

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE
DEFENSAS RIBEREÑAS EXISTENTES PARA PREVENIR
DESBORDE DEL RÍO MOQUEGUA
EN ZONA URBANA**

TESIS

Presentada por:

Bach. Renzo Guillermo Guevara Huamán

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

TACNA – PERÚ

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

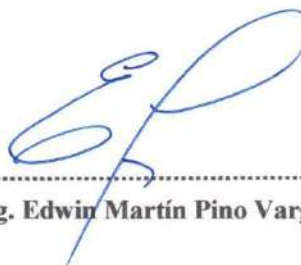
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

"ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE DEFENSAS RIBEREÑAS
EXISTENTES PARA PREVENIR DESBORDE DEL RÍO MOQUEGUA EN ZONA
URBANA"

Tesis sustentada y aprobada el día 27 de noviembre del 2025 estando integrado el
Jurado Calificador por:

PRESIDENTE

:

**Ph.D. Ing. Edwin Martín Pino Vargas****SECRETARIO**

:

**Ing. Omar Mamani Huarcaya****VOCAL**

:

**Mag. Ing. Mirtha Zulema Toledo Rosales****ASESOR DE TESIS**

:

**Mag. Ing. Mirtha Zulema Toledo Rosales**

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Mag. Ing. Mirtha Zulema Toledo Rosales, en mi condición de asesor acreditado por la Resolución de Facultad N° 348-2025-FIG/UNJBG del 08 de julio del 2025, de la Tesis titulada: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE DEFENSAS RIBEREÑAS EXISTENTES PARA PREVENIR DESBORDE DEL RÍO MOQUEGUA EN ZONA URBANA". Presentado por el Bach. Renzo Guillermo Guevara Huamán. Para optar el título profesional de Ingeniero Civil.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y similitud de trabajos de investigación y producción intelectual de la UNJBG, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual TURNITIN, cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es 04%.

Por lo que CERTIFICO LA SIMILARIDAD de la tesis enunciada líneas arriba, la cual está expedita para continuar con los trámites para optar el título profesional de Ingeniero Civil, según corresponda para su publicación en el Repositorio Institucional.

Tacna, 27 de noviembre del 2025



FIRMA DE ASESOR

Nombres y Apellidos: Mag Mirtha Zulema Toledo Rosales

DNI: 31668716



FIRMA AUTOR

Nombres y Apellidos: Renzo Guillermo Guevara Huamán

DNI: 72315520



DEDICATORIA

A mi familia y las personas que conocí, que con su apoyo me inspiraron a seguir adelante a pesar de los momentos de difíciles en la universidad

A los Ingenieros (as), que pude conocer en mis últimos años en la universidad, quienes me enseñaron y me siguen enseñando cada día que converso con ellos.

AGRADECIMIENTO

A mis amigos que pude conocer en el 2025, por apoyarme y enseñándome que, al mal tiempo buena cara.

A mi asesora de tesis, por orientarme en esta etapa que comenzó desde la matriz de consistencia y la disponibilidad que tuvo hacia mi persona.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
INDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCION	1
CAPÍTULO I PROBLEMA DE INVESTIGACION.....	3
1.1 Formulación del Problema.....	3
1.1.1 Formulación del Problema Principal	4
1.1.2 Formulación del Problema Secundario	5
1.2 Justificación E Importancia De La Investigación	5
1.2.1 Justificación de la investigación.....	5
1.2.2 Justificación Practica	6
1.2.3 Justificación Metodológica	6
1.2.4 Justificación Legal	6
1.2.5 Importancia de la investigación	7
1.3 Objetivos.....	8

1.3.1	Objetivo general	8
1.3.2	Objetivos específicos	8
1.4	Hipótesis	8
1.4.1	Hipótesis General	8
1.4.2	Hipótesis Específicas	8
1.5	Variables	9
1.5.1	Identificación de Variables	9
1.5.2	Caracterización de Variables	9
1.6	Limitaciones de la Investigación	9
1.7	Descripción de las Características de la Investigación	10
1.7.1	Tipo de Estudio	10
1.7.2	Nivel de Investigación	10
CAPÍTULO II MARCO TEORICO		12
2.1	Antecedentes del Estudio	12
2.1.1	Antecedentes Internacionales	12
2.1.2	Antecedentes Nacionales	14
2.1.3	Antecedentes Locales	16
2.2	Bases Teóricas	18
2.2.1	Bases teóricas “Comportamiento Hidráulico de las Defensas Ribereñas”	18
2.2.2	Bases teóricas “Diseño Hidráulico de las Defensas Ribereñas”	21

2.2.3	Topografía	24
2.2.4	Cuenca Hidrográfica	25
2.3	Definición de Términos	32
CAPÍTULO III MARCO METODOLOGICO		34
3.1	Tipo de Diseño de Investigación	34
3.2	Acciones y Actividades para la Ejecución del Proyecto.....	34
3.3	Población y Muestra de Estudio	35
3.4	Técnicas e Instrumentos para Recolección de Datos.....	36
3.4.1	Técnica de Recolección de Datos	36
3.4.2	Instrumentos de Recolección de Datos	36
3.5	Tratamiento de Datos.....	36
3.5.1	Tratamiento de Datos	36
CAPÍTULO IV RESULTADOS.....		38
4.1	Estudio Topográfico.....	38
4.1.1	Metodología del levantamiento topográfico	38
4.1.2	Procesamiento de datos topográficos.....	39
4.1.3	Resultados del Levantamiento Topográfico.....	40
4.2	Estudio en Campo e Identificación de Zonas Criticas.....	40
4.2.1	Mapas de Zonas Criticas.....	43
4.2.2	Análisis de Resultados de Campo	59

4.3	Estudio Geológico	60
4.3.1	Geología Regional	60
4.3.2	Geología de la Cuenca del Rio Moquegua	61
4.3.3	Geología en el Cauce del Rio.....	61
4.4	Estudios de Suelos	62
4.4.1	Ensayos de Laboratorio.....	63
4.5	Estudios Hidrológicos e Hidráulicos	66
4.5.1	Cuenca Hidrográfica	67
4.5.2	Recolección de información Hidrológica	69
4.5.3	Análisis Estadístico	72
4.5.4	Resultados Obtenidos.....	74
4.5.5	Modelamiento Hidráulico en Hec-Ras.....	77
4.6	Propuesta de Diseño de Defensa Ribereña	124
4.6.1	Predimensionamiento de Muros de Concreto Armado	129
4.6.2	Diseño de Muros de Concreto Armado.....	130
CAPÍTULO V DISCUSION DE RESULTADOS		140
CONCLUSIONES		142
RECOMENDACIONES		143
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		144
ANEXOS.....		148

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tramo de la muestra de estudio	35
Figura 2 Mapa de ubicación de puntos para estacionamiento de estación total.....	39
Figura 3 Mapa de tramos de estudio	42
Figura 4 Margen derecho, progresiva 0+000.00 hasta 0+376.48 - tramo 1	43
Figura 5 Margen izquierdo, progresiva 0+000.00 hasta 0+300.00 - tramo 1	44
Figura 6 Margen izquierdo, progresiva 0+300.00 hasta 0+376.48 - tramo 1	45
Figura 7 Margen derecho, progresiva 0+376.48 hasta 0+493.16 - tramo 2	46
Figura 8 Margen izquierdo, progresiva 0+376.48 hasta 0+416.00 - tramo 2.....	47
Figura 9 Margen izquierdo, progresiva 0+416.00 hasta 0+493.16 - tramo 2.....	47
Figura 10 Margen derecho, progresiva 0+493.16 hasta 0+593.16 - tramo 3	49
Figura 11 Margen derecho, progresiva 0+593.16 hasta 0+628.91 - tramo 3	49
Figura 12 Margen derecho, progresiva 0+593.16 hasta 0+628.91 - tramo 3	50
Figura 13 Margen izquierdo, progresiva 0+493.16 hasta 0+628.91 - tramo 3.....	51
Figura 14 Margen Derecho, progresiva 0+628.91 hasta 0+658.91 - tramo 4	52
Figura 15 Margen derecho, progresiva 0+658.91 hasta 0+837.58 - tramo 4	53
Figura 16 Margen Izquierdo, progresiva 0+628.91 hasta 0+837.58 - tramo 4	54
Figura 17 Margen derecho, progresiva 0+837.58 hasta 1+289.23 - tramo 5	55
Figura 18 Margen izquierdo, progresiva 0+837.58 hasta 0+937.58 - tramo 5.....	56
Figura 19 Margen izquierdo, progresiva 0+937.58 hasta 1+289.23 - tramo 5.....	56
Figura 20 Margen derecho, progresiva 1+289.23 hasta 1+760.00 - tramo 6	57
Figura 21 Margen izquierdo, progresiva 1+289.23 hasta 1+760.00 - tramo 6.....	58
Figura 22 Margen izquierdo, progresiva 1+541.28 hasta 1+570.34 - tramo 6.....	59
Figura 23 Mapa geológico de Moquegua.....	62

Figura 24 Mapa de ubicación de puntos para exploración de calicatas	63
Figura 25 Ubicación Zona de estudio y afluentes	68
Figura 26 Cauce del rio Moquegua aguas abajo	78
Figura 27 Cauce del rio Moquegua aguas abajo	79
Figura 28 Zonas de inundación- HEC-RAS.....	84
Figura 29 Sección transversal del cauce del rio desde la progresiva 0+000.00 hasta 0+100.00...	86
Figura 30 Sección transversal del cauce del rio desde la progresiva 0+120.00 hasta 0+220.00...	87
Figura 31 Sección transversal del cauce del rio desde la progresiva 0+240.00 hasta 0+340.00...	88
Figura 32 Sección transversal del cauce del rio desde la progresiva 0+360.00 hasta 0+460.00...	89
Figura 33 Sección transversal del cauce del rio desde la progresiva 0+480.00 hasta 0+580.00...	90
Figura 34 Sección transversal del cauce del rio desde la progresiva 0+600.00 hasta 0+700.00...	91
Figura 35 Sección transversal del cauce del rio desde la progresiva 0+720.00 hasta 0+820.00...	92
Figura 36 Sección transversal del cauce del rio desde la progresiva 0+840.00 hasta 0+940.00...	93
Figura 37 Sección transversal del cauce del rio desde la progresiva 0+960.00 hasta 1+060.00...	94
Figura 38 Sección transversal del cauce del rio desde la progresiva 1+080.00 hasta 1+180.00...	95
Figura 39 Sección transversal del cauce del rio desde la progresiva 1+200.00 hasta 1+300.00...	96
Figura 40 Sección transversal del cauce del rio desde la progresiva 1+320.00 hasta 1+420.00...	97
Figura 41 Sección transversal del cauce del rio desde la progresiva 1+440.00 hasta 1+540.00...	98
Figura 42 Sección transversal del cauce del rio desde la progresiva 1+560.00 hasta 1+660.00...	99
Figura 43 Sección transversal del cauce del rio desde la progresiva 1+680.00 hasta 1+760.00.	100
Figura 44 Muro de gavión existente cubierto por materiales de arrastre y cobertura vegetal	124
Figura 45 Muro de gavión existente a punto de colapsar.....	125
Figura 46 Muro de gavión existente destruido.....	126
Figura 47 Enrocado existente con daños en la mampostería de piedra.....	127

Figura 48 Enrocado existente con mal proceso constructivo	127
Figura 49 Enrocado existente con socavación en la base.....	128
Figura 50 Criterios para el dimensionamiento de muro de gravedad en voladizo	129
Figura 51 Diseño de muro de contención-parte 1	131
Figura 52 Diseño de muro de contención-parte 2	132
Figura 53 Diseño de muro de contención-parte 3	133
Figura 54 Diseño de muro de contención-parte 4	134
Figura 55 Diseño de muro de contención-parte 5	135
Figura 56 Diseño de muro de contención-parte 6	136
Figura 57 Diseño de muro de contención-parte 7	137
Figura 58 Diseño de muro de contención-parte 8	138
Figura 59 Diseño de muro de contención-parte 9	139
Figura 60 Levantamiento topográfico Puente Rosal	180
Figura 61 Levantamiento topográfico Puente la Villa.....	180
Figura 62 Levantamiento topográfico Alameda.....	181
Figura 63 Ubicación de la Calicata C-1	181
Figura 64 Ubicación de la Calicata C-2	182

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Factor de forma de una cuenca hidrográfica	27
Tabla 2 Coeficiente de compacidad de gravelius de una cuenca hidrográfica.....	28
Tabla 3 Tramos de zonas criticas.....	41
Tabla 4 Ensayos de laboratorio	64
Tabla 5 Resultados de laboratorio	65
Tabla 6 Resultados de sales, sulfatos y cloruros	66
Tabla 7 Resultados de capacidad portante y ángulo de fricción.....	66
Tabla 8 Características geomorfológicas de la cuenca Ilo-Moquegua	67
Tabla 9 Características geomorfológicas de la cuenca delimitada	69
Tabla 10 Registro histórico de caudales máximos diarios de la estación Tumilaca.....	70
Tabla 11 Métodos estadísticos para cálculo de caudal máximo	73
Tabla 12 Caudales máximos obtenido del método Log Normal 3	74
Tabla 13 Caudal máximo instantáneo mediante método de Fuller	75
Tabla 14 Factor de ampliación al caudal máximo instantáneo considerado residuos solidos.....	76
Tabla 15 Caudal máximo instantáneo amplificado por efectos de residuos solidos	77
Tabla 16 Parámetros para cálculo de numero de Manning mediante método de Cowan.....	80
Tabla 17 Valores para el cálculo del coeficiente de rugosidad en cauce principal y llanura.....	81
Tabla 18 Valores de ancho estable.....	82
Tabla 19 Parámetros hidráulicos para un caudal de 208.28 m ³ /s	102
Tabla 20 Altura asumida de la defensa ribereña en base al tirante máximo.....	109
Tabla 21 Parámetros hidráulicos para un caudal de 321.04 m ³ /s	113
Tabla 22 Cálculo de socavación general con caudal 321.04 m ³ /s	118
Tabla 23 Matriz de Consistencia	183

RESUMEN

Esta investigación analiza el comportamiento hidráulico de las defensas ribereñas existentes en el tramo urbano de Moquegua, con el objetivo de evaluar su eficiencia ante eventos hidrometeorológicos extremos y prevenir eventos extraordinarios como inundaciones. La investigación surge de la evidencia de daños recurrentes causados por las crecidas del río, agravados por un diseño deficiente y la falta de mantenimiento de las defensas ribereñas, así como por la acumulación de residuos sólidos en las márgenes del río.

La investigación tiene un diseño no experimental. Para llevar a cabo el análisis, se realizaron un levantamiento topográfico, inspecciones de campo y análisis hidrológicos e hidráulicos, utilizando datos históricos y modelamiento en HEC-RAS. Esto permitió identificar áreas críticas y vulnerables, y evaluar la capacidad de las defensas ribereñas existentes, compuestas principalmente por gaviones, muros de contención, diques y enrocados. Los resultados del análisis mostraron que una gran parte de las defensas ribereñas ubicadas a lo largo del cauce se encuentran en mal estado, lo que incrementa el riesgo de inundación.

Los resultados obtenidos demuestran que gran parte de las defensas instaladas a lo largo del río Moquegua están deterioradas debido a la falta de mantenimiento, una mala distribución y diseños inefficientes. Ante esta evidencia, el objetivo es proponer diseños hidráulicos funcionales, como muros de contención en voladizo, debido a la baja eficiencia registrada en campo de los muros de enrocado y de gaviones. Este trabajo contribuirá a la gestión del riesgo de desastres en Moquegua, proporcionando información técnica que servirá de base para futuras inversiones públicas y privadas en infraestructura de protección ribereña.

Palabras clave: defensas ribereñas, comportamiento hidráulico, modelamiento hidráulico, prevención de inundaciones, río Moquegua.

ABSTRACT

This research analyzes the hydraulic behavior of existing river defenses in the urban area of Moquegua, with the aim of evaluating their efficiency in the face of extreme hydrometeorological events and preventing extraordinary events such as flooding. The research arises from evidence of recurring damage caused by river flooding, compounded by poor design and lack of maintenance of river defenses, as well as the accumulation of solid waste on the riverbanks.

The research is a non-experimental design. To carry out the analysis, a topographic survey, field inspections, and hydrological and hydraulic analyses were conducted, using historical data and HEC-RAS modeling, which allowed us to identify critical and vulnerable areas and evaluate the capacity of existing river defenses, mainly composed of gabions, retaining walls, dikes, and rockfill. The results of the analysis showed that a large part of the river defenses located along the riverbed are in poor condition, which increases the risk of flooding.

The results obtained show that a large part of the river defenses installed along the Moquegua River are deteriorated due to lack of maintenance, poor distribution, and inefficient designs. Given this evidence, the aim is to propose functional hydraulic designs such as cantilever retaining walls due to the poor efficiency recorded in the field of rockfill walls and gabion walls. This work will contribute to disaster risk management in Moquegua, providing technical information that will serve as a basis for future public and private investments in river protection infrastructure.

Keywords: river defenses, hydraulic behavior, hydraulic modeling, flood prevention, Moquegua River.

INTRODUCCION

En las últimas décadas, el incremento de eventos hidrometeorológicos extremos asociados al cambio climático y a fenómenos como El Niño ha intensificado el riesgo de inundaciones en zonas urbanas adyacentes a ríos en el Perú. Los desbordes de ríos constituyen uno de los problemas más comunes a nivel mundial, el cual está relacionado a precipitaciones intensas, avenidas extraordinarias o defensa ribereñas inefficientes. Del mismo modo, las Naciones Unidas (2024) indica que, en las últimas dos décadas, los desastres sobre inundaciones o desbordes en los márgenes de los ríos han aumentado un 134%. El incremento afecta principalmente a las zonas urbanas donde no se respeta la faja marginal siendo invadidas el cauce de los ríos por ampliación de zona agrícola, zona urbana o como recolector de residuos sólidos.

En el Perú, las características geográficas en zonas de sierra y los peligros por cambios climáticos han generado eventos hidrometeorológicos, especialmente en la zona sur, como lo es Moquegua, Arequipa y Tacna (Bustamante, 2020). Sin embargo, el Congreso de la República mediante la aprobación de la Ley N°30557, indica en el artículo 1 que se declara de interesa nacional elaboración de proyectos de defensa ribereña debido a criterios de prevención ante el cambio climático para proteger a la población ante posibles desbordes e inundaciones provocadas por incremento del caudal (Congreso de la República, 2017). Asimismo, las defensas ribereñas deben contar con mantenimientos y supervisión continua para que las estructuras instaladas cumplan con la función para que fueron construidas (Contraloría General de la República, 2022).

En la ciudad de Moquegua, durante los últimos años, el tramo urbano ha sufrido daños como la socavación en infraestructura vial, en pistas y veredas por el aumento del caudal del

rio y la falta de protección eficiente que cumplan con parámetros de altura máxima de tirante y profundidad de socavación general (Prensa Regional, 2024).

El presente estudio tiene como objetivo analizar el comportamiento hidráulico de las defensas ribereñas existentes en la zona urbana del río Moquegua, trabajando con caudales históricos registrados por el SENAMHI mediante el modelamiento hidráulico en el software HEC-RAS y la identificación de zonas críticas que cuentan con daños y falta de protección.

Este trabajo es relevante no solo por su aporte técnico, sino también por su contribución a la gestión del riesgo de desastres, proporcionando una base científica que permitirá a las autoridades locales y regionales implementar medidas de protección más efectivas, reduciendo así las pérdidas humanas y materiales ante futuros eventos extremos.

La investigación está estructurada en cinco capítulos. El Capítulo I aborda el planteamiento del problema, formulado el problema general y específico, y detalla la justificación e importancia del estudio. El capítulo II desarrolla el marco teórico, abarcando conceptos claves relacionados a defensas ribereñas, topografía, cuenca hidrográfica y caudal máximo. El Capítulo III describe la metodología aplicada, incluyendo el diseño de investigación y la recolección de datos, la cual fue plasmada en los mapas de zonas críticas por tramos. En el Capítulo IV, se presentan y analizan los resultados obtenidos del modelamiento hidráulico en base a la topografía y caudal máximo para un periodo de retorno y la propuesta de diseño. Finalmente, el Capítulo V discute los hallazgos, concluye la investigación y propone el tipo de defensa ribereña adecuado para la muestra de estudio y su diseño en base a altura de tirante máximo y profundidad de socavación.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1 Formulación del Problema

Varios países del mundo combaten el problema de las inundaciones en ríos debido a distintos factores como calentamiento global, precipitaciones intensas o prolongadas, humedad en el suelo o cambios en el uso del suelo tales como deforestación y urbanización (J. S. & Mishra, 2024). Por consiguiente, se prevé que las inundaciones de gran magnitud aumenten particularmente en los continentes de Asia y África debido al aumento desproporcional de habitantes y su posterior problema para buscar lugares donde vivir (Merz et al., 2021).

Además, existe un deficiente análisis y diseño de defensas ribereñas que con el paso de los años se vienen deteriorando debido a la ubicación en zona críticas sin tener estudios previos, caudales extraordinarios con residuos sólidos debido a la urbanización en zonas altas de la cuenta, por lo que una de las soluciones para prevenir desbordes en ríos vendría a ser análisis de las defensas ribereñas existentes en zonas críticas o vulnerables (Jung et al., 2023).

A nivel nacional las características paisajísticas que presente nuestra geográfica nos convierte en un país susceptible a diversos desastres como inundaciones (Bustamante, 2020). Asimismo, según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2024), la tercera parte del país no tiene los recursos económicos ni apoyo del estado para vivir en zonas seguras alejadas de ríos sin reducir su faja marginal, una de las consecuencias es la acumulación residuos sólidos que combinados con el caudal extremo son perjudiciales para las defensas ribereñas planteadas de manera empírica sin estudios previos.

Por ende, millones de peruanos son propensos a estos problemas en época de lluvias intensas y temporales, particularmente en eventos de El Niño son la que generan desbordes de ríos sorpresivos para un mal estudio de ingeniería básica que se debió prever en estos tipos de eventos, ya que generalmente son afectadas las regiones costeras donde desemboca la cuenca por los distintos ramales (Ccopi et al., 2023).

A nivel local, Moquegua viene sufriendo eventos que afectan a la población como en el mes de febrero del 2020 donde por lo menos 105 familias sufrieron ante el desborde del río Moquegua por el cercado de Moquegua, por otro lado, en el distrito de Samegua se activaron quebradas lo que posteriormente causó huaicos y perjuicio alrededor de 500 familias (PERU21, 2020).

Del mismo modo, las intensas lluvias registradas en zonas altas de la cuenca con un caudal registrado de 42.51 m³/s en el río Tumilaca ha causado daños en obras de infraestructura viales a poco tiempo de haber sido construidas. Debido a la deficiente prevención de riesgos en la zona y la falta de análisis hidrológico se evidencio la socavación de 30 metros hacia la pista asfaltada (Andina, 2021). Según Álvarez y Márquez (2020), sostienen en el año 2012 se evidencio una inundación similar a la del año 2019 debido a las altas lluvias que hicieron incrementar el caudal del río Moquegua por lo que se evidencia un periodo de retorno de 7 años, así mismo con el ultimo suceso ocurrido durante el año 2024 con la socavación de parte de la infraestructura vial, se puede verificar que el periodo de retorno disminuyó a 5 años.

1.1.1 *Formulación del Problema Principal*

¿Cuál es el comportamiento hidráulico de las defensas ribereñas existentes en la zona urbana de Moquegua y en qué medida provienen los desbordes del río?

1.1.2 Formulación del Problema Secundario

- a) ¿Las defensas ribereñas existentes en el río Moquegua se encuentran instaladas en los puntos críticos y con qué tipo de estructuras se cuenta?
- b) ¿Cómo influye el diseño y el estado de conservación de las defensas ribereñas del río Moquegua ante diferentes registros de caudales?
- c) ¿Qué tipo de diseño de defensas ribereñas tendrá mejor comportamiento hidráulico ante crecidas de caudales en el río Moquegua?

1.2 Justificación E Importancia De La Investigación

1.2.1 Justificación de la investigación

El presente estudio tiene como justificación teórica, que en base al comportamiento continuo del río Moquegua, que ha ocasionado eventos luego del desborde de ríos en zona urbana con una frecuencia estimada según noticias de un retorno de 7 años desde el año 2012 y que podría estar reduciéndose a cada 5 años debido a factores externos (Álvarez y Márquez, 2020). Además de exponer a la ciudad ante eventos hidrometereológicos extremos, pone en evidencia el estado actual de las defensas ribereñas las cuales podrían ser inefficientes. Según Pérez (2022), los principales factores vendrían a ser las precipitaciones intensas, invasiones de la población que reducen la faja marginal de río y residuos sólidos por la falta de botaderos en zonas altas, por consiguiente, se busca analizar el comportamiento hidráulico de las defensas ribereñas existentes y realizar las bases para futuras investigaciones relacionadas al área de hidrología e hidráulica.

1.2.2 *Justificación Práctica*

Relacionado a la justificación práctica, dicha investigación evalúa la prevención del desborde del río Moquegua ya que según la Defensoría del Pueblo (2024), una de las causas vendría a ser la variación del caudal generado por precipitaciones intensas que sumado a residuos sólidos como piedras y troncos provocan daños en zonas vulnerables del tramo urbano.

1.2.3 *Justificación Metodológica*

Relacionado a la justificación metodológica, en la presente investigación se recolectó datos hidrológicos de estaciones hidrometeorológicas, así mismo se aplicaron métodos hidráulicos por medio del modelamiento del río Moquegua en HEC-RAS, se realizó el levantamiento topográfico e inspección de campo y finalmente poder culminar el proyecto con propuestas o recomendaciones para obtener un mejor comportamiento de las defensas ribereñas antes eventos extremos.

1.2.4 *Justificación Legal*

Relacionado a la justificación legal, la investigación se fundamenta en el Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastre – SINAGERD (2011), que basándose en investigación e información registrada tiene como objetivo prevenir problemas relacionados a eventos extraordinarios o desfavorables hacia la población como desbordes de ríos e inundaciones. Por otra parte, el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos-Ley N°29338 (2010), tiene como objetivo los criterios para la delimitación de la faja marginal y actividades prohibidas, las cuales si no se cumplen podrían generar efectos en el cauce del río generando más residuos sólidos y posteriores daños materiales y humanos a las zonas urbanas adyacentes.

1.2.5 Importancia de la investigación

El presente trabajo resulta de vital importancia ya que busca analizar el comportamiento hidráulico de defensas ribereñas existentes para prevenir desborde del río Moquegua ya que hasta la fecha las defensas ribereñas seden la fuerza del río que se genera en temporada de lluvias extremas, como son los meses de enero, febrero y marzo. Concordante con lo establecido se sustenta la importancia de esta investigación bajo los siguientes aspectos:

- Relevancia científico - social, puesto que permite demostrar los conocimientos aprendidos de teoría y práctica en el área de hidrología para poder obtener datos de estación hidrometeorológica y aplicar métodos estadísticos para conocer el tiempo de retorno, las mismas que pasarán por un modelamiento hidráulico que trabaja con el levantamiento topográfico, donde se tendrán datos verídicos para la evaluación del comportamiento hidráulico de las defensas ribereñas existentes.
- Relevancia académica, puesto que los resultados obtenidos serán de base para futuras investigación y ayudará a una mejora continua de las defensas ribereñas y su cuidado en el futuro para posibles eventos extremos.
- Relevancia práctico - institucional, dado que la investigación permitirá a la a las entidades públicas realizar un proyecto de inversión alineado a la mejora o implementación de defensas ribereñas que actualmente no cumplen su función de contener el cauce del río.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general*

Analizar el comportamiento hidráulico de las defensas ribereñas existentes en la zona urbana del río Moquegua con la finalidad prevenir desbordes

1.3.2 *Objetivos específicos*

- a) Identificar las defensas ribereñas existentes del río Moquegua si están instalados en los puntos críticos y el tipo de estructura con que cuenta.
- b) Evaluar la influencia del diseño y estado de conservación de las defensas ribereñas existentes y cual es comportamiento hidráulico ante diferentes registros de caudales en el río Moquegua.
- c) Plantear diseños de defensas ribereñas que tengan mejor comportamiento hidráulico ante crecidas de caudales en el río Moquegua.

1.4 Hipótesis

1.4.1 *Hipótesis General*

Las defensas ribereñas existentes en la zona urbana del río Moquegua tienen un comportamiento hidráulico óptimo que previenen los desbordes del río.

1.4.2 *Hipótesis Específicas*

- a) Al identificar los puntos críticos, y el tipo de estructura se podrá evaluar la eficiencia hidráulica de las defensas ribereñas del río Moquegua.
- b) El diseño y el estado de conservación influirán en el comportamiento hidráulico de las defensas ribereñas ante diferentes registros de caudales en el río Moquegua.

- c) Al plantear el mejor diseño de defensa ribereña ante crecidas de caudales mejorará comportamiento hidráulico y se podrá prevenir el desborde del río Moquegua.

1.5 Variables

1.5.1 Identificación de Variables

Variable Independiente: Diseño hidráulico de las defensas ribereñas

Variable Dependiente: Comportamiento hidráulico de las defensas ribereñas

1.5.2 Caracterización de Variables

- a) La Capacidad hidráulica permitirá saber identificar puntos críticos y áreas afectadas ante posibles desbordes
- b) La Eficiencia del muro de contención permitirá saber el estado de conservación de los muros y su nivel de protección
- c) El Diseño de las defensas ribereñas permitirá saber cuál será mejor empleado para el uso que se le dará

1.6 Limitaciones de la Investigación

Respecto al alcance y la delimitación de esta investigación se precisa lo siguiente:

- a) Delimitación espacial: La presente investigación se encuentra centrada en el tramo urbano del Río Moquegua en la ciudad de Moquegua
- b) Delimitación temporal: Se ha tomado como periodo de tiempo el año 2025.
- c) Delimitación temática: Se analizarán antecedentes y bases teóricas vinculadas con las variables comportamiento hidráulico de las defensas ribereñas y diseño hidráulico de las defensas ribereñas.

- d) La principal limitación de la investigación es que, debido a la antigüedad del Modelo Digital de Elevación se optó por realizar el levantamiento topográfico lo cual generó posibles restricciones de acceso en algunos tramos del río para su observación y toma de medidas.

1.7 Descripción de las Características de la Investigación

1.7.1 Tipo de Estudio

Medina et al. (2023) indica que la investigación mixta tiene como objetivo resaltar las virtudes de los métodos cualitativos y cuantitativos para tener resultados de calidad de la investigación realizada, de tal manera que esta investigación es mixta, debido a su enfoque cuantitativo por trabajar con datos numéricos como caudales máximos, tirante de agua, altura de muros, área sección transversal, entre otros. Asimismo, incorpora un enfoque cualitativo debido al análisis de estructuras existentes propensas a desbordes o con riegos de derrumbe en el tramo urbano del río Moquegua.

