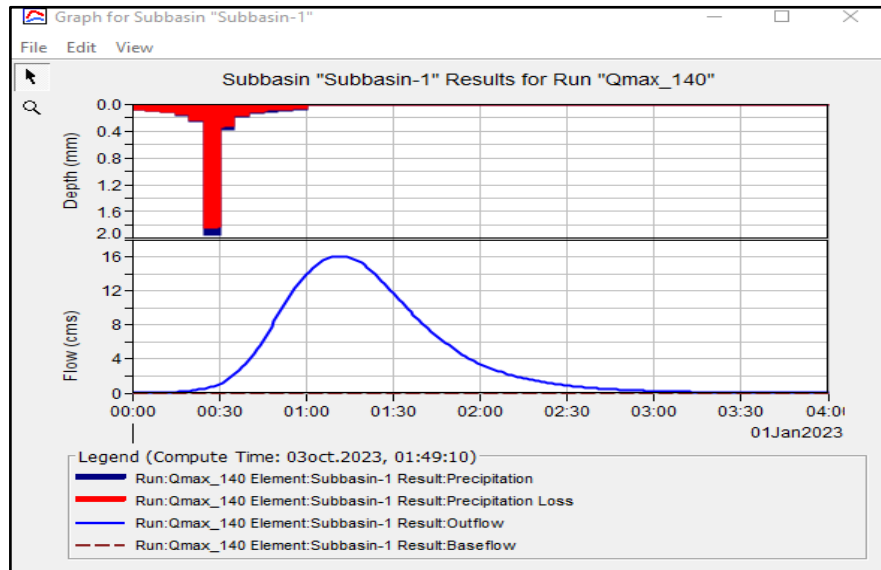
Caudal máximo mediante el hidrograma unitario de sintético del SCS para T=140 años



Fuente: Los autores (2023)

Figura 73.

Caudal máximo mediante el hidrograma unitario para $T=140$ años



Fuente: Los autores (2023)

La imagen muestra el resultado de una simulación hidráulica de un evento de precipitación en la microcuenca de Chicón del río Tullumayo. El evento de precipitación se basa en la tormenta de diseño para un tiempo de retorno de 500 años.

Figura 74.

Caudal máximo mediante el hidrograma unitario de sintético del SCS para $T=500$ años

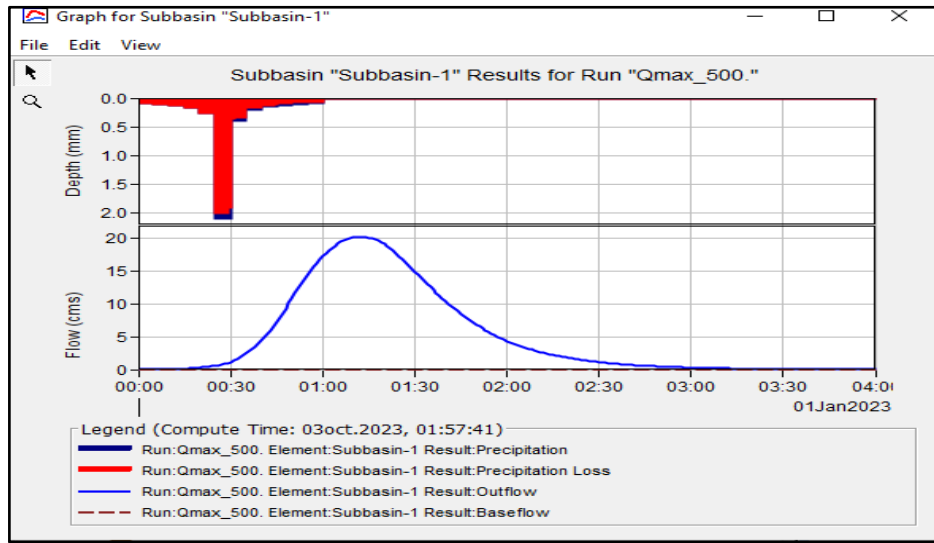
The figure is a software-generated window titled "Global Summary Results for Run 'Qmax_500.'" It displays project information and a table of hydrologic elements. The project name is "Qmax_Tullu_Pearson" and the simulation run is "Qmax_500.". The start of the run is 01ene.2023, 00:00 and the end is 01ene.2023, 04:00. The basin model is "Basin 1" and the meteorologic model is "Met 500". The compute time is 03oct.2023, 01:57:41. The control specifications are "Control 1". The volume units are set to "MM" and the sorting is "Watershed Explorer".

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subbasin-1	39.1	20.3	1 January 2023, 0...	1.81
Sink-1	39.1	20.3	1 January 2023, 0...	1.81

Fuente: Los autores (2023)

Figura 75.

Caudal máximo mediante el hidrograma unitario para T=500 años



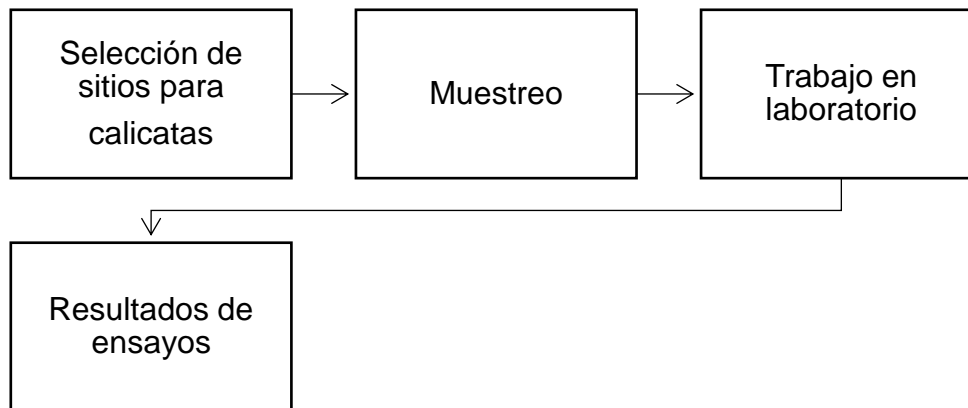
Fuente: Los autores (2023)

4.3 Estudio suelos

4.3.1 Mapa de proceso

Figura 76.

Mapa de proceso de estudio de suelo



Fuente: Los autores (2023)

4.3.2 Desarrollo

Desarrollo en campo

El día 16/09/2023, se realizó in situ la extracción de muestras donde se comenzó identificando los puntos específicos, donde se realizaron las calicatas. Se seleccionaron 06 puntos de calicatas que cubrieron un rango de 4+200 hasta progresiva 6+145 sirviendo como muestras indicativas, las cuales fueron llevadas al laboratorio de mecánica de suelos FRAMED para efectuar el cálculo del contenido de humedad en base a la normativa ASTM-D2216, granulometría de acuerdo a la norma ASTM- D422, límite de consistencia en base a la normativa NTP-339.129, clasificación de suelos (NTP-339.134) Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS, sistema de clasificación AASHTO (American Association Of Atate Highway), ASTM D-3282 y ensayo de corte directo en suelos ASTM D-3080.

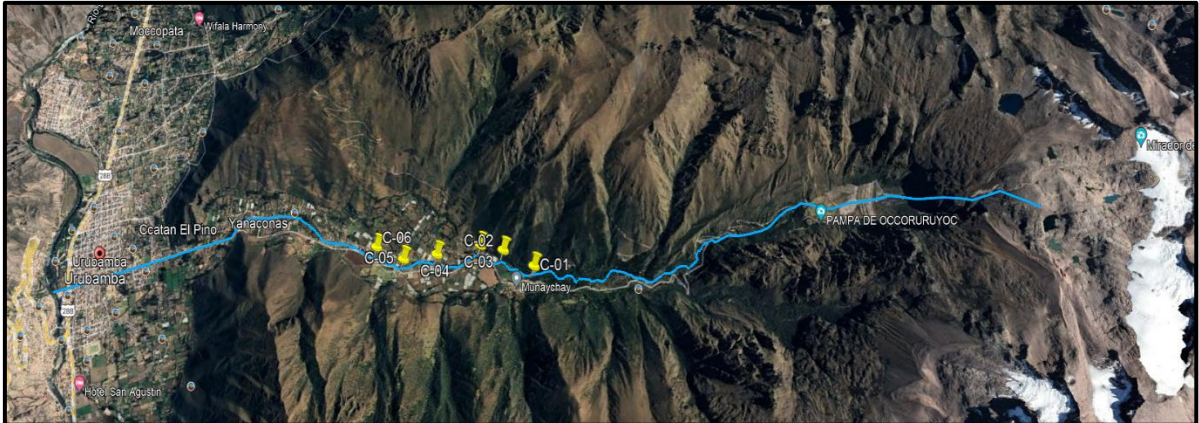
Ubicación geográfica

Para este proyecto de investigación el área a evaluar está hidrográficamente ubicado en la microcuenca de Chicón del río Tullumayo, Provincia de Urubamba departamento de Cusco.

- Latitud sur: 13°17'14.14483"S
- Latitud Oeste: 72°06'24.38959"W

Figura 77.

Ubicación de 6 calicatas para el estudio de suelos



Fuente: Los autores (2023)

Muestra numero 01

Durante nuestro trabajo de campo se realizó la muestra de estudio de en un tramo del río Tullumayo, donde se obtuvo muestras a las orillas del río. Se enfrentaron desafíos para acceder al sitio debido a la vegetación densa y los escombros acumulados en el área. Se inició el proceso con la recolección de muestras de la calicata 01, se excavó hasta una profundidad de 2.00 metros para obtener una muestra de calidad, tal como se ilustra en la imagen de la ubicación específica de la primera calicata.

Figura 78.

Toma de muestra de la calicata 01



Fuente: Los autores (2023)

Muestra número 02

Durante el trabajo de campo se realizó la muestra de estudio de en un tramo del río Tullumayo, donde se obtuvo muestras a las orillas del río. Se enfrentaron para acceder al sitio debido a la vegetación densa y los escombros acumulados en el área. Se inició el proceso con la recolección de muestras de la calicata 02, se excavó hasta una profundidad de 2.00 metros para obtener una muestra de calidad, tal como se ilustra en la imagen de la ubicación específica de la segunda calicata.

Figura 79.

Toma de muestra de la calicata 02



Fuente: Los autores (2023)

Muestra numero 03

Durante el trabajo de campo se realizó la muestra de estudio de en un tramo del río Tullumayo, donde se consiguió muestras a las orillas del río. Se enfrentaron desafíos para acceder al sitio debido a la vegetación densa y los escombros acumulados en el área. Se inició el proceso con la recolección de muestras de la calicata 03, se excavó hasta una profundidad de 2.00 metros para obtener una muestra de calidad, tal como se ilustra en la imagen de la ubicación específica de la tercera calicata.

Figura 80.

Toma de muestra de la calicata 03



Fuente: Los autores (2023)

Muestra numero 04

Durante el trabajo de campo se realizó la muestra de estudio de en un tramo del río Tullumayo, donde se consiguió muestras a las orillas del río. Se enfrentaron desafíos para acceder al sitio debido a la vegetación densa y los escombros acumulados en el área. Se inició el proceso con la recolección de muestras de la calicata 4, se excavó hasta una profundidad de 2.00 metros para obtener una muestra de calidad, tal como se ilustra en la imagen de la ubicación específica de la cuarta calicata.

Figura 81.

Toma de muestra de la calicata 04



Fuente: Los autores (2023)

Muestra numero 05

Durante el trabajo de campo se realizó la muestra de estudio de en un tramo del río Tullumayo, donde se consiguió muestras a las orillas del río. Se enfrentaron desafíos para acceder al sitio debido a la vegetación densa y los escombros acumulados en el área. Se inició s el proceso con la recolección de muestras de la calicata 05, se excavó hasta una profundidad de 2.00 metros para obtener una muestra de calidad, tal como se ilustra en la imagen de la ubicación específica de la quinta calicata.

Figura 82.

Toma de muestra de la calicata 05



Fuente: Los autores (2023)

Muestra numero 06

Durante el trabajo de campo se realizó la muestra de estudio de en un tramo del río Tullumayo, donde se consiguió muestras a las orillas del río. Se enfrentaron desafíos para acceder al sitio debido a la vegetación densa y los escombros acumulados en el área. Se inició el proceso con la recolección de muestras de la calicata 06, se excavó hasta una profundidad de 2.00 metros para obtener una muestra de calidad, tal como se ilustra en la imagen de la ubicación específica de la sexta calicata.

Figura 83.

Toma de muestra de la calicata 06



Fuente: Los autores (2023)

Tabla 28.

Ubicación de calicatas del proyecto

Calicata	Profundidad	Cantidad de muestras	Coordenadas	
			Norte	Este
C - 01	2	1	8529276.714	813500.478
C - 02	2	1	8529388.578	813685.369
C - 03	2	1	8529520.256	813895.149
C - 04	2	1	8529690.359	813936.986
C - 05	2	1	8529843.247	814569.126
C - 06	2	1	8529961.295	814368.748

Fuente: Los autores (2023)

Para culminar, se procedió con la muestra de las 06 calicatas con la misma profundidad de 2.00 m, cabe destacar que cada muestra fue de 10 kg aproximadamente.

Trabajo en laboratorio

Después que las muestras fueron tomadas, se condujeron al laboratorio de suelos FRAMED EIRL de las 06 calicatas obtenidas y se sometieron a los diferentes ensayos como se muestra en la siguiente:

Figura 84.

Análisis granulométrico por tamizado



Fuente: Los autores (2023)

Figura 85.

Tamizado de material para el ensayo de límite plástico

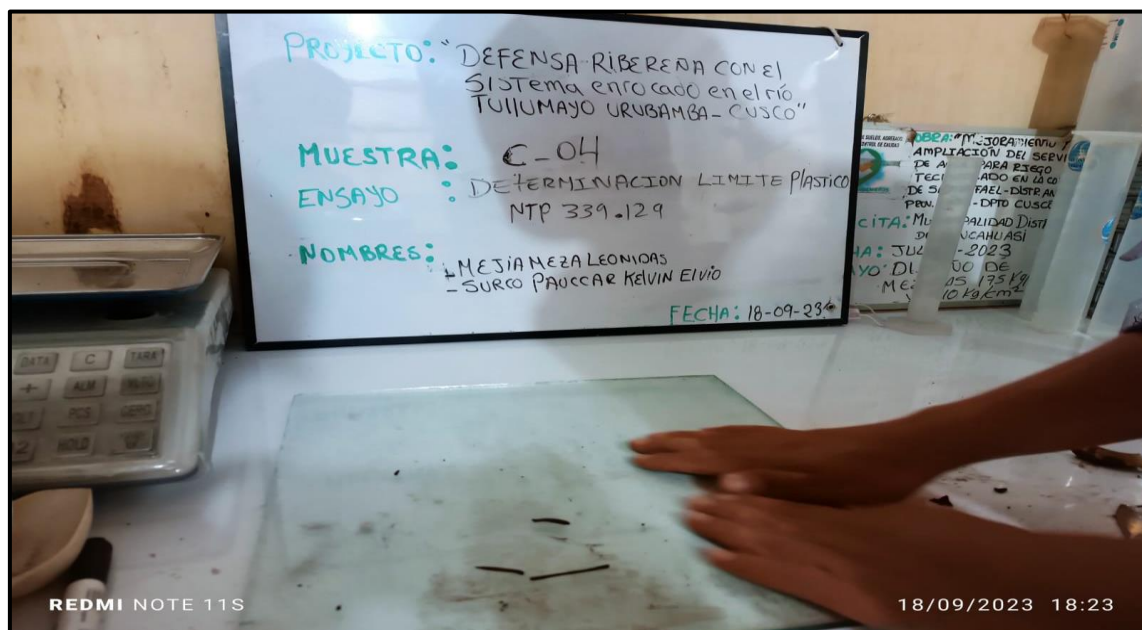


Fuente: Los autores (2023)

obtención de material para el ensayo se trabaja que debe pasar la malla N°40

Figura 86.

Ensayo de límite plástico



Fuente: Los autores (2023)

Figura 87.

Toma de muestra ensayo limite plástico



Fuente: Los autores (2023)

Figura 88.

Ensayo de granulometría



Fuentes: Los autores (2023)

Figura 89.

Ensayo corte directo



Fuente: Los autores (2023)

Materiales e instrumentos

Entre los materiales que se emplearon para el estudio de suelo se tuvo:

- Tapa y fondos herméticos
- Tamices
- Espátula
- Bandeja
- Balanza
- Horno eléctrico
- Dispositivos de lavad
- Bandejas y cepillos
- Corte directo
- Cuchara de Casagrande

4.3.3 Resultados

Los resultados de las muestras que fueron llevadas al laboratorio para la realización de los diferentes ensayos se exhiben en la tabla siguiente:

Tabla 29.

Resumen de resultados de los estudios de suelos

Calicata	Muestras	Profundidad	Contenido de humedad W%	Límite líquido LL%	Límite Plástico LP%	Q admisible kg/cm ²	Angulo de fricción
C - 01	M - 01	2	7.33	26.21	16.70	1.15	27.7°
C - 02	M - 02	2	9.29	24.81	14.17	1.14	23.9°
C - 03	M - 03	2	14.56	21.90	15.40	1.73	26.0°
C - 04	M - 04	2	11.65	34.29	22.41	1.34	21.3°
C - 05	M - 05	2	11.13	33.80	23.54	1.18	22.7
C - 06	M - 06	2	12.48	27.14	18.79	1.13	33.3°

Fuente: Los autores (2023)**Tabla 30.**

Resumen de resultados de los estudios de suelos

	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS	Sistema de clasificación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)
Calicata N 01	Grava Arcillosa	Grava y Arena Limo arcillosa
Calicata N 02	Grava Arcillosa	Grava y Arena Limo arcillosa
Calicata N 03	Grava Arcillosa	Grava y Arena Limo arcillosa
Calicata N 04	Grava Arcillosa	Grava y Arena Limo arcillosa
Calicata N 05	Grava Arcillosa	Grava y Arena Limo arcillosa
Calicata N 06	Grava Arcillosa	Grava y Arena Limo arcillosa

Fuente: Los autores (2023)

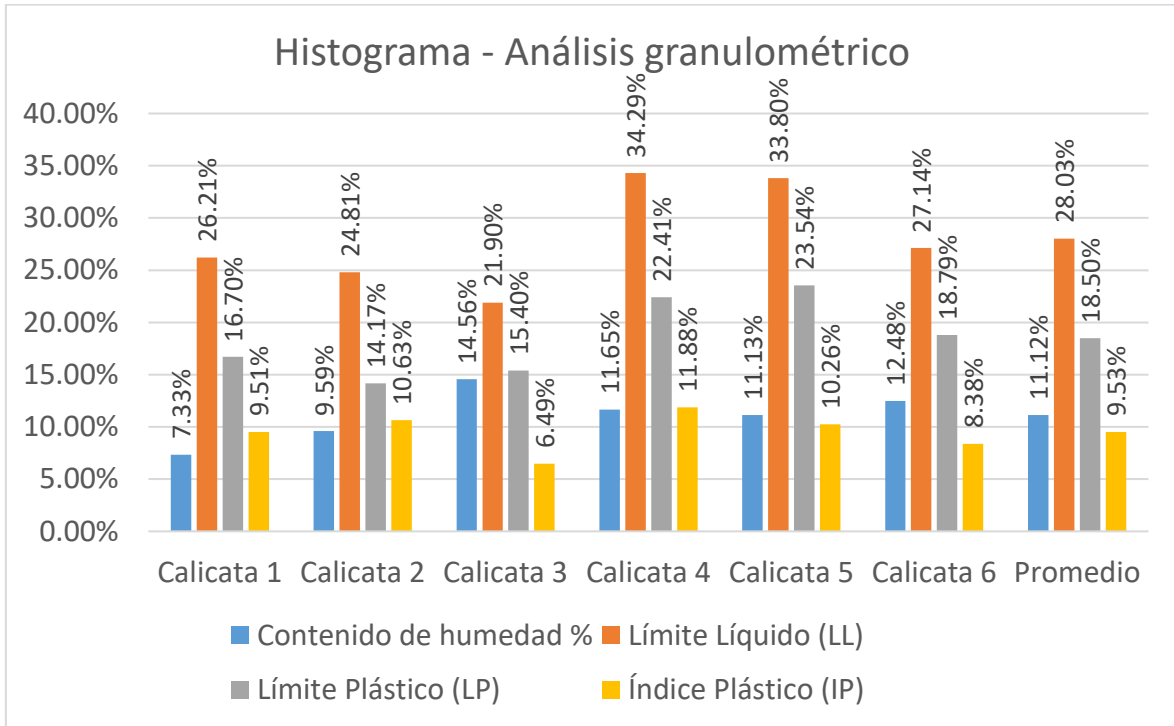
En la tabla se exhibe los resultados realizados en laboratorio de las muestras obtenidas de las 06 calicatas que se obtiene una clasificación de suelos según la norma técnica peruana (NTP 339.134).

Grava Arcillosa (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – SUCS)

Grava y Arena Limo arcillosa Sistema de clasificación AASHTO.

Figura 90.

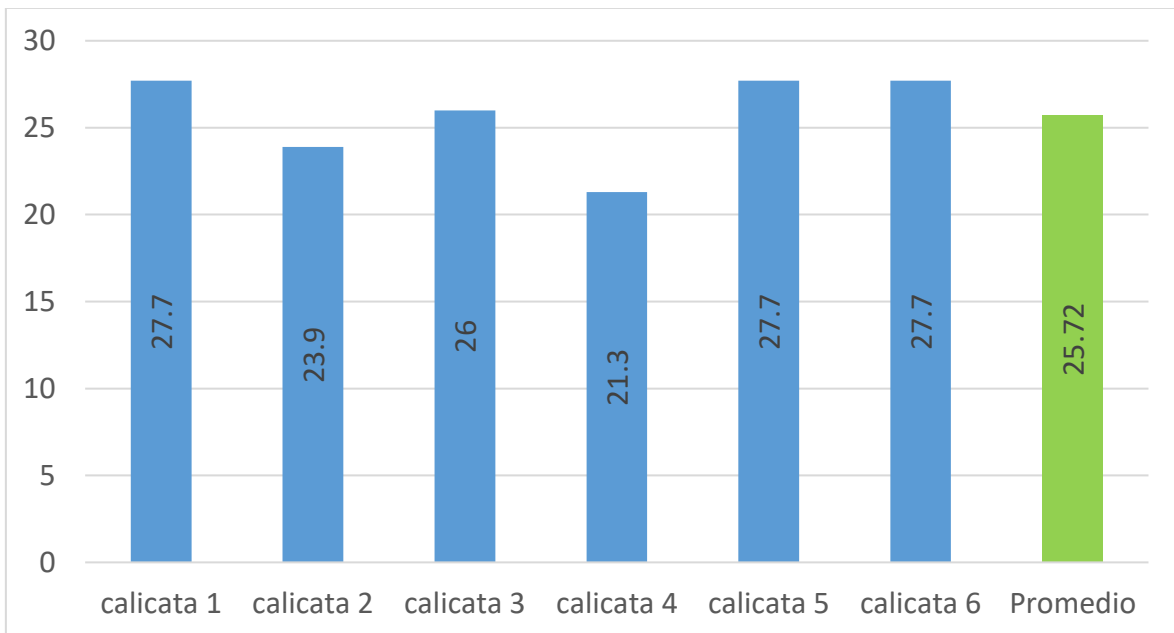
Análisis granulométrico



Fuente: Los autores (2023)

Figura 91.

Ángulo de fricción

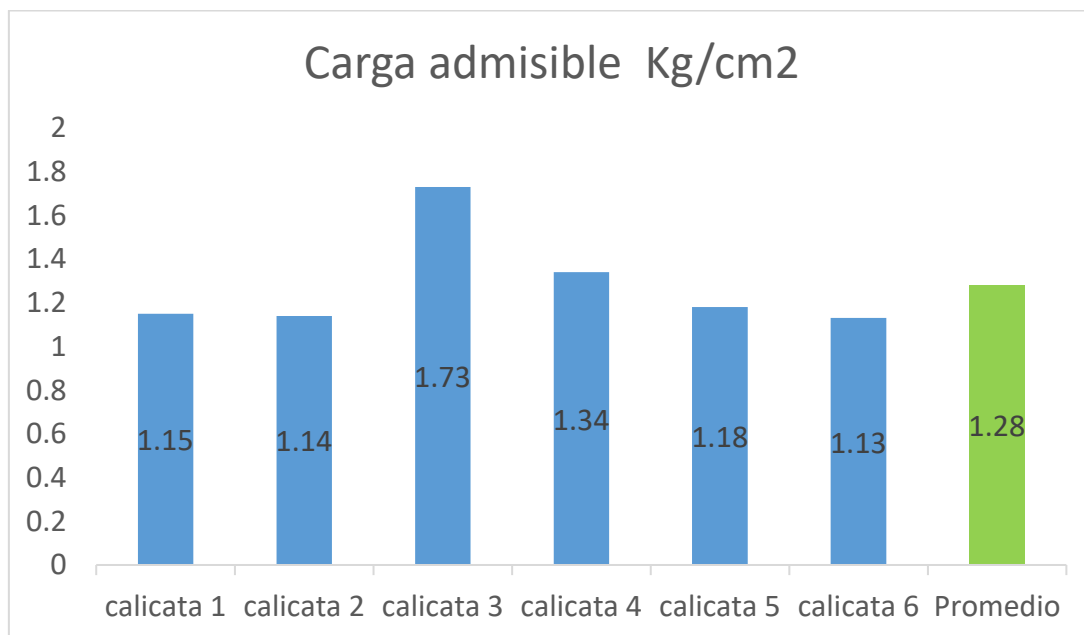


Fuente: Los autores (2023)

Carga admisible

Se lleva a cabo un análisis de la capacidad de carga del suelo con el fin de evaluar el umbral de descarga o presión, el cual indica la cantidad máxima de carga que un terreno puede soportar sin experimentar desplazamientos excesivos. Esta evaluación se realiza para determinar la capacidad de la estructura para resistir cargas sin experimentar vuelcos, deslizamientos o daños significativos. La capacidad de carga del suelo varía según su tipo, y resulta esencial conocerla antes de emprender cualquier construcción sobre él.

Figura 92. Carga admisible



Fuente: Los autores (2023)

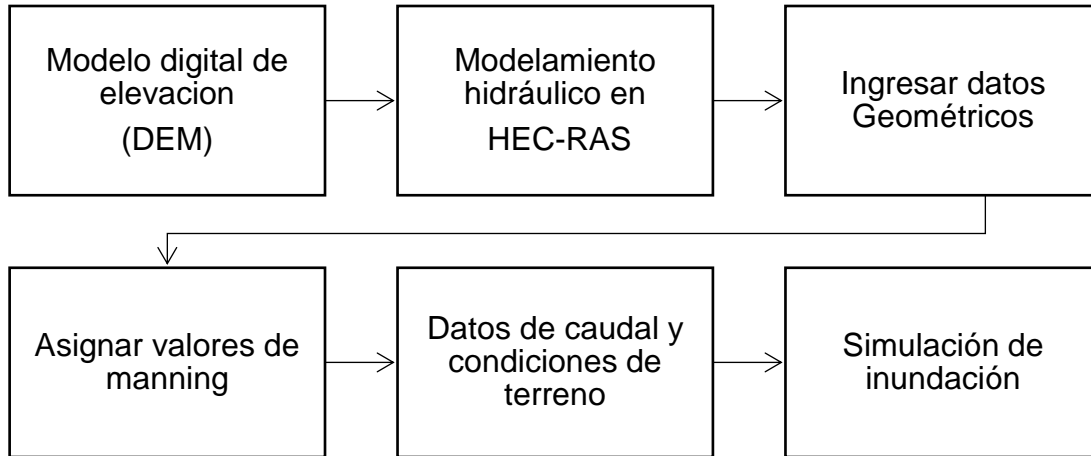
Se determina la capacidad admisible promedio de las 6 calicatas, se estima que el suelo en este sector puede resistir una presión de 1.28 Kg/cm² sin experimentar un colapso, representando así la carga máxima que el suelo puede soportar sin sufrir un fallo.

4.4 Modelamiento hidráulico

4.4.1 Mapa de proceso

Figura 93.

Mapa de proceso de modelamiento hidráulico



Fuente: Los autores (2023)

4.4.2 Desarrollo

El modelamiento hidráulico es esencial para identificar las zonas inundables del río Tullumayo en las que se encuentra viviendas, terrenos de cultivo, invernaderos, caminos etc. una vez identificado estas inundaciones se diseñara la defensa ribereña con el sistema de muro enrocado con el fin de mitigar los daños que podrían causar las precipitaciones máximas a consecuencia del Fenómeno el Niño. El modelamiento hidráulico se realizará con el software Hec Ras, para ello fue necesario la topografía y los caudales que fueron determinados en el estudio hidrológico para un $Tr=25$ se tiene $11.80 \text{ m}^3/\text{s}$, para $Tr=50$ se tiene $13.30 \text{ m}^3/\text{s}$, para un $Tr=100$ se tiene $15.10 \text{ m}^3/\text{s}$, para un $Tr=140$ se tiene $16 \text{ m}^3/\text{s}$ y finalmente para un $Tr=500$ se tiene $20.30 \text{ m}^3/\text{s}$.

Para efectos del modelamiento hidráulico del río Tullumayo solo se tendrá en consideración el caudal correspondiente a $Tr=100$ este para el diseño de muro enrocado y el caudal de $Tr=500$ para hallar la socavación.

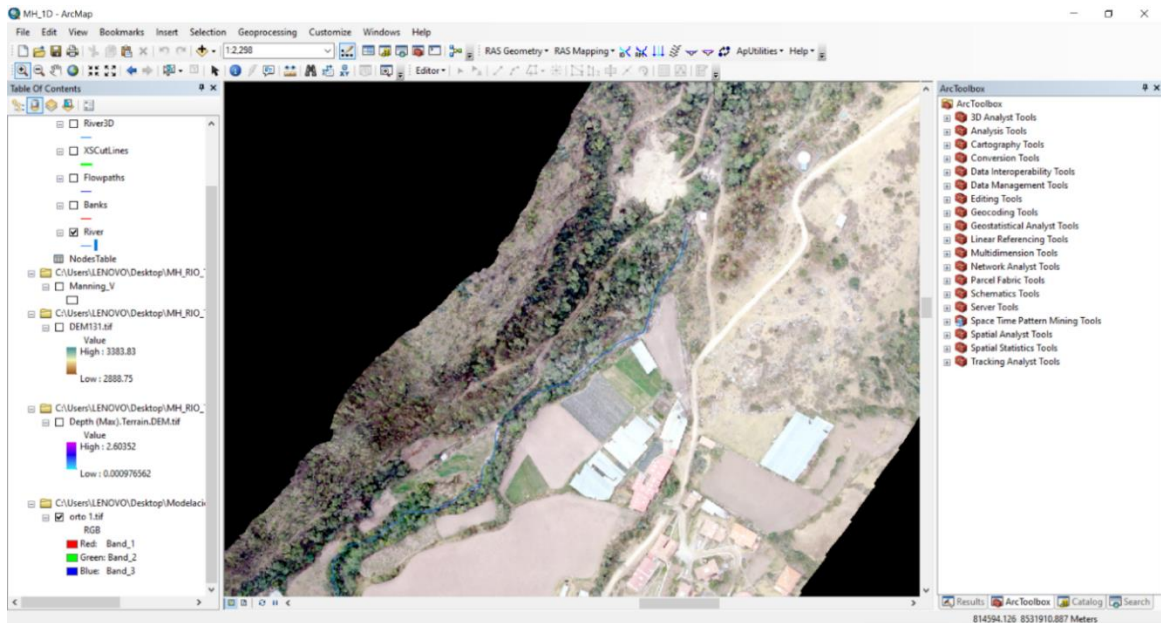
Para la modelación hidráulica de un río necesitamos un modelo de elevación digital DEM en este caso tenemos el levantamiento de dron y GPS diferencial donde se pueda identificar el cauce y las planicies.

Para modelar un río se necesita la topografía real de la zona de estudio y esta información debe estar procesado

Creación de la geometría

Figura 94.

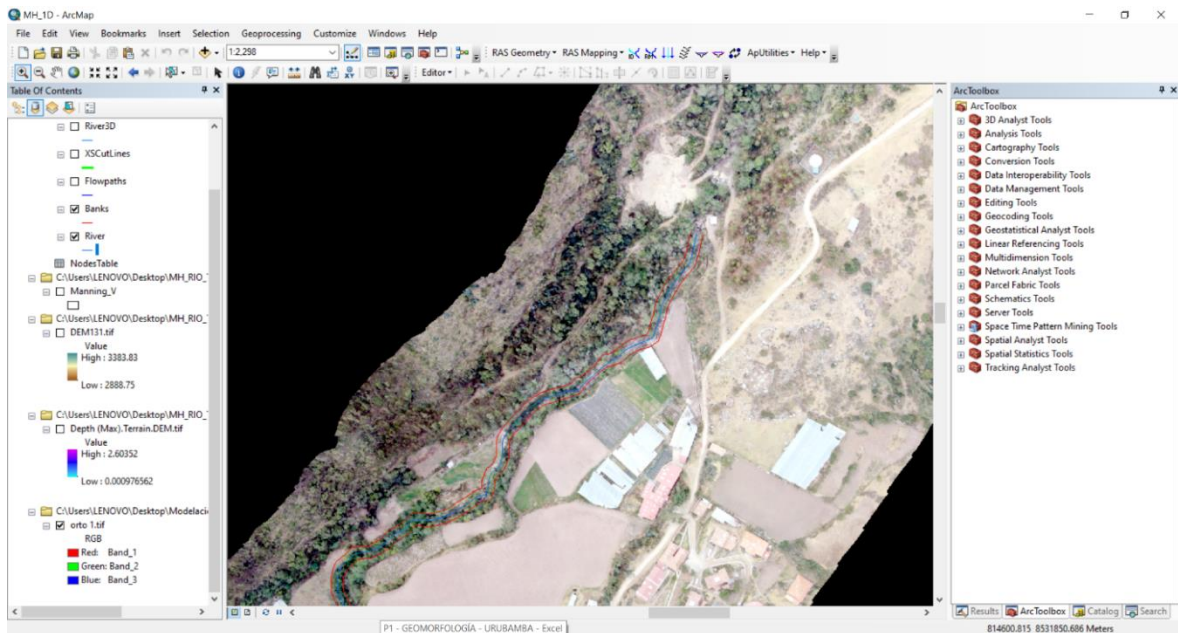
Creación del eje del cauce, definición del inicio y fin del cauce.



Fuente: Los autores (2023)

Figura 95.

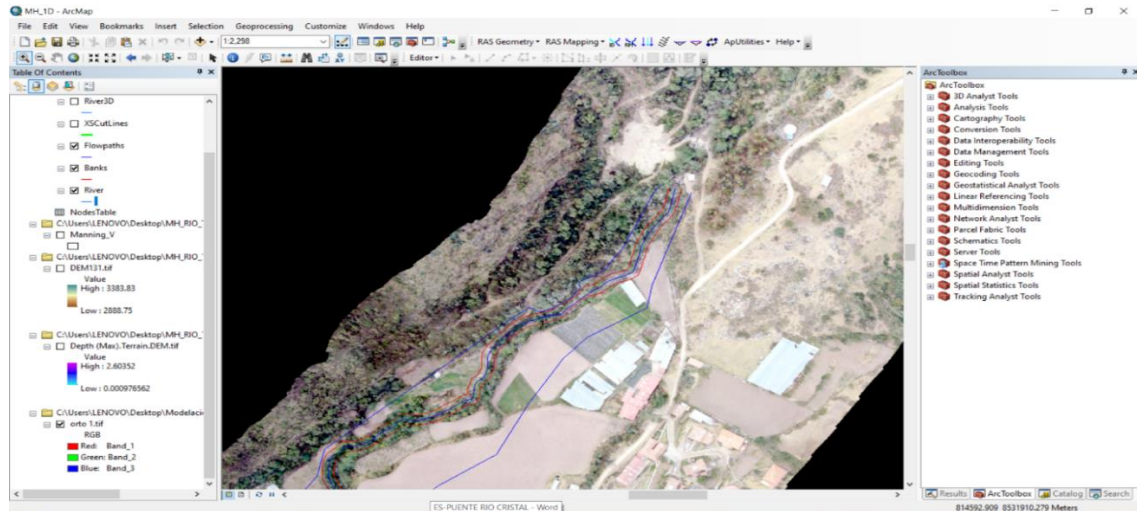
Creación de banks lines del río Tullumayo



Fuente: Los autores (2023)

Figura 96.

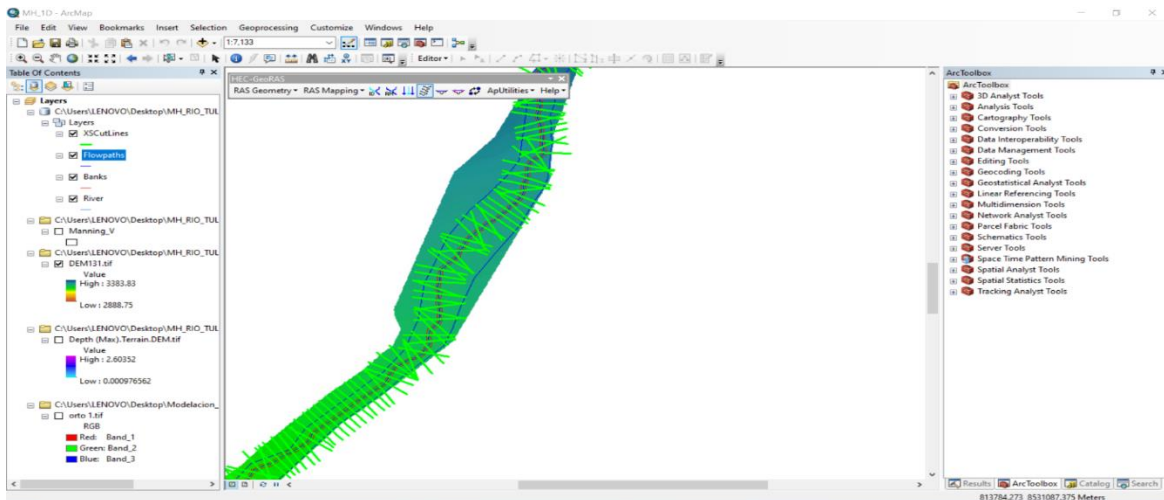
Creación de llanuras de inundación del río Tullumayo



Fuente: Los autores (2023)

Figura 97.

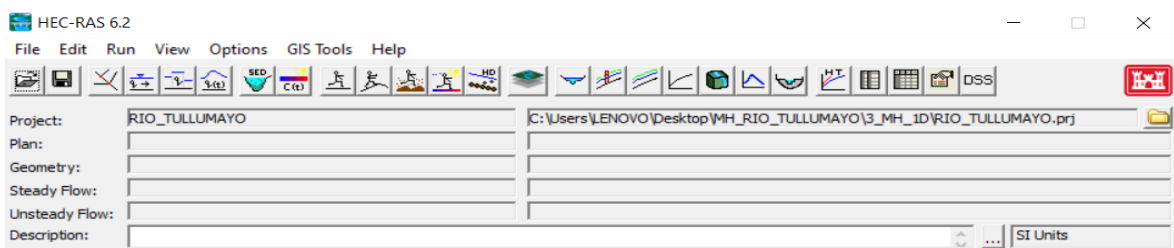
Creación de secciones transversales del río Tullumayo



Fuente: Los autores (2023)

Figura 98.

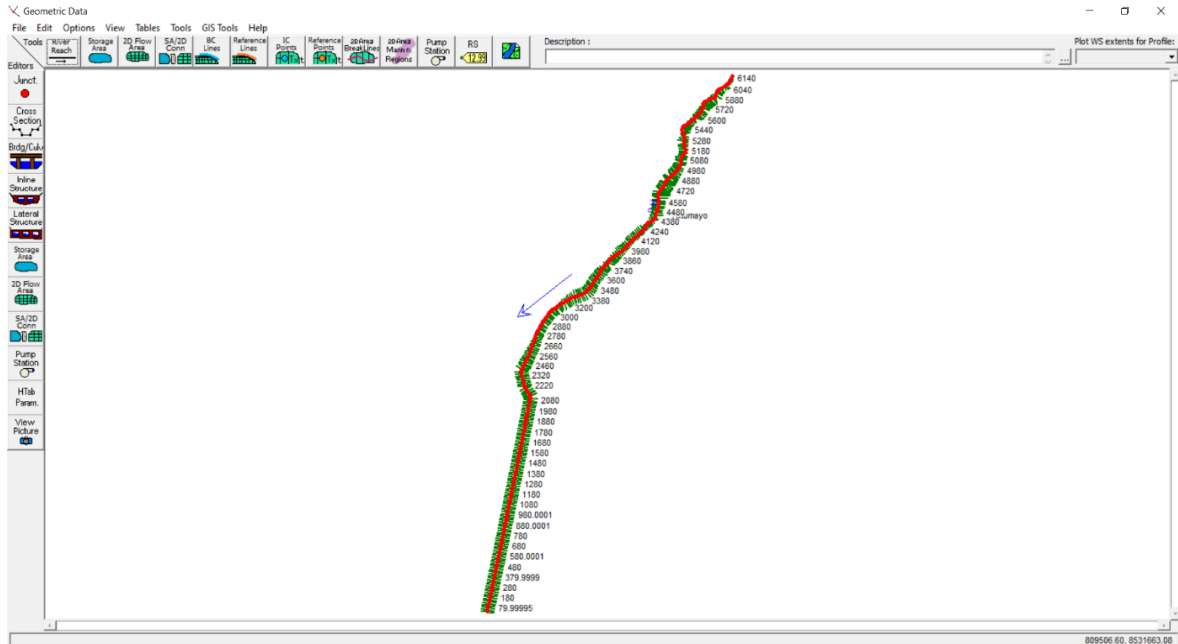
Creación de archivo en HEC-RAS



Fuente: Los autores (2023)

Figura 99.

Importación de geometría



Fuente: Los autores (2023)

Figura 100.

Introducción la rugosidad

Edit Manning's n or k Values

River: Rio Edit Interpolated XS's Channel n Values have a light green background

Reach: Tulumayo All Regions

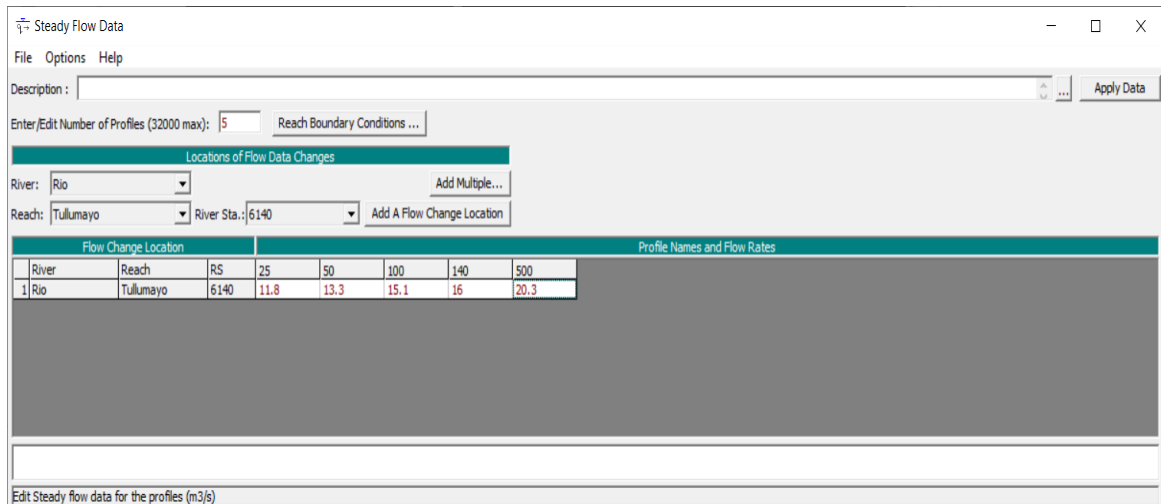
Selected Area Edit Options

	River Station	Frctn (n/k)	n #1	n #2	n #3
1	6140	n	0.030	0.035	0.030
2	6120	n	0.030	0.035	0.030
3	6100	n	0.030	0.035	0.030
4	6080	n	0.030	0.035	0.030
5	6060	n	0.030	0.035	0.030
6	6040	n	0.030	0.035	0.030
7	6020	n	0.030	0.035	0.030
8	6000	n	0.030	0.035	0.030
9	5980	n	0.030	0.035	0.030
10	5960	n	0.030	0.035	0.030
11	5940	n	0.030	0.035	0.030
12	5920	n	0.030	0.035	0.030
13	5900	n	0.030	0.035	0.030
14	5880	n	0.030	0.035	0.030
15	5860	n	0.030	0.035	0.030
16	5840	n	0.030	0.035	0.030
17	5820	n	0.030	0.035	0.030
18	5800	n	0.030	0.035	0.030
19	5780	n	0.030	0.035	0.030
20	5760	n	0.030	0.035	0.030
21	5740	n	0.030	0.035	0.030
22	5720	n	0.030	0.035	0.030
23	5700	n	0.030	0.035	0.030
24	5680	n	0.030	0.035	0.030
25	5660	n	0.030	0.035	0.030
26	5640	n	0.030	0.035	0.030
27	5620	n	0.030	0.035	0.030
28	5600	n	0.030	0.035	0.030

Fuente: Los autores (2023)

Figura 101.

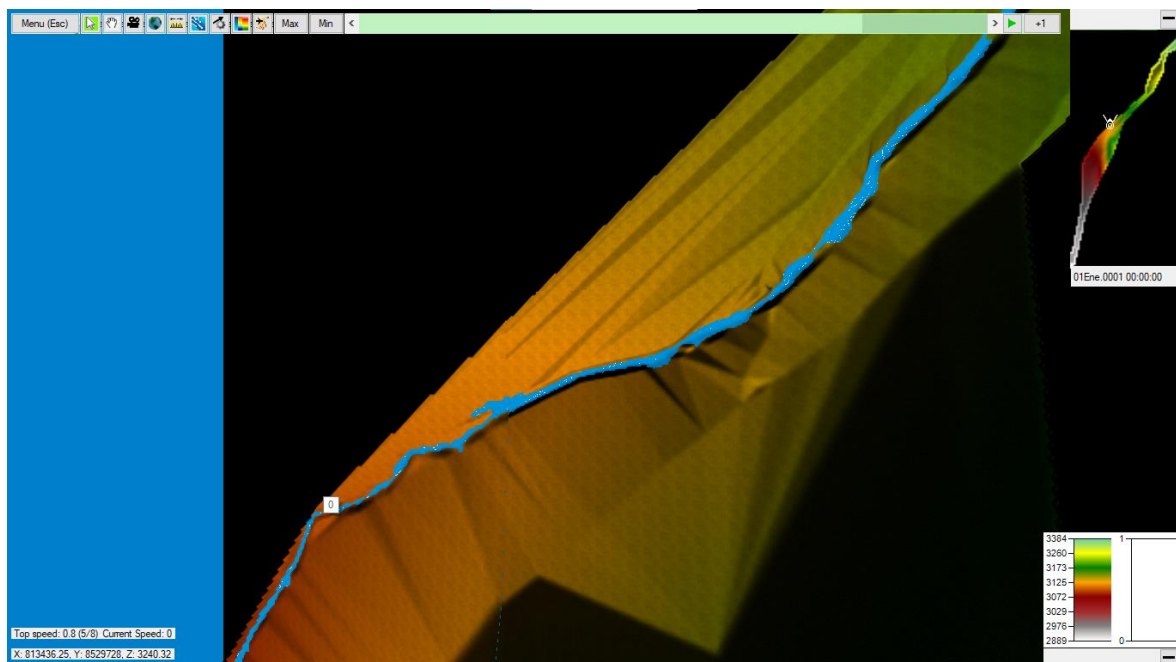
Instrucción de caudales para la modelación



Fuente: Los autores (2023)

Figura 102.

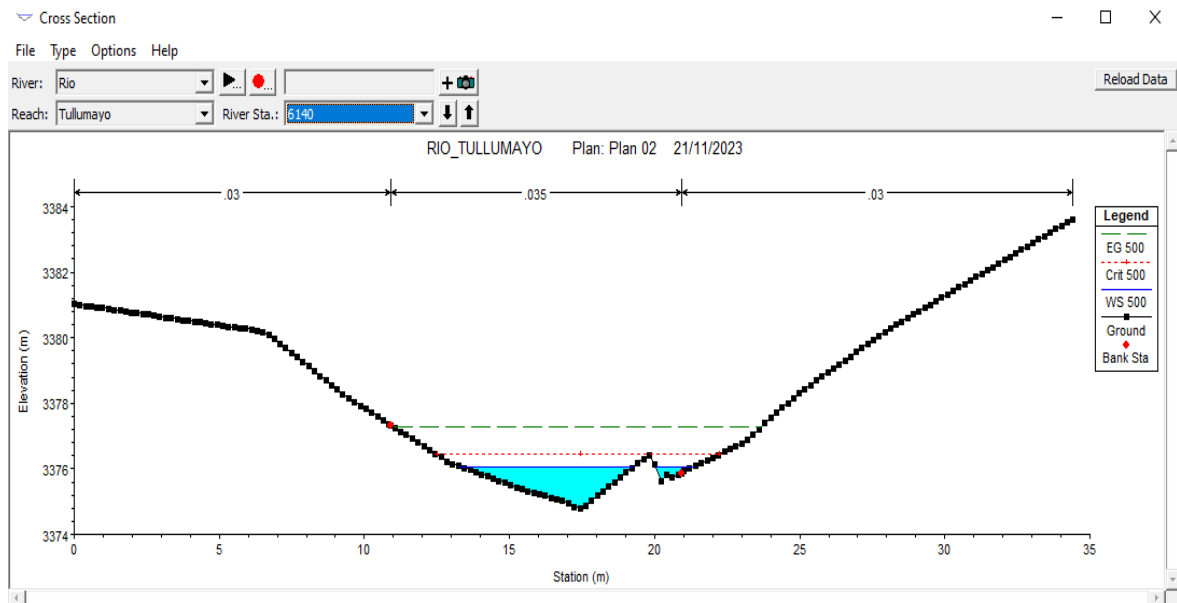
Visualización de inundación de inundación en 3d en Ras Mapper



Fuente: Los autores (2023)

Figura 103.

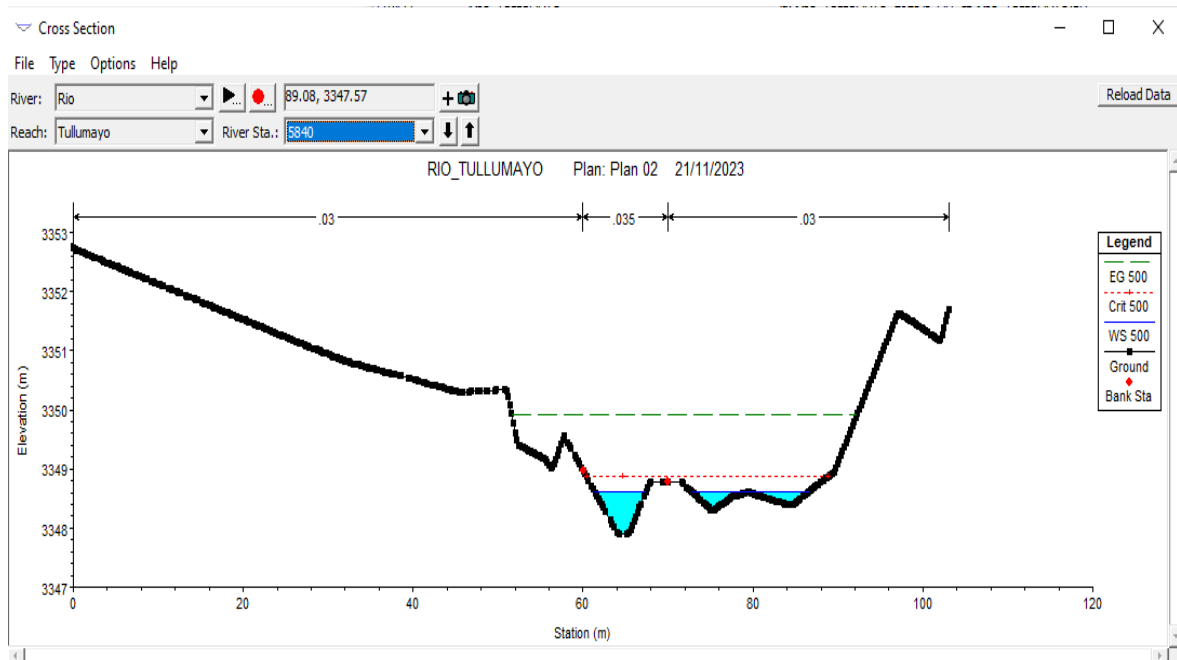
Secciones transversales progresiva 6+140



Fuente: Los autores (2023)

Figura 104.

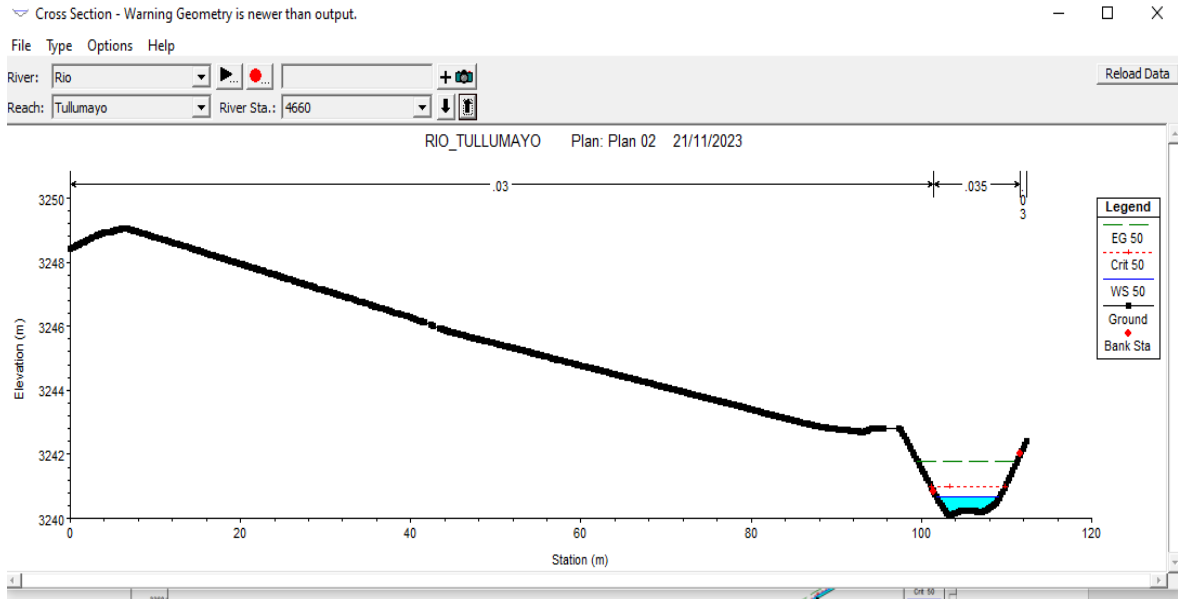
Secciones transversales progresiva 5+840



Fuente: Los autores (2023)

Figura 105.

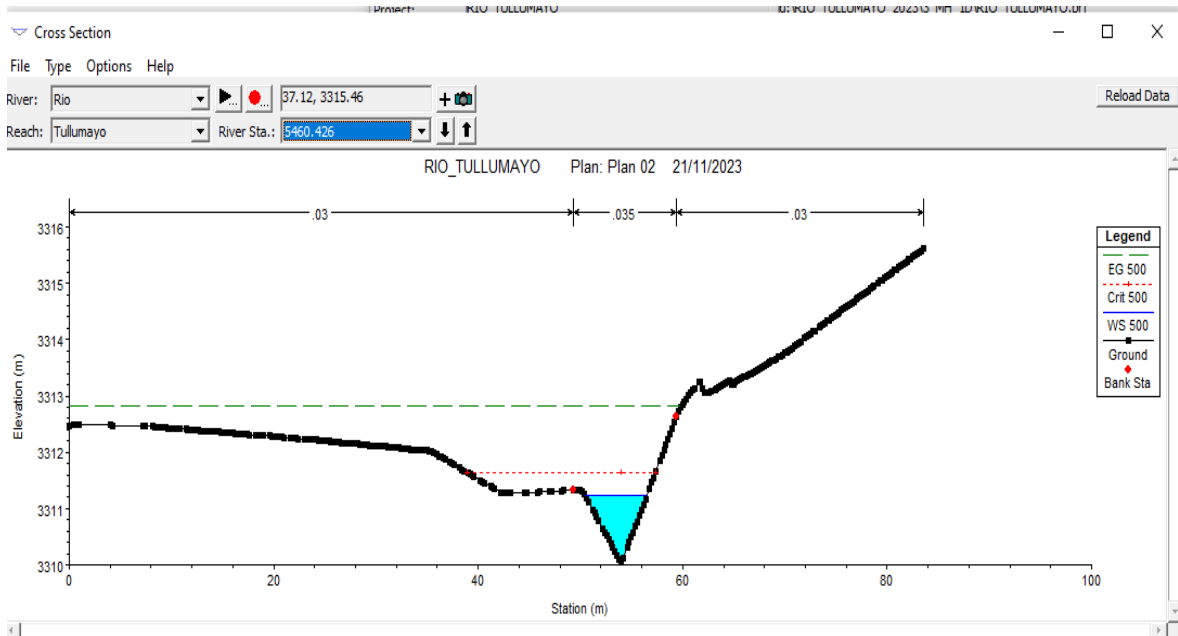
Secciones transversales progresiva 5+460 4+660



Fuente: Los autores (2023)

Figura 106.

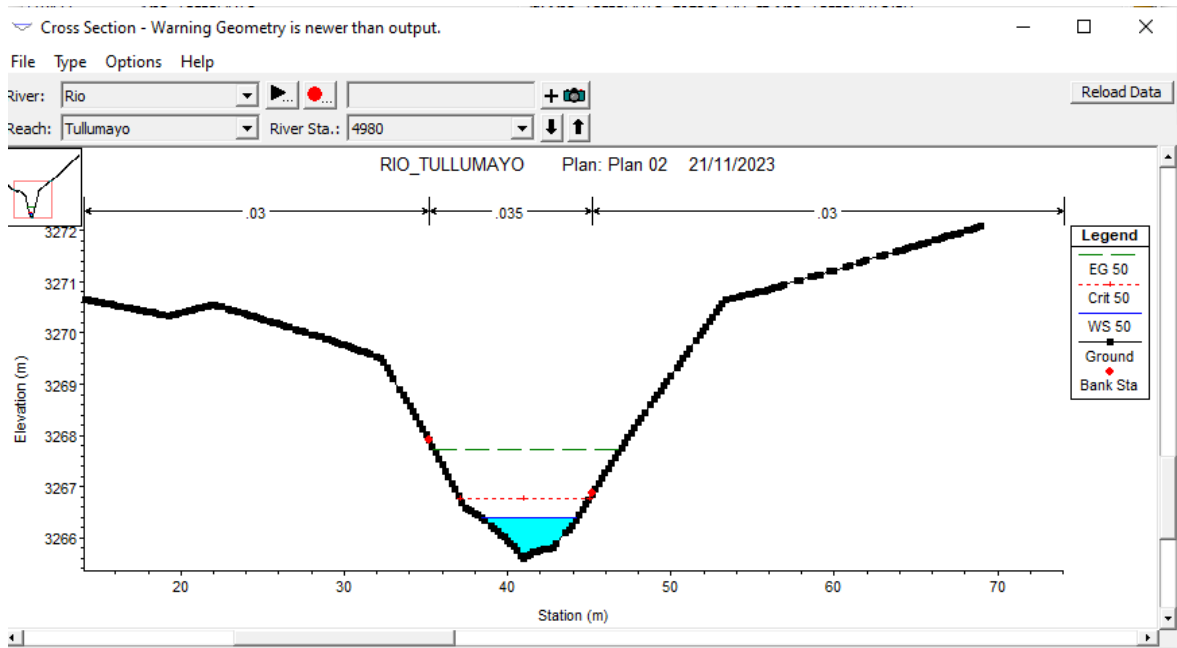
Secciones transversales progresiva 5+460



Fuente: Los autores (2023)

Figura 107.

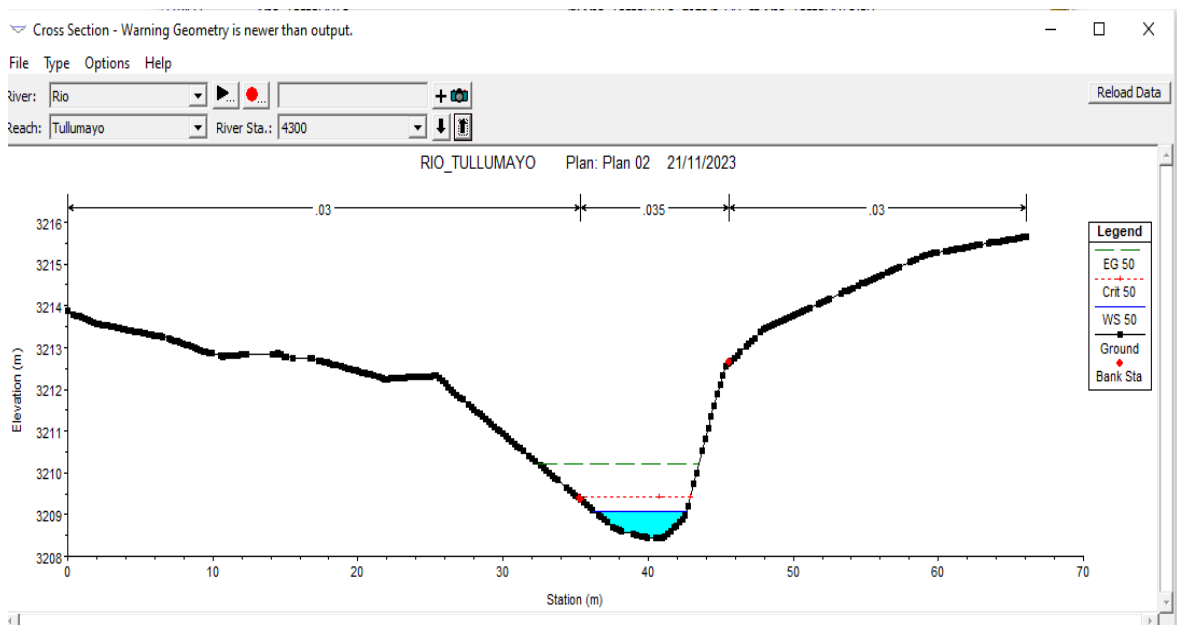
Secciones transversales progresiva 4+980



Fuente: Los autores (2023)

Figura 108.

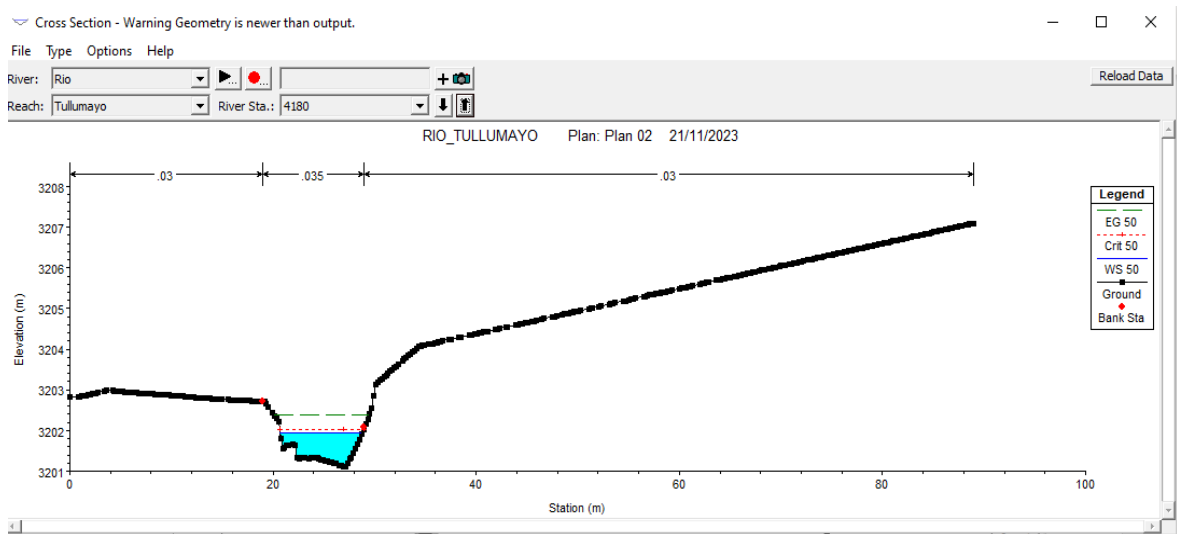
Secciones transversales progresiva 4+300



Fuente: Los autores (2023)

Figura 109.

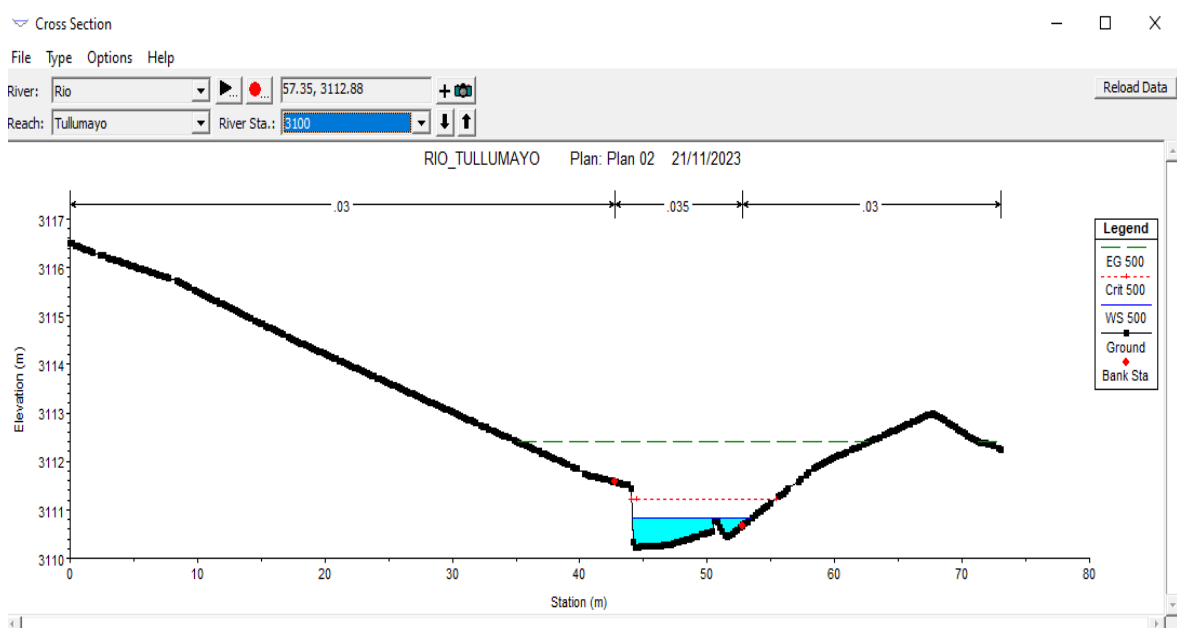
Secciones transversales progresiva 4+180



Fuente: Los autores (2023)

Figura 110.