1.7.2 Nivel de Investigación

Según Ramos (2020), la investigación descriptiva se caracteriza por presentar y detallar los datos relacionados con el objeto de estudio, que busca describir su existencia y comportamiento en un determinado lugar o espacio. Por otra parte, la investigación explicativa busca la exposición de eventos o fenómenos, así como las causas y consecuencias que la originan, por lo que requiere el planteamiento de hipótesis relacionadas con dichas relaciones causales. En este sentido, la presente investigación es de nivel descriptivo debido al análisis de estructuras existentes, así como los puntos vulnerables, en el tramo urbano del río Moquegua. Además, es de nivel explicativo, ya que relaciona los caudales extraídos de

estaciones hidrometereológicas con el desempeño de defensas ribereñas ante eventos extremos.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes del Estudio

En base a la revisión documental efectuada, se ha considerado precisar aquellos antecedentes de índole internacional, así como aquellos nacionales que sustentan la investigación:

2.1.1 *Antecedentes Internacionales*

Según Linco (2015), en su trabajo de investigación titulada *Diseño de Defensas Fluviales Río Cruces en San José de la Mariquina*, de la Universidad Austral de Chile, se determinó un caudal con periodo de retorno de 100 años. Para este escenario, se utilizó una estructura de gaviones reforzada con geotextil debido a su bajo costo y obtención de materiales para la zona de estudio. Asimismo, el análisis de estabilidad la zona de estudio. Asimismo, el análisis de estabilidad mostró un factor de seguridad superior a 2.0, lo que evidencia un comportamiento adecuado frente a procesos de socavaciones e inundaciones. El autor concluye que las defensas ribereñas de gaviones reforzados presentaron mayor capacidad y eficiencia hidráulica en comparación con los muros de concreto armado, especialmente en sectores con suelos blandos. Por otro lado, es recomendable el mantenimiento propicio para alargar la vida útil del gavión; lo antes mencionado evidencia lo importante de considerar las condiciones locales de los lugares más vulnerables a desbordes para que mediante estudios básicos se planteen soluciones efectivas y económicas.

Según Abdelhakim et al. (2025) en su artículo de investigación titulado *Evaluación de las medidas de protección contra inundaciones: estudio de caso del Centro Aït Athmane en la región de Draa-Tafilalet (Marruecos)*, publicado en *Applied Water Science* de Springer, los sistemas de protección más conocidos como muros de contención, no fue suficiente frente a eventos de inundación de gran intensidad. El estudio evidenció fallas por mantenimiento y mal diseño estructural, ante fuerzas dinámicas originadas por caudales elevados. Asimismo, los autores generaron mapas de riesgo donde aparecen las áreas afectadas por flujos desbordados, tanto en zonas urbanas y de agricultura, y analizaron algunas medidas como la reforestación y el rediseño de los sistemas de protección. Concluyendo, estos autores destacan que una estructura bien diseñada y con mantenimiento frecuente (por estar expuesto a la intemperie, así como el cambio climático) puede reducir el riesgo de fallas, desbordes y volcaduras del cauce. Estos resultados subrayan la importancia de convertir un riesgo en una herramienta para realizar zonas que necesitan mantenimiento continuo y diferenciar aquellas con menor probabilidad de falla.

Según Singh et al. (2024) en su artículo de investigación denominado *Investigación experimental sobre el uso de muros de gaviones de tres escalones para obras de protección costera mediante velocímetro acústico Doppler*, desarrollado en el Instituto Indio de Tecnología Bombay, Departamento de Ingeniería Civil, se concluyó que los muros gaviones escalonados disminuyen en gran medida la velocidad de flujo, lo que disminuye la socavación general y local en base a su estructura. Asimismo, el uso del velocímetro ayudó a determinar detalladamente el comportamiento experimental de las estructuras, flexibles o rígidas, y evaluar su eficiencia hidráulica.

La recomendación de los autores menciona la implementación de un tipo de gavión en zonas altamente propensas a socavación.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Según Pérez (2022) en su trabajo de investigación denominado *Evaluación del diseño hidráulico y estructural de las defensas ribereñas en la margen izquierda del puente comuneros*, desarrollada en la Universidad Continental, Facultad de Ingeniería, Huancayo, se determinó como resultado el ancho del cauce de 206,00 m, el tirante de 2,50 m y la profundidad de socavación de 1,80 m, mediante el análisis de caudales máximos, así como parámetros tomados mediante el uso de ArcGIS progresivo. Los resultados obtenidos vendría ser el muro de gravedad, ya que presenta un factor de seguridad superior, lo que indica una baja probabilidad de fallo por volteo. Este estudio evidencia lo importante de realizar estudios topográficos, hidrológicos e hídricos de la mano del software de modelamiento para determinar el comportamiento de los diferentes tipos de defensas ribereñas y seleccionar la solución más segura y eficiente.

Según Parra (2023), en su investigación denominado *Modelamiento Hidrológico para el Diseño de la Defensa Ribereña en el Rio Mala Sector Cruz Blanca, Cañete*, de la Universidad Peruana de los Andes, Facultad de Ingeniería, se calcularon como resultado los caudales para distintos periodos de retorno mediante el software HEC-HMS, analizando donde el caudal pico vendría a ser 424,1 m³/s. Asimismo, en base a los estudios geotécnicos indicaron que la ribera del río estuvo ubicada hace años atrás. Con base en estos resultados, se concluyó que la mejor alternativa de diseño para la defensa ribereña sería un gavión tipo caja, debido a la factibilidad de obtener materiales localmente y la viabilidad económica de la estructura.

Según Orellana (2023), en su trabajo de investigación titulada *Modelamiento Hidrológico e Hidráulico para el Análisis de Inundación Utilizando los Modelos Numéricos Iric y Rs Minerve en el Cauce de la Quebrada Ciudad de Dios, Distrito de Yura, Provincia Y Región de Arequipa*, se determinaron como resultado los periodos de retorno mediante el método estadístico Pearson Tipo III, a partir de cálculos de datos de precipitación-esorrentía. Los resultados evidenciaron tirantes de hasta 3 m y velocidades máximas de hasta 5.5 m/s en la zona crítica del cauce, que podrían ocasionar socavaciones o asentamientos diferenciales.

un periodo de retorno de 100 años, la defensa ribereña sería susceptible a inundaciones. Por ello, se propone el diseño de dicho muro en función del tirante máximo asociado a dicho periodo de retorno.

Por ende, se hizo la comparación de los resultados obtenidos por los software HEC-RAS e IRIC, comprobando que presentan alta similitud. En consecuencia, se concluyó que la obra de contención más adecuada para el encauzamiento del río sería los muros de gravedad, debido a la granulometría predominante en el área de estudio y considerando que, dentro de 100 años la defensa ribereña sería propensa a inundaciones. Es por eso que se plantea el diseño de dicho muro en función del tirante máximo asociado a dicho periodo de retorno.

Lo expuesto demuestra la importancia de identificar correctamente las características de la zona donde se instalarán las defensas ribereñas, así como de aplicar métodos estadísticos que permitan definir adecuadamente los periodos de retorno para el dimensionamiento de muros de gravedad.

2.1.3 *Antecedentes Locales*

Según Dilas y Arce (2022), en su artículo de investigación titulado *Zonas de vulnerabilidad y peligros ambientales en la cuenca del río Moquegua*, desarrollado en la Universidad Privada de Tacna. Se presentaron altos niveles de vulnerabilidad ante deslizamiento e inundaciones predominantes en la zona alta y media. Asimismo, se evidencio la reducción de la vegetación mediante el índice NDVI. Por otro lado, las unidades mineras y sus residuos contaminantes afectan directamente la flora, fauna y a la población aledaña. En consecuencia, concluyen que para zonas con un nivel de vulnerabilidad alto no se recomienda la construcción de edificaciones ni infraestructuras. Además, para los tramos cercanos a la microcuenca hay riesgos potenciales de desbordes. Lo antes mencionado evidencia la importancia de integrar los mapas de amenazadas para determinar las áreas o zonas de riegos, tanto por factores ambientales como por actividades antropogénicas.

Según Álvarez y Márquez (2020), en su trabajo de investigación titulada *Análisis Hidráulico e Hidrológico de la Cuenca del Río Moquegua para el Diseño de Defensa Ribereñas*, de la Universidad Ricardo Palma. El autor encontró como resultados datos provenientes de las 6 estaciones hidrometereológicos para calcular el caudal de diseño asociado a distintos periodos de retorno, obteniendo valores máximos de 441,27 m³/s. Asimismo, se reportaron tirantes de hasta 4.20 m en los tramos evaluados.

Para concluir, los autores concluyen que la defensa ribereña más idónea para la particularidad del tramo de estudio vendría a ser los muros de enrocado, especialmente en las zonas con alto riesgo a desbordes y en áreas próximas a la vía. Estos hallazgos antes mencionados evidencian la importancia de recolectar y analizar datos

hidrometeorológicos de las estaciones localizadas en cuencas que influyen al tramo principal, para así poder prevenir desastres extraordinarios antes desbordes causados por la naturaleza.

Según Cruz (2019), en su trabajo de investigación titulada *Análisis de zonas vulnerables a inundación y sus alternativas de encauzamiento en el Río Tumilaca, tramo malecón ribereño del distrito de Moquegua*, desarrollada en la Universidad José Carlos Mariátegui. El autor identificó zonas propensas de inundación mediante la evaluación de parámetros hidráulicos y el uso de datos de entradas como el caudal extraído del SENAMHI, correspondiente al evento de desborde ocurrido el 08 de febrero de 2019 en Moquegua. Los resultados comprueban la urgencia de realizar inversiones para contener y estabilizar el cauce del río a lo largo de todo el tramo evaluado.

Asimismo, el autor concluye que la defensa ribereña planteada fue mediante muros de concreto reforzado, ya que el sistema actualmente empleado no garantiza seguridad ante caudales de máximas avenidas. Del mismo modo, se determinó que el sistema de enrocado no constituye una alternativa óptima, ya que reduciría el área hidráulica y favorecería la socavación por el incremento de las velocidades.

Lo expuesto demuestra la importancia de emplear sistemas de protección adecuados en ríos como el Moquegua, caracterizados por un cauce amplio y la presencia de caudales extremos que transportan sólidos desde las zonas altas de la cuenca.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 “Comportamiento Hidráulico de las Defensas Ribereñas”

2.2.1.1. Definición del Comportamiento Hidráulico de las Defensas Ribereñas

Fracassi (2019) indica que las defensas ribereñas, son estructuras de concreto simple, concreto armado o enrocado, las cuales son diseñadas para proteger las zonas colindantes a los ríos. Sin embargo, pueden verse afectadas por procesos de socavación generados por altas velocidades del flujo y grandes caudales durante los periodos de lluvia. Asimismo, el arrastre de material solido como rocas, árboles y diversos desechos incrementa los riesgos para a la socavación en el recorrido del río.

El comportamiento hidráulico de las defensas ribereñas involucra una gran cantidad de parámetros asociados a la velocidad del flujo, la distribución de presiones en función del tirante, la turbulencia generada por variaciones en el régimen del río, así como los procesos de la sedimentación y la erosión manera general o local. Además, se caracteriza por conocimiento de parámetros hidráulicos, tales como el caudal, tirante del río, la velocidad del flujo y la capacidad de transporte de sedimentos desde zonas en la altura (Blas & Meza, 2023).

Del mismo modo, Gottardi et al. (2020) indican que la estabilidad de las defensas ribereñas está relacionada con respuesta hidráulica de los suelos. Especialmente, cuando el agua provocada por lluvias fuertes o del mismo río se infiltra lo que provoca la saturación del suelo, reduciendo su cohesión y compactación, incrementando la vulnerabilidad estructural de estas obras.

Por ende, en este estudio nos adherimos a ambas referencias, ya que el comportamiento hidráulico de las defensas ribereñas es eficiente cuando logra controlar significativamente el

cauce del río, pero se vuelve de manera ineficiente cuando se presentan procesos de socavación, fallas estructurales y desbordes de ríos.

2.2.1.1.1. Gaviones

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2015) indique que los gaviones son estructuras rellenas con piedras del mismo río, siempre que cumplan con los parámetros normativos y no causen algún desequilibrio en el cauce del río. Por su parte, Maccaferri (2010) indica que las mallas que amarran estas estructuras presentan una forma hexagonal alargada en sus diagonales. En ese mismo contexto, se destaca un sistema de protección por utilidad en zonas donde la explotación, el transporte y la colocación de rocas para los enrocados resultan antieconómicos.

Sin embargo Pérez (2022) indica que los gaviones presentan varias desventajas. Entre ellas, se encuentran la vulnerabilidad a golpes de otras piedras transportadas por el cauce, así como la corrosión y oxidación por estar expuestas ante la humedad, sol y viento. Por otro lado, estas estructuras pueden deteriorarse por acciones humanas, como la sustracción del alambre o de las piedras que las conforman, lo que incrementa el riesgo de colapso.

Por ende, en este estudio nos adherimos al autor Pérez (2022), debido a que en la zona urbana del río Moquegua es deficiente el manejo de gaviones, las desventajas presentadas durante los desbordes asociados a los distintos periodos de retorno.

2.2.1.1.2. Dique Enrocado

Son estructuras conformadas en base a material de río, dispuesto en forma trapezoidal y revestido con roca pesada en su cara húmeda. Pueden emplearse de manera continua por los márgenes del río o de manera puntual en zonas críticas, así como el uso destaca por no tener

que usar mallas de alambres debido a la estabilidad que tiene por gravedad, y por ser más robustas ante golpes de piedras a alta velocidad traídas por el cauce del río (Maldonado, 2016).

2.2.1.1.3. Muro de Contención

Según Harmsen (2002b), los muros de contención son estructuras de concreto armado que sirven para contener terrenos propensos a derrumbes por su volumen de relleno. Del mismo modo, se emplean en lugares con condiciones extremas, como cortes y rellenos en carreteras, muros de sótanos, alcantarillas y estribos de puentes.

Asimismo, los muros de contención presentan clasificaciones según su necesidad. Según Braja (2011), los muros de contención de gravedad se construyen con concreto simple incluyendo piedras de ser necesario. Su estabilidad depende de su propio peso y del suelo donde estará apoyado para su estabilidad. Sin embargo, los muros de contención no son económicos cuando se trata de muros de gran altura y que incluyen concreto armado en su construcción.

Por ende, en este estudio nos adherimos a los muros de contención de gravedad debido a ser más económicos y contener piedras de gran granulometría y estar unidas mediante concreto simple para evitar enmallado.

2.2.1.2. Dimensiones del Comportamiento Hidráulico de Defensas Ribereñas

En concordancia con las precisiones encontradas en el trabajo de investigación relacionado al comportamiento hidráulico de las defensas ribereñas, el autor Pérez (2022), ha considerado las siguientes dimensiones:

- a) Capacidad Hidráulica: Conlleva a evaluar las defensas ribereñas existentes, empeñado en determinar la altura, forma y capacidad de resistencia mediante caudales actuados

y afectados por un periodo de retorno, la cual tiene como fin las ubicaciones de defensas ribereñas con ineficiente capacidad hidráulica de contener el cauce del río.

- b) Eficiencia de la Defensa Ribereña: Precisa que es un proceso mediante el cual se analiza el estado de conservaciones de las defensas ribereñas existentes con presencia de corrosión, ausencia de piedra en gaviones y evidencia de mantenimiento o abandono para posteriormente conocer los puntos críticos ante posibles desbordes, la cual tiene como fin evaluar su estado actual para ser rediseñada o mejorada.

2.2.2 Bases teóricas “Diseño Hidráulico de las Defensas Ribereñas”

2.2.2.1. Definición del Diseño Hidráulico

El diseño hidráulico se basa en el cálculo y uso de parámetros técnicos de estructuras o componentes en las cuales el agua es protagonista, como las defensas ribereñas, canales y tuberías, para que posteriormente se tenga un buen comportamiento ante eventos extremos y evitando desbordes, fallas o desperdicios (Villón, 2005).

2.2.2.2. Definición del Desborde de Río en Moquegua

El desborde de un río destaca cuando debido a un evento normal o extremo, el caudal registrado por el cauce supera su capacidad hidráulica, ya sea por un tirante demasiado alto o un ancho de cauce débil que ocasiona que el agua sobrepase sus márgenes y genere inundaciones en las zonas aledañas (CENEPRED, 2025). En el caso de Moquegua, los desbordes en los ríos de Moquegua ha sido recurrente en los últimos 10 años, afectando principalmente a las zonas urbanas colindantes al cauce.

Durante eventos intensos, generados principalmente por exceso de precipitación en la cuenca alta, como los registrados en 2012, 2015, 2019 y 2024, el río Moquegua ha tenido

problemas estructurales al querer contener el cauce del río con defensas ribereñas en mal estado, lo que generó desbordes con caudales que superan los $70 \text{ m}^3/\text{s}$, provocando daños en viviendas, infraestructura vial y servicios básicos a la altura de la Corte Superior de Justicia de Moquegua (Prensa Regional, 2024). Esto ha evidenciado la insuficiencia de las defensas ribereñas existentes, muchas de las cuales presentan total abandono de las autoridades que solo se conforman con amontonar los márgenes con piedras.

Según estudios de la Autoridad Nacional del Agua (2022), el desborde del río está directamente relacionado con el diseño hidráulico deficiente de las defensas ribereñas donde se producen zonas críticas de desborde y con la falta de mantenimiento estructural de las defensas ribereñas existentes. Por otro lado, el software HEC-RAS permite identificar los tramos críticos mediante la simulación hidráulica donde mediante secciones transversales se puede determinar en qué puntos el tirante de agua sobrepasa la altura de las defensas ribereñas, indicando puntos de riesgo para la población.

Por consiguiente, el presente estudio considera como parte principal no solo el incremento del caudal que trae consigo residuos sólidos, sino como un problema relacionado al comportamiento hidráulico y abandono total de las defensas existentes en el tramo urbano del río Moquegua.

2.2.2.3. Definición del Diseño Hidráulico de las Defensas Ribereñas

El diseño hidráulico de defensas ribereñas se define como el conjunto procesos matemáticos y de estudios básicos que permiten llegar a una conclusión en beneficio a los problemas existentes. Además, se obtienen las dimensiones, forma y materiales adecuados para que una estructura pueda contener, disipar o conducir el cauce natural del río durante eventos hidrológicos actuales y a futuro, evitando así desbordes por falla de defensas ribereñas

e inundaciones en zonas aledañas a la población (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

Por consiguiente, en el diseño hidráulico del río Moquegua debe considerar variables como el caudal máximo de diseño, el tirante de agua, la altura libre, la velocidad del flujo y la estabilidad de taludes, en tal sentido se permite garantizar que estructuras como gaviones, muros de contención de gravedad puedan soportar eventos extremos sin provocar volteos, socavaciones ni desbordes del río por mal diseño (Chow et al., 1994).

Según Autoridad Nacional del Agua (2022), algunas defensas ribereñas en zonas urbanas presentan mal estado, ya que los diseños son antiguos para las condiciones hidrológicas actuales, lo que conlleva estudios básicos y de ingeniería para actualizar las defensas ribereñas en base a parámetros actuales y a futuro. Por lo tanto, es de prioridad que el análisis y diseño se realice en base a datos técnicos actualizados, ya que se podrá asegurar su eficacia frente a periodos de retorno de 25, 50 o hasta 100 años.

Finalmente, autores como Pérez (2022) y Álvarez y Márquez (2020) señalan que un diseño hidráulico adecuado no solo debe reaccionar a un caudal máximo para un periodo de retorno, sino también prever el deterioro futuro, la invasión de fajas marginales y la necesidad de mantenimiento continuo si lo requiere, con el fin de garantizar la protección continua de zonas urbanas vulnerables.

2.2.2.4. Dimensiones del Diseño Hidráulico de las Defensas Ribereñas

Las dimensiones para la citada variable han sido obtenidas del trabajo de investigación relacionado a la a Comportamiento Hidráulico de las Defensas Ribereñas, el autor Pérez (2022), ha considerado las siguientes dimensiones:

- a) Diseño de las Defensas Ribereñas: Conlleva a determinar si las defensas ribereñas fueron correctamente diseñadas considerando datos hidráulicos como caudales, altura de la estructuras, estabilidad y socavación, el cual tiene como fin garantizar su efectividad ante el cauce del Rio Moquegua.
- b) Estabilidad Estructural: Precisa que la evaluación técnica de las defensas ribereñas, incluyendo la observación de daños visibles y posibles desplazamientos estructurales, la cual tiene como fin garantizar que las estructuras mantengan su componentes y seguridad ante caudales extremos, evitando fallas o volteos parciales que perjudiquen la protección del área urbana especialmente en zonas con recurrente daños.

2.2.3 Topografía

2.2.3.1. Definición del Topografía

La topografía es la ciencia que se encarga de extraer o determinar las posiciones de cada punto ubicado en la superficie terrestres, usando las medidas del espacio tridimensional ,como lo son: distancia en el eje X, distancia en el eje Y y distancia en el eje Z, así mismo esta ciencia está relacionada con la geometría ya que define la posición y formas del suelo mediante la triangulación de estos puntos, por los cuales se puede representar todos los accidentes naturales o por la mano humana (Márquez, 2017).

En tal sentido, se destaca el uso de la topografía para todo estudio de ingeniería mediante un levantamiento topográfico, en la cual se hace uso de estación total, wincha, corrector y nivel. Por consiguiente, la información recolectada será procesada en un software como el Civil 3D para finalmente obtener los planos de curva de nivel, perfil longitudinal, secciones transversales, volúmenes de corte y relleno si es necesario.

2.2.3.2. Definición del Levantamiento Topográfico

El levantamiento topográfico es un estudio que permite obtener puntos del terreno en una porción pequeña a comparación de la superficie de la tierra, considerando como si fuera plana, estas dimensiones no superan los 30 km por cada lado debido a que dejaría de comportarse como una superficie plana (Márquez, 2017).

2.2.3.3. Definición del Poligonal

Márquez (2017) indica que, la poligonal es el nombre que asume un polígono de n lados, en el cual los vértices vienen a ser los puntos obtenidos del levantamiento topográfico, existen dos tipos de poligonal como lo son:

- a) Poligonal cerrada, es la poligonal que su punto inicial coincide con su punto final.
- b) Poligonal abierta, es la poligonal cuyos punto inicial y final no coinciden y solo tiene forma de línea quebrada.

2.2.4 Cuenca Hidrográfica

2.2.4.1. Definición del Cuenca Hidrográfica

Es un terreno delimitado por punto de mayor nivel topográfico como montañas o laderas en el cual funciona un sistema de drenaje superficial que mediante afluentes concentran el agua en un río principal, el cual desemboca en el mar o un río más grande (Faustino y Jiménez, 2000).

En tal sentido, la cuenca hidrográfica permite captar agua para la formación de ríos, manantiales o acuíferos, además al crear un ambiente para los seres vivos, ayuda a conservar la biodiversidad.

2.2.4.2. Tipos de Cuenca Hidrográfica

Faustino y Jiménez (2000) indican que, el tipo de cuenca depende del sistema de salida o conducción final, las cuales son:

- a) Endorreicas, en la que el punto de salida o desembocadura es dentro de los límites de la cuenca, como embalses o lagos.
- b) Exorreicas, en la que el punto de salida es en los límites de la cuenca, quiere decir que desemboca en otra corriente de mayor capacidad o el mar
- c) Arreicas, en la que no desemboca en ningún lugar y sus aguas se pierden mediante evaporación o infiltración hacia el terreno.
- d) Criptorreicas, en la que sus aguas avanzan de manera subterránea.

Además, Faustino y Jiménez (2000) indican que, el tipo de cuenca depende de su tamaño, como los son:

- e) Cuenca grande, en la cual su área es mayor a 250 km² y resalta por sus certerísimas fisiográficas como pendiente, elevación y cauce.
- f) Cuenca pequeña, en la cual su área es menor a 250 km² y resalta por su tipo de suelo y vegetación, respondiendo a lluvias con fuerte intensidad y poca duración.

2.2.4.3. Morfología de Cuenca Hidrográfica

Según Villón (2002), conocer la morfología de una cuenca es de mucha importancia para conocer la estructura y características de las redes de drenaje superficiales, en tal sentido se muestran las siguientes:

- a) Área de la cuenca (km²), viene a ser el área proyectada en el terreno, delimitado por la divisoria de aguas
- b) Longitud axial (km), distancia entre el punto más alto de la cuenca donde está la cabecera hasta la desembocadura de la cuenca.
- c) Perímetro (km), borde que forma la cuenca en la cual delimita con otras cuencas y tiene forma irregular por lo que se tiene que hallar mediante software.
- d) Ancho medio (km), Relación entre el área de la cuenca y la longitud axial.
- e) Factor de forma, cociente entre el ancho medio y la longitud axial, se detalla la representación gráfica de la cuenca, considerando los valores que significan cada factor de forma.

$$\text{Factor de forma} = \frac{\text{Ancho medio}}{\text{Longitud axial}}$$

Tabla 1

Factor de forma de una cuenca hidrográfica

Factor de forma	Forma de la cuenca
1.00	Cuadrado con salida central
0.79	Circular o redonda
0.50	Cuadrado con salida lateral
0.40 y 0.50	Oval
<0.30	Rectangular alargada

Fuente. Autoridad Nacional del Agua (2010).

- f) Coeficiente de compacidad de gravelius, relación entre perímetros de la cuenca y perímetro de la circunferencia con el área de la cuenca

$$\text{Coeficiente de compacidad de gravelius} = \frac{\text{Perimetro de cuenca}}{2\sqrt{\pi * \text{Area de cuenca}}}$$

Tabla 2

Coeficiente de compacidad de gravelius de una cuenca hidrográfica

Coeficiente de compacidad de gravelius	Forma
1.00-1.25	Redonda a oval redonda (compacta)
1.25-1.50	Oval redonda a oval oblonga
1.50-1.75	Oval oblonga a rectangular oblonga
>1.75	Casi rectangular (alargado)

Fuente. Autoridad Nacional del Agua (2010).

- g) Pendiente del cauce principal, diferencia entre el punto más alto y bajo entre la longitud del cauce.
- h) Tiempo de concentración, es el tiempo que demora el agua para trasladarse mediante los afluentes desde la cabecera hasta la desembocadura.
- i) Orden de corrientes, es el grado que se le da al afluente mediante el método de Strahler que va desde el menor que es 1 hasta el mayor que es >1

2.2.4.4. Métodos de Análisis Estadísticos

Según Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2015), la finalidad de los métodos estadísticos es de estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos para distintos periodos de retorno según el proyecto, en base a un registro histórico de más de 15 años, los cuales tiene una probabilidad de ocurrencia, los métodos estadísticos son los siguientes:

a) Distribución normal, la cual se define como:

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

Donde:

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

X =variable independiente

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

S =parámetros de escala, igual a la desviación estándar de x

b) Distribución Log-Normal 2, la cual se define como:

$$P(x \leq x_i) = \frac{1}{S\sqrt{(2\pi)}} \int_{-\infty}^{x_i} e^{\left(\frac{-(x-\bar{X})^2}{2S^2}\right)} dx$$

Donde $\bar{X}$ y S son los parámetros de la distribución

c) Distribución Log Normal 3, la cual se define como:

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

Para $X > X_0$

Donde:

X_0 : Parámetro de posición

U_y : parámetro de escala o media

S_y^2 : parámetro de forma o varianza

d) Distribución Gamma 2, la cual se define como:

$$f(x) = \frac{x^{y-1} * e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^y * \Gamma(y)}$$

Valido para:

$$0 \leq x \leq \infty$$

$$0 \leq y \leq \infty$$

$$0 \leq \beta \leq \infty$$

Donde:

y : Parámetro de forma

β : Parámetro de escala

e) Distribución Gamma 3, la cual se define como:

$$f(x) = \frac{(x - x_0)^{y-1} * e^{-\frac{(x-x_0)}{\beta}}}{\beta^y * \Gamma(y)}$$

Valido para:

$$x_0 \leq x \leq \infty$$

$$0 \leq x_0 \leq \infty$$

$$0 \leq \beta \leq \infty$$

$$0 \leq y \leq \infty$$

Donde:

x_0 : Origen de la variable x , parámetro de posición

y : Parámetro de forma

f) Distribución Log Pearson Tipo III, la cual se define como:

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

Valido para:

$$x_0 \leq x \leq \infty$$

$$-\infty \leq x_0 \leq \infty$$

$$0 \leq \beta \leq \infty$$

$$0 \leq y \leq \infty$$

Donde:

x_0 : Parámetro de posición

y : Parámetro de forma

β : Parámetro de escala

g) Distribución Gumbel, la cual se define como:

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

Utilizando el método de momento, se obtiene las siguientes relaciones:

$$\alpha = \frac{1.2825}{\sigma}$$

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

Donde:

α : Parámetro de concentración

β : Parámetro de localización

Según Chow et al. (1994), la distribución puede ser de la siguiente forma:

$$x = \bar{x} + k\sigma_x$$

Donde:

x : Valor con una probabilidad dada

$\bar{x}$: Media de la serie

k : Factor de frecuencia

2.3 Definición de Términos

A continuación, se presentan algunas definiciones concordantes con lo precisado por Álvarez y Márquez (2020), que por su relevancia es imprescindible definir las:

- a) Desborde de río: Fenómeno hidráulico que sucede cuando el caudal del río sobrepasa su tirante máximo, lo que conlleva daños a las zonas colindantes por medio de inundaciones que se maximizan cuando sobrepasa sus márgenes naturales.
- b) Comportamiento Hidráulico: Respuesta física e hidráulica de estructuras como gaviones o muros de contención cuando son sometidas al cauce de un río, evaluando si cumple su función de contención exceder su tirante o altura máxima.

- c) Caudal de avenida: Máximo caudal generado por precipitaciones intensas, evaluándola con un periodo de retorno específico en base a estadística o eventos históricos, asimismo se utiliza como base para el diseño y evaluación de defensas ribereñas.
- d) Tirante de agua: Altura vertical medida desde la parte inferior del río hasta la superficie libre. Por ellos es de mucha importancia si queremos contener el caudal sin provocar desbordes.
- e) HEC-RAS: Software de simulación hidráulica desarrollado por el ejército de los Estados Unidos, permite modelar el comportamiento del flujo en cauces naturales y artificiales, y analizar el desempeño de estructuras hidráulicas.
- f) HEC-HMS: Software de modelación hidrológica con la finalidad de ejemplificar escorrentías superficiales e infiltraciones, asimismo puede generar hidrogramas y analizar resultados simulados.
- g) Faja Marginal: Área del terreno colindante al cauce del río, delimitada legalmente por la ANA, destinada a proteger el cauce y facilitar obras de mantenimiento y defensa.
- h) Socavación: Proceso erosivo causado por la acción del agua que remueve material de la parte inferior de manera general y local de las defensas ribereñas o estructuras que se encuentren a la espera del cauce del río, comprometiendo su estabilidad y funcionalidad.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLOGICO

3.1 Tipo de Diseño de Investigación

La presente investigación de análisis del comportamiento hidráulico de defensas ribereñas existentes se encuentra dentro del tipo de investigación aplicada, ya que busca analizar el comportamiento de las defensas ribereñas y brindar medidas que ayuden a prevenir posibles desbordes en el tramo de la zona urbana del río Moquegua, considerando para ello un marco de investigación cuantitativo y cualitativo, ya que analiza datos numéricos en base al caudal, dimensiones geométricas de secciones transversales del río y condiciones estructurales de las defensas ribereñas existentes (Álvarez y Márquez, 2020).

De la misma manera se contempla una característica de diseño no experimental, ya que se toma en cuenta las condiciones actuales de las estructuras, del mismo modo se ha considerado un corte transversal, para trabajar con dicha información dentro de un periodo determinado (Álvarez y Márquez, 2020).

Para concluir, el análisis se caracterizará por las observaciones directas, seguido del modelamiento hidráulico y finalmente revisión técnica de campo.

3.2 Acciones y Actividades para la Ejecución del Proyecto

La ejecución del presente proyecto de investigación se realizará mediante una serie de actividades, las cuales se detallan a continuación:

- a) Revisión bibliográfica y noticias.
- b) Inspección técnica de las defensas ribereñas y datos topográficos.
- c) Obtención de datos hidrológicos e hidráulicos.

- d) Modelamiento hidráulico con HEC-RAS.
- e) Evaluación del comportamiento hidráulico de las defensas ribereñas.
- f) Elaboración de soluciones para mejorar el diseño.

3.3 Población y Muestra de Estudio

La población que será evaluada para la investigación está constituida por la cuenca del río Moquegua, con un área de 3,605 km² (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2014).

Por otra parte, para obtener la muestra de estudio, se ha considerado el tramo urbano de 1.70 km de longitud desde Av. circunvalación hasta el puente el rayo según figura 1.

Figura 1

Tramo de la muestra de estudio



Nota. El gráfico representa la longitud del tramo de la muestra, con una longitud de 1,70 km, que pasa por la zona urbana de color rojo.

3.4 Técnicas e Instrumentos para Recolección de Datos

3.4.1 *Técnica de Recolección de Datos*

Para realizar este estudio se consideró apropiado utilizar la técnica de observación directa. Al respecto, es importante recalcar que Carrasco (2008) señala que la técnica busca obtener, recopilar y registrar datos de manera directa en el lugar de interés, lo que genera mayor relevancia de información. De la misma forma, Álvarez y Márquez (2020) indica que la técnica de análisis documental que conlleva la revisión de estudios previos, artículos, noticias, reportes de entidades sobre desbordes ayudará a conocer el estado actual del tramo de estudio.

3.4.2 *Instrumentos de Recolección de Datos*

Por su parte, en relación al instrumento de investigación, se ha considerado una ficha de monitoreo la cual tiene el objetivo de recolectar resultados, así como el cumplimiento de una lista de obligaciones por parte del proyecto, constituida por una descripción del proyecto, seguida de la obtención de resultados y lugar donde se esté monitoreando (Coneval, 2020).

Para el presente estudio se realizará lo siguiente:

- Ficha de monitoreo para registrar condiciones físicas, daños presentados, tipos de estructuras existentes, materiales y datos geométricos.

3.5 Tratamiento de Datos

3.5.1 *Tratamiento de Datos*

A continuación, se detalla la relación de pasos secuenciales que van a permitir ejecutar el trabajo de investigación.

Primero, se llevará a cabo la inspección técnica en campo de las defensas ribereñas existentes ubicadas dentro de la muestra considerada, utilizando fichas de monitoreo. Esta actividad tiene como finalidad analizar el estado actual de las defensas ribereñas como estabilidad estructural, nivel de conservación y fallas visibles. Asimismo, se contará con evidencia fotográfica para su ser evaluada y anexada en el proyecto de investigación.

Seguidamente, se recopilarán datos topográficos del recorrido a intervenir para su estudio. Asimismo, se trabajará con datos hidrológicos históricos, como caudales máximos y periodos de retorno, para desarrollar el modelamiento hidráulico en el software HEC-RAS. De la misma forma, se trabajarán con eventos extremos, los cuales tienen que ver con el periodo de retorno, de esta forma identificaremos los tramos o zonas críticas donde el tirante máximo sobrepasa la altura de las defensas ribereñas.

Finalmente, conociendo los tramos críticos, se plantearán soluciones estructurales para prevenir posibles desbordes. Se propondrá algún tipo de defensa ribereñas más actualizada y acorde a la necesidad. Por consiguiente, se tendrá el análisis técnico del estudio con datos como la capacidad hidráulica, estado de conservación y propuestas de defensa ribereñas para categorizar cada tramo crítico.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Estudio Topográfico

Para la ejecución del procesamiento técnico de los resultados, fue necesario contar con información topográfica de la muestra de estudio como los desniveles del terreno natural, así mismo se llegó a generar las curvas de nivel del Rio Moquegua. Esta información permitió obtener el perfil longitudinal y secciones transversales.

4.1.1 Metodología del levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se realizó con el uso de la Estación Total Leica TS-07 3", registrando puntos a lo largo del cauce del rio, asimismo se tuvo que cambiar la ubicación de la estación total debido a la falta de visualización para el margen derecho y margen izquierdo, por lo que según la figura 2 se consideró trabajar con nueve puntos de estacionamiento cuyas coordenadas son las siguientes: E1 (X,Y,Z): 294854.00, 8099083.00, 1415.00, E2 (X,Y,Z): 294749.00, 8099022.00, 1415.00, E3 (X, Y, Z): 294591.00, 8098982.00, 1410.00, E4 (X, Y, Z) : 294499.00, 8098922.00, 1400.00 , E5 (X, Y, Z): 294278.00, 8098888.00, 1390.00, E6 (X, Y, Z): 294162.00, 8098823.00, 1385.00, E7 (X, Y, Z): 293823.00, 8098764.00, 1383.00, E8 (X, Y, Z): 293795.00, 8098791.00, 1380.00 y E9 (X, Y, Z): 293522.00, 8098761.0, 1370.00. Visualizar fotografías de campo en el Anexo E.

Figura 2

Mapa de ubicación de puntos para estacionamiento de estación total



Nota. Elaboración propia.

4.1.2 Procesamiento de datos topográficos

Los datos obtenidos del levantamiento topográfico fueron procesados en el progresiva AutoCad Civil 3D, por lo que se obtuvieron las curvas de nivel cada un metro, así como la cota más alta de la muestra de estudio es de 1415 msnm y la cota más baja con 1360 msnm. Visualizar el plano de curvas de nivel en el Anexo A.

Asimismo, se obtuvo el perfil longitudinal del terreno natural del cauce del río desde aguas arriba comenzando en el puente Rosal y terminando aguas abajo en el Puente el Rayo, dando como resultado una pendiente de 3.17 %. Visualizar el perfil longitudinal en el Anexo A.

Por último, se generaron las secciones transversales según la dirección del alineamiento trazado en el medio del cauce del río Moquegua con un total de 89 secciones transversales con intervalos de 20 metros entre cada sección transversal. Visualizar las secciones transversales en el Anexo A.

4.1.3 Resultados del Levantamiento Topográfico

Del procesamiento de datos destacan las siguientes características:

- a) El cauce del río presenta secciones variables, como la longitud del ancho desde 30 hasta 40 metros y profundidades entre 2.8 hasta 6 metros en la actualidad.
- b) Zonas sin defensas ribereñas presentan un talud de escombros variables o casi planas.

Por consiguiente, los resultados fueron importantes para el modelamiento hidráulico del río en el progresiva HEC-RAS, identificar zonas vulnerables o críticas antes eventos extremos y proponer defensas ribereñas.

4.2 Estudio en Campo e Identificación de Zonas Críticas

En el presente estudio se tuvo como propósito evaluar el estado actual de las defensas ribereñas del cauce del río Moquegua en la zona Urbana, donde se realizó la inspección *in-situ* de los márgenes del río, evidencia fotográfica y la ubicación georreferenciada de los tramos realizados. Por consiguiente, se identificaron zonas vulnerables o críticas ante posibles eventos extraordinarios.

Por otra parte, se evaluaron las características o aspectos relevantes de cada tramo de estudio en el cauce del río, como lo siguientes:

- a) Existencia o ausencia de estructuras de protección
- b) Estado actual de las estructuras existentes
- c) Presencia de residuos sólidos en el cauce del río
- d) Identificación de socavación en taludes, veredas o pistas
- e) Reducción de faja marginal

f) Características geométricas de ambos bordes del río

Finalmente, la tabla 3 muestra los tramos considerados en la muestra de estudio.

Tabla 3

Tramos de zonas críticas

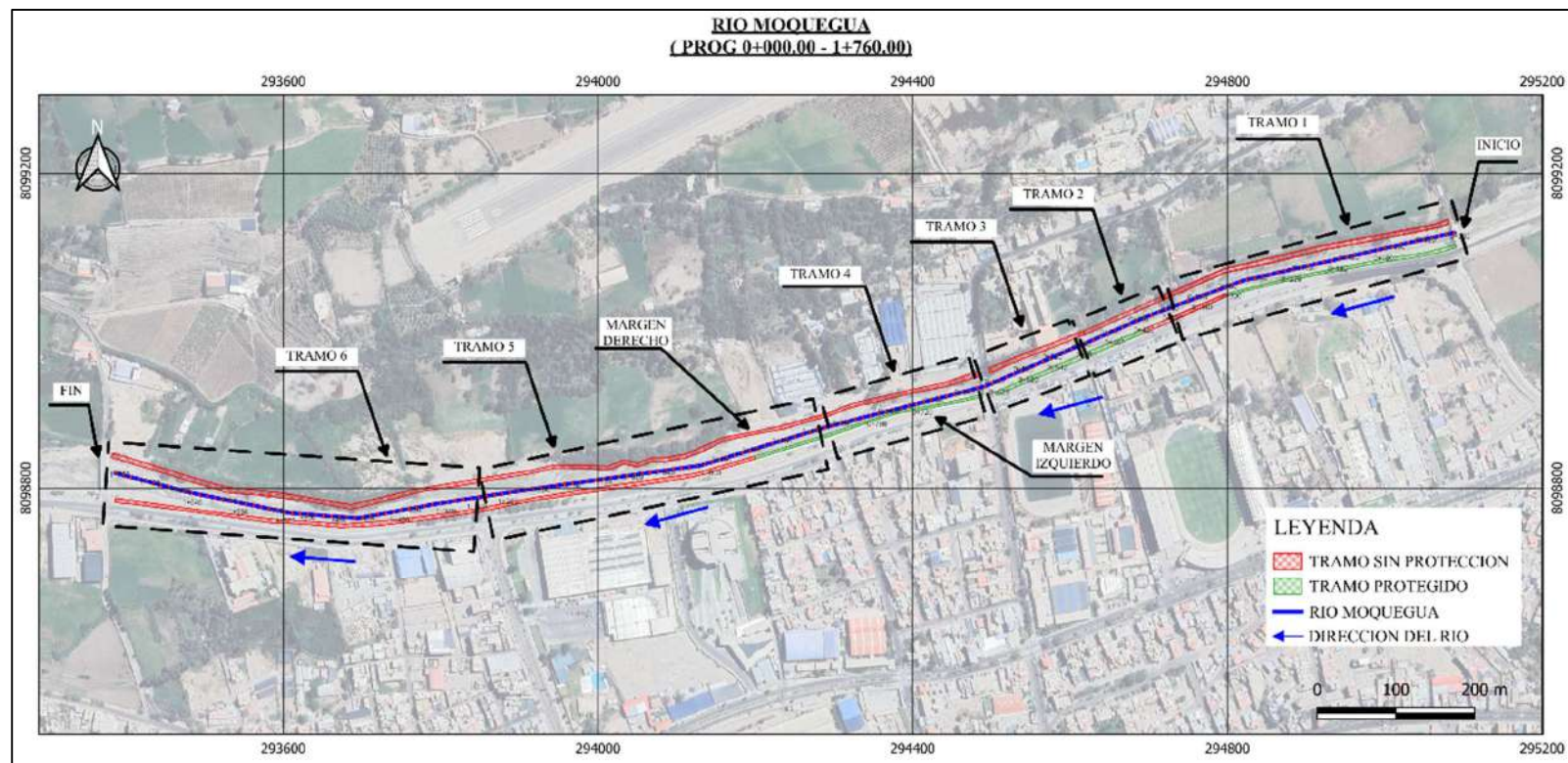
Tramo	Progresiva (Km)	Ubicación Referencial
Tramo 1	0+000.00 – 0+376.48	Entre el Puente el Rosal y Puente la Villa
Tramo 2	0+376.48 – 0+493.16	Entre el Puente el Rosal y Puente la Villa
Tramo 3	0+493.16 – 0+628.91	Entre el Puente el Rosal y Puente la Villa
Tramo 4	0+628.91 – 0+837.58	Entre el Puente la Villa y la Av. Amazonas
Tramo 5	0+837.58 – 1+289.23	Entre la Av. Amazonas y la Av Ancash
Tramo 6	1+289.23 – 1+760.00	Entre la Av Ancash y Puente el Rayo

Nota. La tabla muestra la ubicación de los tramos correspondientes a las zonas críticas.

En la figura 3 se aprecia una vista general de los tramos y márgenes protegidos con enrocado, apilamiento de piedras o taludes de escombros.

Figura 3

Mapa de tramos de estudio



Nota. Elaboración propia

4.2.1 Mapas de Zonas Críticas

En la inspección de campo realizada en el tramo 1, se evidencio que el margen derecho alledaña a la zona agrícola, presenta un talud de escombros y residuos sólidos, como se observa en la figura 4.

Figura 4

Margen derecho, progresiva 0+000.00 hasta 0+376.48 - tramo 1



Nota. Elaboración propia

Sin embargo, el margen izquierdo ubicado en el tramo urbano, presenta un muro de contención tipo gravedad con problemas de socavación desde la progresiva 0+000.00 hasta 0+300.00, como se muestra en la figura 5. De igual manera, desde la progresiva 0+300.00

hasta 0+376.48 se encuentra en peligro para la ciudadanía debido a su cercanía a la vereda, que está separada por un talud de tierra y residuos sólidos, como se observa en la figura 6.

Figura 5

Margen izquierdo, progresiva 0+000.00 hasta 0+300.00 - tramo 1



Nota. Elaboración propia

Figura 6

Margen izquierdo, progresiva 0+300.00 hasta 0+376.48 - tramo 1



Nota. Elaboración propia

Por consiguiente, se resalta la necesidad de protección en el margen derecho por el tramo rural, ya que los constantes eventos extraordinarios provocan la socavación de los taludes de residuos sólidos. De la misma forma, la necesidad de proteger parte del margen izquierdo desde la progresiva 0+300.00 hasta 0+376.48, debido a su cercanía con la vereda y vías aledañas.

En base a la inspección in-situ, se realizó un mapa con la ubicación de las zonas críticas identificadas en el tramo 1, elaborado con el progresiva de libre acceso QGIS 3.40. Visualizar el mapa de la zona crítica del tramo 1 en el Anexo B.

Por consiguiente, en la inspección en campo del tramo 2 se evidencio que el margen derecho aledaña a la zona agrícola, presenta un talud de escombros y residuos sólidos, como se observa en la figura 7.

Figura 7

Margen derecho, progresiva 0+376.48 hasta 0+493.16 - tramo 2



Nota. Elaboración propia

De la misma manera, el margen izquierdo ubicado en el tramo urbano, presenta socavación en veredas y talud compuesto por residuos sólidos desde la progresiva 0+376.48 hasta 0+416.00, como se muestra en la figura 8. Por otra parte, desde la progresiva 0+416.00 hasta 0+493.16 se cuenta con enrocados con notorias fallas en temas de compactación del terreno, como se observa en la figura 9.

Figura 8

Margen izquierdo, progresiva 0+376.48 hasta 0+416.00 - tramo 2



Nota. Elaboración propia

Figura 9

Margen izquierdo, progresiva 0+416.00 hasta 0+493.16 - tramo 2



Nota. Elaboración propia

Por consiguiente, resaltar la necesidad de protección en el margen derecho por el tramo rural, ya que los constantes eventos extraordinarios provocan la socavación de los taludes de residuos sólidos. De la misma forma, la necesidad de proteger parte del margen izquierdo desde la progresiva 0+376.48 hasta 0+416.00, debido al daño generado en las veredas como socavación y su cercanía a la zona vial.

En base a la inspección *in-situ*, se realizó un mapa con la ubicación de las zonas críticas identificadas en el tramo 2, elaborado con el progresiva de libre acceso QGIS 3.40. Visualizar el mapa de la zona crítica del tramo 2 en el Anexo B.

En la inspección en campo del tramo 3 se evidencio que el margen derecho aldeaña a la zona agrícola, presenta un apilamiento de piedras y escombros de árboles desde la progresiva 0+493.16 hasta 0+593.16, como se observa en la figura 10. Del mismo modo, desde la progresiva 0+593.16 hasta 0+628.91 presentan tramos discontinuos de muro de gavión con daños debido al cauce del río, como se muestra en la figura 11 y figura 12.

Figura 10

Margen derecho, progresiva 0+493.16 hasta 0+593.16 - tramo 3



Nota. Elaboración propia

Figura 11

Margen derecho, progresiva 0+593.16 hasta 0+628.91 - tramo 3



Nota. Elaboración propia

Figura 12

Margen derecho, progresiva 0+593.16 hasta 0+628.91 - tramo 3



Nota. Elaboración propia

Por otra parte, el margen izquierdo ubicado en el tramo urbano, presenta protección por medio de enrocados con falta de mantenimiento, grietas y zonas con daños físicos como se muestra en la figura 13.

Figura 13

Margen izquierdo, progresiva 0+493.16 hasta 0+628.91 - tramo 3



Nota. Elaboración propia

Por consiguiente, resaltar la necesidad de protección en el margen derecho en el tramo agrícola, ya que los constantes eventos extraordinarios generaron daños en muro de gavión. De la misma forma, la necesidad de proteger parte del margen izquierdo en el tramo urbano debido al mal estado de los enrocados y la socavación a la cual esta propensos.

En base a la inspección in-situ, se realizó un mapa con la ubicación de las zonas críticas identificadas en el tramo 3, elaborado con el progresiva de libre acceso QGIS 3.40. Visualizar el mapa de la zona crítica del tramo 3 en el Anexo B.

En la inspección en campo del tramo 4 se evidencio que el margen derecho alledaña a la zona comercial, presenta muros de gavión mal diseñados y propensos al colapso por su mal diseño para soportar cargas distribuidas y posible socavación desde la progresiva 0+628.91

hasta 0+658.91, como se observa en la figura 14. Del mismo modo, desde la progresiva 0+658.91 hasta 0+837.58 presentan daños de socavación en la pista afirmada, como se muestra en la figura 15.

Figura 14

Margen Derecho, progresiva 0+628.91 hasta 0+658.91 - tramo 4



Nota. Elaboración propia

Figura 15

Margen derecho, progresiva 0+658.91 hasta 0+837.58 - tramo 4



Nota. Elaboración propia

Sin embargo, el margen izquierdo ubicado en el tramo urbano, presenta enrocados a lo largo del tramo, separada de la alameda por medio de una barandilla para mayor seguridad, como se muestra en la figura 16.

Figura 16

Margen Izquierdo, progresiva 0+628.91 hasta 0+837.58 - tramo 4



Nota. Elaboración propia

Por consiguiente, resaltar la necesidad de protección en el margen derecho en tramo comercial desde la progresiva 0+628.91 hasta 0+837.58, ya que el mal diseño de las defensas ribereñas y problemas de socavación en pistas de afirmado son un peligro para las personas y comerciantes de esa zona. Sin embargo, el margen izquierdo en el tramo urbano presenta buena protección a lo largo del tramo.

En base a la inspección in-situ, se realizó un mapa con la ubicación de las zonas críticas identificadas en el tramo 4, elaborado con el progresiva de libre acceso QGIS 3.40. Visualizar el mapa de la zona crítica del tramo 4 en el Anexo B.

En la inspección en campo del tramo 5 se evidencio que el margen derecho alledaña a la zona agrícola, presenta un talud de escombros, tierra y basura a lo largo del tramo, como se muestra en la figura 17.

Figura 17

Margen derecho, progresiva 0+837.58 hasta 1+289.23 - tramo 5



Nota. Elaboración propia

Sin embargo, el margen izquierdo ubicado en el tramo urbano, presenta enrocados, separada de la alameda por medio de una barandilla para mayor seguridad desde la progresiva 0+837.58 hasta 0+937.58, como se muestra en la figura 18. Por otro lado, desde la progresiva 0+937.58 hasta 1+289.23 presenta un talud de tierra y residuos sólidos, como se observa en la figura 19.

Figura 18

Margen izquierdo, progresiva 0+837.58 hasta 0+937.58 - tramo 5



Nota. Elaboración propia

Figura 19

Margen izquierdo, progresiva 0+937.58 hasta 1+289.23 - tramo 5



Nota. Elaboración propia

Por consiguiente, resaltar la necesidad de protección en el margen derecho por el tramo agrícola. Sin embargo, el margen izquierdo en el tramo urbano presenta buena protección desde la progresiva 0+837.58 hasta 0+937.58, a excepción desde la progresiva 0+937.58 hasta 1+289.23 que necesitan protección ante posibles eventos extraordinarios.

En base a la inspección in-situ, se realizó un mapa con la ubicación de las zonas críticas identificadas en el tramo 5, elaborado con el progresiva de libre acceso QGIS 3.40. Visualizar el mapa de la zona crítica del tramo 5 en el Anexo B.

En la inspección en campo del tramo 6 se evidencio que el margen derecho alledaña a la zona agrícola, presenta un talud de escombros, tierra y basura a lo largo del tramo, como se muestra en la figura 20.

Figura 20

Margen derecho, progresiva 1+289.23 hasta 1+760.00 - tramo 6



Nota. Elaboración propia

Del mismo modo, el margen izquierdo ubicado en el tramo urbano, presenta apilamiento de piedras a lo largo del tramo, como se muestra en la figura 21. Por otro lado, se evidencia socavación de vereda y media calzada de dos carriles producto de la falta de defensas ribereñas desde la progresiva 1+541.28 hasta 1+570.34, como se observa en la figura 22.

Figura 21

Margen izquierdo, progresiva 1+289.23 hasta 1+760.00 - tramo 6



Nota. Elaboración propia

Figura 22

Margen izquierdo, progresiva 1+541.28 hasta 1+570.34 - tramo 6



Nota. Elaboración propia

Por consiguiente, resaltar la necesidad de protección en el margen derecho por el tramo agrícola y margen izquierdo por los desastres ocasionados hasta la actualidad.

En base a la inspección in-situ, se realizó un mapa con la ubicación de las zonas críticas identificadas en el tramo 6, elaborado con el progresiva de libre acceso QGIS 3.40. Visualizar el mapa de la zona crítica del tramo 6 en el Anexo B.

4.2.2 *Análisis de Resultados de Campo*

Los resultados del estudio en campo evidenciaron la falta de protección en el margen derecho del cauce del río, ya que no cuenta con protección de defensas ribereñas más que solo con taludes de tierra, residuos sólidos y escombros. Por otra parte, el margen izquierdo no presenta continuidad en sus defensas ribereñas, especialmente donde se aprecian rastros de

desborde del cauce del río, asimismo se aprecia la presencia de socavación y falta de mantenimiento en dichas estructuras.

De este modo, se evidencian las causas de los desastres generados años anteriores como desborde de río, socavación de pistas y veredas. De igual importancia tiene que ver el poco espacio de la faja marginal, causada por población y las autoridades

4.3 Estudio Geológico

En el presente estudio se analizará la geología de la muestra de estudio, el cual será de mucha importancia para conocer el comportamiento del cauce del río y consideraciones a tener en los márgenes del cauce con la defensa ribereñas. Asimismo, se realizará el estudio desde una vista regional hasta del área a intervenir.

4.3.1 *Geología Regional*

La región Moquegua se encuentra al sur del Perú, la cual destaca geológicamente por tener unidades de la Cordillera Occidental de los Andes. De igual importancia son las formaciones volcánicas e intrusivas del terciario y cuaternario. Asimismo, Bellido (1979) indica en el boletín N°15 sobre la geología del cuadrángulo 35-u que presenta dos formaciones compuestas en su mayoría por rocas que son de gran interés e importancia como la Formación Toquepala y la formación Moquegua.

De este modo, Bellido (1979) indica que la formación Toquepala está compuesta por rocas volcánicas andesíticas, dacíticas y riolíticas, las cuales se caracterizan por su una buena capacidad de soporte del suelo. Por otra parte, la formación Moquegua se caracteriza por contener arcillas, areniscas, aglomerados y tufos, las cuales son medianamente consolidadas pero vulnerable a erosión.

4.3.2 Geología de la Cuenca del Río Moquegua

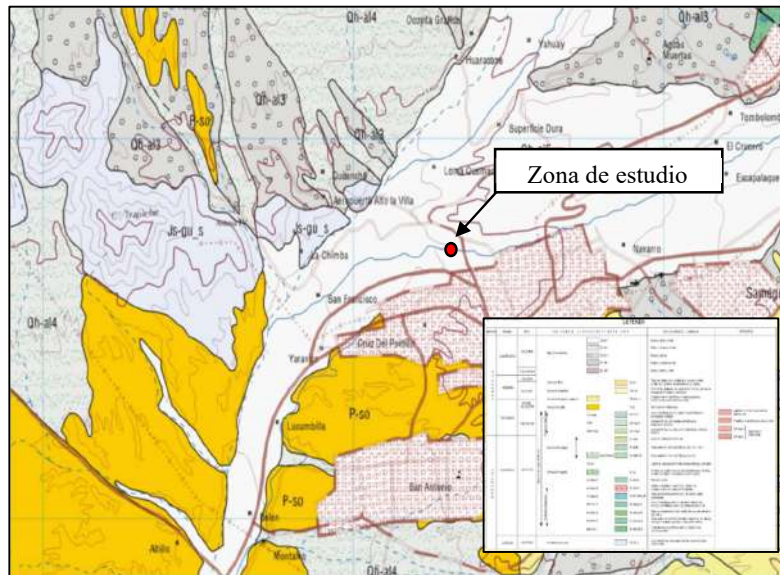
La cuenca del río Moquegua está constituida por formaciones volcánicas, como la Formación Huaylillas y Barroso, las cuales presentan tipos de rocas como tobas, andesitas y brechas. Además, conforme desciende el cauce del río hacia la zona baja, el terreno natural se ve predominado por depósitos aluviales y coluviales del Cuaternario (Martínez & Zuloaga, 2000).

4.3.3 Geología en el Cauce del Río

Correspondiente a la muestra de estudio, el cauce y márgenes del río está compuesta por los siguiente:

- a) Depósitos aluviales, constituido en su mayoría por gravas y arenas arrastradas por el cauce desde la parte alta de la cuenca.
- b) Material coluvial en taludes donde no se cuenta con protección, compuesta por suelo suelto y no consolidadas.
- c) Zonas específicas con escombros y rellenos antrópicos, lo que ocasiona secciones variables.

Según la figura 23, donde muestra la zona de estudio en los depósitos aluviales Qh-al5, Martínez y Zuloaga (2000) indican que los depósitos son sistemas fluvioaluviales de sedimentos activos, compuestos de gravas, arenas gruesas y medias, así como niveles de limolitas, producto de llanuras de inundación.

Figura 23*Mapa geológico de Moquegua*

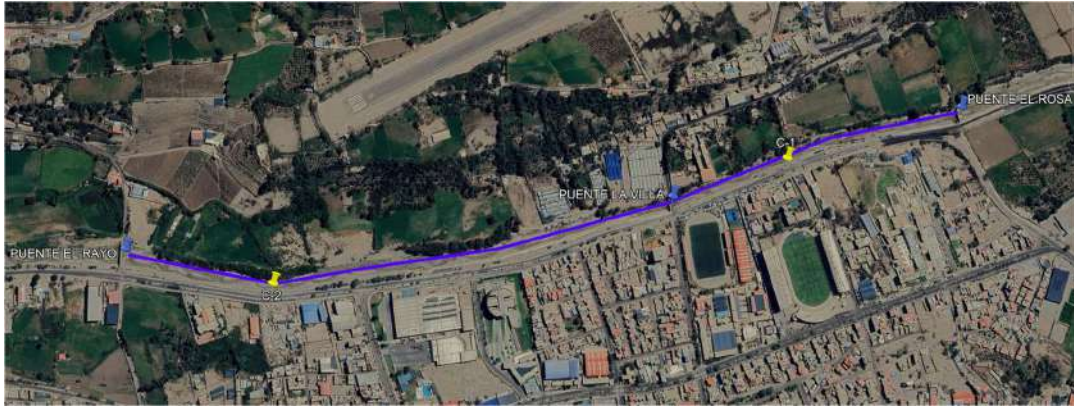
Fuente: INGEMMET (2000).

4.4 Estudios de Suelos

En el presente proyecto se realizaron los estudios geotécnicos con la finalidad de determinar las características físico mecánicas, donde se propondrán tipos de defensas ribereñas. Asimismo, se realizó la excavación de calicatas de 1.2x1.2x3.10 ubicadas en zonas donde se propondrá la colocación de defensas ribereñas y obtener información estratigráfica del terreno. De este modo, según la figura 24 se consideró trabajar dos puntos para exploración de calicatas cuyas coordenadas son las siguientes: C-1 (X, Y, Z): 294729.00, 8099014.00, 1370.00 y C-2 (X, Y, Z): 293678.00, 8098749.00, 1410.00.

Figura 24

Mapa de ubicación de puntos para exploración de calicatas



Nota. Elaboración propia

4.4.1 Ensayos de Laboratorio

Posterior a la recolección de muestras de material de las calicatas se realizaron los ensayos de laboratorio en base a las Normas de Ensayo de la American Society for Testing Materials (ASTM) y según el Sistema Unificado de Suelos (SUCS) con la finalidad de poder conocer las propiedades de granulometría, peso específico, entre otros; información que permitió relacionar las propiedades del suelo con el Sistema Unificado de Suelos (SUCS).

Del mismo modo, los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Ensayos y Geotecnia, donde según la tabla 4, se muestran las cantidades y normativa que se utilizó.

Tabla 4*Ensayos de laboratorio*

Ensayo de Laboratorio	Norma ASTM	Norma MTC o NTP	Numero de Ensayos
Análisis Granulométrico	ASTM-D422	MTC E-107 y NTP 339.132	2.00
Limite Liquido	ASTM-D4318	MTC E-110	2.00
Limite Plástico	ASTM-D4318	MTC E-111	2.00
Clasificación de Suelos	ASTM-D2487	NTP 339.134 y NTP 339.135	2.00
Contenido de Humedad	ASTM-D2216	NTP 339.127	2.00
Densidad in-situ	ASTM-D1556		2.00
Correlación del Ensayo de Penetración Estándar	ASTM-D1586		2.00
Penetrómetro Dinámico Ligero	NTP 339.159		2.00

Nota. La tabla muestra los ensayos realizados y las muestras de los ensayos de laboratorio.

El material extraído de la C-1 y C-2, según la clasificación SUCS es un GP (grava pobremente graduada), así mismo en la tabla 5 se aprecian en resumen las proporciones del material de cada calicata. Visualizar los resultados de ensayos de suelos en el Anexo C.

Tabla 5*Resultados de laboratorio*

Distribución Granulométrica		
Descripción	C-1 (%)	C-2 (%)
%Arena	35.5	31.8
%Grava	64.5	68.2
Limite Liquido (%)	NP	NP
Limite Plástico (%)	NP	NP
Clasificación SUCS	GP	GP

Nota. La tabla muestra la distribución granulométrica de ambas calicatas.

En la tabla 6 se aprecian las proporciones del material extraído de cada calicata, donde resalta en gran cantidad el porcentaje de grava, respecto al límite líquido y plástico no presentan, debido a que su composición granulométrica es en su mayoría de partículas gruesas, como arenas y gravas.

Además, se conoce que el suelo de cimentación para ambas muestras presenta leve agresividad por parte de los sulfatos, sin embargo, se recomienda el uso de Cemento Portland Tipo II por estar en contacto con el agua del río y prevenir problemas con sulfatos, en la tabla se muestra la cantidad de sales solubles, sulfatos y cloruros.

Tabla 6*Resultados de sales, sulfatos y cloruros*

Calicata	Sales Solubles (%)	Sulfatos (%)	Cloruros (%)
C-1	0.0008	0.024	0.049
C-2	0.029	0.059	0.050

Nota. La tabla muestra los resultados de sales, sulfatos y cloruros por cada calicata.

Por consiguiente, los distintos ensayos nos permitirán tener la capacidad de portante del suelo, ángulos de fricción y peso específicos para una profundidad de 3.00 m, como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7*Resultados de capacidad portante y ángulo de fricción*

Calicata	Capacidad Portante	Angulo de Fricción	Peso Especifico
C-1	2.7 kg/cm ²	37.35°	2.34 gr/cm ³
C-2	2.3 kg/cm ²	37.19°	2.35 gr/cm ³

Nota. Esta tabla muestra los resultados necesarios para diseño estructural.

4.5 Estudios Hidrológicos e Hidráulicos

En el presente proyecto se determinó el caudal de diseño para poder analizar el comportamiento de las defensas ribereñas en el Río Moquegua.

4.5.1 Cuenca Hidrográfica

La Cuenca donde se ubicará la muestra de estudio es la Cuenca Ilo-Moquegua, ubicada al sur del Perú en la región Moquegua, entre los paralelos 16°08' S y 17°16' S. de latitud sur, y entre los meridianos 70°13' O y 71°12' O de longitud oeste (Autoridad Nacional del Agua, 2014).