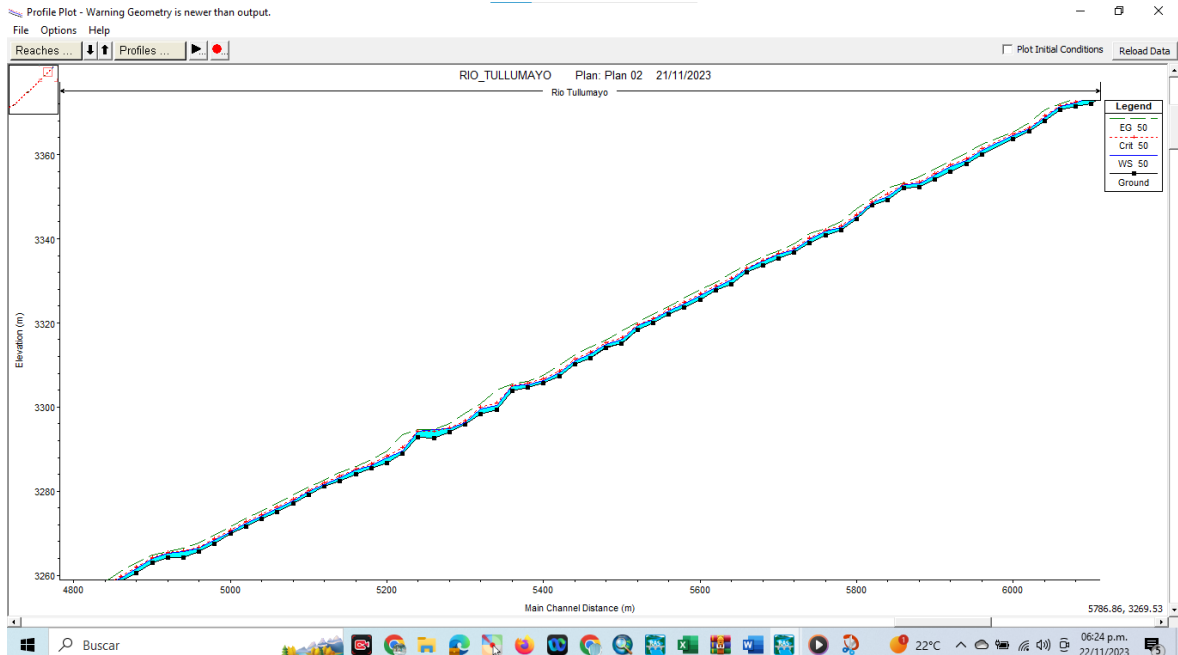
Secciones transversales progresiva 3+100



Fuente: Los autores (2023)

Figura 111.

Perfil longitudinal del tramo de estudio



Fuente: Los autores (2023)

Figura 112.

Propiedades hidráulicas de las secciones

Profile Output Table - TABLA

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Rio Reach: Tullumayo

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Max Chl Dpth (m)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Tullumayo	6140	25	11.80	1.06	3374.80	3375.86	3376.15	3376.77	0.068168	4.22	2.79	5.80	1.94
Tullumayo	6140	50	13.30	1.10	3374.80	3375.90	3376.22	3376.87	0.068175	4.36	3.05	6.09	1.96
Tullumayo	6140	100	15.10	1.15	3374.80	3375.95	3376.28	3376.98	0.068135	4.50	3.36	6.46	1.97
Tullumayo	6140	140	16.00	1.17	3374.80	3375.97	3376.31	3377.04	0.068145	4.57	3.51	6.63	1.97
Tullumayo	6140	500	20.30	1.27	3374.80	3376.07	3376.44	3377.27	0.068075	4.86	4.20	7.35	2.00
Tullumayo	6120	25	11.80	1.58	3372.10	3373.68	3374.17	3375.18	0.087022	5.41	2.18	2.76	1.95
Tullumayo	6120	50	13.30	1.67	3372.10	3373.77	3374.26	3375.30	0.084429	5.49	2.42	2.97	1.94
Tullumayo	6120	100	15.10	1.76	3372.10	3373.86	3374.37	3375.44	0.081641	5.57	2.71	3.20	1.93
Tullumayo	6120	140	16.00	1.80	3372.10	3373.90	3374.42	3375.51	0.080502	5.61	2.85	3.31	1.93
Tullumayo	6120	500	20.30	1.99	3372.10	3374.09	3374.65	3375.79	0.075789	5.78	3.51	3.78	1.91
Tullumayo	6100	25	11.80	0.65	3371.52	3372.17	3372.46	3373.19	0.097978	4.47	2.64	7.28	2.37
Tullumayo	6100	50	13.30	0.68	3371.52	3372.20	3372.51	3373.33	0.101988	4.72	2.82	7.37	2.43
Tullumayo	6100	100	15.10	0.70	3371.52	3372.22	3372.57	3373.49	0.106010	4.99	3.03	7.49	2.50
Tullumayo	6100	140	16.00	0.72	3371.52	3372.24	3372.60	3373.57	0.107859	5.11	3.13	7.54	2.53
Tullumayo	6100	500	20.30	0.78	3371.52	3372.30	3372.73	3373.92	0.114584	5.65	3.59	7.79	2.65
Tullumayo	6080	25	11.80	0.83	3370.52	3371.35	3371.53	3371.91	0.036671	3.44	3.83	12.37	1.49
Tullumayo	6080	50	13.30	0.86	3370.52	3371.38	3371.58	3371.98	0.038025	3.59	4.21	13.59	1.53
Tullumayo	6080	100	15.10	0.88	3370.52	3371.41	3371.61	3372.06	0.039936	3.78	4.60	14.22	1.57
Tullumayo	6080	140	16.00	0.90	3370.52	3371.42	3371.63	3372.10	0.040836	3.86	4.79	14.48	1.59
Tullumayo	6080	500	20.30	0.95	3370.52	3371.47	3371.74	3372.27	0.045552	4.25	5.59	15.67	1.70
Tullumayo	6060	25	11.80	0.85	3367.92	3368.77	3369.19	3370.51	0.143808	5.83	2.02	4.53	2.79
Tullumayo	6060	50	13.30	0.90	3367.92	3368.83	3369.23	3370.58	0.135173	5.86	2.27	4.80	2.72
Tullumayo	6060	100	15.10	0.96	3367.92	3368.88	3369.28	3370.65	0.126396	5.89	2.58	6.25	2.66
Tullumayo	6060	140	16.00	0.99	3367.92	3368.91	3369.30	3370.68	0.123462	5.91	2.76	7.28	2.64
Tullumayo	6060	500	20.30	1.08	3367.92	3369.01	3369.40	3370.81	0.115924	6.06	3.57	9.82	2.59

Total flow in cross section.

Fuente: Los autores (2023)

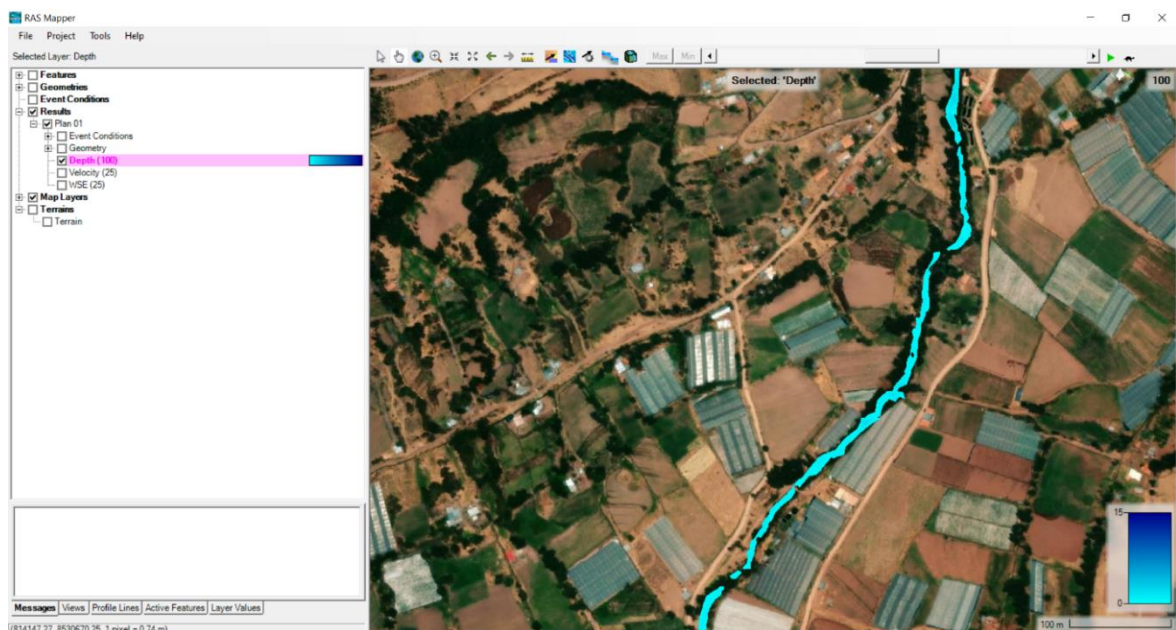
4.4.3 Resultados

Se determinaron las zonas posibles a inundaciones especialmente en las márgenes derecha e izquierda, representando una amenaza para viviendas, estructuras y zonas agrícolas. En el primer tramo sector de centro de San Isidro Chicón y el segundo tramo en la curva, altura salón comunal de la comunidad de Yanacona. Esto podría tener un impacto significativo en la seguridad alimentaria y económica de la comunidad. Se destaca la urgencia de abordar estas problemáticas de inundaciones, proponiendo un análisis detallado de la vulnerabilidad y la implementación de estrategias de mitigación, como infraestructuras de medidas de contención, reforestación y educación comunitaria sobre de preparación y respuesta.

Resultado zonas críticas afectados por inundaciones

Figura 113.

Tramo crítico del río Tullumayo



Fuente: Los autores (2023)

Figura 114.

Ubicación de área inundable tramo I



Fuente: Los autores (2023)

Figura 115.

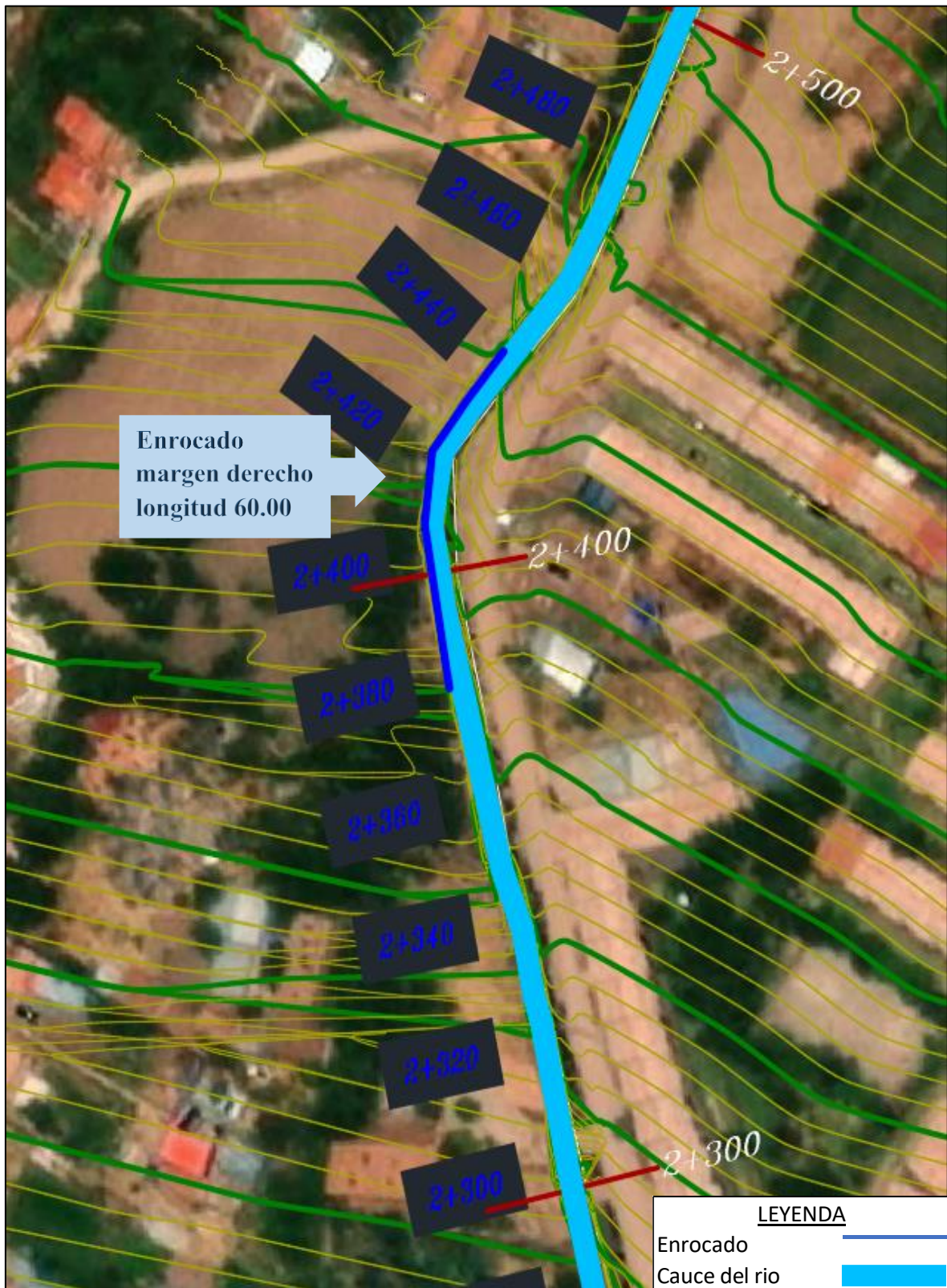
Ubicación de área inundable tramo II



Fuente: Los autores (2023)

Figura 116.

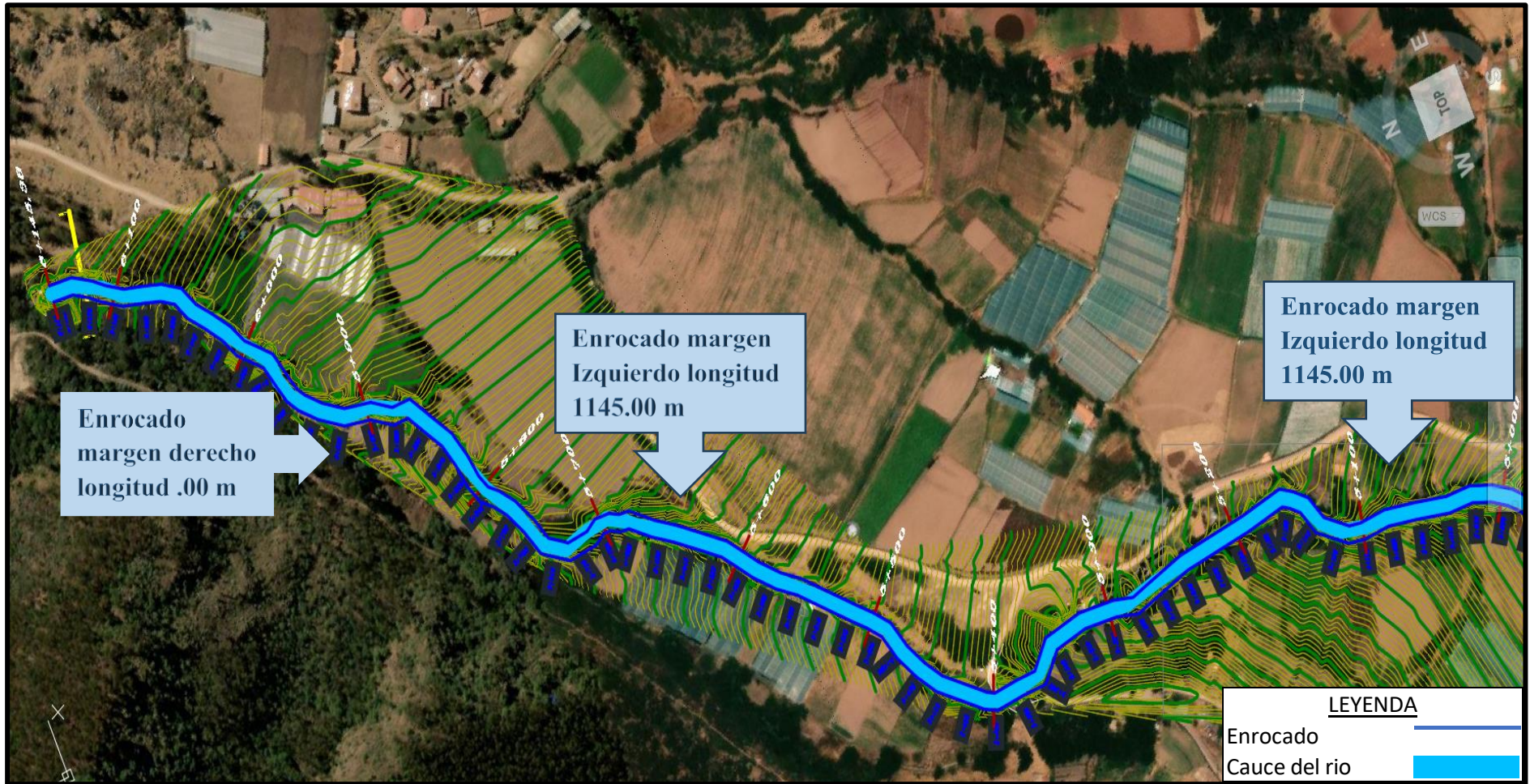
Ubicación del muro enrocado de tramo I 2+380 Km al 2+440 Km



Fuente: Los autores (2023)

Figura 117.

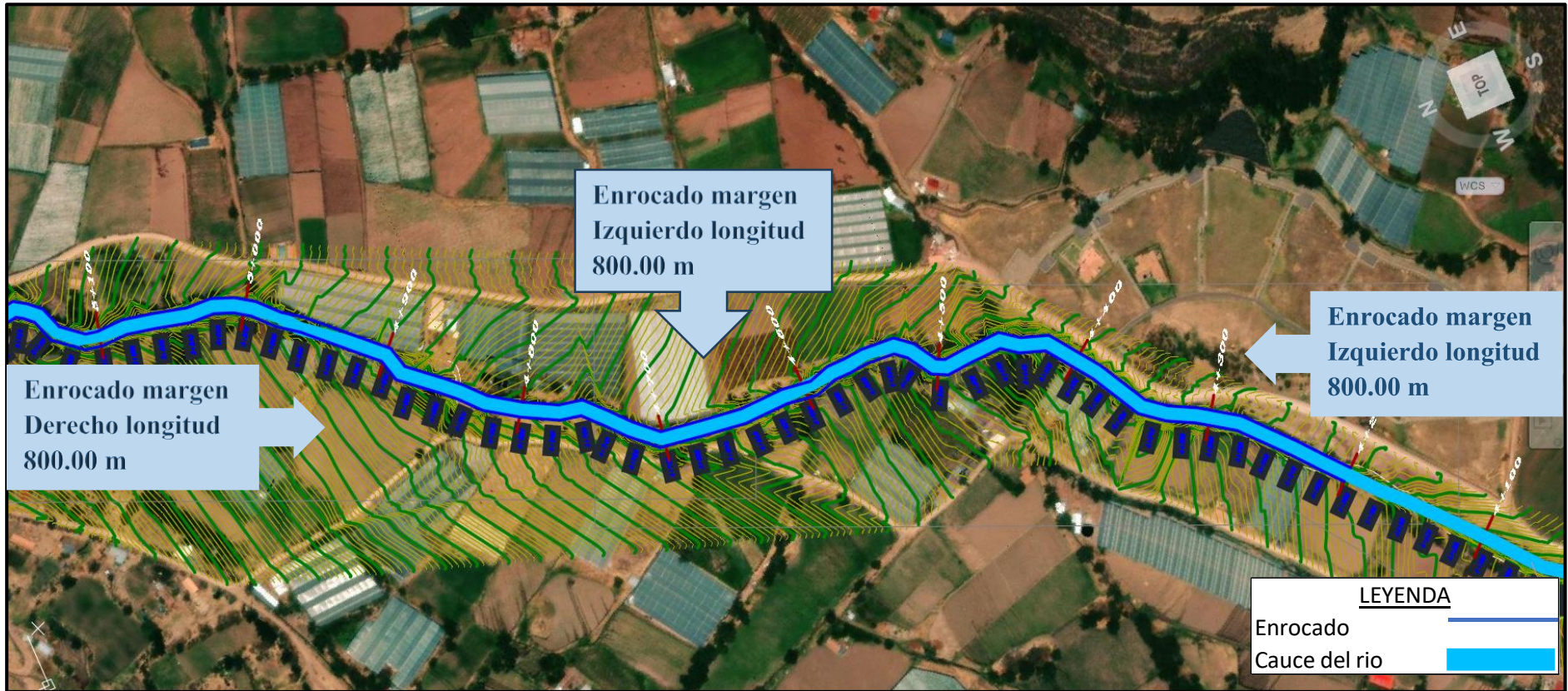
Ubicación del muro enrocado de tramo II 5+000 km AL 6+145 km



Fuente: Los autores (2023)

Figura 118.

Ubicación del muro enrocado de tramo II 4+200 km AL 5+000 km



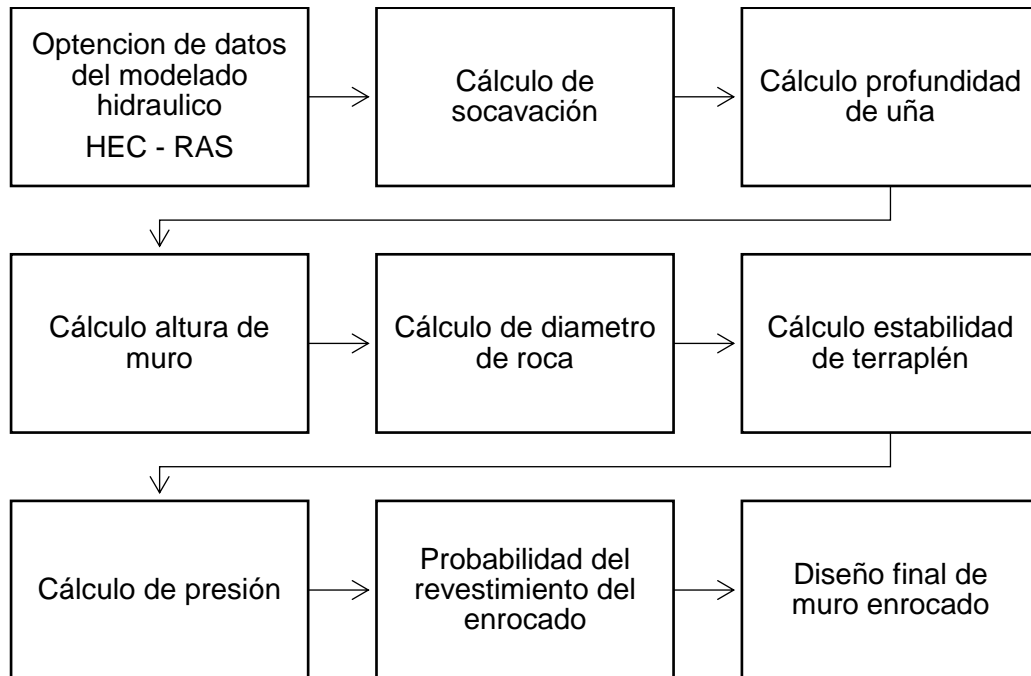
Fuente: Los autores (2023)

4.5 Pre dimensionamiento de muro enrocado

4.5.1 Mapa de proceso

Figura 119.

Mapa de proceso



Fuente: Los autores (2023)

4.5.2 Desarrollo

Se pre dimensiona el sistema de muro enrocado en el tramo I está ubicado en la comunidad de Yanacona que inicia en la progresiva de 2+380 km hasta progresiva 2+440 km para proteger las márgenes izquierdas con el sentido del flujo y el tramo II ubicado en la comunidad de San Isidro Chicón que inicia con la progresiva 4+200 km hasta progresiva 6+145 km para proteger las márgenes izquierda y derecha con el sentido del flujo. Se usa el para el pre dimensionamiento del muro se utiliza como caudal de diseño de 15 m³/s en el periodo de retorno de 100 años y para el cálculo de la socavación se utiliza el caudal de 20.30 m³/s correspondiente para el periodo de retorno de 500 años tal como especifica en el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

4.5.3 Resultados

Pre dimensionamiento del muro enrocado

Los datos que se emplearán son valores que se obtuvieron del modelamiento hidráulico de los tramos críticos que se identificaron para obtener la velocidad y la tirante se calculó el promedio de las secciones de los tramos críticos identificados. Se adjunta la tabla de propiedades hidráulicos en anexos.

Cálculo de socavación

Se emplea para el cálculo de socavación general el método de Lischtván y Lebediev. Para ello usaremos un caudal de diseño del periodo de retorno de 500 años, tal como nos recomienda el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. (MTC,2012)

Formula de Lischtván y Lebediev para suelos no cohesivos

$$t_s = \left(\frac{\alpha * t^{\frac{5}{3}}}{0.68 * D_m^{0.28} * B} \right)^{\frac{1}{1+x}}$$

Donde:

- t_s = Tirante después de producirse la socavación
- t = Tirante sin socavación
- D_m = diámetro medio de las partículas
- B = Coeficiente que depende de la frecuencia con que se repite la avenida

Datos:

- Tirante medio (y) = 1.00 m
- Velocidad media (v) = 5.44 m/s
- Caudal (Q) = 20.30 m³/s

Teniendo en cuenta

$$\alpha = \frac{Qd}{t^{\frac{5}{3}} * b}$$
$$\alpha = \frac{20.30}{(1.00^{\frac{5}{3}} * 7.40)}$$
$$\alpha = 2.74$$

Tabla 31.

Valores de factor de frecuencia

Probabilidad de excedencia (%)	Periodo de retorno (años)	Coefficiente B
0.1	1000	1.07
0.2	500	1.05
0.3	333.33	1.03
1	100	1
2	50	0.97
5	20	0.94
10	10	0.9
20	5	0.86
50	2	0.82

Fuente: (Rodriguez,2013) Hidráulica fluvial fundamentos y aplicación de socavación

Tabla 32.

Valores de X y 1/(x+1)

SUELOS COHESIVOS			SUELOS NO COHESIVOS		
PESO ESPECIFICO (T/m3)	X	1/(X+1)	D	X	1/(X+1)
			(mm)		
0.8	0.52	0.66	0.05	0.43	0.7
0.83	0.51	0.66	0.15	0.42	0.7
0.86	0.5	0.67	0.5	0.41	0.71
0.88	0.49	0.67	1	0.4	0.71
0.9	0.48	0.67	1.5	0.39	0.72
0.93	0.47	0.68	2.5	0.38	0.72
0.96	0.46	0.68	4	0.37	0.73
0.98	0.45	0.69	6	0.36	0.74
1	0.44	0.69	8	0.35	0.74
1.04	0.43	0.7	10	0.34	0.75
1.08	0.42	0.7	15	0.33	0.75
1.12	0.41	0.71	20	0.32	0.76
1.16	0.4	0.71	25	0.31	0.76
1.2	0.39	0.72	40	0.3	0.77
1.24	0.38	0.72	60	0.29	0.78
1.28	0.37	0.73	90	0.28	0.78
1.34	0.36	0.74	140	0.27	0.79
1.4	0.35	0.74	190	0.26	0.79
1.46	0.34	0.75	250	0.25	0.8
1.52	0.33	0.75	310	0.24	0.81

SUELOS COHESIVOS			SUELOS NO COHESIVOS		
PESO ESPECIFICO (T/m ³)	X	1/(X+1)	D (mm)	X	1/(X+1)
1.58	0.32	0.76	370	0.23	0.81
1.64	0.31	0.76	450	0.22	0.83
1.71	0.3	0.77	570	0.21	0.83
1.8	0.29	0.78	750	0.2	0.83
1.89	0.28	0.78	1000	0.19	0.84
2	0.27	0.79			

Fuente: (Terán,1998). Diseño y construcción de defensas ribereñas

$$t_s = \left(\frac{\alpha * t^{\frac{5}{3}}}{0.68 * Dm^{0.28} * B} \right)^{\frac{1}{1+x}}$$

$$t_s = \left(\frac{2.74 * 1^{\frac{5}{3}}}{0.68 * 8.19^{0.28} * 1.05} \right)^{0.74}$$

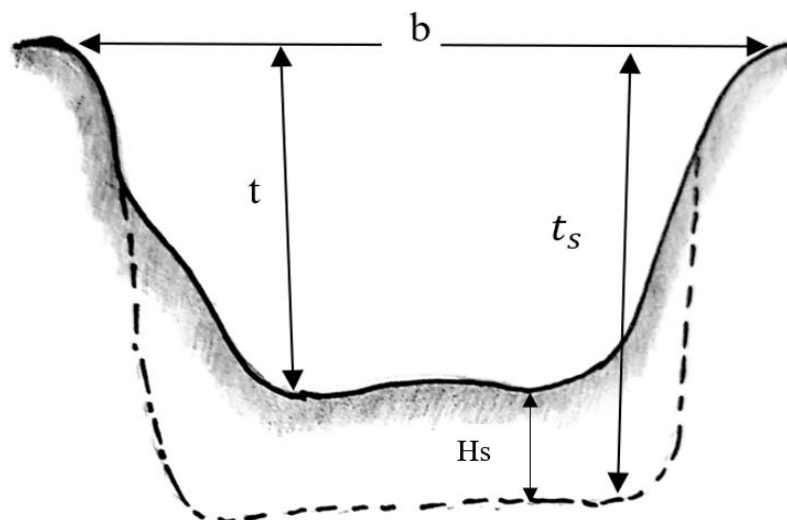
$$t_s = 1.75$$

La profundidad de socavación será:

$$H_s = t_s - t$$

$$H_s = 1.75 - 1.00$$

$$H_s = 0.75 \text{ m}$$



Fuente: Los autores (2023)

Ahora debemos hallar la profundidad de uña

$$\text{Auña} = 1.50 * H_s$$

$$\text{Auña} = 1.50 * 0.70$$

$$\text{Auña} = 1.125 \text{ m}$$

Se asume 1.15 m

Para los siguientes cálculos se emplearán el caudal de 15.10 m³/s correspondiente al periodo de retorno de 100 años y se usa los valores obtenidos del modelamiento hidráulico.

Datos

- Tirante medio (y) = 0.90 m
- Velocidad medio (v) = 5.03 m/s
- Caudal (Q) = 15.10 m³/s
- Pendiente promedio = 0.09

Realizamos el cálculo de ancho estable

Método de Altunin - Manning

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

Tabla 33.

Coeficiente K según tipo de material

Coeficiente material de cauce	k
Cauce con orillas muy fácilmente erosionables	16 - 20
Cauce formado en material aluvial	8 - 12
ríos con orillas muy difícilmente erosionables	3 - 5

Fuente: Adaptado. Maza & García (2018). Estabilidad de cauce. Manual de Ingeniería de Ríos

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

$$B = 8.46 \text{ m}$$

Donde:

B= Ancho estable

K= Coeficiente de material del cauce

m= Coeficiente de tipo de río

Valor promedio de ancho de cauce obtenido del modelado hidráulico

$$B = 7.40 \text{ m}$$

El ancho de cauce que se opta es del modelamiento hidráulico de HEC RAS cuyo ancho promedio de cauce de las zonas críticas es 7.40 m es la que se asemeja al ancho real del cauce in situ. Los valores de la tabla de propiedades hidráulicas se encuentran en anexos.

Realizamos el cálculo de borde libre

Tenemos la ecuación de la energía

$$e = \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

- V = es la velocidad media
- g = gravedad específica

Reemplazando en la fórmula:

$$e = \frac{5.03^2}{2 * 9.81}$$

$$e = 1.29$$

Multiplicamos la energía por un coeficiente \emptyset que para nuestros cálculos es 1.10

$$Hbl = e * \emptyset$$

$$Hbl = 1.42 \text{ m}$$

Una vez hallado el borde libre podemos calcular la altura del dique aplicando la siguiente expresión.

$$Hm = t + Hbl$$

$$Hm = 2.32 \text{ m}$$

Donde:

- Hm = altura de dique
- t = gravedad específica
- Hbl = borde libre

Para procesos constructivos se asume 2.50 m altura de dique.

Dimensión mínima de roca

Se hace uso de las fórmulas siguientes para poder hallar el espesor de roca mínimo la cual preservará la cara del que tiene contacto con el agua del dique.

Fórmula de Isbash

$$D_{50} = 0.58823 \frac{v^2}{W * g}$$

$$D_{50} = 0.58823 \frac{5.03^2}{2 * 9.81}$$

$$D_{50} = 0.76 \text{ m}$$

Método por factor de talud

$$D_{50} = \left(\frac{B}{\Delta}\right) \left(\frac{V^2}{2 * g}\right) \left(\frac{1}{f}\right)$$

Donde:

- D50= Tamaño de la roca
- Δ = Densidad relativa
- B= Para condiciones de mucha turbulencia, piedras redondas y sin que se permita movimiento de piedras

$$f = \sqrt{1 - \frac{\text{Sen}^2(\alpha)}{\text{Sen}^2(\phi)}}$$

Donde:

- α = ángulo de talud
- ϕ = ángulo de fricción interna de material

$$f = \sqrt{1 - \frac{\text{Sen}^2(45^\circ)}{\text{Sen}^2(25^\circ 37'')}}}$$

$$f = 0.70$$

Hallamos la densidad relativa

$$\Delta = \frac{\gamma_s * \gamma_w}{\gamma_w}$$

Donde:

- D50= Tamaño de la roca
- b=1.40 para condiciones de mucha turbulencia, piedras redondas sin que permita movimiento de piedras
- γ_s = Densidad de roca 2400kg/m³
- γ_w = Densidad agua 1000 kg/m³
- Δ = densidad relativa

Reemplazando en la formula

$$\Delta = \frac{2400 - 1000}{1000}$$

$$\Delta = 1.40$$

Ahora para hallar el d50 debemos reemplazar en la siguiente formula

$$D_{50} = \frac{b * V^2 * 1}{\Delta * 2 * 9.81 * f}$$

Reemplazando

$$D_{50} = \frac{1.40 * 5.03^2 * 1}{1.40 * 2 * 9.81 * f}$$

$$D_{50} = 1.84m$$

Donde la dimensión mínima de la roca es 0.76 m, la dimensión máxima es 1.84 m y el promedio de la dimensión de la roca es 1.30 m.

Cálculo de estabilidad de terraplén

- Cálculo de fuerza resistente(R)

$$R = w * tg(\phi)$$

Donde:

R= Fuerza resistente (kg/m²)

W= Peso del terraplén

Ø= Ángulo de fricción interna

$$w = v * \gamma_w = \left(\frac{3.00 + 8}{2} \right) * 2.50 * 1390 = 19,112.5 \text{ kg/m}$$

Reemplazamos en R

$$R = 19,112.50 * \text{tg}(25^\circ 37'')$$

$$R = 9,164.01 \text{ kg/m}^2$$

Cálculo de presión (P)

$$p = \frac{\gamma_w \times t^2}{2}$$

$$p = \frac{1000 \times 0.90^2}{2}$$

$$p = 405.00 \text{ kg/m}^2$$

R>P se demuestra que el dique es estable a la presión que ejerce el agua

Probabilidad del revestimiento del enrocado

$$ta' = \gamma_a * t * S$$

$$ta' = 1000 * 0.90 * 0.09$$

$$ta' = 81.00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Esfuerzo cortante crítico

$$tc' = C * (\gamma_s * \gamma_a) * D_{50} * k$$

$$tc' = 0.40 * (2400 - 1000) * 1.30 * 0.70$$

$$tc' = 509.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Por lo tanto, como $tc' > ta'$ se demuestra la estabilidad del enrocado

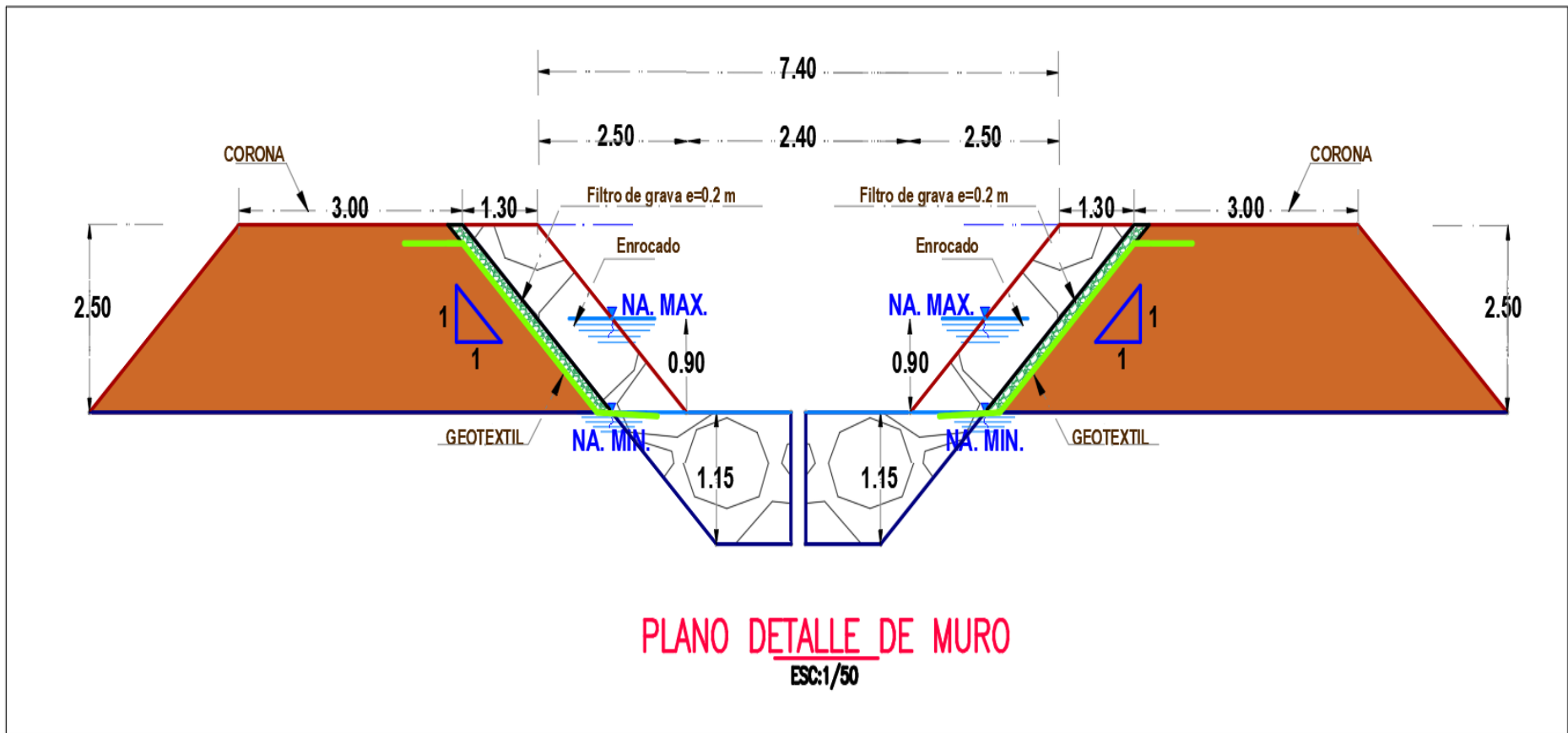
El propósito principal del revestimiento es contrarrestar de manera directa los posibles efectos de supresión que podrían surgir si el revestimiento fuera impermeable. Para garantizar tanto la permeabilidad como la estabilidad, se ha incluido en el diseño del revestimiento del enrocado la instalación de un manto geotextil no tejido 400 g/m².

Este manto actuará como un filtro para prevenir la fuga de finos, que podría ocurrir como consecuencia de las líneas de corriente generadas.

Finalmente incluir relleno con material granular filtrante como grava o gravilla con tamaño máximo de partícula de 3", comprobándose los criterios de filtro respecto al suelo base.

Figura 120.

Diseño del muro enrocado



Fuente: Los autores (2023)

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Contrastación de hipótesis

Se corroboran las hipótesis que se propusieron, en este trabajo de investigación los resultados muestran que efectivamente las hipótesis son válidas para este trabajo se detallara los resultados que se obtuvo a continuación.

5.1.1 Hipótesis general HG: Diseño de defensa ribereña

HG: El diseño de defensas ribereñas con el sistema de muro enrocado reduce el peligro de inundaciones en el río Tullumayo Urubamba -Cusco.

La hipótesis general es verdadera, dado que la protección contra inundaciones provocada por la crecida de ríos previene las pérdidas de viviendas, tierras de cultivo, caminos vecinales por lo que, la construcción de muros enrocados se ha comprobado que reduce considerablemente este peligro de inundaciones en los tramos críticos identificados del río Tullumayo lo cual es eficaz.

Tabla 34.

Contrastación de Hipótesis General

Hipótesis planteada	Métodos aplicados	Resultados obtenidos	Observaciones
HG: El diseño de defensas ribereñas con el sistema de muro enrocado reduce el peligro de inundaciones en el río Tullumayo Urubamba -Cusco.	Estudios y análisis de ingeniería en campo y gabinete.	La construcción de muros enrocados se ha comprobado que reduce considerablemente el peligro de inundaciones en los tramos críticos identificados.	La hipótesis propuesta es verdadera.

Fuente: Los autores, (2023)

5.1.2 Hipótesis Especifico HE 1: Levantamiento topográfico

H1: El levantamiento topográfico contribuye con información para el modelamiento y pre dimensionamiento del sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo Urubamba- Cusco.

La hipótesis específica HE 1 es verdadera, dado que la topografía desempeña un papel crucial en la planificación y el diseño de muros enrocados, así como en la modelación hidráulica. Su consideración fue esencial para garantizar la eficacia y sostenibilidad de las estrategias de reducción de riesgos de inundación. Pasar por alto la importancia de la topografía en estos procesos podría dar lugar a soluciones costosas e ineficientes que ponen en peligro la seguridad de las comunidades afectadas.

Tabla 35.

Contrastación de Hipótesis Específica 1

Hipótesis planteada	Métodos aplicados	Resultados obtenidos	Observaciones
HE1: El levantamiento topográfico contribuye con información para el modelamiento y pre dimensionamiento del sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo Urubamba- Cusco.	Estudios y análisis de ingeniería en campo y gabinete.	La topografía desempeña un papel crucial en la planificación y el diseño de muros enrocados, así como en la modelación hidráulica.	La hipótesis propuesta es verdadera ya que el análisis topográfico es primordial para el modelamiento hidráulico y pre dimensionamiento del muro enrocado.

Fuente: Los autores, (2023)

5.1.3 Hipótesis Específico HE2: Estudio de hidrológico

H2: El estudio hidrológico determina el caudal de diseño equivalente a 16.30 m³/s para Tr =100 años para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo, Urubamba – Cusco.

La hipótesis específica HE2 es verdadero, dado que a través del estudio hidrológico con ayuda del software ArcGIS y HEC-HMS se pudo determinar los parámetros geomorfológicos de la microcuenca de Chicón del río Tullumayo para luego determinar el caudal de diseño igual a 15.10 m³/s para Tr =100 años, este resultado difiere en 1.2 m³/s al caudal supuesto de 16.30 m³/s para un Tr=100 años.

Tabla 36.

Contrastación de Hipótesis Específica 2

Hipótesis planteada	Métodos aplicados	Resultados obtenidos	Observaciones
HE2: El estudio hidrológico determina el caudal de diseño equivalente a 16.30 m ³ /s para Tr =100 años para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo, Urubamba – Cusco.	Estudios y análisis de ingeniería en campo y gabinete.	Se determinó el caudal de diseño igual a 15.10 m ³ /s para Tr =100 años, este resultado difiere en 1.2 m ³ /s al caudal supuesto de 16.30 m ³ /s para un Tr=100 años para el diseño del muro enrocado.	La hipótesis propuesta es verdadera.

Fuente: Los autores, (2023)

5.1.4 Hipótesis Especifico HE3: Estudio de suelo

H3: El estudio del suelo determina el tipo de cimentación para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo, Urubamba- Cusco.

La hipótesis específica HE3 es verdadera, dado que el estudio de suelos permite determinar los parámetros físico-mecánicos del suelo para el tipo de cimentación para el diseño del muro enrocado se tiene como resultado suelo tipo grava arcillosa según Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS y valor de carga admisible promedio 1.27 kg/cm².de las 6 calicatas.

Tabla 37.

Contrastación de Hipótesis Específica 3

Hipótesis planteada	Métodos aplicados	Resultados obtenidos	Observaciones
HE3: El estudio del suelo determina el tipo de cimentación para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo, Urubamba- Cusco.	Laboratorio de mecánica de suelos - Norma NTP - Normas ASTM y AASHTO	El estudio de suelos permitió determinar el suelo tipo GC grava arcillosa según Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS y valor de carga admisible de 1.27 kg/cm ² de las 6 calicatas.	La hipótesis propuesta es verdadera.

Fuente: Los autores, (2023)

5.1.5 Hipótesis Especifico HE4: Modelamiento hidráulico

H4: El modelamiento hidráulico determina las zonas críticas en la cuenca para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el Tullumayo, Urubamba- Cusco

La hipótesis específica HE4 es verdadera, el modelamiento hidráulico permitió determinar las zonas inundables del río Tullumayo corresponde a los tramos críticos del río Tullumayo que tiene una longitud de 2.005 km, el primer tramo inicia en la progresiva de 2+380 km hasta progresiva 2+440 km ubicado en el altura reservorio de Chichubamba y el segundo tramo inicia con la progresiva 4+200 km hasta progresiva 6+145 km ubicado en el Centro poblado San Isidro Chicón en la microcuenca de Chicón del río Tullumayo, distrito de Urubamba, provincia de Urubamba, región Cusco.

Tabla 38.

Contrastación de Hipótesis Específica 4

Hipótesis planteada	Métodos aplicados	Resultados obtenidos	Observaciones
HE4: El modelamiento hidráulico determina las zonas críticas en la microcuenca para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el Tullumayo, Urubamba- Cusco.	Estudios y análisis de ingeniería en campo y gabinete.	El modelamiento hidráulico se determinó las zonas inundables del río Tullumayo corresponde a los Tramos críticos del río Tullumayo que tiene una longitud de 2.005 km, inicia el tramo I en la progresiva de 2+380 km hasta progresiva 2+440 km y el tramo II inicia con la progresiva que inicia 4+200 km hasta progresiva 6+145 km.	La hipótesis propuesta es verdadera.

Fuente: Los autores, (2023)

5.1.6 Hipótesis Especifico HE 5: Pre dimensionamiento

HE5: El pre dimensionamiento contribuye con el diseño del sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones del río Tullumayo, Urubamba – Cusco

La hipótesis específica H5 es verdadera, dado que se realizó el pre dimensionamiento para conocer las dimensiones geométricas del muro enrocado dando como resultado una altura de muro enrocado 2.50m, con una inclinación de talud 1 H ,1 V, corona de dique 3.00 m, espesor de roca 1.30 m, profundidad de uña 1.15 m.

Tabla 39.

Contrastación de Hipótesis Específica 5

Hipótesis planteada	Métodos aplicados	Resultados obtenidos	Observaciones
HE5: El pre dimensionamiento contribuye con el diseño del sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones del río Tullumayo, Urubamba – Cusco.	Estudios y análisis de ingeniería en campo y gabinete.	Las dimensiones geométricas del muro enrocado se tienen como resultado altura de muro enrocado 2.50m, con una inclinación de talud 1 H ,1 V, corona de dique 3.00 m, espesor de roca 1.30 m, profundidad de uña 1.15 m.	La hipótesis propuesta es verdadera.

Fuente: Los autores, (2023)

5.2 Contrastación de antecedentes

5.2.1 Antecedentes internacionales

Según **Friend (2022)**, en su investigación titulada “Reparación de enrocado de protección contra el oleaje y erosión litoral, en el predio de la casa de prácticos APG. Propone la restauración para el enrocado utilizado en la defensa costera con el fin de salvaguardar las áreas cercanas a la Casa de Prácticos de la APG contra la embestida de las olas, así como de los efectos erosivos en la costa, asegurando así la solidez de la estructura. Es por ello propone realizar un nuevo enrocado con las siguientes dimensiones de muro altura de muro 4.00 m con talud 1.5 H ,1 V, ancho de corona 5.00 m, profundidad de uña 1.35 m, ancho de uña 2.50, diámetro mínimo de roca 0.52 m, diámetro máximo de roca 1.67.

Se concluye que el diseño de muro enrocado es una estructura eficaz que se puede emplear dentro y fuera de nuestro país para proteger de inundaciones ocasionados por oleajes y lluvias intensas. Es por ello se determinó que la

construcción del muro enrocado es la mejor opción para la construcción de defensa ribereñas del río Tullumayo ya que en zona se encuentra gran cantidad de rocas. El diseño de muro enrocado tiene dimensiones ancho de corona 3.00, altura de muro 2.50 m, con una inclinación de talud 1 H ,1 V, espesor de roca 1.30 m y profundidad de uña 1.15 m para mitigar las inundaciones causadas por el río Tullumayo.

Tabla 40.

Contrastación de Antecedente Internacional

Antecedente Internacional	Método aplicativo	Conclusiones	Observaciones
<p>Friend (2022), Propone la restauración para el enrocado utilizado en la defensa costera con las siguientes dimensiones muro de 4.00 m de altura con talud 1.5 H ,1 V, ancho de corona 5.00 m, profundidad de uña 1.35 m, ancho de uña 2.50 m, diámetro mínimo de roca 0.52 m, diámetro máximo de roca 1.67m.</p>	<p>Estudios y análisis de ingeniería en campo y gabinete.</p>	<p>El diseño de muro enrocado es la mejor elección para mitigar las inundaciones causadas por el río Tullumayo la cual tiene dimensiones ancho de corona 3.00 m, altura de muro 2.50 m, con una inclinación de talud 1 H ,1 V, espesor de roca 1.30 m y profundidad de uña 1.15m.</p>	<p>Los resultados coinciden con planteado en la investigación.</p>

Fuente: Los autores, (2023)

5.2.2 Antecedentes nacionales

Echegaray & Quiroz (2022), en su investigación consiguieron el diseño estructural de defensa ribereña de diques formados de materiales del lecho fluvial ancho de corona 4.00m, profundidad de uña 2.20m, con una inclinación de 1V, 2.50H, y altura de muro 4.45m en el borde izquierdo y 5.15m en derecho, estos están resguardados con un filtro, recubiertos con enrocado y complementados con tres estructuras espigón en la curva más marcada.

Se concluye la defensa ribereña con muro enrocado se puede emplear en cualquier río, las dimensiones de su diseño variaran de acuerdo con sus

características que presentan cada río como los parámetros geomorfológicos, topográficos y geológicos.

Tabla 41.

Contrastación de Antecedente Nacional

Antecedente nacional	Método aplicativo	Conclusiones	Observaciones
<p>Echegaray & Quiroz (2022) Proponen enrocado con ancho de corona 4.00m, profundidad de uña 2.20m, con una inclinación de 1V, 2.50H, y altura de muro 4.45m en el borde izquierdo y 5.15m en derecho.</p>	<p>Estudios y análisis de ingeniería en campo y gabinete.</p>	<p>Se concluye la defensa ribereña con muro enrocado se puede emplear en cualquier río, las dimensiones de su diseño variaran de acuerdo con sus características que presentan cada río como los parámetros geomorfológicos, topográficos y geológicos.</p>	<p>Los resultados coinciden con planteado en la investigación.</p>

Fuente: Los autores, (2023)

CONCLUSIONES

1. En relación al objetivo general, se realizó el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado, el cual tiene influencia para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo. El modelamiento hidráulico determinó las zonas críticas de tramo I y tramo II de los cuales requieren la protección de estructura de defensa ribereña.
2. Se realizó el levantamiento topográfico el cual fue muy importante para el modelamiento hidráulico, además reflejó los siguientes parámetros: longitud de cauce de 6,145 metros, pendiente de 9.00%, altitud variable de 2.900 m.s.n.m. al 3385 m.s.n.m. y un ancho de cause promedio de 7.40 metros.
3. Se desarrolló el estudio hidrológico de la microcuenca Chicón del río Tullumayo el cual permitió determinar los siguientes parámetros geomorfológicos: área de cuenca 39.06 km², perímetro 31.87 km, longitud de río principal 13.63 km y los caudales máximos para $Tr=25$, $Tr=50$, $Tr=100$, $Tr=140$ y $Tr=500$ años.
4. Se elaboró el estudio de suelo el cual fue determinante para conocer las características físicas mecánicas tales como la capacidad admisible promedio del suelo igual a 1.15 kg/cm², tipo de suelo grava arcillosa contenido de humedad 11.65 % y con un ángulo de fricción interna de 27.7°.
5. Se desarrolló el modelamiento hidráulico el cual fue fundamental para identificar las zonas inundables sobre el margen del río y para su posterior protección con muro enrocado.
6. Se realizó el pre dimensionamiento para el tramo I que inicia en la progresiva 2+380 al 2+440 km y para el tramo II que inicia 4+200 al 6+145 km, se desarrolló en base al estudio levantamiento topográfico, estudio hidrológico, estudio de suelo y modelamiento hidráulico, teniendo como resultado las siguientes dimensiones: altura de muro 2.50, con una inclinación de talud 1 H ,1 V, ancho de corona 3.00 m, profundidad de socavación 0.75 m y profundidad de uña 1.15m.

RECOMENDACIONES

1. Realizar la descolmatación total del cauce periódicamente para evitar inundaciones y así conseguir el correcto flujo del agua a lo largo del río Tullumayo.
2. Realizar el levantamiento topográfico con Drone y GPS diferencial para obtener las curvas de nivel más exactas por la presencia de mucha vegetación en la zona de estudio lo cual dificulta realizar el levantamiento topográfico.
3. Coordinar con el gobierno local y Regional para realizar los muros enrocado en los tramos I y II con el fin de mitigar los daños que podría causar la cercanía de fenómeno el niño.
4. Concientizar y educar a la población en respetar las fajas marginales y los peligros de construir viviendas en la ribera del rio Tullumayo lo cual traería destrucción a su paso ante cambios climáticos sobre todo los causados por el Fenómeno el Niño que pueda ocurrir.
5. Aplicar el tratamiento de modelo digital mediante ArcGIS ya que facilita recopilar, organizar y analizar la información consistente.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Acuña, J. (2020). *Diseño de enrocado y defensa ribereña del sector Baños de Fierro tramo Km 102+080 a 202 +435, Distrito de Andajes -Oyon Lima*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Jose Faustino Carrión]. Repositorio institucional de la UNJFSC. <https://bit.ly/47dxlll>
- Aguirre, E., & De la Torre, C. (2019). *Metodología de la investigación*. Moshera.
- Arraque, M., Vásconez, M., Mancheno, A., Álvarez, C., Prehn, C., Cevallos, C., & Ortiz, L. (2019). *Cuencas Hidrográficas*. Universidad Politécnica Salesiana. <https://bit.ly/40Xu4Rb8>
- Autoridad Nacional del Agua. (2019). *Consejo de Recursos Hídricos de la Cuenca Pampas*. <https://bit.ly/3sLUhoR>
- Autoridad Nacional del Agua. (octubre de 2010). Plan de prevención ante la presencia de fenómenos naturales por inundaciones, deslizamientos, huaycos y sequías. Dirección del Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos. <https://bit.ly/47fpjER>
- Aules, A.R., Chiliquinga, C.V., Segura, C.D., & Zavala, B.C. (2020). Análisis morfométrico y controles geológicas que determinan la forma de las cuencas hidrográficas. [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio institucional UG. <https://n9.cl/pi0f7c>
- Autoridad para la Reconstrucción con Cambios [ARC], (marzo de 2021). Inician trabajos de defensas ribereñas en 4.6 kilómetros del río Chicama. <https://acortar.link/Vxx3Cx>
- Baena, G. (2017). *Metodología de la investigación* (3ª ed.). Patria.
- Belltich, E. (8 de septiembre de 2023). *La Niña, El Niño Costero y el Niño Global, ¿cuál viene?* Universidad de Piura. <https://bit.ly/3MMjer2>
- Bermony, E., & Manzanera, A. (2022). *Estudio hidrológico e hidráulico y propuesta de mitigación sobre la margen izquierda del río Ocoa Km 9+930.00 barrio Samán de la Rivera, municipio de Villavicencio – Meta* [Tesis de Grado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio institucional de la UCC. <https://bit.ly/49HQ6ek>
- Cabrera, L., & Guzman, G. O. (2021). *Modelamiento hidrológico e hidráulico para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el tramo 8+000 a 14+080 km. del río Chancay -Provincia de Huaral - Departamento de Lima*. [Tesis de

- Grado, Universidad San Martín de Porres]. Repositorio académico de la USMP. <https://bit.ly/47ARtd7>
- Cárdenas, J.D., Concha, R. F., García, B., Astete, I., Arriola, D., Ricalde, E., Flores, T., & Carlotto, V. S. (octubre de 2013). *Mapa de peligros geológicos del valle del Cusco*. Foro Internacional Peligros Geológicos. <https://bit.ly/47gVIQO>
- Carlotto, V., Cárdenas, J., Del Castillo, B., Concha, R., García, B., Astete, I., & Tito, V. (octubre de 2010). *Evaluación geológica y geodinámica en la quebrada Chicón: Aluvión del 17 de octubre del 2010 que afectó Urubamba-Cusco*. Informe Técnico N° A6558. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. <https://bit.ly/40L6reu>
- Castrillón, M., & Gonzáles, R. (2021). *Alternativa de restauración para la protección y estabilidad del cauce de la quebrada Altavista en un tramo comprendido entre la cantera Santa Cecilia y el Colegio Padre Manyanet*. [Tesis de Grado, Universidad EIA]. Repositorio institucional EIA. <https://bit.ly/3um9XzJ>
- Chetryrina, A. (2017). Análisis y determinación de las curvas IDF en Navarra. [Tesis de Grado, Universidad Pública de Navarra de Grado]. Repositorio institucional UPN. <https://n9.cl/m8hnx>
- Chona, H., Cely, N., & Carrillo, G. (2023). Comparación obras de reducción del riesgo sobre áreas de amenaza alta por inundación sobre un sector de la Quebrada Tonchala en San José de Cúcuta. *Revista UIS Ingenierías*, 22(3), 167-176. <https://doi.org/10.18273/revuin.v22n3-2023012>
- Chow, V., Maidment, D., & Mays, L. W. (1994). Hidrología aplicada. McGraw-Hill.
- Córdova, M. (30 de abril del 2016). *Parámetros geomorfológicos de cuencas hidrográficas*. Portubeam. <https://bit.ly/3sBGscE>
- Cruz, F. (9 de noviembre del 2022). *Modelación hidráulica: ¿Qué es y cuáles son sus beneficios?* Kral Ingeniería Hidráulica. <https://bit.ly/3SG1lhm>
- Das, B. M. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (4ª ed.). Cengage Learning Editores. <https://bit.ly/3FWRY5w>
- Dirección Regional de Agricultura Lima. (15 de enero del 2021). *Más de 15.5 millones invertidos en defensa ribereña con enrocado en los ríos Santa Eulalia y Rímac*. <https://bit.ly/46hk7Ps>
- Echegaray, C., & Quiroz, P. (2022). *Diseño hidráulico y estructural de la defensa ribereña del Rio Reque en el sector Eten – Monsefú*. [Tesis de Grado,

- Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio institucional de la UNPRG. <https://bit.ly/46cFi56>
- Friend, N. (2022). *Reparación de Enrocado de protección contra el oleaje y erosión litoral, en el predio de la casa de prácticos APG*. [Tesis de Grado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio institucional de la UG. <https://bit.ly/40EKOfN>
- Gámez, W. (2010). *Texto básico de hidrología*. Universidad Nacional Agraria. <https://bit.ly/47dyyFv>
- Gaméz, W. R. (marzo de 2015). *Texto Básico Autoformativo de Topografía General*. Universidad Nacional Agraria. <https://bit.ly/3QFTfTj>
- Guerrero, G. (2022). *Diseño hidráulico de diques con protección de enrocado en el río Matagente, provincia de Chincha, Ica, Perú*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Cybertesis. <https://bit.ly/40EEuot>
- Gutiérrez, C. (2014). *Hidrología básica y aplicada*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mcgraw-hill. <https://bit.ly/46gowlH>
- Hadi, M.M., Martel, C.C., Huayta, M.F., Rojas, L.C., & Arias, G.J. (2023). *metodología de la investigación: Guía para el Proyecto de tesis*. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.073>
- Ibañez, S., Moreno, H., & Gisbert, J. (2010). *Morfología de las cuencas hidrológicas*. Universidad Politécnica de Valencia. <https://bit.ly/40EuFXw>
- Incapoma, J. L. (2022). *Estudios hidrológicos iniciales para la canalización del río seco*. [Tesis de Grado, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio institucional UMSA. <https://bit.ly/47Ce60J>
- Kirpich, P. Z. (1940). Time of concentration of small agricultural watersheds. Momento de concentración de las pequeñas cuencas agrícolas. *Civil Engineering*, 10(3), 362-371.
- Maccaferri de Perú. (2023). *Defensa ribereña río Huallaga – Bellavista*. <https://acortar.link/k99PUc>
- Maza Álvarez, J.A., García Flores, M. (2018). *Estabilidad de Cauces – Manual de Ingeniería de Ríos*. Universidad Nacional Autónoma de México, CDMX, México.

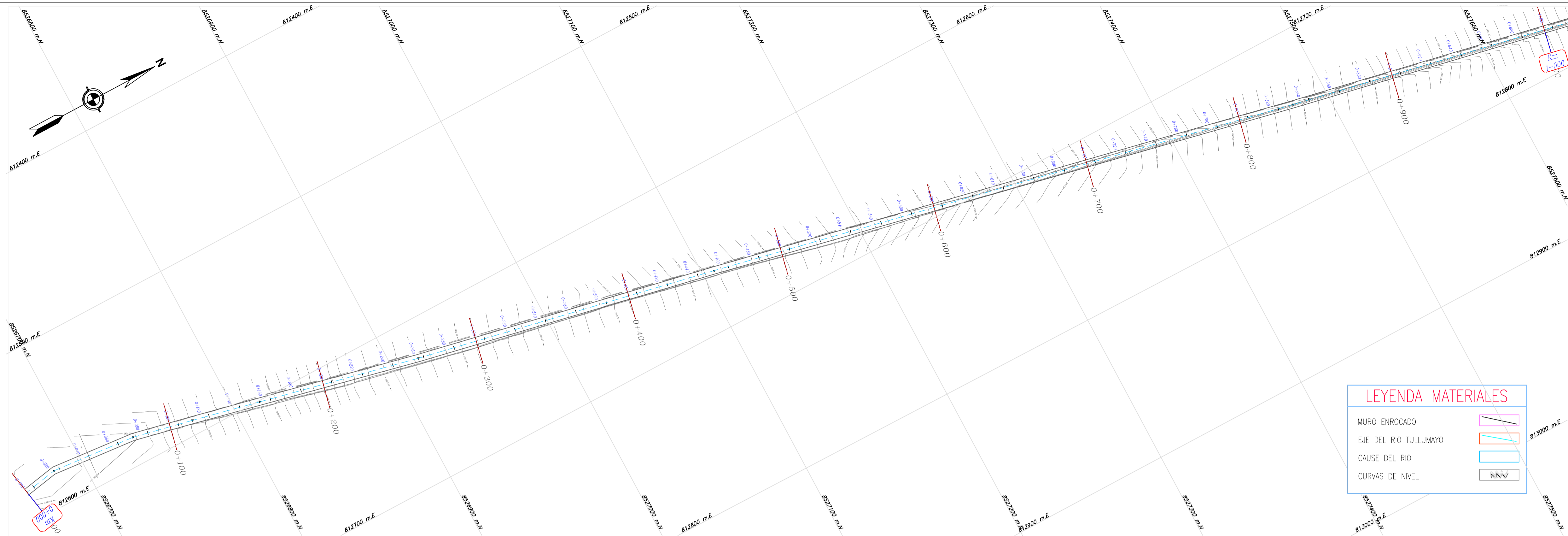
- Mariño, B. (2021). *Mejoramiento de la defensa ribereña para prevenir los riesgos de inundación del Río Chillón, Lima- 2020*. [Tesis de Grado, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional de la UCV. <https://bit.ly/3G6al89>
- Mejía, A. (2012). *Hidrología aplicada*. Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://bit.ly/47hcM3M>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (mayo de 2016). Manual de ensayo de materiales. <https://n9.cl/apl74>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (3 de enero del 2012). *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*. <https://bit.ly/3MI9ONn>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (9 de abril del 2014). Manual de Carreteras. Suelos geología, geotecnia y pavimentos. <https://bit.ly/40EkMJo>
- Ministerio del Ambiente. (s.f.). *Descargar GDEM ASTER*. <https://acortar.link/K9RVGt>
- Monsalve, G. (1999). *Hidrología en la ingeniería*. Marcombo.
- Narvaez, M. (2023). *¿Qué es la validez y confiabilidad en la investigación?* QuestionPro. <https://bit.ly/47AX6YE>
- Ordoñez, J. J. (2011). *Cartilla técnica: Agua subterráneas – Acuíferos*. Sociedad Geográfica de Lima. <https://bit.ly/49uyp1Q>
- Organización de las Naciones Unidas. (22 de julio del 2021). *Sequías, tormentas e inundaciones: el agua y el cambio climático dominan la lista de desastres*. <https://bit.ly/3SL2lkq>
- Rodríguez Díaz, H. A. (2013). *Hidráulica fluvial. Fundamentos y aplicaciones*. Socavación. <https://n9.cl/a8xyr>
- Rodríguez, W. (2020). *Fundamentos de ingeniería geotécnica. Suelos y Cimentaciones*. <https://bit.ly/3QDuhnx>
- Sardon, H., Lavado-Casimiro, W., & Felipe, O. (mayo de 2022). Inventario de datos de eventos de inundaciones del Perú. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI. <https://bit.ly/3MKTqvz>
- Senamhi, (2023). Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. <https://n9.cl/yky7p>
- Strahler, A. N. (1957). Qualitative analysis of watershed morphology.[Análisis cualitativo de la morfología de las cuencas hidrográficas]. *Advancing Earth and Space Sciences*, 38(6), 913-920. <https://doi.org/gdk2rb>
- Terán, A. (1998). *Diseño y construcción de defensas ribereñas*. Escuela Superior de Administración de Aguas “CHARLES SUTTON” <https://n9.cl/4x4tf>

Temez, J. R. (1978). Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales. Tecnología Carreteras MOPU.
<https://bit.ly/3QGG5Wc>

Villón, M. (2022). *Hidrología* (2ª ed.). Instituto Tecnológico de Costa Rica.

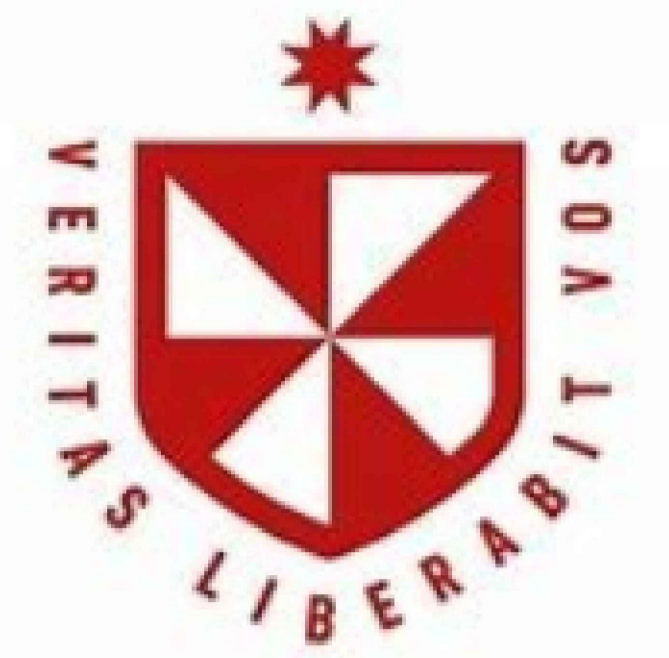
Anexos

DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA DE MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO URUBAMBA - CUSCO						
ELABORADO POR: MEJIA MEZA LEONIDAS SURCO PAUCCAR KELVIN ELVIO						
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables Independientes	D1: Levantamiento topográfico	I1: Perfil longitudinal I2: Secciones transversales	Diseño
¿Cuál es la influencia de un diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo Urubamba – Cusco?	Realizar el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo Urubamba – cusco	El diseño de defensas ribereñas con el sistema de muro enrocado reduce el peligro de inundaciones en el río Tullumayo Urubamba -Cusco	X: Muro enrocado (Terán 2000)	D2: Estudio hidrológico	I1: Área de cuenca I2: Perímetro de cuenca I3: Pendiente de cause principal I4: Longitud de cause I5: Caudal de diseño Tr=100 años	Tipo de investigación Cuantitativa
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas		D3: Estudio de suelo	I1: Clasificación de suelos I2: Límite líquido I3: Límite plástico I4: Contenido de humedad I5: Granulometría I6: Corte directo	Aplicada
¿Cuál es la influencia del levantamiento topográfico para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo Urubamba- Cusco?	Realizar el levantamiento topográfico para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo Urubamba- Cusco	El levantamiento topográfico contribuye con información para el modelamiento y pre dimensionamiento del sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo Urubamba- Cusco		D4: Modelamiento hidráulico	I1: Tirante máximo I2: Rugosidad de Manning I3: Modelación hidráulica	Diseño experimental No experimental
¿Cuál es la influencia del estudio hidrológico para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones del río Tullumayo, Urubamba- Cusco?	Desarrollar el estudio hidrológico para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo, Urubamba- Cusco	El estudio hidrológico determina el caudal de diseño equivalente a 16.30 m3/s para tr 100 años para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo, Urubamba - Cusco		D5: Pre dimensionamiento	I1: Ancho de cause I2: Tirante máximo y altura de enrocado I3: Cálculo de estabilidad del muro I4: Cálculo de factor de seguridad I5: Espesor de muro	Muestra La población comprende la microcuenca Chicón del río Tullumayo. La muestra está compuesta por 02 tramos críticos el primero está ubicado desde 2+380 al 3+440 km y el tramo II del 4+200 al 6+145 del río Tullumayo.
¿Cuál es la influencia del estudio de suelo para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo, Urubamba- Cusco?	Elaborar el estudio de suelo para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo, Urubamba- Cusco	El estudio del suelo determina el tipo de cimentación para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo, Urubamba- Cusco		Variables Dependientes	Identificación de zonas críticas	Instrumentos El método utilizado para la recolección de la información será la observación directa de la zona de estudio se recolectó las muestras de suelos, el cual cuentan con fichas técnicas de laboratorio. Sistema de información geográfica (Senamhi).
¿Cuál es la influencia del modelamiento hidráulico para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el río Tullumayo, Urubamba- Cusco?	Desarrollar el modelamiento hidráulico para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado mitigar las inundaciones del río Tullumayo, Urubamba- Cusco	El modelamiento hidráulico determina las zonas críticas en la cuenca para el diseño de defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones en el Tullumayo, Urubamba- Cusco		Y: Inundación (INDECI,2014)	Registro histórico	Procedimiento Para la investigación primeramente fue la observación luego se realizó la realización de calicata para luego llevar una muestra de suelo a laboratorio de suelo para conocer sus características. Posteriormente se realiza el levantamiento topográfico y el estudio hidrológico. Por último, se realiza el diseño de muro enrocado.