Respecto a las características geomorfológicas de la cuenca hidrográfica se aprecian en la tabla para su mayor entendimiento.

Tabla 8

Características geomorfológicas de la cuenca Ilo-Moquegua

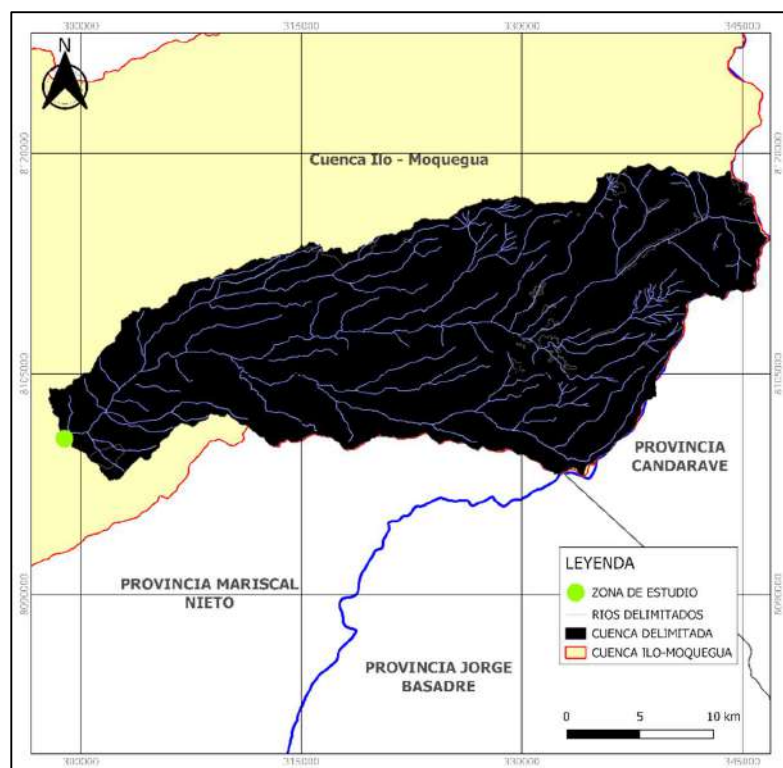
Características geomorfológicas de la cuenca	Valor
Área (km ²)	3388.00
Perímetro (km)	383.93
Longitud Río (km)	146.27
Pendiente Cauce Principal (%)	3.33
Índice Compacidad o Coeficiente de Gavelius	1.86
Tiempo de Concentración (min)	685.00

Fuente. Autoridad Nacional del Agua (2010).

En tal sentido, la figura 25 muestra la afluencia de ríos que desembocan en la muestra de estudio y su respectiva subcuenca delimitada dentro de la cuenca Ilo-Moquegua, los parámetros geomorfológicos de la subcuenca presentan nueva longitud de cauce, pendiente y área.

Figura 25

Ubicación Zona de estudio y afluentes



Nota. Elaboración propia.

Finalmente, las características geomorfológicas de la subcuenca hidrográfica se aprecian en la tabla para su mayor entendimiento.

Tabla 9

Características geomorfológicas de la cuenca delimitada

Características geomorfológicas de la Subcuenca	Valor
Área (km2)	607.56
Perímetro (km)	133.41
Longitud Río (km)	60.40
Pendiente Cauce Principal (%)	5.4
Índice Compacidad o Coeficiente de Gravelius	1.526

Nota. La tabla muestra los resultados obtenidos del programa QGIS 3.40 (2025).

4.5.2 Recolección de información Hidrológica

Se recopiló información histórica de caudales máximos diarios del río Moquegua a través del SENAMHI y avisos hidrológicos, correspondientes a la estación hidrométrica Tumilaca, con un periodo de registro de 175 años, comprendido entre 1950 y 2024 como se muestra en la tabla 10.

Tabla 10*Registro histórico de caudales máximos diarios de la estación Tumilaca*

AÑO	CAUDAL MAXIMO DIARIO (m3/s)	AÑO	CAUDAL MAXIMO DIARIO (m3/s)
1950	5.09	1988	3.80
1951	20.00	1989	5.85
1952	80.00	1990	5.80
1953	70.00	1991	0.81
1954	20.00	1992	5.00
1955	9.00	1993	2.80
1956	4.09	1994	18.00
1957	10.70	1995	5.00
1958	10.24	1996	60.00
1959	3.10	1997	85.00
1960	9.00	1998	27.50
1961	80.00	1999	9.50
1962	10.70	2000	51.22
1963	70.00	2001	5.20
1964	5.09	2002	4.21
1965	20.00	2003	11.26
1966	3.10	2004	5.82
1967	4.09	2005	7.68

1968	10.24	2006	10.56
1969	20.00	2007	10.25
1970	8.50	2008	8.75
1971	8.50	2009	8.00
1972	18.00	2010	24.25
1973	6.00	2011	10.00
1974	5.50	2012	6.50
1975	4.72	2013	4.15
1976	42.00	2014	8.00
1977	5.00	2015	0.61
1978	2.80	2016	10.43
1979	2.51	2017	5.82
1980	7.00	2018	20.21
1981	3.50	2019	15.84
1982	1.30	2020	20.56
1983	4.01	2021	6.97
1984	7.50	2022	16.6
1985	5.50	2023	13.35
1986	5.50	2024	42.55
1987	2.00		

Nota. La tabla muestra los caudales máximos diarios obtenido del SENAMHI (2025).

Asimismo, la tabla 15 que muestra la serie histórica de caudales máximos diarios no se aprecia caudales máximo instantáneos que en su mayoría no son registrados por las estaciones hidrológicas, en tal sentido posterior a realizar los análisis estadísticos para determinados periodos de retorno se procederá a calcular los caudales máximos instantáneos.

4.5.3 *Análisis Estadístico*

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2015), en el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, especifica el riesgo admisible para el diseño de defensa ribereña de 25%, vida útil en la cual la estructura pueda resistir fuerzas del agua de 40 años y un periodo de retorno que tarde en suceder un evento extremo de 175 años.

Por consiguiente, para obtener el caudal de diseño para un tiempo de retorno de 175 años, se realizó el cálculo de los distintos métodos estadísticos como lo son: Normal, Log-Normal 2-P, Log-Normal 3-P, Gamma 2, Gamma 3, Log-Pearson III, y Gumbel mediante el programa HIDROESTA2. En tal sentido, la tabla 11 muestra los valores obtenidos como el delta teórico, tabular y caudales máximos para su correspondiente tiempo de retorno, se observa que los métodos Log-Normal 2 y Log-Normal 3 se ajustan a datos coherentes, pero se trabajara con el Log-Normal 3 por tener un delta teórico inferior.

Tabla 11*Métodos estadísticos para cálculo de caudal máximo*

Distribuciones	Normal	Log- Normal 2	Log- Normal 3	Gamma 2	Gamma 3	Log Pearson III	Gumbel
Delta teórico	0.2818	0.1144	0.1177	0.1915	0.2156	0.0986	0.2193
Delta tabular	0.1570	0.1570	0.1570	0.1570	0.1570	0.1570	0.1570
Tr=10 años	40.95	33.14	32.47	35.30	40.71	33.94	41.40
	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s
Tr=50 años	56.29	72.98	69.77	59.42	75.15	83.39	66.98
	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s
Tr=100 años	61.71	96.44	91.36	69.77	90.25	115.94	77.79
	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s
Tr=175 años	65.74	118.67	111.65	78.08	102.50	148.74	86.49
	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s
Tr=200 años	66.66	124.45	116.90	80.05	105.41	157.44	88.56
	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s
Tr=500 años	72.66	169.51	157.57	93.53	125.41	229.27	102.78
	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s

Nota. La tabla muestra los valores obtenidos del programa HIDROESTA2 (2025).

De este modo se conocen el método estadístico más confiable para determinar el caudal máximo en un tiempo de retorno de 175 años, como lo es la distribución de Log-Pearson III con un delta=0.0986.

4.5.4 Resultados Obtenidos

En la tabla 12, nos muestran los caudales de diseño para el periodo de retorno a trabajar, según el método estadístico Log-Normal 3.

Tabla 12

Caudales máximos obtenido del método Log Normal 3

Periodo de Retorno (años)	Estación Tumilaca- Log Normal 3- Caudal Máximo Diario
10	33.94 m ³ /s
50	83.39 m ³ /s
100	115.94 m ³ /s
175	148.74 m ³ /s
200	157.44 m ³ /s
500	229.27 m ³ /s

Nota. La tabla muestra los caudales a trabajar con la distribución Log Normal 3

Sin embargo, al no tener datos o valores conocidos de caudales máximos instantáneos, se empelará un método empírico aceptable como lo es la relación de Fuller, la cual trabaja con valores como el área de la cuenca con un valor de 607.56 km² y caudal máximo diario, como se muestra en la tabla 13.

Tabla 13*Caudal máximo instantáneo mediante método de Fuller*

Periodo de Retorno (años)	Caudal Máximo Diario	$C = 1 + \frac{2.66}{A^{0.3}}$	Caudal Máximo Instantáneo
10	33.94 m ³ /s	1.39	47.18 m ³ /s
50	83.39 m ³ /s	1.39	115.91 m ³ /s
100	115.94 m ³ /s	1.39	161.16 m ³ /s
175	148.74 m ³ /s	1.39	206.75 m ³ /s
200	157.44 m ³ /s	1.39	2018.84 m ³ /s
500	229.27 m ³ /s	1.39	318.69 m ³ /s

Nota. La tabla muestra los caudales máximos instantáneo con la distribución escogida.

De igual importancia, los materiales solidos como grava, bolones y sedimentos gruesos producen cambios como el aumento del volumen del cauce y generan un comportamiento agresivo, por tal motivo la tabla 14 muestra los distintos autores que formulan unas ecuaciones en la que se relaciona el aumento de este caudal por la pendiente del cauce, considerando una pendiente del cauce según el levantamiento topográfico de 3.17%.

Tabla 14

Factor de ampliación al caudal máximo instantáneo considerado residuos solidos

Autor	Formula	Rango de pendiente	Resultado
Mizuyama (1984)	$C = 5.5 * S^{2.0}$	5%-25%	$C = 0.00553$
Mizuyama y Shimohigashi (1985)	$C = 7.35 * S^{2.0}$	Pendiente alta	$C = 0.00739$
Meunier (1989)	$C = 6.5 * S^{2.02}$	3%-5%	$C = 0.0061$
Rickenmann (1990)	$C = 7.0 * S^{2.10}$	5%-25%	$C = 0.0050$

Nota. La tabla muestra el factor de ampliación en base a los sedimentos encontrados.

Finalmente, se escogido el resultado de la fórmula de Mizuyama y Shimohigashi (1985) por ser el más conservador al realizar un modelamiento hidráulico en un tramo donde se encuentran sedimentos relativamente grandes, como se muestra en la tabla 15.

Tabla 15

Caudal máximo instantáneo amplificado por efectos de residuos solidos

Periodo de Retorno (años)	Caudal Máximo Instantáneo	Caudal Máximo Instantáneo Ajustado= Caudal Máximo Instantáneo*(1+C)
10	47.18 m ³ /s	47.53 m ³ /s
50	115.91 m ³ /s	116.77 m ³ /s
100	161.16 m ³ /s	162.35 m ³ /s
175	206.75 m ³ /s	208.28 m ³ /s
200	2018.84 m ³ /s	220.46 m ³ /s
500	318.69 m ³ /s	321.04 m ³ /s

Nota. La tabla muestra el caudal máximo a trabajar para el modelamiento hidráulico.

4.5.5 Modelamiento Hidráulico en Hec-Ras

Con las secciones transversales obtenidas del progresiva AutoCad Civil 3D, se procederá a trabajar en el Hec-Ras, en el cual se trabajará con un caudal de diseño para un tiempo de retorno de 175 años de 208.28 m³/s para el cálculo del tirante máximo y con un caudal para un tiempo de retorno de 500 años de 321.04 m³/s para el cálculo de la profundidad de socavación máxima. Por otra parte, en base a la evidencia in-situ y fotografías del cauce y márgenes, se tuvo que determinar el número de Manning para su posterior procesamiento.

De este modo, aguas arriba se contempla con un cauce principal con piedras y sin vegetación, no obstante, en la llanura existe presencia de arbustos en un lado o en los dos como se muestra en la figura 26.

Figura 26

Cauce del rio Moquegua aguas abajo



Nota. Elaboración propia.

Por otro lado, aguas debajo de la muestra de estudio existe poca presencia de vegetación en la llanura, pero en el cauce principal se observa gran cantidad de grava y residuos sólidos como se observa en la figura 27.

Figura 27

Cauce del rio Moquegua aguas abajo



Nota. Elaboración propia.

Posterior al reconocimiento de las características físicas de la muestra de estudio, se procederá a determinar el valor de Manning del cauce principal y la llanura. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2015), en su *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*, indica que, para obtener el coeficiente de Manning, se necesita de un especialista que se apoye de publicaciones, tesis y experiencia en cauces de ríos y canales.

En tal sentido, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2015) brinda recomendaciones prácticas mediante el método Cowan, y la tabla 16 brinda datos a tener en cuenta para determinar el coeficiente de Manning:

$$n = m_5(n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$$

Tabla 16*Parámetros para cálculo de número de Manning mediante método de Cowan*

Condiciones del canal		Valores	
Material involucrado	Tierra	n0	0.020
	Corte en roca		0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
Grado de irregularidad	Suave	n1	0.000
	Menor		0.005
	moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la sección transversal	Gradual	n2	0.000
	Ocasionalmente alternante		0.005
	Frecuentemente alternante		0.010-0.015
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificante	n3	0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja	n4	0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050

	Muy alta		0.050-0.100
Grado de los efectos	Menor	m5	1.000
por meandros	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Nota. La tabla muestra los valores optativos de cada valor para el cálculo de coeficiente de Manning

Para el presente trabajo de investigación, se trabajaron con los siguientes valores de Cowan para la zona del cauce central y llanura del río, para concluir con el coeficiente de rugosidad de Manning para el cauce principal de 0.043 y para la llanura de 0.05, como se muestra en la tabla 17.

Tabla 17

Valores para el cálculo del coeficiente de rugosidad en cauce principal y llanura

Condiciones del río		Simbología	Valor en cauce principal	Valor en Llanura
Material	Grava gruesa y corte en roca	n0	0.028	0.025
Grado de Irregularidad	Menor	n1	0.005	0.005
Variación de la sección transversal del canal	Ocasionalmente alternante	n2	0.005	0.005
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificante	n3	0.000	0.000
Vegetación	Baja y media	n4	0.005	0.015

Grado de los efectos por meandros	Menor	m5	1.000	1.000
		Coef. rugosidad	0.043	0.050

Nota. La tabla muestra los valores para el cálculo de coeficiente de rugosidad.

De igual importancia, la tabla 18 indica los métodos con lo que se calculó el ancho estable del río, donde se obtuvo de resultado un ancho estable promedio de 62.95 m en la cual el río se mantendrá en equilibrio considerando condiciones de caudal, tipo de suelo, erosión y sedimentación.

Tabla 18

Valores de ancho estable

Métodos de cálculos	Ancho estable (m)
Blench – Altunin.	90.49
Método de Petits.	64.08
Método de Simons y Henderson	41.85
Método de Manning Strickler	41.88
Promedio	76.49

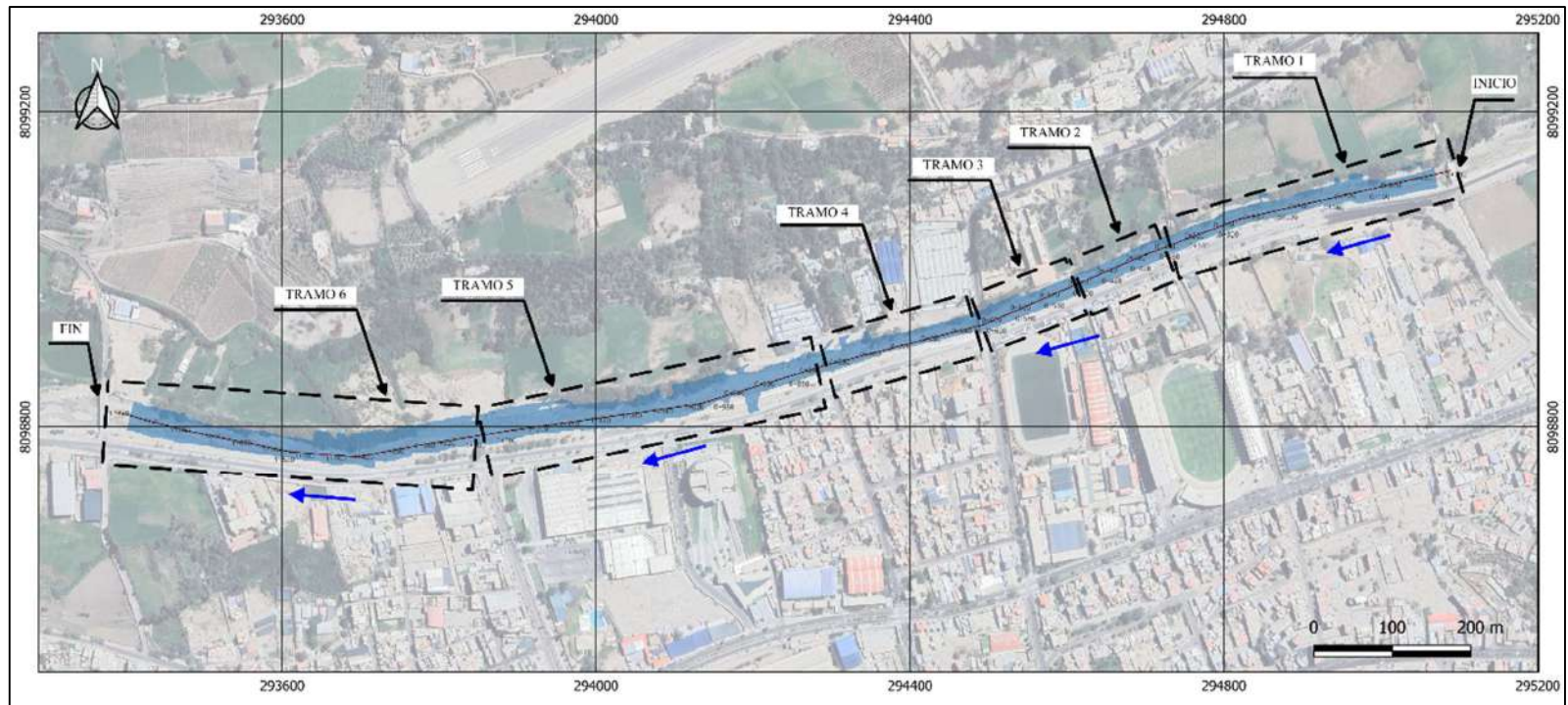
Nota. La tabla muestra los valores de ancho estable según distintos autores.

Por consiguiente, los datos obtenidos se trabajarán conjunto al HEC RAS, y lo que permitirá generar las zonas con alto margen de inundación y socavación. En tal sentido, la figura 28 muestra que la zona urbana pasa por un desbordamiento casi completo, llegando hasta la carretera aledaña al río. Los tramos 5 y 6 son los más críticos por su falta de protección y por problemas de socavación en toda la vía y veredas. Del mismo modo, la zona rural sufre

de parte de zona de cultivo afectada por los desbordes y falta de protección como se pudo identificar en la inspección en campo.

Figura 28

Zonas de inundación- HEC-RAS



Nota. Elaboración propia.

Finalmente, las secciones transversales del modelamiento hidráulico con el caudal para un periodo de retorno de 175 años presentan características como las siguientes:

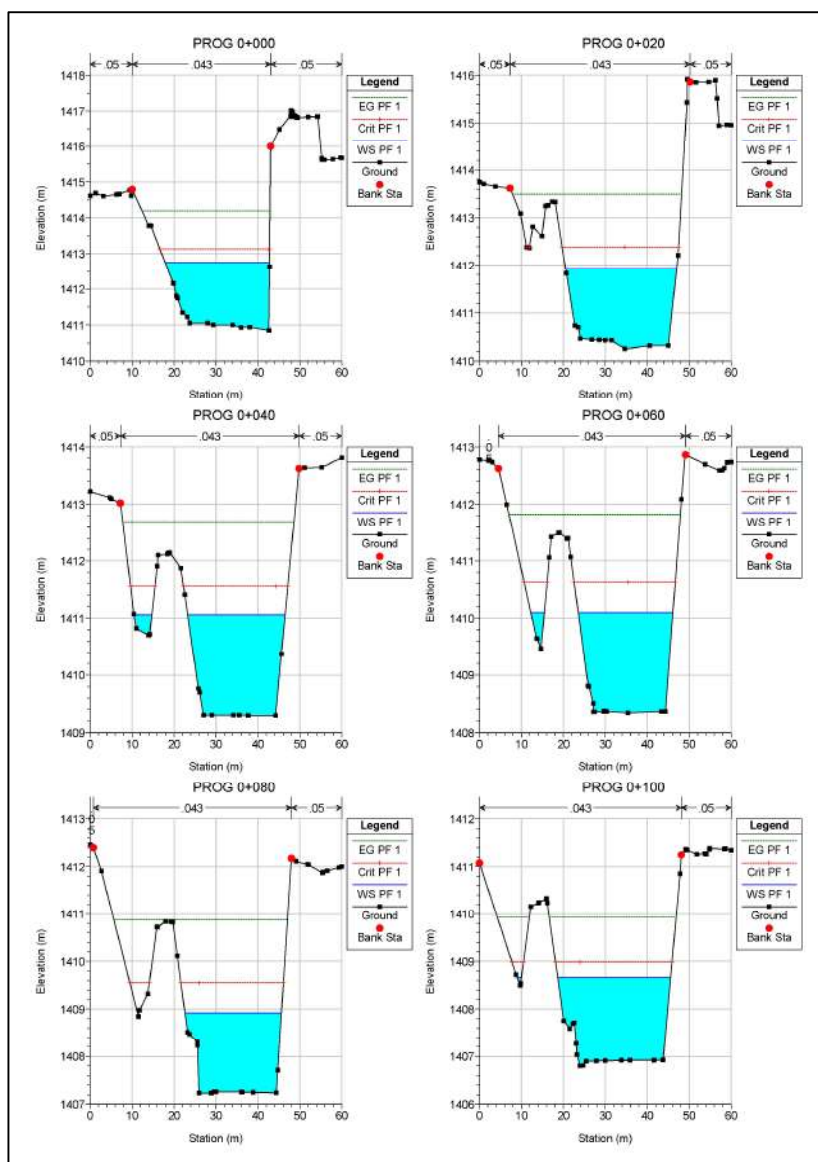
- a) E.G. PF1, cota o elevación de la línea de energía representada por una línea de color verde.
- b) W.S. PF1, cota o elevación de la lámina de agua representado por una línea de color azul.
- c) Crit PF1, cota o elevación del tirante critico representado por una línea de color rojo.
- d) Ground, cota o elevación del terreno representado por una línea de color negro.
- e) Banck Sta, puntos que delimitan los márgenes del cauce representado por punto de color rojo.

Considerar que en las secciones transversales del HEC-RAS, se muestra al lado derecho la zona urbana y al lado izquierdo la zona rural, esto debido a configuraciones con las que trabaja el software.

En tal sentido, la figura 29 muestra la sección transversal del cauce del río, iniciando aguas arriba por el puente el Rosal ubicado en la progresiva 0+000.00, se evidencia que los márgenes están ubicados en una zona elevada desde la progresiva 0+000.00 hasta 0+100.00.

Figura 29

Sección transversal del cauce del río desde la progresiva 0+000.00 hasta 0+100.00.

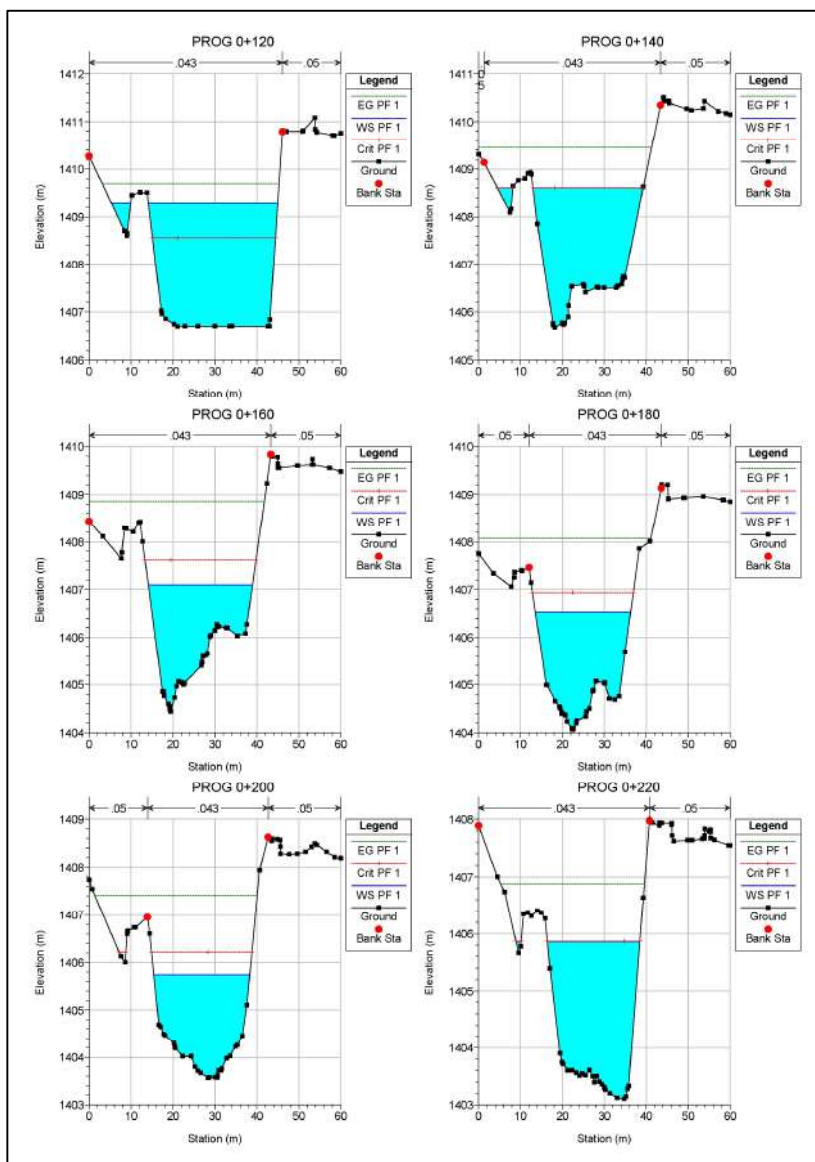


Nota. Elaboración propia.

La figura 30 muestra la sección transversal del cauce del río, se evidencia que los márgenes están cercanos al nivel del agua desde la progresiva 0+120.00 hasta 0+220.00.

Figura 30

Sección transversal del cauce del río desde la progresiva 0+120.00 hasta 0+220.00.

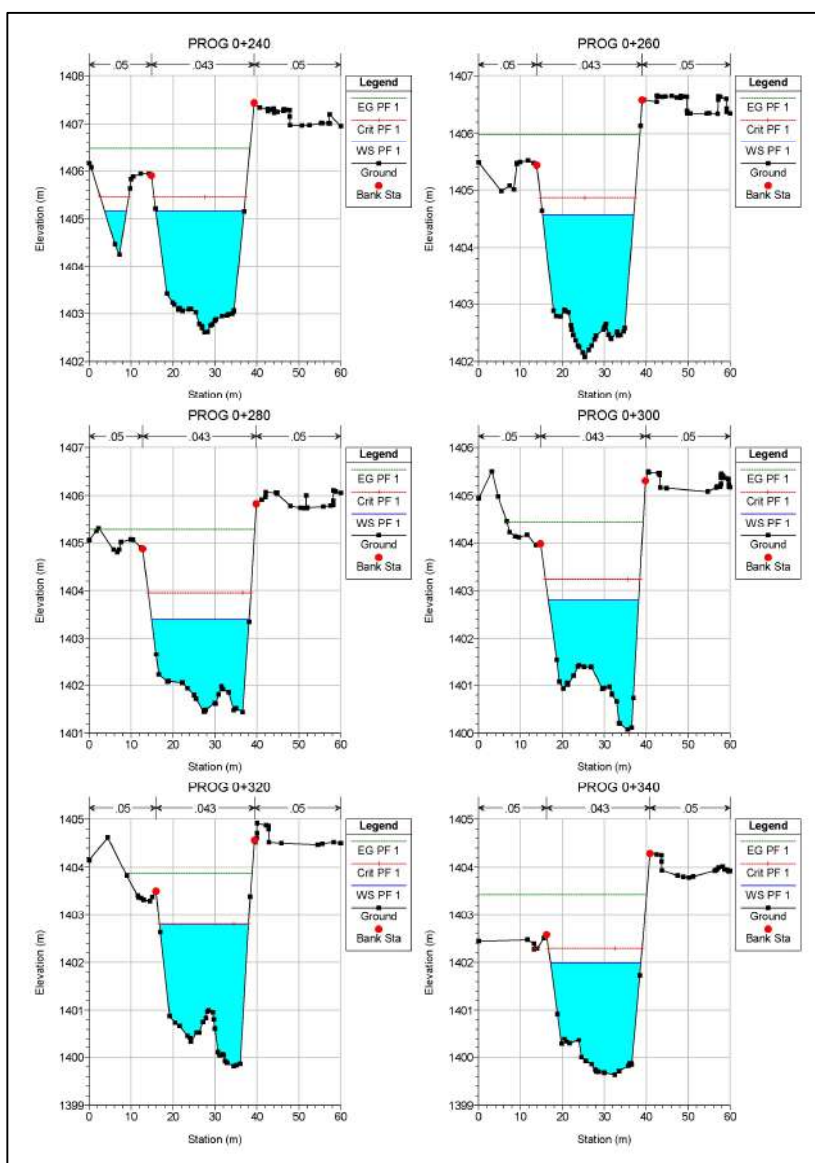


Nota. Elaboración propia.

La figura 31 muestra que los márgenes del cauce del río están elevados por encima de nivel del agua. Sin embargo, en la progresiva 0+240.00 y 0+340.00 se puede observar el desborde en la zona rural y la cercanía de los márgenes con el nivel del agua respectivamente.

Figura 31

Sección transversal del cauce del río desde la progresiva 0+240.00 hasta 0+340.00.