PLANO EN PLANTA PROG. 0+000 - 1+000 KM
 ESC:1/1,500

UNIVERSIDAD SAN MARTIN DE PORRES



PROYECTO:

"DISEÑO DE DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA DE MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO URUBAMBA - CUSCO"

UBICACIÓN:

DISTRITO : URUBAMBA
 PROVINCIA : URUBAMBA
 DEPARTAMENTO : CUSCO

FACULTAD:

INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

ELABORADO POR:

BACH.LEONIDAS MEJIA MEZA
 BACH.KELVIN ELVIO SURCO PAUCCAR

PLANO:

PLANTA Y PERFIL

ESCALA: INDICADAS

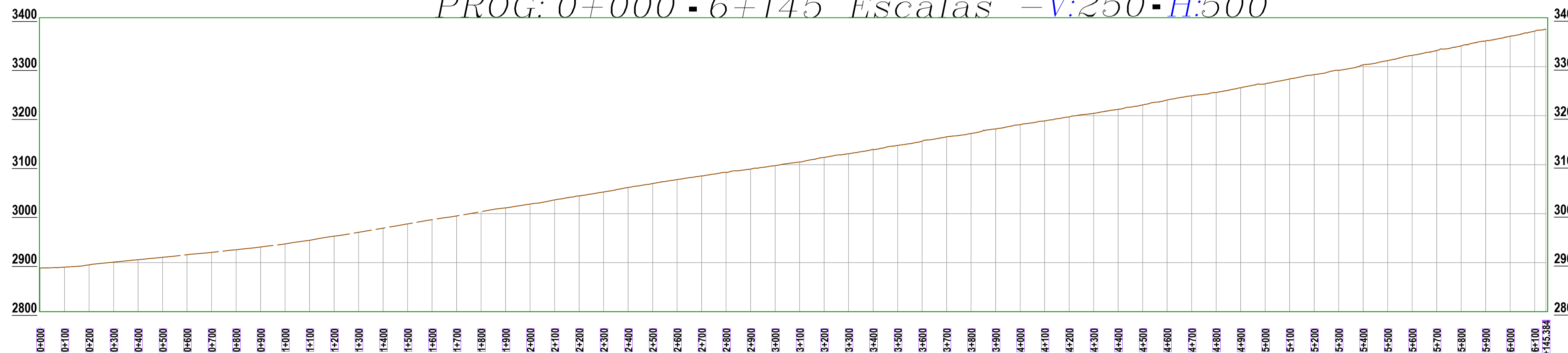
LÁMINA:

PP-01

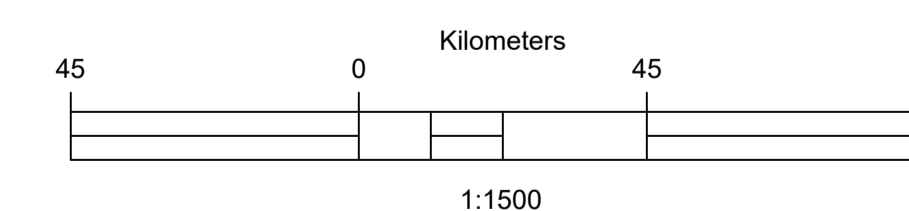
LUGAR Y FECHA:

URUBAMBA, NOVIEMBRE 2023

PERFIL LONGITUDINAL RÍO TULLUMAYO
 PROG: 0+000 - 6+145 Escalas -V:250-H:500



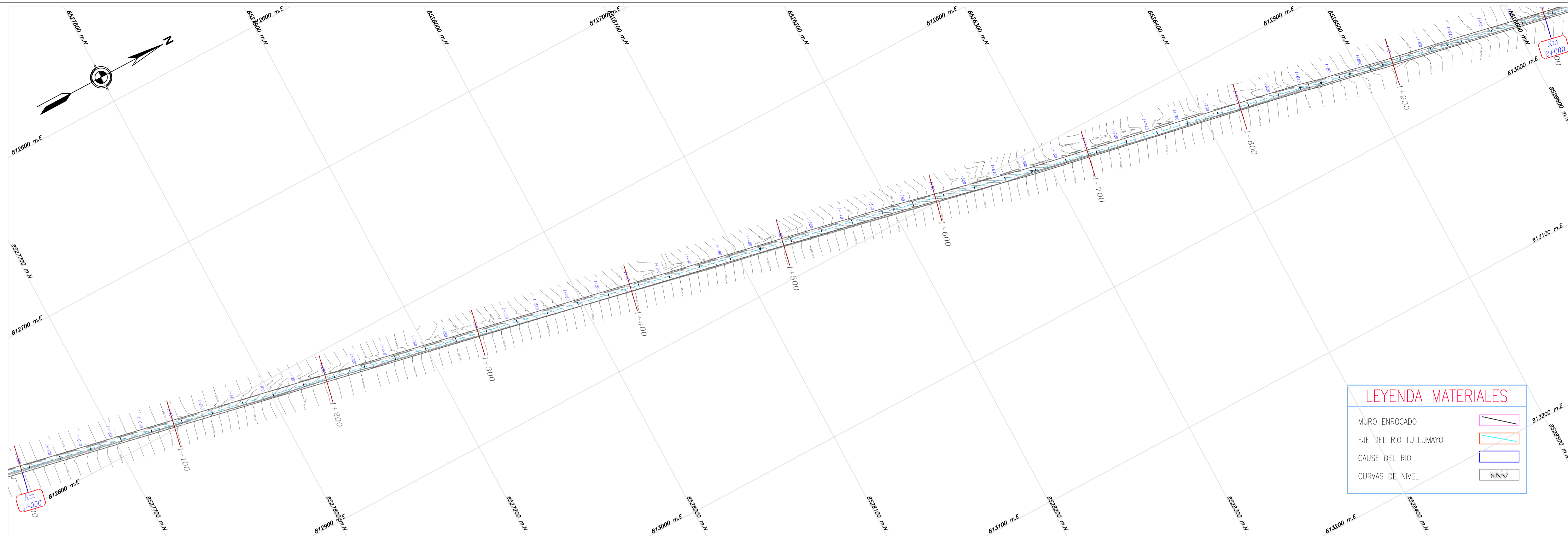
DATUM WGS - 84, ZONA 18 SUR BANDA L



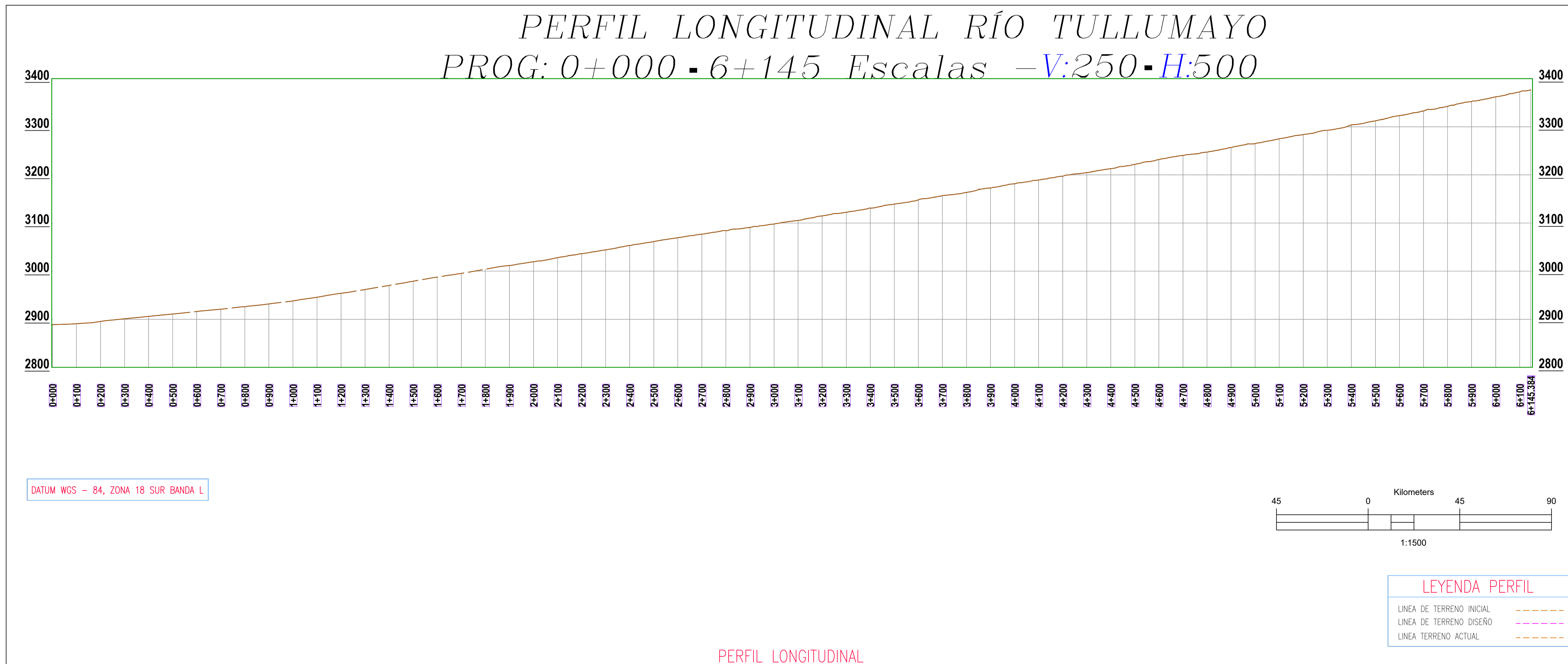
LEYENDA PERFIL

LÍNEA DE TERRENO INICIAL (dashed orange line)
 LÍNEA DE TERRENO DISEÑO (dashed orange line)
 LÍNEA TERRENO ACTUAL (solid orange line)

PERFIL LONGITUDINAL
 ESC: HOR. 1/1,000 - VER. 1/100



PLANO EN PLANTA PROG. 0+000 – 1+000 KM
 ESC:1/1,500



PERFIL LONGITUDINAL
 ESC:HOR. 1/1,000 - VER. 1/100

UNIVERSIDAD SAN MARTIN DE PORRES



PROYECTO:

"DISEÑO DE DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA DE MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO URUBAMBA - CUSCO"

UBICACIÓN:

DISTRITO : URUBAMBA
 PROVINCIA : URUBAMBA
 DEPARTAMENTO : CUSCO

FACULTAD:

INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

ELABORADO POR:

BACH.LEONIDAS MEJIA MEZA
 BACH.KELVIN ELVIO SURCO PAUCCAR

PLANO:

PLANTA Y PERFIL

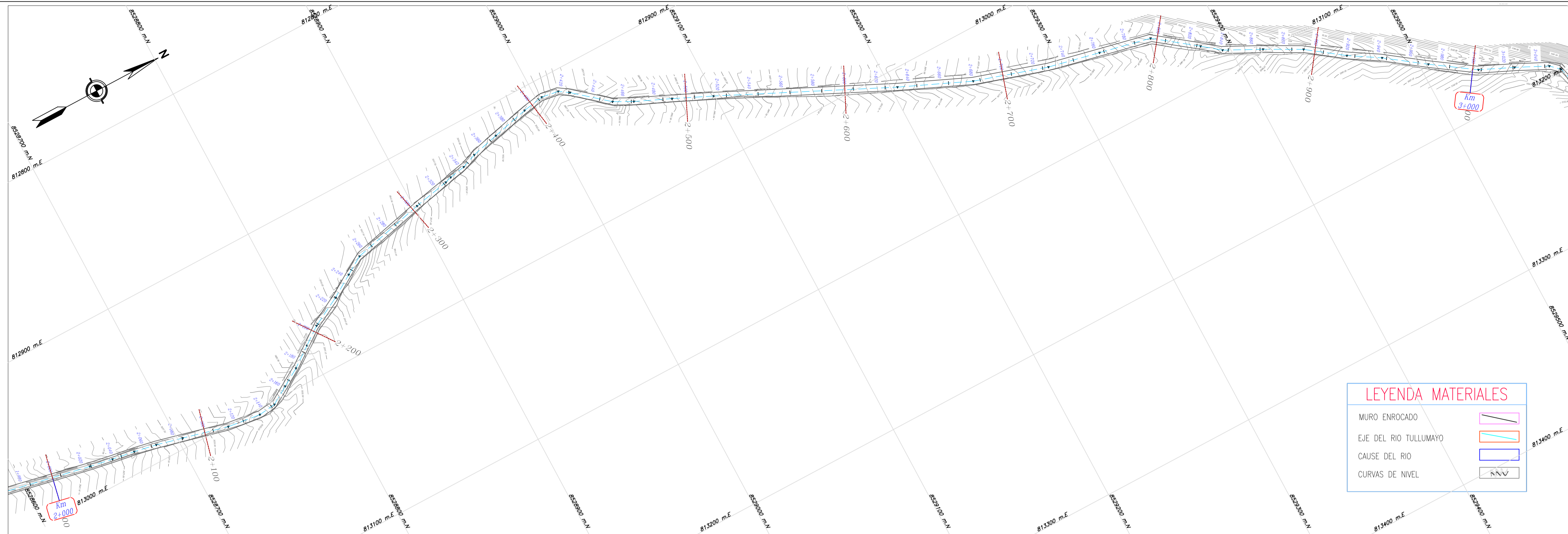
ESCALA: INDICADAS

LÁMINA:

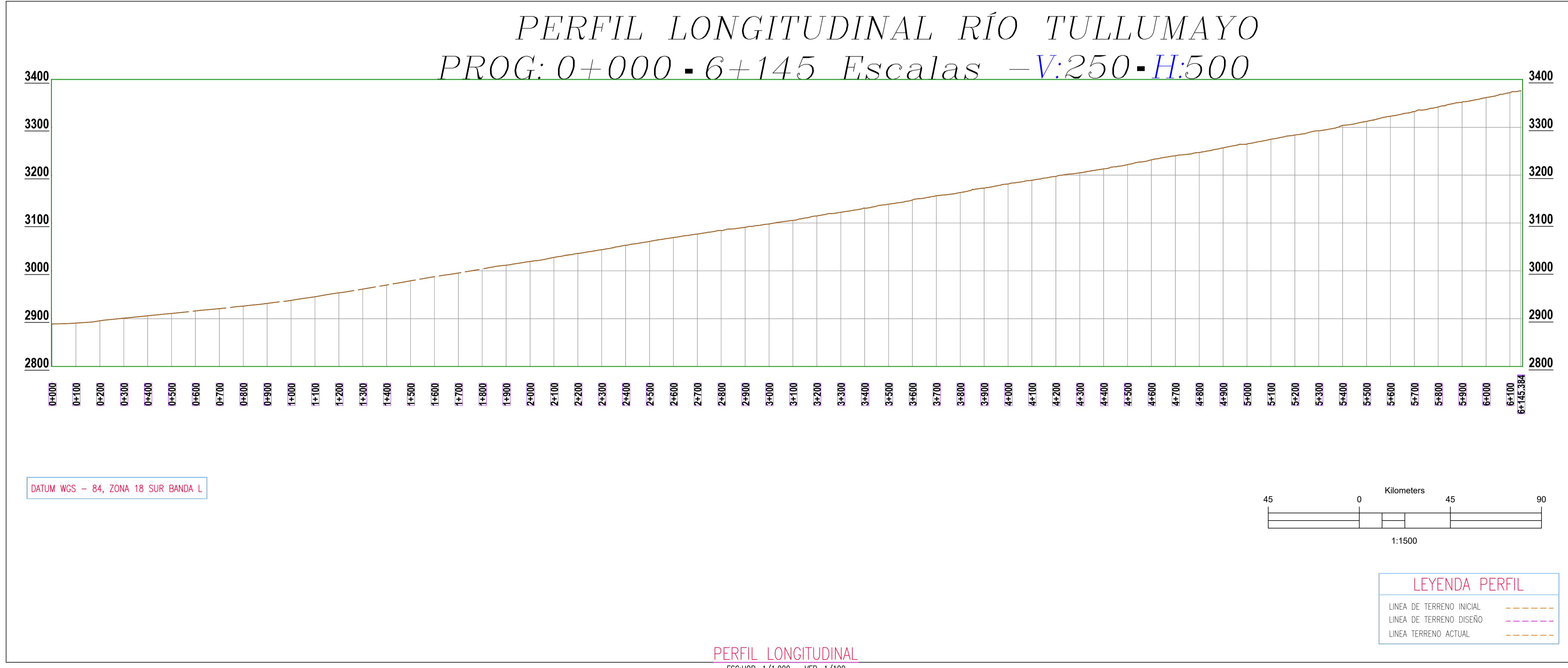
PP-02

LUGAR Y FECHA:

URUBAMBA, NOVIEMBRE 2023



PLANO EN PLANTA PROG. 2+000 - 3+000 KM
 ESC:1/1,500



PERFIL LONGITUDINAL
 ESC:HOR. 1/1,000 - VER. 1/100

UNIVERSIDAD SAN MARTIN DE PORRES



PROYECTO:

"DISEÑO DE DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA DE MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO URUBAMBA - CUSCO"

UBICACIÓN:

DISTRITO : URUBAMBA
 PROVINCIA : URUBAMBA
 DEPARTAMENTO : CUSCO

FACULTAD:

INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

ELABORADO POR:

BACH.LEONIDAS MEJIA MEZA
 BACH.KELVIN ELVIO SURCO PAUCCAR

PLANO:

PLANTA Y PERFIL

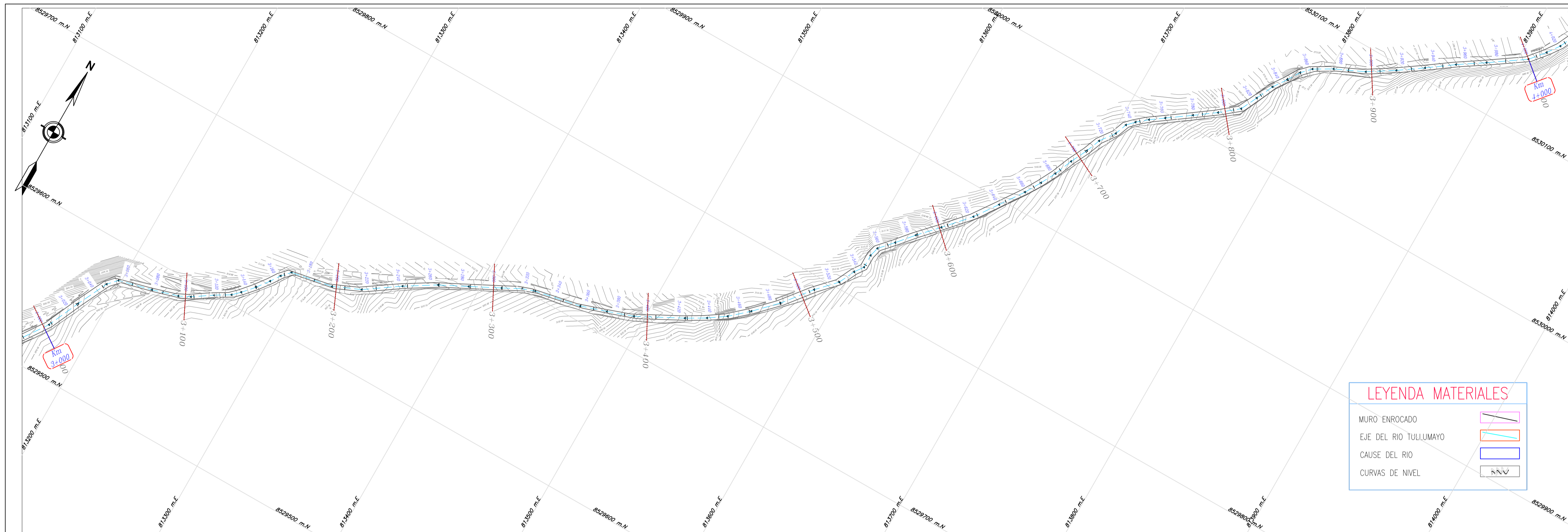
ESCALA: INDICADAS

LÁMINA:

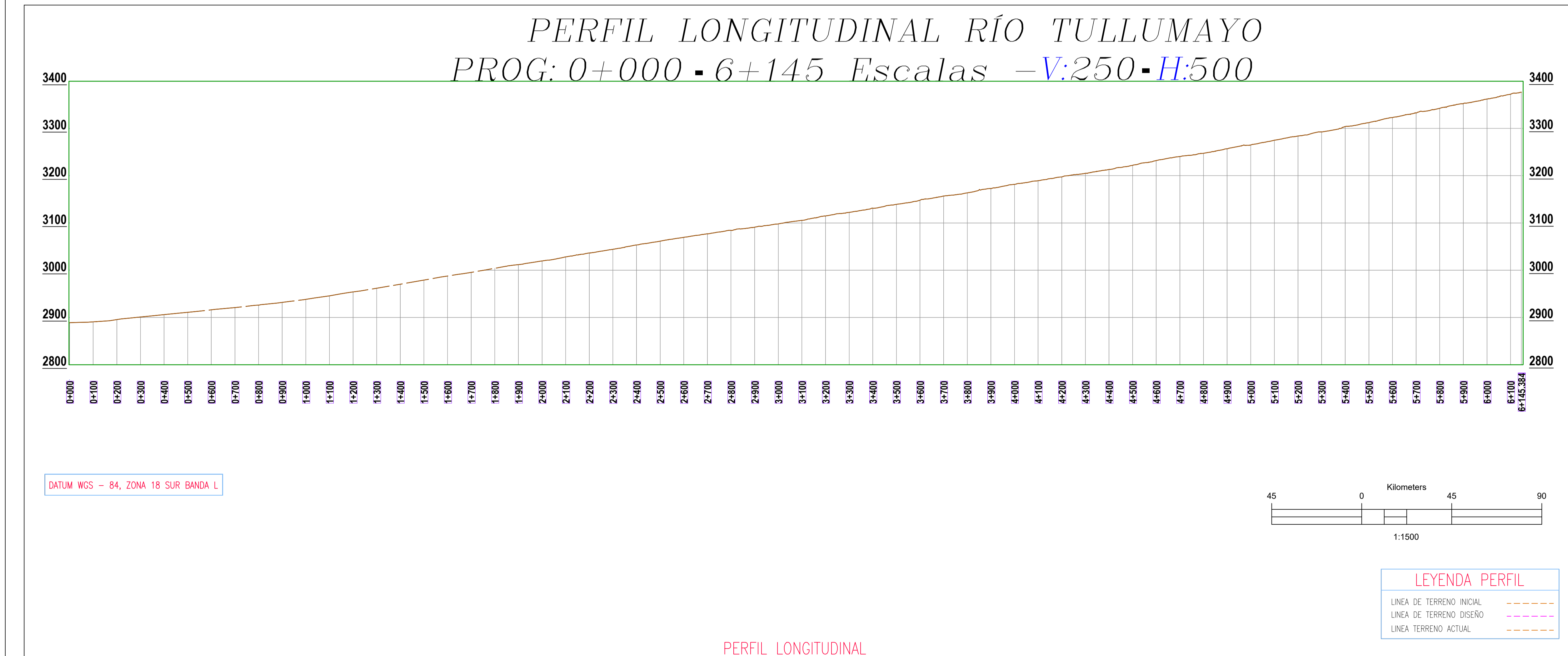
PP-03

LUGAR Y FECHA:

URUBAMBA, NOVIEMBRE 2023



PLANO EN PLANTA PROG. 3+000 - 4+000 KM
 ESC:1/1,500



PERFIL LONGITUDINAL RÍO TULLUMAYO
 PROG: 0+000 - 6+145 Escalas -V:250-H:500

PERFIL LONGITUDINAL
 ESC:HOR. 1/1,000 - VER. 1/100

UNIVERSIDAD SAN MARTIN DE PORRES



PROYECTO:

"DISEÑO DE DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA DE MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO URUBAMBA - CUSCO"

UBICACIÓN:

DISTRITO : URUBAMBA
 PROVINCIA : URUBAMBA
 DEPARTAMENTO : CUSCO

FACULTAD:

INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

ELABORADO POR:

BACH.LEONIDAS MEJIA MEZA
 BACH.KELVIN ELVIO SURCO PAUCCAR

PLANO:

PLANTA Y PERFIL

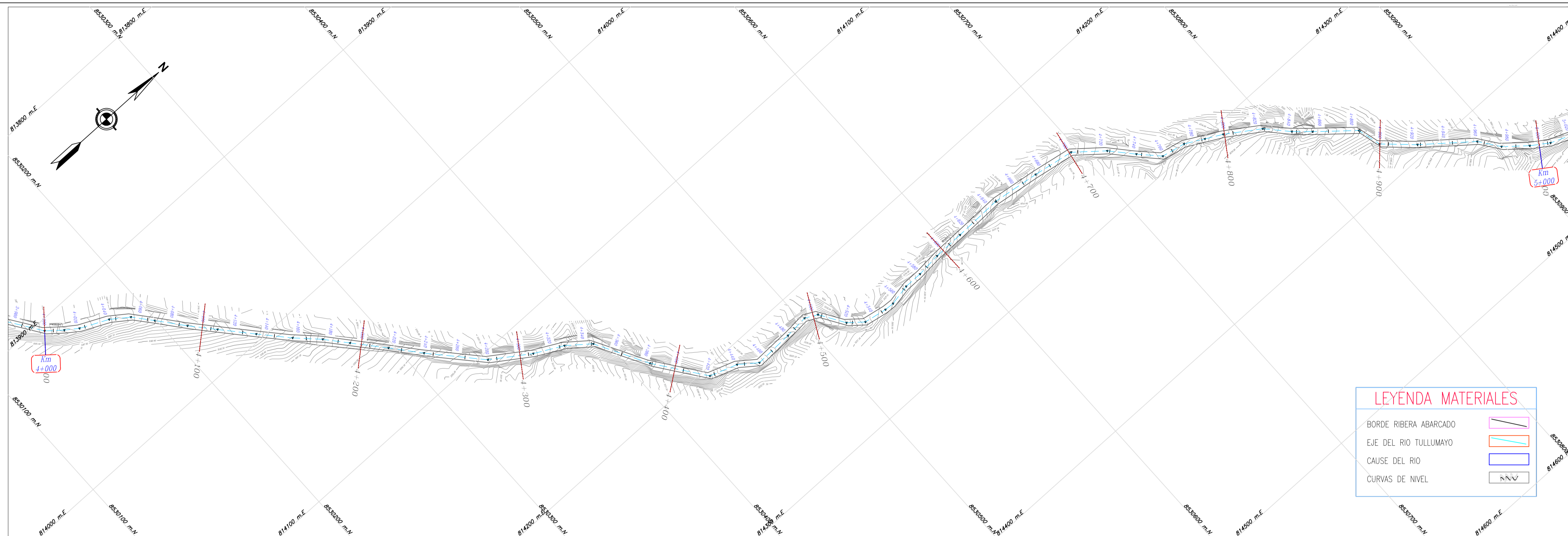
ESCALA: INDICADAS

LÁMINA:

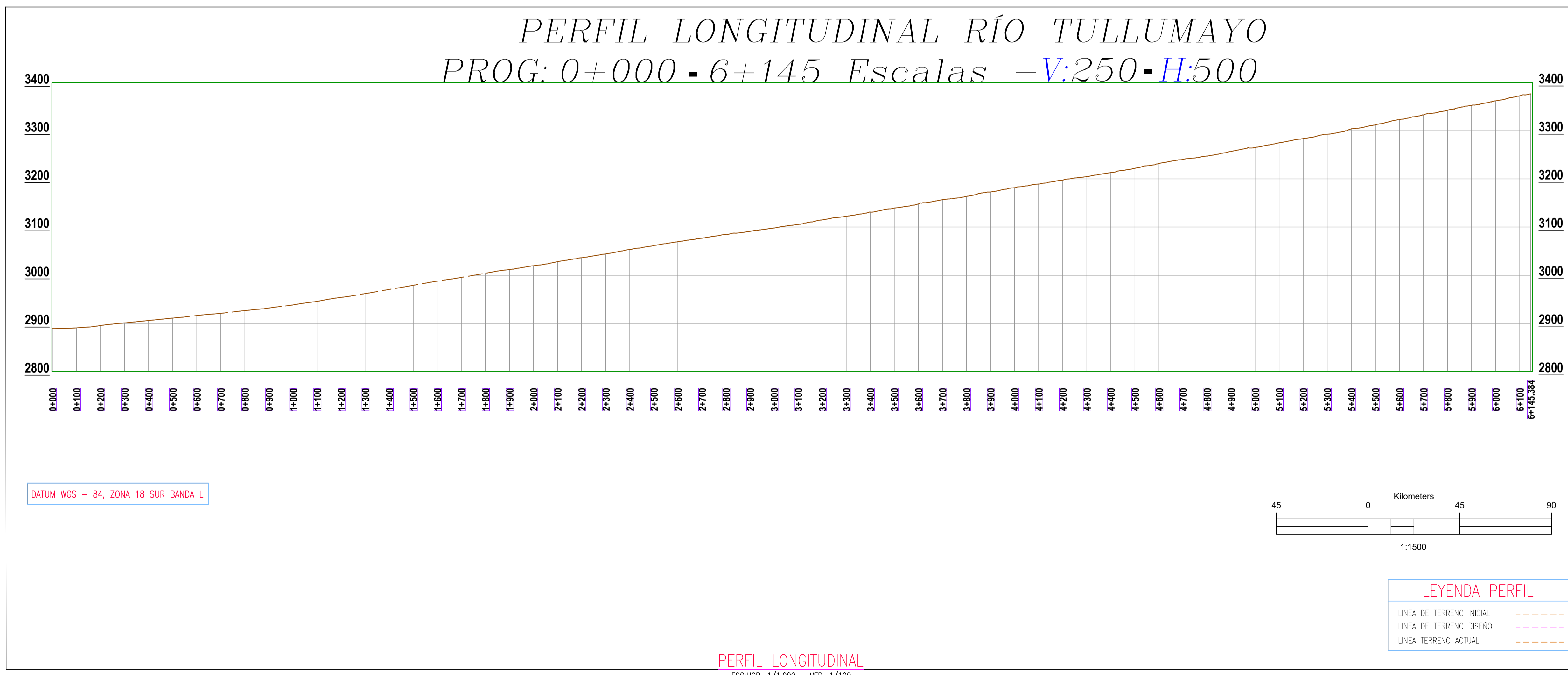
PP-04

LUGAR Y FECHA:

URUBAMBA, NOVIEMBRE 2023

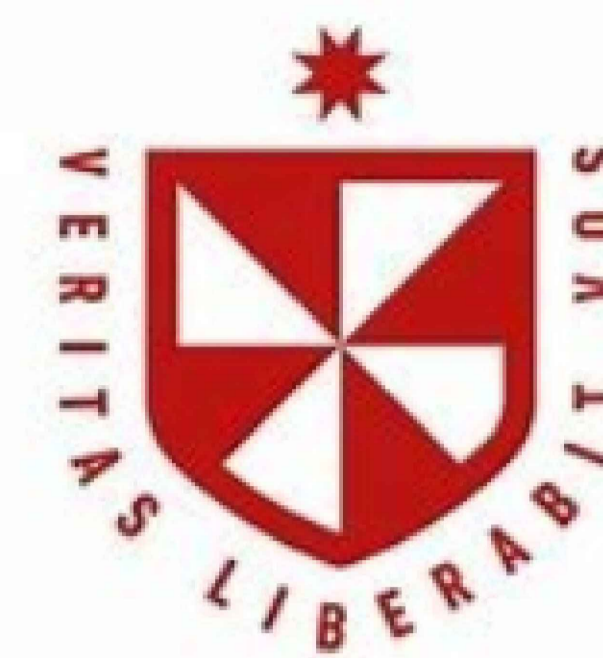


PLANO EN PLANTA PROG. 4+000 - 5+000 KM
 ESC:1/1,500



PERFIL LONGITUDINAL
 ESC:HOR. 1/1,000 - VER. 1/100

UNIVERSIDAD SAN MARTIN DE PORRES



PROYECTO:

"DISEÑO DE DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA DE MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO URUBAMBA - CUSCO"

UBICACIÓN:

DISTRITO : URUBAMBA
 PROVINCIA : URUBAMBA
 DEPARTAMENTO : CUSCO

FACULTAD:

INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

ELABORADO POR:

BACH.LEONIDAS MEJIA MEZA
 BACH.KELVIN ELVIO SURCO PAUCCAR

PLANO:

PLANTA Y PERFIL

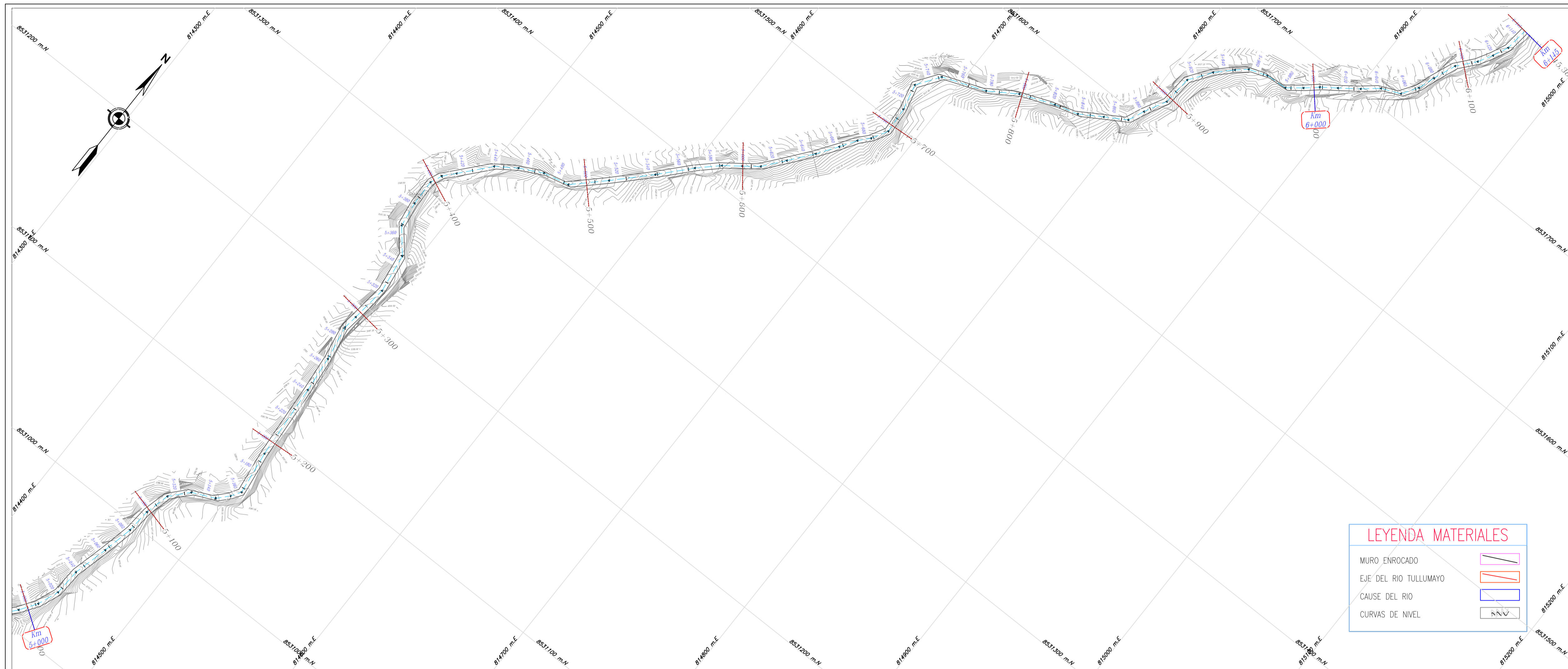
ESCALA: INDICADAS

LÁMINA:

PP-05

LUGAR Y FECHA:

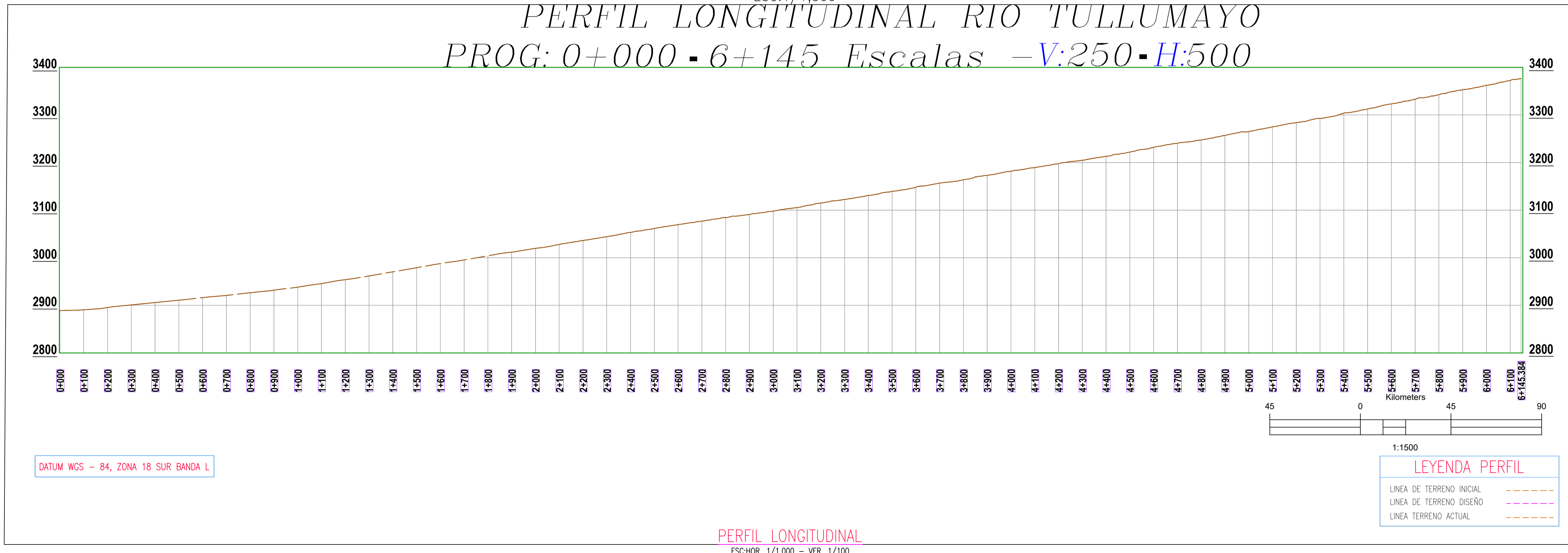
URUBAMBA, NOVIEMBRE 2023



PLANO EN PLANTA PROG. 5+000 - 6+145 KM

ESC:1/1,500

PERFIL LONGITUDINAL RIO TULLUMAYO
 PROG: 0+000 - 6+145 Escalas -V:250 - H:500



UNIVERSIDAD SAN MARTIN DE PORRES



PROYECTO:

"DISEÑO DE DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA DE MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO URUBAMBA - CUSCO"

UBICACIÓN:

DISTRITO : URUBAMBA
 PROVINCIA : URUBAMBA
 DEPARTAMENTO : CUSCO

FACULTAD:

INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

ELABORADO POR:

BACH. LEONIDAS MEJIA MEZA
 BACH. KELVIN ELVIO SURCO PAUCCAR

PLANO:

PLANTA Y PERFIL

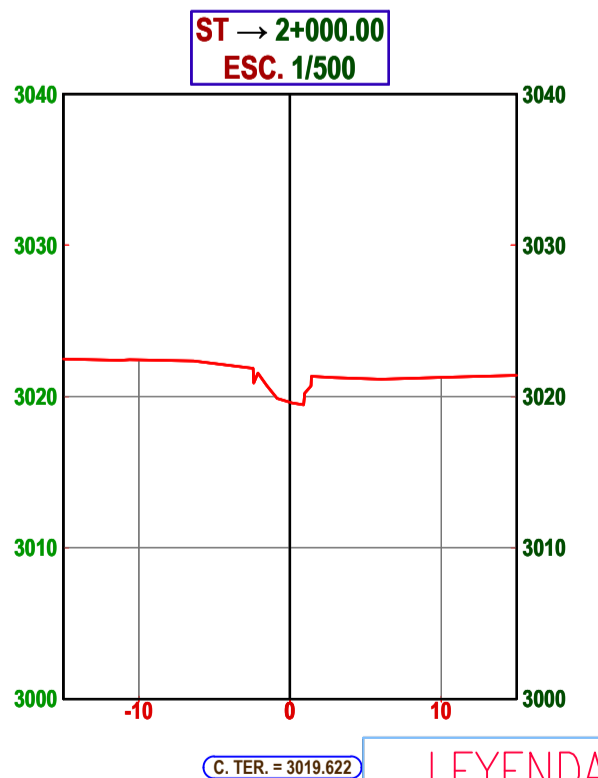
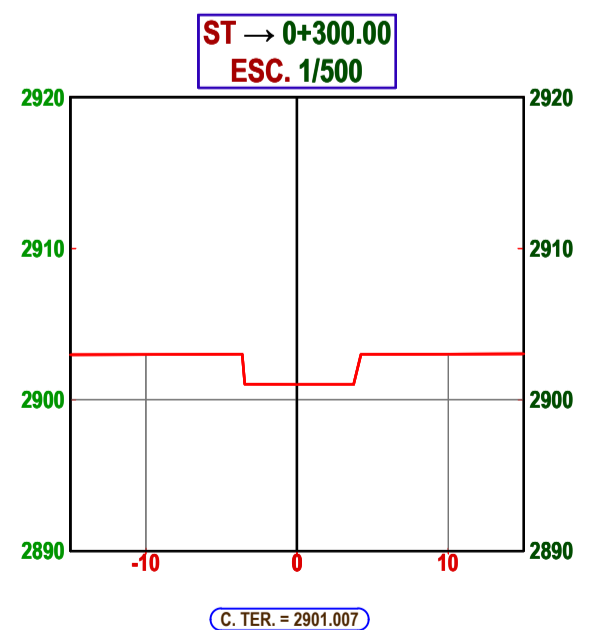
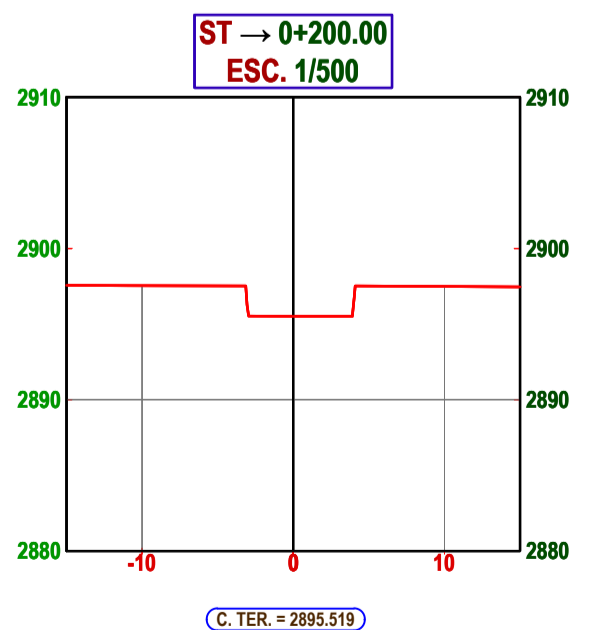
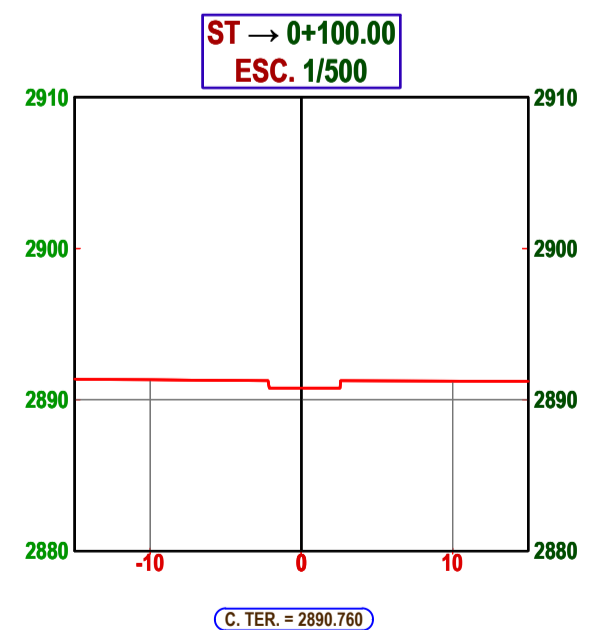
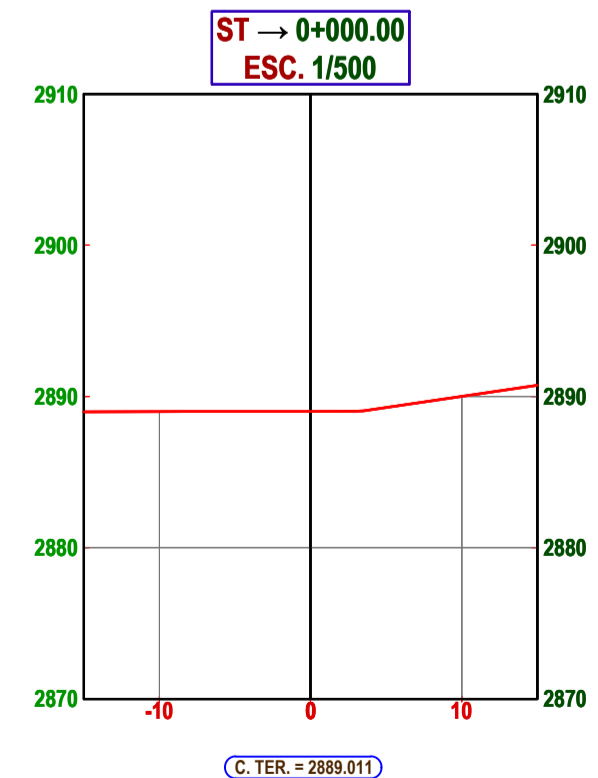
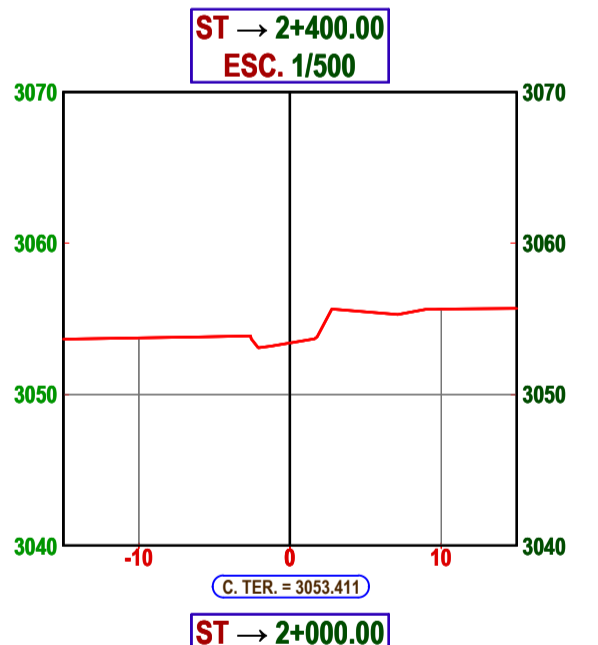
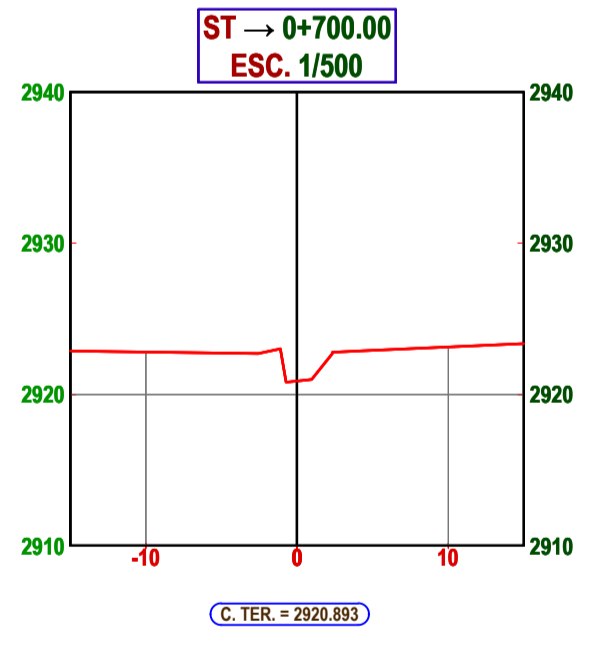
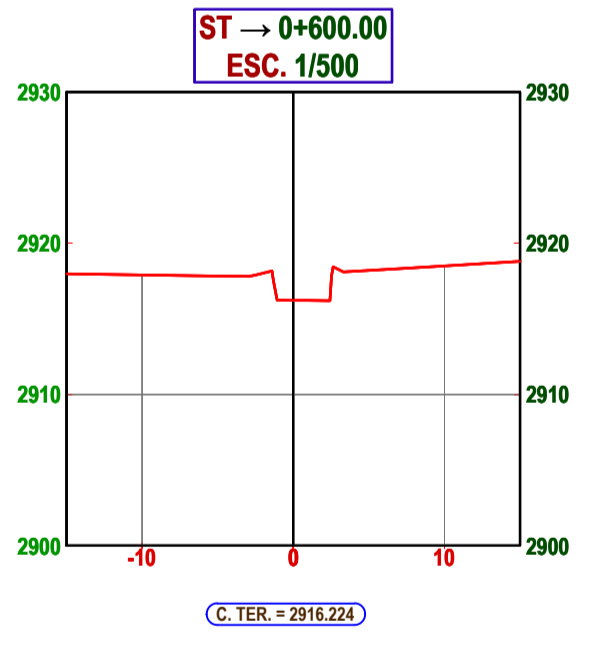
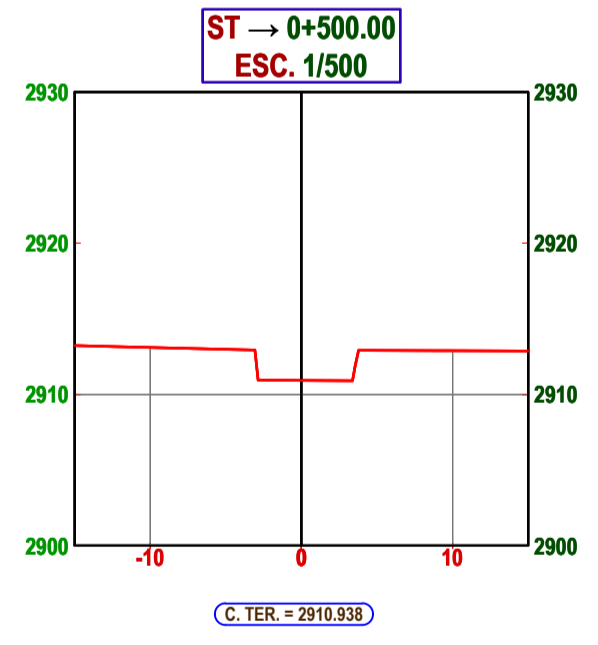
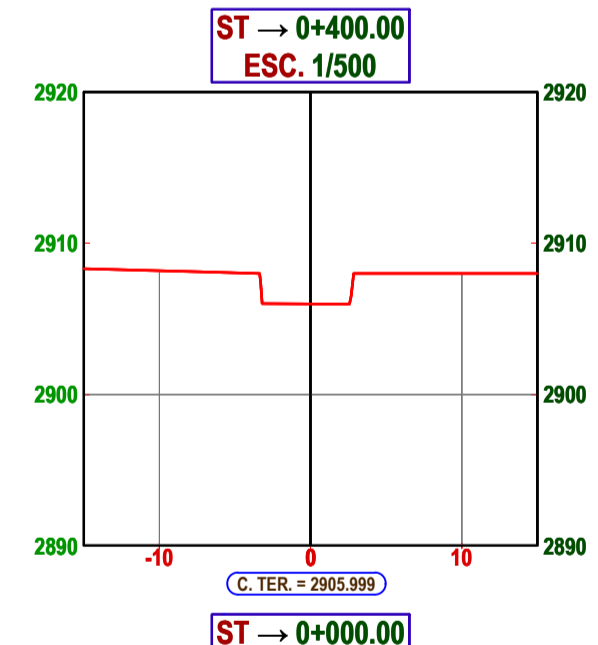
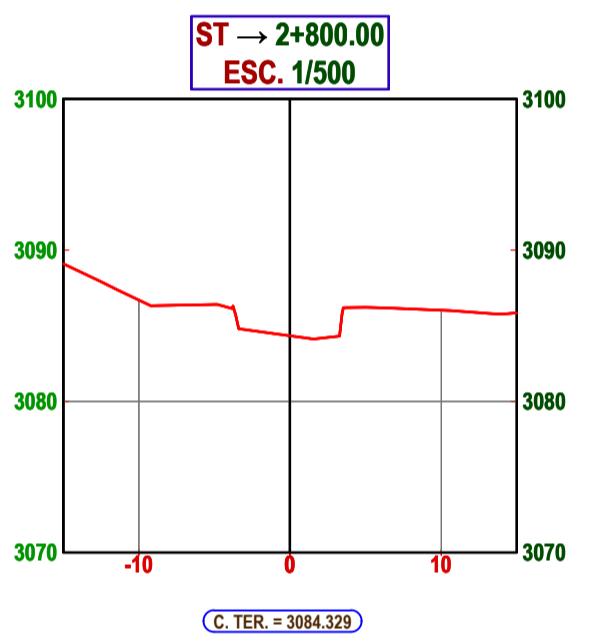
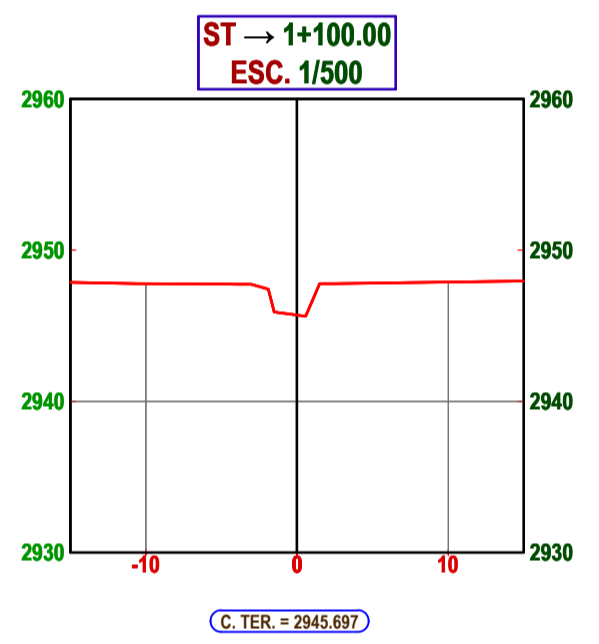
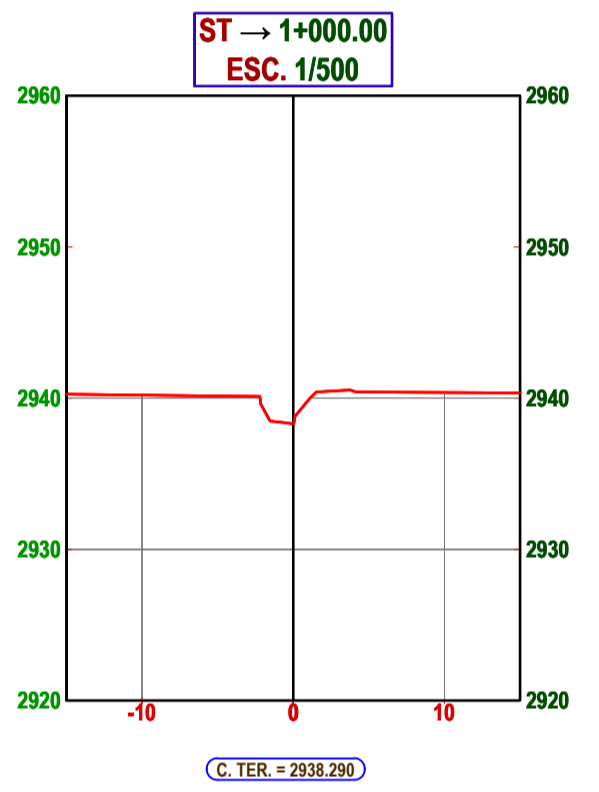
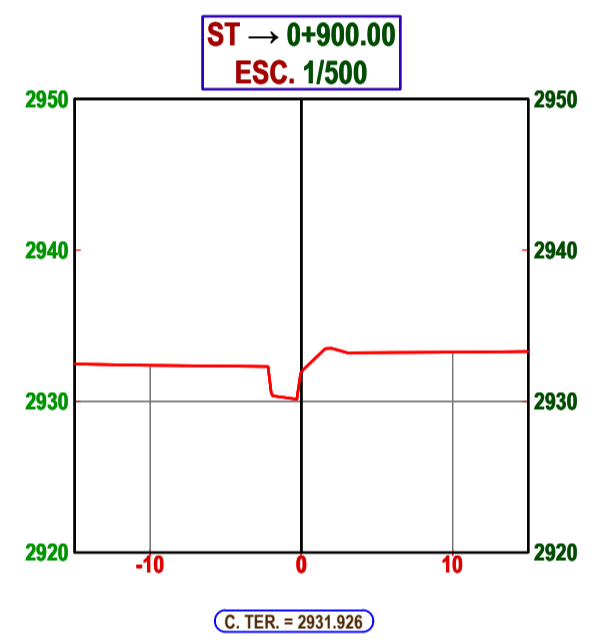
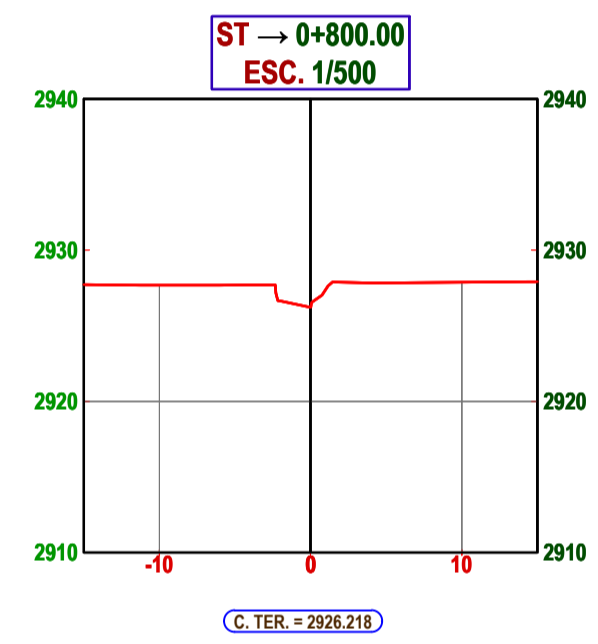
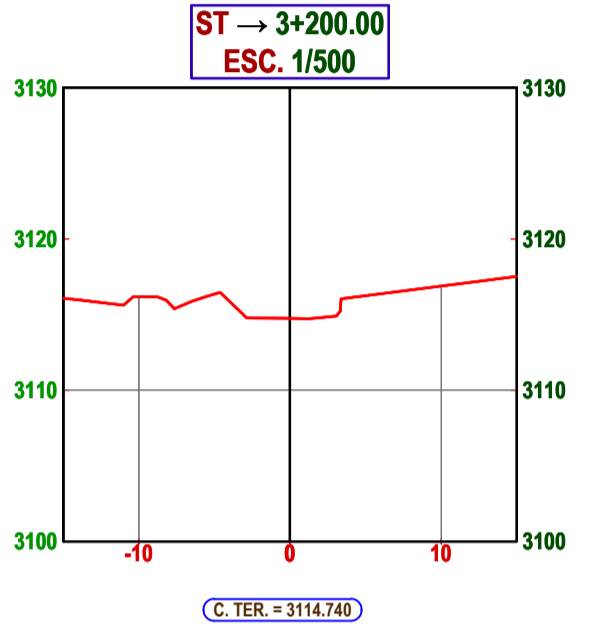
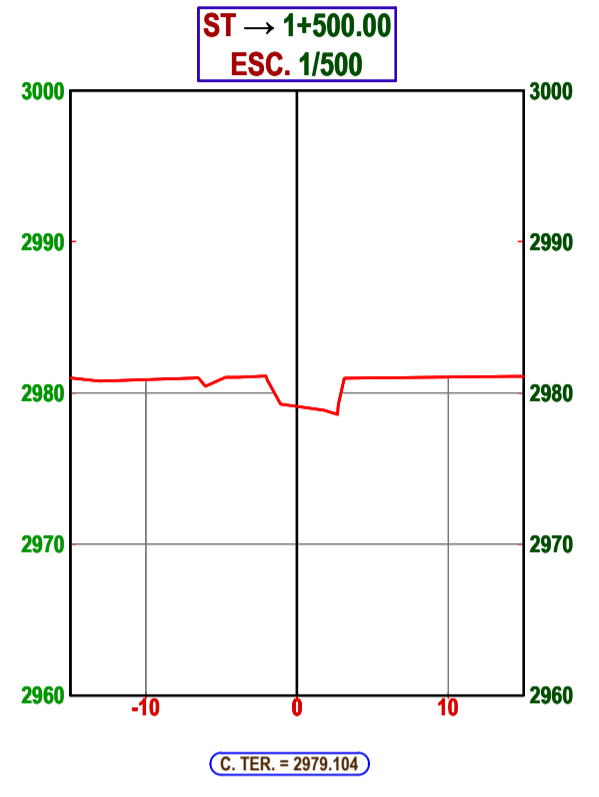
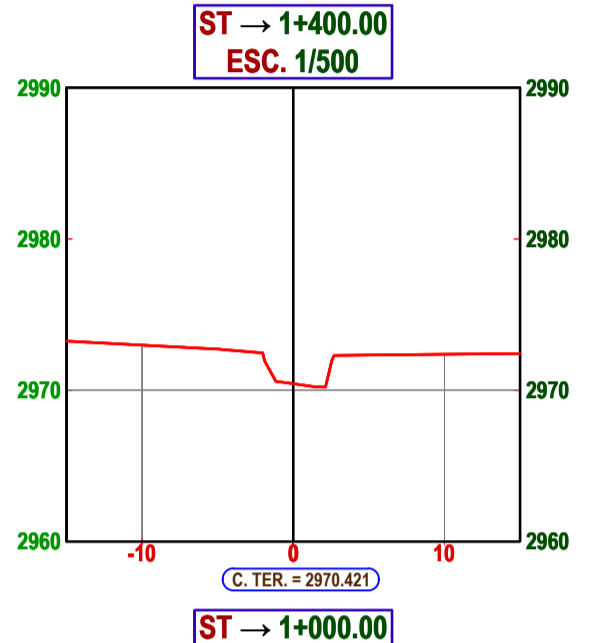
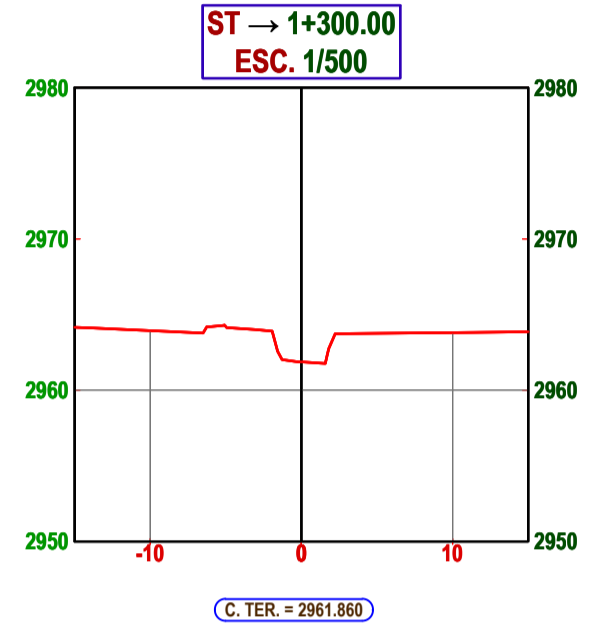
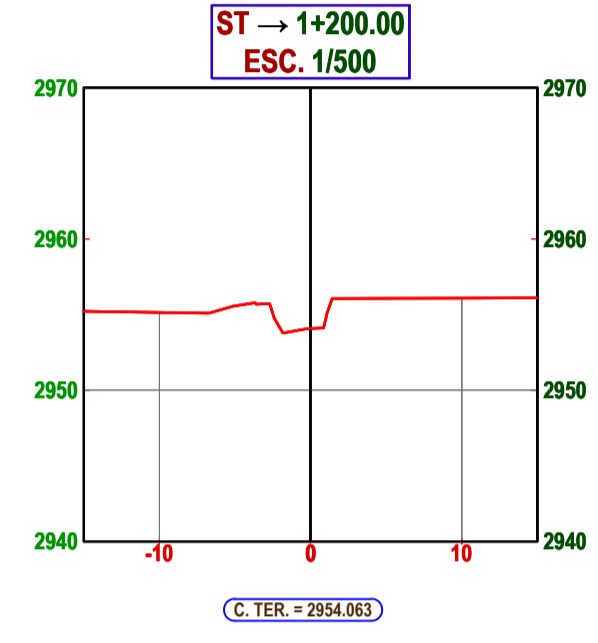
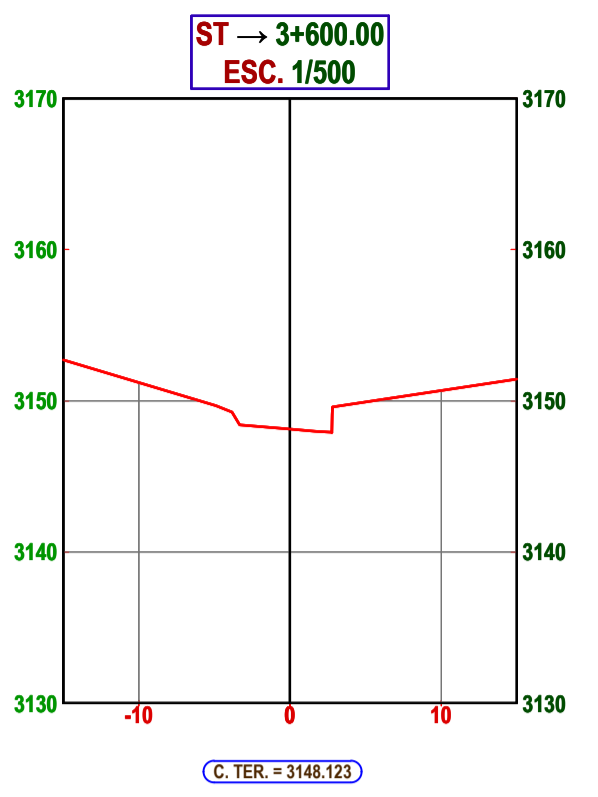
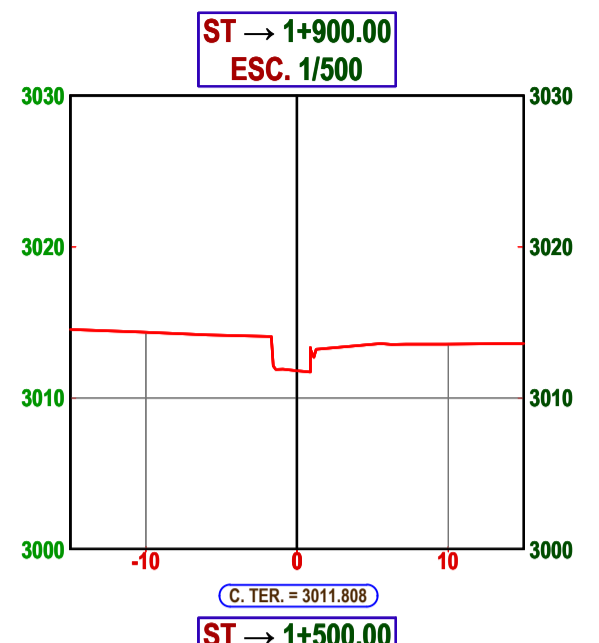
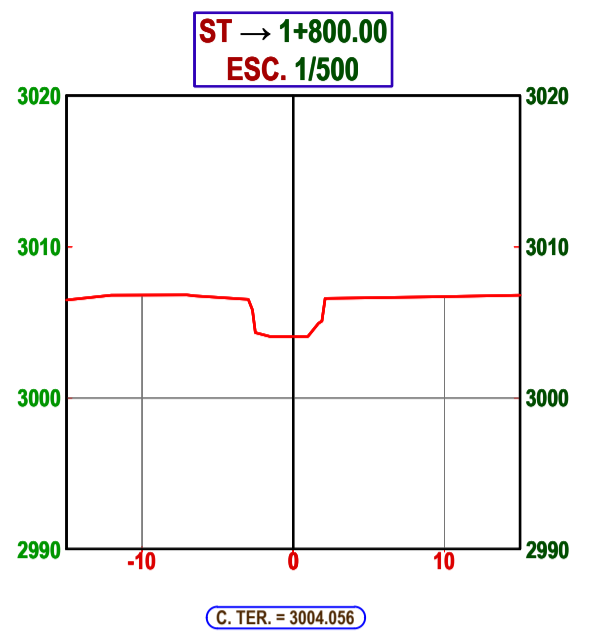
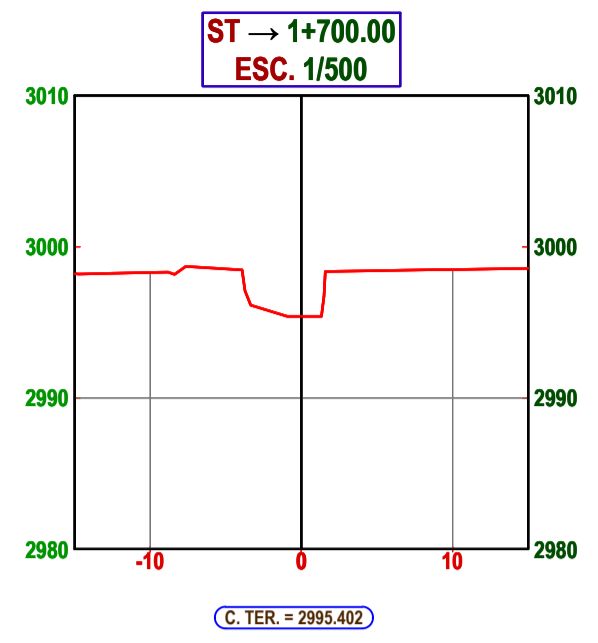
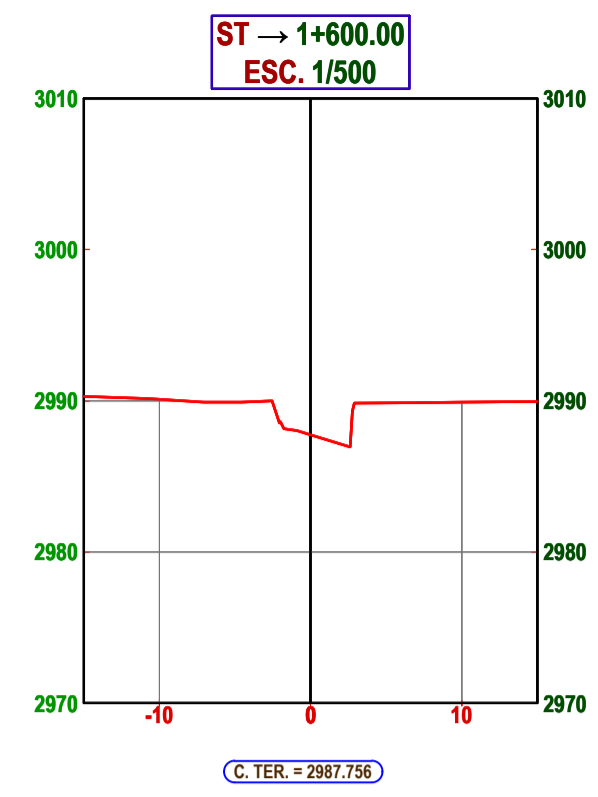
ESCALA: INDICADAS

LÁMINA:

PP-06

LUGAR Y FECHA:

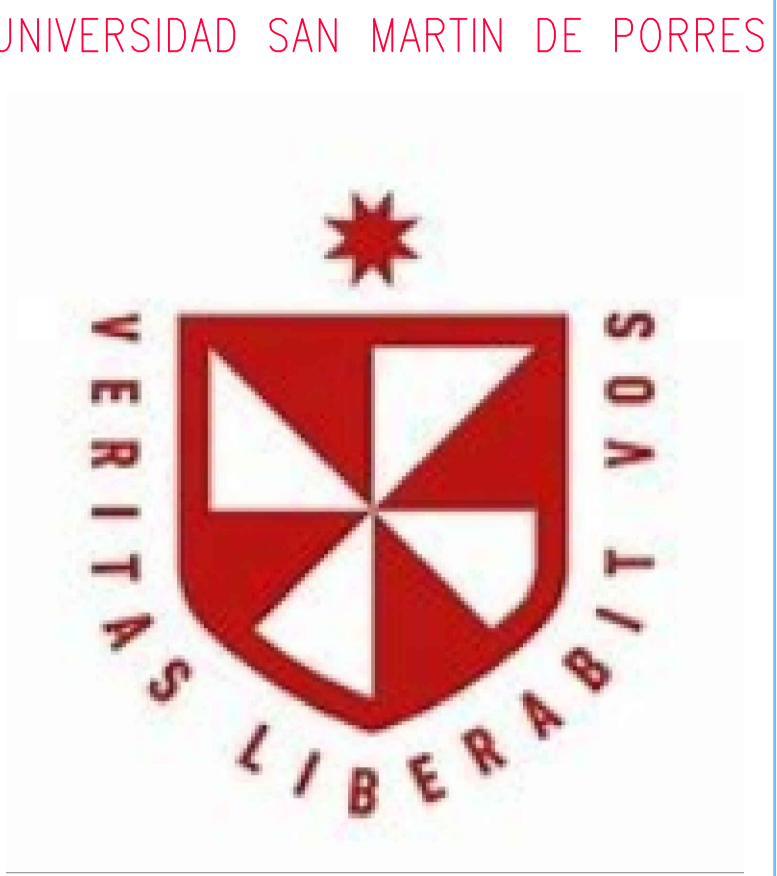
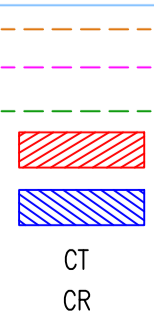
URUBAMBA, NOVIEMBRE 2023



SECCIONES TRANSVERSALES
ESC:1/500

LEYENDA SECCIONES

- LINEA TERRENO INICIAL
- LINEA TERRENO DISEÑO
- LINEA TERRENO ACTUAL
- AREA DE CORTE
- AREA DE RELLENO
- COTA TERRENO
- COTA RASANTE



PROYECTO:
"DISEÑO DE DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA DE MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO URUBAMBA - CUSCO"

UBICACIÓN:
DISTRITO : URUBAMBA
PROVINCIA : URUBAMBA
DEPARTAMENTO : CUSCO

FACULTAD:
INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

ELABORADO POR:
BACH.LEONIDAS MEJIA MEZA
BACH.KELVIN ELVIO SURCO PAUCCAR

PLANO:
SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA: INDICADAS

LÁMINA:
ST-01

LUGAR Y FECHA:
URUBAMBA, NOVIEMBRE 2023



PROYECTO:
 "DISEÑO DE DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA DE MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO URUBAMBA - CUSCO"

UBICACIÓN:
 DISTRITO : URUBAMBA
 PROVINCIA : URUBAMBA
 DEPARTAMENTO : CUSCO

FACULTAD:
 INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

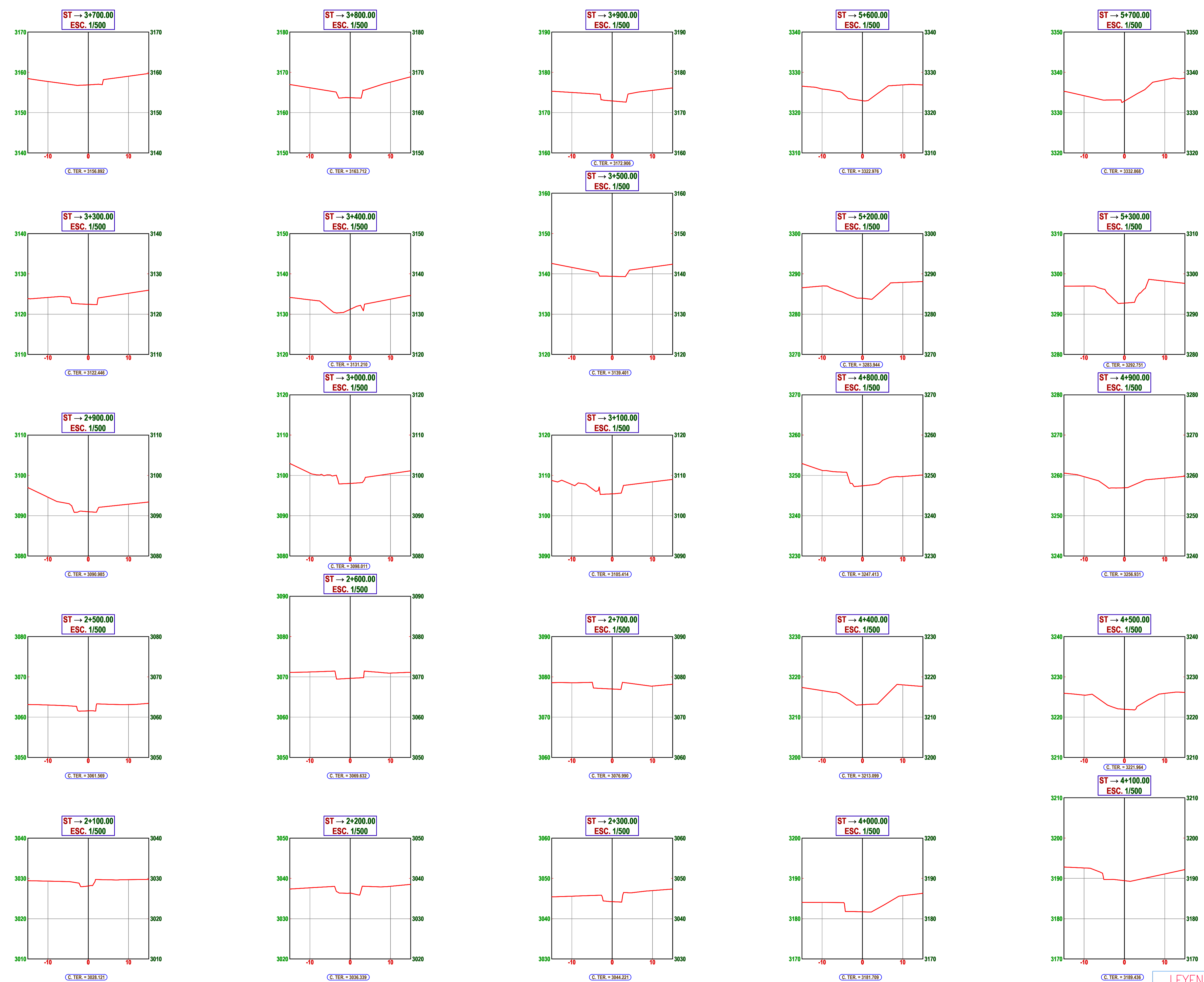
ELABORADO POR:
 BACH.LEONIDAS MEJIA MEZA
 BACH.KELVIN ELVIO SURCO PAUCCAR

PLANO:
 SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA: INDICADAS

LÁMINA:
 ST-02

LUGAR Y FECHA:
 URUBAMBA, NOVIEMBRE 2023



SECCIONES TRANSVERSALES
 ESC:1/500

LEYENDA SECCIONES

LINEA TERRENO INICIAL	---
LINEA TERRENO DISEÑO	----
LINEA TERRENO ACTUAL	—
AREA DE CORTE	▨
AREA DE RELLENO	▩
COTA TERRENO	CT
COTA RASANTE	CR



PROYECTO:

"DISEÑO DE DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA DE MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO URUBAMBA - CUSCO"

UBICACIÓN:

DISTRITO : URUBAMBA
 PROVINCIA : URUBAMBA
 DEPARTAMENTO : CUSCO

FACULTAD:

INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

ELABORADO POR:

BACH.LEONIDAS MEJIA MEZA
 BACH.KELVIN ELVIO SURCO PAUCCAR

PLANO:

SECCIONES TRANSVERSALES

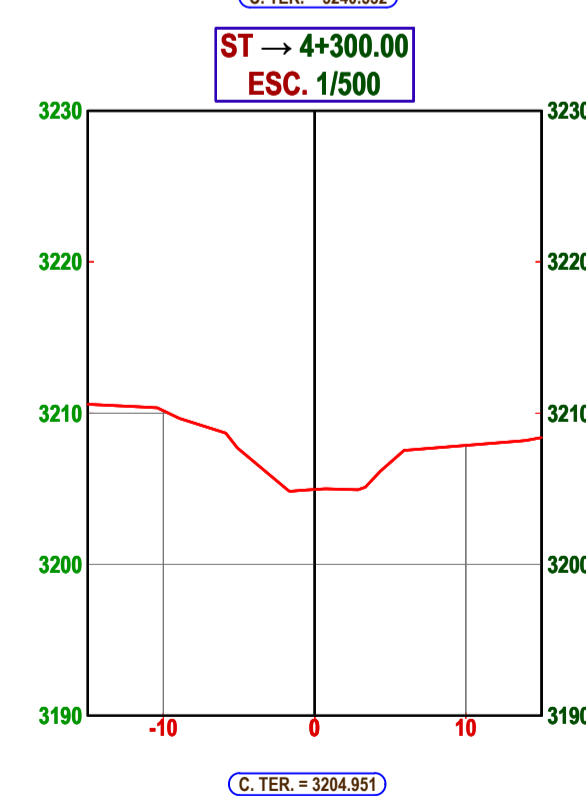
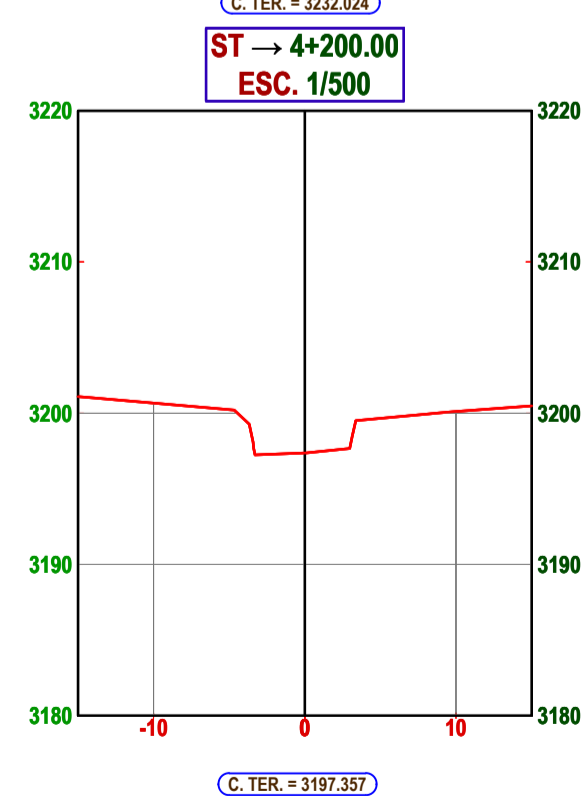
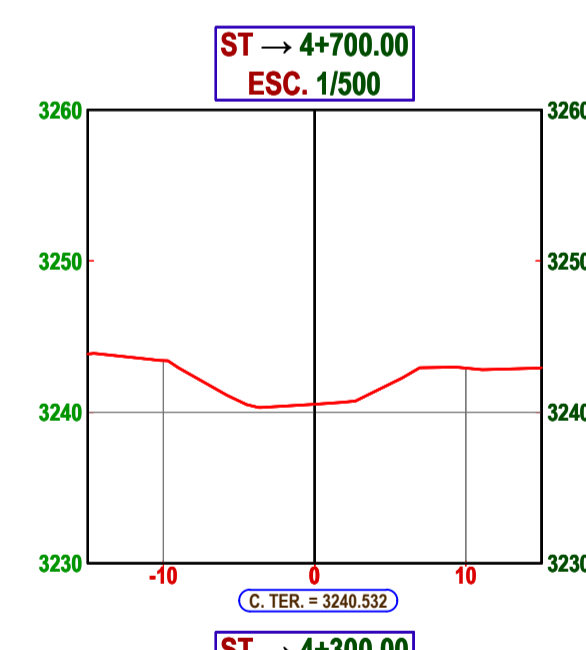
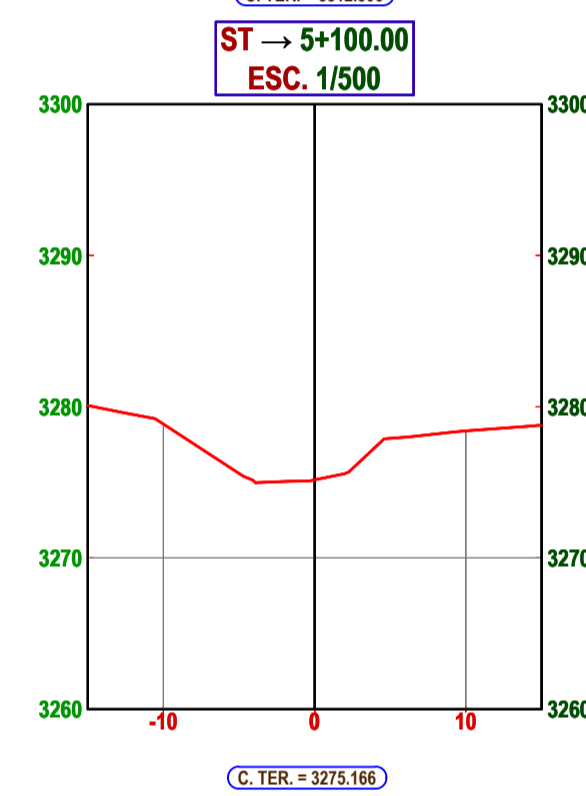
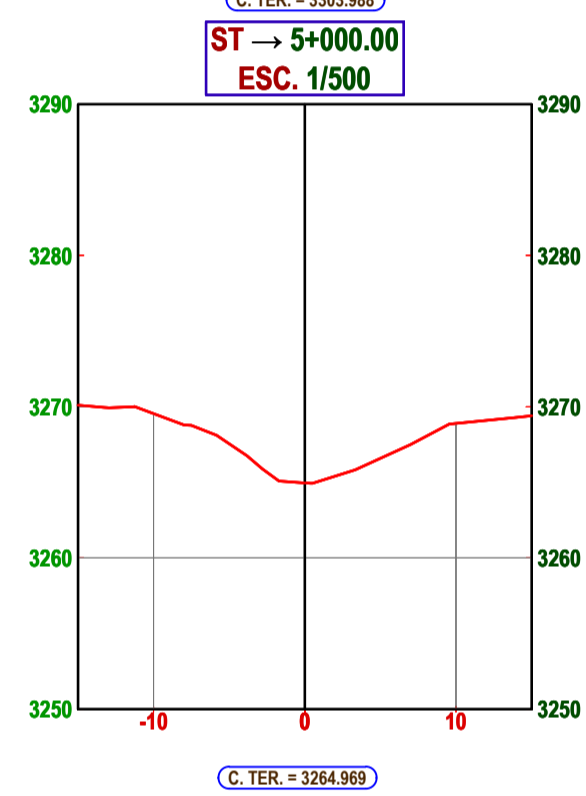
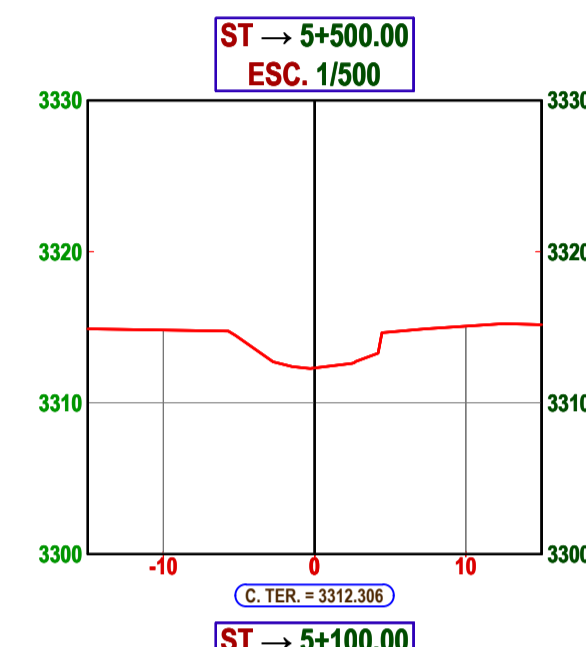
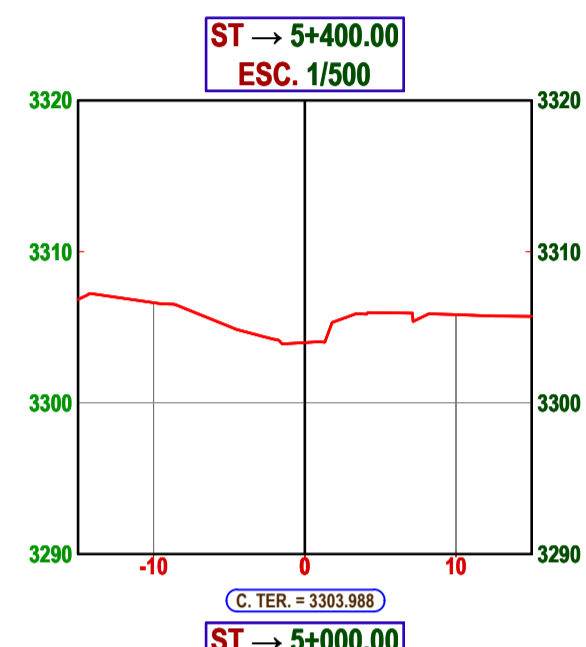
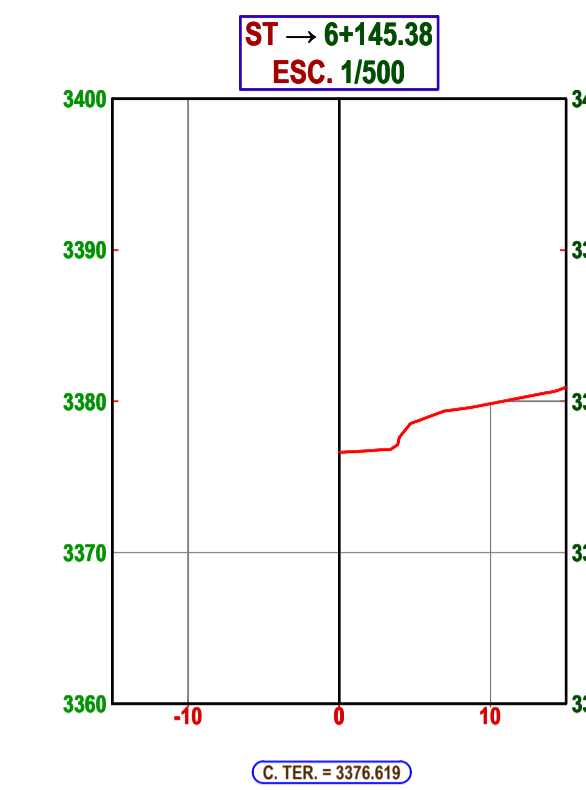
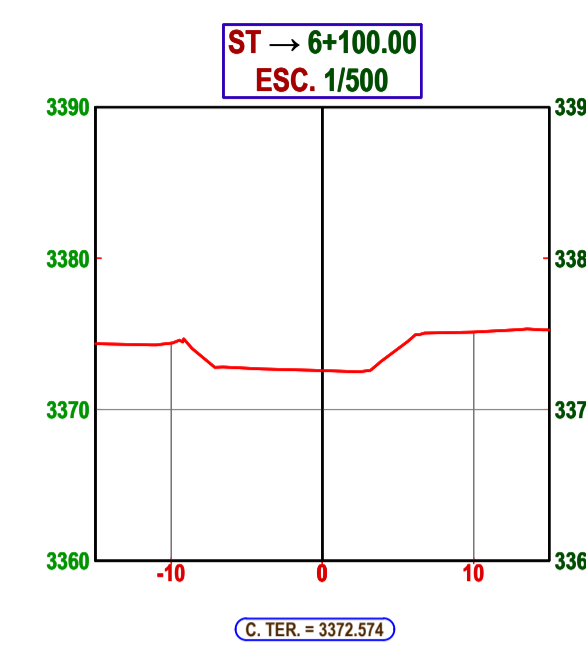
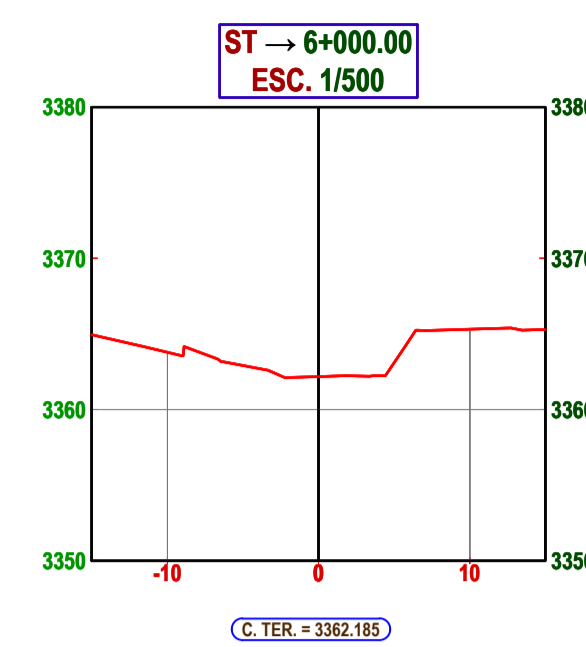
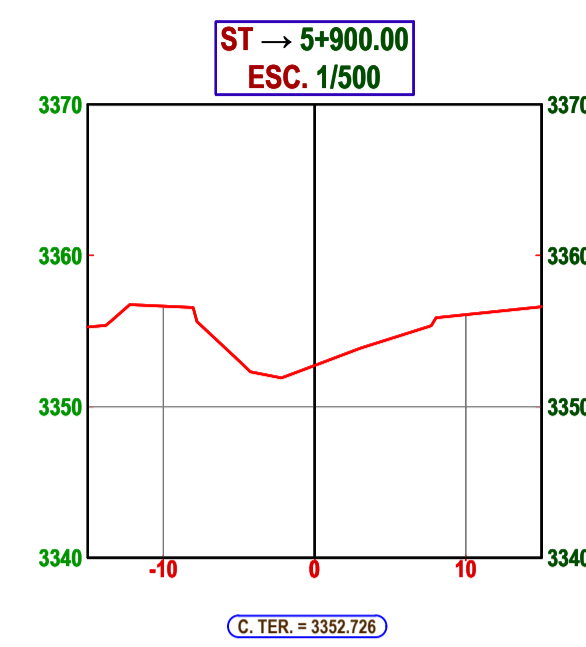
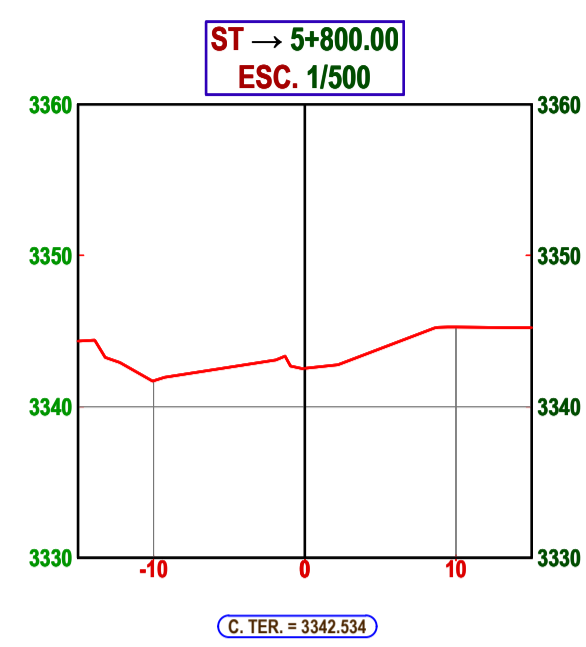
ESCALA: INDICADAS

LÁMINA:

ST-03

LUGAR Y FECHA:

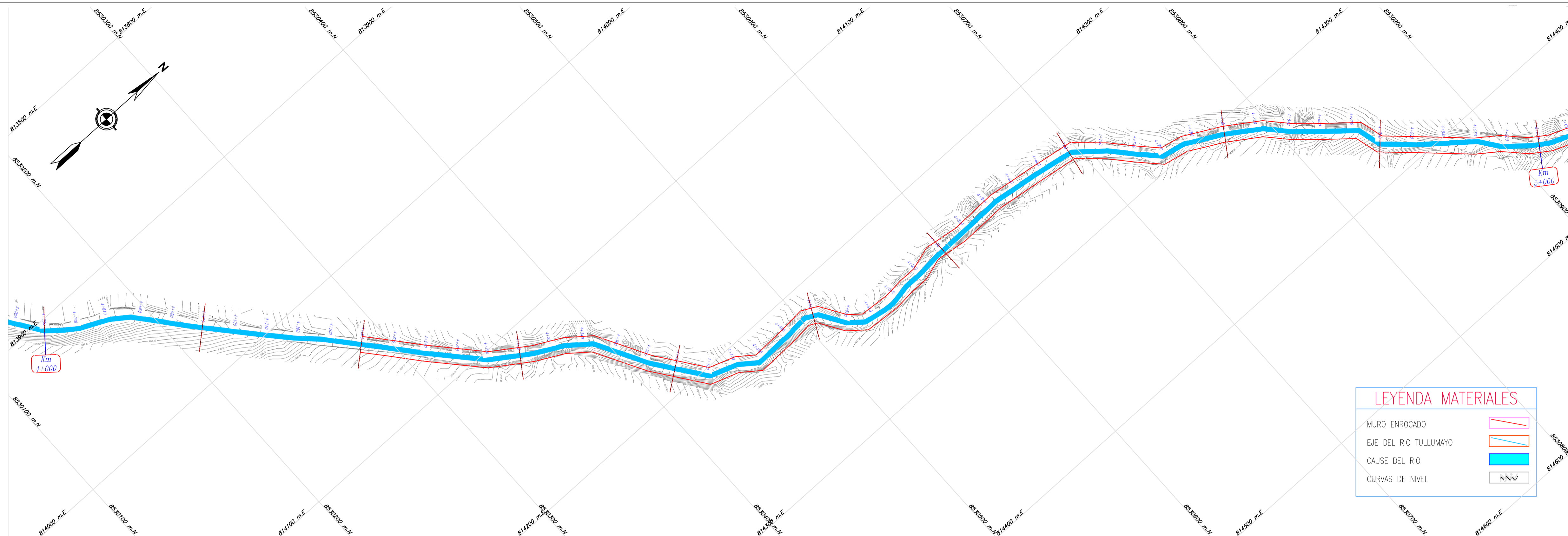
URUBAMBA, NOVIEMBRE 2023



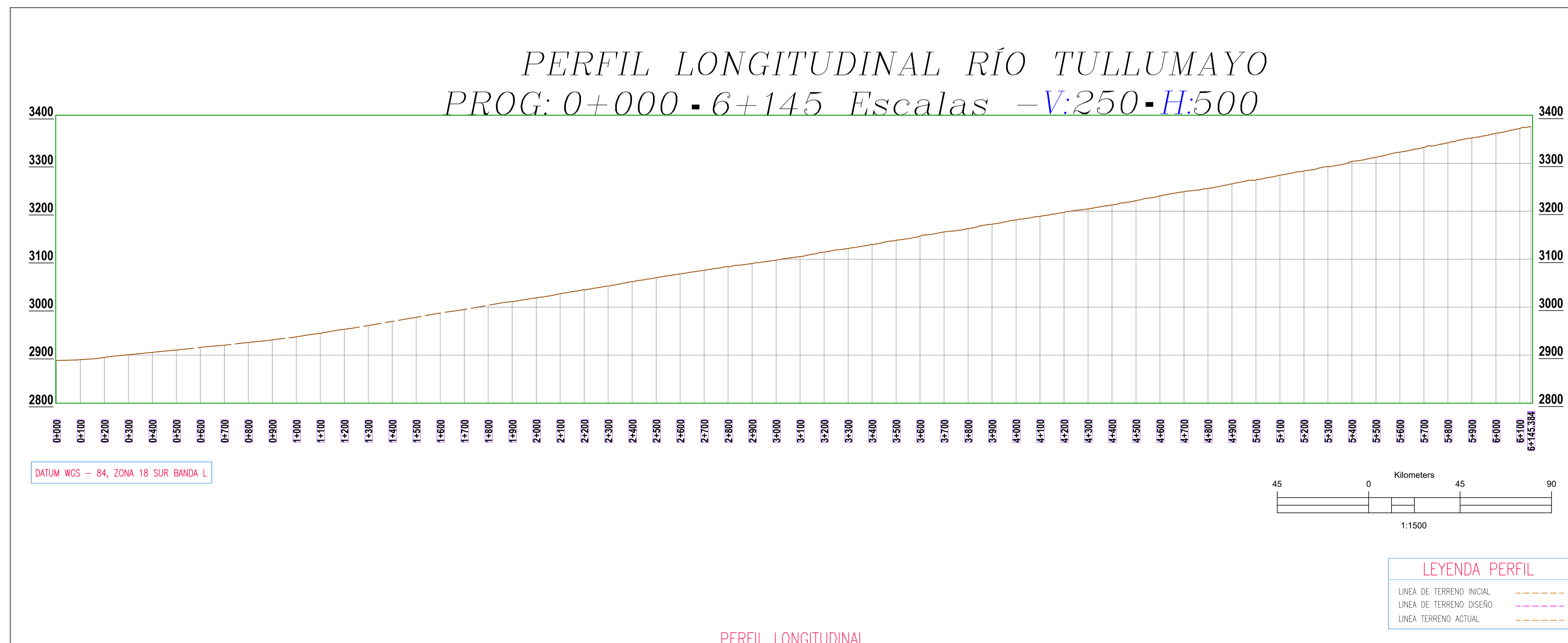
SECCIONES TRANSVERSALES
 ESC:1/500

LEYENDA SECCIONES

- LINEA TERRENO INICIAL
- LINEA TERRENO DISEÑO
- LINEA TERRENO ACTUAL
- AREA DE CORTE
- AREA DE RELLENO
- COTA TERRENO
- COTA RASANTE



PLANO EN PLANTA PROG.4+200 – 5+000 KM
ESC:1/1,500



PERFIL LONGITUDINAL RÍO TULLUMAYO
PROG: 0+000 - 6+145 Escalas -V:250-H:500

PERFIL LONGITUDINAL
ESC:HOR. 1/1,000 – VER. 1/100

UNIVERSIDAD SAN MARTIN DE PORRES



PROYECTO:

"DISEÑO DE DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA DE MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO URUBAMBA – CUSCO"

UBICACIÓN:

DISTRITO : URUBAMBA
PROVINCIA : URUBAMBA
DEPARTAMENTO : CUSCO
COMUNIDAD : SAN ISIDRO CHICÓN

FACULTAD:

INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

ELABORADO POR:

BACH.LEONIDAS MEJIA MEZA
BACH.KELVIN ELVIO SURCO PAUCCAR

PLANO:

PLANTA Y PERFIL

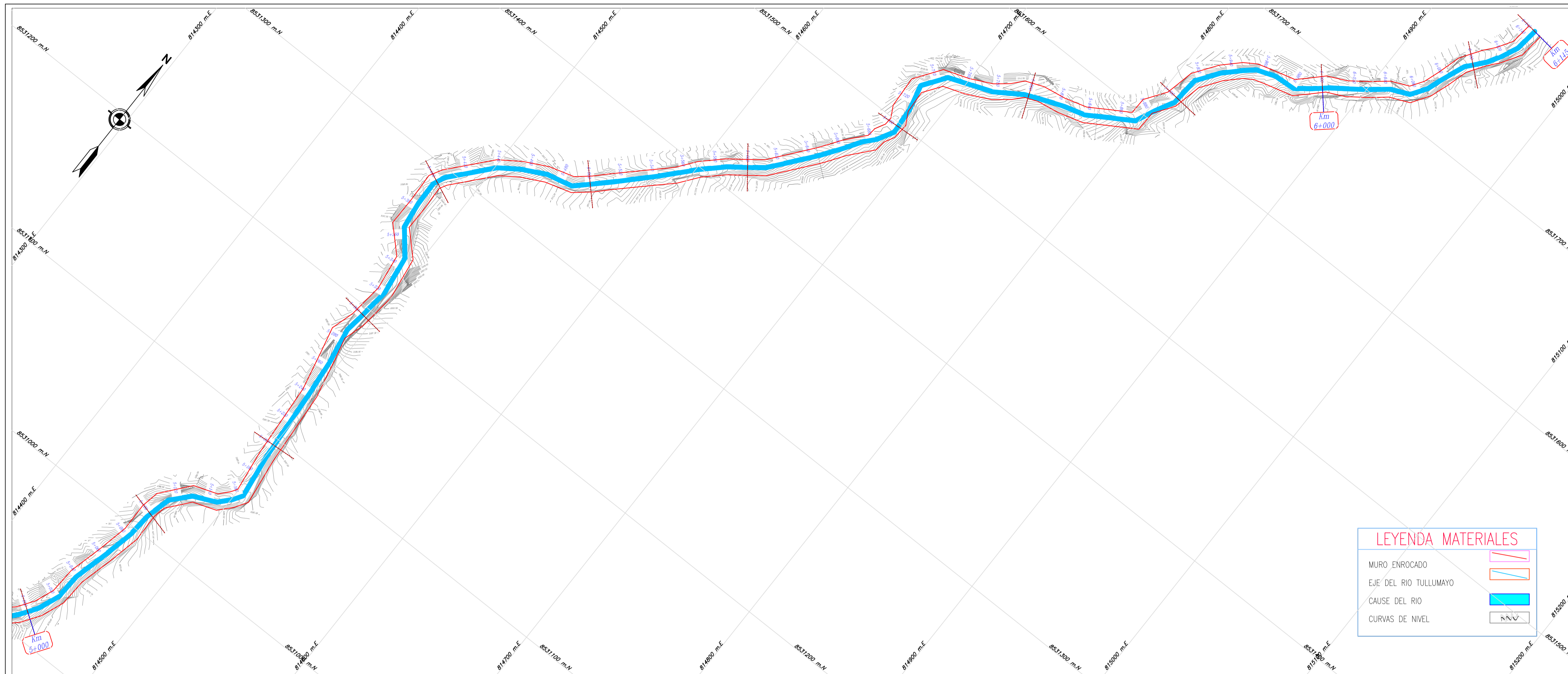
ESCALA: INDICADAS

LÁMINA:

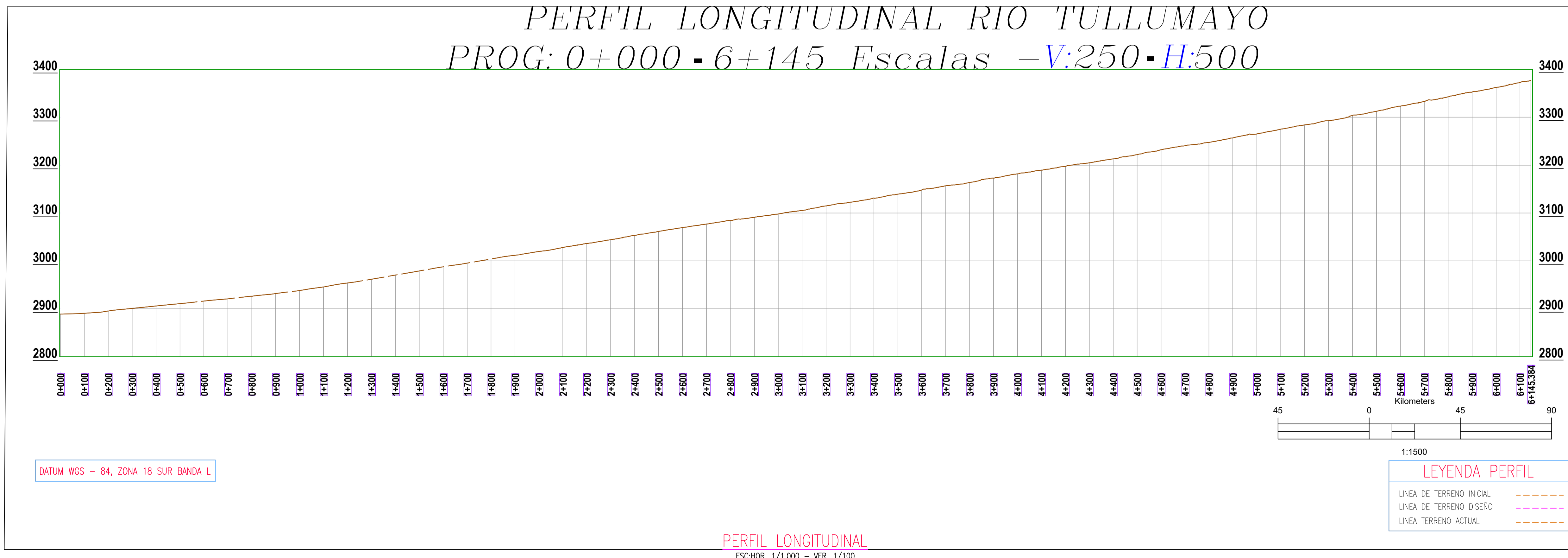
PP-05

LUGAR Y FECHA:

URUBAMBA, NOVIEMBRE 2023

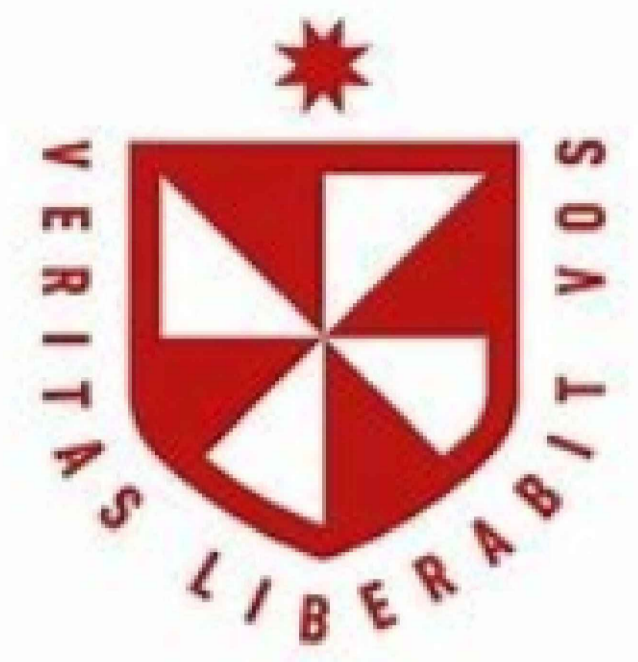


PLANO EN PLANTA **PROG. 5+000 - 6+145 KM**
 ESC:1/1,500



PERFIL LONGITUDINAL
 ESC: HOR. 1/1,000 - VER. 1/100

UNIVERSIDAD SAN MARTIN DE PORRES



PROYECTO:

"DISEÑO DE DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA DE MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO URUBAMBA - CUSCO"

UBICACIÓN:

DISTRITO : URUBAMBA
 PROVINCIA : URUBAMBA
 DEPARTAMENTO : CUSCO

FACULTAD:

INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

ELABORADO POR:

BACH. LEONIDAS MEJIA MEZA
 BACH. KELVIN ELVIO SURCO PAUCCAR

PLANO:

PLANTA Y PERFIL

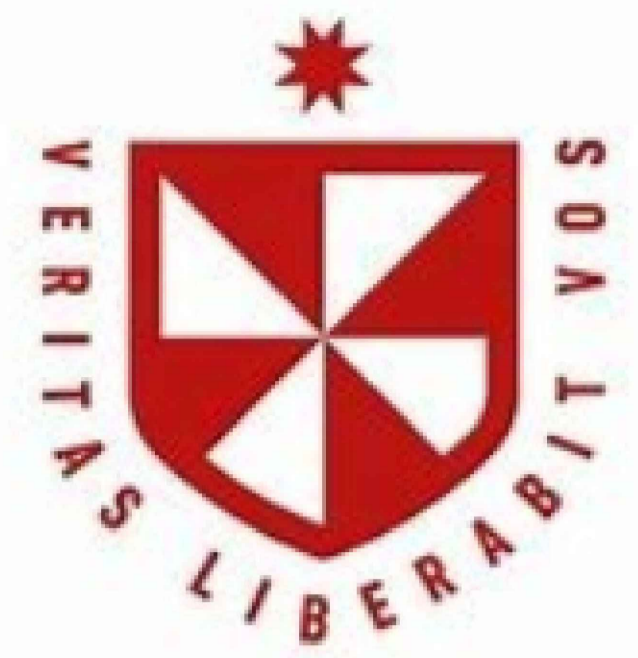
ESCALA: INDICADAS

LÁMINA:

PP-06

LUGAR Y FECHA:

URUBAMBA, NOVIEMBRE 2023



PROYECTO:

"DISEÑO DE DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA DE MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO URUBAMBA - CUSCO"

UBICACIÓN:

DISTRITO : URUBAMBA
 PROVINCIA : URUBAMBA
 DEPARTAMENTO : CUSCO

FACULTAD:

INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

ELABORADO POR:

BACH.LEONIDAS MEJIA MEZA
 BACH.KELVIN ELVIO SURCO PAUCCAR

PLANO:

SECCIONES TRANSVERSALES

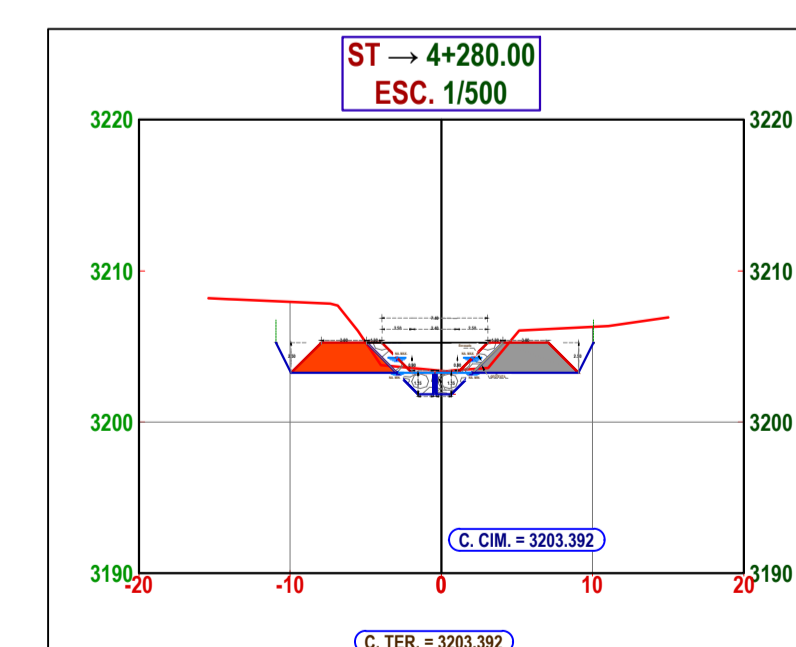
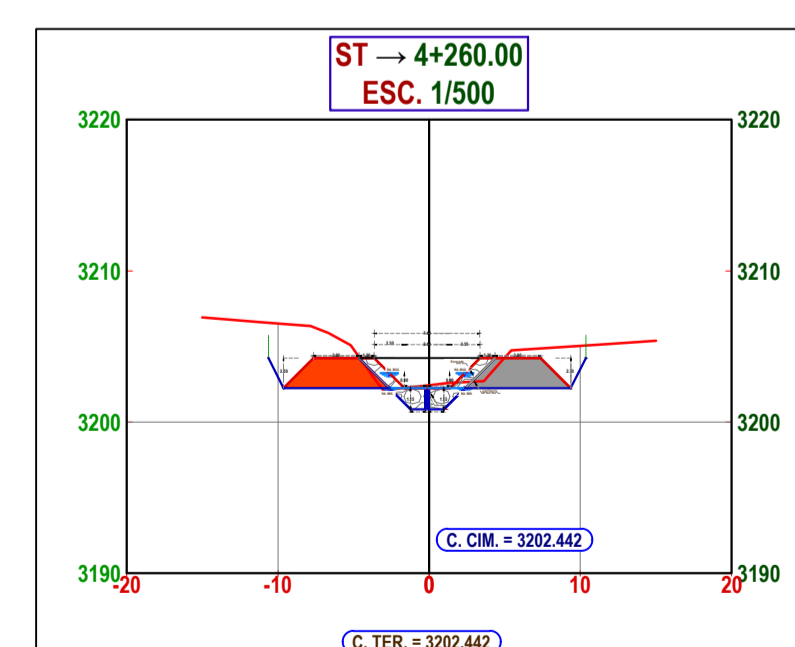
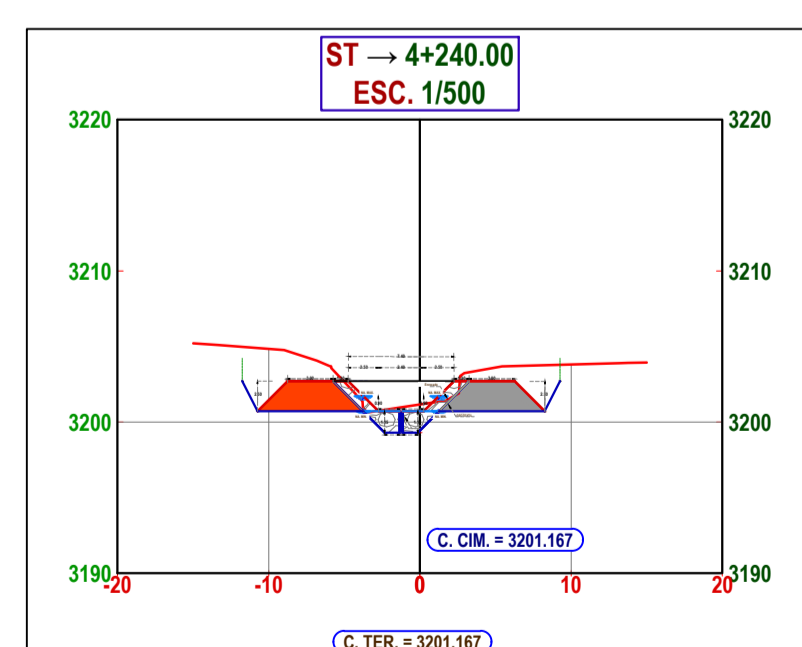
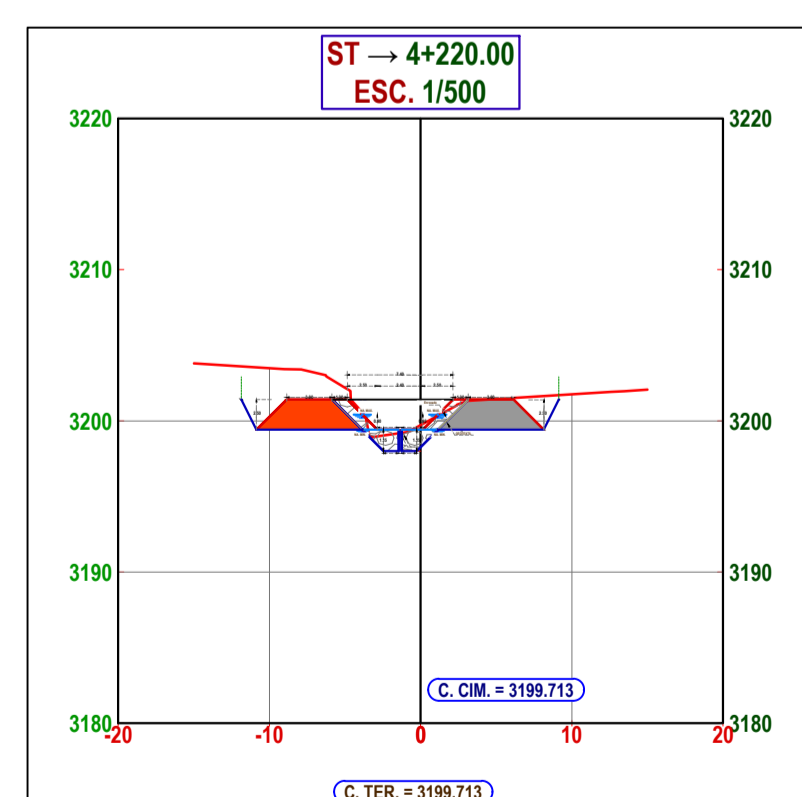
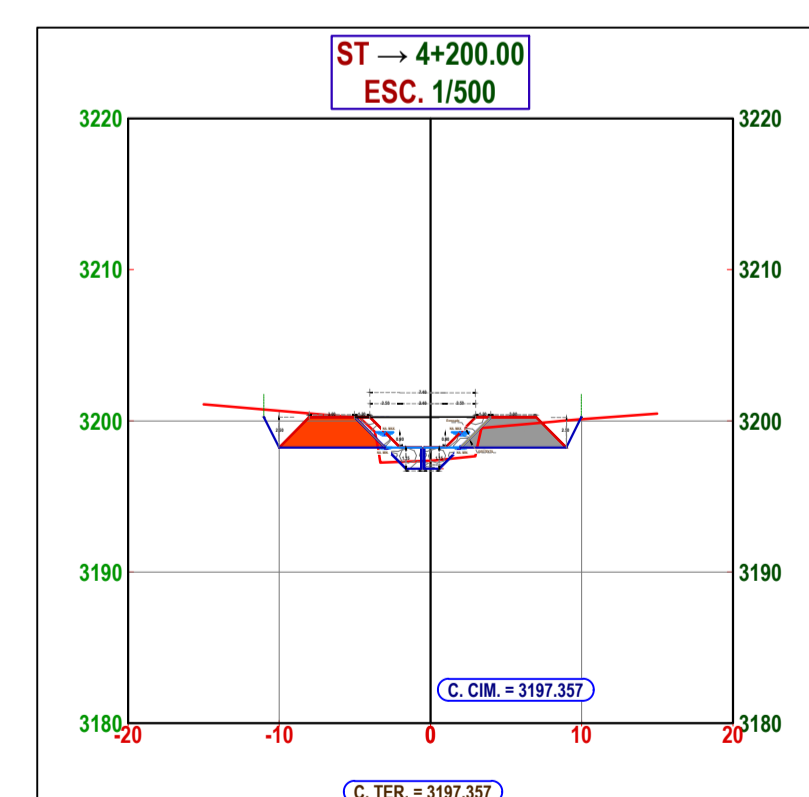
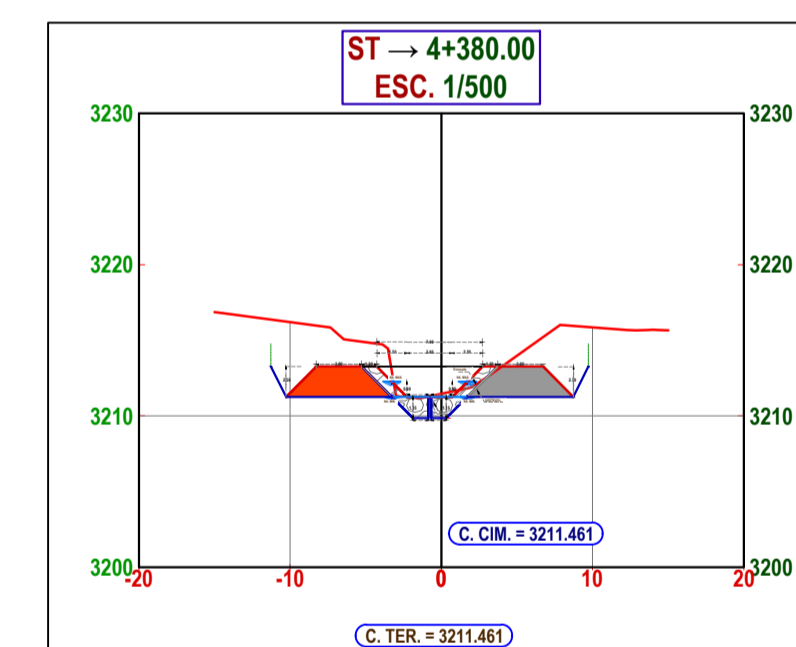
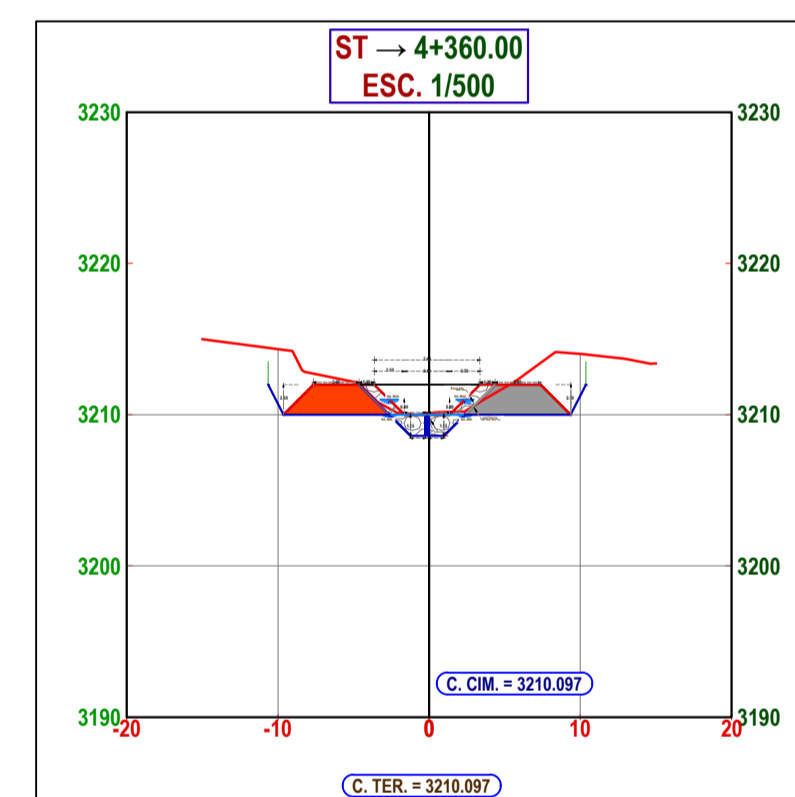
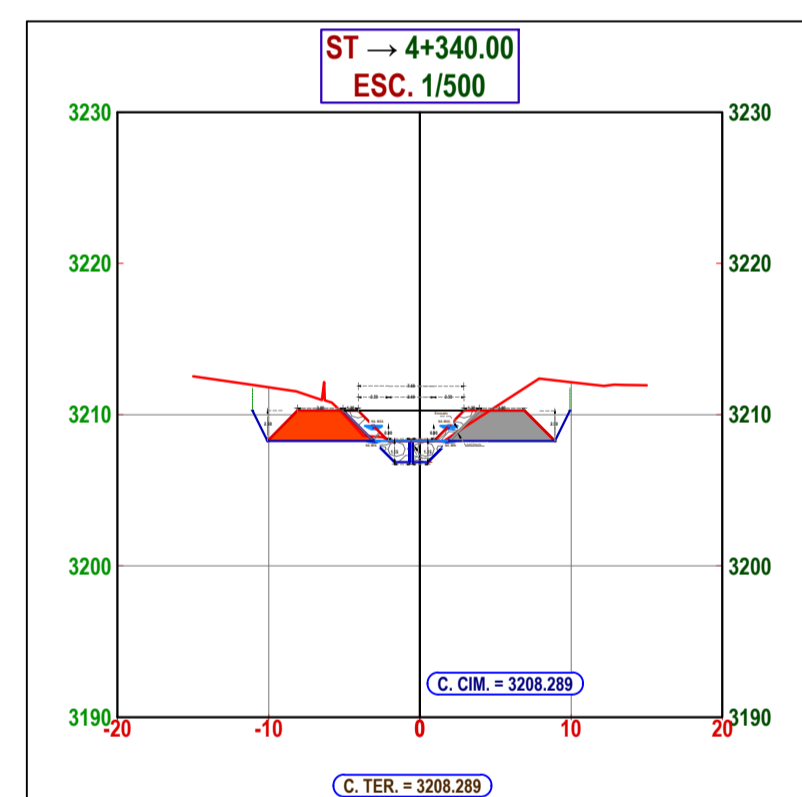
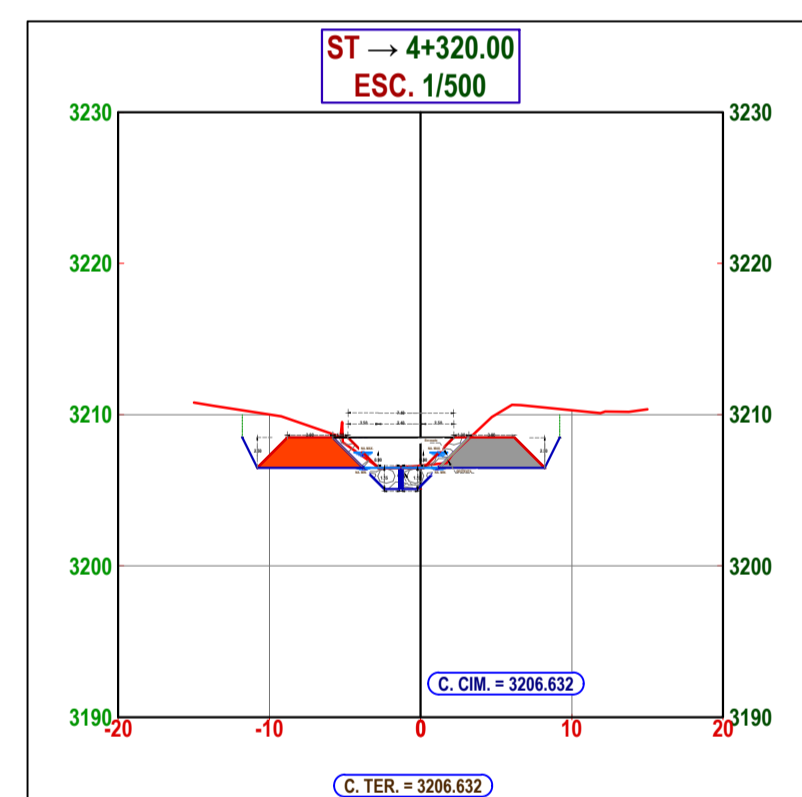
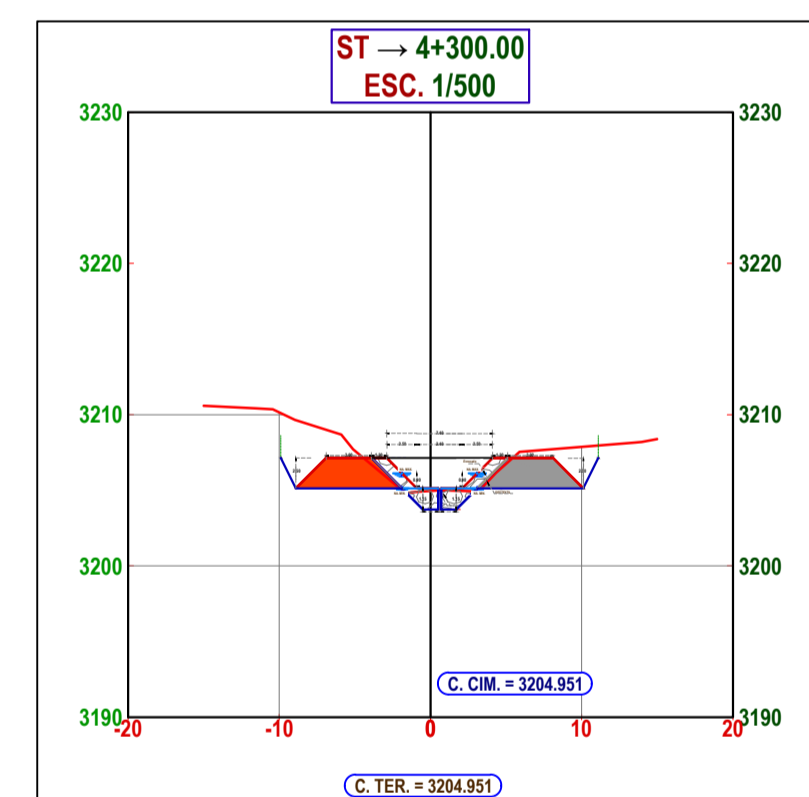
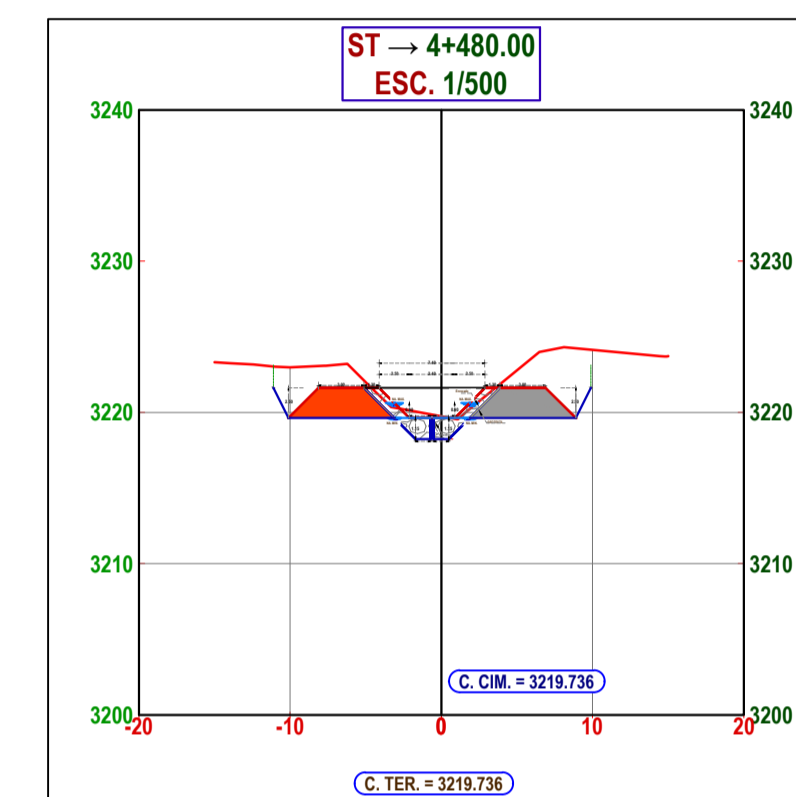
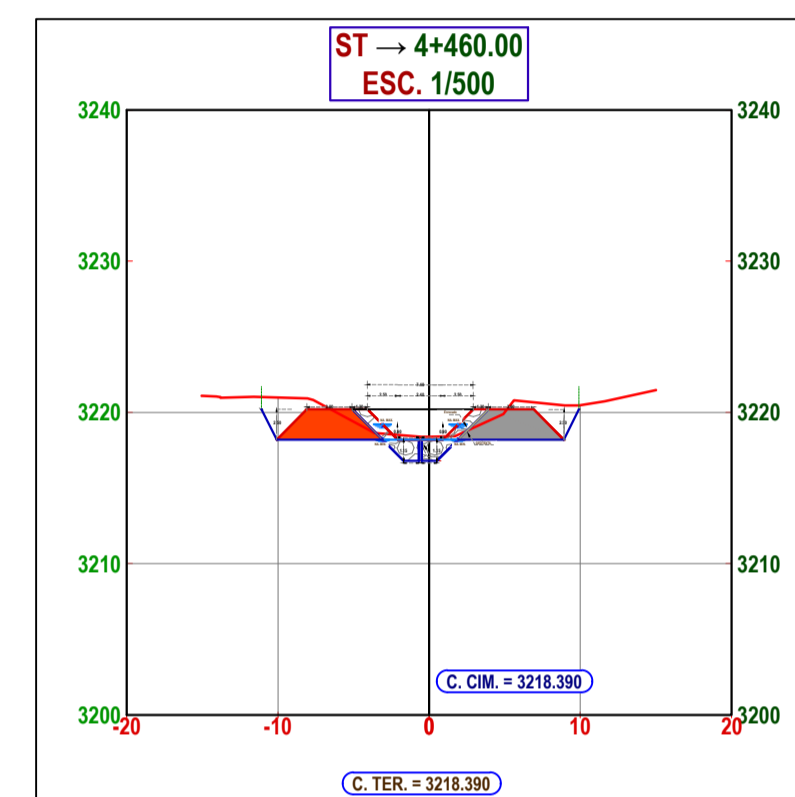
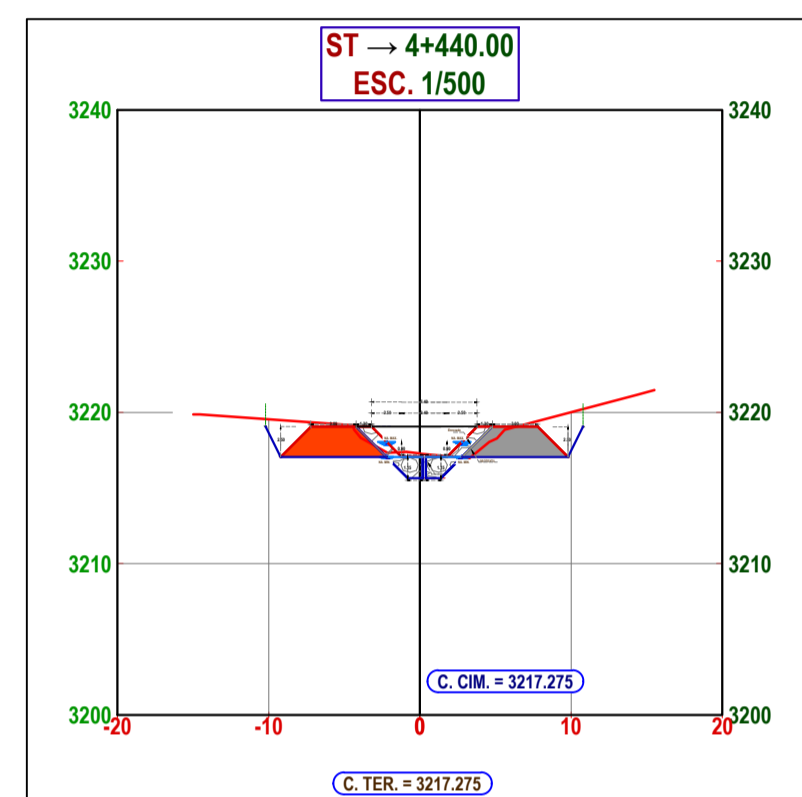
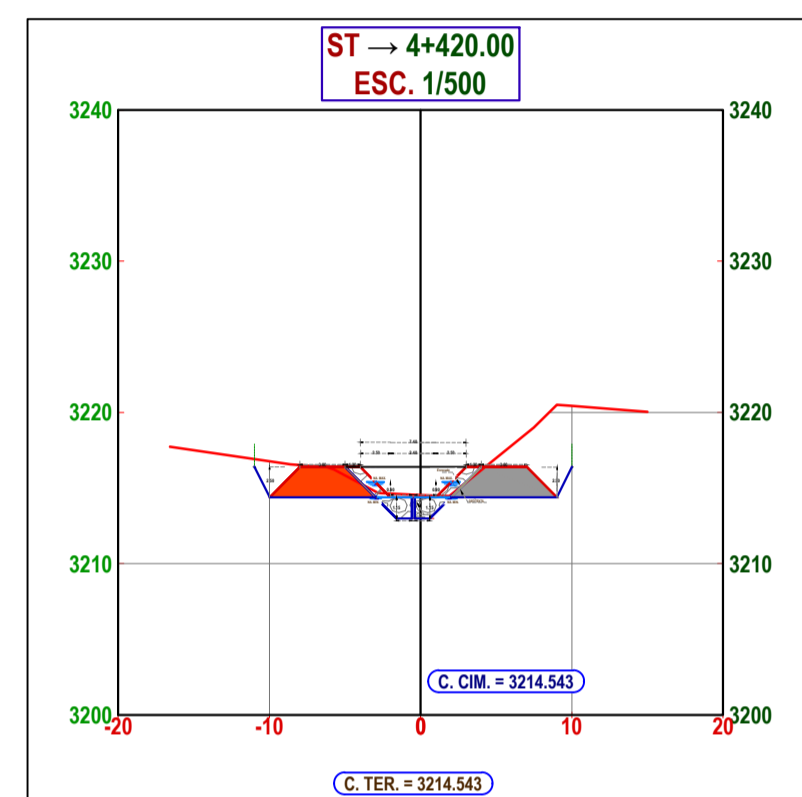
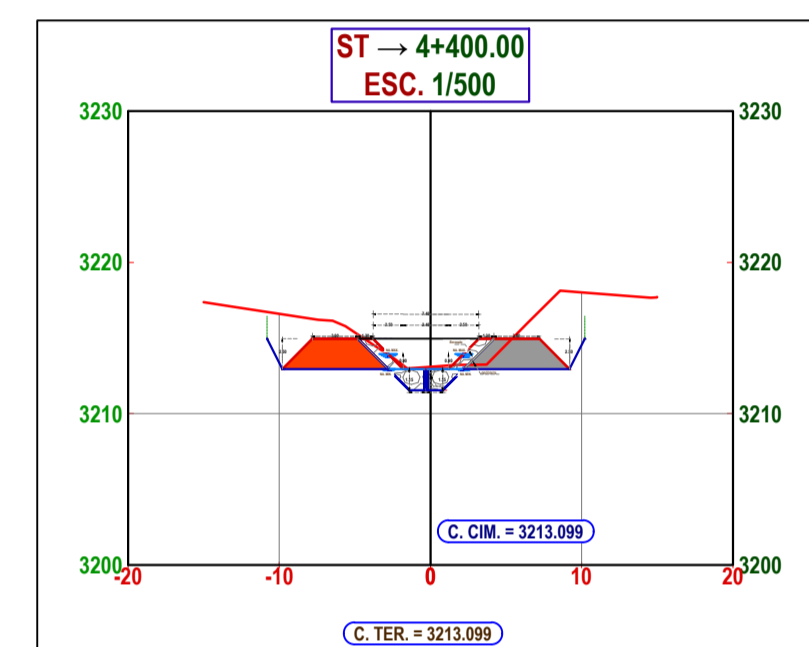
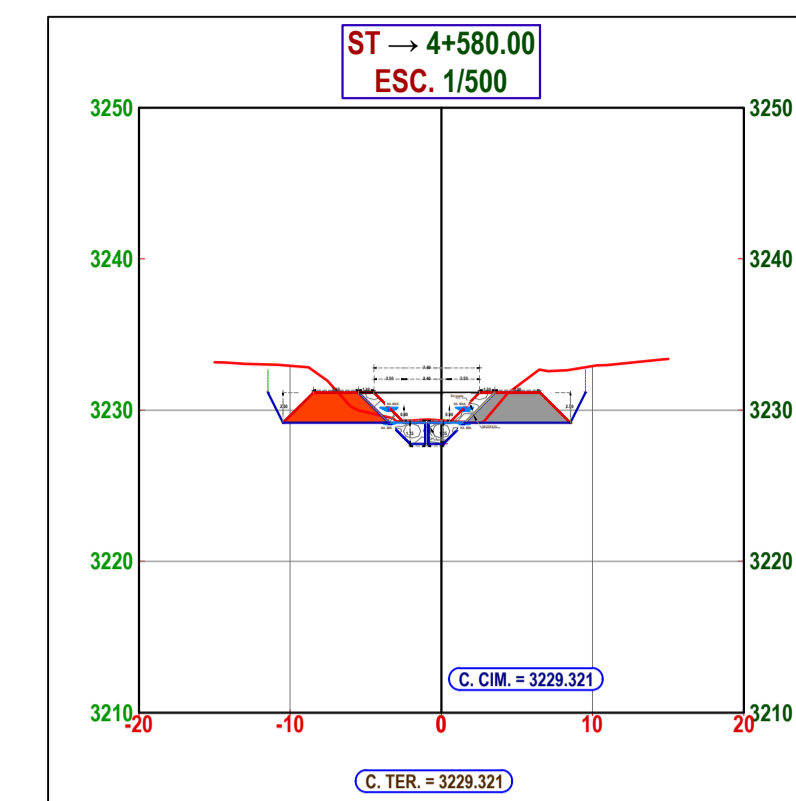
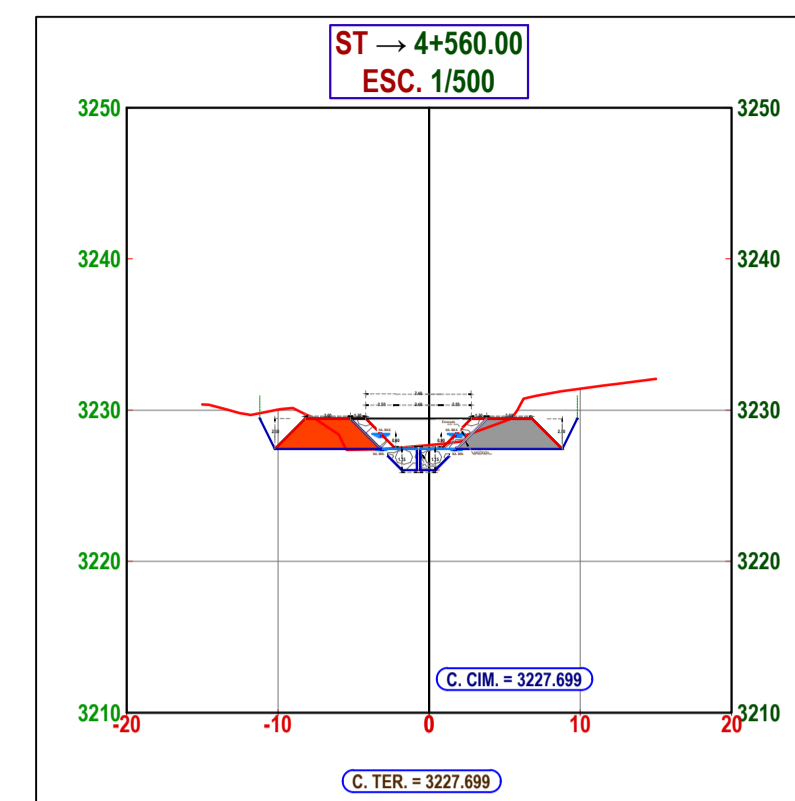
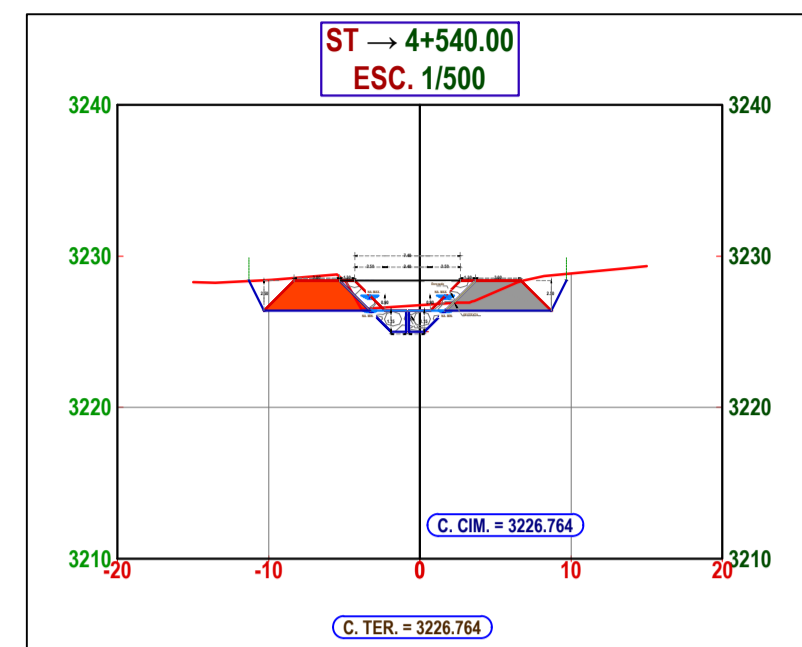
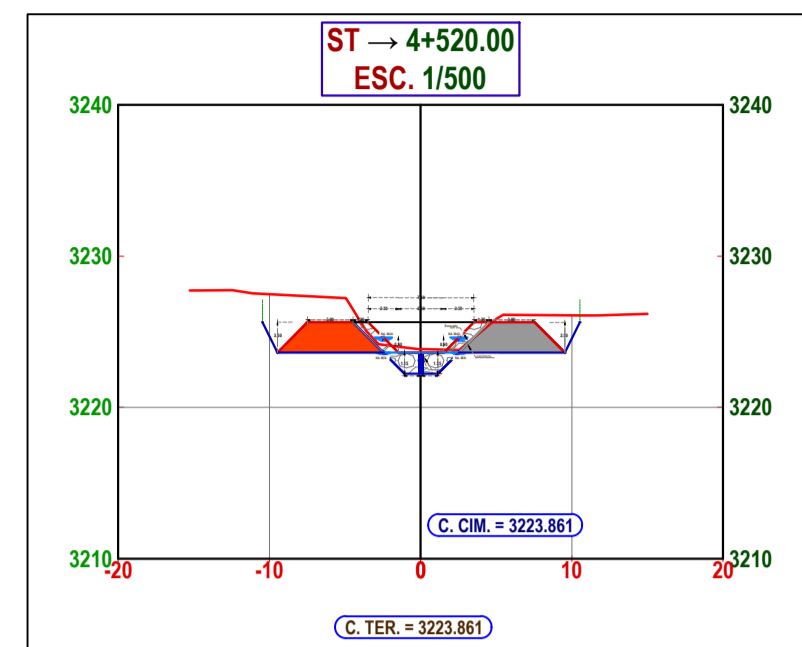
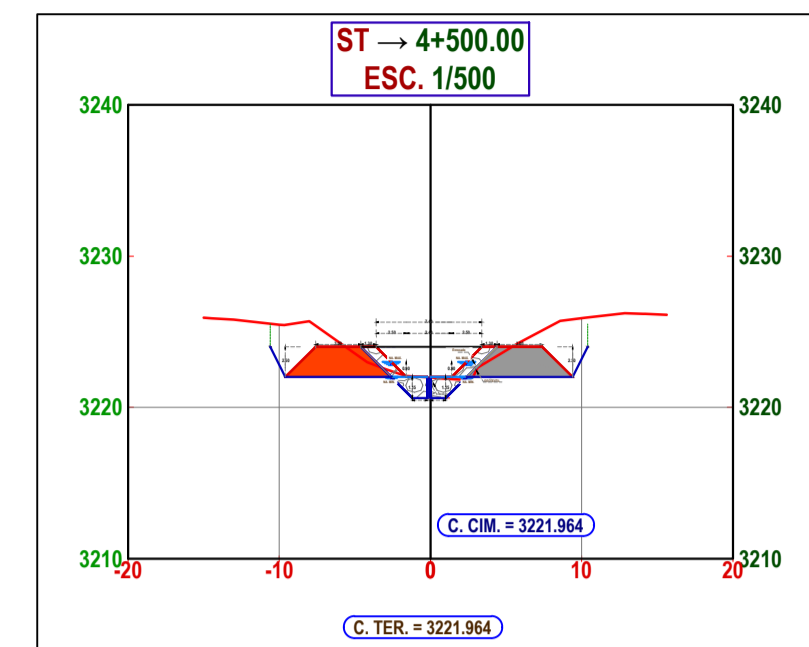
ESCALA: INDICADAS