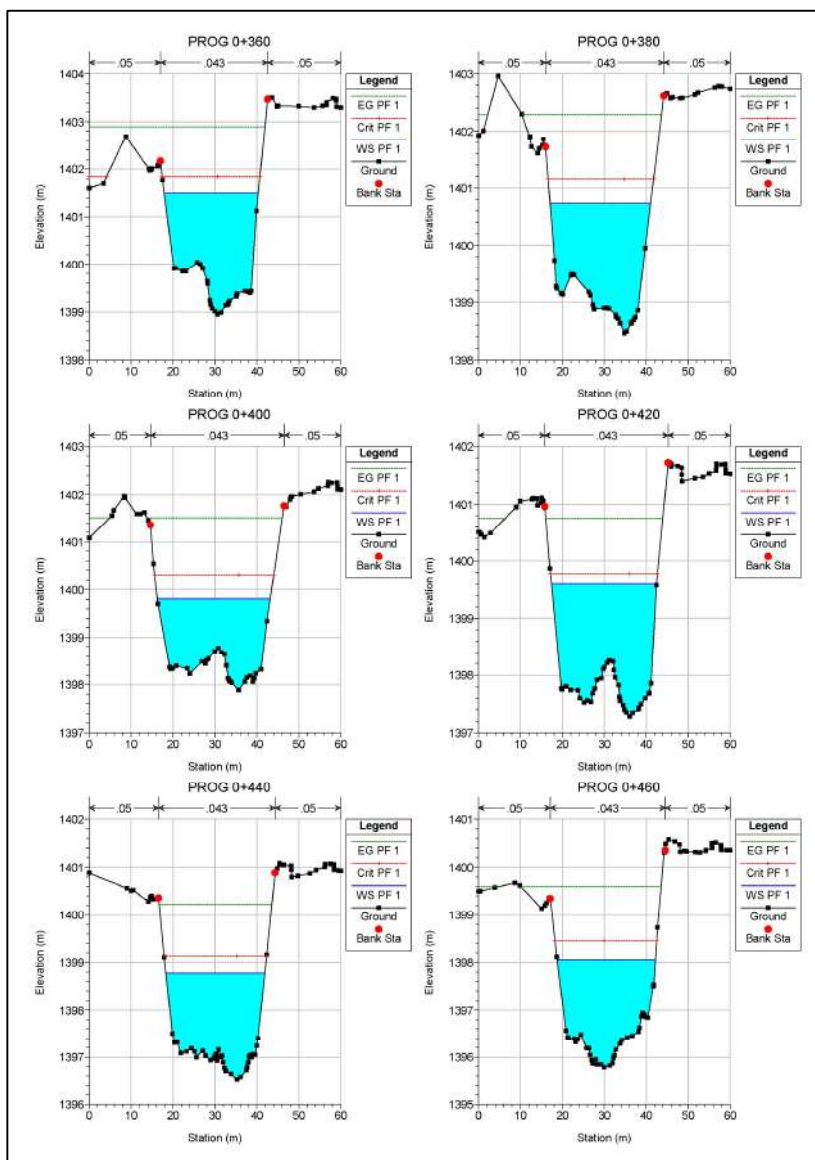


Nota. Elaboración propia.

La figura 32 muestra que los márgenes del cauce del río están elevados por encima de nivel del agua desde la progresiva 0+360.00 hasta 0+460.00.

Figura 32

Sección transversal del cauce del río desde la progresiva 0+360.00 hasta 0+460.00

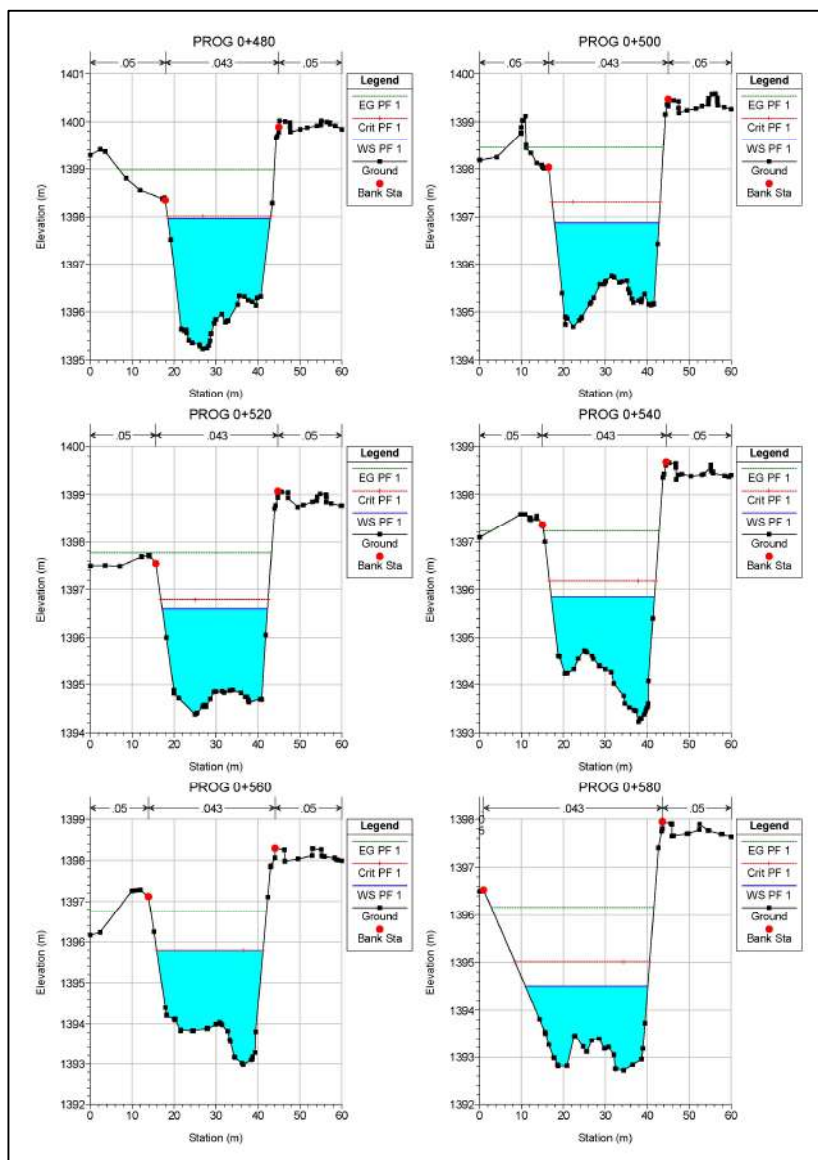


Nota. Elaboración propia.

La figura 33 muestra que los márgenes del cauce del río están elevados por encima de nivel del agua desde la progresiva 0+480.00 hasta 0+580.00.

Figura 33

Sección transversal del cauce del río desde la progresiva 0+480.00 hasta 0+580.00

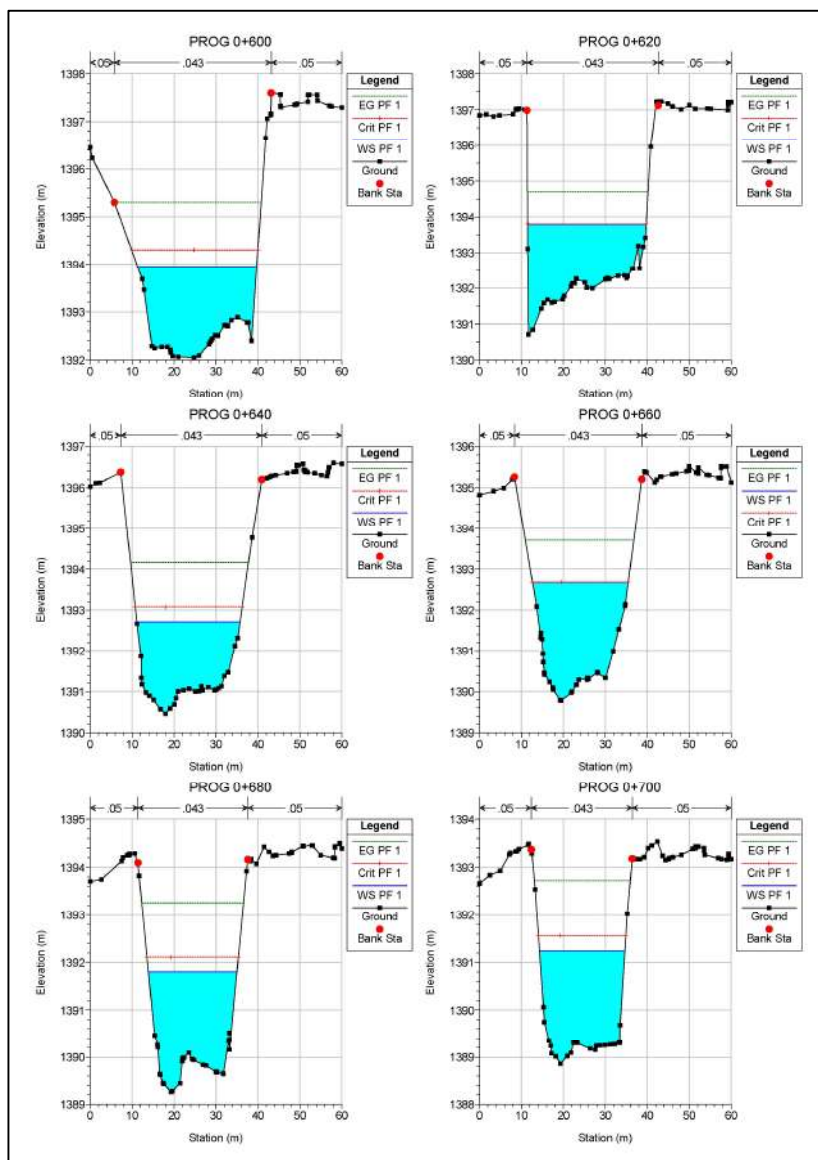


Nota. Elaboración propia.

La figura 34 muestra que los márgenes del cauce del río están elevados por encima de nivel del agua desde la progresiva 0+480.00 hasta 0+580.00.

Figura 34

Sección transversal del cauce del río desde la progresiva 0+600.00 hasta 0+700.00

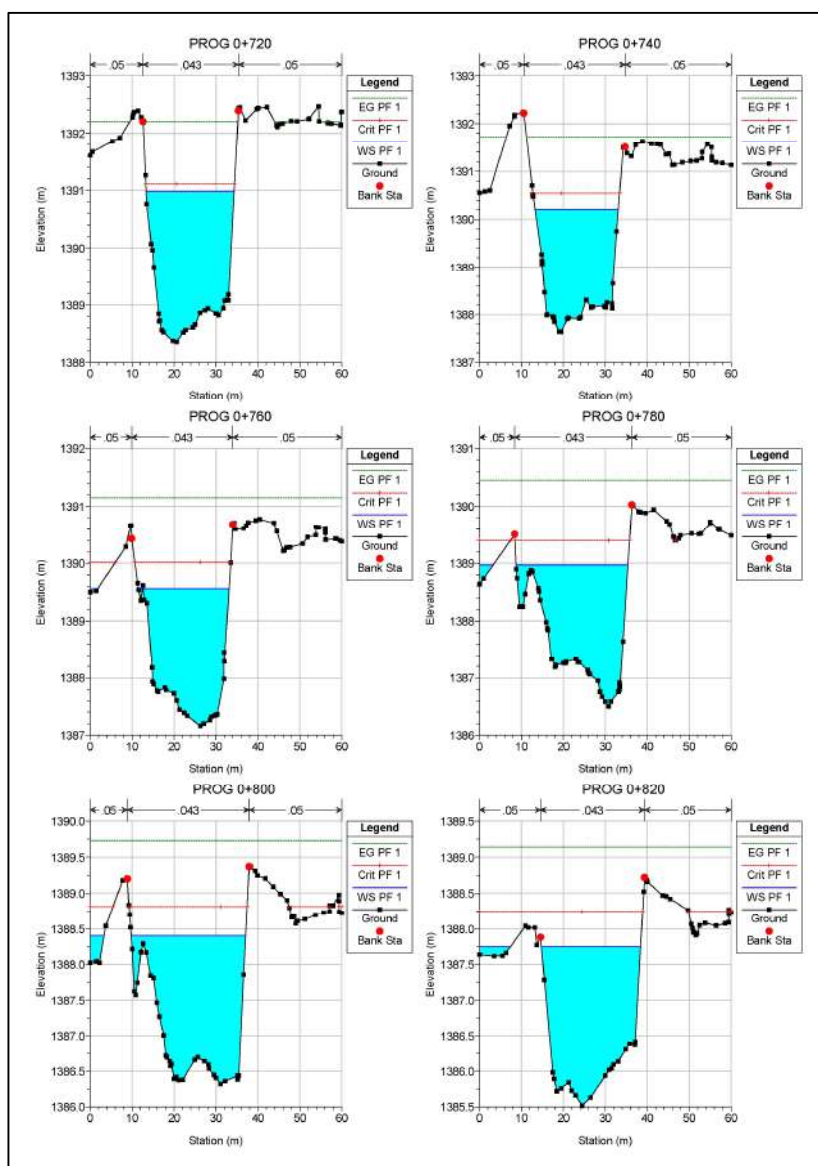


Nota. Elaboración propia.

La figura 35 muestra que los márgenes del cauce del río están elevados por encima de nivel del agua desde la progresiva 0+720.00 hasta 0+740.00. Sin embargo, se puede visualizar el desborde en la zona rural que inicia desde la progresiva 0+760.00 hasta 0+820.00.

Figura 35

Sección transversal del cauce del río desde la progresiva 0+720.00 hasta 0+820.00

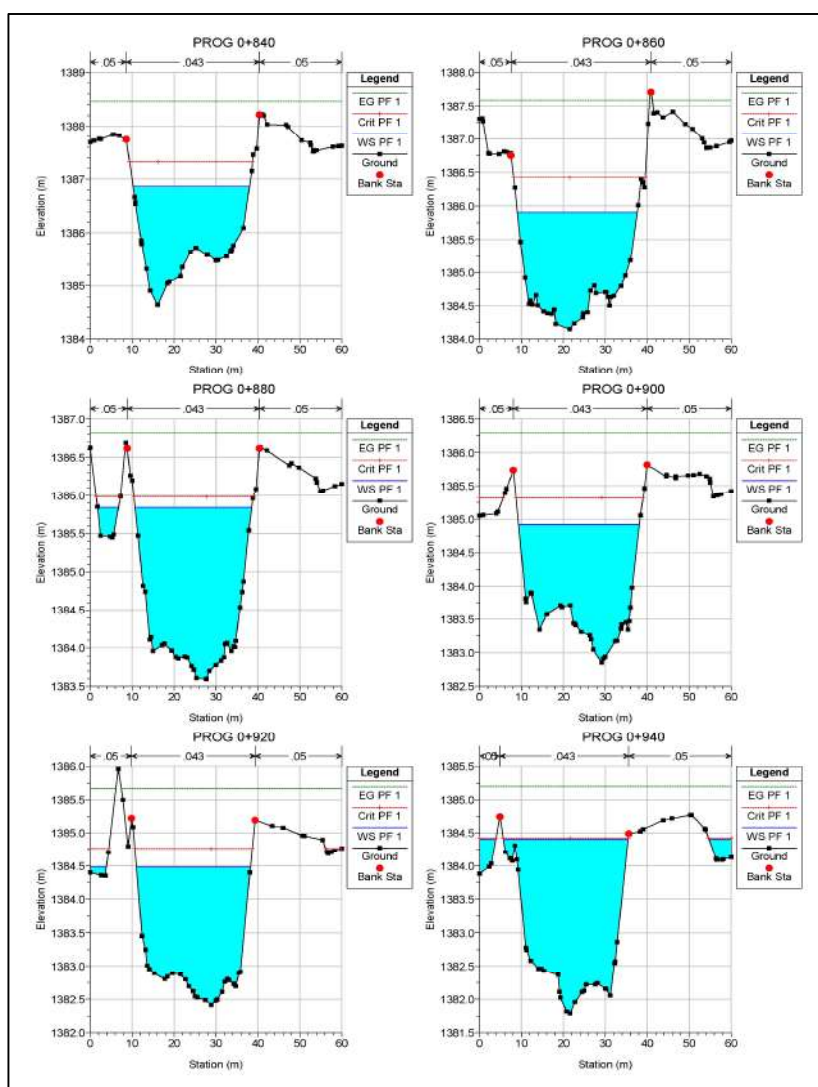


Nota. Elaboración propia.

La figura 36 muestra que los márgenes del cauce del río están elevados por encima de nivel del agua desde la progresiva 0+840.00 hasta 0+860.00. Sin embargo, se puede visualizar el desborde que inicia desde la zona rural hasta la zona urbana desde la progresiva 0+880.00 hasta 0+940.00.

Figura 36

Sección transversal del cauce del río desde la progresiva 0+840.00 hasta 0+940.00.

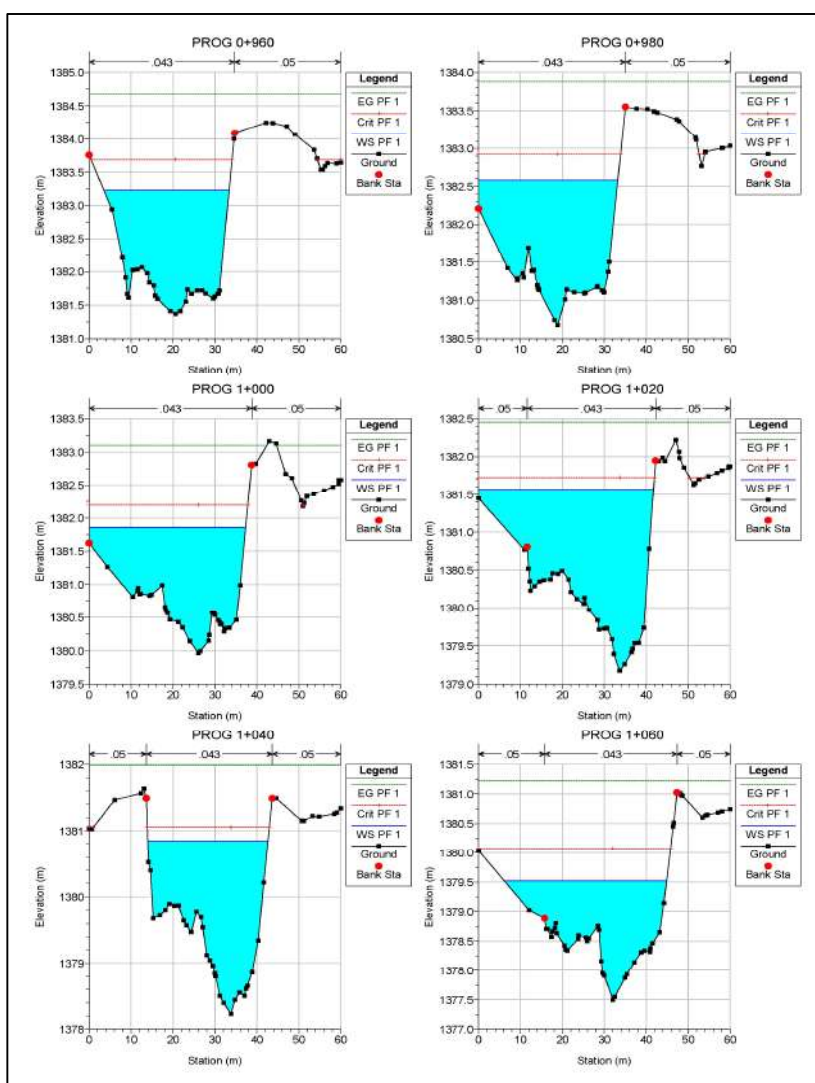


Nota. Elaboración propia.

La figura 37 muestra que los márgenes del cauce del río están elevados por encima de nivel del agua desde la progresiva 1+040.00 hasta 1+060.00. Sin embargo, se puede visualizar el desborde que inicia desde la zona rural conforme e talud se va reduciendo desde la progresiva 0+960.00 hasta 1+020.00.

Figura 37

Sección transversal del cauce del río desde la progresiva 0+960.00 hasta 1+060.00.

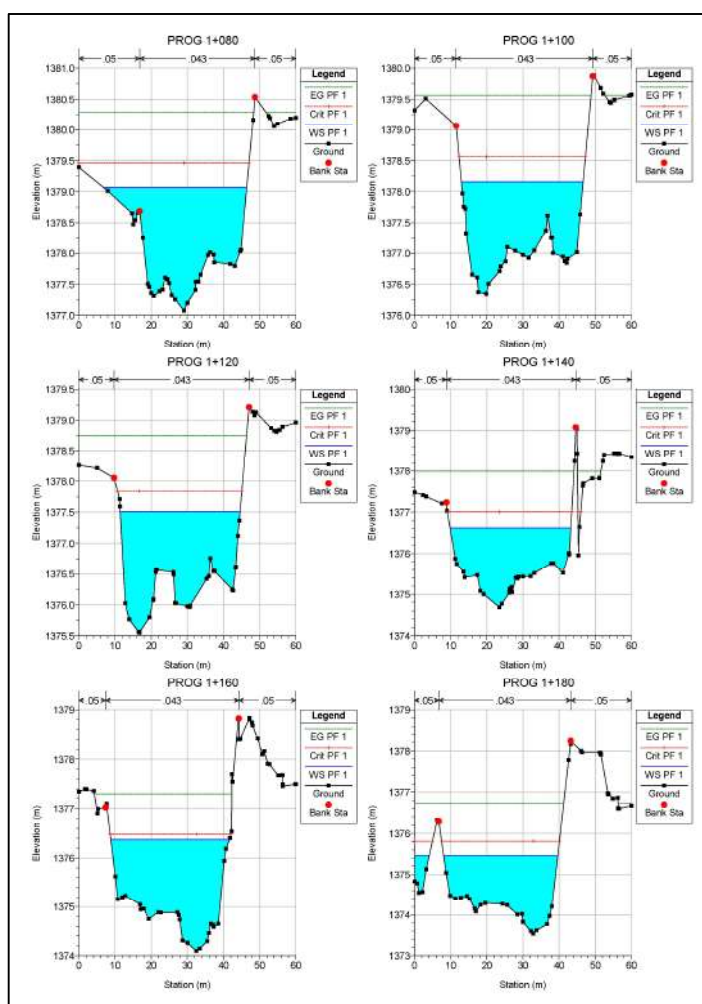


Nota. Elaboración propia.

La figura 38 muestra que los márgenes del cauce del río están elevados por encima de nivel del agua desde la progresiva 1+080.00 hasta 1+160.00. Sin embargo, se puede visualizar que a partir de la progresiva 1+160.00 hasta 1+180.00 se empieza a desbordar por el lado rural.

Figura 38

Sección transversal del cauce del río desde la progresiva 1+080.00 hasta 1+180.00.

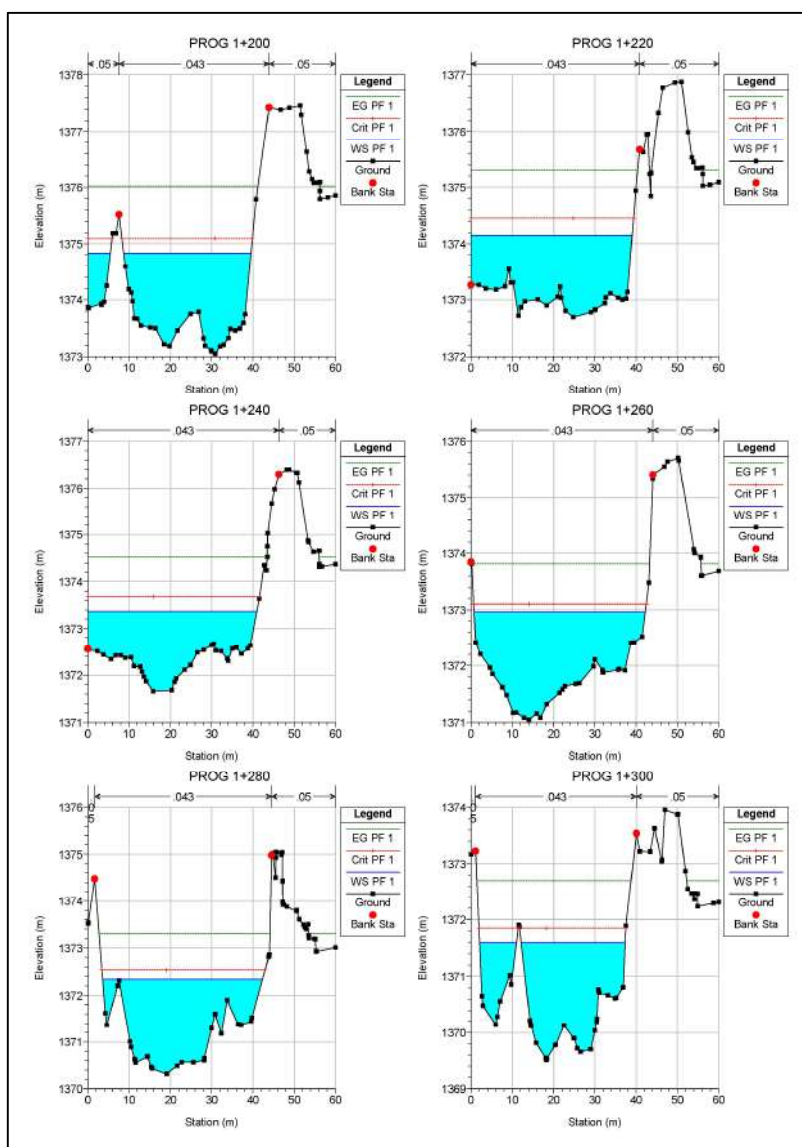


Nota. Elaboración propia.

La figura 39 muestra que los márgenes del cauce del río están elevados por encima de nivel del agua desde la progresiva 1+280.00 hasta 1+300.00. Sin embargo, se puede visualizar que el desborde del río en la zona rural inicia desde la progresiva 1+200.00 hasta 1+260.00.

Figura 39

Sección transversal del cauce del río desde la progresiva 1+200.00 hasta 1+300.00.

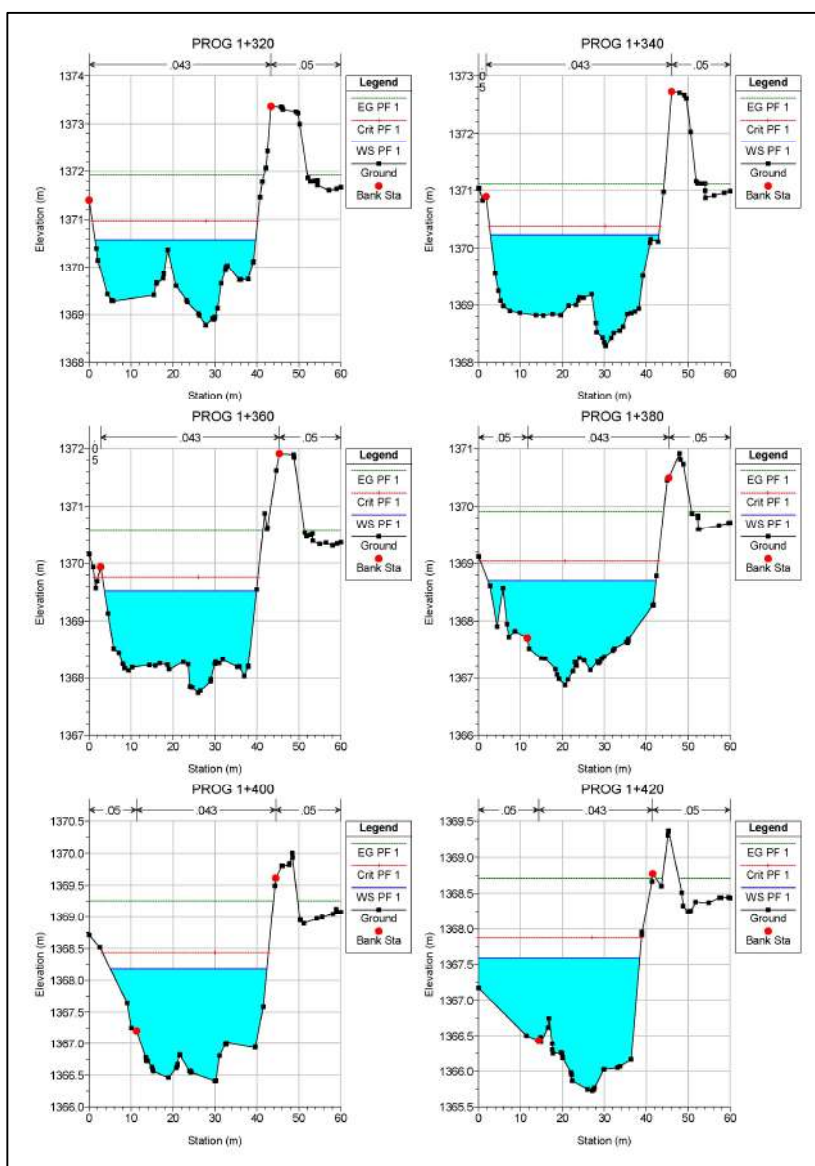


Nota. Elaboración propia.

La figura 40 muestra que el margen del cauce del río en la zona rural está muy cercano al nivel del agua, lo que conlleva a un posible desborde como se desde la progresiva 1+360.00 hasta 1+420.00.

Figura 40

Sección transversal del cauce del río desde la progresiva 1+320.00 hasta 1+420.00.

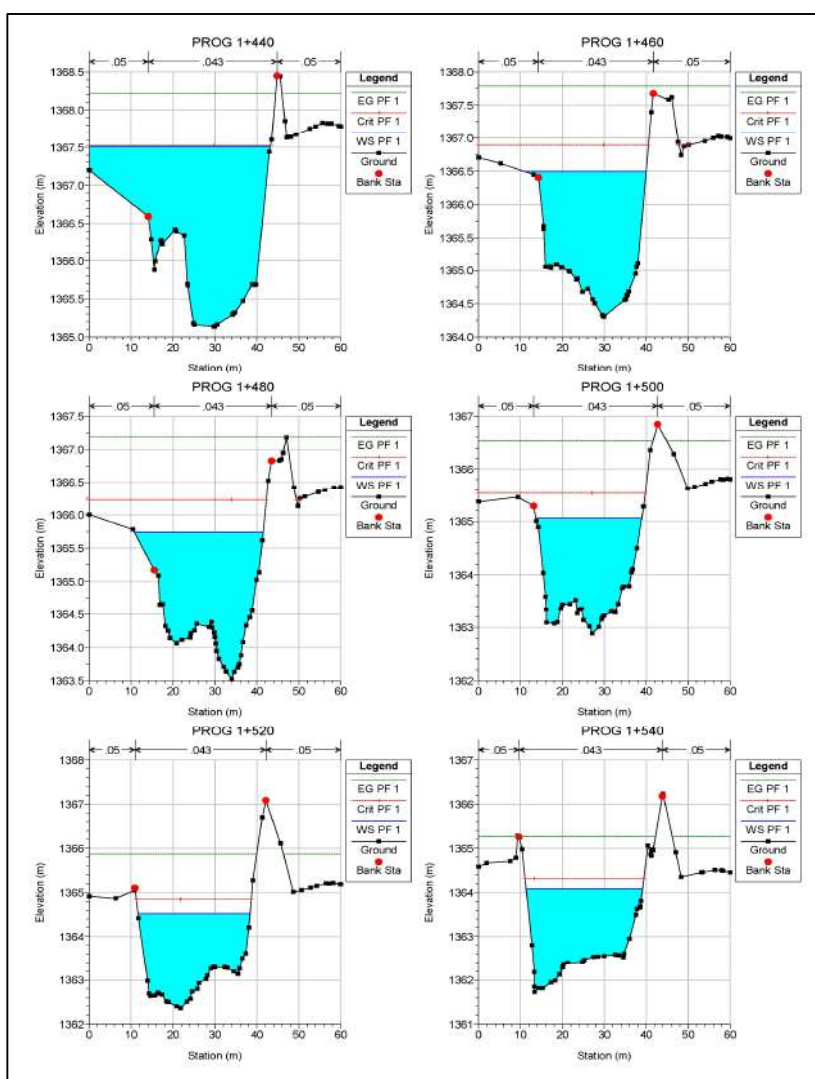


Nota. Elaboración propia.

La figura 41 muestra que el margen del cauce del río en la zona rural es superado por el nivel del agua debido a la reducción del talud desde la progresiva 1+440.00 hasta 1+460.00. Sin embargo, posterior a dicha progresiva se ve que el margen está por encima del nivel de agua.

Figura 41

Sección transversal del cauce del río desde la progresiva 1+440.00 hasta 1+540.00.