LÁMINA:

ST-01

LUGAR Y FECHA:

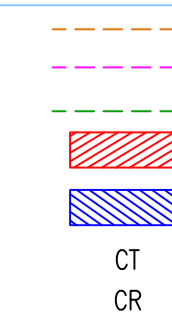
URUBAMBA, NOVIEMBRE 2023



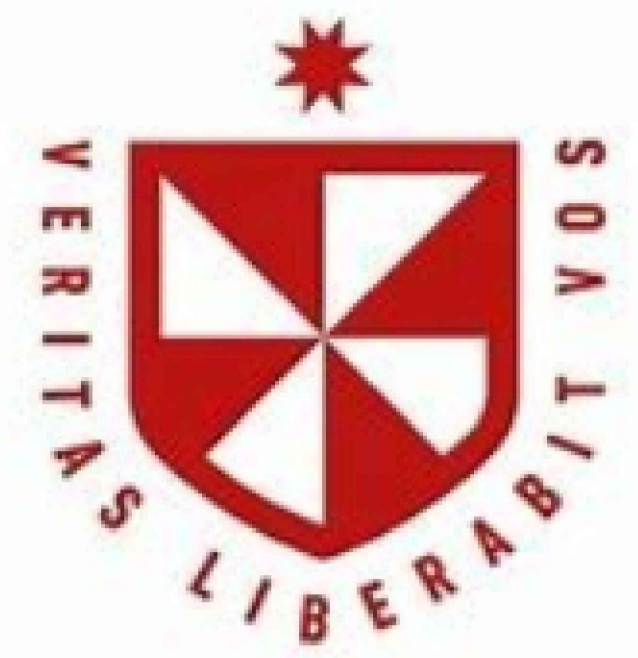
SECCIONES TRANSVERSALES
 ESC:1/500

LEYENDA SECCIONES

- LINEA TERRENO INICIAL
- LINEA TERRENO DISEÑO
- LINEA TERRENO ACTUAL
- AREA DE CORTE
- AREA DE RELLENO
- COTA TERRENO
- COTA RASANTE



CT
 CR



PROYECTO:

"DISEÑO DE DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA DE MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO URUBAMBA - CUSCO"

UBICACIÓN:

DISTRITO : URUBAMBA
 PROVINCIA : URUBAMBA
 DEPARTAMENTO : CUSCO

FACULTAD:

INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

ELABORADO POR:

BACH.LEONIDAS MEJIA MEZA
 BACH.KELVIN ELVIO SURCO PAUCCAR

PLANO:

SECCIONES TRANSVERSALES

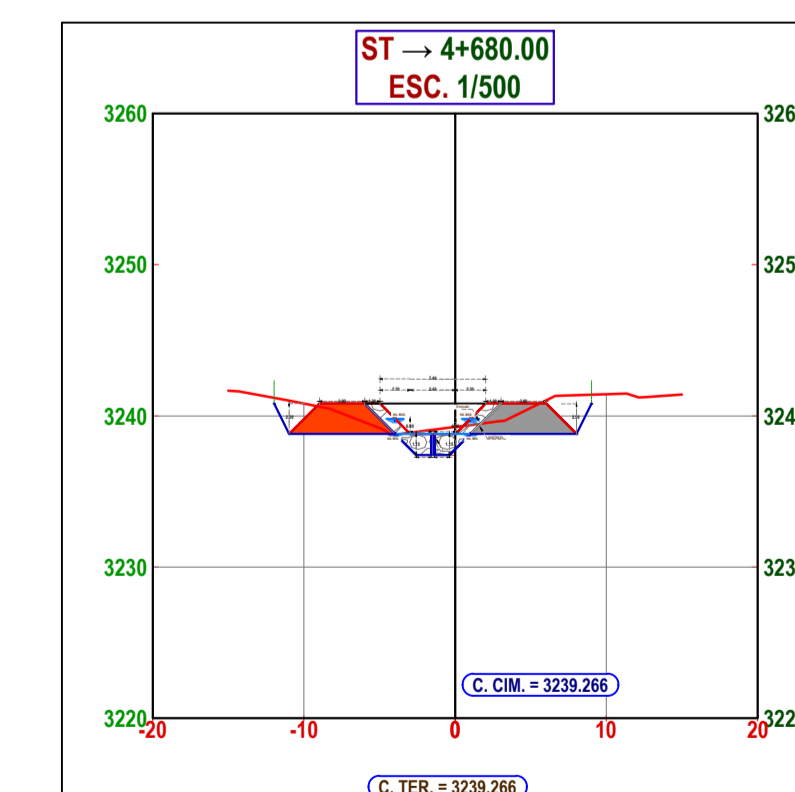
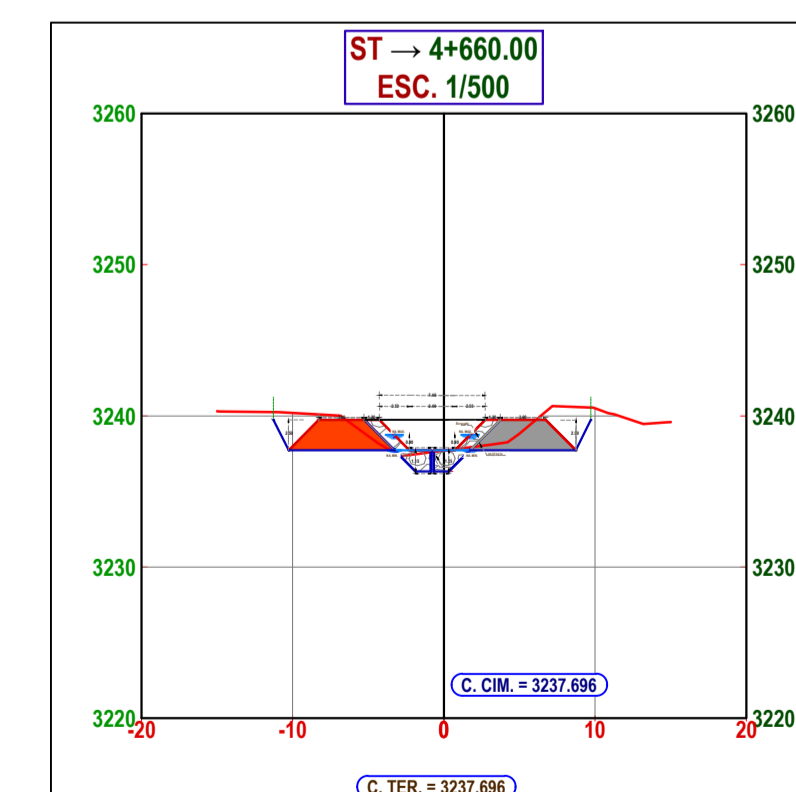
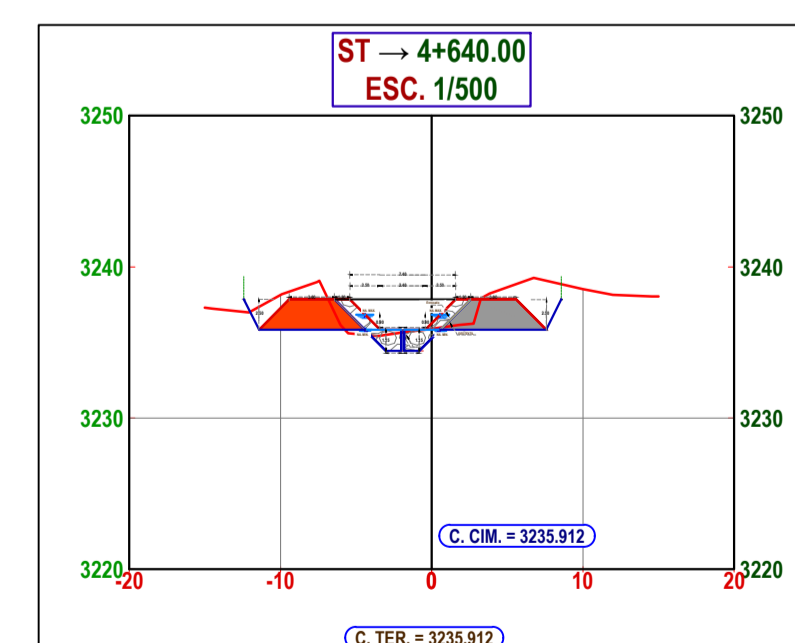
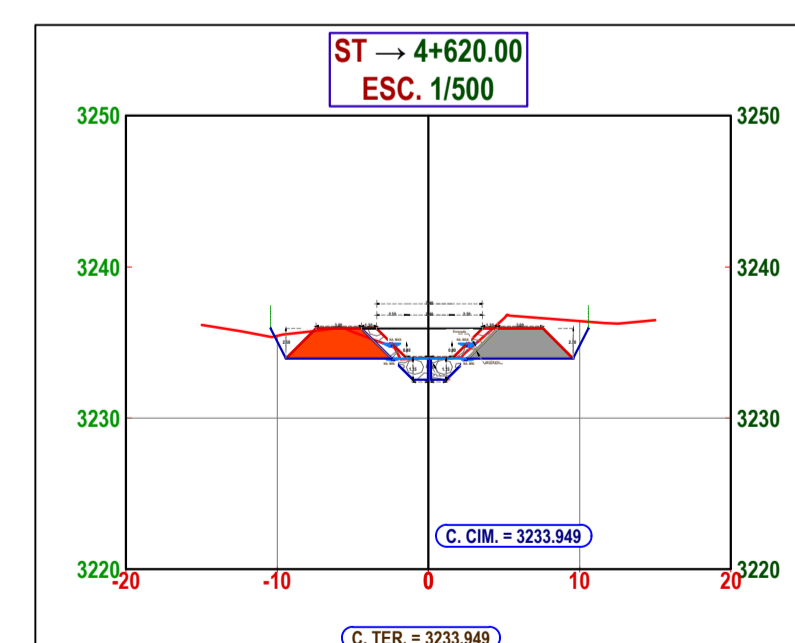
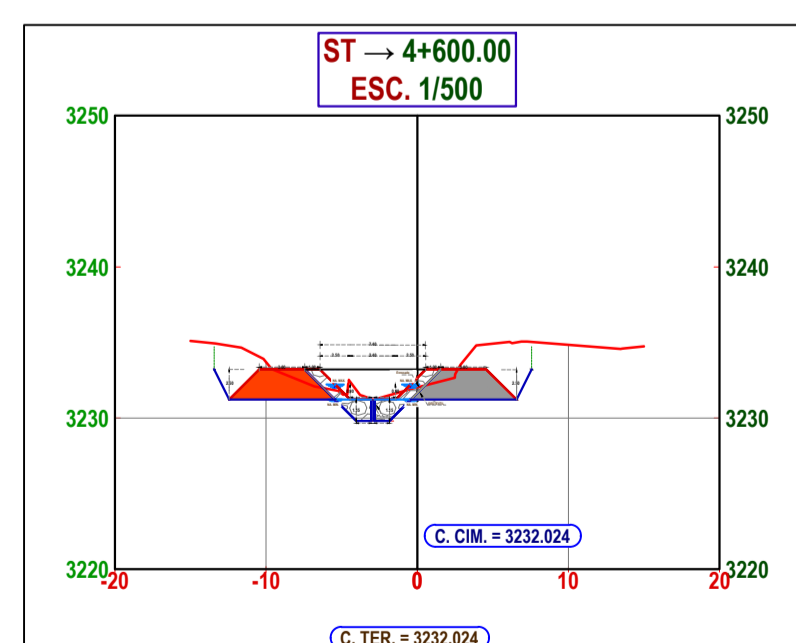
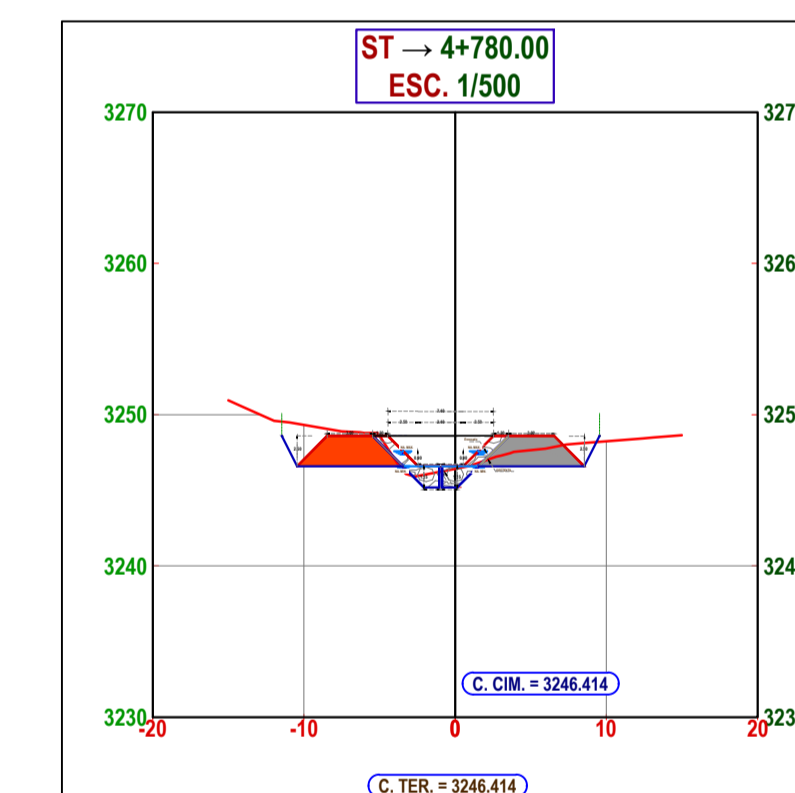
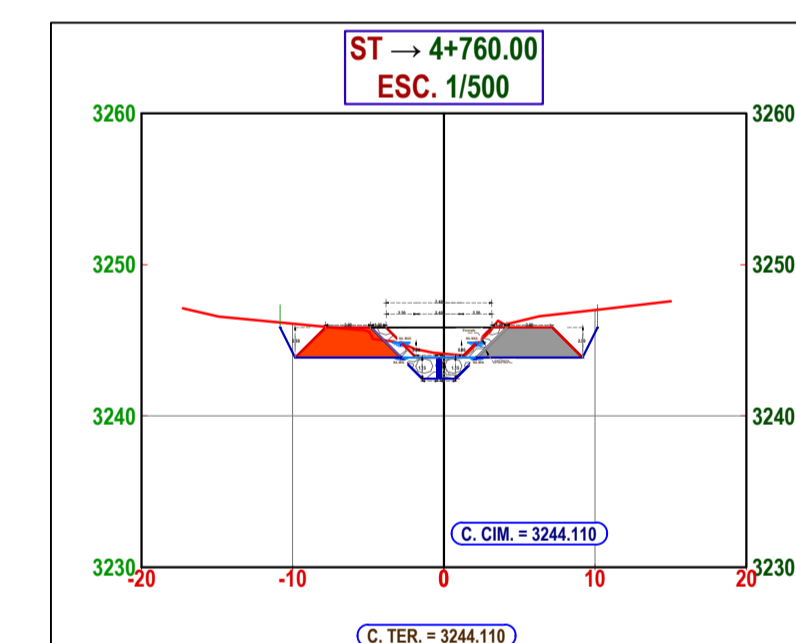
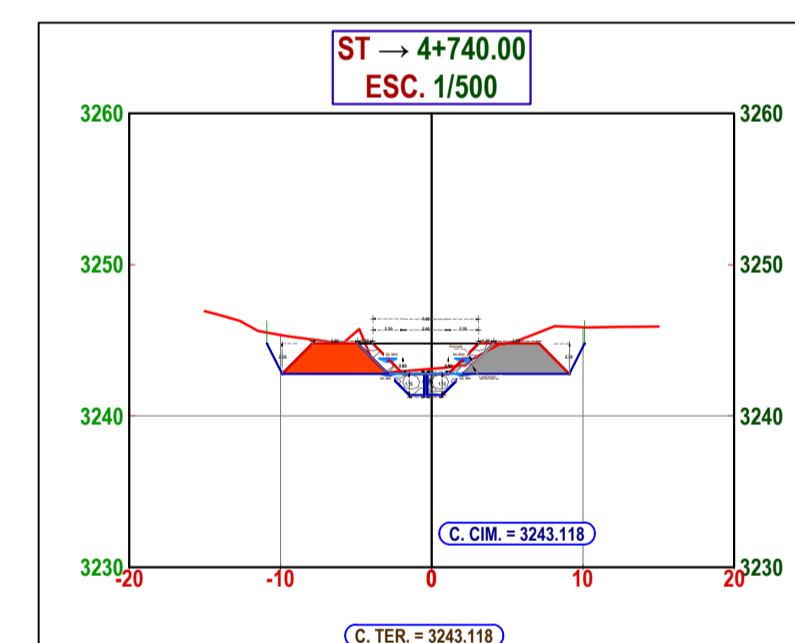
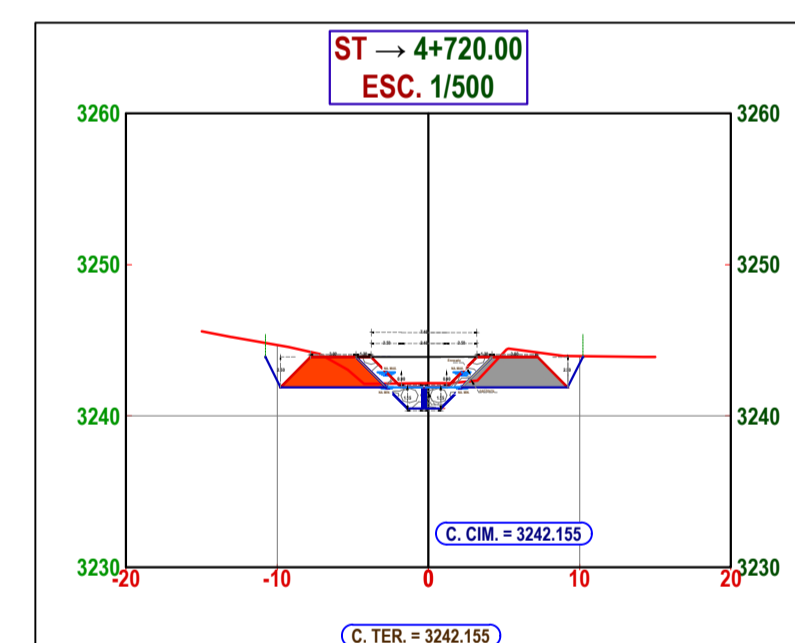
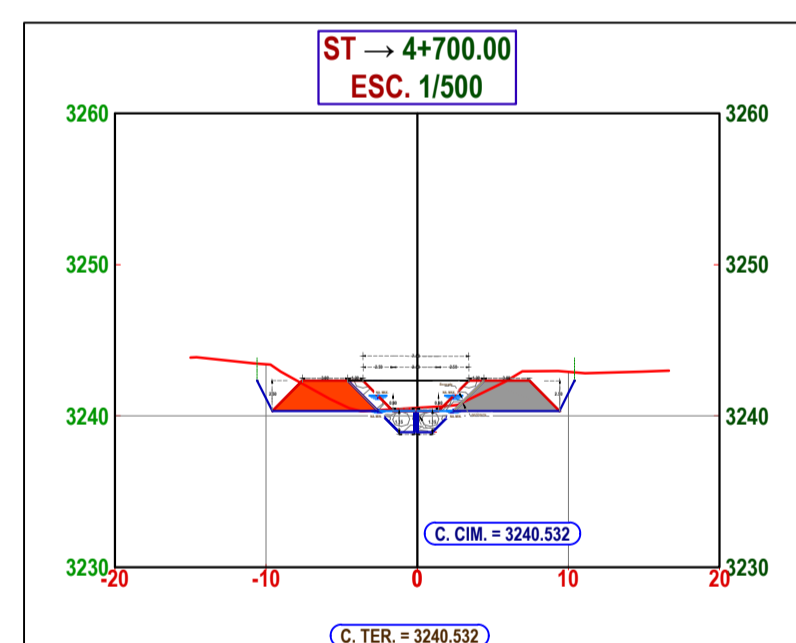
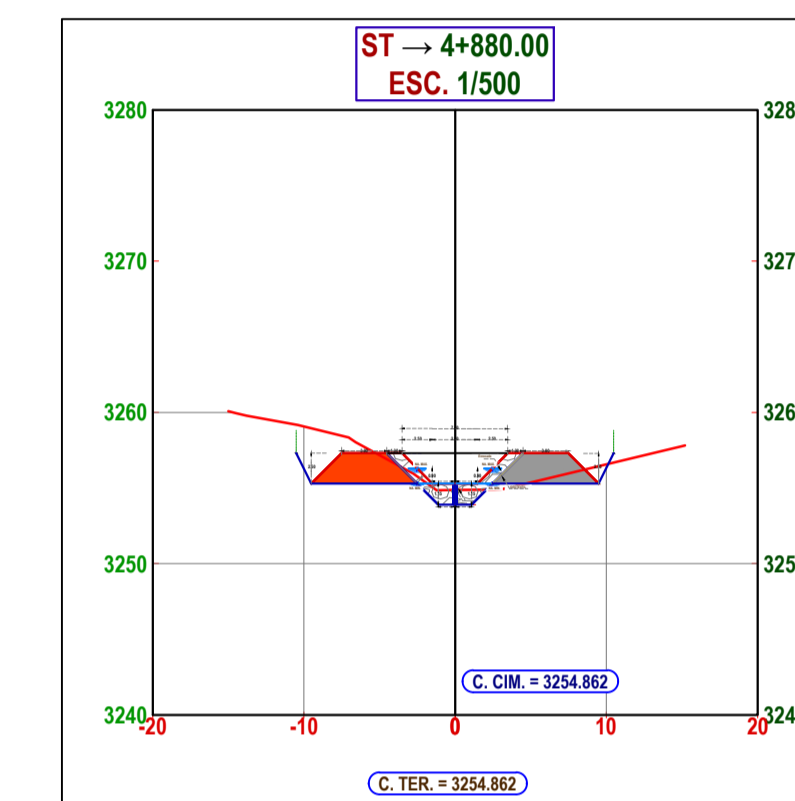
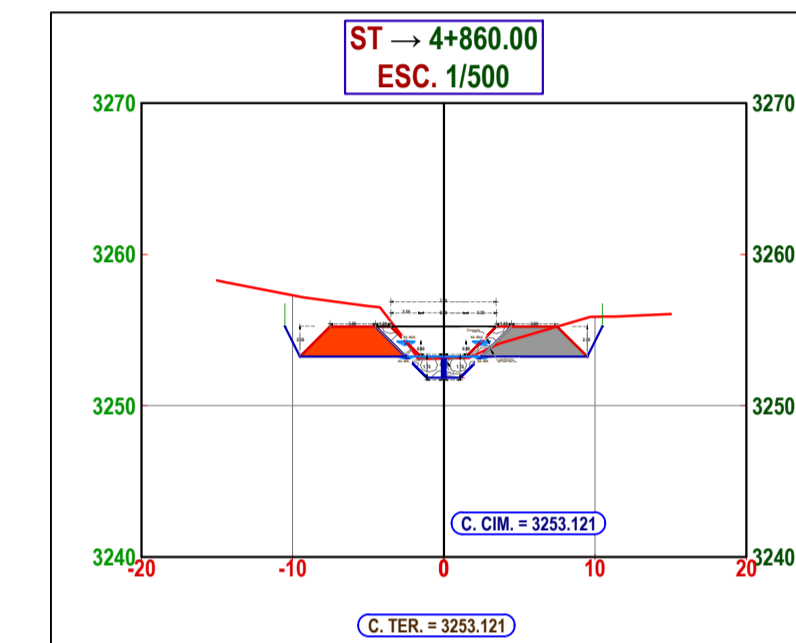
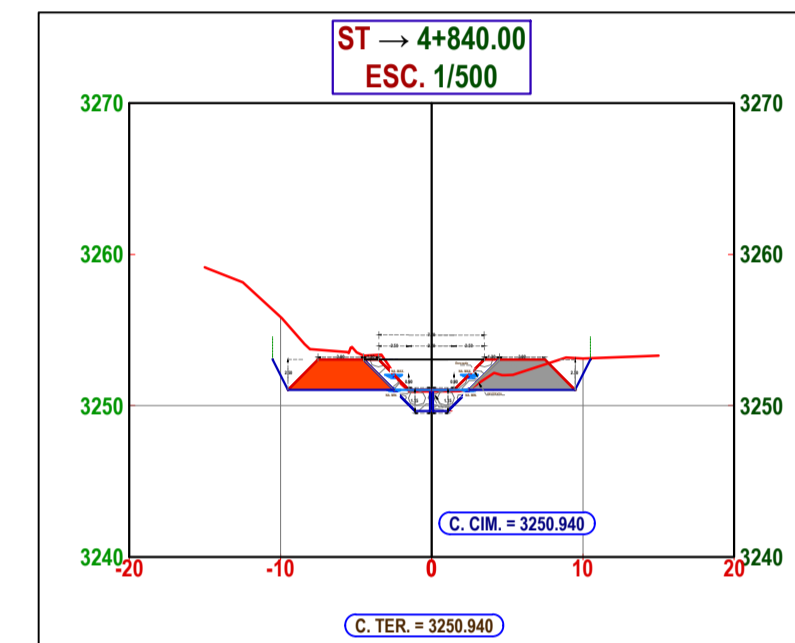
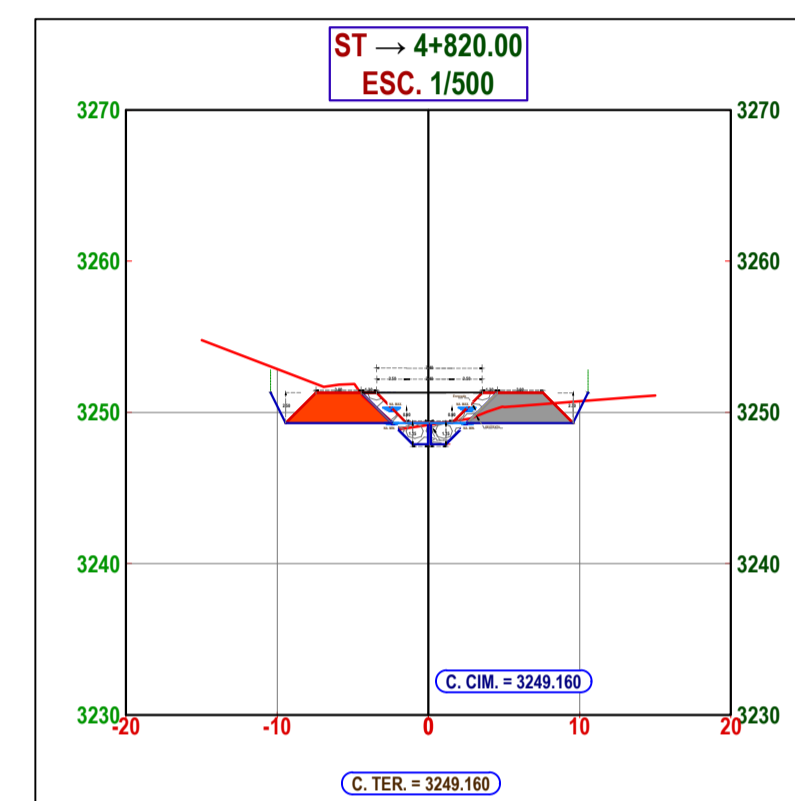
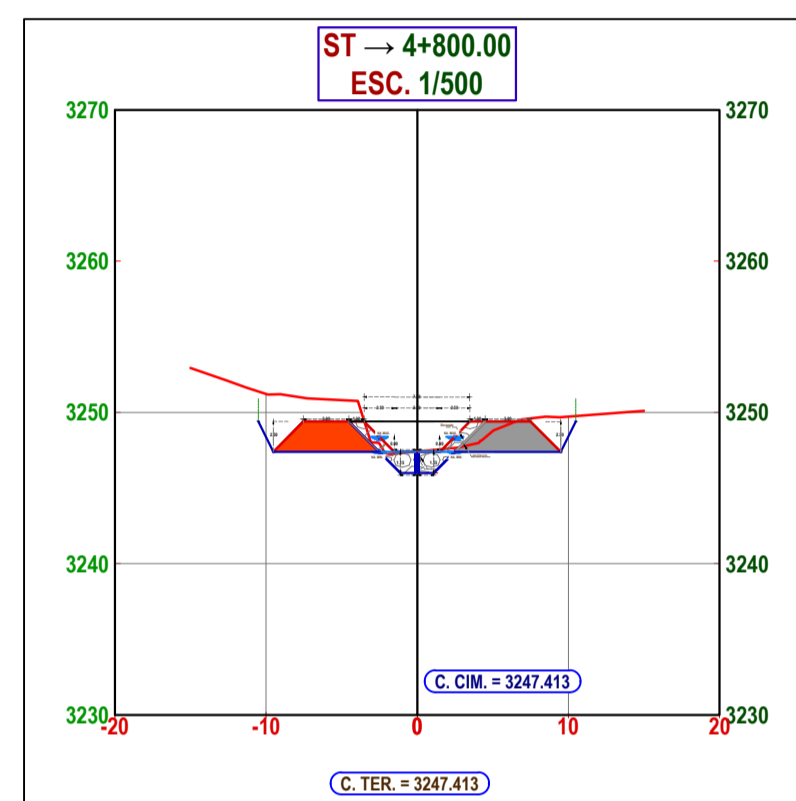
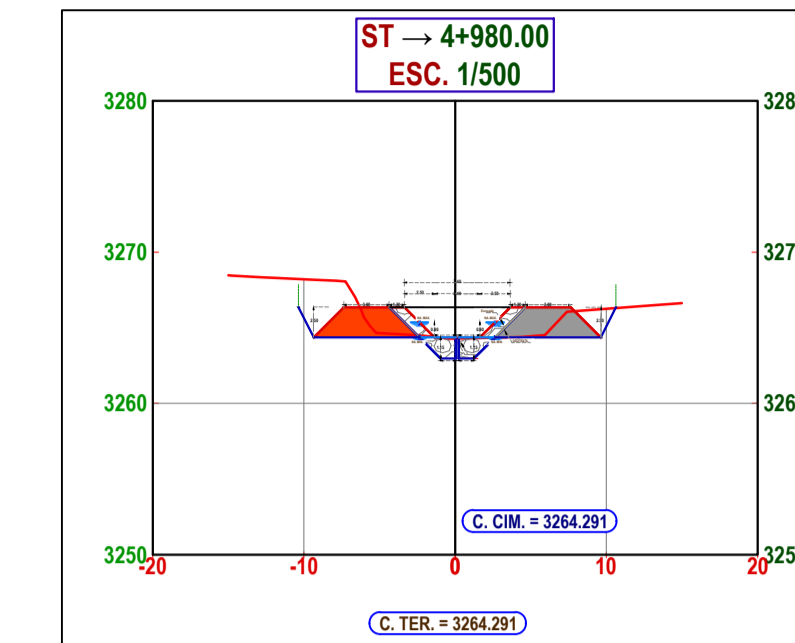
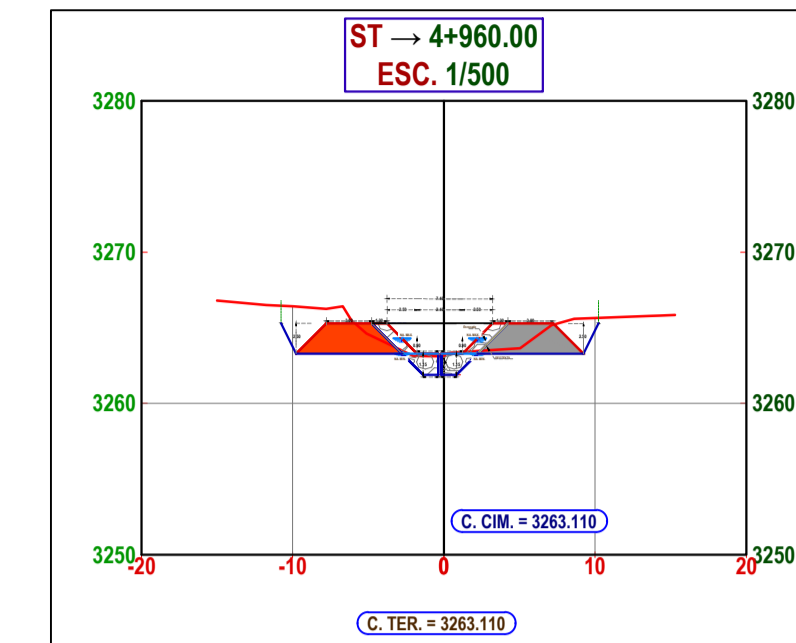
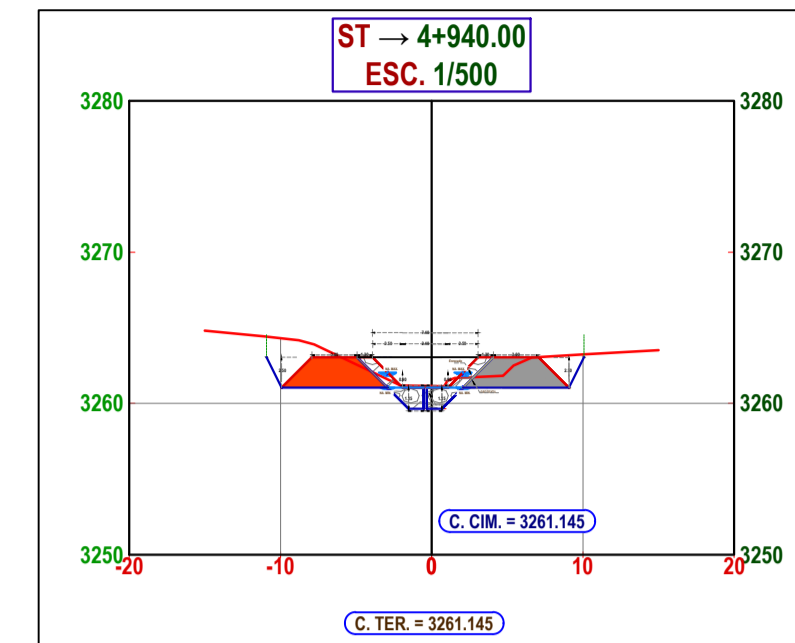
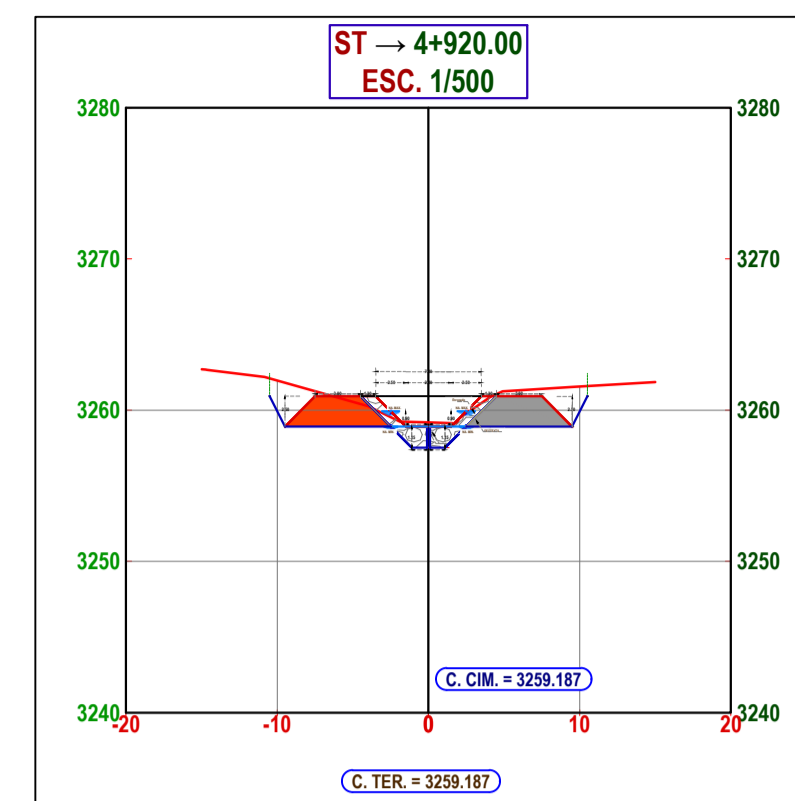
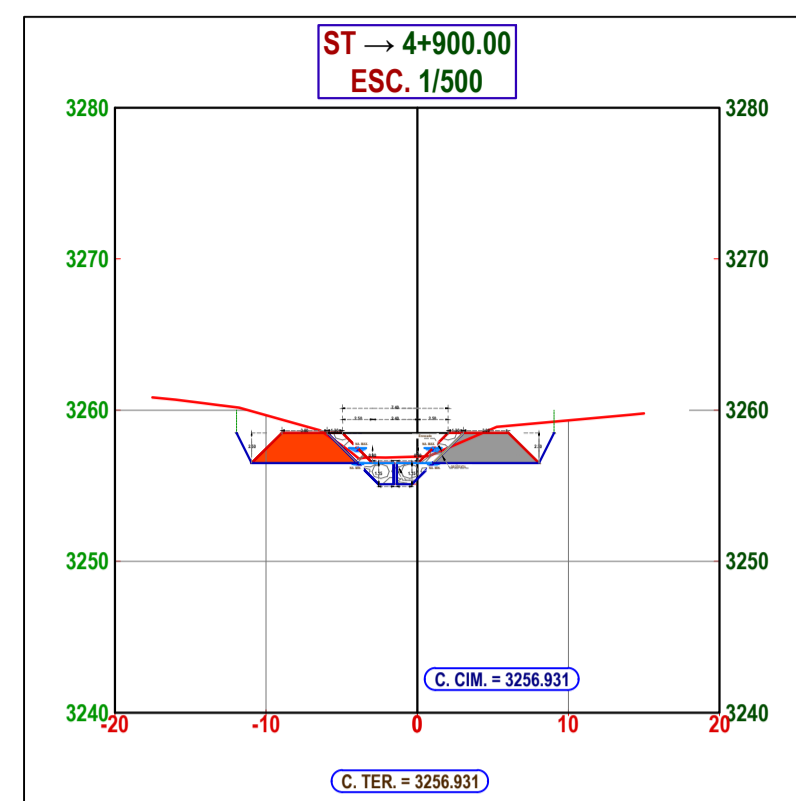
ESCALA: INDICADAS

LÁMINA:

ST-02

LUGAR Y FECHA:

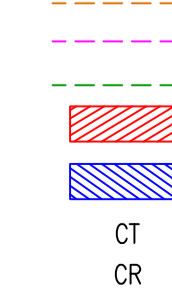
URUBAMBA, NOVIEMBRE 2023

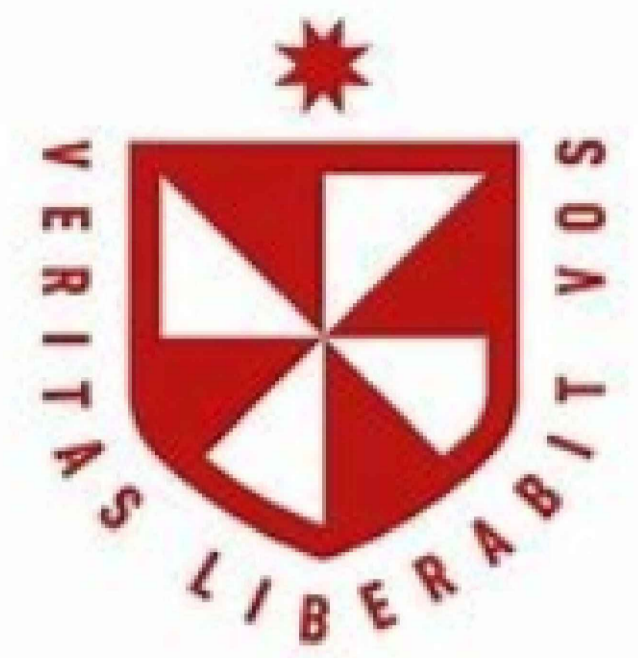


SECCIONES TRANSVERSALES
 ESC:1/500

LEYENDA SECCIONES

- LINEA TERRENO INICIAL
- LINEA TERRENO DISEÑO
- LINEA TERRENO ACTUAL
- AREA DE CORTE
- AREA DE RELLENO
- COTA TERRENO
- COTA RASANTE





PROYECTO:

"DISEÑO DE DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA DE MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO URUBAMBA - CUSCO"

UBICACIÓN:

DISTRITO : URUBAMBA
 PROVINCIA : URUBAMBA
 DEPARTAMENTO : CUSCO

FACULTAD:

INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

ELABORADO POR:

BACH.LEONIDAS MEJIA MEZA
 BACH.KELVIN ELVIO SURCO PAUCCAR

PLANO:

SECCIONES TRANSVERSALES

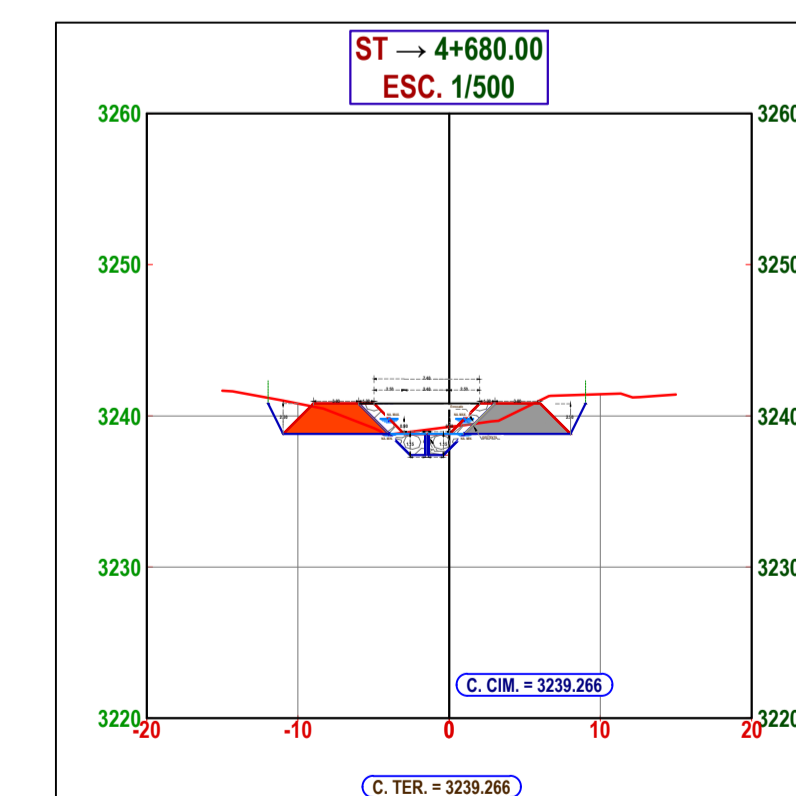
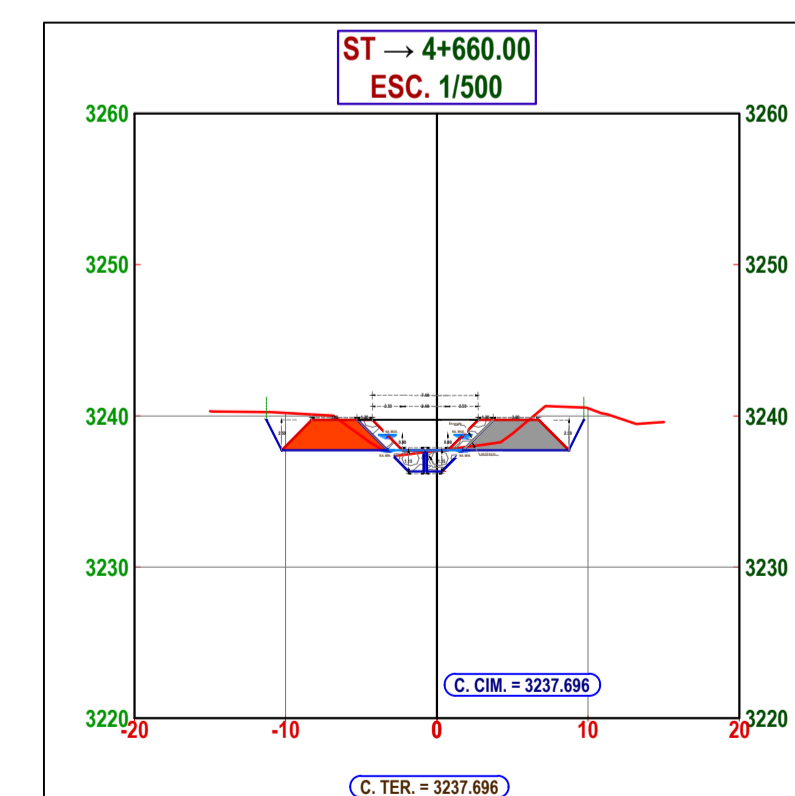
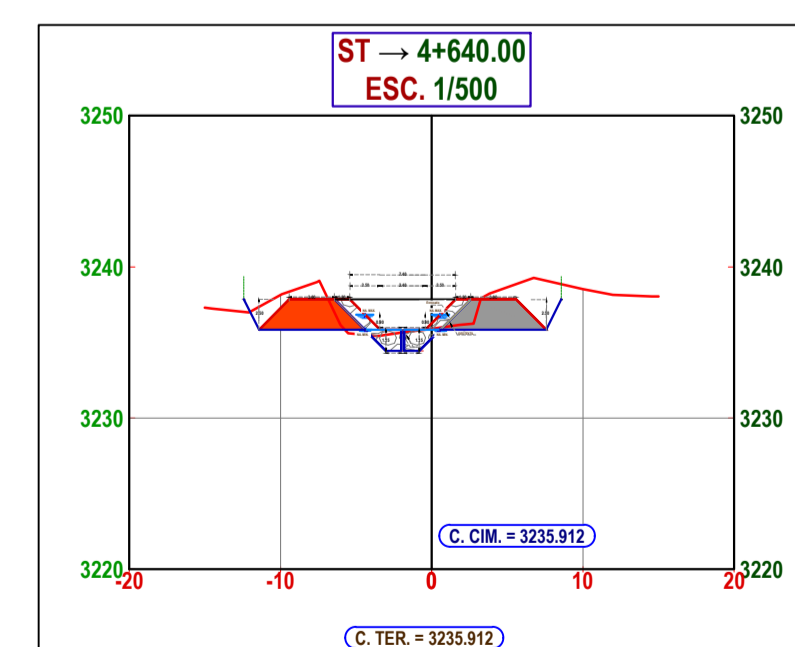
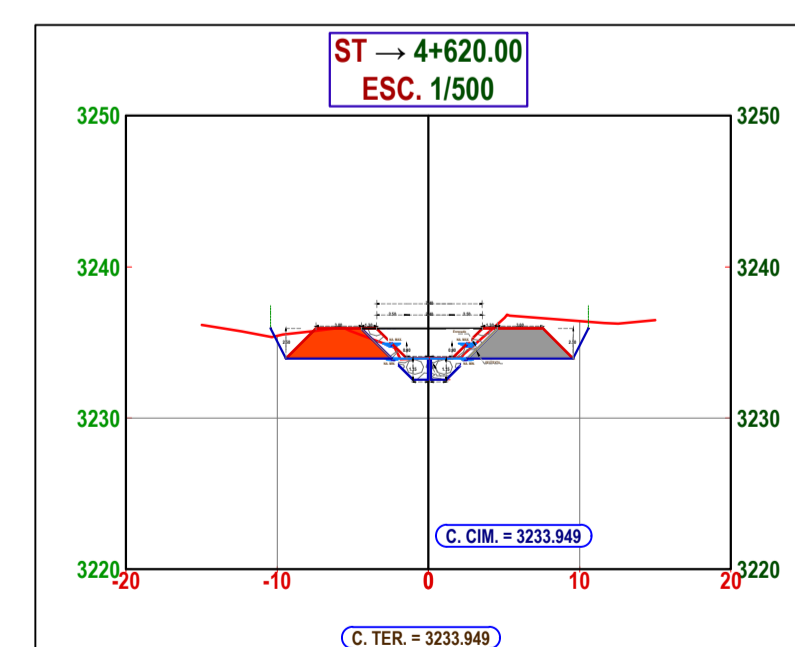
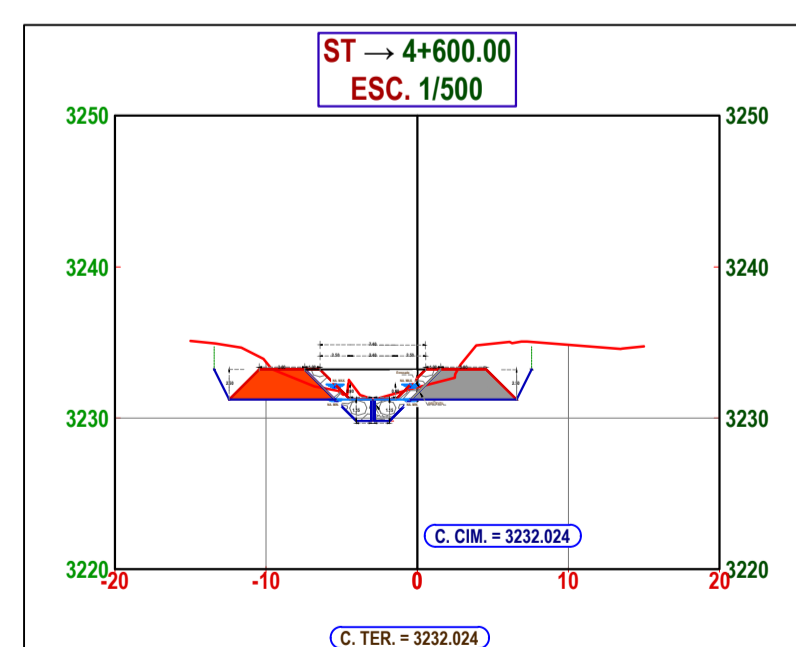
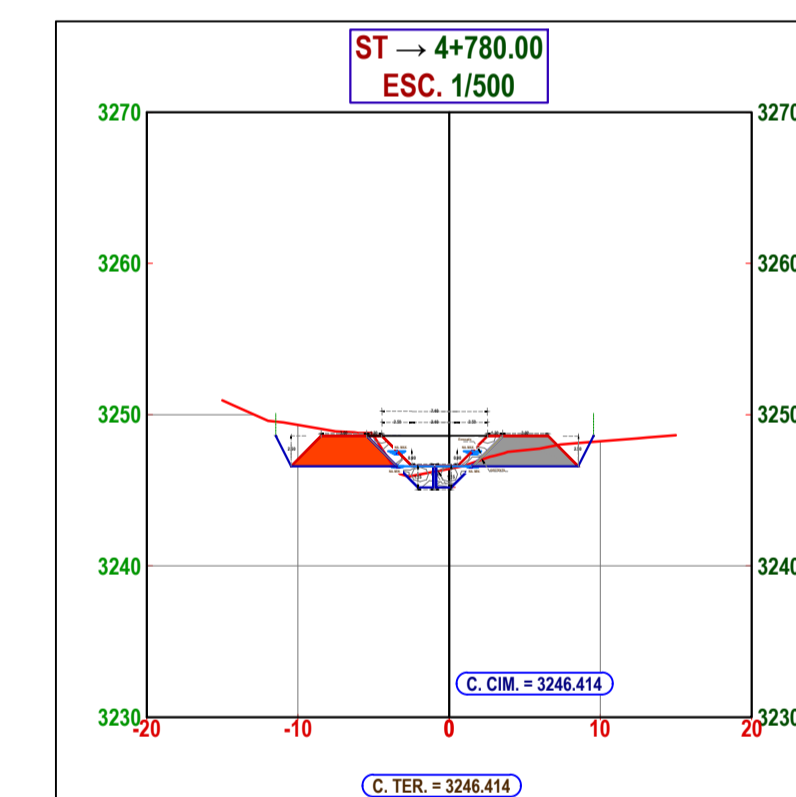
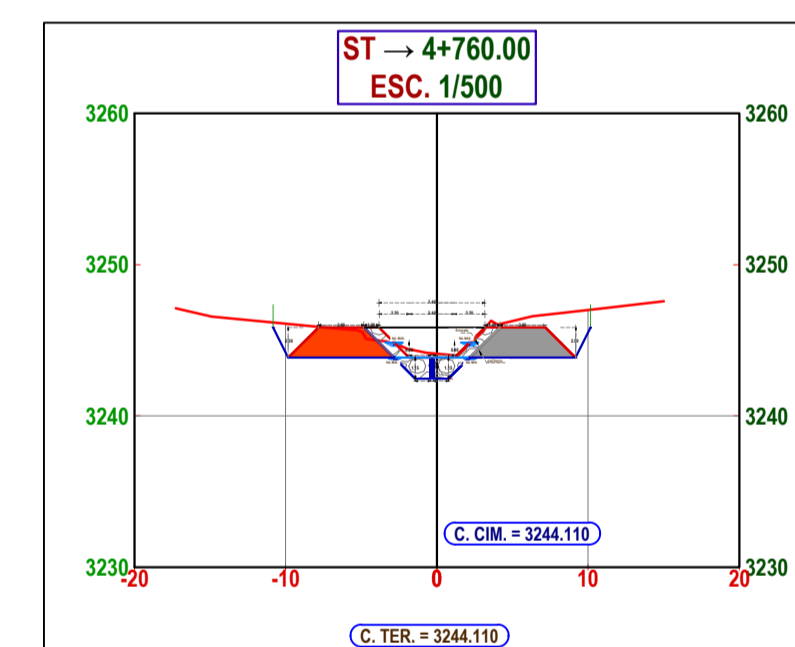
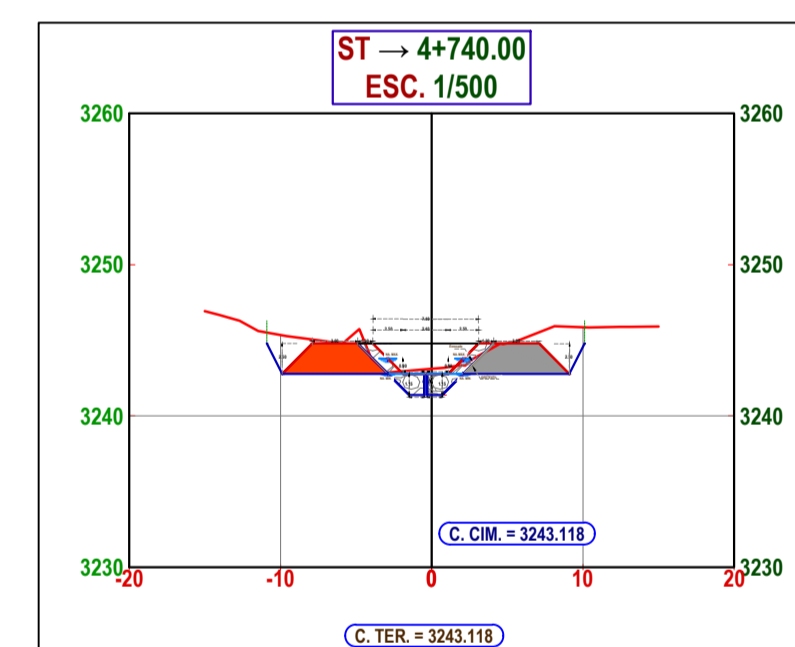
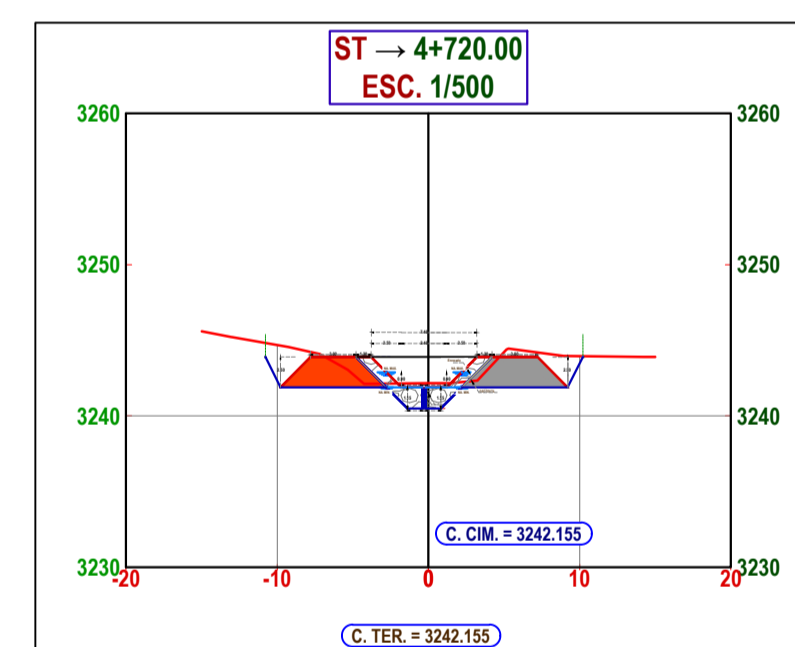
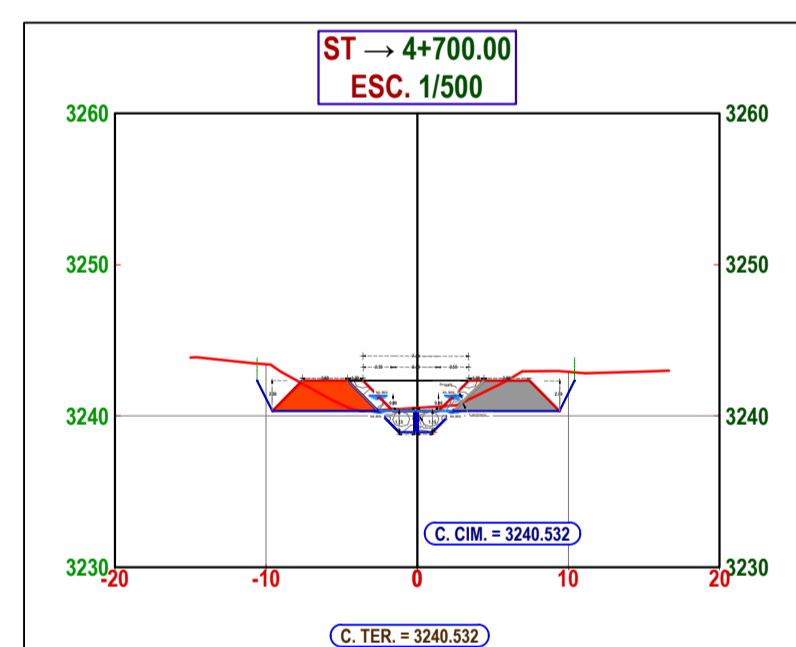
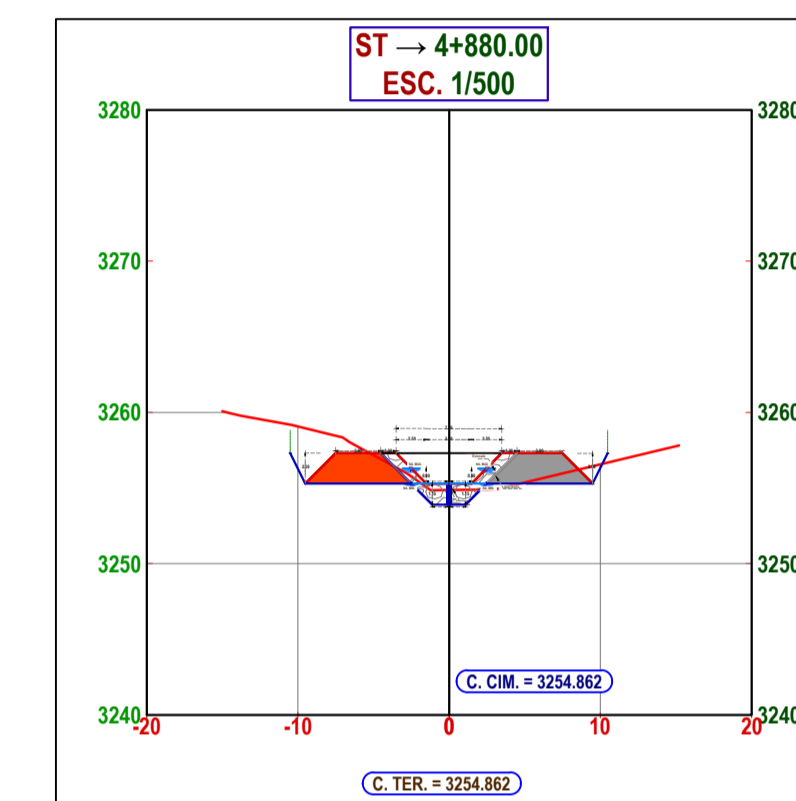
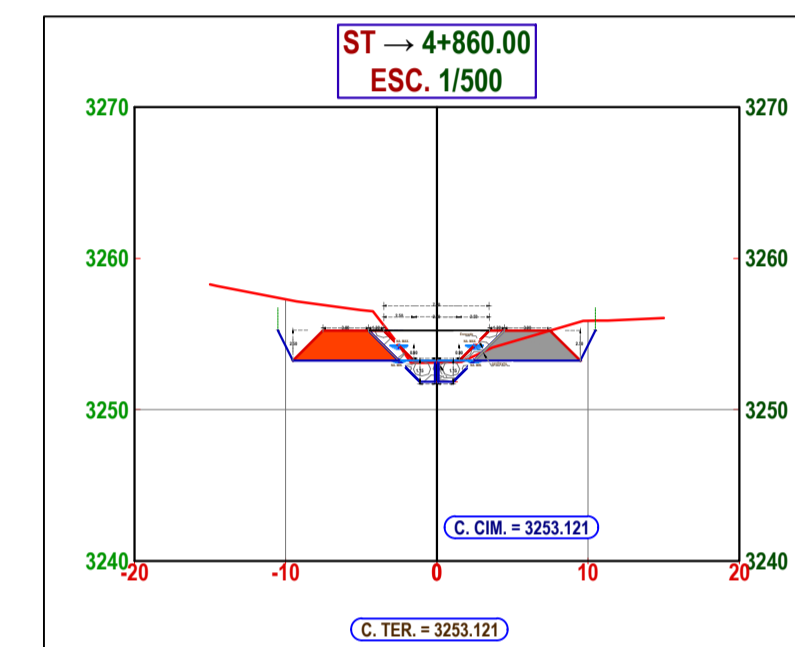
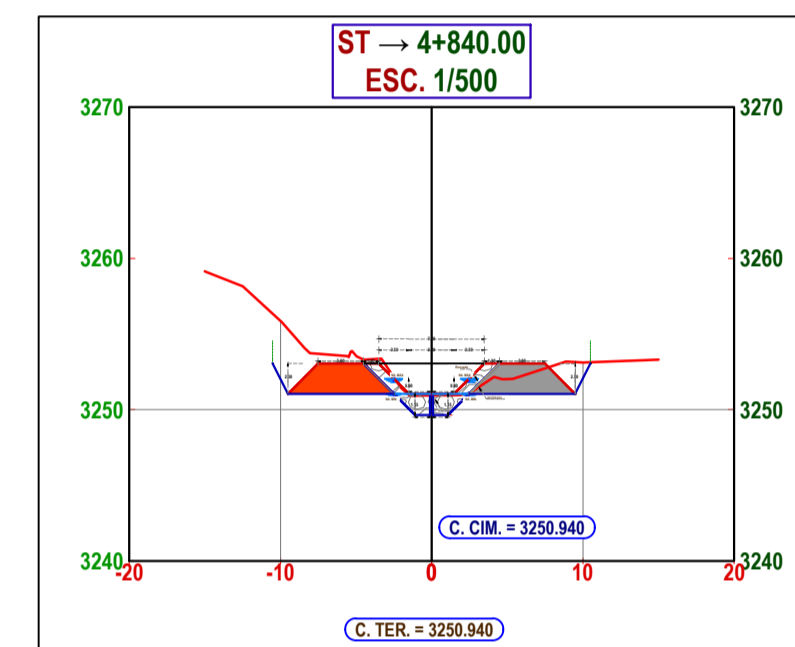
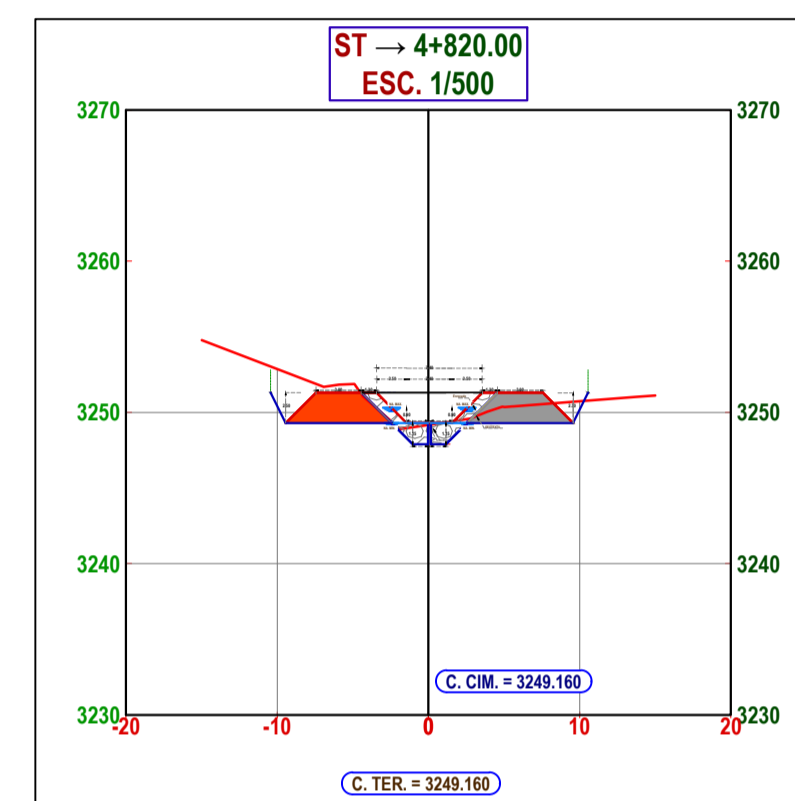
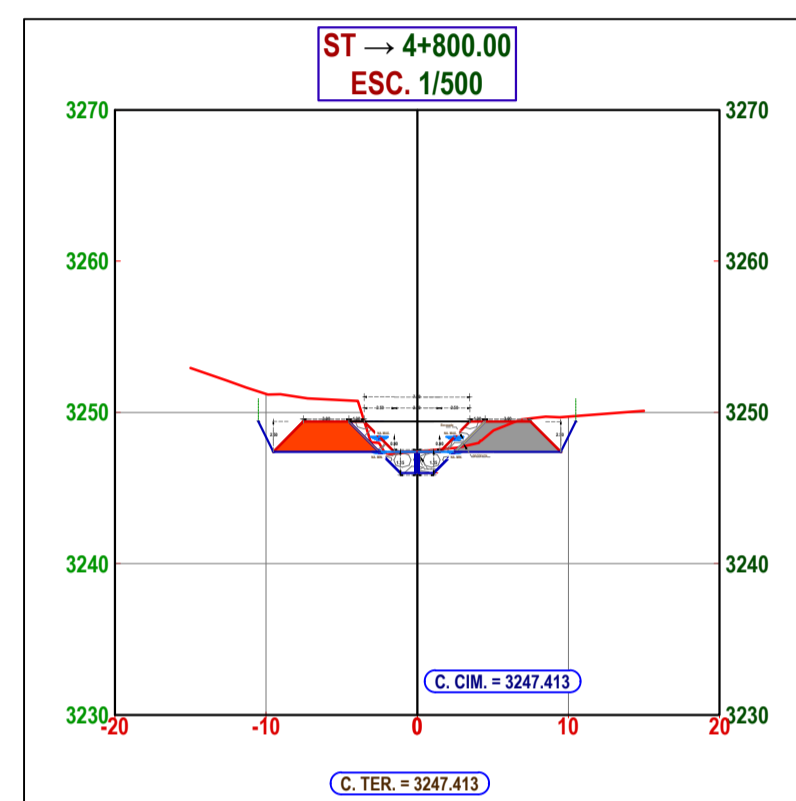
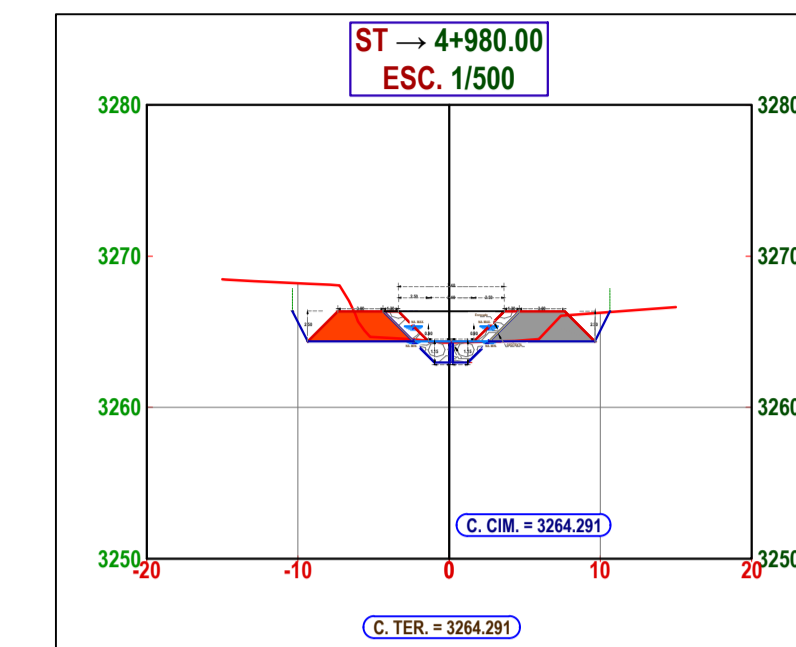
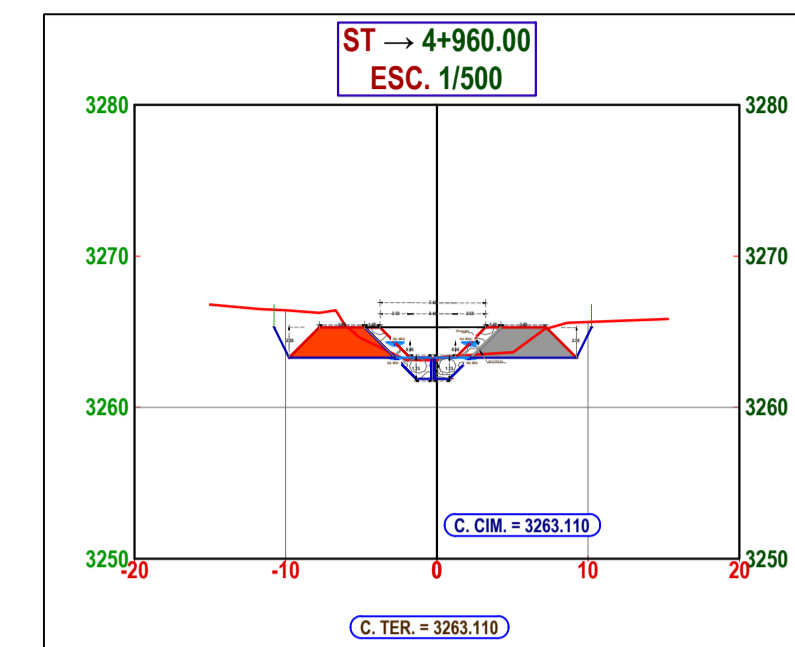
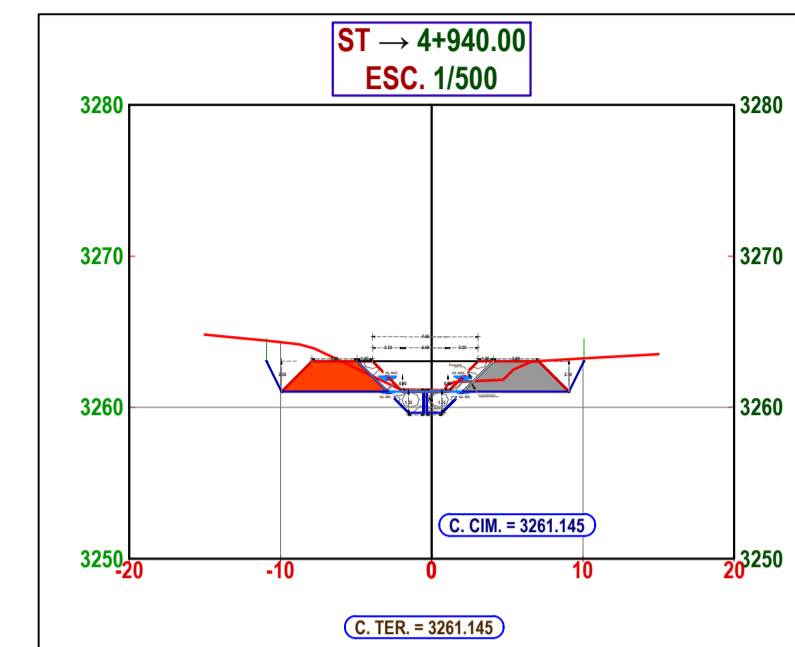
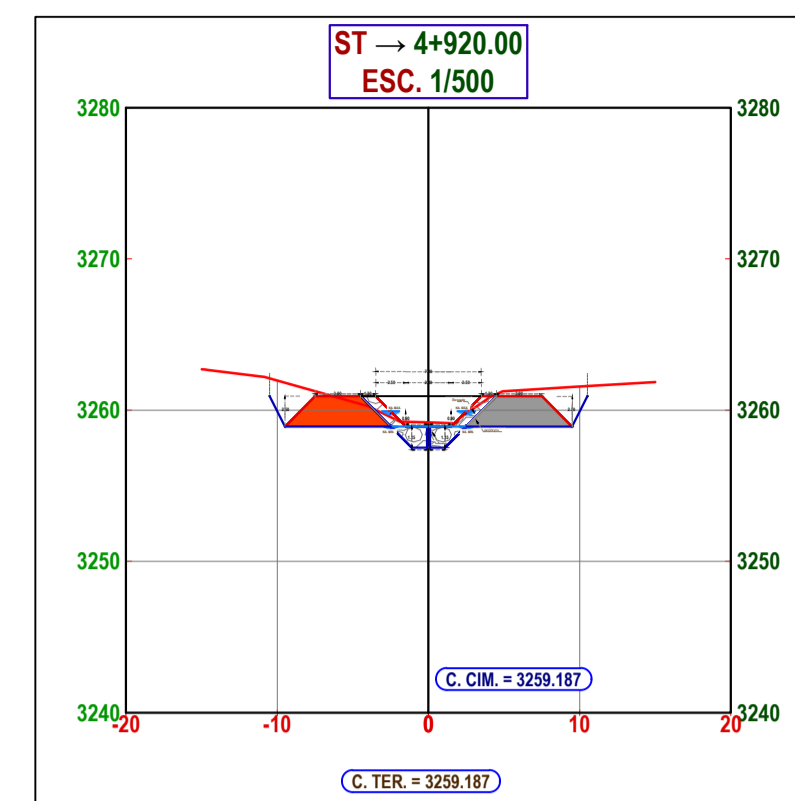
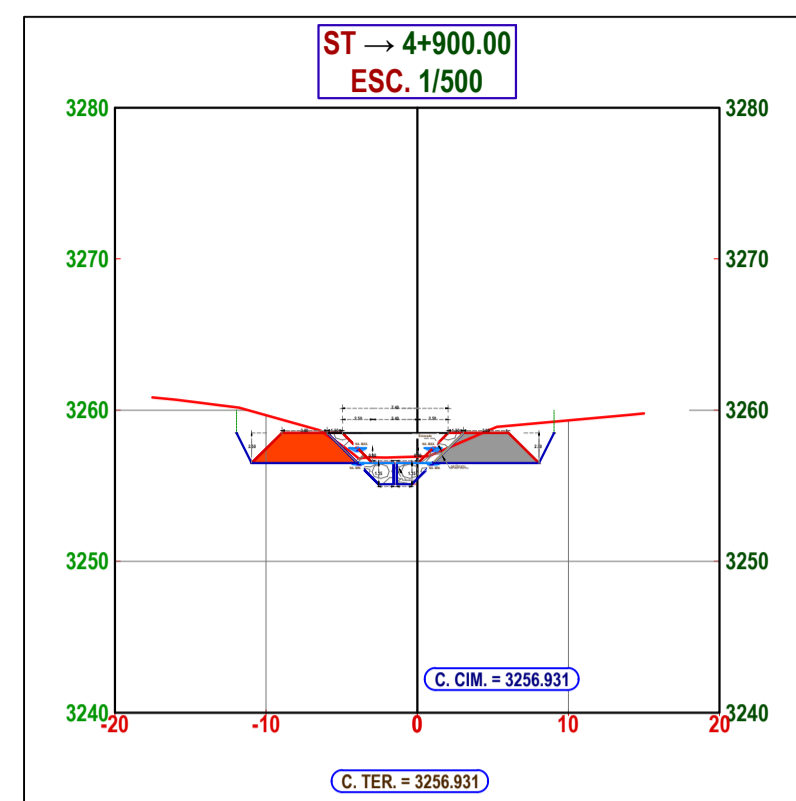
ESCALA: INDICADAS

LÁMINA:

ST-03

LUGAR Y FECHA:

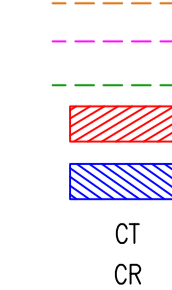
URUBAMBA, NOVIEMBRE 2023



SECCIONES TRANSVERSALES
 ESC:1/500

LEYENDA SECCIONES

- LINEA TERRENO INICIAL
- LINEA TERRENO DISEÑO
- LINEA TERRENO ACTUAL
- AREA DE CORTE
- AREA DE RELLENO
- COTA TERRENO
- COTA RASANTE





PROYECTO:

"DISEÑO DE DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA DE MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO URUBAMBA - CUSCO"

UBICACIÓN:

DISTRITO : URUBAMBA
 PROVINCIA : URUBAMBA
 DEPARTAMENTO : CUSCO

FACULTAD:

INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

ELABORADO POR:

BACH.LEONIDAS MEJIA MEZA
 BACH.KELVIN ELVIO SURCO PAUCCAR

PLANO:

SECCIONES TRANSVERSALES

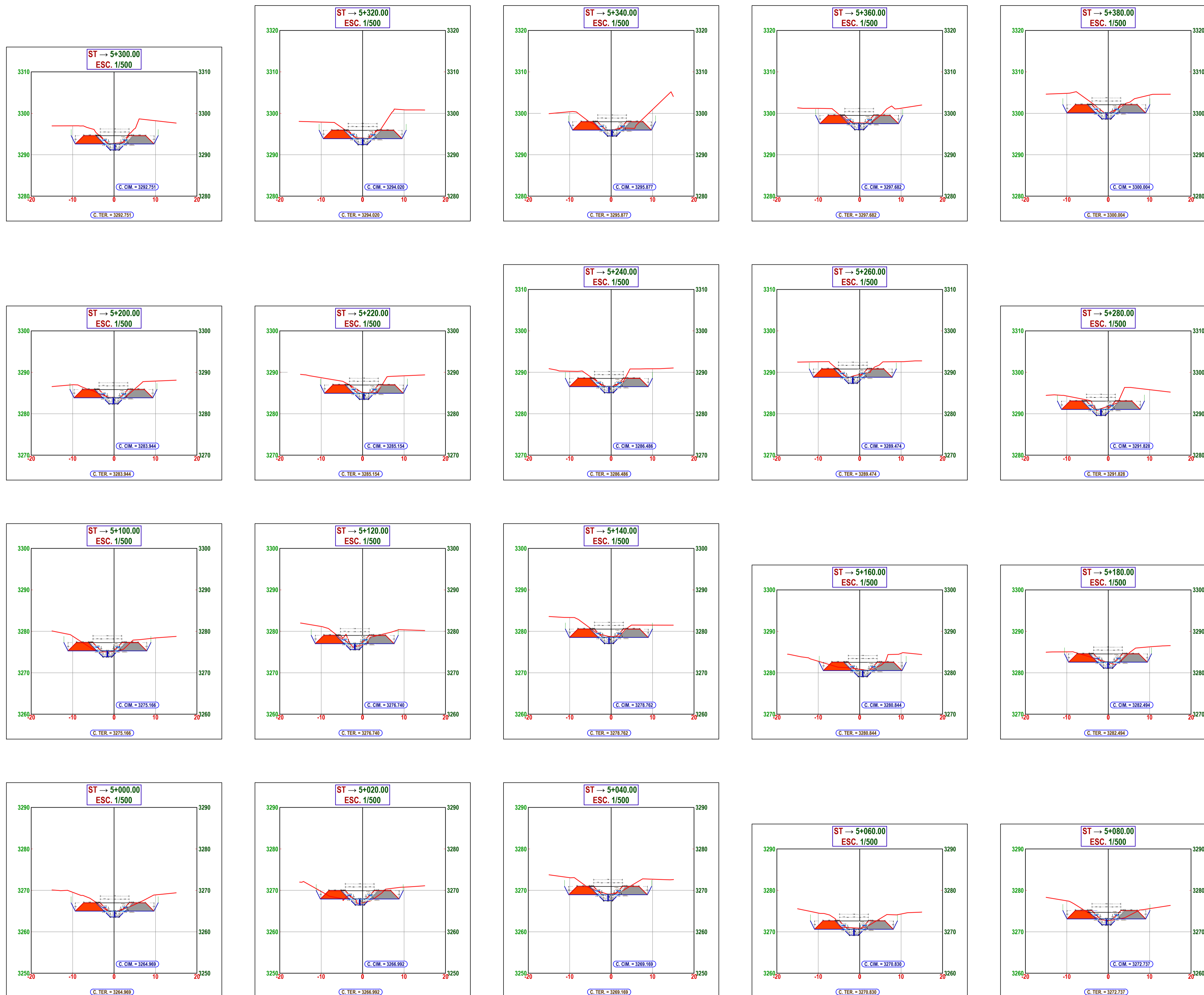
ESCALA: INDICADAS

LÁMINA:

ST-04

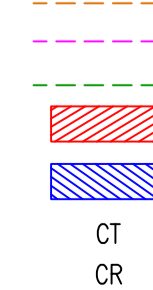
LUGAR Y FECHA:

URUBAMBA, NOVIEMBRE 2023

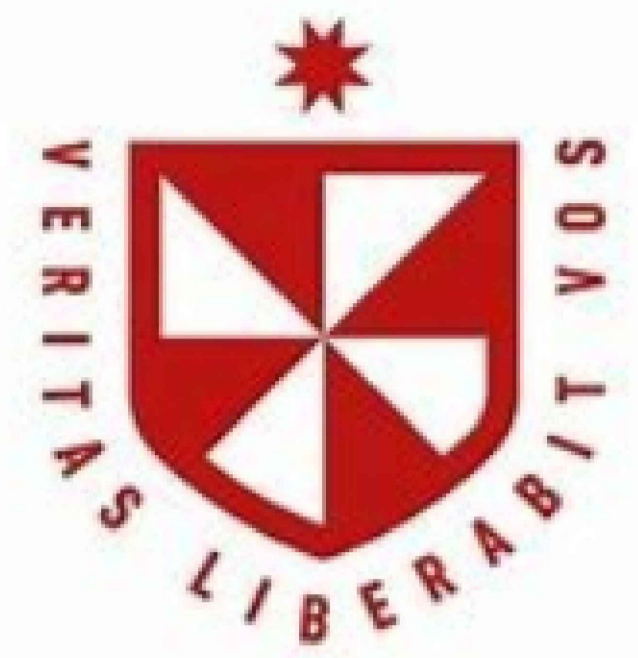


LEYENDA SECCIONES

- LINEA TERRENO INICIAL
- LINEA TERRENO DISEÑO
- LINEA TERRENO ACTUAL
- AREA DE CORTE
- AREA DE RELLENO
- COTA TERRENO
- COTA RASANTE



SECCIONES TRANSVERSALES
 ESC:1/500



PROYECTO:

"DISEÑO DE DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA DE MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO URUBAMBA - CUSCO"

UBICACIÓN:

DISTRITO : URUBAMBA
 PROVINCIA : URUBAMBA
 DEPARTAMENTO : CUSCO

FACULTAD:

INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

ELABORADO POR:

BACH.LEONIDAS MEJIA MEZA
 BACH.KELVIN ELVIO SURCO PAUCCAR

PLANO:

SECCIONES TRANSVERSALES

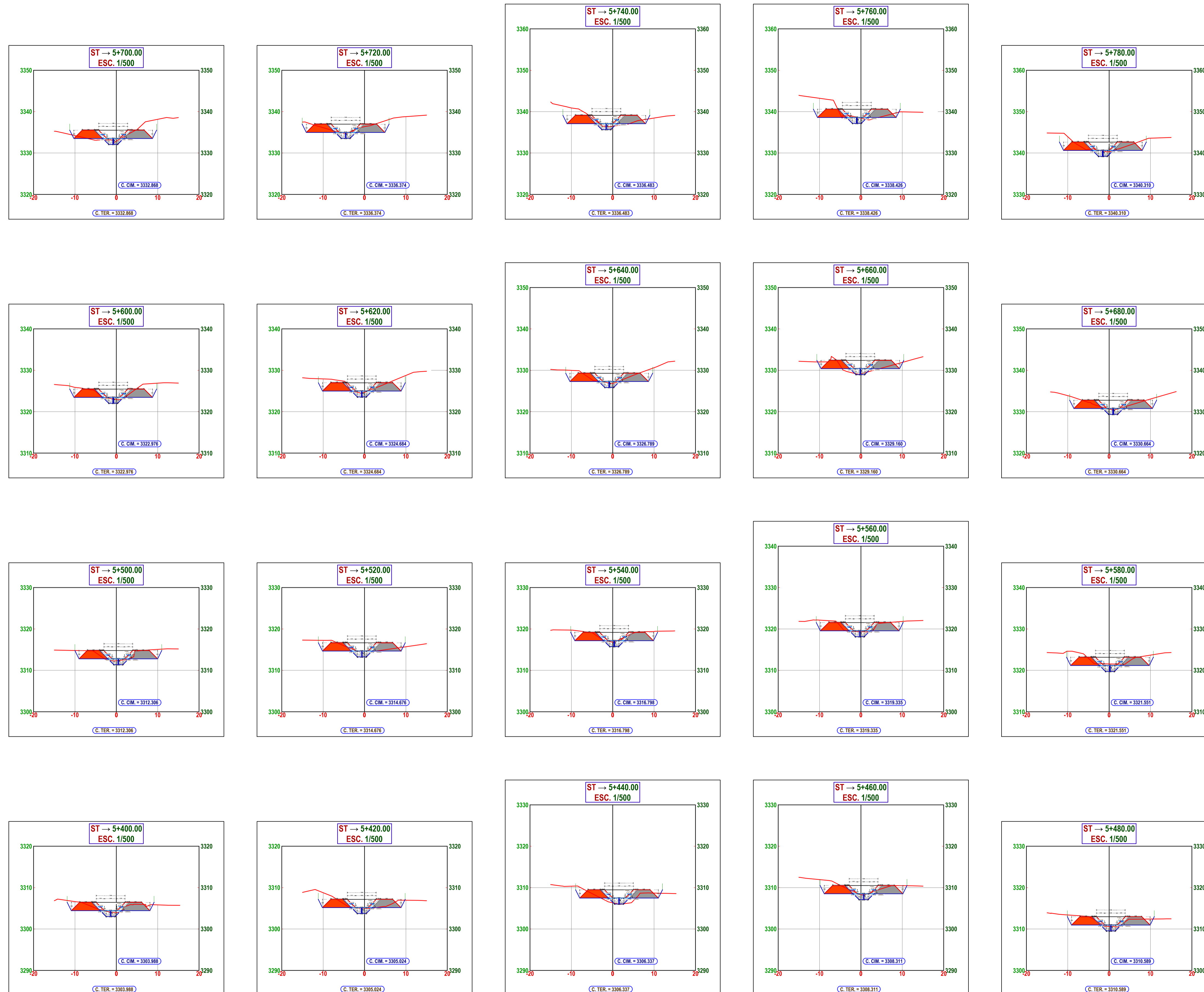
ESCALA: INDICADAS

LÁMINA:

ST-05

LUGAR Y FECHA:

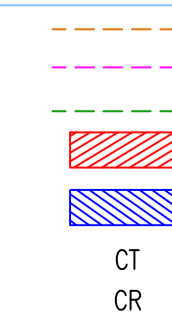
URUBAMBA, NOVIEMBRE 2023



SECCIONES TRANSVERSALES
 ESC:1/500

LEYENDA SECCIONES

- LINEA TERRENO INICIAL
- LINEA TERRENO DISEÑO
- LINEA TERRENO ACTUAL
- AREA DE CORTE
- AREA DE RELLENO
- COTA TERRENO
- COTA RASANTE



CT
 CR

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS
INFORME TÉCNICO N° EMS058 – 2023



FRAMED EIRL

Laboratorio de Suelos, Agregado, Concreto y Control de Calidad

PROYECTO:

"DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA
MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -
CUSCO"

SOLICITA:

Mejía Meza, Leónidas

Surco Paucar Kelvin Elvio

RESPONSABLE:

Iván Saul Huamán Huamani

INGENIERO CIVIL CIP 205562

DISTRITO:

URUBAMBA

PROVINCIA:

URUBAMBA

DEPARTAMENTO:

CUSCO

SETIEMBRE DEL 2023

1.- GENERALIDADES:

1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO:

El presente informe técnico tiene por finalidad elaborar el estudio de mecánica de suelos, en base a los términos y referencias entregadas por los solicitantes para el proyecto de investigación: **“DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO-URUBAMBA -CUSCO”**.

El estudio contempla aspectos como el reconocimiento general del terreno, el estudio y evaluación de sus características en la cual se emplazará la ejecución del proyecto anteriormente mencionado.

Para lo cual se ha realizado trabajos de campo y laboratorio; primero se realizó la excavación de diez (10) calicatas y la prospección de cada una de ellas para la elaboración del perfil estratigráfico, así como el muestreo y registro de exploración de cada una; se realizó los ensayos en laboratorio con las muestras obtenidas de cada calicata.

1.2 NORMATIVIDAD:

El presente estudio de mecánica de suelos se realizó en referencia a los siguientes documentos técnicos:

- Norma E.050 Suelos y Cimentaciones del RNE
- Norma NTE CE.010 Pavimentos Urbanos.
- Normas ASTM y AASHTO.

1.3 UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA DEL PROYECTO:

La región de Cusco se encuentra situada en la zona sureste del territorio peruano con una superficie de 71.986 Km², limitando al norte con los departamentos de Junín y Ucayali, al este con Madre de Dios, al sureste con Puno, al sur con Arequipa y al oeste con Apurímac y Ayacucho, constituido por 13 provincias. Dentro de las cuales se encuentra la provincia de Urubamba.

Región : Cusco
Provincia : Urubamba
Distrito : Urubamba

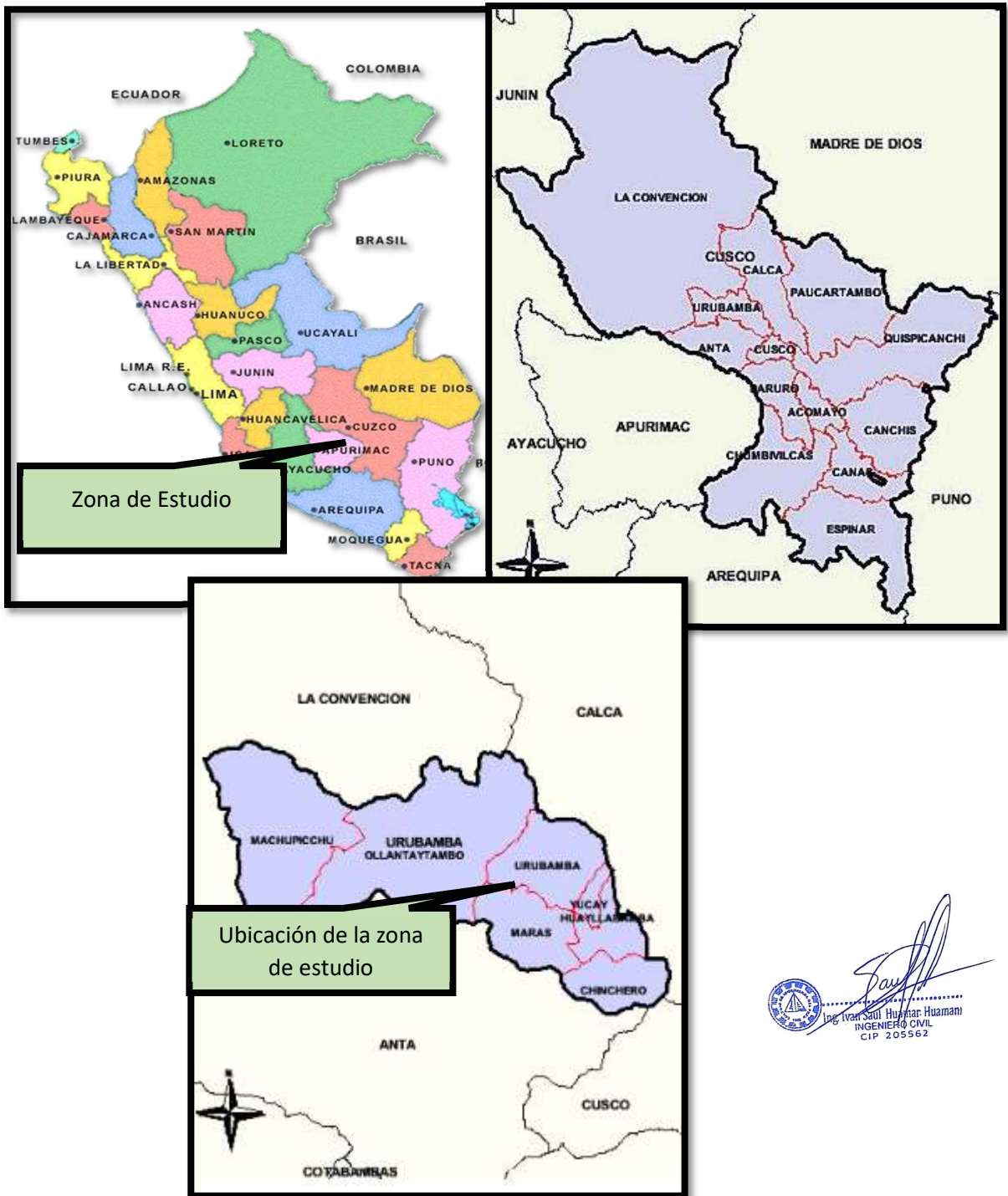
COORDENADAS UTM:

LATITUD NORTE 8526079.05 m S
LONGITUD ESTE 812516.70 m E
ALTITUD 3068 msnm



Ing. Ivan Saul Huayan Huamani
INGENIERO CIVIL
CIP 205562

GRAFICO N.º 01.- Mapa de Macro-Localización del Proyecto.





FRAMED EIRL

*Laboratorio de Suelos, Agregado, Concreto y
Control de calidad*

“DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA
MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -
CUSCO”

PARAMETROS FISICO MECANICOS DEL SUELO

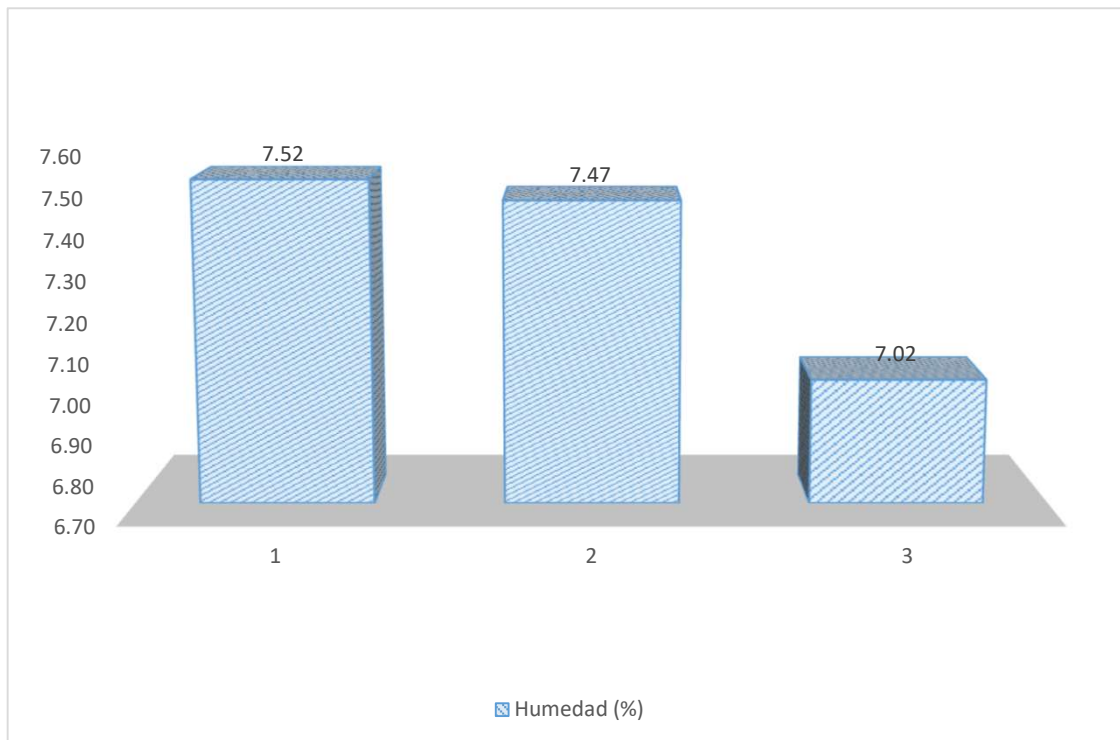
CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)

PROYECTO:	"DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO"					
UBICACIÓN:	0					
	Distrito:	Urubamba	Provincia:	Urubamba	Departamento:	Cusco
SOLICITA:	Mejía Meza, Leónidas - Surco Paucar Kelvin Elvio					
FECHA:	Urubamba, Setiembre del 2023					
MUESTRA:	Calicata N°:	C-1	Profundidad (m):	2.00	Estrato:	0.00m a 2.00m
	Ubicación:	Sub Razante	Infraestructura:	0	Progresiva:	0

N° DE ENSAYO	1	2	3
Peso Capsula (gr)	41.04	39.44	37.93
Peso Capsula + Muestra Humeda (gr)	105.83	83.07	116.98
Peso Capsula + Muestra Seca (gr)	101.29	80.04	111.80
Peso Muestra Humeda (gr)	64.79	43.63	79.06
Peso Muestra Seca (gr)	60.26	40.60	73.87
Peso del agua (gr)	4.53	3.03	5.18
Humedad (%)	7.52	7.47	7.02

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
Humedad Promedio	7.33	%

GRAFICO:



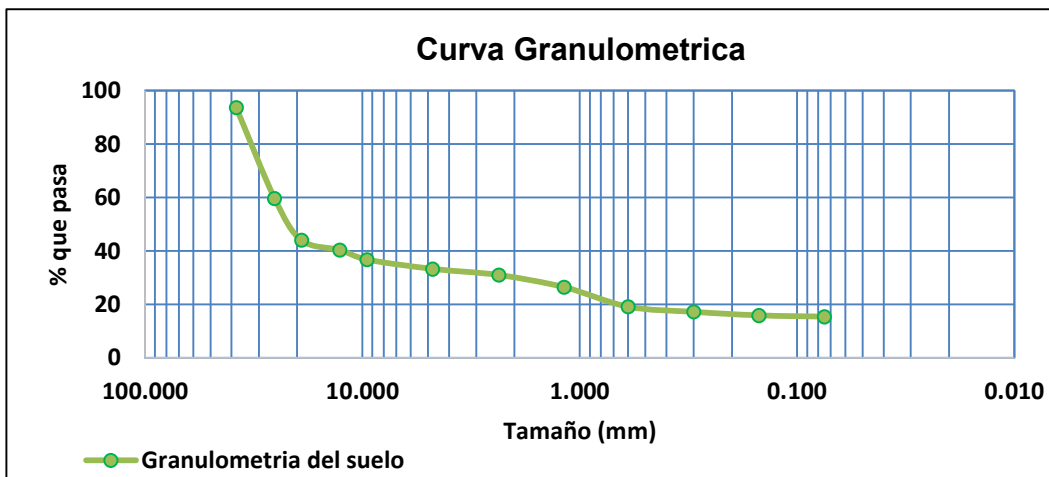
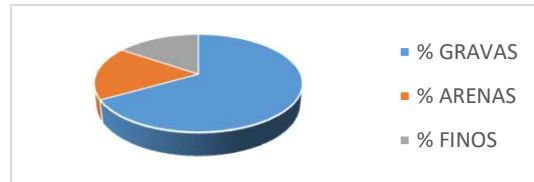
GRANULOMETRIA DE SUELOS POR LAVADO Y TAMIZADO (ASTM D 422)

PROYECTO:	"DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO"					
UBICACIÓN:	0					
	Distrito:	Urubamba	Provincia:	Urubamba	Departamento:	Cusco
SOLICITA:	Mejía Meza, Leónidas - Surco Paucar Kelvin Elvio					
FECHA:	Urubamba, Setiembre del 2023					
MUESTRA:	Calicata N°:	C-1	Profundidad (m):	2.00	Estrato:	0.00m a 2.00m
	Ubicación:	Sub Razante	Infraestructura:	0	Progresiva:	0

Muestra Inicial (gr)	1127.00	Muestra lavada (gr)		954.00	
MALLA (Pulg)	TAMAÑO (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMUL.	% PASANTE ACUMUL.
1 1/2"	38.100	71.00	6.30	6.30	93.70
1"	25.400	384.00	34.07	40.37	59.63
3/4"	19.050	176.00	15.62	55.99	44.01
1/2"	12.700	41.00	3.64	59.63	40.37
3/8"	9.525	41.00	3.64	63.27	36.73
N°4	4.750	39.00	3.46	66.73	33.27
N°8	2.360	26.00	2.31	69.03	30.97
N°16	1.180	51.00	4.53	73.56	26.44
N°30	0.600	82.00	7.28	80.83	19.17
N°50	0.300	22.00	1.95	82.79	17.21
N°100	0.150	15.00	1.33	84.12	15.88
N°200	0.075	5.00	0.44	84.56	15.44
CAZUELA		174.00	15.44	100.00	0.00

PORCENTAJE DE GRAVAS, ARENAS Y FINOS

% GRAVAS	66.73
% ARENAS	17.83
% FINOS	15.44



Ing. Ivan Sauli Huamán Huamani
 INGENIERO CIVIL
 CIP 205562

LIMITES DE CONSISTENCIA (NTP 339.129)

PROYECTO:	"DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO"					
UBICACIÓN:	0					
	Distrito:	Urubamba	Provincia:	Urubamba	Departamento:	Cusco
SOLICITA:	Mejía Meza, Leónidas - Surco Paucar Kelvin Elvio					
FECHA:	Urubamba, Setiembre del 2023					
MUESTRA:	Calicata N°:	C-1	Profund (m):	2.00	Estrato:	0.00m a 2.00m
	Ubicación:	Sub Razante	Infraestructura:	0	Progresiva:	0

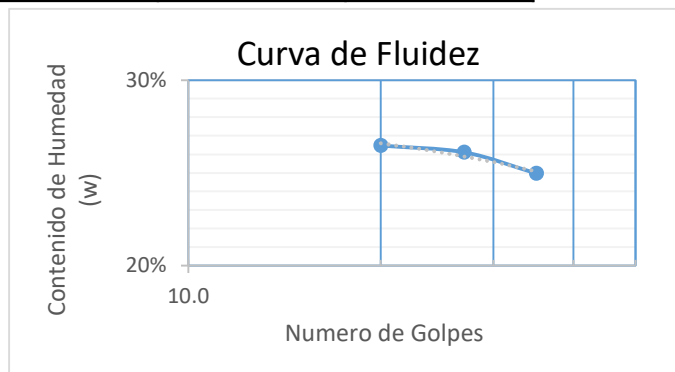
ENSAYO: LIMITE LIQUIDO

N° DE ENSAYO	1	2	3
N° de Golpes	20	27	35
Peso Capsula (gr)	38.761	39.507	38.804
Peso Cap+Suelo Humedo (gr)	52.218	60.562	60.548
Peso Cap+Suelo Seco (gr)	49.401	56.203	56.203
Peso Agua (gr)	2.82	4.36	4.35
Peso Suelo Seco (gr)	10.64	16.696	17.399
Contenido de Humedad (w)	26.48%	26.11%	24.97%

ENSAYO: LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° DE ENSAYO	1	2	3
Peso Capsula (gr)	20.056	19.314	41.111
Peso Cap+Suelo Humedo (gr)	21.642	21.334	45.333
Peso Cap+Suelo Seco (gr)	21.417	21.041	44.732
Peso Agua (gr)	0.225	0.293	0.601
Peso Suelo Seco (gr)	1.361	1.727	3.621
Contenido de Humedad (w)	16.53%	16.97%	16.60%

N° Golpes	25
Limite Liquido (LL)	26.21%
Limite Plastico (LP)	16.70%
Indice Plastico (IP)	9.51%



CLASIFICACION DE SUELOS (NTP 339.134)

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS

GC Grava Arcillosa

Sistema de clasificación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)

A-2-4 Grava y Arena Limoarcillosa



 Ing. Ivan Saul Huamán Huamán
 INGENIERO CIVIL
 CIP 205562

FORMATO ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS ASTM D3080	Código	AE-FO-020
	Versión	01
	Fecha	
	Página	1 de 3

Proyecto	"DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO"		1
Solicitante			
Atención	:	Ensayado por :	Maribel Servantes Ayma
Ubicación de Proyecto	: URUBAMBA-URUBAMBA-CUSCO	Fecha de Ensayo:	23/09/2023
Material	:	Turno:	Mañana
Código de Muestra	: 001	Profundidad:	2 m
Sondaje / Calicata	: 001	Norte:	
N° de Muestra	: C-1	Este:	
Progresiva	: 000-00	Cota:	

DATOS DEL ESPECIMEN	I	II	III
Altura de la muestra (mm)	24.04	24.04	24.04
Diámetro (mm)	60.89	60.89	60.89
Area inicial (cm ²)	29.12	29.12	29.12
Volumen de la muestra (cm ³)	70.00	70.00	70.00

DATOS DEL ESPECIMEN	I	II	III
Peso humedo de la muestra + Peso del anillo (g)	234.20	234.20	234.20
Peso del anillo (g)	86.6	86.6	86.6
Peso de la muestra humeda (g)	147.60	147.6	147.6
Peso de la muestra seca (g)	140.71	140.71	140.71
Contenido de humedad (%)	4.90	4.90	4.90
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.108	2.108	2.108
Densidad seca (g/cm ³)	2.010	2.010	2.010

Realizado por:	ESPECIMEN 1		ESPECIMEN 2		ESPECIMEN 3		
	<i>Altura Inicial:</i>	24.0 mm	24.0 mm	24.0 mm	24.0 mm	24.0 mm	24.0 mm
Diámetro de muestra :	60.9 mm	60.9 mm	60.9 mm	60.9 mm	60.9 mm	60.9 mm	
<i>Area Inicial:</i>	29.1 cm ²	29.1 cm ²	29.1 cm ²	29.1 cm ²	29.1 cm ²	29.1 cm ²	
<i>Densidad Seca:</i>	2.010 g/cm ³	2.010 g/cm ³	2.010 g/cm ³	2.010 g/cm ³	2.010 g/cm ³	2.010 g/cm ³	
<i>Humedad:</i>	4.9 %	4.9 %	4.9 %	4.9 %	4.9 %	4.9 %	
Peso Normal :	1.500 kg	3.000 kg	3.000 kg	4.500 kg	4.500 kg	4.500 kg	
<i>Esfuerzo Normal :</i>	0.52 kg/cm ²	1.03 kg/cm ²	1.03 kg/cm ²	1.55 kg/cm ²	1.55 kg/cm ²	1.55 kg/cm ²	
Procesado por:	Deformación horizontal (mm)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)
	0.00		0.00		0.00		0.00
	0.25		3.26		2.74		7.48
	0.50		4.16		4.97		9.31
	0.75		4.64		6.77		11.27
	1.00		5.13		8.79		13.88
	1.50		6.39		10.95		15.26
	2.00		7.83		12.78		17.66
	2.50		8.98		14.40		20.32
	3.00		10.12		15.96		22.16
	3.50		11.18		17.53		24.96
	4.00		12.13		18.97		27.27
	4.50		12.86		20.20		29.53
	5.00		13.61		21.97		31.52
	5.50		14.34		23.47		33.28
	6.00		15.75		24.83		34.92
	6.50		16.31		24.97		36.21
	7.00		16.84		25.01		38.36
	7.50		17.30		27.24		38.43
	8.00		17.64		28.15		38.21
	8.50		17.42		28.71		37.98
	9.00		17.57		29.52		37.42
	9.50		17.77		30.11		37.11
	10.00		17.81		30.81		36.67

OBSERVACIONES:

Muestra provista e identificada por el laboratorio GRUPO FRAMED
Las muestras fueron remoldeadas a la densidad natural, de una muestra inalterada



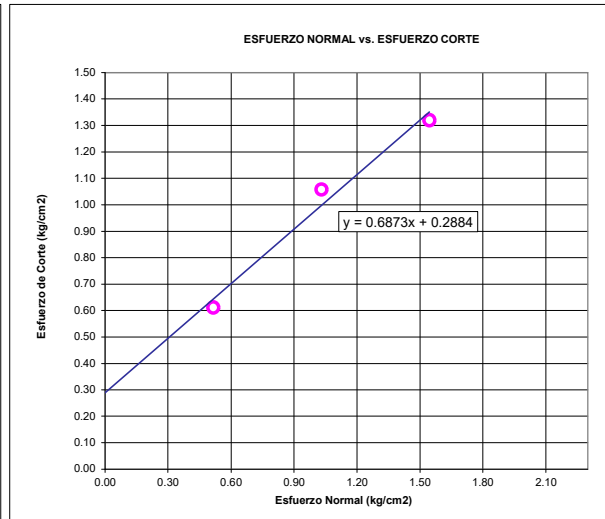
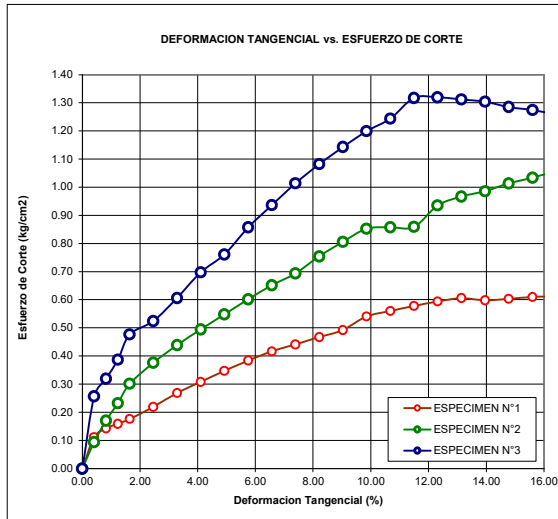
 Ing. Ivan Saul Huayan Huamani
 INGENIERO CIVIL
 CIP 205562

	INFORME	Código	AE-FO-020
	ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS ASTM D3080	Versión	01
		Fecha	SETIEMBRE- 2023
		Página	3 de 3

Proyecto	: "DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO"	Registro N°:	1
Solicitante	: 0	Muestreado por :	0
Atención	:	Ensayado por :	Maribel Servantes Ayma
Ubicación de Proyecto	: URUBAMBA-URUBAMBA-CUSCO	Fecha de Ensayo:	23/09/2023
Material	:	Turno:	Mañana
Código de Muestra	: 001	Profundidad:	2 m
Sondaje / Calicata	: 001	Norte:	0 m
N° de Muestra	: C-1	Este:	0 m
Progresiva	: 000-00	Cota:	0 ms.n.m.

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS
ASTM D3080**



VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min



Resultados:
Cohesión @ : 0.24 kg/cm²
Angulo de fricción (φ) : 27.7°

OBSERVACIONES:

Muestra provista e identificada por el laboratorio GRUPO FRAMED
Las muestras fueron remoldeadas a la densidad natural, de una muestra inalterada



Ing. Ivan Saul Huamán Huamani
INGENIERO CIVIL
CIP 205562

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

PROYECTO:	"DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO"					
UBICACIÓN:	0					
	Distrito:	Urubamba	Provincia:	Urubamba	Departamento:	CUSCO
SOLICITA:	Mejía Meza, Leónidas - Surco Paucar Kelvin Elvio					
FECHA:	Urubamba, Setiembre del 2023					
MUESTRA:	Calicata N°:	C-1	Profundidad (m):	2.00	Estrato:	0
	Ubicación:	Sub Razante	Infraestructura:	0	Progresiva:	0

DENSIDAD DE CAMPO	γ_{nat}	1.39	Tn/m3
PROFUNDIDAD DE DESPLANTE	D_f	2.00	m
LONGITUD MINIMA DE CIMENTACION (ancho)	B	2.00	m
COHESION	C	2.40	Tn/m2
COHESION (FALLA LOCAL)	C	1.60	Tn/m2
ANGULO DE FRICCION INTERNA	F	27.70	°
ANGULO DE FRICCION INTERNA (FALLA LOCAL)	F	19.29	°
FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA	N_q	5.97	
	N_y	4.88	
	N_c	14.19	

$$q_c = cN_c + \gamma D_f N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma$$

$$q_{adm} = \frac{q_c}{F.S.}$$

$$q_c = 46.02 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$F.S = 4$$

$$q_{adm} = 11.50 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$q_{adm} = 1.15 \quad \text{Kg/cm}^2$$



 Ing. Ivan Saul Huamán Huamán
 INGENIERO CIVIL
 CIP 205562

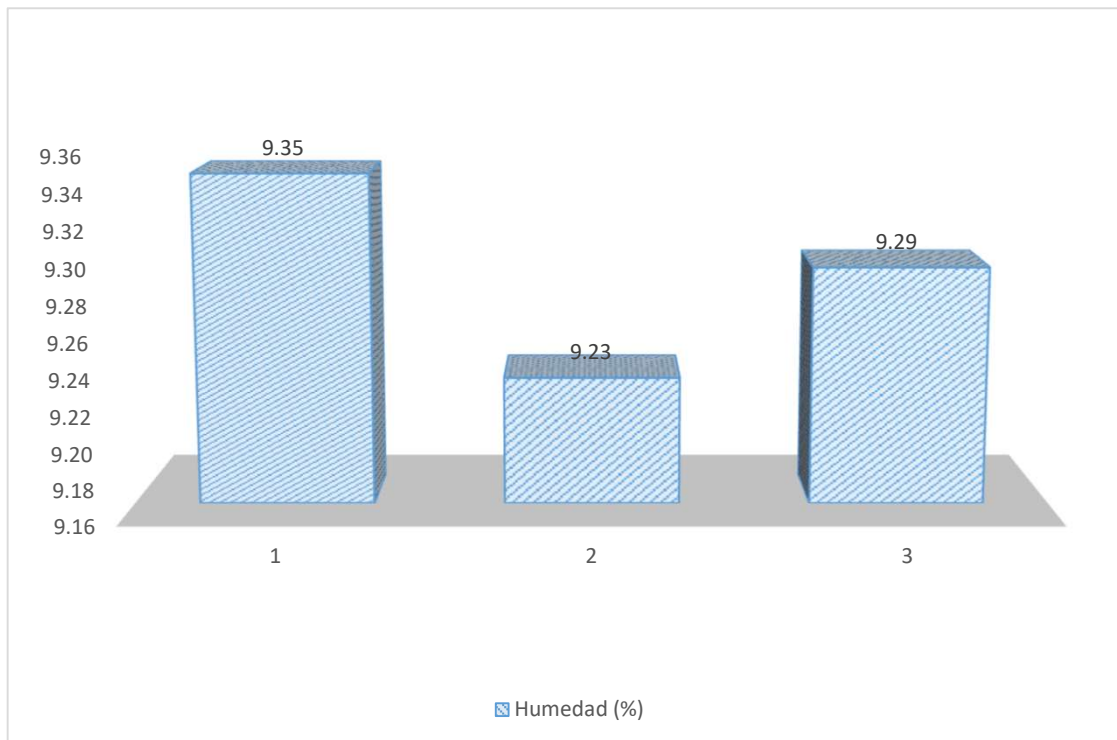
CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)

PROYECTO:	"DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO"					
UBICACIÓN:	0					
	Distrito:	Urubamba	Provincia:	Urubamba	Departamento:	Cusco
SOLICITA:	Mejía Meza, Leónidas - Surco Paucar Kelvin Elvio					
FECHA:	Urubamba, Setiembre del 2023					
MUESTRA:	Calicata N°:	C-2	Profundidad (m):	2.00	Estrato:	0.00m a 2.00m
	Ubicación:	Sub Razante	Infraestructura:	0	Progresiva:	0

N° DE ENSAYO	1	2	3
Peso Capsula (gr)	39.39	39.45	41.34
Peso Capsula + Muestra Humeda (gr)	79.63	81.57	98.68
Peso Capsula + Muestra Seca (gr)	76.19	78.01	93.80
Peso Muestra Humeda (gr)	40.24	42.12	57.34
Peso Muestra Seca (gr)	36.80	38.56	52.46
Peso del agua (gr)	3.44	3.56	4.88
Humedad (%)	9.35	9.23	9.29

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
Humedad Promedio	9.29	%

GRAFICO:




 Ing. Ivan Saul Huamán Huamani
 INGENIERO CIVIL
 CIP 205562

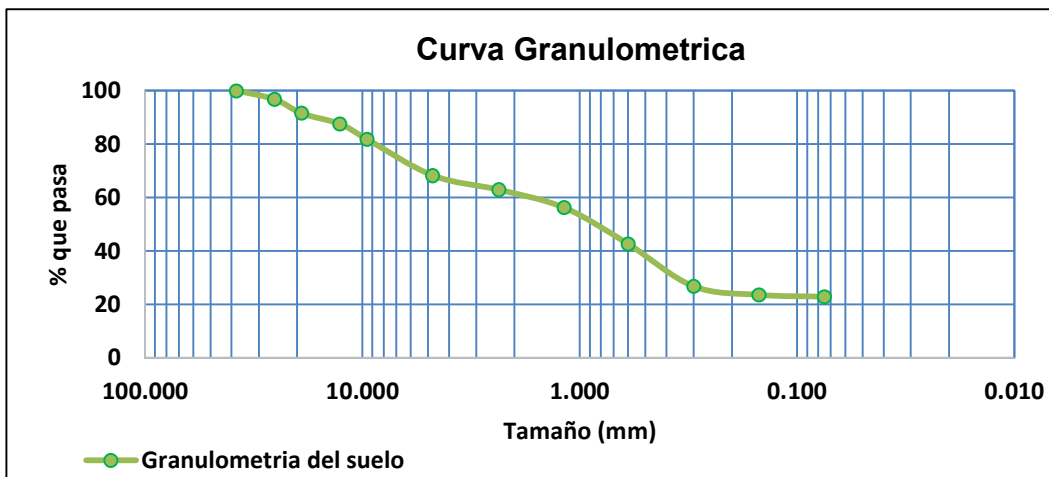
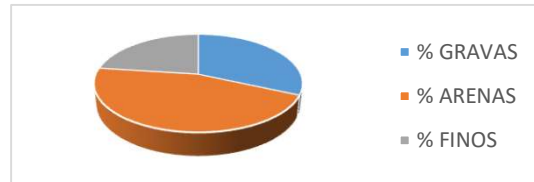
GRANULOMETRIA DE SUELOS POR LAVADO Y TAMIZADO (ASTM D 422)

PROYECTO:	"DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO"					
UBICACIÓN:	0					
	Distrito:	Urubamba	Provincia:	Urubamba	Departamento:	Cusco
SOLICITA:	Mejía Meza, Leónidas - Surco Pauccar Kelvin Elvio					
FECHA:	Urubamba, Setiembre del 2023					
MUESTRA:	Calicata N°:	C-2	Profundidad (m):	2.00	Estrato:	0.00m a 2.00m
	Ubicación:	Sub Razante	Infraestructura:	0	Progresiva:	0

Muestra Inicial (gr)	773.00	Muestra lavada (gr)		597.00	
MALLA (Pulg)	TAMAÑO (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMUL.	% PASANTE ACUMUL.
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	25.03	3.24	3.24	96.76
3/4"	19.050	40.05	5.18	8.42	91.58
1/2"	12.700	31.04	4.02	12.44	87.56
3/8"	9.525	44.06	5.70	18.13	81.87
N°4	4.750	105.14	13.60	31.74	68.26
N°8	2.360	41.05	5.31	37.05	62.95
N°16	1.180	52.07	6.74	43.78	56.22
N°30	0.600	105.14	13.60	57.38	42.62
N°50	0.300	122.16	15.80	73.19	26.81
N°100	0.150	25.03	3.24	76.42	23.58
N°200	0.075	5.01	0.65	77.07	22.93
CAZUELA		177.23	22.93	100.00	0.00

PORCENTAJE DE GRAVAS, ARENAS Y FINOS

% GRAVAS	31.74
% ARENAS	45.34
% FINOS	22.93



Ing. Ivan Saúl Huamán Huamán
 INGENIERO CIVIL
 CIP 205562

LIMITES DE CONSISTENCIA (NTP 339.129)

PROYECTO:	"DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO"					
UBICACIÓN:	0					
	Distrito:	Urubamba	Provincia:	Urubamba	Departamento:	Cusco
SOLICITA:	Mejía Meza, Leónidas - Surco Paucar Kelvin Elvio					
FECHA:	Urubamba, Setiembre del 2023					
MUESTRA:	Calicata N°:	C-2	Profund (m):	2.00	Estrato:	0.00m a 2.00m
	Ubicación:	Sub Razante	Infraestructura:	0	Progresiva:	0

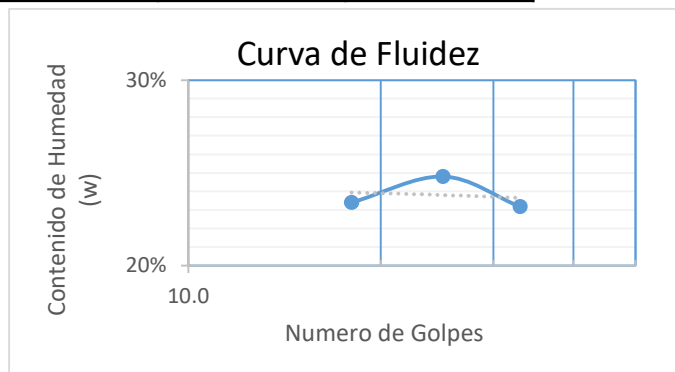
ENSAYO: LIMITE LIQUIDO

N° DE ENSAYO	1	2	3
N° de Golpes	18	25	33
Peso Capsula (gr)	41.731	39.554	41.233
Peso Cap+Suelo Humedo (gr)	72.218	61.581	76.548
Peso Cap+Suelo Seco (gr)	66.436	57.203	69.903
Peso Agua (gr)	5.78	4.38	6.65
Peso Suelo Seco (gr)	24.705	17.649	28.67
Contenido de Humedad (w)	23.40%	24.81%	23.18%

ENSAYO: LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° DE ENSAYO	1	2	3
Peso Capsula (gr)	21.671	19.914	21.543
Peso Cap+Suelo Humedo (gr)	22.921	20.751	22.933
Peso Cap+Suelo Seco (gr)	22.767	20.646	22.761
Peso Agua (gr)	0.154	0.105	0.172
Peso Suelo Seco (gr)	1.096	0.732	1.218
Contenido de Humedad (w)	14.05%	14.34%	14.12%

N° Golpes	25
Limite Liquido (LL)	24.81%
Limite Plastico (LP)	14.17%
Indice Plastico (IP)	10.63%



CLASIFICACION DE SUELOS (NTP 339.134)

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS

GC Grava Arcillosa

Sistema de clasificación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)

A-2-4 Grava y Arena Limoarcillosa



 Ing. Ivan Saul Huamán Huamán
 INGENIERO CIVIL
 CIP 205562

ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS ASTM D3080	FORMATO	Código	AE-FO-020
	Versión	01	
	Fecha		
	Página	1 de 3	

Proyecto : "DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO" 1

Solicitante : Ensayado por : Maribel Servantes Ayma

Atención : Fecha de Ensayo : 23/09/2023

Ubicación de Proyecto : URUBAMBA-URUBAMBA-CUSCO Turno : Mañana

Material : Profundidad : 2 m

Código de Muestra : 001 Norte :

Sondaje / Calicata : 001 Este :

N° de Muestra : C-2 Cota :

Progresiva : 000-00

DATOS DEL ESPECIMEN	I	II	III
Altura de la muestra (mm)	24.04	24.04	24.04
Diámetro (mm)	60.89	60.89	60.89
Area inicial (cm ²)	29.12	29.12	29.12
Volumen de la muestra (cm ³)	70.00	70.00	70.00

DATOS DEL ESPECIMEN	I	II	III
Peso humedo de la muestra + Peso del anillo (g)	234.20	234.20	234.20
Peso del anillo (g)	86.6	86.6	86.6
Peso de la muestra humeda (g)	147.60	147.6	147.6
Peso de la muestra seca (g)	140.71	140.71	140.71
Contenido de humedad (%)	4.90	4.90	4.90
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.108	2.108	2.108
Densidad seca (g/cm ³)	2.010	2.010	2.010

	ESPECIMEN 1		ESPECIMEN 2		ESPECIMEN 3	
	Deformación horizontal (mm)	Carga (kgf)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)
Realizado por:	Altura Inicial: 24.0 mm		24.0 mm		24.0 mm	
	Diámetro de muestra : 60.9 mm		60.9 mm		60.9 mm	
	Area Inicial: 29.1 cm ²		29.1 cm ²		29.1 cm ²	
	Densidad Seca: 2.010 g/cm ³		2.010 g/cm ³		2.010 g/cm ³	
	Humedad: 4.9 %		4.9 %		4.9 %	
	Peso Normal : 1.500 kg		3.000 kg		4.500 kg	
Procesado por:	Esfuerzo Normal : 0.52 kg/cm ²		1.03 kg/cm ²		1.55 kg/cm ²	
	0.00	0.00		0.00		0.00
	0.25	5.03		5.88		6.66
	0.50	5.83		7.83		10.08
	0.75	6.26		9.66		15.32
	1.00	6.60		11.09		17.67
	1.50	7.02		14.20		19.69
	2.00	7.26		16.79		20.89
	2.50	7.49		18.67		21.73
	3.00	7.59		19.00		22.18
	3.50	8.45		19.73		22.89
	4.00	8.79		20.79		23.37
	4.50	9.04		20.94		23.75
	5.00	9.25		21.38		24.32
	5.50	9.82		21.30		24.48
	6.00	10.06		21.00		24.72
	6.50	10.28		21.40		25.02
	7.00	10.41		21.41		25.07
	7.50	10.52		21.36		25.10
	8.00	10.85		21.68		25.45
	8.50	11.17		22.01		25.28
	9.00	11.17		22.09		25.27
	9.50	11.97		22.14		25.40
	10.00	12.13		22.32		25.33

OBSERVACIONES:

Muestra provista e identificada por el laboratorio GRUPO FRAMED
Las muestras fueron remoldeadas a la densidad natural, de una muestra inalterada



 Ing. Ivan Saul Huaynar Huamani
 INGENIERO CIVIL
 CIP 205562

	INFORME	Código	AE-FO-020
	ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS ASTM D3080	Versión	01
		Fecha	SETIEMBRE-2023
		Página	2 de 3

Proyecto	DEFENSA RIBERENA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO-URUBAMBA-CUSCO	Registro N°:	1
Solicitante	0	Muestreado por :	0
Atención	:	Ensayado por :	Maribel Servantes Ayma
Ubicación de Proyecto	URUBAMBA-URUBAMBA-CUSCO	Fecha de Ensayo:	23/09/2023
Material	:	Turno:	Mañana
Código de Muestra	: 001	Profundidad:	2 m
Sondaje / Calicata	: 001	Norte:	0 m
N° de Muestra	: C-2	Este:	0 m
Progresiva	: 000-00	Cota:	0 ms.n.m.