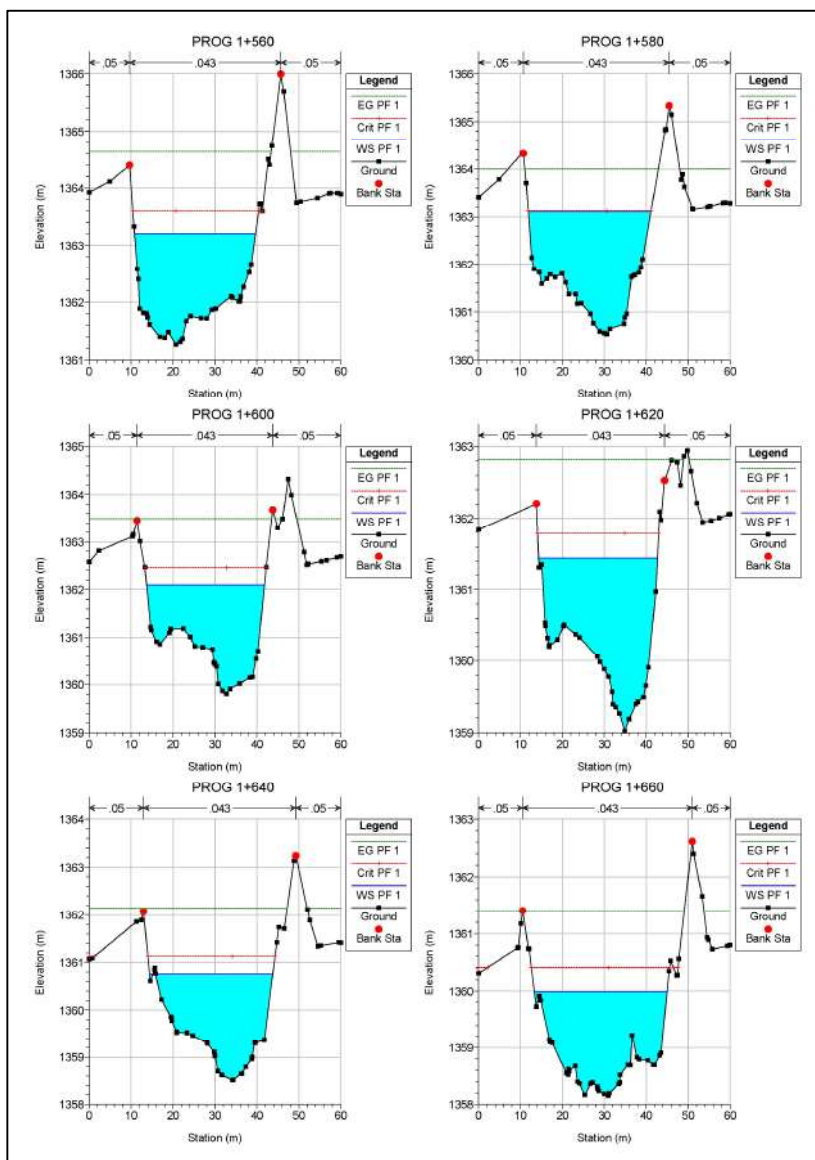


Nota. Elaboración propia.

La figura 42 muestra que los márgenes en el cauce del río esta por encima de nivel del agua desde la progresiva 1+560.00 hasta 1+660.00.

Figura 42

Sección transversal del cauce del río desde la progresiva 1+560.00 hasta 1+660.00.

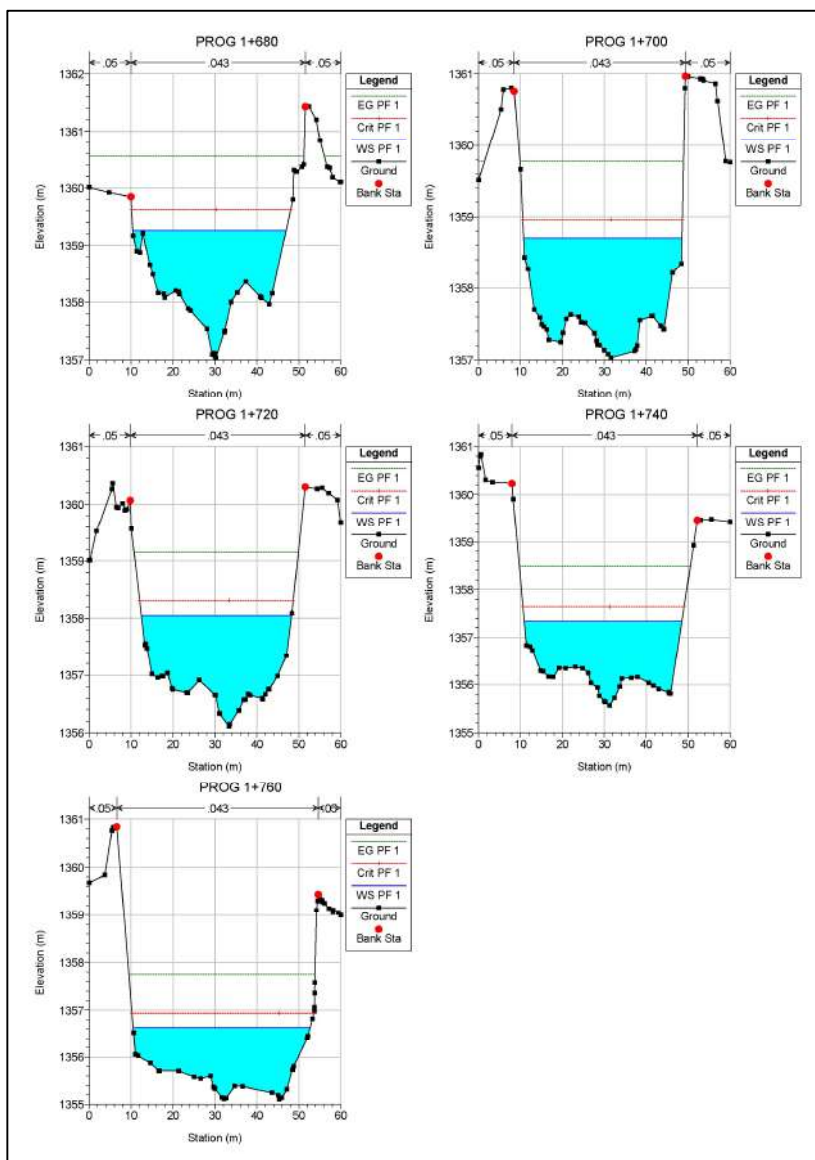


Nota. Elaboración propia.

La figura 43 muestra que los márgenes en el cauce del río está por encima de nivel del agua desde la progresiva 1+560.00 hasta 1+660.00.

Figura 43

Sección transversal del cauce del río desde la progresiva 1+680.00 hasta 1+760.00.



Nota. Elaboración propia.

Respecto al análisis de modelamiento hidráulico en secciones transversales, se conocieron las progresivas donde suele ocasionarse desborde del río, los cuales ocurren por lo general en zona rural por la falta de protección, según la topografía existente y nivel del agua con un caudal calculado para un periodo de retorno de 175 años. Sin embargo, el problema que tiene el margen urbano tiene que ver con la socavación que se produce en las defensas ribereñas existentes, que debido a su ineficiente planteamiento de diseño para el comportamiento real del río como lo identificado en el modelamiento hidráulico, donde se visualiza una profundidad de socavación del terreno existente en la zona urbana, lo que conlleva a la vulnerabilidad y peligros que podrían volver a ocurrir.

En tal sentido, la tabla 19 nos muestra los parámetros hidráulicos del cauce del río extraído del progresiva HEC-RAS, donde el espejo de agua máximo es de 43.23 m en la progresiva 1+440, teniendo como tramo de estudio debido a los desbordes entre la progresiva 1+180.00 hasta 1+480.00 con un ancho promedio de 37.48m. Del mismo modo, el tramo de estudio presenta una velocidad máxima de 5.35 m/s y una velocidad media de 4.70 m/s, considerando un número de Froude promedio de 1.32 con características de ser supercrítico.

Tabla 19*Parámetros hidráulicos para un caudal de 208.28 m³/s*

Progresiva	Caudal(m ³ /S)	Cota fondo del cauce (m)	Cota del nivel de flujo (m)	Tirante máximo (m)	Pendiente (m)	Velocidad (m/s)	Área (m)	Espejo de agua (m)	Número de Froude
0+000.00	208.28	1410.85	1412.75	1.9	0.032062	5.34	39.04	24.89	1.36
0+020.00	208.28	1410.25	1411.93	1.68	0.037308	5.54	37.58	26.5	1.49
0+040.00	208.28	1409.3	1411.06	1.76	0.042566	5.67	36.74	27.47	1.56
0+060.00	208.28	1408.35	1410.1	1.75	0.04357	5.82	35.8	25.79	1.58
0+080.00	208.28	1407.23	1408.91	1.68	0.048357	6.21	33.53	23.28	1.65
0+100.00	208.28	1406.8	1408.66	1.86	0.028938	5	41.66	27.92	1.31
0+120.00	208.28	1406.7	1409.29	2.59	0.006006	2.82	73.94	35.5	0.62
0+140.00	208.28	1405.68	1408.61	2.93	0.016512	4.09	50.89	29.95	1
0+160.00	208.28	1404.44	1407.1	2.66	0.042895	5.88	35.41	24.85	1.57
0+180.00	208.28	1404.07	1406.53	2.47	0.030566	5.51	37.81	22.72	1.36

0+200.00	208.28	1403.57	1405.74	2.17	0.034781	5.74	36.31	22.88	1.45
0+220.00	208.28	1403.1	1405.87	2.76	0.015973	4.45	46.77	23.28	1
0+240.00	208.28	1402.61	1405.16	2.56	0.02251	5.12	42.34	26.19	1.19
0+260.00	208.28	1402.07	1404.57	2.5	0.025292	5.27	39.54	21.74	1.25
0+280.00	208.28	1401.44	1403.4	1.96	0.04419	6.08	34.28	23.27	1.6
0+300.00	208.28	1400.07	1402.8	2.73	0.0336	5.68	36.66	21.54	1.39
0+320.00	208.28	1399.81	1402.8	2.98	0.016725	4.6	45.24	21.25	1.01
0+340.00	208.28	1399.64	1401.99	2.35	0.025902	5.33	39.1	21.53	1.26
0+360.00	208.28	1398.95	1401.49	2.54	0.026258	5.25	39.67	22.42	1.26
0+380.00	208.28	1398.47	1400.73	2.27	0.033287	5.53	37.63	23.95	1.41
0+400.00.	208.28	1397.89	1399.81	1.92	0.04424	5.79	35.99	26.91	1.6
0+420.00	208.28	1397.28	1399.61	2.33	0.021522	4.73	44.02	25.03	1.14
0+440.00	208.28	1396.52	1398.78	2.25	0.029055	5.33	39.09	23.62	1.32
0+460.00	208.28	1395.78	1398.06	2.28	0.03186	5.51	37.78	23.45	1.39
0+480.00	208.28	1395.24	1397.97	2.73	0.017218	4.48	46.44	24.46	1.04

0+500.00	208.28	1394.69	1396.88	2.19	0.036734	5.56	37.48	24.93	1.45
0+520.00.	208.28	1394.38	1396.6	2.22	0.022174	4.8	43.44	25.09	1.16
0+540.00	208.28	1393.23	1395.85	2.62	0.029466	5.23	39.85	24.61	1.31
0+560.00	208.28	1392.97	1395.79	2.82	0.016349	4.33	48.12	25.35	1
0+580.00	208.28	1392.72	1394.5	1.78	0.047123	5.71	36.49	29.19	1.63
0+600.00	208.28	1392.06	1393.95	1.9	0.032136	5.13	40.59	28.39	1.37
0+620.00	208.28	1390.71	1393.79	3.08	0.018516	4.2	49.58	28.24	1.01
0+640.00.	208.28	1390.46	1392.71	2.25	0.030758	5.35	38.95	24.61	1.36
0+660.00	208.28	1389.78	1392.68	2.9	0.015963	4.49	46.38	22.83	1.01
0+680.00	208.28	1389.26	1391.8	2.54	0.027012	5.35	38.93	21.1	1.26
0+700.00	208.28	1388.86	1391.25	2.39	0.026009	5.39	38.64	20.36	1.25
0+720.00	208.28	1388.35	1390.98	2.62	0.019576	4.9	42.48	20.97	1.1
0+740.00	208.28	1387.63	1390.21	2.58	0.026396	5.45	38.22	19.9	1.26
0+760.00	208.28	1387.16	1389.56	2.4	0.031082	5.58	37.43	23.23	1.35
0+780.00	208.28	1386.5	1388.97	2.47	0.036015	5.39	39.08	29.91	1.43

0+800.00	208.28	1386.32	1388.4	2.08	0.031468	5.13	41.36	30.65	1.35
0+820.00	208.28	1385.51	1387.75	2.24	0.027181	5.24	40.47	30.99	1.29
0+840.00	208.28	1384.64	1386.87	2.23	0.040641	5.6	37.22	27.72	1.54
0+860.00	208.28	1384.15	1385.91	1.76	0.046102	5.74	36.26	28.58	1.63
0+880.00	208.28	1383.6	1385.84	2.24	0.018696	4.4	48.41	32.78	1.08
0+900.00	208.28	1382.85	1384.92	2.07	0.033532	5.19	40.14	28.81	1.4
0+920.00	208.28	1382.41	1384.48	2.07	0.02457	4.84	43.41	31.03	1.23
0+940.00	208.28	1381.79	1384.4	2.61	0.014862	3.98	54.4	38.89	0.96
0+960.00	208.28	1381.37	1383.23	1.86	0.038356	5.34	39.01	29.82	1.49
0+980.00	208.28	1380.68	1382.58	1.9	0.036812	5.05	41.23	33.21	1.45
1+000.00	208.28	1379.97	1381.85	1.89	0.039809	4.95	42.12	37.34	1.49
1+020.00	208.28	1379.18	1381.56	2.39	0.019546	4.26	52.23	41.71	1.09
1+040.00	208.28	1378.23	1380.84	2.61	0.02509	4.74	43.93	28.7	1.22
1+060.00	208.28	1377.5	1379.52	2.02	0.05397	5.88	37.51	38.66	1.74
1+080.00	208.28	1377.08	1379.07	1.99	0.030025	4.94	44	39.59	1.34

1+100.00	208.28	1376.35	1378.16	1.81	0.042893	5.25	39.71	33.66	1.54
1+120.00	208.28	1375.55	1377.51	1.96	0.034439	4.92	42.34	33.15	1.39
1+140.00	208.28	1374.69	1376.62	1.93	0.040204	5.18	40.33	33.79	1.51
1+160.00	208.28	1374.09	1376.38	2.28	0.020547	4.25	48.96	32.81	1.11
1+180.00	208.28	1373.54	1375.46	1.93	0.035654	5.05	42.59	35.67	1.43
1+200.00	208.28	1373.05	1374.83	1.78	0.033223	4.93	44.21	36.34	1.39
1+220.00	208.28	1372.69	1374.15	1.46	0.037757	4.75	43.88	39.03	1.43
1+240.00	208.28	1371.66	1373.36	1.7	0.039976	4.76	43.71	40.94	1.47
1+260.00	208.28	1371.05	1372.96	1.91	0.024222	4.1	50.8	41.46	1.18
1+280.00	208.28	1370.31	1372.34	2.03	0.027347	4.33	48.13	38.74	1.24
1+300.00	208.28	1369.51	1371.59	2.08	0.030745	4.66	44.68	34.16	1.3
1+320.00	208.28	1368.78	1370.57	1.79	0.047257	5.14	40.49	38.3	1.6
1+340.00	208.28	1368.29	1370.23	1.95	0.024714	4.17	49.96	40.16	1.19
1+360.00	208.28	1367.74	1369.52	1.78	0.028825	4.54	45.85	36.23	1.29
1+380.00	208.28	1366.87	1368.7	1.82	0.03603	5.04	44.13	40.02	1.45

1+400.00	208.28	1366.41	1368.18	1.77	0.026291	4.66	46.38	37.27	1.26
1+420.00	208.28	1365.73	1367.59	1.87	0.028776	4.96	46.88	38.45	1.31
1+440.00	208.28	1365.14	1367.52	2.38	0.013544	3.82	59.39	43.23	0.93
1+460.00	208.28	1364.3	1366.49	2.19	0.026416	5.04	41.41	28.93	1.27
1+480.00	208.28	1363.52	1365.74	2.22	0.032789	5.35	39.85	30.71	1.4
1+500.00	208.28	1362.89	1365.06	2.17	0.03239	5.38	38.71	25.22	1.39
1+520.00	208.28	1362.36	1364.52	2.16	0.029987	5.16	40.38	26.74	1.34
1+540.00	208.28	1361.72	1364.09	2.37	0.025632	4.82	43.2	27.73	1.23
1+560.00	208.28	1361.27	1363.21	1.94	0.036068	5.31	39.26	28.87	1.45
1+580.00	208.28	1360.54	1363.11	2.58	0.016839	4.18	49.83	29.26	1.02
1+600.00	208.28	1359.81	1362.1	2.29	0.033733	5.22	39.86	28.12	1.4
1+620.00	208.28	1359.02	1361.44	2.42	0.033332	5.19	40.09	28.37	1.4
1+640.00	208.28	1358.51	1360.75	2.24	0.033982	5.22	39.87	28.73	1.42
1+660.00	208.28	1358.15	1359.99	1.84	0.040027	5.27	39.55	31.63	1.5
1+680.00	208.28	1357.04	1359.26	2.22	0.041169	5.04	41.29	36.54	1.52

1+700.00	208.28	1357.03	1358.7	1.67	0.031274	4.58	45.43	37.73	1.33
1+720.00	208.28	1356.11	1358.05	1.93	0.03058	4.66	44.7	35.8	1.33
1+740.00	208.28	1355.57	1357.34	1.77	0.03505	4.75	43.81	37.57	1.41
1+760.00	208.28	1355.1	1356.63	1.53	0.038381	4.68	44.49	42.16	1.46

Nota. La tabla muestra los resultados obtenidos del modelamiento hidráulico con el caudal de 208.28 para un periodo de retorno de 175 años

Asimismo, la tabla 20 muestra la altura asumida de las defensas ribereñas desde el fondo del cauce, según los parámetros de tirantes en cada sección transversal trabajada en el HEC RAS, considerando un borde libre del 30% en base al tirante de agua. Asimismo, se obtuvo una altura asumida promedio de 2.80 m y altura máxima de 4.00m.

Tabla 20

Altura asumida de la defensa ribereña en base al tirante máximo

Progresiva	Tirante de agua (m)	Borde Libre (m)	Altura calculada (m)	Altura asumida (m)
0+000.00	1.90	0.57	2.47	2.5
0+020.00	1.68	0.504	2.18	2.2
0+040.00	1.76	0.528	2.29	2.3
0+060.00	1.75	0.525	2.28	2.3
0+080.00	1.68	0.504	2.18	2.2
0+100.00	1.86	0.558	2.42	2.4
0+120.00	2.59	0.777	3.37	3.4
0+140.00	2.93	0.879	3.81	3.8
0+160.00	2.66	0.798	3.46	3.5
0+180.00	2.47	0.741	3.21	3.2
0+200.00	2.17	0.651	2.82	2.8
0+220.00	2.76	0.828	3.59	3.6
0+240.00	2.56	0.768	3.33	3.3
0+260.00	2.50	0.75	3.25	3.3
0+280.00	1.96	0.588	2.55	2.6
0+300.00	2.73	0.819	3.55	3.6
0+320.00	2.98	0.894	3.87	3.9
0+340.00	2.35	0.705	3.06	3.1
0+360.00	2.54	0.762	3.30	3.3
0+380.00	2.27	0.681	2.95	3.0

0+400.00.	1.92	0.576	2.50	2.5
0+420.00	2.33	0.699	3.03	3.0
0+440.00	2.25	0.675	2.93	2.9
0+460.00	2.28	0.684	2.96	3.0
0+480.00	2.73	0.819	3.55	3.6
0+500.00	2.19	0.657	2.85	2.9
0+520.00.	2.22	0.666	2.89	2.9
0+540.00	2.62	0.786	3.41	3.4
0+560.00	2.82	0.846	3.67	3.7
0+580.00	1.78	0.534	2.31	2.3
0+600.00	1.90	0.57	2.47	2.5
0+620.00	3.08	0.924	4.00	4.0
0+640.00.	2.25	0.675	2.93	2.9
0+660.00	2.90	0.87	3.77	3.8
0+680.00	2.54	0.762	3.30	3.3
0+700.00	2.39	0.717	3.11	3.1
0+720.00	2.62	0.786	3.41	3.4
0+740.00	2.58	0.774	3.35	3.4
0+760.00	2.40	0.72	3.12	3.1
0+780.00	2.47	0.741	3.21	3.2
0+800.00	2.08	0.624	2.70	2.7
0+820.00	2.24	0.672	2.91	2.9
0+840.00	2.23	0.669	2.90	2.9
0+860.00	1.76	0.528	2.29	2.3
0+880.00	2.24	0.672	2.91	2.9
0+900.00	2.07	0.621	2.69	2.7
0+920.00	2.07	0.621	2.69	2.7
0+940.00	2.61	0.783	3.39	3.4
0+960.00	1.86	0.558	2.42	2.4
0+980.00	1.90	0.57	2.47	2.5
1+000.00	1.89	0.567	2.46	2.5

1+020.00	2.39	0.717	3.11	3.1
1+040.00	2.61	0.783	3.39	3.4
1+060.00	2.02	0.606	2.63	2.6
1+080.00	1.99	0.597	2.59	2.6
1+100.00	1.81	0.543	2.35	2.4
1+120.00	1.96	0.588	2.55	2.6
1+140.00	1.93	0.579	2.51	2.5
1+160.00	2.28	0.684	2.96	3.0
1+180.00	1.93	0.579	2.51	2.5
1+200.00	1.78	0.534	2.31	2.3
1+220.00	1.46	0.438	1.90	1.9
1+240.00	1.70	0.51	2.21	2.2
1+260.00	1.91	0.573	2.48	2.5
1+280.00	2.03	0.609	2.64	2.6
1+300.00	2.08	0.624	2.70	2.7
1+320.00	1.79	0.537	2.33	2.3
1+340.00	1.95	0.585	2.54	2.5
1+360.00	1.78	0.534	2.31	2.3
1+380.00	1.82	0.546	2.37	2.4
1+400.00	1.77	0.531	2.30	2.3
1+420.00	1.87	0.561	2.43	2.4
1+440.00	2.38	0.714	3.09	3.1
1+460.00	2.19	0.657	2.85	2.9
1+480.00	2.22	0.666	2.89	2.9
1+500.00	2.17	0.651	2.82	2.8
1+520.00	2.16	0.648	2.81	2.8
1+540.00	2.37	0.711	3.08	3.1
1+560.00	1.94	0.582	2.52	2.5
1+580.00	2.58	0.774	3.35	3.4
1+600.00	2.29	0.687	2.98	3.0
1+620.00	2.42	0.726	3.15	3.2

1+640.00	2.24	0.672	2.91	2.9
1+660.00	1.84	0.552	2.39	2.4
1+680.00	2.22	0.666	2.89	2.9
1+700.00	1.67	0.501	2.17	2.2
1+720.00	1.93	0.579	2.51	2.5
1+740.00	1.77	0.531	2.30	2.3
1+760.00	1.53	0.459	1.99	2.0

Nota. La tabla muestra la altura asumida de la defensa ribereña en base al tirante máximo.

Por otro lado, la tabla 21 muestra resultados producto del modelamiento hidráulico realizado en el progresiva HEC-RAS con un caudal de diseño de 321.04 m³/s obtenido de un periodo de retorno de 500 años para el posterior cálculo de socavación que indica el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2015).

Tabla 21

Parámetros hidráulicos para un caudal de 321.04 m³/s

Progresiva	Caudal(m ³ /S)	Cota fondo del cauce (m)	Cota del nivel de flujo (m)	Tirante máximo (m)	Pendiente (m)	Velocidad (m/s)	Área (m)	Espejo de agua (m)	Número de Froude
0+000.00	321.04	1410.85	1413.26	2.41	0.032029	6.14	52.32	26.64	1.4
0+020.00	321.04	1410.25	1412.4	2.15	0.037456	6.38	50.33	28.56	1.53
0+040.00	321.04	1409.3	1411.49	2.19	0.043988	6.52	49.28	30.27	1.63
0+060.00	321.04	1408.35	1410.57	2.23	0.043866	6.57	48.9	29.2	1.62
0+080.00	321.04	1407.23	1409.43	2.2	0.049188	6.85	46.85	28.24	1.7
0+100.00	321.04	1406.8	1409.12	2.32	0.031828	5.8	55.35	31.57	1.4
0+120.00	321.04	1406.7	1409.92	3.23	0.006949	3.22	99.55	43.56	0.68
0+140.00	321.04	1405.68	1409.26	3.58	0.015884	4.32	74.36	40.33	1
0+160.00	321.04	1404.44	1407.75	3.31	0.032743	6.13	52.34	27.94	1.43
0+180.00	321.04	1404.07	1407.14	3.07	0.02794	6.14	52.33	26.23	1.35

0+200.00	321.04	1403.57	1406.29	2.73	0.032374	6.49	49.71	26.14	1.45
0+220.00	321.04	1403.1	1406.7	3.59	0.015844	4.59	69.92	32.99	1.01
0+240.00	321.04	1402.61	1405.81	3.2	0.020547	5.64	60.95	31.22	1.17
0+260.00	321.04	1402.07	1405.32	3.24	0.02077	5.66	57.98	30.82	1.17
0+280.00	321.04	1401.44	1403.94	2.5	0.039593	6.82	47.09	24.43	1.57
0+300.00	321.04	1400.07	1403.38	3.3	0.032436	6.5	49.43	22.83	1.41
0+320.00	321.04	1399.81	1403.62	3.81	0.01435	5.05	64.66	28.35	0.96
0+340.00	321.04	1399.64	1402.57	2.94	0.02601	6.13	54.13	39.19	1.3
0+360.00	321.04	1398.95	1402.02	3.07	0.027701	6.16	53.33	29.87	1.33
0+380.00	321.04	1398.47	1401.25	2.78	0.032858	6.38	50.32	25.38	1.45
0+400.00.	321.04	1397.89	1400.23	2.34	0.044095	6.73	47.71	28.18	1.65
0+420.00	321.04	1397.28	1400.16	2.88	0.021963	5.52	58.2	26.44	1.19
0+440.00	321.04	1396.52	1399.37	2.85	0.026574	6	53.54	25	1.31
0+460.00	321.04	1395.78	1398.61	2.83	0.030027	6.28	51.11	24.56	1.39
0+480.00	321.04	1395.24	1398.42	3.18	0.021166	5.55	57.85	27.43	1.18
0+500.00	321.04	1394.69	1397.42	2.72	0.033288	6.28	51.14	25.94	1.43
0+520.00.	321.04	1394.38	1397.11	2.72	0.023782	5.69	56.44	26.3	1.24
0+540.00	321.04	1393.23	1396.4	3.17	0.028	5.98	53.73	25.79	1.32
0+560.00	321.04	1392.97	1396.49	3.52	0.014661	4.83	67.28	31.24	0.98
0+580.00	321.04	1392.72	1394.92	2.2	0.046489	6.54	49.11	31.59	1.67
0+600.00	321.04	1392.06	1394.41	2.35	0.032778	5.94	54.03	30.61	1.43

0+620.00	321.04	1390.71	1394.37	3.67	0.01776	4.86	66.06	28.57	1.02
0+640.00.	321.04	1390.46	1393.32	2.86	0.026326	5.9	54.46	26.1	1.3
0+660.00	321.04	1389.78	1393.41	3.63	0.015038	5.04	63.71	24.96	1.01
0+680.00	321.04	1389.26	1392.51	3.25	0.023502	5.9	54.45	22.65	1.21
0+700.00	321.04	1388.86	1391.94	3.08	0.023716	6.05	53.08	21.45	1.23
0+720.00	321.04	1388.35	1391.52	3.16	0.022544	5.95	53.95	21.68	1.2
0+740.00	321.04	1387.63	1390.85	3.22	0.025976	6.23	52.19	24.63	1.28
0+760.00	321.04	1387.16	1390.07	2.91	0.033314	6.53	50.77	29.44	1.43
0+780.00	321.04	1386.5	1389.34	2.84	0.040547	6.53	50.9	34.04	1.56
0+800.00	321.04	1386.32	1388.81	2.49	0.033624	6.08	55.68	43.81	1.43
0+820.00	321.04	1385.51	1388.19	2.68	0.028328	6.13	57.79	48.25	1.36
0+840.00	321.04	1384.64	1387.34	2.7	0.037229	6.32	50.83	29.34	1.53
0+860.00	321.04	1384.15	1386.33	2.18	0.04498	6.59	48.73	30.52	1.66
0+880.00	321.04	1383.6	1386.21	2.62	0.023794	5.43	62.07	42.69	1.25
0+900.00	321.04	1382.85	1385.41	2.56	0.030365	5.81	56.72	40.89	1.39
0+920.00	321.04	1382.41	1384.96	2.54	0.02495	5.61	59.9	42.95	1.28
0+940.00	321.04	1381.79	1384.7	2.91	0.020682	5.12	67.65	52.39	1.16
0+960.00	321.04	1381.37	1383.74	2.37	0.033565	5.78	56.19	39.89	1.44
0+980.00	321.04	1380.68	1382.98	2.3	0.035899	5.88	54.84	37.54	1.48
1+000.00	321.04	1379.97	1382.18	2.21	0.041887	5.91	54.28	37.86	1.58
1+020.00	321.04	1379.18	1381.88	2.71	0.023639	5.25	67.03	53.35	1.23

1+040.00	321.04	1378.23	1381.46	3.23	0.020002	5.12	66.28	50.64	1.14
1+060.00	321.04	1377.5	1379.86	2.36	0.052406	6.78	51.45	43.31	1.78
1+080.00	321.04	1377.08	1379.42	2.35	0.032126	5.87	59.52	47.01	1.43
1+100.00	321.04	1376.35	1378.57	2.22	0.039131	5.96	53.84	34.97	1.53
1+120.00	321.04	1375.55	1377.9	2.35	0.035514	5.78	55.52	34.77	1.46
1+140.00	321.04	1374.69	1377.01	2.32	0.038996	6.01	53.73	35.21	1.54
1+160.00	321.04	1374.09	1376.8	2.7	0.0223	5.09	63.12	34.09	1.19
1+180.00	321.04	1373.54	1375.87	2.33	0.034209	5.8	57.56	37.86	1.45
1+200.00	321.04	1373.05	1375.22	2.17	0.033879	5.78	58.64	38.86	1.45
1+220.00	321.04	1372.69	1374.48	1.79	0.039126	5.66	56.73	39.38	1.51
1+240.00	321.04	1371.66	1373.68	2.02	0.041008	5.65	56.8	41.61	1.54
1+260.00	321.04	1371.05	1373.3	2.24	0.026487	4.96	64.76	42.26	1.28
1+280.00	321.04	1370.31	1372.75	2.44	0.026272	4.99	64.35	40.42	1.26
1+300.00	321.04	1369.51	1372.06	2.55	0.027918	5.24	61.24	36.01	1.28
1+320.00	321.04	1368.78	1370.92	2.14	0.044795	5.95	54	39.3	1.62
1+340.00	321.04	1368.29	1370.55	2.26	0.028386	5.11	62.82	41.13	1.32
1+360.00	321.04	1367.74	1369.95	2.2	0.026962	5.19	62.08	39.61	1.3
1+380.00	321.04	1366.87	1369.06	2.19	0.035298	5.85	59.17	42.57	1.49
1+400.00	321.04	1366.41	1368.61	2.2	0.025275	5.39	63.18	41.59	1.28
1+420.00	321.04	1365.73	1367.97	2.25	0.029636	5.77	61.64	39.05	1.38
1+440.00	321.04	1365.14	1367.87	2.73	0.016377	4.68	76.5	57.29	1.04

1+460.00	321.04	1364.3	1367.1	2.8	0.020393	5.36	66.44	53.51	1.17
1+480.00	321.04	1363.52	1366.22	2.7	0.02945	6	58.29	42.88	1.38
1+500.00	321.04	1362.89	1365.62	2.73	0.027856	5.94	56.31	39.87	1.34
1+520.00	321.04	1362.36	1365	2.64	0.029552	5.98	54.49	37.51	1.37
1+540.00	321.04	1361.72	1364.53	2.81	0.027517	5.74	56.78	40.94	1.32
1+560.00	321.04	1361.27	1363.65	2.38	0.035409	6.12	52.44	30.44	1.49
1+580.00	321.04	1360.54	1363.49	2.95	0.021244	5.22	63.52	41.68	1.18
1+600.00	321.04	1359.81	1362.65	2.84	0.0286	5.77	56.01	36.56	1.34
1+620.00	321.04	1359.02	1361.92	2.89	0.031329	5.97	53.9	31.94	1.4
1+640.00	321.04	1358.51	1361.18	2.67	0.034665	6.08	52.96	32.54	1.47
1+660.00	321.04	1358.15	1360.38	2.23	0.041298	6.15	52.29	35.25	1.58
1+680.00	321.04	1357.04	1359.58	2.54	0.043839	6.02	53.32	37.76	1.62
1+700.00	321.04	1357.03	1359.05	2.01	0.03286	5.49	58.51	38.12	1.41
1+720.00	321.04	1356.11	1358.44	2.33	0.030239	5.44	59.06	37.01	1.37
1+740.00	321.04	1355.57	1357.7	2.13	0.035071	5.58	57.52	38.58	1.46
1+760.00	321.04	1355.1	1356.93	1.83	0.040845	5.6	57.33	43.35	1.55

Nota. La tabla muestra los resultados del cálculo de socavación general aplicando el método propuesto por Van Ledden para suelos no cohesivos con una profundidad promedio desde el fondo del cauce de 1.95m y una altura máxima de 2.80m.

El método Van Ledden se basa en el análisis granulométrico por tamizado y parámetros hidráulicos obtenidos del modelamiento para un periodo de retorno de 500 años. Cada progresiva presenta los siguientes parámetros:

- a) Diámetro medio (D_m), resultado obtenido de la curva granulometría, el cual está en función del porcentaje acumulado que pasa.
- b) Exponente variable (Z), resultado de la interpolación en suelos no cohesivos, el cual está en función del diámetro medio.
- c) Tirante medio (H_m), resultado de división del área hidráulica entre ancho efectivo, el cual sirve para idealizar la sección transversal como si tuviera un solo tirante.
- d) Coeficiente de contracción (u), coeficiente (α) y coeficiente (β), parámetros de tablas necesarios para la fórmula de Van Ledden.
- e) Profundidad de socavación (d_s), resultado de la resta entre Socavación estimada (H_s) y tirante medio (H_m).

Resaltar que, los parámetros empleados para el desarrollo de la socavación general como la velocidad media, caudal, área hidráulica se encuentran en la tabla 22.

Tabla 22

Cálculo de socavación general con caudal 321.04 m³/s

Progresiva	Diámetro medio D_m (mm)	Exponente variable Z	Ancho efectivo B_e (m)	Tirante medio H_m (m)	Coeficiente de	Coeficiente α	Coeficiente de frecuencia β	Socavación H_s (m)	Profundidad de
------------	---------------------------------	---------------------------	--------------------------------	-------------------------------	-------------------	-------------------------	---	-------------------------	-------------------

					contracción					socavación
					u					ds (m)
0+000.00	30	0.307	26.64	1.964	0.943	4.15	1.05	4.39	2.42	
0+020.00	30	0.307	28.56	1.762	0.947	4.62	1.05	4.14	2.38	
0+040.00	30	0.307	30.27	1.628	0.950	4.95	1.05	3.95	2.33	
0+060.00	30	0.307	29.20	1.675	0.948	4.91	1.05	4.07	2.40	
0+080.00	30	0.307	28.24	1.659	0.946	5.17	1.05	4.18	2.52	
0+100.00	30	0.307	31.57	1.753	0.951	4.19	1.05	3.83	2.07	
0+120.00	30	0.307	43.56	2.285	0.961	1.93	1.05	2.97	0.68	
0+140.00	30	0.307	40.33	1.844	0.959	3.00	1.05	3.15	1.31	
0+160.00	30	0.307	27.94	1.873	0.946	4.27	1.05	4.22	2.35	
0+180.00	30	0.307	26.23	1.995	0.942	4.11	1.05	4.44	2.45	
0+200.00	30	0.307	26.14	1.902	0.942	4.47	1.05	4.45	2.55	
0+220.00	30	0.307	32.99	2.119	0.952	2.92	1.05	3.70	1.58	
0+240.00	30	0.307	31.22	1.952	0.951	3.55	1.05	3.86	1.91	
0+260.00	30	0.307	30.82	1.881	0.951	3.82	1.05	3.90	2.02	
0+280.00	30	0.307	24.43	1.928	0.939	4.69	1.05	4.70	2.78	
0+300.00	30	0.307	22.83	2.165	0.936	4.15	1.05	4.97	2.80	
0+320.00	30	0.307	28.35	2.281	0.947	3.03	1.05	4.17	1.89	

0+340.00	30	0.307	39.19	1.381	0.958	4.99	1.05	3.23	1.85
0+360.00	30	0.307	29.87	1.785	0.950	4.31	1.05	4.00	2.21
0+380.00	30	0.307	25.38	1.983	0.941	4.30	1.05	4.56	2.58
0+400.00.	30	0.307	28.18	1.693	0.946	5.01	1.05	4.19	2.50
0+420.00	30	0.307	26.44	2.201	0.943	3.46	1.05	4.41	2.21
0+440.00	30	0.307	25.00	2.142	0.940	3.84	1.05	4.62	2.47
0+460.00	30	0.307	24.56	2.081	0.939	4.10	1.05	4.68	2.60
0+480.00	30	0.307	27.43	2.109	0.945	3.57	1.05	4.28	2.17
0+500.00	30	0.307	25.94	1.971	0.942	4.24	1.05	4.48	2.51
0+520.00.	30	0.307	26.30	2.146	0.943	3.63	1.05	4.43	2.29
0+540.00	30	0.307	25.79	2.083	0.942	3.89	1.05	4.50	2.42
0+560.00	30	0.307	31.24	2.154	0.951	3.01	1.05	3.86	1.70
0+580.00	30	0.307	31.59	1.555	0.951	5.12	1.05	3.82	2.27
0+600.00	30	0.307	30.61	1.765	0.951	4.28	1.05	3.92	2.16
0+620.00	30	0.307	28.57	2.312	0.947	2.93	1.05	4.14	1.83
0+640.00.	30	0.307	26.10	2.087	0.942	3.83	1.05	4.46	2.37
0+660.00	30	0.307	24.96	2.552	0.940	2.87	1.05	4.62	2.07
0+680.00	30	0.307	22.65	2.404	0.935	3.51	1.05	5.00	2.59
0+700.00	30	0.307	21.45	2.475	0.933	3.54	1.05	5.22	2.75
0+720.00	30	0.307	21.68	2.488	0.933	3.47	1.05	5.18	2.69
0+740.00	30	0.307	24.63	2.119	0.939	3.97	1.05	4.67	2.55

0+760.00	30	0.307	29.44	1.725	0.949	4.63	1.05	4.04	2.32
0+780.00	30	0.307	34.04	1.495	0.953	5.06	1.05	3.61	2.11
0+800.00	30	0.307	43.81	1.271	0.962	5.11	1.05	2.95	1.68
0+820.00	30	0.307	48.25	1.198	0.965	5.10	1.05	2.74	1.54
0+840.00	30	0.307	29.34	1.732	0.949	4.62	1.05	4.06	2.32
0+860.00	30	0.307	30.52	1.597	0.950	5.07	1.05	3.93	2.33
0+880.00	30	0.307	42.69	1.454	0.961	4.20	1.05	3.01	1.56
0+900.00	30	0.307	40.89	1.387	0.959	4.74	1.05	3.12	1.73
0+920.00	30	0.307	42.95	1.395	0.961	4.47	1.05	3.00	1.61
0+940.00	30	0.307	52.39	1.291	0.970	4.12	1.05	2.56	1.27
0+960.00	30	0.307	39.89	1.409	0.958	4.74	1.05	3.18	1.77
0+980.00	30	0.307	37.54	1.461	0.956	4.75	1.05	3.34	1.88
1+000.00	30	0.307	37.86	1.434	0.957	4.86	1.05	3.32	1.88
1+020.00	30	0.307	53.35	1.256	0.971	4.24	1.05	2.52	1.26
1+040.00	30	0.307	50.64	1.309	0.969	4.18	1.05	2.63	1.32
1+060.00	30	0.307	43.31	1.188	0.977	5.70	1.05	2.94	1.76
1+080.00	30	0.307	47.01	1.266	0.984	4.68	1.05	2.75	1.48
1+100.00	30	0.307	34.97	1.540	0.960	4.66	1.05	3.51	1.97
1+120.00	30	0.307	34.77	1.597	0.960	4.41	1.05	3.53	1.93
1+140.00	30	0.307	35.21	1.526	0.960	4.69	1.05	3.49	1.97
1+160.00	30	0.307	34.09	1.852	0.958	3.52	1.05	3.59	1.74

1+180.00	30	0.307	37.86	1.520	0.966	4.37	1.05	3.29	1.77
1+200.00	30	0.307	38.86	1.509	0.968	4.30	1.05	3.22	1.71
1+220.00	30	0.307	39.38	1.441	0.969	4.58	1.05	3.19	1.75
1+240.00	30	0.307	41.61	1.365	0.973	4.72	1.05	3.04	1.68
1+260.00	30	0.307	42.26	1.532	0.975	3.83	1.05	3.01	1.47
1+280.00	30	0.307	40.42	1.592	0.971	3.77	1.05	3.12	1.53
1+300.00	30	0.307	36.01	1.701	0.962	3.82	1.05	3.43	1.73
1+320.00	30	0.307	39.30	1.374	0.969	4.97	1.05	3.19	1.82
1+340.00	30	0.307	41.13	1.527	0.972	3.96	1.05	3.07	1.55
1+360.00	30	0.307	39.61	1.567	0.969	3.95	1.05	3.17	1.60
1+380.00	30	0.307	42.57	1.390	0.975	4.47	1.05	2.99	1.60
1+400.00	30	0.307	41.59	1.519	0.973	3.95	1.05	3.05	1.53
1+420.00	30	0.307	39.05	1.578	0.968	3.97	1.05	3.21	1.63
1+440.00	30	0.307	57.29	1.335	1.005	3.45	1.05	2.33	0.99
1+460.00	30	0.307	53.51	1.242	0.997	4.20	1.05	2.47	1.22
1+480.00	30	0.307	42.88	1.359	0.976	4.60	1.05	2.97	1.61
1+500.00	30	0.307	39.87	1.412	0.970	4.67	1.05	3.15	1.74
1+520.00	30	0.307	37.51	1.453	0.965	4.76	1.05	3.32	1.86
1+540.00	30	0.307	40.94	1.387	0.972	4.68	1.05	3.09	1.70
1+560.00	30	0.307	30.44	1.723	0.951	4.48	1.05	3.94	2.21
1+580.00	30	0.307	41.68	1.524	0.973	3.92	1.05	3.04	1.52

1+600.00	30	0.307	36.56	1.532	0.963	4.48	1.05	3.39	1.86
1+620.00	30	0.307	31.94	1.688	0.954	4.41	1.05	3.78	2.10
1+640.00	30	0.307	32.54	1.628	0.955	4.59	1.05	3.73	2.10
1+660.00	30	0.307	35.25	1.483	0.961	4.91	1.05	3.49	2.01
1+680.00	30	0.307	37.76	1.412	0.966	4.95	1.05	3.30	1.89
1+700.00	30	0.307	38.12	1.535	0.966	4.27	1.05	3.27	1.74
1+720.00	30	0.307	37.01	1.596	0.964	4.13	1.05	3.35	1.76
1+740.00	30	0.307	38.58	1.491	0.967	4.42	1.05	3.24	1.75
1+760.00	30	0.307	43.35	1.322	0.977	4.76	1.05	2.94	1.62

Nota. La tabla muestra la profundidad de socavación con un periodo de retorno de 500 años

En base a los resultados de altura asumida y profundidad de socavación, se trabajará con el resultado máximo de altura asumida que es de 4.00 m y una profundidad de socavación máxima de 3.80, considerando 1.00 m de profundidad por temas de seguridad. En tal sentido, la altura ideal de la defensa ribereña vendría a ser de 7.80 m según los resultados obtenidos del modelamiento hidráulico, topográfico y estudio de suelos.

4.6 Propuesta de Diseño de Defensa Ribereña

Los muros de gavión presentan daños por materiales de arrastres que, dañando la malla de acero, asimismo estas sufrir de corrosión debido al cauce del río y la vegetación existente, como muestra la figura 44. Respecto al mantenimiento, estas estructuras requieren de reponer las piedras para mantener su estabilidad, cambiar la malla de acero y posterior a eventos fuertes, se debe de verificar hundimiento, deformación para ser resueltas, como se muestra en la figura 45.

En la inspección in-situ, se encontraron muro de gavión en mal estado y destruidas como se observa en la figura 46.

Figura 44

Muro de gavión existente cubierto por materiales de arrastre y cobertura vegetal



Nota. Elaboración propia.

Figura 45

Muro de gavión existente a punto de colapsar



Nota. Elaboración propia.

Figura 46

Muro de gavión existente destruido



Nota. Elaboración propia.

Del mismo modo, los enrocados presentan daños en la mampostería de piedra, por las avenidas intensas que traen consigo residuos sólidos, como se muestra en la imagen 47. El proceso constructivo es muy importante, es por ellos que la figura 48 nos muestra a falta de compactación en el relleno posterior donde debería haber un material de filtro tipo grava.

Finalmente, en la figura 49 se aprecia la socavación generada en la base del talud y la gran cantidad de piedra y residuos sólidos.

Figura 47

Enrocado existente con daños en la mampostería de piedra



Nota. Elaboración propia.

Figura 48

Enrocado existente con mal proceso constructivo



Nota. Elaboración propia.

Figura 49

Enrocado existente con socavación en la base



Nota. Elaboración propia.

En tal sentido, en el presente proyecto se propone el uso de muros de contención tipo en voladizo, ya que Yang et al. (2024) indica que, es un tipo de defensa ribereñas aprobado por su sólida protección contra la socavación y fuerza ejerce por los residuos sólidos que son llevados por el cauce del río, asimismo un muro de contención bien diseñado aumenta la seguridad, estabilidad y se adecua a las secciones transversales por su altura.

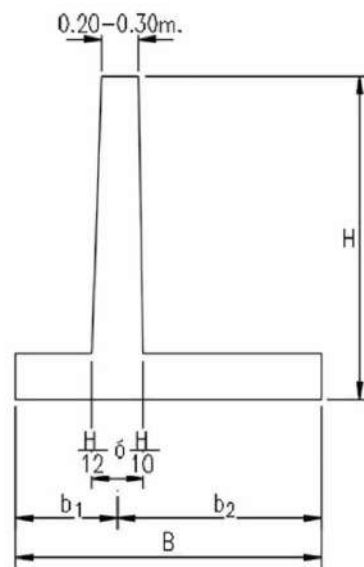
El muro de contención tipo voladizo encaja correctamente en el proyecto por su diseño adaptable donde existen veredas y vías aledañas, también considerar el bajo mantenimiento a largo plazo, ya que no sufren daño tan fácilmente como los gaviones o enrocados ante agresividad del cauce.

4.6.1 Predimensionamiento de Muros de Concreto Armado

Se tomó en cuenta las recomendaciones de Harmsen (2002), el cual detalla criterios para dimensionar el muro de contención y recomienda que, si la capacidad portante del terreno es muy baja, es recomendable que $b_1=B/2$, caso contrario $b_1=B/3$, como muestra la figura 50.

Figura 50

Criterios para el dimensionamiento de muro de gravedad en voladizo



Fuente: Harmsen, R. (2002a). Criterios para el dimensionamiento de muro de gravedad en voladizo

Asimismo, se determinó una altura de ($H=7.80m$), base ($B=3.60m$), ancho de corona

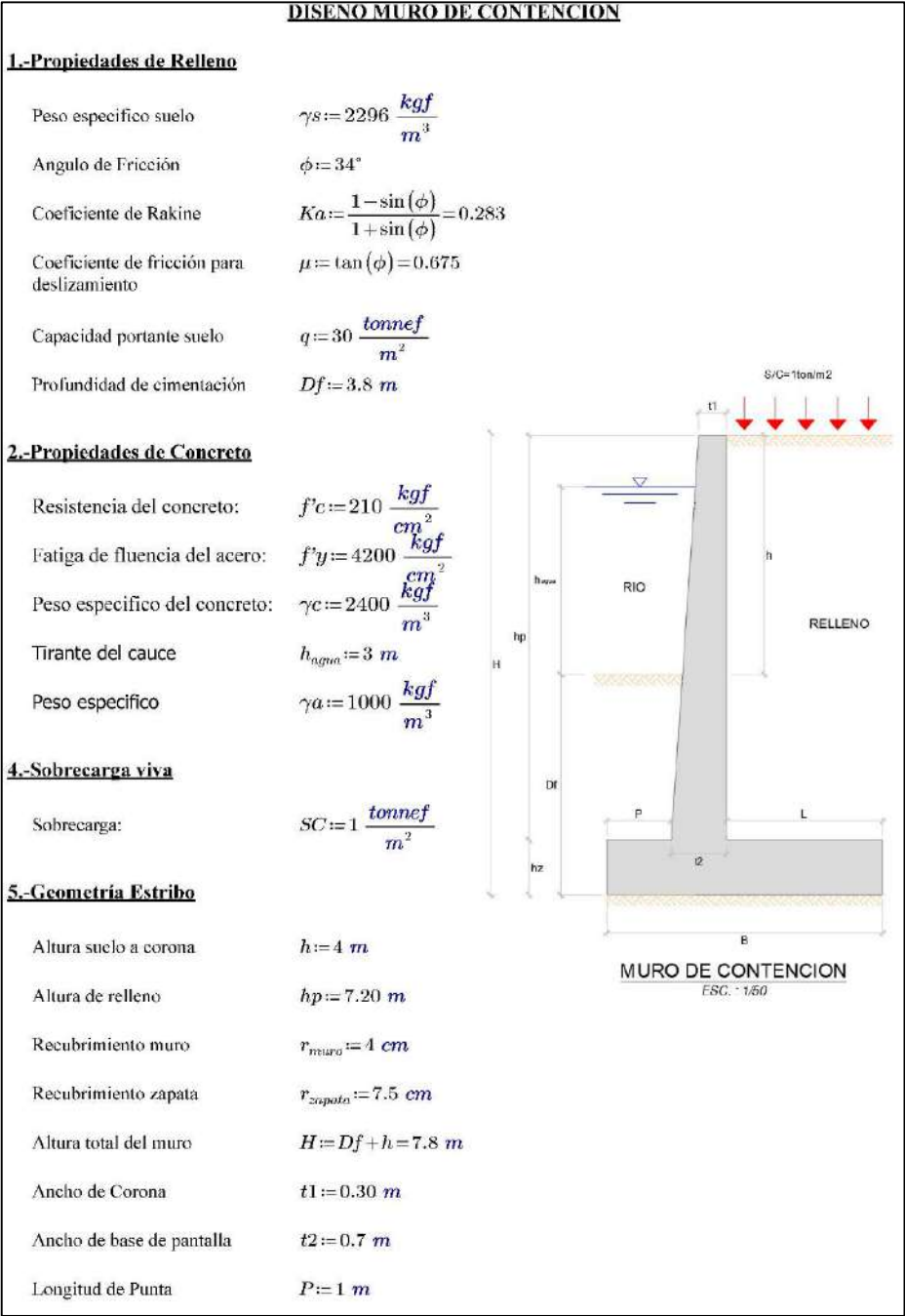
($c=0.30m$) y $b_1=1.30m$. Dichas dimensiones serán constantes a lo largo de las zonas que requieran protección, la estructura será de concreto armado $f'c=210kg/cm^2$.

4.6.2 *Diseño de Muros de Concreto Armado*

Se realizó el diseño para el caudal máximo considerando la altura del agua como se muestran en la figura 51, 52, 53 ,54, 55, 56, 57, 58 y 59. Asimismo, se realizó un plano detallado del muro de contención. Visualizar el plano detalle de muro de contención tipo voladizo en Anexo D.

Figura 51

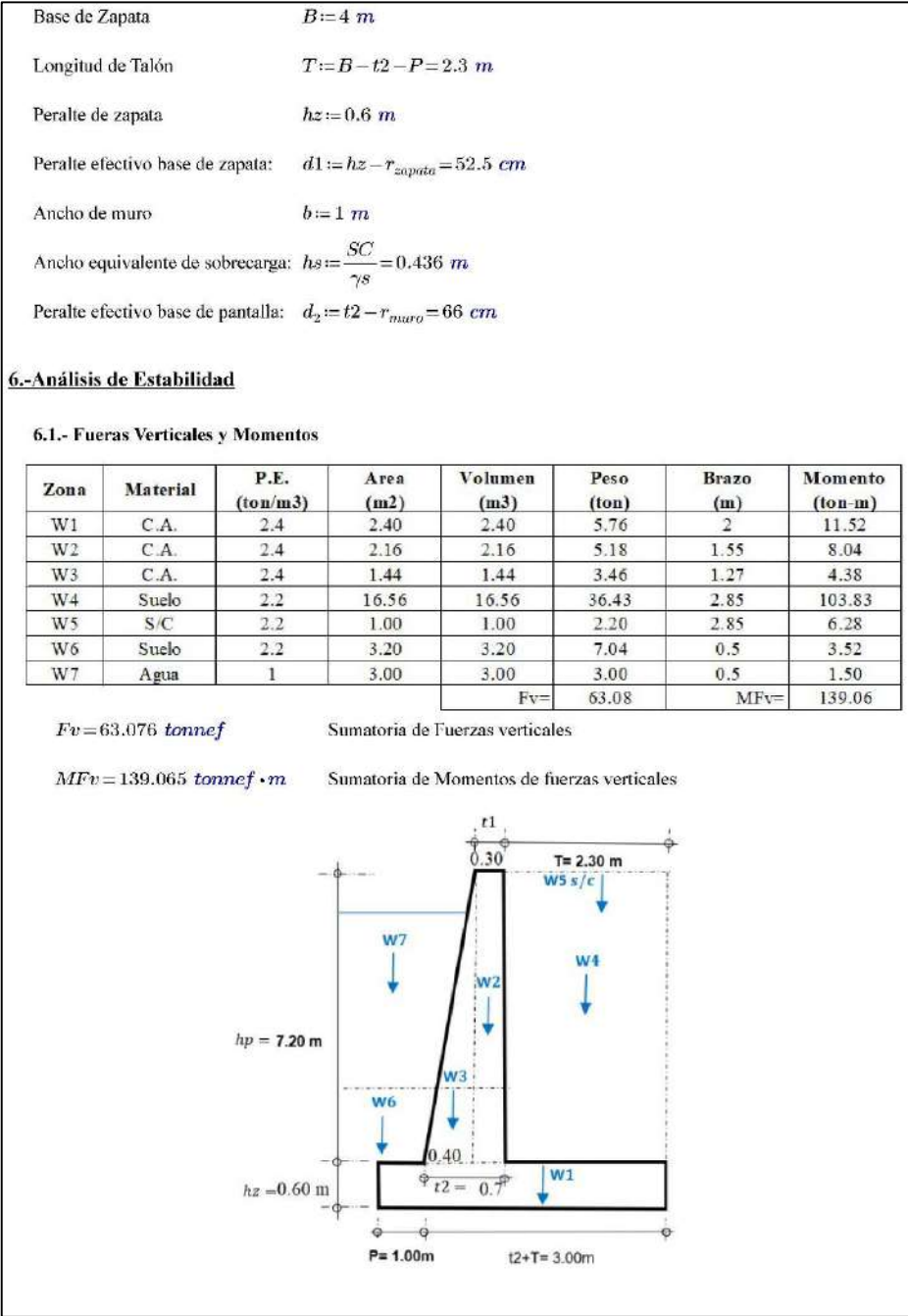
Diseño de muro de contención-parte 1



Nota. Elaboración propia

Figura 52

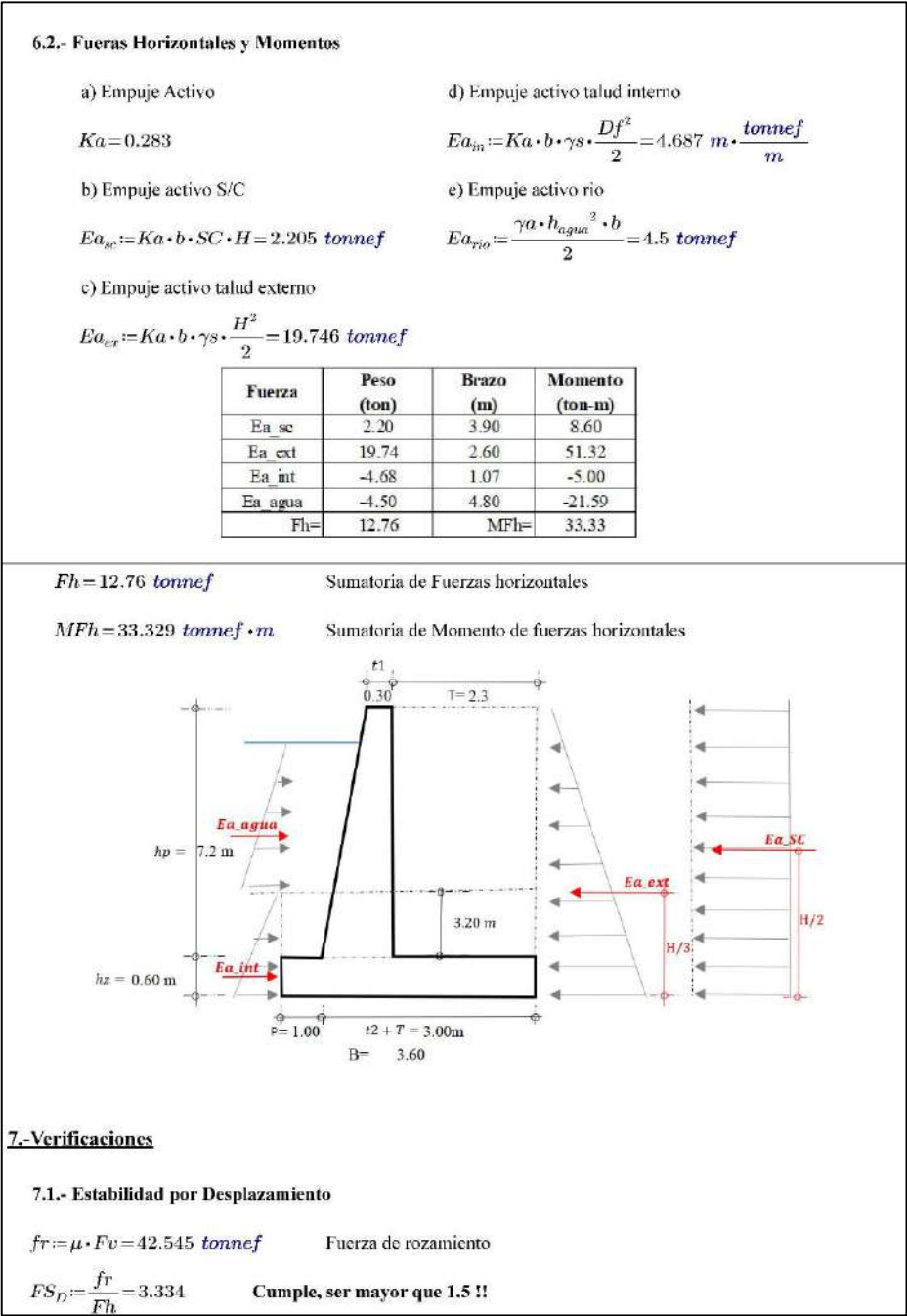
Diseño de muro de contención-parte 2



Nota. Elaboración propia

Figura 53

Diseño de muro de contención-parte 3



Nota. Elaboración propia

Figura 54*Diseño de muro de contención-parte 4*

7.2.- Estabilidad al Volteo

$$FS_v := \frac{MF_v}{MF_h} = 4.172 \quad \text{Cumple, ser mayor que 2.0 !!}$$

7.3.- Estabilidad Frente a Presiones Excesivas

a) Ubicación de resultante

$$x := \frac{MF_v - MF_h}{F_v} = 1.676 \text{ m}$$

b) Cálculo de Excentricidad

$$e := \frac{B}{2} - x = 0.324 \text{ m} \quad \frac{B}{6} = 0.667 \text{ m} \quad \text{Cumple } \frac{B}{6} > e !!$$

c) Cálculo de presiones actuantes

$$q_{max} := \frac{F_v}{B \cdot b} \left(1 + \frac{6 \cdot e}{B} \right) = 23.425 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2} \quad q = 30 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

$$q_{min} := \frac{F_v}{B \cdot b} \left(1 - \frac{6 \cdot e}{B} \right) = 8.113 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

$$q_1 := \frac{(W_4 + W_5)}{T \cdot b} = 17.343 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2} \quad \text{Cumple } q_{max} < q !!$$

$$q_2 := \frac{T \cdot (q_{max} - q_{min})}{B} = 8.804 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

$$q_3 := \frac{(T + t_2) \cdot (q_{max} - q_{min})}{B} = 11.484 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

$$q_4 := \frac{(W_6 + W_7)}{P \cdot b} = 9.244 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

8.- Cálculo momento flector y fuerzas cortantes

8.1.- Cálculo momento flectores en pantalla

$$F1_{pantalla} := Ka \cdot SC \cdot hp = 2.036 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$$

$$F2_{pantalla} := Ka \cdot \gamma_s \cdot \frac{hp^2}{2} = 16.825 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$$

FUERZA	Peso (ton)	Brazo (m)	Momento (ton-m)
F1 pantalla	2.03	3.60	7.33
F2 pantalla	16.82	2.40	40.37

Nota. Elaboración propia

Figura 55

Diseño de muro de contención-parte 5

$$V_c := 0.85 \cdot 0.53 \cdot \sqrt{\frac{f'_c}{\frac{kgf}{cm^2}}} \cdot \frac{kgf}{cm^2} \cdot b \cdot d_2 = 43.087 \text{ tonnef}$$

Cumple $V_c > V_d$!!

8.2.- Cálculo momento flectores en punta de zapata

$$F1_{punta} := q3 \cdot P \cdot b = 11.484 \text{ tonnef}$$

$$F2_{punta} := \frac{(q_{max} - q3) \cdot P \cdot b}{2} = 5.97 \text{ tonnef}$$

$$F3_{punta} := q4 \cdot P \cdot b = 9.244 \text{ tonnef}$$

FUERZA	Peso (ton)	Brazo (m)	Momento (ton-m)
F1_punta	-11.48	0.50	-5.74
F2_punta	-5.97	0.67	-3.98
F3_punta	9.24	0.50	4.62

$$V_c := 0.85 \cdot 0.53 \cdot \sqrt{\frac{f'_c}{\frac{kgf}{cm^2}}} \cdot \frac{kgf}{cm^2} \cdot b \cdot d1 = 34.274 \text{ tonnef}$$

Cumple $V_c > V_d$!!