ESPECIMEN 1			VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min			ESPECIMEN 3		
Altura Inicial:	24.0	mm	Altura Inicial:	24.0	mm	Altura Inicial:	24.0	mm
Lado de caja :	60.9	mm	Lado de caja :	60.9	mm	Lado de caja :	60.9	mm
Area Inicial:	29.1	cm ²	Area Inicial:	29.1	cm ²	Area Inicial:	29.1	cm ²
Densidad Seca:	2.010	gr/cm ³	Densidad Seca:	2.010	gr/cm ³	Densidad Seca:	2.010	gr/cm ³
Humedad Inic.:	4.9	%	Humedad Inic.:	4.9	%	Humedad Inic.:	4.9	%
Esf. Normal :	0.52	kg/cm ²	Esf. Normal :	1.03	kg/cm ²	Esf. Normal :	1.55	kg/cm ²
Esf. Corte:	0.42	kg/cm ²	Esf. Corte:	0.77	kg/cm ²	Esf. Corte:	0.87	kg/cm ²

Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Esfuerzo Normalizado (vσ)	Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Esfuerzo Normalizado (vσ)	Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Esfuerzo Normalizado (vσ)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.41	0.17	0.43	0.41	0.20	0.25	0.41	0.23	0.19
0.82	0.20	0.49	0.82	0.27	0.33	0.82	0.35	0.28
1.23	0.21	0.52	1.23	0.33	0.40	1.23	0.53	0.43
1.64	0.23	0.55	1.64	0.38	0.46	1.64	0.61	0.49
2.46	0.24	0.58	2.46	0.49	0.59	2.46	0.68	0.54
3.28	0.25	0.60	3.28	0.58	0.69	3.28	0.72	0.57
4.11	0.26	0.61	4.11	0.64	0.76	4.11	0.75	0.59
4.93	0.26	0.61	4.93	0.65	0.77	4.93	0.76	0.60
5.75	0.29	0.68	5.75	0.68	0.79	5.75	0.79	0.61
6.57	0.30	0.70	6.57	0.71	0.82	6.57	0.80	0.62
7.39	0.31	0.71	7.39	0.72	0.82	7.39	0.82	0.62
8.21	0.32	0.72	8.21	0.73	0.83	8.21	0.84	0.63
9.03	0.34	0.76	9.03	0.73	0.82	9.03	0.84	0.63
9.85	0.35	0.77	9.85	0.72	0.80	9.85	0.85	0.63
10.67	0.35	0.78	10.67	0.73	0.81	10.67	0.86	0.63
11.50	0.36	0.78	11.50	0.74	0.80	11.50	0.86	0.63
12.32	0.36	0.78	12.32	0.73	0.79	12.32	0.86	0.62
13.14	0.37	0.80	13.14	0.74	0.80	13.14	0.87	0.63
13.96	0.38	0.82	13.96	0.76	0.80	13.96	0.87	0.62
14.78	0.38	0.81	14.78	0.76	0.80	14.78	0.87	0.61
15.60	0.41	0.86	15.60	0.76	0.79	15.60	0.87	0.61
16.42	0.42	0.86	16.42	0.77	0.79	16.42	0.87	0.60

OBSERVACIONES:

Muestra provista e identificada por el laboratorio GRUPO FRAMED
Las muestras fueron remoldeadas a la densidad natural, de una muestra inalterada



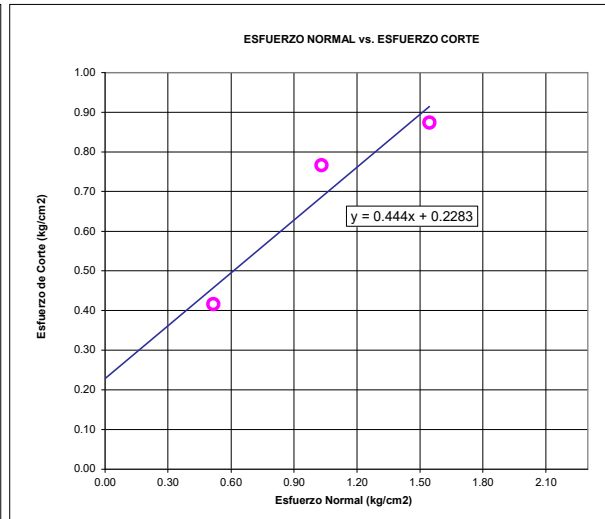
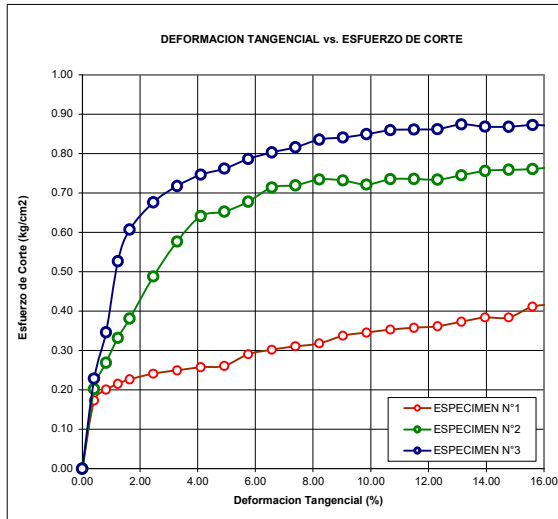
 Ing. Ivan Saul Huamán
 INGENIERO CIVIL
 CIP 205562

	INFORME	Código	AE-FO-020
	ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS ASTM D3080	Versión	01
		Fecha	SETIEMBRE- 2023
		Página	3 de 3

Proyecto	: "DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO"	Registro N°:	1
Solicitante	: 0	Muestreado por :	0
Atención	:	Ensayado por :	Maribel Servantes Ayma
Ubicación de Proyecto	: URUBAMBA-URUBAMBA-CUSCO	Fecha de Ensayo:	23/09/2023
Material	:	Turno:	Mañana
Código de Muestra	: 001	Profundidad:	2 m
Sondaje / Calicata	: 001	Norte:	0 m
N° de Muestra	: C-2	Este:	0 m
Progresiva	: 000-00	Cota:	0 ms.n.m.

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS
ASTM D3080**



VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min



Resultados:
Cohesión @ : 0.23 kg/cm²
Angulo de fricción (φ) : 23.9°

OBSERVACIONES:

Muestra provista e identificada por el laboratorio GRUPO FRAMED
Las muestras fueron remodeladas a la densidad natural, de una muestra inalterada



Ing. Ivan Saul Huamán Huamán
INGENIERO CIVIL
CIP 205562

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

PROYECTO:	"DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO"					
UBICACIÓN:	0					
	Distrito:	Urubamba	Provincia:	Urubamba	Departamento:	CUSCO
SOLICITA:	Mejía Meza, Leónidas - Surco Paucar Kelvin Elvio					
FECHA:	Urubamba, Setiembre del 2023					
MUESTRA:	Calicata N°:	C-2	Profundidad (m):	3.00	Estrato:	0
	Ubicación:	Sub Razante	Infraestructura:	0	Progresiva:	0

DENSIDAD DE CAMPO	γ_{nat}	1.33	Tn/m3
PROFUNDIDAD DE DESPLANTE	D_f	2.00	m
LONGITUD MINIMA DE CIMENTACION (ancho)	B	2.00	m
COHESION	C	2.23	Tn/m2
COHESION (FALLA LOCAL)	C	1.49	Tn/m2
ANGULO DE FRICCION INTERNA	F	23.90	°
ANGULO DE FRICCION INTERNA (FALLA LOCAL)	F	16.46	°
FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA	N_q	4.53	
	N_y	3.27	
	N_c	11.95	

$$q_c = cN_c + \gamma D_f N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma$$

$$q_{adm} = \frac{q_c}{F.S.}$$

$$q_c = 34.16 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$F.S = 3$$

$$q_{adm} = 11.39 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$q_{adm} = 1.14 \quad \text{Kg/cm}^2$$



 Ing. Ivan Saul Huamán Huamán
 INGENIERO CIVIL
 CIP 205562

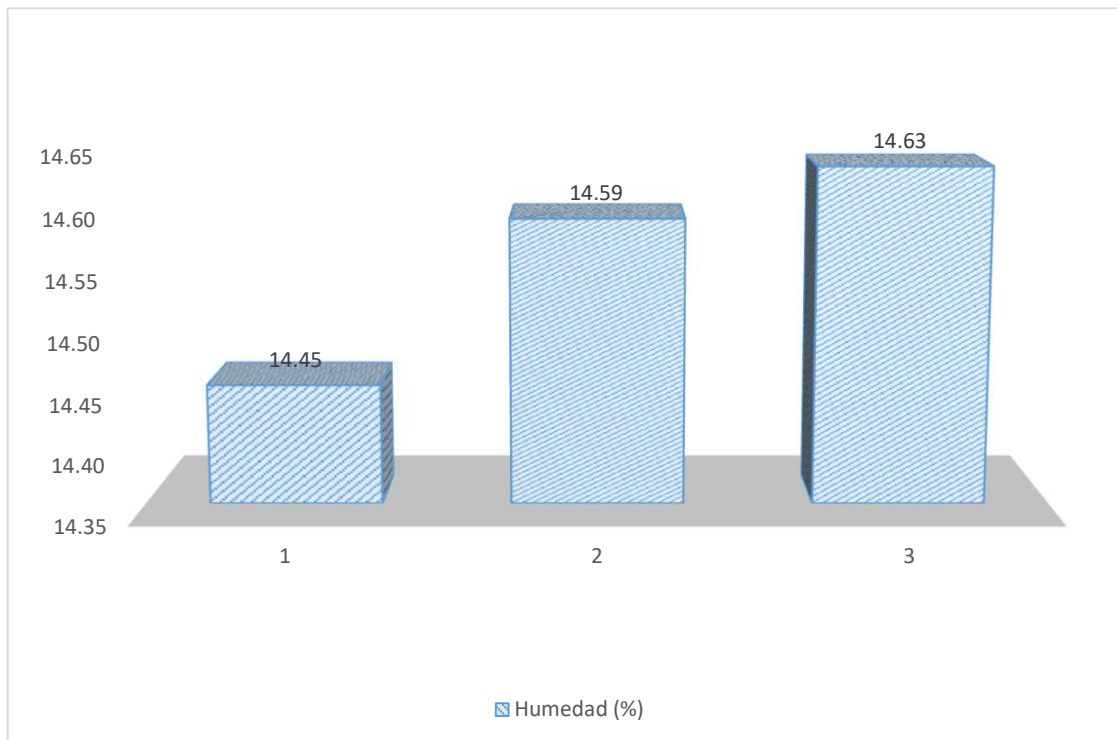
CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)

PROYECTO:	"DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO"					
UBICACIÓN:	0					
	Distrito:	Urubamba	Provincia:	Urubamba	Departamento:	Cusco
SOLICITA:	Mejía Meza, Leónidas - Surco Paucar Kelvin Elvio					
FECHA:	Urubamba, Setiembre del 2023					
MUESTRA:	Calicata N°:	C-3	Profundidad (m):	2.00	Estrato:	0.00m a 2.00m
	Ubicación:	Sub Razante	Infraestructura:	0	Progresiva:	0

N° DE ENSAYO	1	2	3
Peso Capsula (gr)	39.44	38.82	39.67
Peso Capsula + Muestra Humeda (gr)	118.64	119.71	117.32
Peso Capsula + Muestra Seca (gr)	108.64	109.41	107.41
Peso Muestra Humeda (gr)	79.20	80.89	77.65
Peso Muestra Seca (gr)	69.20	70.59	67.74
Peso del agua (gr)	10.00	10.30	9.91
Humedad (%)	14.45	14.59	14.63

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
Humedad Promedio	14.56	%

GRAFICO:



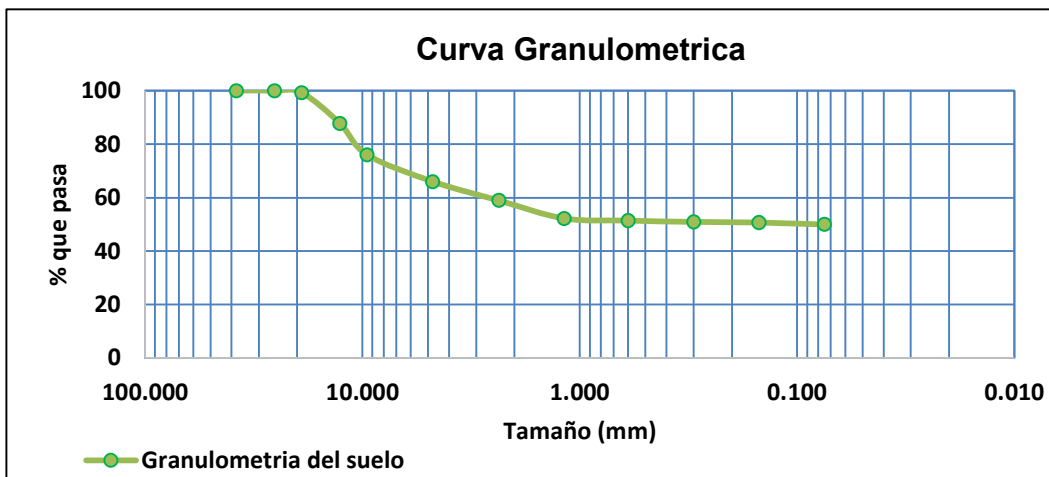
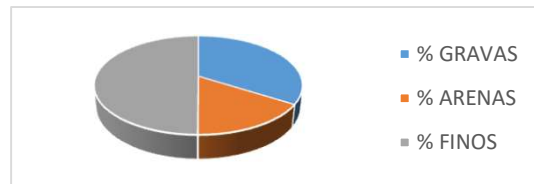
GRANULOMETRIA DE SUELOS POR LAVADO Y TAMIZADO (ASTM D 422)

PROYECTO:	"DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO"					
UBICACIÓN:	0					
	Distrito:	Urubamba	Provincia:	Urubamba	Departamento:	CUSCO
SOLICITA:	Mejía Meza, Leónidas - Surco Paucar Kelvin Elvio					
FECHA:	Urubamba, Setiembre del 2023					
MUESTRA:	Calicata N°:	C-3	Profundidad (m):	2.00	Estrato:	0.00m a 2.00m
	Ubicación:	Sub Razante	Infraestructura:	0	Progresiva:	0

Muestra Inicial (gr)	699.00	Muestra lavada (gr)		352.00	
MALLA (Pulg)	TAMAÑO (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMUL.	% PASANTE ACUMUL.
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	5.01	0.72	0.72	99.28
1/2"	12.700	80.23	11.48	12.20	87.80
3/8"	9.525	82.23	11.76	23.96	76.04
N°4	4.750	70.20	10.04	34.00	66.00
N°8	2.360	49.14	7.03	41.03	58.97
N°16	1.180	47.13	6.74	47.78	52.22
N°30	0.600	6.02	0.86	48.64	51.36
N°50	0.300	3.01	0.43	49.07	50.93
N°100	0.150	2.01	0.29	49.35	50.65
N°200	0.075	5.01	0.72	50.07	49.93
CAZUELA		349.00	49.93	100.00	0.00

PORCENTAJE DE GRAVAS, ARENAS Y FINOS

% GRAVAS	34.00
% ARENAS	16.07
% FINOS	49.93



Ing. Ivan Saul Huamán Huamán
 INGENIERO CIVIL
 CIP 205562

LIMITES DE CONSISTENCIA (NTP 339.129)

PROYECTO:	"DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO"					
UBICACIÓN:	0					
	Distrito:	Urubamba	Provincia:	Urubamba	Departamento:	Cusco
SOLICITA:	Mejía Meza, Leónidas - Surco Paucar Kelvin Elvio					
FECHA:	Urubamba, Setiembre del 2023					
MUESTRA:	Calicata N°:	C-3	Profund (m):	2.00	Estrato:	0.00m a 2.00m
	Ubicación:	Sub Razante	Infraestructura:	0	Progresiva:	0

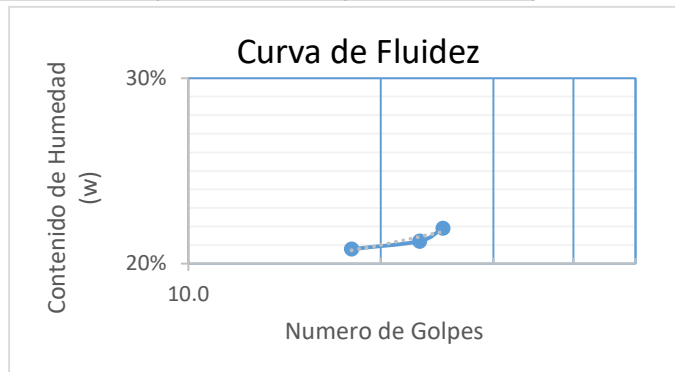
ENSAYO: LIMITE LIQUIDO

N° DE ENSAYO	1	2	3
N° de Golpes	25	23	18
Peso Capsula (gr)	35.77	29.06	38.79
Peso Cap+Suelo Humedo (gr)	49.64	43.61	55.07
Peso Cap+Suelo Seco (gr)	47.15	41.06	52.27
Peso Agua (gr)	2.49	2.55	2.80
Peso Suelo Seco (gr)	11.375	12.001	13.483
Contenido de Humedad (w)	21.90%	21.21%	20.78%

ENSAYO: LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° DE ENSAYO	1	2	3
Peso Capsula (gr)	41.046	37.914	39.774
Peso Cap+Suelo Humedo (gr)	44.924	41.516	42.814
Peso Cap+Suelo Seco (gr)	44.416	40.992	42.438
Peso Agua (gr)	0.508	0.524	0.376
Peso Suelo Seco (gr)	3.37	3.078	2.664
Contenido de Humedad (w)	15.07%	17.02%	14.11%

N° Golpes	25
Limite Liquido (LL)	21.90%
Limite Plastico (LP)	15.40%
Indice Plastico (IP)	6.49%



CLASIFICACION DE SUELOS (NTP 339.134)

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS

GC Grava Arcillosa

Sistema de clasificación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)

A-2-4 Grava y Arena Limoarcillosa



 Ing. Ivan Saul Huamán Huamán
 INGENIERO CIVIL
 CIP 205562

FORMATO ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS ASTM D3080	Código	AE-FO-020
	Versión	01
	Fecha	
	Página	1 de 3

Proyecto	"DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO"		1
Solicitante			
Atención	:	Ensayado por :	Maribel Servantes Ayma
Ubicación de Proyecto	: URUBAMBA-URUBAMBA-CUSCO	Fecha de Ensayo:	23/09/2023
Material	:	Turno:	Mañana
Código de Muestra	: 001	Profundidad:	2 m
Sondaje / Calicata	: 001	Norte:	
N° de Muestra	: C-3	Este:	
Progresiva	: 000-00	Cota:	

DATOS DEL ESPECIMEN	I	II	III
Altura de la muestra (mm)	24.04	24.04	24.04
Diámetro (mm)	60.89	60.89	60.89
Area inicial (cm ²)	29.12	29.12	29.12
Volumen de la muestra (cm ³)	70.00	70.00	70.00

DATOS DEL ESPECIMEN	I	II	III
Peso humedo de la muestra + Peso del anillo (g)	234.20	234.20	234.20
Peso del anillo (g)	86.6	86.6	86.6
Peso de la muestra humeda (g)	147.60	147.6	147.6
Peso de la muestra seca (g)	140.71	140.71	140.71
Contenido de humedad (%)	4.90	4.90	4.90
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.108	2.108	2.108
Densidad seca (g/cm ³)	2.010	2.010	2.010

Realizado por:	ESPECIMEN 1		ESPECIMEN 2		ESPECIMEN 3		
	<i>Altura Inicial:</i>	24.0 mm	24.0 mm	24.0 mm	24.0 mm	24.0 mm	24.0 mm
Diámetro de muestra :	60.9 mm	60.9 mm	60.9 mm	60.9 mm	60.9 mm	60.9 mm	
<i>Area Inicial:</i>	29.1 cm ²	29.1 cm ²	29.1 cm ²	29.1 cm ²	29.1 cm ²	29.1 cm ²	
<i>Densidad Seca:</i>	2.010 g/cm ³	2.010 g/cm ³	2.010 g/cm ³	2.010 g/cm ³	2.010 g/cm ³	2.010 g/cm ³	
<i>Humedad:</i>	4.9 %	4.9 %	4.9 %	4.9 %	4.9 %	4.9 %	
Peso Normal :	1.500 kg	3.000 kg	3.000 kg	4.500 kg	4.500 kg	4.500 kg	
<i>Esfuerzo Normal :</i>	0.52 kg/cm ²	1.03 kg/cm ²	1.03 kg/cm ²	1.55 kg/cm ²	1.55 kg/cm ²	1.55 kg/cm ²	
Procesado por:	Deformación horizontal (mm)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)
	0.00		0.00		0.00		0.00
	0.25		4.76		5.33		9.37
	0.50		6.46		7.89		13.99
	0.75		8.11		10.38		18.16
	1.00		9.75		12.33		21.09
	1.50		12.85		16.66		26.11
	2.00		14.00		18.37		29.11
	2.50		16.33		20.75		31.80
	3.00		20.17		25.11		33.00
	3.50		23.01		26.69		34.81
	4.00		24.38		27.58		35.70
	4.50		23.14		28.15		36.41
	5.00		21.48		28.16		37.60
	5.50		20.78		28.37		37.91
	6.00		20.02		28.48		38.95
	6.50		19.95		28.40		39.03
	7.00		19.48		28.10		39.01
	7.50		19.31		27.67		38.79
	8.00		19.31		26.52		38.71
	8.50		18.37		26.41		38.81
	9.00		18.07		26.41		38.83
	9.50		18.16		26.38		38.64
	10.00		18.15		26.30		38.60

OBSERVACIONES:

Muestra provista e identificada por el laboratorio GRUPO FRAMED
Las muestras fueron remoldeadas a la densidad natural, de una muestra inalterada


 Ing. Ivan Saul Huayan Huamani
 INGENIERO CIVIL
 CIP 205562

	INFORME	Código	AE-FO-020
	ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS ASTM D3080	Versión	01
		Fecha	SETIEMBRE-2023
		Página	2 de 3

Proyecto	DEFENSA RIBERENA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO-URUBAMBA-CUSCO	Registro N°:	1
Solicitante	0	Muestreado por :	0
Atención	:	Ensayado por :	Maribel Servantes Ayma
Ubicación de Proyecto	URUBAMBA-URUBAMBA-CUSCO	Fecha de Ensayo:	23/09/2023
Material	:	Turno:	Mañana
Código de Muestra	: 001	Profundidad:	2 m
Sondaje / Calicata	: 001	Norte:	0 m
N° de Muestra	: C-3	Este:	0 m
Progresiva	: 000-00	Cota:	0 ms.n.m.

ESPECIMEN 1			VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min			ESPECIMEN 3		
Altura Inicial:	24.0	mm	Altura Inicial:	24.0	mm	Altura Inicial:	24.0	mm
Lado de caja :	60.9	mm	Lado de caja :	60.9	mm	Lado de caja :	60.9	mm
Area Inicial:	29.1	cm ²	Area Inicial:	29.1	cm ²	Area Inicial:	29.1	cm ²
Densidad Seca:	2.010	gr/cm ³	Densidad Seca:	2.010	gr/cm ³	Densidad Seca:	2.010	gr/cm ³
Humedad Inic.:	4.9	%	Humedad Inic.:	4.9	%	Humedad Inic.:	4.9	%
Esf. Normal :	0.52	kg/cm ²	Esf. Normal :	1.03	kg/cm ²	Esf. Normal :	1.55	kg/cm ²
Esf. Corte:	0.84	kg/cm ²	Esf. Corte:	0.98	kg/cm ²	Esf. Corte:	1.34	kg/cm ²

Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Esfuerzo Normalizado (t/e)	Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Esfuerzo Normalizado (t/e)	Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Esfuerzo Normalizado (t/e)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.41	0.16	0.40	0.41	0.18	0.23	0.41	0.32	0.26
0.82	0.22	0.54	0.82	0.27	0.33	0.82	0.48	0.39
1.23	0.28	0.68	1.23	0.36	0.44	1.23	0.62	0.51
1.64	0.33	0.81	1.64	0.42	0.51	1.64	0.72	0.59
2.46	0.44	1.06	2.46	0.57	0.69	2.46	0.90	0.72
3.28	0.48	1.15	3.28	0.63	0.75	3.28	1.00	0.80
4.11	0.56	1.33	4.11	0.71	0.84	4.11	1.09	0.86
4.93	0.69	1.63	4.93	0.86	1.01	4.93	1.13	0.89
5.75	0.79	1.84	5.75	0.92	1.07	5.75	1.20	0.93
6.57	0.84	1.93	6.57	0.95	1.09	6.57	1.23	0.94
7.39	0.79	1.82	7.39	0.97	1.11	7.39	1.25	0.95
8.21	0.74	1.67	8.21	0.97	1.10	8.21	1.29	0.98
9.03	0.71	1.60	9.03	0.97	1.10	9.03	1.30	0.98
9.85	0.69	1.53	9.85	0.98	1.09	9.85	1.34	0.99
10.67	0.69	1.51	10.67	0.98	1.08	10.67	1.34	0.99
11.50	0.67	1.46	11.50	0.96	1.06	11.50	1.34	0.98
12.32	0.66	1.44	12.32	0.95	1.03	12.32	1.33	0.96
13.14	0.66	1.42	13.14	0.91	0.98	13.14	1.33	0.95
13.96	0.63	1.34	13.96	0.91	0.96	13.96	1.33	0.94
14.78	0.62	1.31	14.78	0.91	0.96	14.78	1.33	0.94
15.60	0.62	1.30	15.60	0.91	0.94	15.60	1.33	0.92
16.42	0.62	1.29	16.42	0.90	0.93	16.42	1.33	0.91

OBSERVACIONES:

Muestra provista e identificada por el laboratorio GRUPO FRAMED
Las muestras fueron remoldeadas a la densidad natural, de una muestra inalterada

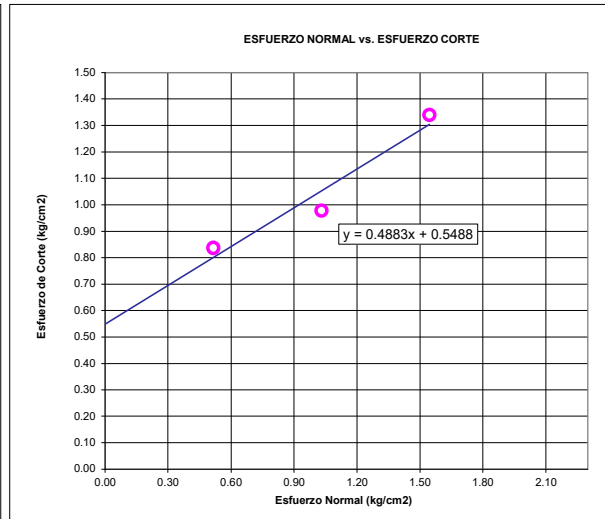
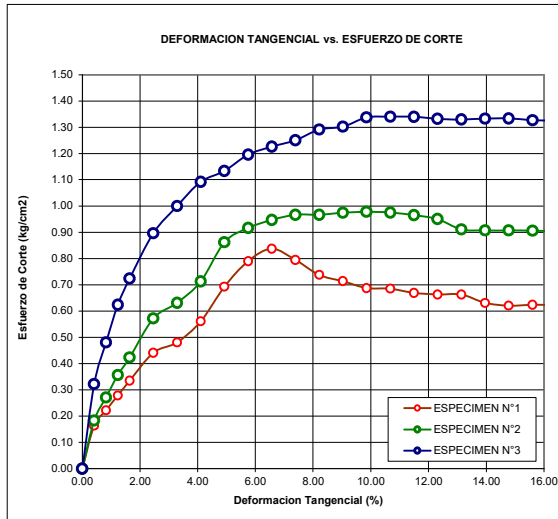

 Ing. Ivan Saul Huamán Huamán
 INGENIERO CIVIL
 CIP 205562

	INFORME	Código	AE-FO-020
	ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS ASTM D3080	Versión	01
		Fecha	SETIEMBRE- 2023
		Página	3 de 3

Proyecto	: "DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO"	Registro N°:	1
Solicitante	: 0	Muestreado por :	0
Atención	:	Ensayado por :	Maribel Servantes Ayma
Ubicación de Proyecto	: URUBAMBA-URUBAMBA-CUSCO	Fecha de Ensayo:	23/09/2023
Material	:	Turno:	Mañana
Código de Muestra	: 001	Profundidad:	2 m
Sondaje / Calicata	: 001	Norte:	0 m
N° de Muestra	: C-3	Este:	0 m
Progresiva	: 000-00	Cota:	0 ms.n.m.

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS
ASTM D3080**

VELOCIDAD DE CORTE: 0.5 mm/min



Resultados:
Cohesión c : 0.55 kg/cm²
Angulo de fricción ϕ : 26.0°

OBSERVACIONES:

Muestra provista e identificada por el laboratorio GRUPO FRAMED
Las muestras fueron remoldeadas a la densidad natural, de una muestra inalterada



Ing. Juan Saul Huayan: Huamani
INGENIERO CIVIL
CIP 205562

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

PROYECTO:	"DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO"					
UBICACIÓN:	0					
	Distrito:	Urubamba	Provincia:	Urubamba	Departamento:	CUSCO
SOLICITA:	Mejía Meza, Leónidas - Surco Paucar Kelvin Elvio					
FECHA:	Urubamba, Setiembre del 2023					
MUESTRA:	Calicata N°:	C-3	Profundidad (m):	2.00	Estrato:	0
	Ubicación:	Sub Razante	Infraestructura:	0	Progresiva:	0

DENSIDAD DE CAMPO	γ_{nat}	1.41	Tn/m3
PROFUNDIDAD DE DESPLANTE	D_f	2.00	m
LONGITUD MINIMA DE CIMENTACION (ancho)	B	2.00	m
COHESION	C	5.55	Tn/m2
COHESION (FALLA LOCAL)	C	3.70	Tn/m2
ANGULO DE FRICCION INTERNA	F	26.00	°
ANGULO DE FRICCION INTERNA (FALLA LOCAL)	F	18.01	°
FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA	N_q	5.26	
	N_y	4.07	
	N_c	13.11	

$$q_c = cN_c + \gamma D_f N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma$$

$$q_{adm} = \frac{q_c}{F.S.}$$

$$q_c = 69.04 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$F.S = 4$$

$$q_{adm} = 17.26 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$q_{adm} = 1.73 \quad \text{Kg/cm}^2$$



 Ing. Ivan Saul Huayan Huamani
 INGENIERO CIVIL
 CIP 205562

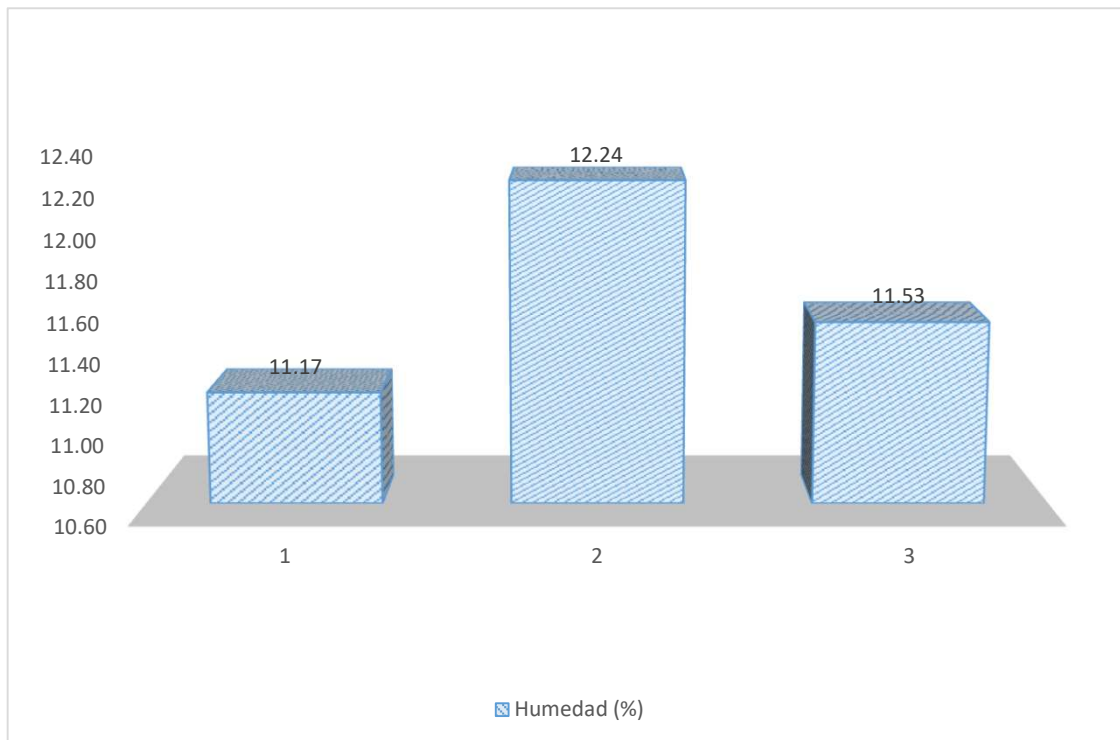
CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)

PROYECTO:	"DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO"					
UBICACIÓN:	0					
	Distrito:	Urubamba	Provincia:	Urubamba	Departamento:	Cusco
SOLICITA:	Mejía Meza, Leónidas - Surco Paucar Kelvin Elvio					
FECHA:	Urubamba, Setiembre del 2023					
MUESTRA:	Calicata N°:	C-4	Profundidad (m):	2.00	Estrato:	0.00m a 2.00m
	Ubicación:	Sub Razante	Infraestructura:	0	Progresiva:	0

N° DE ENSAYO	1	2	3
Peso Capsula (gr)	29.05	37.90	39.78
Peso Capsula + Muestra Humeda (gr)	66.50	70.80	74.75
Peso Capsula + Muestra Seca (gr)	62.74	67.21	71.13
Peso Muestra Humeda (gr)	37.46	32.89	34.97
Peso Muestra Seca (gr)	33.69	29.31	31.36
Peso del agua (gr)	3.76	3.59	3.61
Humedad (%)	11.17	12.24	11.53

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
Humedad Promedio	11.65	%

GRAFICO:



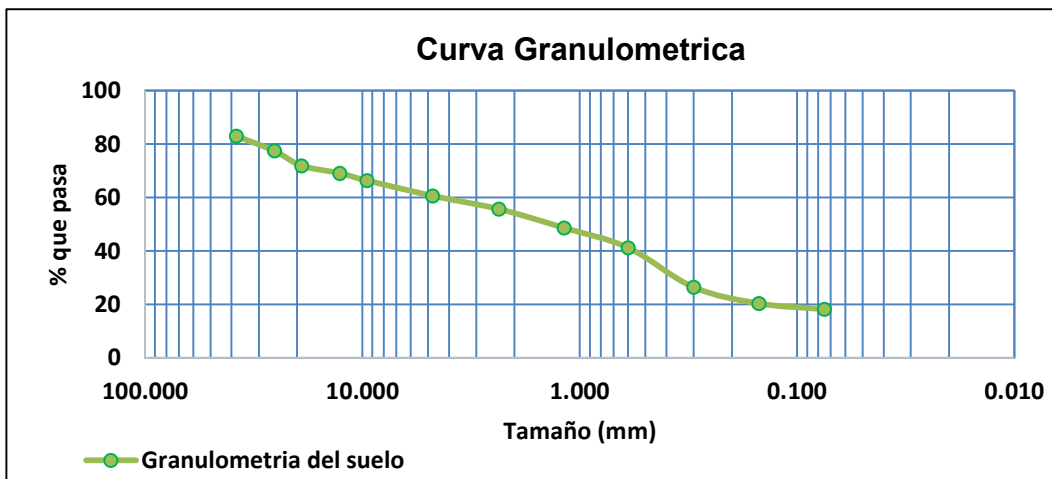
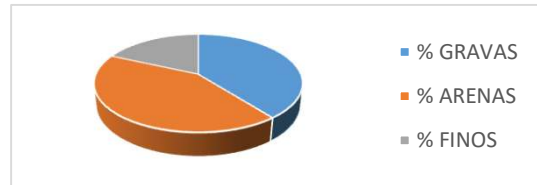
GRANULOMETRIA DE SUELOS POR LAVADO Y TAMIZADO (ASTM D 422)

PROYECTO:	"DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO"					
UBICACIÓN:	0					
	Distrito:	Urubamba	Provincia:	Urubamba	Departamento:	Cusco
SOLICITA:	Mejía Meza, Leónidas - Surco Paucar Kelvin Elvio					
FECHA:	Urubamba, Setiembre del 2023					
MUESTRA:	Calicata N°:	C-4	Profundidad (m):	2.00	Estrato:	0.00m a 2.00m
	Ubicación:	Sub Razante	Infraestructura:	0	Progresiva:	0

Muestra Inicial (gr)	813.00	Muestra lavada (gr)		518.00	
MALLA (Pulg)	TAMAÑO (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMUL.	% PASANTE ACUMUL.
1 1/2"	38.100	138.17	17.00	17.00	83.00
1"	25.400	45.06	5.54	22.54	77.46
3/4"	19.050	45.06	5.54	28.08	71.92
1/2"	12.700	23.03	2.83	30.91	69.09
3/8"	9.525	22.03	2.71	33.62	66.38
N°4	4.750	47.06	5.79	39.41	60.59
N°8	2.360	40.05	4.93	44.33	55.67
N°16	1.180	57.07	7.02	51.35	48.65
N°30	0.600	60.07	7.39	58.74	41.26
N°50	0.300	120.15	14.78	73.52	26.48
N°100	0.150	50.06	6.16	79.68	20.32
N°200	0.075	17.02	2.09	81.77	18.23
CAZUELA		148.18	18.23	100.00	0.00

PORCENTAJE DE GRAVAS, ARENAS Y FINOS

% GRAVAS	39.41
% ARENAS	42.36
% FINOS	18.23




 Ing. Ivan Saul Huamán Huamán
 INGENIERO CIVIL
 CIP 205562

LIMITES DE CONSISTENCIA (NTP 339.129)

PROYECTO:	"DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO"					
UBICACIÓN:	0					
	Distrito:	Urubamba	Provincia:	Urubamba	Departamento:	Cusco
SOLICITA:	Mejía Meza, Leónidas - Surco Paucar Kelvin Elvio					
FECHA:	Urubamba, Setiembre del 2023					
MUESTRA:	Calicata N°:	C-4	Profund (m):	2.00	Estrato:	0.00m a 2.00m
	Ubicación:	Sub Razante	Infraestructura:	0	Progresiva:	0

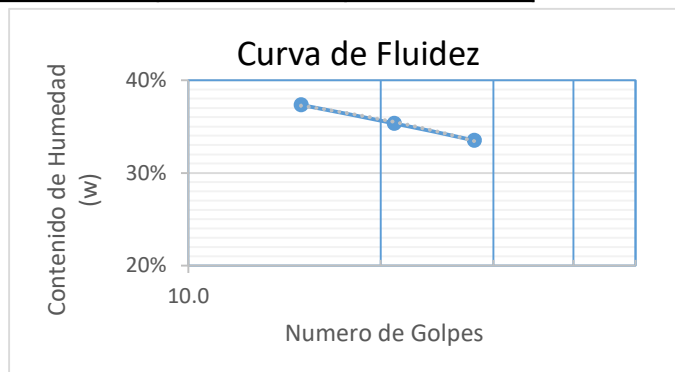
ENSAYO: LIMITE LIQUIDO

N° DE ENSAYO	1	2	3
N° de Golpes	28	21	15
Peso Capsula (gr)	38.764	39.443	41.045
Peso Cap+Suelo Humedo (gr)	61.772	51.188	56.785
Peso Cap+Suelo Seco (gr)	55.998	48.121	52.507
Peso Agua (gr)	5.77	3.07	4.28
Peso Suelo Seco (gr)	17.234	8.678	11.462
Contenido de Humedad (w)	33.50%	35.34%	37.32%

ENSAYO: LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° DE ENSAYO	1	2	3
Peso Capsula (gr)	20.446	20.457	20.388
Peso Cap+Suelo Humedo (gr)	26.476	26.02	26.282
Peso Cap+Suelo Seco (gr)	25.392	24.989	25.197
Peso Agua (gr)	1.084	1.031	1.085
Peso Suelo Seco (gr)	4.946	4.532	4.809
Contenido de Humedad (w)	21.92%	22.75%	22.56%

N° Golpes	25
Limite Liquido (LL)	34.29%
Limite Plastico (LP)	22.41%
Indice Plastico (IP)	11.88%



CLASIFICACION DE SUELOS (NTP 339.134)

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS

GC Grava Arcillosa

Sistema de clasificación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)

A-2-4 Grava y Arena Limoarcillosa



 Ing. Ivan Saul Huamán Huamán
 INGENIERO CIVIL
 CIP 205562

ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS ASTM D3080	FORMATO	Código	AE-FO-020
	Versión	01	
	Fecha		
	Página	1 de 3	

Proyecto : "DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO" 1

Solicitante : Ensayado por : Maribel Servantes Ayma

Atención : Fecha de Ensayo : 23/09/2023

Ubicación de Proyecto : URUBAMBA-URUBAMBA-CUSCO Turno : Mañana

Material : Profundidad : 2 m

Código de Muestra : 001 Norte :

Sondaje / Calicata : 001 Este :

N° de Muestra : C-4 Cota :

Progresiva : 000-00 Cota :

DATOS DEL ESPECIMEN	I	II	III
Altura de la muestra (mm)	24.04	24.04	24.04
Diámetro (mm)	60.89	60.89	60.89
Area inicial (cm ²)	29.12	29.12	29.12
Volumen de la muestra (cm ³)	70.00	70.00	70.00

DATOS DEL ESPECIMEN	I	II	III
Peso humedo de la muestra + Peso del anillo (g)	234.20	234.20	234.20
Peso del anillo (g)	86.6	86.6	86.6
Peso de la muestra humeda (g)	147.60	147.6	147.6
Peso de la muestra seca (g)	140.71	140.71	140.71
Contenido de humedad (%)	4.90	4.90	4.90
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.108	2.108	2.108
Densidad seca (g/cm ³)	2.010	2.010	2.010

	ESPECIMEN 1		ESPECIMEN 2		ESPECIMEN 3	
	Deformación horizontal (mm)	Carga (kgf)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)
Realizado por:	Altura Inicial: 24.0 mm		24.0 mm		24.0 mm	
	Diámetro de muestra : 60.9 mm		60.9 mm		60.9 mm	
	Area Inicial: 29.1 cm ²		29.1 cm ²		29.1 cm ²	
	Densidad Seca: 2.010 g/cm ³		2.010 g/cm ³		2.010 g/cm ³	
	Humedad: 4.9 %		4.9 %		4.9 %	
	Peso Normal : 1.500 kg		3.000 kg		4.500 kg	
Procesado por:	Esfuerzo Normal : 0.52 kg/cm ²		1.03 kg/cm ²		1.55 kg/cm ²	
	0.00	0.00		0.00		0.00
	0.25	2.66		5.93		5.65
	0.50	3.56		8.05		6.98
	0.75	4.48		9.48		9.70
	1.00	5.33		10.56		10.98
	1.50	6.55		12.09		11.59
	2.00	7.66		13.03		13.32
	2.50	8.51		14.18		15.76
	3.00	9.07		15.03		16.69
	3.50	9.77		16.04		17.18
	4.00	10.41		16.84		17.44
	4.50	11.01		17.67		18.30
	5.00	11.46		18.61		18.60
	5.50	11.84		19.59		18.71
	6.00	12.21		20.35		18.72
	6.50	12.56		21.14		19.00
	7.00	12.98		21.73		19.18
	7.50	13.23		22.43		20.15
	8.00	13.60		23.20		21.01
	8.50	13.87		23.75		21.15
	9.00	13.97		24.29		21.22
	9.50	14.10		24.69		22.38
	10.00	14.19		24.87		22.91

OBSERVACIONES:

Muestra provista e identificada por el laboratorio GRUPO FRAMED
Las muestras fueron remoldeadas a la densidad natural, de una muestra inalterada


 Ing. Ivan Saul Huamán Huamán
 INGENIERO CIVIL
 CIP 205562

	INFORME	Código	AE-FO-020
	ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS ASTM D3080	Versión	01
		Fecha	SETIEMBRE-2023
		Página	2 de 3

Proyecto	DEFENSA RIBERENA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO-URUBAMBA-CUSCO	Registro N°:	1
Solicitante	0	Muestreado por :	0
Atención	:	Ensayado por :	Maribel Servantes Ayma
Ubicación de Proyecto	URUBAMBA-URUBAMBA-CUSCO	Fecha de Ensayo:	23/09/2023
Material	:	Turno:	Mañana
Código de Muestra	: 001	Profundidad:	2 m
Sondaje / Calicata	: 001	Norte:	0 m
N° de Muestra	: C-4	Este:	0 m
Progresiva	: 000-00	Cota:	0 ms.n.m.

ESPECIMEN 1			VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min			ESPECIMEN 2			ESPECIMEN 3		
Altura Inicial:	24.0	mm	Altura Inicial:	24.0	mm	Altura Inicial:	24.0	mm	Altura Inicial:	24.0	mm
Lado de caja :	60.9	mm	Lado de caja :	60.9	mm	Lado de caja :	60.9	mm	Lado de caja :	60.9	mm
Area Inicial:	29.1	cm ²	Area Inicial:	29.1	cm ²	Area Inicial:	29.1	cm ²	Area Inicial:	29.1	cm ²
Densidad Seca:	2.010	gr/cm ³	Densidad Seca:	2.010	gr/cm ³	Densidad Seca:	2.010	gr/cm ³	Densidad Seca:	2.010	gr/cm ³
Humedad Inic.:	4.9	%	Humedad Inic.:	4.9	%	Humedad Inic.:	4.9	%	Humedad Inic.:	4.9	%
Esf. Normal :	0.52	kg/cm ²	Esf. Normal :	1.03	kg/cm ²	Esf. Normal :	1.55	kg/cm ²	Esf. Normal :	1.55	kg/cm ²
Esf. Corte:	0.49	kg/cm ²	Esf. Corte:	0.85	kg/cm ²	Esf. Corte:	0.79	kg/cm ²	Esf. Corte:	0.79	kg/cm ²

Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Esfuerzo Normalizado (σ _v)	Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Esfuerzo Normalizado (σ _v)	Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Esfuerzo Normalizado (σ _v)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.41	0.09	0.22	0.41	0.20	0.25	0.41	0.19	0.16
0.82	0.12	0.30	0.82	0.28	0.34	0.82	0.24	0.20
1.23	0.15	0.38	1.23	0.33	0.40	1.23	0.33	0.27
1.64	0.18	0.44	1.64	0.36	0.44	1.64	0.38	0.31
2.46	0.22	0.54	2.46	0.42	0.50	2.46	0.40	0.32
3.28	0.26	0.63	3.28	0.45	0.53	3.28	0.46	0.36
4.11	0.29	0.69	4.11	0.49	0.58	4.11	0.54	0.43
4.93	0.31	0.73	4.93	0.52	0.61	4.93	0.57	0.45
5.75	0.34	0.78	5.75	0.55	0.64	5.75	0.59	0.46
6.57	0.36	0.83	6.57	0.58	0.67	6.57	0.60	0.46
7.39	0.38	0.87	7.39	0.61	0.69	7.39	0.63	0.48
8.21	0.39	0.89	8.21	0.64	0.72	8.21	0.64	0.48
9.03	0.41	0.91	9.03	0.67	0.76	9.03	0.64	0.48
9.85	0.42	0.93	9.85	0.70	0.78	9.85	0.64	0.48
10.67	0.43	0.95	10.67	0.73	0.80	10.67	0.65	0.48
11.50	0.45	0.98	11.50	0.75	0.82	11.50	0.66	0.48
12.32	0.45	0.98	12.32	0.77	0.83	12.32	0.69	0.50
13.14	0.47	1.00	13.14	0.80	0.86	13.14	0.72	0.52
13.96	0.48	1.01	13.96	0.82	0.87	13.96	0.73	0.51
14.78	0.48	1.01	14.78	0.83	0.88	14.78	0.73	0.51
15.60	0.48	1.01	15.60	0.85	0.88	15.60	0.77	0.53
16.42	0.49	1.01	16.42	0.85	0.88	16.42	0.79	0.54

OBSERVACIONES:

Muestra provista e identificada por el laboratorio GRUPO FRAMED
Las muestras fueron remoldeadas a la densidad natural, de una muestra inalterada



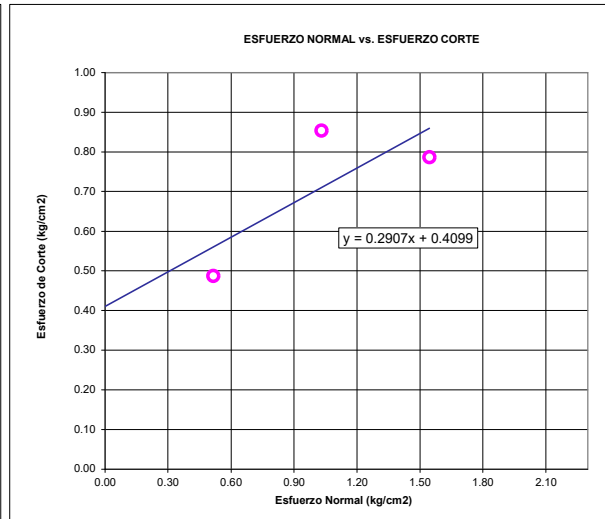
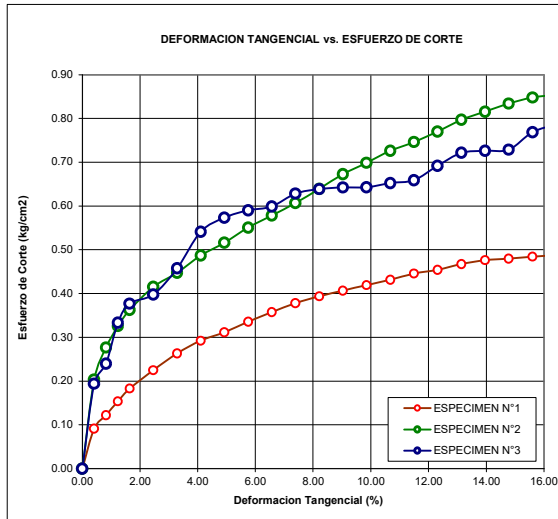
 Ing. Ivan Saul Huayan Huamani
 INGENIERO CIVIL
 CIP 205562

	INFORME	Código	AE-FO-020
	ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS ASTM D3080	Versión	01
		Fecha	SETIEMBRE- 2023
		Página	3 de 3

Proyecto	: "DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO"	Registro N°:	1
Solicitante	: 0	Muestreado por :	0
Atención	:	Ensayado por :	Maribel Servantes Ayma
Ubicación de Proyecto	: URUBAMBA-URUBAMBA-CUSCO	Fecha de Ensayo:	23/09/2023
Material	:	Turno:	Mañana
Código de Muestra	: 001	Profundidad:	2 m
Sondaje / Calicata	: 001	Norte:	0 m
N° de Muestra	: C-4	Este:	0 m
Progresiva	: 000-00	Cota:	0 ms.n.m.

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS
ASTM D3080**



VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min



Resultados:
Cohesión @ : 0.51 kg/cm²
Angulo de fricción (φ) : 21.3°

OBSERVACIONES:

Muestra provista e identificada por el laboratorio GRUPO FRAMED
Las muestras fueron remoldeadas a la densidad natural, de una muestra inalterada



Ing. Ivan Saul Huayan Huamani
INGENIERO CIVIL
CIP 205562

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

PROYECTO:	"DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO"					
UBICACIÓN:	0					
	Distrito:	Urubamba	Provincia:	Urubamba	Departamento:	Cusco
SOLICITA:	Mejía Meza, Leónidas - Surco Paucar Kelvin Elvio					
FECHA:	Urubamba, Setiembre del 2023					
MUESTRA:	Calicata N°:	C-4	Profundidad (m):	2.00	Estrato:	0.00 m a 2.00m
	Ubicación:	Sub Razante	Infraestructura:	0	Progresiva:	0

DENSIDAD DE CAMPO	γ_{nat}	1.70	Tn/m3
PROFUNDIDAD DE DESPLANTE	D_f	2.00	m
LONGITUD MINIMA DE CIMENTACION (ancho)	B	2.00	m
COHESION	C	5.10	Tn/m2
COHESION (FALLA LOCAL)	C	3.40	Tn/m2
ANGULO DE FRICCION INTERNA	ϕ	21.30	°
ANGULO DE FRICCION INTERNA (FALLA LOCAL)	ϕ''	14.57	°
FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA	N_q	3.78	
	N_y	2.49	
	N_c	10.71	

$$q_c = cN_c + \gamma D_f N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma$$

$$q_{adm} = \frac{q_c}{F.S.}$$

$$q_c = 53.48 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$F.S = 4$$

$$q_{adm} = 13.37 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$q_{adm} = 1.34 \quad \text{Kg/cm}^2$$



 Ing. Iván Saúl Huamán Huamán

 INGENIERO CIVIL

 CIP 205562

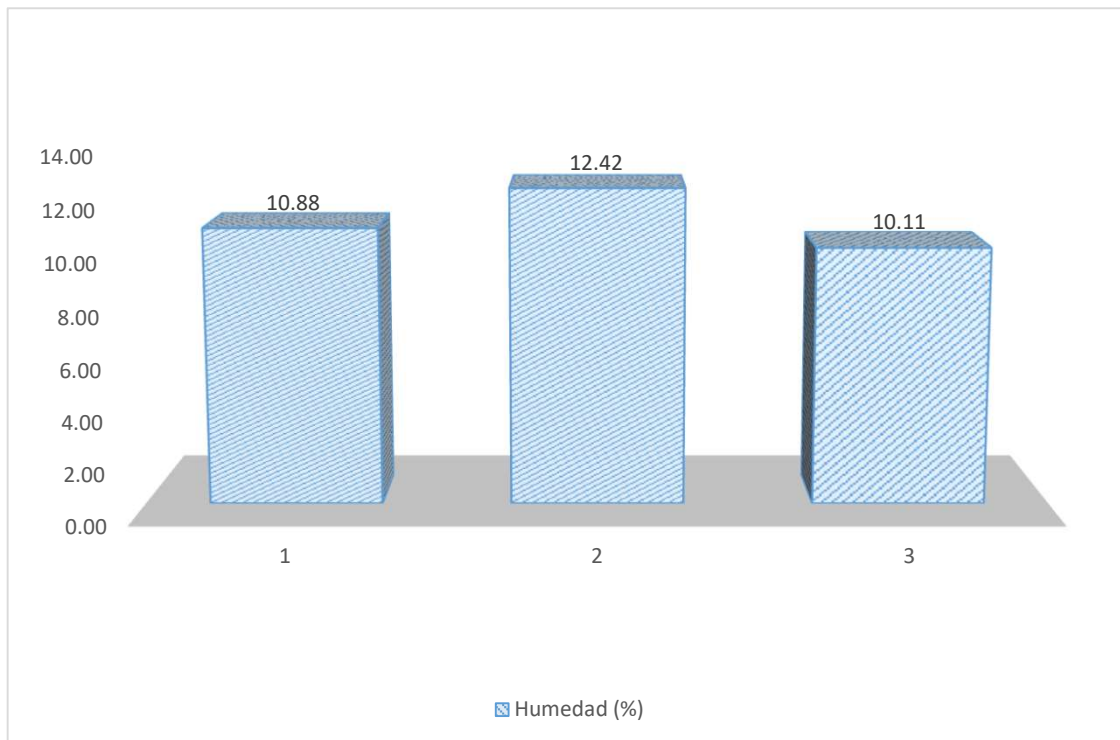
CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)

PROYECTO:	"DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO"					
UBICACIÓN:	0					
	Distrito:	Urubamba	Provincia:	Urubamba	Departamento:	Cusco
SOLICITA:	Mejía Meza, Leónidas - Surco Paucar Kelvin Elvio					
FECHA:	Urubamba, Setiembre del 2023					
MUESTRA:	Calicata N°:	C-5	Profundidad (m):	2.00	Estrato:	0.00m a 2.00m
	Ubicación:	Sub Razante	Infraestructura:	0	Progresiva:	0

N° DE ENSAYO	1	2	3
Peso Capsula (gr)	38.81	38.82	35.77
Peso Capsula + Muestra Humeda (gr)	113.92	87.83	94.82
Peso Capsula + Muestra Seca (gr)	106.55	82.42	89.40
Peso Muestra Humeda (gr)	75.11	49.01	59.05
Peso Muestra Seca (gr)	67.74	43.60	53.63
Peso del agua (gr)	7.37	5.41	5.42
Humedad (%)	10.88	12.42	10.11

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
Humedad Promedio	11.13	%

GRAFICO:



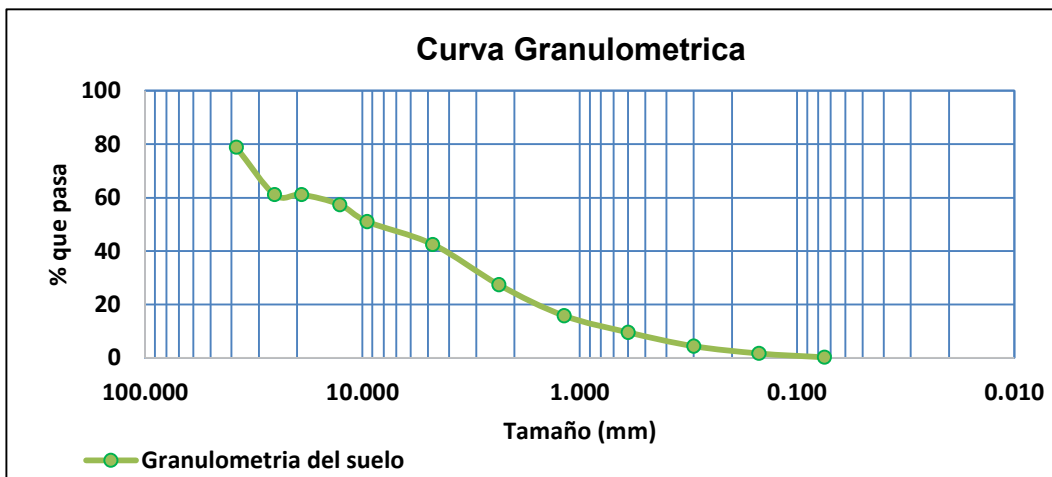
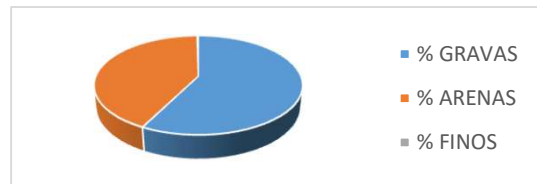
GRANULOMETRIA DE SUELOS POR LAVADO Y TAMIZADO (ASTM D 422)

PROYECTO:	"DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO"					
UBICACIÓN:	0					
	Distrito:	Urubamba	Provincia:	Urubamba	Departamento:	Cusco
SOLICITA:	Mejía Meza, Leónidas - Surco Paucar Kelvin Elvio					
FECHA:	Urubamba, Setiembre del 2023					
MUESTRA:	Calicata N°:	C-5	Profundidad (m):	2.00	Estrato:	0.00m a 2.00m
	Ubicación:	Sub Razante	Infraestructura:	0	Progresiva:	0

Muestra Inicial (gr)	776.00	Muestra lavada (gr)		626.00	
MALLA (Pulg)	TAMAÑO (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMUL.	% PASANTE ACUMUL.
1 1/2"	38.100	164.42	21.19	21.19	78.81
1"	25.400	137.35	17.70	38.89	61.11
3/4"	19.050	0.00	0.00	38.89	61.11
1/2"	12.700	29.07	3.75	42.64	57.36
3/8"	9.525	49.13	6.33	48.97	51.03
N°4	4.750	66.17	8.53	57.49	42.51
N°8	2.360	117.30	15.12	72.61	27.39
N°16	1.180	90.23	11.63	84.24	15.76
N°30	0.600	48.12	6.20	90.44	9.56
N°50	0.300	40.10	5.17	95.61	4.39
N°100	0.150	21.05	2.71	98.32	1.68
N°200	0.075	11.03	1.42	99.74	0.26
CAZUELA		2.01	0.26	100.00	0.00

PORCENTAJE DE GRAVAS, ARENAS Y FINOS

% GRAVAS	57.49
% ARENAS	42.25
% FINOS	0.26



Ing. Iván Saúl Huaynar Huamani
 INGENIERO CIVIL
 CIP 205562

LIMITES DE CONSISTENCIA (NTP 339.129)

PROYECTO:	"DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO"					
UBICACIÓN:	0					
	Distrito:	Urubamba	Provincia:	Urubamba	Departamento:	Cusco
SOLICITA:	Mejía Meza, Leónidas - Surco Paucar Kelvin Elvio					
FECHA:	Urubamba, Setiembre del 2023					
MUESTRA:	Calicata N°:	C-5	Profund (m):	2.00	Estrato:	0.00m a 2.00m
	Ubicación:	Sub Razante	Infraestructura:	0	Progresiva:	0

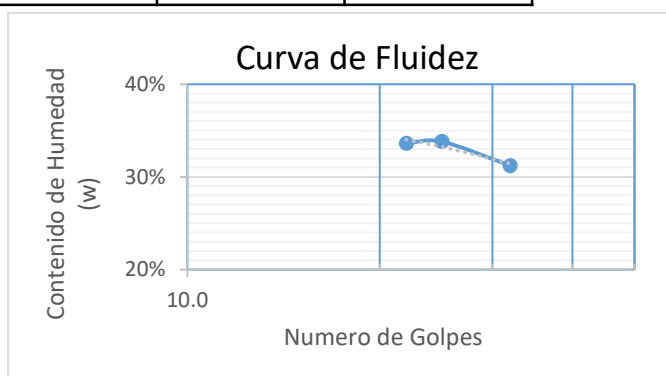
ENSAYO: LIMITE LIQUIDO

N° DE ENSAYO	1	2	3
N° de Golpes	32	25	22
Peso Capsula (gr)	19.989	19.258	20.247
Peso Cap+Suelo Humedo (gr)	34.505	38.437	40.027
Peso Cap+Suelo Seco (gr)	31.051	33.592	35.05
Peso Agua (gr)	3.45	4.85	4.98
Peso Suelo Seco (gr)	11.062	14.334	14.803
Contenido de Humedad (w)	31.22%	33.80%	33.62%

ENSAYO: LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° DE ENSAYO	1	2	3
Peso Capsula (gr)	20.082	20.378	19.812
Peso Cap+Suelo Humedo (gr)	24.837	26.409	26.25
Peso Cap+Suelo Seco (gr)	23.907	25.256	25.06
Peso Agua (gr)	0.93	1.153	1.19
Peso Suelo Seco (gr)	3.825	4.878	5.248
Contenido de Humedad (w)	24.31%	23.64%	22.68%

N° Golpes	25
Limite Liquido (LL)	33.80%
Limite Plastico (LP)	23.54%
Indice Plastico (IP)	10.26%



CLASIFICACION DE SUELOS (NTP 339.134)

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS

GC Grava Arcillosa

Sistema de clasificación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)

A-2-4 Grava y Arena Limoarcillosa

Ing. Ivan Saul Huamán Huamán
 INGENIERO CIVIL
 CIP 205562

FORMATO ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS ASTM D3080	Código	AE-FO-020
	Versión	01
	Fecha	
	Página	1 de 3

Proyecto	"DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO"		1
Solicitante		Ensayado por :	Maribel Servantes Ayma
Atención	:	Fecha de Ensayo:	23/09/2023
Ubicación de Proyecto	: URUBAMBA-URUBAMBA-CUSCO	Turno:	Mañana
Material	:		
Código de Muestra	: 001	Profundidad:	2 m
Sondaje / Calicata	: 001	Norte:	
N° de Muestra	: 001	Este:	
Progresiva	: 000-00	Cota:	

DATOS DEL ESPECIMEN	I	II	III
Altura de la muestra (mm)	24.04	24.04	24.04
Diámetro (mm)	60.89	60.89	60.89
Area inicial (cm ²)	29.12	29.12	29.12
Volumen de la muestra (cm ³)	70.00	70.00	70.00

DATOS DEL ESPECIMEN	I	II	III
Peso humedo de la muestra + Peso del anillo (g)	234.20	234.20	234.20
Peso del anillo (g)	86.6	86.6	86.6
Peso de la muestra humeda (g)	147.60	147.6	147.6
Peso de la muestra seca (g)	140.71	140.71	140.71
Contenido de humedad (%)	4.90	4.90	4.90
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.108	2.108	2.108
Densidad seca (g/cm ³)	2.010	2.010	2.010

Realizado por:	ESPECIMEN 1		ESPECIMEN 2		ESPECIMEN 3		
	<i>Altura Inicial:</i>	24.0	mm	24.0	mm	24.0	mm
Diámetro de muestra :	60.9	mm	60.9	mm	60.9	mm	
<i>Area Inicial:</i>	29.1	cm ²	29.1	cm ²	29.1	cm ²	
<i>Densidad Seca:</i>	2.010	g/cm ³	2.010	g/cm ³	2.010	g/cm ³	
<i>Humedad:</i>	4.9	%	4.9	%	4.9	%	
Peso Normal :	1.500	kg	3.000	kg	4.500	kg	
<i>Esfuerzo Normal :</i>	0.52	kg/cm ²	1.03	kg/cm ²	1.55	kg/cm ²	
Procesado por:	Deformación horizontal (mm)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)
	0.00		0.00		0.00		0.00
	0.25		1.38		4.05		4.17
	0.50		2.00		4.21		4.81
	0.75		2.58		5.13		5.22
	1.00		2.54		5.82		6.27
	1.50		3.60		6.68		7.39
	2.00		3.97		7.73		8.72
	2.50		3.89		8.17		9.76
	3.00		4.84		8.71		10.21
	3.50		5.91		9.10		13.53
	4.00		6.55		10.01		16.50
	4.50		7.15		10.43		18.57
	5.00		8.22		11.38		19.99
	5.50		8.84		12.33		21.20
	6.00		9.76		13.31		22.68
	6.50		10.66		13.82		24.25
	7.00		11.46		14.73		25.11
	7.50		12.21		16.76		26.46
	8.00		13.45		16.91		27.67
	8.50		14.71		17.67		28.13
	9.00		14.65		18.80		28.91
	9.50		15.86		19.43		29.50
	10.00		16.23		19.93		31.97

OBSERVACIONES:

Muestra provista e identificada por el laboratorio GRUPO FRAMED
Las muestras fueron remoldeadas a la densidad natural, de una muestra inalterada


 Ing. Ivan Saul Huamán Huamán
 INGENIERO CIVIL
 CIP 205562

	INFORME	Código	AE-FO-020
	ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS ASTM D3080	Versión	01
		Fecha	SEPTIEMBRE-2023
		Página	2 de 3

Proyecto	DEFENSA RIBERENA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO-URUBAMBA-CUSCO	Registro N°:	1
Solicitante	0	Muestreado por :	0
Atención	:	Ensayado por :	Maribel Servantes Ayma
Ubicación de Proyecto	URUBAMBA-URUBAMBA-CUSCO	Fecha de Ensayo:	23/09/2023
Material	:	Turno:	Mañana
Código de Muestra	: 001	Profundidad:	2 m
Sondaje / Calicata	: 001	Norte:	0 m
N° de Muestra	: 001	Este:	0 m
Progresiva	: 000-00	Cota:	0 ms.n.m.

ESPECIMEN 1			VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min			ESPECIMEN 2			ESPECIMEN 3		
Altura Inicial:	24.0	mm	Altura Inicial:	24.0	mm	Altura Inicial:	24.0	mm	Altura Inicial:	24.0	mm
Lado de caja :	60.9	mm	Lado de caja :	60.9	mm	Lado de caja :	60.9	mm	Lado de caja :	60.9	mm
Area Inicial:	29.1	cm ²	Area Inicial:	29.1	cm ²	Area Inicial:	29.1	cm ²	Area Inicial:	29.1	cm ²
Densidad Seca:	2.010	gr/cm ³	Densidad Seca:	2.010	gr/cm ³	Densidad Seca:	2.010	gr/cm ³	Densidad Seca:	2.010	gr/cm ³
Humedad Inic.:	4.9	%	Humedad Inic.:	4.9	%	Humedad Inic.:	4.9	%	Humedad Inic.:	4.9	%
Esf. Normal :	0.52	kg/cm ²	Esf. Normal :	1.03	kg/cm ²	Esf. Normal :	1.55	kg/cm ²	Esf. Normal :	1.55	kg/cm ²
Esf. Corte:	0.56	kg/cm ²	Esf. Corte:	0.68	kg/cm ²	Esf. Corte:	1.10	kg/cm ²	Esf. Corte:	1.10	kg/cm ²

Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Esfuerzo Normalizado (σ _v)	Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Esfuerzo Normalizado (σ _v)	Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Esfuerzo Normalizado (σ _v)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.41	0.05	0.12	0.41	0.14	0.17	0.41	0.14	0.12
0.82	0.07	0.17	0.82	0.14	0.18	0.82	0.17	0.13
1.23	0.09	0.22	1.23	0.18	0.22	1.23	0.18	0.15
1.64	0.09	0.21	1.64	0.20	0.24	1.64	0.22	0.17
2.46	0.12	0.30	2.46	0.23	0.28	2.46	0.25	0.20
3.28	0.14	0.33	3.28	0.27	0.32	3.28	0.30	0.24
4.11	0.13	0.32	4.11	0.28	0.33	4.11	0.34	0.26
4.93	0.17	0.39	4.93	0.30	0.35	4.93	0.35	0.27
5.75	0.20	0.47	5.75	0.31	0.36	5.75	0.46	0.36
6.57	0.22	0.52	6.57	0.34	0.40	6.57	0.57	0.44
7.39	0.25	0.56	7.39	0.36	0.41	7.39	0.64	0.49
8.21	0.28	0.64	8.21	0.39	0.44	8.21	0.69	0.52
9.03	0.30	0.68	9.03	0.42	0.48	9.03	0.73	0.55
9.85	0.34	0.75	9.85	0.46	0.51	9.85	0.78	0.58
10.67	0.37	0.81	10.67	0.47	0.52	10.67	0.83	0.61
11.50	0.39	0.86	11.50	0.51	0.55	11.50	0.86	0.63
12.32	0.42	0.91	12.32	0.58	0.62	12.32	0.91	0.66
13.14	0.46	0.99	13.14	0.58	0.62	13.14	0.95	0.68
13.96	0.51	1.07	13.96	0.61	0.65	13.96	0.97	0.68
14.78	0.50	1.06	14.78	0.65	0.68	14.78	0.99	0.70
15.60	0.54	1.14	15.60	0.67	0.70	15.60	1.01	0.70
16.42	0.56	1.15	16.42	0.68	0.71	16.42	1.10	0.76

OBSERVACIONES:

Muestra provista e identificada por el laboratorio GRUPO FRAMED
Las muestras fueron remoldeadas a la densidad natural, de una muestra inalterada



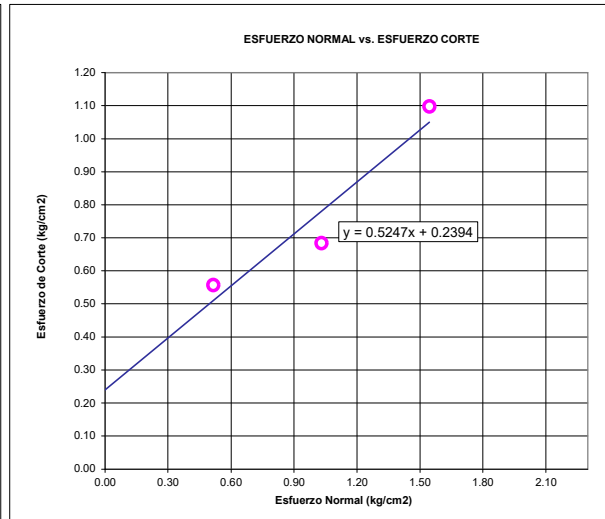
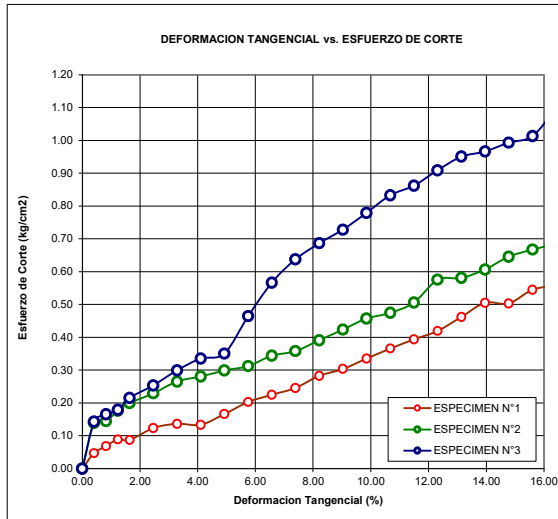
 Ing. Ivan Saul Huamán Huamani
 INGENIERO CIVIL
 CIP 205562

	INFORME	Código	AE-FO-020
	ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS ASTM D3080	Versión	01
		Fecha	SETIEMBRE- 2023
		Página	3 de 3

Proyecto	: "DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO"	Registro N°:	1
Solicitante	: 0	Muestreado por :	0
Atención	:	Ensayado por :	Maribel Servantes Ayma
Ubicación de Proyecto	: URUBAMBA-URUBAMBA-CUSCO	Fecha de Ensayo:	23/09/2023
Material	:	Turno:	Mañana
Código de Muestra	: 001	Profundidad:	2 m
Sondaje / Calicata	: 001	Norte:	0 m
N° de Muestra	: 001	Este:	0 m
Progresiva	: 000-00	Cota:	0 ms.n.m.

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS
ASTM D3080**



VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min



Resultados:
Cohesión c : 0.24 kg/cm²
Angulo de fricción ϕ : 27.7°

OBSERVACIONES:

Muestra provista e identificada por el laboratorio GRUPO FRAMED
Las muestras fueron remoldeadas a la densidad natural, de una muestra inalterada



Ing. Ivan Saul Huamani
INGENIERO CIVIL
CIP 205562

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

PROYECTO:	"DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO"					
UBICACIÓN:	0					
	Distrito:	Urubamba	Provincia:	Urubamba	Departamento:	Cusco
SOLICITA:	Mejía Meza, Leónidas - Surco Paucar Kelvin Elvio					
FECHA:	Urubamba, Setiembre del 2023					
MUESTRA:	Calicata N°:	C-5	Profundidad (m):	2.00	Estrato:	0
	Ubicación:	Sub Razante	Infraestructura:	0	Progresiva:	0

DENSIDAD DE CAMPO	γ_{nat}	1.46	Tn/m3
PROFUNDIDAD DE DESPLANTE	D_f	2.00	m
LONGITUD MINIMA DE CIMENTACION (ancho)	B	2.00	m
COHESION	C	2.40	Tn/m2
COHESION (FALLA LOCAL)	C	1.60	Tn/m2
ANGULO DE FRICCION INTERNA	F	27.70	°
ANGULO DE FRICCION INTERNA (FALLA LOCAL)	F	19.29	°
FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA	N_q	5.97	
	N_y	4.88	
	N_c	14.19	

$$q_c = cN_c + \gamma D_f N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma$$

$$q_{adm} = \frac{q_c}{F.S.}$$

$$q_c = 47.20 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$F.S = 4$$

$$q_{adm} = 11.80 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$q_{adm} = 1.18 \quad \text{Kg/cm}^2$$


 Ing. Ivan Saul Huamán Huamán
 INGENIERO CIVIL
 CIP 205562

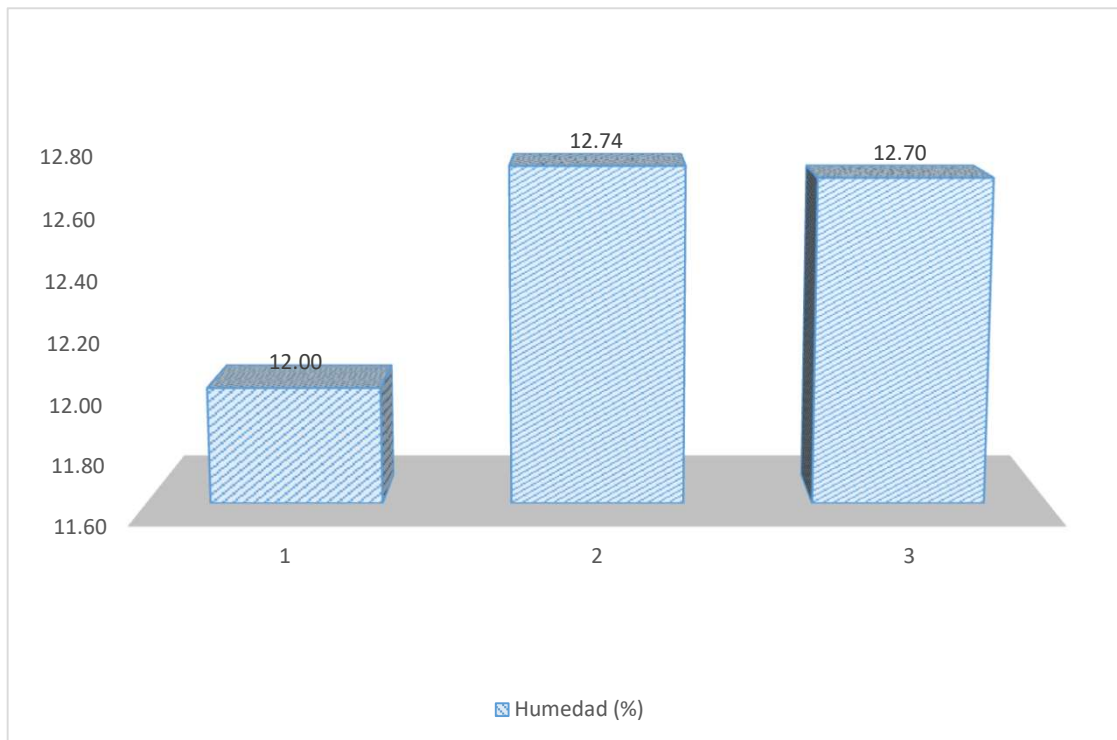
CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)

PROYECTO:	"DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO"					
UBICACIÓN:	0					
	Distrito:	Urubamba	Provincia:	Urubamba	Departamento:	Cusco
SOLICITA:	Mejía Meza, Leónidas - Surco Pauccar Kelvin Elvio					
FECHA:	Urubamba, Setiembre del 2023					
MUESTRA:	Calicata N°:	C-6	Profundidad (m):	2.00	Estrato:	0.00m a 2.00m
	Ubicación:	Sub Razante	Infraestructura:	0	Progresiva:	0

N° DE ENSAYO	1	2	3
Peso Capsula (gr)	39.44	41.13	37.92
Peso Capsula + Muestra Humeda (gr)	98.02	103.96	86.78
Peso Capsula + Muestra Seca (gr)	91.74	96.86	81.27
Peso Muestra Humeda (gr)	58.58	62.83	48.86
Peso Muestra Seca (gr)	52.30	55.73	43.36
Peso del agua (gr)	6.27	7.10	5.51
Humedad (%)	12.00	12.74	12.70

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
Humedad Promedio	12.48	%

GRAFICO:



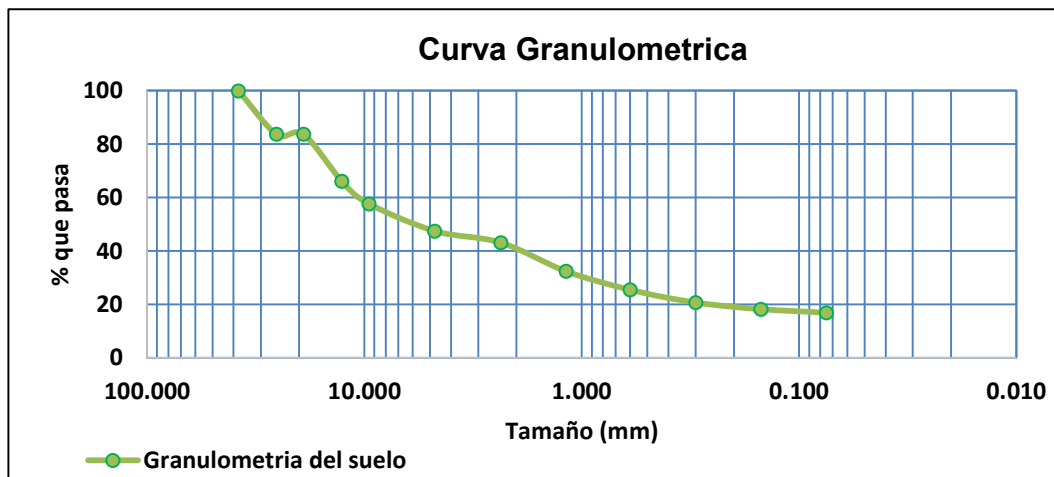
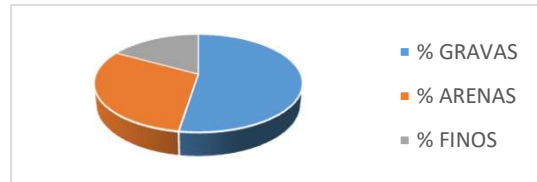
GRANULOMETRIA DE SUELOS POR LAVADO Y TAMIZADO (ASTM D 422)

PROYECTO:	"DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO"					
UBICACIÓN:	0					
	Distrito:	Urubamba	Provincia:	Urubamba	Departamento:	Cusco
SOLICITA:	Mejía Meza, Leónidas - Surco Paucar Kelvin Elvio					
FECHA:	Urubamba, Setiembre del 2023					
MUESTRA:	Calicata N°:	C-6	Profundidad (m):	2.00	Estrato:	0.00m a 2.00m
	Ubicación:	Sub Razante	Infraestructura:	0	Progresiva:	0

Muestra Inicial (gr)	840.00	Muestra lavada (gr)		701.00	
MALLA (Pulg)	TAMAÑO (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMUL.	% PASANTE ACUMUL.
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	137.00	16.31	16.31	83.69
3/4"	19.050	0.00	0.00	16.31	83.69
1/2"	12.700	148.00	17.62	33.93	66.07
3/8"	9.525	71.00	8.45	42.38	57.62
N°4	4.750	85.00	10.12	52.50	47.50
N°8	2.360	37.00	4.40	56.90	43.10
N°16	1.180	90.00	10.71	67.62	32.38
N°30	0.600	58.00	6.90	74.52	25.48
N°50	0.300	40.00	4.76	79.29	20.71
N°100	0.150	21.00	2.50	81.79	18.21
N°200	0.075	11.00	1.31	83.10	16.90
CAZUELA		142.00	16.90	100.00	0.00

PORCENTAJE DE GRAVAS, ARENAS Y FINOS

% GRAVAS	52.50
% ARENAS	30.60
% FINOS	16.90




 Ing. Ivan Saúl Huamán Huamán
 INGENIERO CIVIL
 CIP 205562

LIMITES DE CONSISTENCIA (NTP 339.129)

PROYECTO:	"DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO"					
UBICACIÓN:	0					
	Distrito:	Urubamba	Provincia:	Urubamba	Departamento:	Cusco
SOLICITA:	Mejía Meza, Leónidas - Surco Paucar Kelvin Elvio					
FECHA:	Urubamba, Setiembre del 2023					
MUESTRA:	Calicata N°:	C-6	Profund (m):	2.00	Estrato:	0.00m a 2.00m
	Ubicación:	Sub Razante	Infraestructura:	0	Progresiva:	0

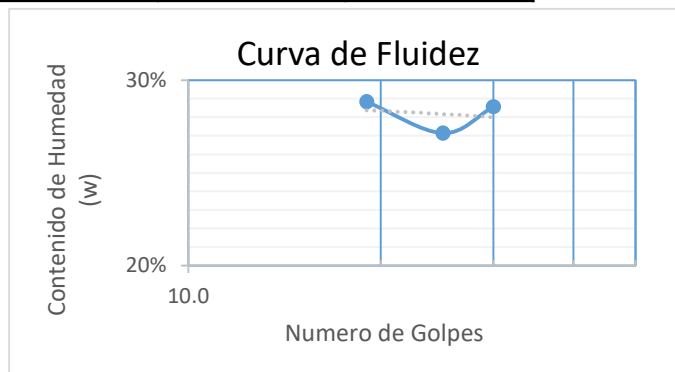
ENSAYO: LIMITE LIQUIDO

N° DE ENSAYO	1	2	3
N° de Golpes	30	25	19
Peso Capsula (gr)	39.42	39.673	41.034
Peso Cap+Suelo Humedo (gr)	45.411	48.99	52.836
Peso Cap+Suelo Seco (gr)	44.08	47.001	50.194
Peso Agua (gr)	1.33	1.99	2.64
Peso Suelo Seco (gr)	4.66	7.328	9.16
Contenido de Humedad (w)	28.56%	27.14%	28.84%

ENSAYO: LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° DE ENSAYO	1	2	3
Peso Capsula (gr)	20.063	19.636	20.386
Peso Cap+Suelo Humedo (gr)	22.47	23.677	24.559
Peso Cap+Suelo Seco (gr)	22.066	23.001	23.98
Peso Agua (gr)	0.404	0.676	0.579
Peso Suelo Seco (gr)	2.003	3.365	3.594
Contenido de Humedad (w)	20.17%	20.09%	16.11%

N° Golpes	25
Limite Liquido (LL)	27.14%
Limite Plastico (LP)	18.79%
Indice Plastico (IP)	8.35%



CLASIFICACION DE SUELOS (NTP 339.134)

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS

GC Grava Arcillosa

Sistema de clasificación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)

A-2-4 Grava y Arena Limoarcillosa



 Ing. Ivan Saul Huaynar Huamani
 INGENIERO CIVIL
 CIP 205562

FORMATO ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS ASTM D3080	Código	AE-FO-020
	Versión	01
	Fecha	
	Página	1 de 3

Proyecto : "DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO" 1

Solicitante : Ensayado por : Maribel Servantes Ayma

Atención : Fecha de Ensayo : 23/09/2023

Ubicación de Proyecto : URUBAMBA-URUBAMBA-CUSCO Turno : Mañana

Material : Profundidad : 2 m

Código de Muestra : 001 Profundidad : 2 m

Sondaje / Calicata : 001 Norte :

N° de Muestra : C-6 Este :

Progresiva : 000-00 Cota :

DATOS DEL ESPECIMEN	I	II	III
Altura de la muestra (mm)	24.04	24.04	24.04
Diámetro (mm)	60.89	60.89	60.89
Area inicial (cm ²)	29.12	29.12	29.12
Volumen de la muestra (cm ³)	70.00	70.00	70.00

DATOS DEL ESPECIMEN	I	II	III
Peso humedo de la muestra + Peso del anillo (g)	234.20	234.20	234.20
Peso del anillo (g)	86.6	86.6	86.6
Peso de la muestra humeda (g)	147.60	147.6	147.6
Peso de la muestra seca (g)	140.71	140.71	140.71
Contenido de humedad (%)	4.90	4.90	4.90
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.108	2.108	2.108
Densidad seca (g/cm ³)	2.010	2.010	2.010

	ESPECIMEN 1		ESPECIMEN 2		ESPECIMEN 3	
	Deformación horizontal (mm)	Carga (kgf)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)
Realizado por:	Altura Inicial: 24.0 mm		24.0 mm		24.0 mm	
	Diámetro de muestra : 60.9 mm		60.9 mm		60.9 mm	
	Area Inicial: 29.1 cm ²		29.1 cm ²		29.1 cm ²	
	Densidad Seca: 2.010 g/cm ³		2.010 g/cm ³		2.010 g/cm ³	
	Humedad: 4.9 %		4.9 %		4.9 %	
	Peso Normal : 1.500 kg		3.000 kg		4.500 kg	
Procesado por:	Esfuerzo Normal : 0.52 kg/cm ²		1.03 kg/cm ²		1.55 kg/cm ²	
	0.00	0.00		0.00		0.00
	0.25	2.34		4.32		6.67
	0.50	4.56		6.78		6.98
	0.75	6.43		8.23		9.32
	1.00	8.23		10.43		12.23
	1.50	9.34		12.78		13.99
	2.00	11.23		14.12		15.12
	2.50	13.43		15.69		18.34
	3.00	15.87		17.21		20.38
	3.50	18.54		19.23		22.54
	4.00	18.21		21.01		24.98
	4.50	17.65		22.98		27.45
	5.00	17.21		23.45		30.21
	5.50	16.78		24.98		32.43
	6.00	15.23		24.32		34.87
	6.50	14.65		23.43		36.45
	7.00	14.39		21.21		32.34
	7.50	13.54		21.00		30.32
	8.00	12.89		20.34		29.56
	8.50	12.71		19.29		29.43
	9.00	12.05		18.93		28.99
	9.50	11.45		18.23		28.49
	10.00	11.12		17.21		27.65

OBSERVACIONES:

Muestra provista e identificada por el laboratorio GRUPO FRAMED
Las muestras fueron remoldeadas a la densidad natural, de una muestra inalterada


 Ing. Ivan Saul Huamani
 INGENIERO CIVIL
 CIP 205562

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

PROYECTO:	"DEFENSA RIBEREÑA CON EL SISTEMA MURO ENROCADO PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL RÍO TULLUMAYO- URUBAMBA -CUSCO"					
UBICACIÓN:	0					
	Distrito:	Urubamba	Provincia:	Urubamba	Departamento:	Cusco
SOLICITA:	Mejía Meza, Leónidas - Surco Paucar Kelvin Elvio					
FECHA:	Urubamba, Setiembre del 2023					
MUESTRA:	Calicata N°:	C-6	Profundidad (m):	2.00	Estrato:	0.00m a 2.00m
	Ubicación:	Sub Razante	Infraestructura:	0	Progresiva:	0

DENSIDAD DE CAMPO	γ_{nat}	1.40	Tn/m3
PROFUNDIDAD DE DESPLANTE	Df	2.00	m
LONGITUD MINIMA DE CIMENTACION (ancho)	B	2.00	m
COHESION	C	0.30	Tn/m2
COHESION (FALLA LOCAL)	C	0.20	Tn/m2
ANGULO DE FRICCION INTERNA	F	30.80	°
ANGULO DE FRICCION INTERNA (FALLA LOCAL)	F	21.67	°
FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA	Nq	7.57	
	Ny	6.81	
	Nc	16.52	

$$q_c = cN_c + \gamma D_f N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma$$

$$q_{adm} = \frac{q_c}{F.S.}$$

$$q_c = 34.02 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$F.S = 3$$

$$q_{adm} = 11.34 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$q_{adm} = 1.13 \quad \text{Kg/cm}^2$$



 Ing. Ivan Saúl Huamán Huamán

 INGENIERO CIVIL

 CIP 205562



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° T-2444-2022



Expediente N° : 88627

Página 1 de 2

Fecha de emisión 2022-04-28

- 1. Solicitante** : GRUPO FRAMED EMPRESA INDIVIDUAL RESPONSABILIDAD LIMITADA
- 2. Dirección** : Urbanización Flor de la Cantuta - Calle Unión Lote 4 San Sebastián - Cusco
- 3. Instrumento calibrado** : MALLAS PARA GRANULOMETRIA
- Marca / Fabricante** : TYLER
- Identificación** : No indica
- Serie** : 4221008
- Modelo** : No indica
- Estructura** : Metálico
- Acabado** : Acero Inoxidable
- Procedencia** : EEUU
- Ubicación** : No indica
- 4. Lugar de calibración** : Laboratorio de Suelos METROIL S.A.C
- 5. Fecha de calibración** : 2022 - 12 - 28
- 6. Método de calibración**

La calibración se realizó por comparación directa según el procedimiento PC-MT-001 Rev. 07 "Procedimiento de Calibración de Instrumentos de Laboratorio de Suelos" de Metroil S.A.C.

7. Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL - DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP)

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

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

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de METROIL S.A.C.

Ing. GERARDO A. GOICOCHEA DE LA CRUZ
Gerente Técnico (e)
C.I.P.: 171505

8. Condiciones de calibración

Temperatura ambiental :	Inicial:	23,5 °C	Final:	21,3 °C
Humedad relativa :	Inicial:	60,0 % H.R.	Final:	65,6 % H.R.

9. Resultados

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
1 1/2"	38,100
3/4"	19,000
3/8"	9,500
N° 4	4,760
N° 8	2,360
N° 16	1,100
N° 30	0,590
N° 50	0,297
N° 100	0,149
N° 200	0,075

10. Observaciones

- Se colocó en el instrumento una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO", con identificación N° A-2443
- Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
- La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura k=2 de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.
- (*) Código de identificación asignado por METROIL S.A.C.

FIN DEL DOCUMENTO



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°412-2022 GLT

Página 1 de 4

Fecha de Emisión : 2023-06-01

1. SOLICITANTE : GRUPO FRAMED E.I.R.L

DIRECCIÓN : CAL. UNION MZA. L LOTE. 4 CUSCO – SAN SEBASTIAN

2. EQUIPO DE MEDICIÓN: HORNO ELÉCTRICO

MARCA : STEEL PRODUCTS

MODELO : HS PR

NÚMERO DE SERIE : 120

PROCEDENCIA : PERÚ

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

UBICACIÓN : LABORATORIO

Descripción del Termómetro del Equipo

Tipo : Digital
Alcance de Indicación : 1 °C a 220 °C
División de Escala : 0.1 °C

3. FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

Calibrado el 2023-06-01

La calibración se realizó en el LAB. DE TEMPERATURA DE G&L LABORATORIO S.A.C

4. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros patrones calibrados que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990, se usó el procedimiento PC-018 "Calibración de Medios con Aire como Medio Termostático", edición 2, Junio 2009; del SNM-INDECOPI - Perú.

5. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

	Inicial	Final
Temperatura °C	23.4	23.4
Humedad Relativa %HR	96	96

6. TRAZABILIDAD

Los resultados de calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales, reportados de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
TOTAL WEIGHT	Termómetro de indicación digital de 10 termopuertas	CC - 6319 - 2023

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 $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

G & L LABORATORIO 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.




Téc. Gliser A. Huamani Piquipoma
Responsable del Laboratorio de Metrología



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°412-2022 GLT
Página 2 de 4

7. RESULTADOS DE MEDICIÓN

TEMPERATURA DE CALIBRACIÓN 110 °C ± 10 °C

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	Indicación termómetros patrones (°C)										T. Prom. (°C)	Tmax-Tmin. (°C)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110.0	110.3	109.7	108.8	111.6	111.3	109.1	111.8	112.3	110.8	110.6	110.6	3.5
02	110.0	110.2	109.7	108.8	111.6	111.3	109.2	111.8	112.6	110.7	110.8	110.7	3.8
04	110.0	110.3	109.8	108.8	111.7	111.3	109.2	111.8	112.5	110.6	110.5	110.7	3.7
06	110.0	110.3	109.8	108.7	111.6	111.2	109.3	111.7	112.3	110.6	110.6	110.6	3.6
08	110.0	110.3	109.9	108.8	111.6	111.2	109.4	111.6	112.4	110.6	110.6	110.6	3.6
10	110.1	110.4	109.9	108.8	111.5	111.2	109.3	111.7	112.3	110.7	110.7	110.7	3.5
12	110.1	110.4	109.9	108.7	111.7	111.2	109.3	111.6	112.3	110.7	110.6	110.6	3.6
14	110.1	110.4	109.9	108.7	111.8	111.1	109.4	111.6	112.4	110.6	110.6	110.7	3.7
16	110.0	110.3	109.8	108.6	111.9	111.3	109.5	111.6	112.3	110.7	110.7	110.7	3.7
18	110.0	110.3	109.8	108.6	111.9	111.3	109.3	111.7	112.6	110.8	110.6	110.7	4
20	110.0	110.3	109.8	108.6	112.0	111.4	109.4	111.7	112.7	110.8	110.6	110.7	4.1
22	110.0	110.3	109.7	108.7	112.0	111.4	109.4	111.8	112.6	110.8	110.7	110.7	3.9
24	110.0	110.3	109.8	108.6	112.0	111.3	109.4	111.8	112.3	110.8	110.6	110.7	3.7
26	110.0	110.3	109.6	108.7	111.9	111.3	109.5	111.6	112.4	110.7	110.6	110.7	3.7
28	110.0	110.2	109.7	108.6	111.8	111.4	109.4	111.6	112.3	110.7	110.6	110.6	3.7
30	110.0	110.2	109.6	108.6	111.8	111.4	109.4	111.6	112.3	110.7	110.7	110.6	3.7
32	110.1	110.3	109.7	108.6	111.8	111.4	109.4	111.6	112.3	110.7	110.7	110.7	3.7
34	110.1	110.4	109.8	108.7	111.7	111.4	109.4	111.6	112.4	110.7	110.6	110.7	3.7
36	110.0	110.4	109.8	108.7	111.8	111.4	109.4	111.7	112.4	110.7	110.6	110.7	3.7
38	110.0	110.4	109.8	108.7	111.8	111.3	109.4	111.7	112.4	110.6	110.7	110.7	3.7
40	110.0	110.4	109.8	108.6	111.9	111.4	109.3	111.7	112.5	110.6	110.6	110.7	3.9
42	110.0	110.4	109.9	108.6	111.9	111.4	109.4	111.7	112.6	110.6	110.6	110.7	4
44	110.0	110.3	109.8	108.6	111.9	111.4	109.4	111.7	112.4	110.6	110.7	110.7	3.8
46	110.0	110.3	109.8	108.6	111.9	111.4	109.4	111.8	112.6	110.7	110.5	110.7	4
48	110.0	110.3	109.8	108.6	111.8	111.5	109.4	111.9	112.4	110.7	110.6	110.7	3.8
50	110.1	110.3	109.7	108.7	111.8	111.3	109.3	111.6	112.3	110.7	110.7	110.7	3.6
52	110.0	110.3	109.6	108.6	111.8	111.3	109.3	111.8	112.3	110.5	110.3	110.6	3.7
54	110.0	110.3	109.6	108.6	111.8	111.6	109.3	111.8	112.6	110.6	110.3	110.7	4
56	110.0	110.3	109.7	108.6	111.8	111.6	109.3	111.8	112.7	110.6	110.3	110.7	4.1
58	110.0	110.0	109.6	108.7	111.8	111.7	109.4	111.8	112.6	110.6	110.8	110.7	3.9
60	110.1	110.4	109.7	108.6	111.8	111.6	109.4	111.8	112.5	110.6	110.7	110.7	3.7
T. PROM.	110.0	110.3	109.8	108.7	111.8	111.4	109.4	111.7	112.4	110.7	110.7	110.7	
T. MAX	110.1	110.4	109.9	108.8	112.0	111.7	109.5	111.9	112.7	110.8	110.8		
T. MIN	110.0	110.0	109.6	108.6	111.5	111.1	109.1	111.6	112.3	110.6	110.5		
DTT	0.1	0.4	0.3	0.2	0.5	0.6	0.1	0.3	0.4	0.2	0.3		

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	112.7	0.3
Mínima Temperatura Medida	108.6	0.3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0.6	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	3.8	0.3
Estabilidad Medida (±)	0.3	0.04
Uniformidad Medida	4.1	0.3

- T. PROM: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T. Prom: Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición en un instante dado.
T. MAX: Temperatura máxima.
T. MIN: Temperatura mínima.
DTT: Desviación de temperatura en el tiempo.





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°412-2022 GLT

Página 3 de 4.

8. OBSERVACIONES

Los resultados obtenidos corresponden al promedio de 31 lecturas por punto de medición considerando, luego del tiempo de estabilización.

Las lecturas se iniciaron luego de un precalentamiento y estabilización de 2 min.

El esquema de distribución y posición de los termocuplas calibradas en los puntos de medición se muestra en la página 4.

(*) Código asignado por G&L LABORATORIO S.A.C.

Para la temperatura de 110°C.

La calibración se realizó sin carga.

El promedio de temperatura durante la medición fue 110 °C.

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.

NOTA:

Los resultados contenidos en el presente documento son válidos únicamente para las condiciones del equipo durante la calibración. G&L LABORATORIO SAC. no se responsabiliza de ningún perjuicio que pueda derivarse del uso inadecuado del objeto calibrado.

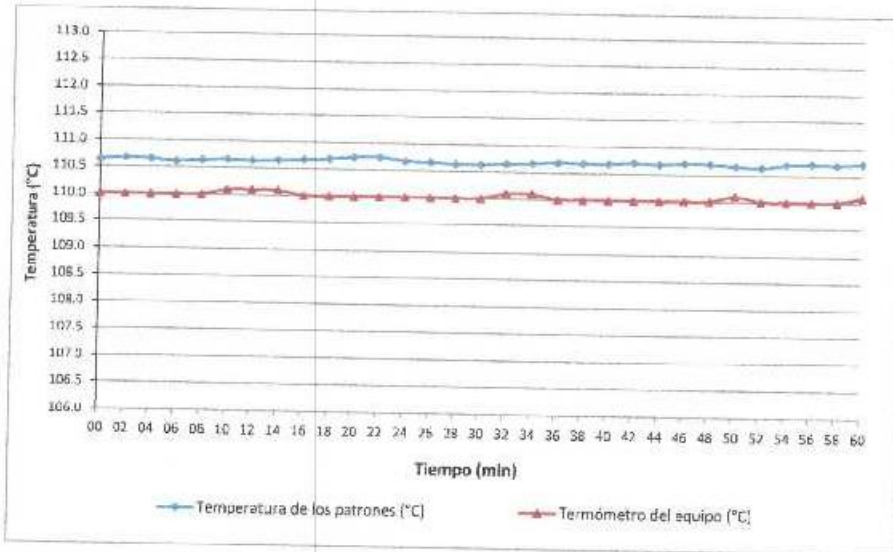
Una copia de este documento será mantenido en archivo electrónico en el laboratorio por un periodo de por lo menos 4 años.



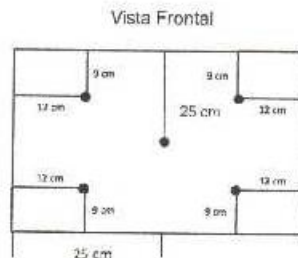
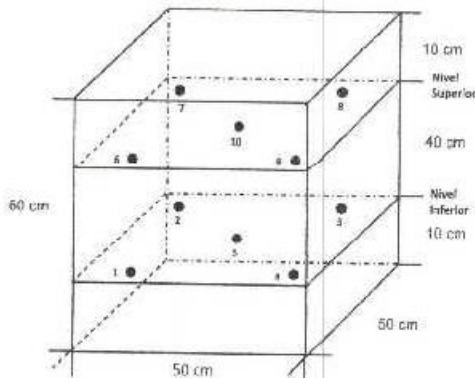


CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°412-2022 GLT
Página 4 de 4

DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURA EN EL EQUIPO
TEMPERATURA DE CALIBRACIÓN 110 °C ± 10 °C



UBICACIÓN DE LOS SENSORES



Los sensores se colocaron a 6 cm de altura sobre sus respectivos niveles.





LABORATORIO DE METROLOGIA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LF-335-2022

Pág. 1 de 3

INSTRUMENTO : CORTE DIRECTO

FABRICANTE : PYS EQUIPOS

MODELO : PYS-3732

NÚMERO DE SERIE : 200

PROCEDENCIA : NACIONAL

RANGO DE MEDICION : 0 – 5000 kgf

SOLICITANTE : GRUPO FRAMED E.I.R.L

CLASE DE PRECISION : 1

FECHA DE CALIBRACION : 2023-02-08

METODO DE CALIBRACIÓN : Comparación Directa

LUGAR DE CALIBRACIÓN : Laboratorio – PYS EQUIPOS

- Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido total o parcialmente, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito de la organización que lo emite.
- Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. La organización que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.
- *El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados*

EPP

Revisado por:
Eler Pozo S.
Dpto. Metrología

Amed

Calibrado por:
Amed Castillo E.
Dpto. Metrología

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
Telf.: 485 3873 / Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe
Web Page: www.pys.pe

"PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L."



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LF-335-2022

Pág. 2 de 3

TRAZABILIDAD:

PATRÓN DE CALIBRACIÓN	Celda de carga	KELI
	Número de Serie	5V51168
	Capacidad	10000 kg
	Indicador Digital	HIWEIGH
	Modelo	315-X5
	Número de serie	0215533
	Resolución	0.1kg

La celda patrón empleada en la calibración mantiene la trazabilidad durante las mediciones realizadas a la máquina de ensayo ya que se encuentra trazada por el **Laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Expediente: INF-LE 238-21 B**

RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

Error de Exactitud : **-0.211%**

Error de repetibilidad : **0.067 %**

Resolución : **0.333 %**

De acuerdo con los datos anteriores y según la clasificación de la Norma internacional **ISO 7500-1** la máquina de ensayos se encuentra clasificada

La **MAQUINA** descrita **CUMPLE** con los errores máximos tolerados en uso, según lo estipulado en la Norma **ASTM E74-06** y se procedió a aplicar valores de carga indicadas en la página 4. El proceso de calibración consistió en la aplicación de tres series de carga de celda mediante una gata hidráulica en serie con la celda patrón.

RECOMENDACIONES

1. Es necesario implementar un programa de comprobación continua de la MAQUINA con patrones adecuados.
2. Se debe implementar un programa de aseo permanente para la MAQUINA. Esto con el fin de tratar de garantizar un correcto funcionamiento

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31

Tel.: 485 3873, Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989

E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe

Web Page: www.pys.pe

"PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L."



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LF-335-2022

Pág. 3 de 3

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS

Lectura Máquina (Fi)			Lectura del patrón			PROMEDIO LECTURAS
			1(ASC)	2(ASC)	3(ASC)	
%	kgf	kN	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf
10	30	0.3	30.07	30.05	30.07	30.06
20	60	0.6	60.08	60.06	60.07	60.07
30	90	0.9	90.10	90.09	90.11	90.10
40	120	1.2	120.08	120.07	120.05	120.07
50	150	1.5	150.06	150.08	150.01	150.05
60	180	1.8	180.03	180.07	179.99	180.03
70	210	2.1	210.01	210.03	209.97	210.00
80	240	2.4	239.97	239.99	239.94	239.97
90	270	2.6	269.91	269.96	269.89	269.92
100	300	2.9	299.86	299.88	299.83	299.86
Lectura máquina después de la fuerza			0	0	0	-----

Lectura Máquina (Fi)			Cálculo de errores relativos		Resolución	Incertidumbre
			Exactitud	Repetibilidad		
%	Kgf	kN	q(%)	b(%)	a(%)	U(%)
10	30	0.3	-0.211	0.067	0.333	0.311
20	60	0.6	-0.117	0.033	0.166	0.259
30	90	0.9	-0.111	0.022	0.111	0.249
40	120	1.2	-0.056	0.025	0.083	0.245
50	150	1.5	-0.033	0.047	0.067	0.245
60	180	1.8	-0.017	0.044	0.056	0.243
70	210	2.1	-0.002	0.029	0.048	0.242
80	240	2.4	0.014	0.021	0.042	0.242
90	270	2.6	0.030	0.026	0.037	0.241
100	300	2.9	0.048	0.017	0.033	0.241
Error de cero fo (%)			0	0	No aplica	Error máx. de cero (0) = 0,00



Solicitante : **FORCELAB INGENIEROS E.I.R.L**

Dirección : **CAL.UNION LOTE. 4 URB. FLOR DE LA CANTUTA
CUSCO - CUSCO - SAN SEBASTIAN.**

Instrumento de Medición : **COMPARADOR DE CUADRANTES**

Fabricante : **INSIZE**

Modelo : **2112-10**

Serie : **1304190129**

Alcance de Identificación : **0 – 12.7 mm /0.5"**

División de Escala : **0.01 mm**

Tipo : **DIGITAL**

Lugar de Calibración : **Laboratorio de longitud – PYS EQUIPOS.**

Fecha de Calibración : **2022-02-08**

Fecha de emisión : **2022-02-08**

Método de calibración empleado

Comparación Directa. Procedimiento de calibración de comparadores de Cuadrante (usando bloques). PC-014 del SNM/INDECOPI. Segunda Edición Diciembre 2001

CONDICIONES AMBIENTALES

	INICIAL	FINAL
Temperatura	20.9°C	20.9°C
Humedad Relativa	72%	72%

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. La incertidumbre fue determinada según la “Guía para la expresión de incertidumbre en la medición”. Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.



TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales que materializan las unidades físicas de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de INACAL	Bloques Patrón de Longitud	LLA-091-2021

RESULTADO DE MEDICION

Bloques Utilizados	Valor Patrón	Indicación del comparador	Error de Indicación
1	1.000	1.000	0.000
2	2.000	2.000	0.000
3	3.000	3.010	0.010
4	4.000	4.000	0.000
5	5.000	5.010	0.010
6	6.000	6.010	0.010
7	7.000	7.010	0.010
8	8.000	8.010	0.010
10	10.000	10.020	0.020
10-2	12.000	12.020	0.020

Máxima desviación encontrada en el alcance (fe): 1 ml

Bloques Utilizados	Valor Patrón	Indicación del comparador	Error de Indicación
10-2	mm	mm	mm
	12.000	12.020	0.020
	12.000	12.020	0.020
	12.000	12.020	0.020
	12.000	12.020	0.020

Máxima desviación encontrada en la repetibilidad (fw): 0 ml

Equivalencia

0.001 in = 1ml

1 in = 0.25mm

1 in = 0.01 pulgada

EPP

Revisado por:
Eler Pozo S.
Dpto. de Metrología

Amed

Calibrado por:
Amed Castillo E.
Dpto. de Metrología



Solicitante : **FORCELAB INGENIEROS E.I.R.L**

Dirección : **CAL.UNION LOTE. 4 URB. FLOR DE LA CANTUTA
CUSCO - CUSCO - SAN SEBASTIAN.**

Instrumento de Medición : **COMPARADOR DE CUADRANTES**

Fabricante : **INSIZE**

Modelo : **2112-10**

Serie : **0407180409**

Alcance de Identificación : **0 – 12.7 mm /0.5"**

División de Escala : **0.01 mm**

Tipo : **DIGITAL**

Lugar de Calibración : **Laboratorio de longitud – PYS EQUIPOS.**

Fecha de Calibración : **2022-02-08**

Fecha de emisión : **2022-02-08**

Método de calibración empleado

Comparación Directa. Procedimiento de calibración de comparadores de Cuadrante (usando bloques). PC-014 del SNM/INDECOPI. Segunda Edición Diciembre 2001

CONDICIONES AMBIENTALES

	INICIAL	FINAL
Temperatura	20.9°C	20.9°C
Humedad Relativa	72%	72%

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. La incertidumbre fue determinada según la “Guía para la expresión de incertidumbre en la medición”. Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.



TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales que materializan las unidades físicas de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de INACAL	Bloques Patrón de Longitud	LLA-091-2021

RESULTADO DE MEDICION

Bloques Utilizados	Valor Patrón	Indicación del comparador	Error de Indicación
1	1.000	1.000	0.000
2	2.000	2.000	0.000
3	3.000	3.010	0.010
4	4.000	4.020	0.020
5	5.000	5.020	0.020
6	6.000	6.000	0.000
7	7.000	7.010	0.010
8	8.000	8.020	0.020
10	10.000	10.020	0.020
10-2	12.000	12.030	0.030

Máxima desviación encontrada en el alcance (fe): 1 ml

Bloques Utilizados	Valor Patrón	Indicación del comparador	Error de Indicación
10-2	mm	mm	mm
	12.000	12.030	0.030
	12.000	12.030	0.030
	12.000	12.030	0.030
	12.000	12.030	0.030

Máxima desviación encontrada en la repetibilidad (fw): 0 ml

Equivalencia

0.001 in = 1ml

1 in = 0.25mm

1 in = 0.01 pulgada

Revisado por:
Eler Pozo S.
Dpto. de Metrología

Calibrado por:
Amed Castillo E.
Dpto. de Metrología



Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: 2 River: Rio Reach: Tulumayo Profile: 100 Reload Data

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
Tulumayo	4760	100	15.10	3246.77	3247.83	3248.16	0.062188	4.58	3.30	5.95	1.96
Tulumayo	4740	100	15.10	3245.56	3246.55	3246.88	0.065698	4.58	3.30	6.34	2.03
Tulumayo	4720	100	15.10	3243.64	3244.36	3244.76	0.114527	5.46	2.77	6.15	2.60
Tulumayo	4700	100	15.10	3242.48	3243.35	3243.63	0.049220	4.21	3.59	6.25	1.77
Tulumayo	4680	100	15.10	3241.47	3242.40	3242.67	0.047719	4.15	3.64	6.34	1.75
Tulumayo	4660	100	15.10	3240.10	3240.70	3241.03	0.099146	4.88	3.10	7.56	2.43
Tulumayo	4620	100	15.10	3237.05	3237.87	3238.17	0.058598	4.35	3.47	6.69	1.93
Tulumayo	4600	100	15.10	3235.42	3235.97	3236.29	0.122695	4.85	3.13	9.00	2.64
Tulumayo	4580	100	15.10	3233.83	3234.74	3235.04	0.045006	4.26	3.54	5.53	1.70
Tulumayo	4560	100	15.10	3231.59	3232.35	3232.81	0.132303	5.93	2.55	5.68	2.83
Tulumayo	4540	100	15.10	3229.71	3230.33	3230.68	0.107230	5.02	3.01	7.47	2.52
Tulumayo	4520	100	15.10	3227.62	3228.33	3228.66	0.099448	4.86	3.11	7.68	2.44
Tulumayo	4500	100	15.10	3226.16	3226.83	3227.14	0.066757	4.49	3.36	6.62	2.01
Tulumayo	4480	100	15.10	3224.18	3225.05	3225.44	0.081129	5.07	2.98	5.63	2.22
Tulumayo	4460	100	15.10	3222.17	3222.88	3223.28	0.119441	5.45	2.77	6.53	2.67
Tulumayo	4440	100	15.10	3219.64	3220.53	3220.96	0.107444	5.60	2.70	5.46	2.54
Tulumayo	4420	100	15.10	3218.65	3219.28	3219.57	0.067725	4.39	3.44	7.34	2.05
Tulumayo	4400	100	15.10	3217.09	3217.91	3218.23	0.063577	4.58	3.37	6.89	2.01
Tulumayo	4380	100	15.10	3214.65	3215.16	3215.59	0.167046	5.89	2.56	6.99	3.11
Tulumayo	4360	100	15.10	3213.05	3213.89	3214.20	0.057088	4.43	3.41	6.09	1.89
Tulumayo	4340	100	15.10	3211.61	3212.31	3212.67	0.079261	4.89	3.09	5.95	2.17

Tabla de propiedades hidráulicos para Tr=100 años

Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: 2 River: Rio Reach: Tulumayo Profile: 500 Reload Data

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Max Chl Dpth	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
Tulumayo	6140	500	20.30	1.27	3374.80	3376.07	3376.44	3377.27	0.068075	4.86	4.20	7.35	2.00
Tulumayo	6120	500	20.30	1.99	3372.10	3374.09	3374.65	3375.79	0.075789	5.78	3.51	3.78	1.91
Tulumayo	6100	500	20.30	0.78	3371.52	3372.30	3372.73	3373.92	0.114584	5.65	3.59	7.79	2.65
Tulumayo	6080	500	20.30	0.95	3370.52	3371.47	3371.74	3372.27	0.045552	4.25	5.59	15.67	1.70
Tulumayo	6060	500	20.30	1.08	3367.92	3369.01	3369.40	3370.81	0.115924	6.06	3.57	9.82	2.59
Tulumayo	6040	500	20.30	0.62	3365.55	3366.17	3366.61	3368.08	0.168400	6.15	3.34	9.08	3.16
Tulumayo	6020	500	20.30	0.98	3363.73	3364.71	3365.07	3365.86	0.065676	4.75	4.29	8.44	2.06
Tulumayo	5980	500	20.30	1.26	3360.00	3361.26	3361.77	3362.91	0.080505	5.68	3.57	5.51	2.25
Tulumayo	5960	500	20.30	0.91	3357.85	3358.76	3359.30	3360.87	0.125371	6.44	3.15	5.79	2.78
Tulumayo	5940	500	20.30	1.33	3355.94	3357.27	3357.75	3358.83	0.072970	5.52	3.68	5.38	2.13
Tulumayo	5920	500	20.30	1.12	3354.12	3355.24	3355.75	3357.09	0.102434	6.01	3.38	5.87	2.53
Tulumayo	5900	500	20.30	1.08	3352.20	3353.28	3353.82	3355.15	0.091456	6.05	3.36	5.18	2.40
Tulumayo	5880	500	20.30	0.95	3351.97	3352.92	3353.16	3353.67	0.038305	4.05	5.64	14.42	1.61
Tulumayo	5860	500	20.30	0.99	3349.27	3350.26	3350.81	3352.34	0.117845	6.39	3.18	5.58	2.70
Tulumayo	5840	500	20.30	0.70	3347.91	3348.62	3348.87	3349.91	0.123956	5.62	4.46	19.89	2.73
Tulumayo	5820	500	20.30	0.76	3344.61	3345.37	3345.88	3347.45	0.131012	6.40	3.19	6.88	2.87
Tulumayo	5800	500	20.30	0.78	3342.00	3342.78	3343.22	3344.63	0.130671	6.25	3.39	8.29	2.88
Tulumayo	5780	500	20.30	1.16	3340.76	3341.92	3342.22	3342.88	0.048691	4.33	4.69	7.88	1.79
Tulumayo	5760	500	20.30	1.05	3338.92	3339.97	3340.42	3341.53	0.088992	5.53	3.67	6.65	2.37
Tulumayo	5740	500	20.30	0.71	3336.79	3337.49	3337.95	3339.30	0.140685	5.95	3.41	8.04	2.92
Tulumayo	5720	500	20.30	1.05	3335.36	3336.41	3336.75	3337.47	0.051738	4.57	4.44	7.16	1.85
Tulumayo	5700	500	20.30	1.02	3333.73	3334.75	3335.14	3336.11	0.089488	5.17	3.98	9.22	2.36
Tulumayo	5680	500	20.30	0.97	3331.96	3332.93	3333.34	3334.33	0.088454	5.23	3.88	7.74	2.36
Tulumayo	5660	500	20.30	1.20	3329.12	3330.32	3330.88	3332.32	0.107221	6.26	3.24	5.26	2.55
Tulumayo	5640	500	20.30	0.92	3327.67	3328.58	3329.03	3330.18	0.095554	5.59	3.63	6.96	2.47
Tulumayo	5620	500	20.30	1.19	3325.49	3326.68	3327.17	3328.35	0.087139	5.71	3.55	5.87	2.35
Tulumayo	5600	500	20.30	1.00	3323.71	3324.71	3325.20	3326.46	0.101923	5.85	3.47	6.37	2.53
Tulumayo	5580	500	20.30	0.97	3322.00	3322.97	3323.38	3324.43	0.092400	5.36	3.79	7.49	2.41
Tulumayo	5560	500	20.30	0.77	3320.05	3320.82	3321.26	3322.43	0.107102	5.62	3.61	7.61	2.59
Tulumayo	5540	500	20.30	1.07	3318.41	3319.48	3319.85	3320.67	0.064108	4.83	4.24	8.02	2.05
Tulumayo	5520	500	20.30	1.07	3315.17	3316.24	3316.80	3318.64	0.156722	6.87	2.96	5.83	3.08
Tulumayo	5500	500	20.30	0.91	3314.15	3315.07	3315.42	3316.26	0.070147	4.91	4.31	9.84	2.13
Tulumayo	5480	500	20.30	1.20	3311.61	3312.81	3313.32	3314.60	0.093391	5.92	3.43	5.64	2.43
Tulumayo	5460.426	500	20.30	1.16	3310.07	3311.23	3311.64	3312.82	0.082939	5.59	3.63	6.04	2.30

Slope of the energy grade line at a cross section.

Profile Output Table - Standard Table 1

HEC-RAS Plan: 2 River: Rio Reach: Tulumayo Profile: 500

File Options Std. Tables Locations Help

Reload Data

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Max Chl Dpth (m)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude #	Ch
Tulumayo	5400	500	20.30	0.84	3304.64	3305.48	3305.80	3306.50	0.051383	4.54	4.62	8.62	1.86	
Tulumayo	5380	500	20.30	1.35	3303.82	3305.17	3305.29	3305.71	0.022705	3.25	6.24	9.09	1.25	
Tulumayo	5360	500	20.30	1.17	3299.42	3300.59	3301.37	3304.35	0.216246	8.59	2.36	3.84	3.50	
Tulumayo	5340	500	20.30	1.35	3298.36	3299.71	3300.19	3301.30	0.076195	5.59	3.63	5.44	2.18	
Tulumayo	5320	500	20.30	0.71	3295.78	3296.49	3296.95	3298.73	0.244861	6.62	3.06	9.19	3.66	
Tulumayo	5300	500	20.30	1.06	3293.96	3295.02	3295.46	3296.41	0.056450	5.22	3.89	4.97	1.89	
Tulumayo	5280	500	20.30	1.35	3292.70	3294.05	3294.42	3295.26	0.053647	4.86	4.18	5.72	1.82	
Tulumayo	5260	500	20.30	1.63	3292.91	3294.54	3294.54	3294.80	0.011554	2.37	9.12	18.43	0.89	
Tulumayo	5240	500	20.30	0.93	3288.89	3289.83	3290.62	3293.83	0.241034	8.86	2.29	4.07	3.77	
Tulumayo	5220	500	20.30	1.36	3286.68	3288.04	3288.67	3290.24	0.104783	6.57	3.09	4.22	2.45	
Tulumayo	5200	500	20.30	0.81	3285.37	3286.18	3286.70	3288.08	0.102561	6.09	3.33	5.74	2.55	
Tulumayo	5180	500	20.30	1.08	3284.13	3285.21	3285.57	3286.37	0.056333	4.77	4.26	6.81	1.92	
Tulumayo	5160	500	20.30	1.02	3282.36	3283.38	3283.83	3284.95	0.086915	5.55	3.66	6.51	2.36	
Tulumayo	5140	500	20.30	0.67	3281.10	3281.77	3282.11	3283.02	0.094165	5.12	4.12	10.42	2.42	
Tulumayo	5120	500	20.30	0.92	3279.14	3280.06	3280.47	3281.44	0.072530	5.21	3.89	6.61	2.17	
Tulumayo	5100	500	20.30	0.83	3277.01	3277.84	3278.30	3279.62	0.111996	5.90	3.44	6.81	2.65	
Tulumayo	5080	500	20.30	0.93	3275.10	3276.03	3276.49	3277.63	0.084827	5.59	3.63	6.13	2.32	
Tulumayo	5060	500	20.30	0.71	3273.48	3274.19	3274.65	3275.81	0.097080	5.63	3.60	6.87	2.48	
Tulumayo	5040	500	20.30	1.01	3271.54	3272.55	3273.02	3274.09	0.074560	5.51	3.69	5.77	2.20	
Tulumayo	5020	500	20.30	0.56	3269.90	3270.46	3270.88	3272.13	0.134015	5.71	3.56	8.63	2.82	
Tulumayo	5000	500	20.30	1.03	3267.52	3268.55	3268.99	3270.03	0.080381	5.40	3.79	6.44	2.17	
Tulumayo	4980	500	20.30	0.95	3265.59	3266.54	3266.99	3268.21	0.102690	5.72	3.55	6.88	2.54	
Tulumayo	4960	500	20.30	1.69	3264.21	3265.90	3266.27	3266.90	0.034649	4.42	4.59	4.98	1.47	
Tulumayo	4940	500	20.30	1.11	3264.25	3265.36	3265.59	3266.13	0.035524	3.87	5.25	8.19	1.54	
Tulumayo	4920	500	20.30	1.03	3263.07	3264.10	3264.41	3265.13	0.071193	4.53	4.64	11.98	2.10	
Tulumayo	4900	500	20.30	1.16	3260.60	3261.76	3262.24	3263.44	0.092943	5.74	3.54	6.18	2.42	
Tulumayo	4880	500	20.30	0.94	3258.63	3259.57	3260.05	3261.37	0.113988	5.95	3.41	6.77	2.68	
Tulumayo	4860	500	20.30	0.88	3256.22	3257.10	3257.58	3258.95	0.128437	6.02	3.37	7.07	2.79	
Tulumayo	4840	500	20.30	0.88	3254.12	3255.00	3255.36	3256.38	0.115632	5.24	3.93	10.07	2.58	
Tulumayo	4820	500	20.30	0.70	3251.95	3252.65	3253.08	3254.22	0.100132	5.55	3.68	7.72	2.51	
Tulumayo	4800	500	20.30	0.79	3250.37	3251.16	3251.57	3252.49	0.069807	5.11	3.97	6.65	2.11	
Tulumayo	4780	500	20.30	0.85	3248.36	3249.21	3249.68	3250.87	0.091901	5.70	3.56	6.26	2.41	
Tulumayo	4760	500	20.30	1.18	3246.77	3247.95	3248.34	3249.23	0.064093	5.01	4.05	6.52	2.03	
Tulumayo	4740	500	20.30	1.11	3245.56	3246.67	3247.05	3247.91	0.066772	4.93	4.12	7.18	2.08	

Slope of the energy grade line at a cross section.

Profile Output Table - Standard Table 1

HEC-RAS Plan: 2 River: Rio Reach: Tulumayo Profile: 500

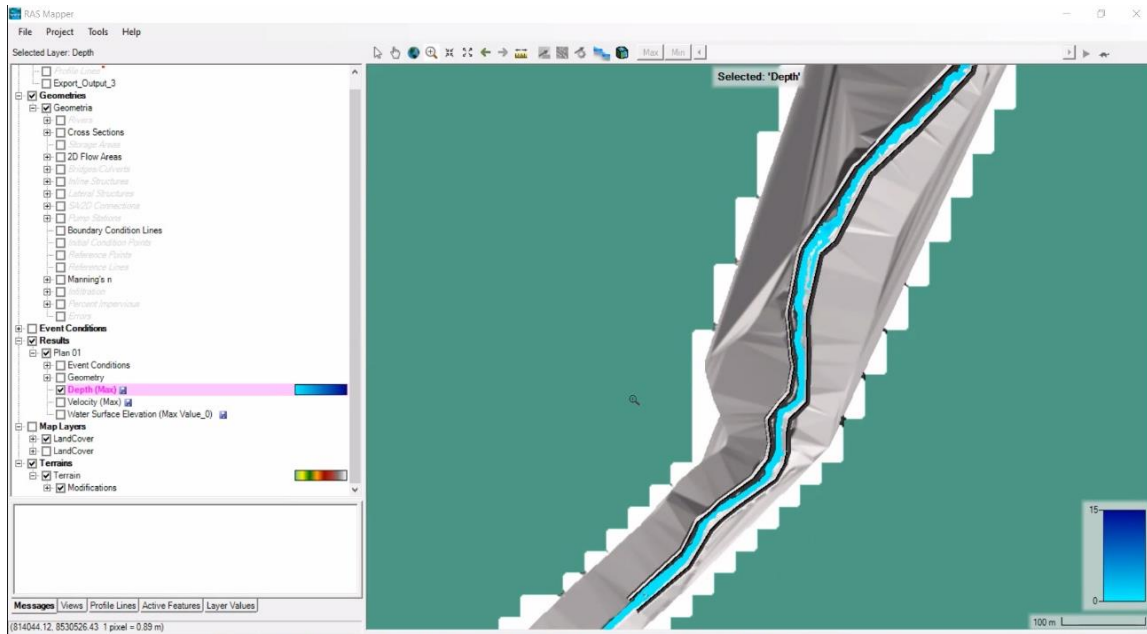
File Options Std. Tables Locations Help

Reload Data

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Max Chl Dpth (m)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude #	Ch
Tulumayo	4680	500	20.30	1.06	3241.47	3242.52	3242.86	3243.56	0.048068	4.52	4.49	6.92	1.79	
Tulumayo	4660	500	20.30	0.69	3240.10	3240.79	3241.19	3242.22	0.094018	5.29	3.84	7.94	2.43	
Tulumayo	4620	500	20.30	0.93	3237.05	3237.98	3238.34	3239.16	0.060736	4.80	4.23	7.20	2.00	
Tulumayo	4600	500	20.30	0.63	3235.42	3236.05	3236.43	3237.49	0.115293	5.34	3.83	9.12	2.64	
Tulumayo	4580	500	20.30	1.05	3233.83	3234.88	3235.24	3235.99	0.045868	4.67	4.35	5.95	1.74	
Tulumayo	4560	500	20.30	0.87	3231.59	3232.46	3232.98	3234.48	0.124848	6.29	3.23	6.30	2.80	
Tulumayo	4540	500	20.30	0.70	3229.71	3230.41	3230.84	3232.01	0.110517	5.59	3.63	7.81	2.62	
Tulumayo	4520	500	20.30	0.79	3227.62	3228.41	3228.82	3229.86	0.100190	5.33	3.81	8.21	2.50	
Tulumayo	4500	500	20.30	0.78	3226.16	3226.94	3227.32	3228.19	0.066445	4.94	4.11	6.89	2.05	
Tulumayo	4480	500	20.30	1.00	3224.18	3225.18	3225.62	3226.69	0.081441	5.45	3.72	6.32	2.27	
Tulumayo	4460	500	20.30	0.81	3222.17	3222.98	3223.46	3224.75	0.114429	5.89	3.45	6.96	2.67	
Tulumayo	4440	500	20.30	1.00	3219.64	3220.64	3221.16	3222.54	0.105416	6.11	3.32	5.76	2.57	
Tulumayo	4420	500	20.30	0.71	3218.65	3219.36	3219.73	3220.61	0.072756	4.94	4.11	7.69	2.16	
Tulumayo	4400	500	20.30	0.92	3217.09	3218.02	3218.41	3219.28	0.063092	5.04	4.13	7.28	2.05	
Tulumayo	4380	500	20.30	0.60	3214.65	3215.25	3215.74	3217.31	0.155388	6.36	3.19	7.33	3.07	
Tulumayo	4360	500	20.30	0.95	3213.05	3214.00	3214.38	3215.25	0.059872	4.95	4.10	6.37	1.97	
Tulumayo	4340	500	20.30	0.82	3211.61	3212.43	3212.85	3213.87	0.077663	5.31	3.82	6.34	2.19	

ANEXOS

Modelación hidráulica del río Tullumayo con proyecto de muro enrocado con software HECRAS



Vista general de modelación hidráulica con proyecto