8.3.- Cálculo momento flectores en talón de zapata

$$F1_{talón} := -q1 \cdot T \cdot b = -39.888 \text{ tonnef}$$

$$F3_{talón} := \frac{(q2 - q_{min}) \cdot T \cdot b}{2} = 0.795 \text{ tonnef}$$

$$F2_{talón} := q_{min} \cdot T \cdot b = 18.66 \text{ tonnef}$$

FUERZA	Peso (ton)	Brazo (m)	Momento (ton-m)
F1_talón	-39.87	1.15	-45.86
F2_talón	18.65	1.15	21.45
F3_talón	0.80	0.77	0.61

$$V_c := 0.85 \cdot 0.53 \cdot \sqrt{\frac{f'_c}{\frac{kgf}{cm^2}}} \cdot \frac{kgf}{cm^2} \cdot b \cdot d1 = 34.274 \text{ tonnef}$$

Cumple $V_c > V_d$!!

9.- Cálculo de Acero

9.1.- Cálculo Aceros verticales en pantalla-relleno

$$M_u := 1.7 \cdot |M_{max}| = 81.076 \text{ m} \cdot \text{tonnef}$$

$$A_s := 0.85 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot b \cdot d_2 \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot (M_u)}{0.9 \cdot 0.85 \cdot f'_c \cdot b \cdot d_2^2}} \right) = 34.636 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{min}} := 0.0015 \cdot b \cdot d_2 = 9.9 \text{ cm}^2$$

Nota. Elaboración propia

Figura 56

Diseño de muro de contención-parte 6

$A_{escogida} := A_{b\#6} = 2.865 \text{ cm}^2$ Varilla de acero 3/4"	$Espaciamiento := \frac{100 \text{ cm}}{\frac{A_s}{A_{escogido}}} = 8.272 \text{ cm}$
9.2.- Longitud de Acero Critica- Pantalla $hc := 1.5 \text{ m}$ $M_u := 2 \cdot 1.7 \cdot \left(\frac{K_a \cdot \gamma s \cdot (hp - hc)^2}{2} \cdot \left(\frac{hp - hc}{3} + hs \right) \right) = 83.735 \text{ tonnef}$ $Lc := hc + d_2 = 2.16 \text{ m}$ "Longitud Critica, considero 2.50 m"	
9.3.- Calculo Aceros verticales en pantalla-rio $A_{s_{min}} := 0.0015 \cdot b \cdot d_2 = 9.9 \text{ cm}^2$	
$A_{escogida} := A_{b\#5} = 1.986 \text{ cm}^2$ Varilla de acero 5/8"	$Espaciamiento := \frac{100 \text{ cm}}{\frac{A_s}{A_{escogido}}} = 20.056 \text{ cm}$
9.4.- Calculo Aceros horizontales en pantalla, base de pantalla- parte media de pantalla a) calculo acero horizontal-lado rio b) calculo acero horizontal-lado relleno $A_{st} := 0.002 \cdot t_2 \cdot b = 14 \text{ cm}^2$ $A_{st} := 0.002 \cdot t_2 \cdot b = 14 \text{ cm}^2$ $A_{sh1} := \frac{2 \cdot A_{st}}{3} = 9.333 \text{ cm}^2$ $A_{sh2} := \frac{A_{st}}{3} = 4.667 \text{ cm}^2$	
$A_{escogida} := A_{b\#5} = 1.986 \text{ cm}^2$ Varilla de acero 5/8"	$Espaciamiento := \frac{100 \text{ cm}}{\frac{A_s}{A_{escogido}}} = 21.274 \text{ cm}$
$A_{escogida} := A_{b\#4} = 1.267 \text{ cm}^2$ Varilla de acero 1/2"	$Espaciamiento := \frac{100 \text{ cm}}{\frac{A_s}{A_{escogido}}} = 27.145 \text{ cm}$
9.5.- Calculo Aceros horizontales en pantalla, parte media de pantalla- corona de pantalla a) calculo acero horizontal-lado rio b) calculo acero horizontal-lado relleno $A_{st} := 0.002 \cdot \frac{(t_2 + t_1)}{2} \cdot b = 10 \text{ cm}^2$ $A_{st} := 0.002 \cdot \frac{(t_2 + t_1)}{2} \cdot b = 10 \text{ cm}^2$	

Nota. Elaboración propia

Figura 57

Diseño de muro de contención-parte 7

$$Ash3 := \frac{2 \cdot Ast}{3} = 6.667 \text{ cm}^2$$

$$Ash4 := \frac{Ast}{3} = 3.333 \text{ cm}^2$$

$$A_{escogido} := A_{b\#5} = 1.986 \text{ cm}^2$$

Varilla de acero 5/8"

$$Espaciamiento := \frac{100 \text{ cm}}{\frac{Ash3}{A_{escogido}}} = 29.783 \text{ cm}$$

$$A_{escogido} := A_{b\#4} = 1.267 \text{ cm}^2$$

Varilla de acero 1/2"

$$Espaciamiento := \frac{100 \text{ cm}}{\frac{Ash4}{A_{escogido}}} = 38.003 \text{ cm}$$

9.6.- Cálculo Aceros en la punta de la zapata

$$M_{max_punta} = -5.099 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$M_u_punta := 1.7 \cdot |M_{max_punta}| = 8.668 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$As_{punta} := 0.85 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot b \cdot d1 \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_u_punta}{0.9 \cdot 0.85 \cdot f'_c \cdot b \cdot d1^2}} \right) = 4.411 \text{ cm}^2$$

$$As_{min_punta} := 0.0018 \cdot b \cdot d1 = 9.45 \text{ cm}^2$$

$$A_{escogido} := A_{b\#5} = 1.986 \text{ cm}^2$$

Varilla de acero 5/8"

$$Espaciamiento := \frac{100 \text{ cm}}{\frac{As_{min_punta}}{A_{escogido}}} = 21.011 \text{ cm}$$

9.7.- Cálculo Aceros en el talón de la zapata

$$M_{max_talon} = -23.795 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$M_u_talon := 1.7 \cdot |M_{max_talon}| = 40.451 \text{ tonnef} \cdot m \quad d := h_z - r_{zapata} = 52.5 \text{ cm}$$

$$As_{talon} := 0.85 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot b \cdot d \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_u_talon}{0.9 \cdot 0.85 \cdot f'_c \cdot b \cdot d^2}} \right) = 21.411 \text{ cm}^2$$

$$As_{min_talon} := 0.0018 \cdot b \cdot d = 9.45 \text{ cm}^2$$

$$A_{escogido} := A_{b\#5} = 1.986 \text{ cm}^2$$

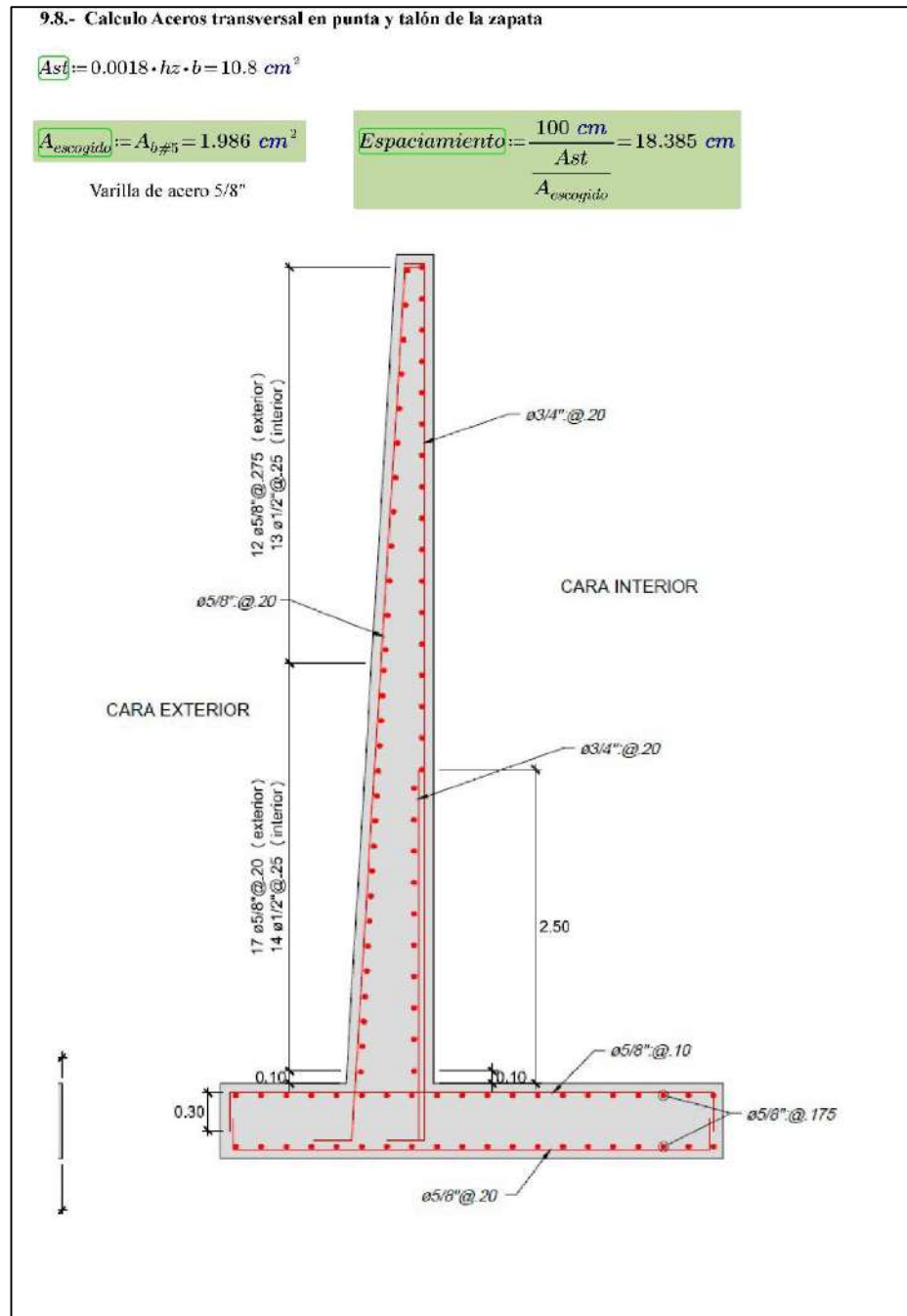
Varilla de acero 5/8"

$$Espaciamiento := \frac{100 \text{ cm}}{\frac{As_{talon}}{A_{escogido}}} = 9.274 \text{ cm}$$

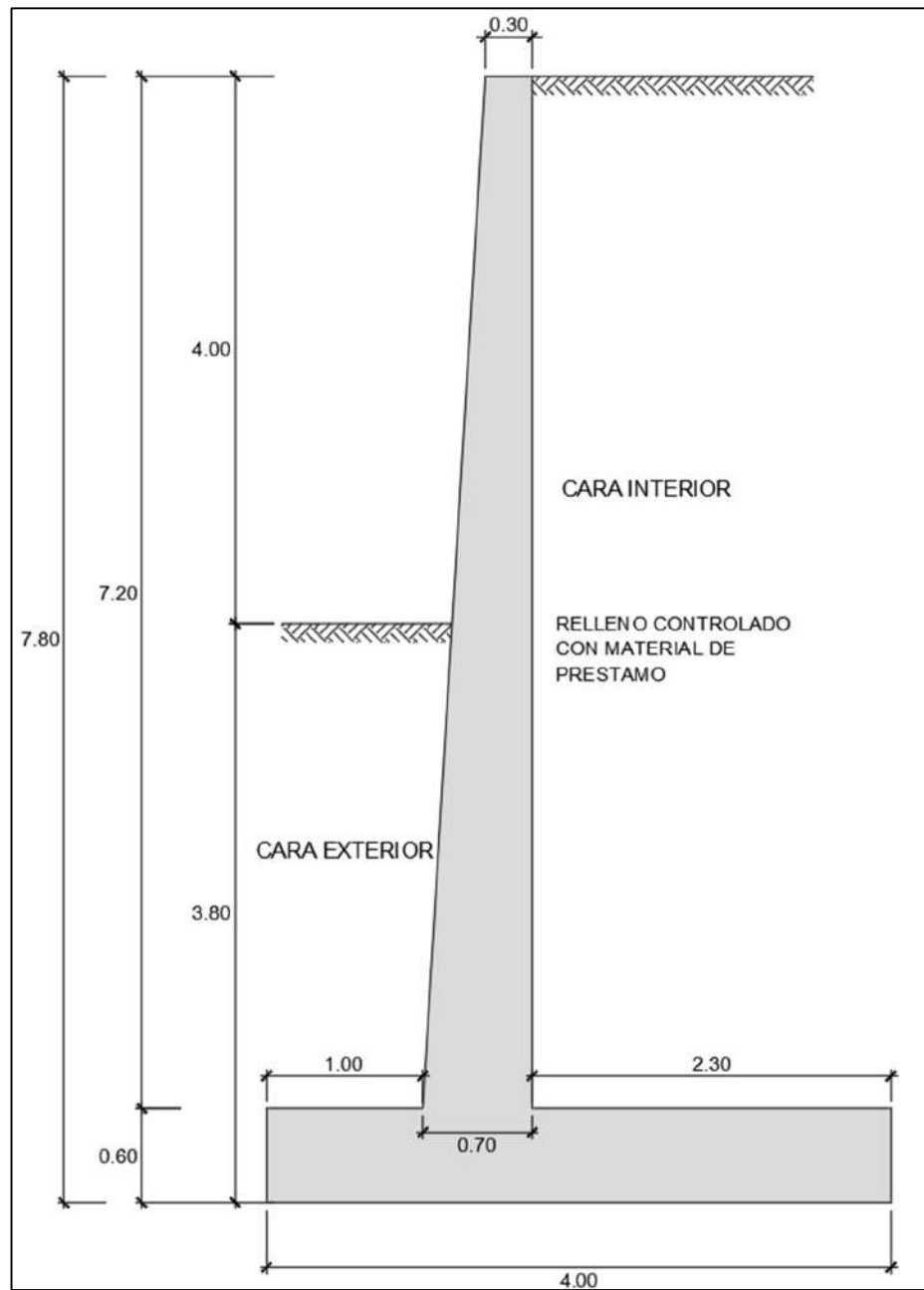
Nota. Elaboración propia

Figura 58

Diseño de muro de contención-parte 8



Nota. Elaboración propia

Figura 59*Diseño de muro de contención-parte 9**Nota.* Elaboración propia

CAPÍTULO V

DISCUSION DE RESULTADOS

Se analizó el comportamiento hidráulico de las defensas ribereñas existentes en la zona urbana del río Moquegua, donde se constataron los resultados considerando la información topográfica como curvas de nivel y secciones transversales e información de caudales máximos históricos con periodo de retorno de 175 años y 500 años, solicitados al SENAMHI. En tal sentido, se realizó el modelamiento hidráulico el cual permitió conocer parámetros como tirante máximo que cambiaban de profundidad en cada progresiva, demostrando que en situaciones extraordinarias las defensas ribereñas existentes no aseguran la seguridad de la población, generando socavación y riesgos de desborde como en años pasados.

Se identificaron las defensas ribereñas existentes del río Moquegua a partir de la inspección en campo, ubicando las zonas críticas en base a tramos que sectorizan la muestra de estudio donde las defensas ribereñas son diferentes, inexistentes o están dañadas. De tal modo, se evidencia la falta de protección en el margen derecho del cauce en zona rural o de cultivo, ya que solo cuenta con protección por medio de taludes de residuos sólidos y escombros. Por otra parte, el margen izquierdo en zona urbana, no presenta continuidad en sus defensas ribereñas, especialmente donde se aprecian rastros de desborde y socavación en veredas y pistas. Por consiguiente, este estudio se complementa con mapas de zonas críticas donde se muestran los tramos protegidos y no protegidos con parámetros complementarios.

Para evaluar la influencia del diseño y comportamiento hidráulico ante registro de caudales, se realizó el modelamiento hidráulico para evaluar el tirante máximo alcanzado con la altura del muro gavión, enrocado o talud de residuo sólido existente. En tal sentido, se observó que en el margen donde se ubica la zona rural o agrícola, presentan desbordes por la

falta de protección, especialmente entre la prog 1+180.00 hasta 1+480.00 ubicados en el tramo 5 y 6. Sin embargo, el problema que tiene el margen urbano tiene que ver con la socavación que se produce en las defensas ribereñas existentes, que debido a su ineficiente planteamiento de diseño para el comportamiento real del del rio. Respecto al estado de conservación de las defensas ribereñas, se evidencio la falta mantenimiento en su momento de los muros gavión y la falta de protección en la base de los enrocados que sufren de socavación.

Finalmente, para plantear la mejor estructura de protección, en base a la inspección *in-situ* se descartaron los muros gavión y enrocados debido a la profundidad de 3.80 m de cimentación que se había calculado con un caudal con periodo de retorno de 500 años y una altura de 4.00 m medida desde el cauce del rio. En tal sentido se propuso la implementación de muros de contención tipo en voladizo, ya que Yang et al. (2024) indica que, es un tipo de defensa ribereñas aprobado por su sólida protección contra la socavación y fuerza ejercía por los residuos sólidos que son llevados por el cauce del rio, también considerar el bajo mantenimiento a largo plazo, ya que no sufren daño tan fácilmente como los gaviones o enrocados ante agresividad del cauce.

CONCLUSIONES

1. Se identificaron las defensas ribereñas existentes como muro gavión, enrocados y taludes de residuos sólidos en el río Moquegua, no están ubicados en los puntos críticos existiendo sectores más vulnerables sin ningún tipo de protección.
2. El análisis y modelamiento hidráulico en HEC-RAS demostró que varias defensas ribereñas no poseen las dimensiones suficientes para contener eventos extremos proyectados puesto que el comportamiento hidráulico para un periodo de retorno de 175 años y 500 años es ineficiente, demostrándose desbordes y problemas de socavación en la zona urbana, especialmente en márgenes protegidos con taludes de enrocados sin la profundidad adecuada disminuyendo significativamente su capacidad hidráulica.
3. Se planteo el diseño de las defensas ribereñas con mejor comportamiento hidráulico como el uso de muro de concreto armado tipo voladizo debido que presentan el mejor desempeño para las condiciones del río Moquegua, ya que ofrecen mayor resistencia a la socavación y estabilidad estructural frente a caudales extremos y mayor durabilidad por ser de concreto armado y menor costo de mantenimiento a comparación del muro gavión y enrocado.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un reordenamiento y ampliación de defensas ribereñas en todos los puntos críticos identificados, asegurando una cobertura continua en las zonas vulnerables y urbana más expuestas.
2. Implementar un plan de mantenimiento periódico que incluya la reparación y reposición de las defensas ribereñas existentes con la finalidad de mantener la capacidad hidráulica y de esta manera evitar los desbordes y deterioro de vías
3. Priorizar la construcción de muros de gravedad de concreto armado tipo voladizo en zonas de mayor riesgo, diseñados para periodos de retorno de al menos 50 años y considerando las características geotécnicas locales.

REFERENCIAS

- Abdelhakim, K., Badre, E., Ismail, A. L., Badre, M., Brahim, A. S., Mohamed, E. O., & Lahcen, K. (2025). Evaluation of flood protection measures: case study of the Aït Athmane Center in the Draa-Tafilalet region (Morocco). *Mediterranean Geoscience Reviews*, 7(1), 139–158. <https://doi.org/10.1007/s42990-024-00150-6>
- Alvarez, O., & Márquez, R. (2020). *Análisis hidráulico e hidrológico de la cuenca del río moquegua para el diseño de defensa ribereñas* (Tesis de grado). Repositorio URP. <https://repositorio.urp.edu.pe/entities/publication/b26de2cc-ee06-44da-90d6-9d32108d3147>
- Andina. (2021). Ríos Tumilaca y Moquegua se desbordaron afectando carretera y servicio de agua potable. <https://andina.pe/agencia/noticia-rios-tumilaca-y-moquegua-se-desbordaron-afectando-carretera-y-servicio-agua-potable-971270.aspx>
- Autoridad Nacional del Agua. (2010). *Capítulo II: Información básica de la cuenca*. https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/Capitulo%202_0.pdf
- Autoridad Nacional del Agua. (2014). *Gestión de los recursos hídricos: cuenca Moquegua*. <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Proyeccion-Institucional/Encuentros-Regionales/2014/moquegua/eer-moquegua-2014-iglesias.pdf>
- Autoridad Nacional del Agua. (2022). *ANA participa de socialización del Proyecto de Defensas Ribereñas del río Tumbes*. Gobierno del Perú.
- Bellido, E. (1979). *Geología del cuadrángulo de Moquegua*, hoja: 35 - u. https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/132/3/A015-Boletin_Moquegua-35u.PDF
- Blas, J., & Meza, J. (2023). *Comportamiento hidráulico y propuesta de diseño de defensas ribereñas en zonas de inundación del río Lurín*, Lima. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/139784>
- Braja, M. (2011). *Fundamento de Ingeniería de Cimentaciones* (7.^a ed). https://issuu.com/gustavochonlongalcivar/docs/fundamentos_de_ingenieria_de_ciment
- Bustamante, L. (2020). Coastal floods and mudslides risk in Peru. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:238291490>
- Carrasco, S. (2008). *Metodología de La Investigación Científica: Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación*. Editorial San Marcos.
- Ccopi, D., Barzola, B., Ruiz, S., Gabriel, E., Ortega, K., & Cordova, F. (2023). River Flood Risk Assessment in Communities of the Peruvian Andes: A Semiquantitative Application for Disaster Prevention. *Sustainability*, 15(18), 13768. <https://doi.org/10.3390/su151813768>

- CENEPRED. (2025). *CENEPRED y autoridades locales inspeccionan zonas de riesgo por posible desborde del río Camaná*. Gobierno del Perú. <https://www.gob.pe/institucion/cenepred/noticias/1140388-cenepred-y-autoridades-locales-inspeccionan-zonas-de-riesgo-por-posible-desborde-del-rio-camana>.
- Chow, V. te, Maidment, D., & Mays, L. (1994). *Hidrología Aplicada*. <https://es.scribd.com/document/447733434/Hidrologia-Aplicada-Ven-Te-Chow-pdf>
- Coneval. (2020). *Ficha de monitoreo y evaluación*. https://www.coneval.org.mx/EvaluacionDS/Metodologia/Documents/Criterios_elaboracion_FMyE_No_vigentes.pdf
- Congreso de la Republica. (2017). *Ley N° 30557*. https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sial-sialtrujillo/archivos/public/docs/ley_30557.pdf
- Contraloría General de la República. (2022). *Contraloría advierte deficiencias en construcción de defensa ribereña del distrito de Baños*. <https://www.gob.pe/institucion/contraloria/noticias/675837-contraloria-advierdeficiencias-en-construccion-de-defensa-riberena-del-distrito-de-banos>
- Cruz, J. (2019). *Análisis de zonas vulnerables a inundación y sus alternativas de encauzamiento en el Río Tumilaca, tramo malecón ribereño del distrito de Moquegua*. <https://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/980>
- Defensoría del Pueblo. (2024). *Defensoría del Pueblo pide a GORE Moquegua adoptar de manera urgente medidas de mitigación y respuesta ante incremento de lluvias intensas en la región*. <https://www.defensoria.gob.pe/defensoria-del-pueblo-pide-a-gore-moquegua-adoptar-de-manera-urgente-medidas-de-mitigacion-y-respuesta-ante-incremento-de-lluvias-intensas-en-la-region/>
- Faustino, J., & Jiménez, F. (2000). *Manejo de cuencas hidrográficas*.
- Fracassi, G. (2019). *Defensas ribereñas con gaviones y geo sintéticos*.
- Gottardi, G., Gagnano, C. G., Ranalli, M., & Tonni, L. (2020). Reliability analysis of riverbank stability accounting for the intrinsic variability of unsaturated soil parameters. *Structural Safety*, 86, 101973. <https://doi.org/10.1016/j.strusafe.2020.101973>
- Harmsen, T. (2002a). *Diseño de Estructuras de Concreto Armado* (3.^a ed). <https://www.cozing.com.bo/uploads/document/file/10/15609653611399.pdf>
- Harmsen, T. (2002b). *Diseño Estructuras de Concreto Armado* (3.^a ed). <https://www.cozing.com.bo/uploads/document/file/10/15609653611399.pdf>
- J. S., N., & Mishra, V. (2024). Drivers of widespread floods in Indian river basins. *Journal of Hydrometeorology*, 25(11), 1593–1606. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-23-0168.1>

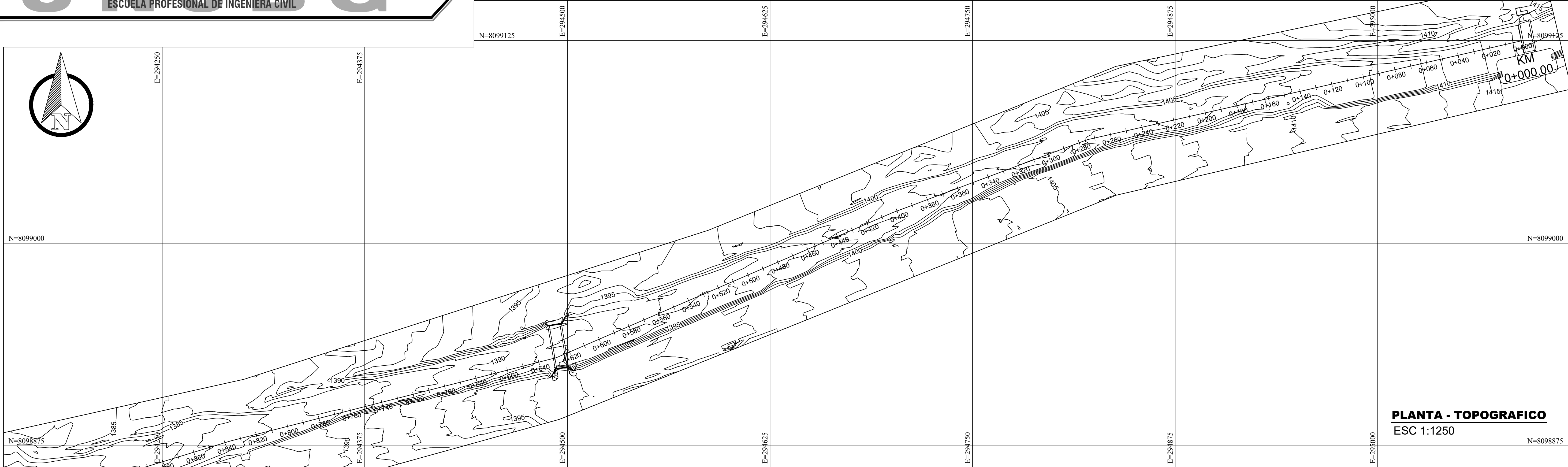
- Jung, K., An, H., Hwang, S., Seo, S. B., Park, H., Park, C., & Yoo, J. (2023). Assessing the Suitability of the Flood Defense Policy of Republic of Korea for Risk Reduction in Local Rivers. *Water*, 15(22), 3908. <https://doi.org/10.3390/w15223908>
- Linco, N. (2015). *Diseño de defensas fluviales río Cruces en San José de la Mariquina*. <https://biblioteca.cehum.org/bitstream/123456789/715/1/Linco.%20Dise%C3%B1o%20de%20defensas%20fluviales%20R%C3%ADo%20Cruces%20en%20San%20Jos%C3%A9%20de%20La%20Mariquina..pdf>
- MACCAFERRI. (2010). *Defensas ribereñas y obras transversales*. Soluciones Ambientales, 20. <https://es.scribd.com/doc/170934186/Defensas-riberenas-y-obras-transversales>
- Maldonado, N. (2016). *Diseño de enrocados de protección de la relavera La Esperanza – Río Tulumayo*. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12672/5241>
- Márquez, F. (2017). *Curso básico de topografía: planimetría, agrimensura, altimetría*. Editorial Pax México. https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=lang_es&id=f2ySmhH_Pf8C&oi=fnd&pg=PA1
- Martínez, W., & Zuloaga, A. (2000). *Memoria Explicativa de la Geología del Cuadrángulo de Moquegua* (35-u). <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2044#files>
- Medina Romero, M. Á., Hurtado Tiza, D. R., Muñoz Murillo, J. P., Ochoa Cervantez, D. O., & Izundegui Ordóñez, G. (2023). *Método mixto de investigación: Cuantitativo y cualitativo*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.105>
- Merz, B., Blöschl, G., Vorogushyn, S., Dottori, F., Aerts, J. C. J. H., Bates, P., Bertola, M., Kemter, M., Kreibich, H., Lall, U., & Macdonald, E. (2021). Causes, impacts and patterns of disastrous river floods. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2(9), 592–609. <https://doi.org/10.1038/s43017-021-00195-3>
- Ministerio de Agricultura y Riego - MINAGRI. (2010). *Ley N° 29338*. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/reglamento-ley-recursos-hidricos-ley-no-29338>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2015). *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*. http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf
- MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCIÓN SANEAMIENTO. (2018). *Norma técnica de diseño: Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1743222/ANEXO%20RM%20192-2018-VIVIENDA%20B.pdf.pdf>
- Naciones Unidas. (2024). *El agua: en el centro de la crisis climática*. <https://www.un.org/es/climatechange/science/climate-issues/water>

- Nina Dilas, N. M., & Román Arce, C. R. (2022). Zonas de vulnerabilidad y peligros ambientales en la cuenca del río Moquegua. *Ingeniería Investiga*, 4. <https://doi.org/10.47796/ing.v4i0.583>
- Orellana, G. (2023). *Modelamiento hidrológico e hidráulico para el análisis de inundación utilizando los modelos numéricos IRIC y RS Minerve en el cauce de la quebrada Ciudad de Dios, distrito de Yura, provincia y región de Arequipa*. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/items/fd7c8afc-5a52-4525-8e2e-f7bf551a0b72>
- Parra, L. (2023). *Modelamiento hidrológico para el diseño de la defensa ribereña en el río Mala sector Cruz Blanca, Cañete*. <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/6553>
- Pérez, L. (2022). *Evaluación del diseño hidráulico y estructural de las defensas ribereñas en la margen izquierda del puente comuneros*. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/11559>
- PERU21. (2020). Son más de 600 las familias damnificadas en Moquegua tras huaico y desborde de río. <https://peru21.pe/peru/son-mas-de-600-las-familias-damnificadas-en-moquegua-tras-huaico-y-desborde-de-río-noticia/>
- PNUD. (2024). *Una ruta para el acceso al agua frente a las lluvias*. <https://www.undp.org/es/peru/noticias/una-ruta-para-el-acceso-al-agua-frente-las-lluvias>
- Prensa Regional. (2024). *Emergencia por lluvias: Primer desbordamiento del río Moquegua causa estragos*. <https://prensaregional.pe/emergencia-por-lluvias-primer-desbordamiento-del-río-moquegua-causa-estragos/>
- Ramos, C. (2020). Alcances de una investigación. *CienciAmérica*, 9(3), 1–6. <https://doi.org/10.33210/ca.v9i3.336>
- SINAGERD. (2011). *Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastre*. <https://ww3.vivienda.gob.pe/grd/normas/9.%20DS%20N%C2%B0%20048-2011-PCM.pdf>
- Singh, A. K., Dave, M., Salvi, R., & Juneja, A. (2024). An Experimental Investigation into the Use of Three-Stepped Gabion Walls for Coastal Protection Works Using Acoustic Doppler Velocimeter. *International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering*, 10(1), 1. <https://doi.org/10.1007/s40891-023-00510-6>
- Villón, M. (2002). *Hidrología*. [https://directoriobiblioteca.cetemin.edu.pe/...](https://directoriobiblioteca.cetemin.edu.pe/)
- Villón, M. (2005). *Diseño de Estructuras Hidráulicas*. <https://es.scribd.com/doc/228361121/Diseno-de-Estructuras-Hidraulicas-Maximo-Villon-B>
- Yang, R., Qu, D., Zhang, J., Zhao, G., & Gu, C. (2024). Numerical evaluation of impact resistance of reinforced concrete walls. *Structures*, 64, 106518. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2024.106518>

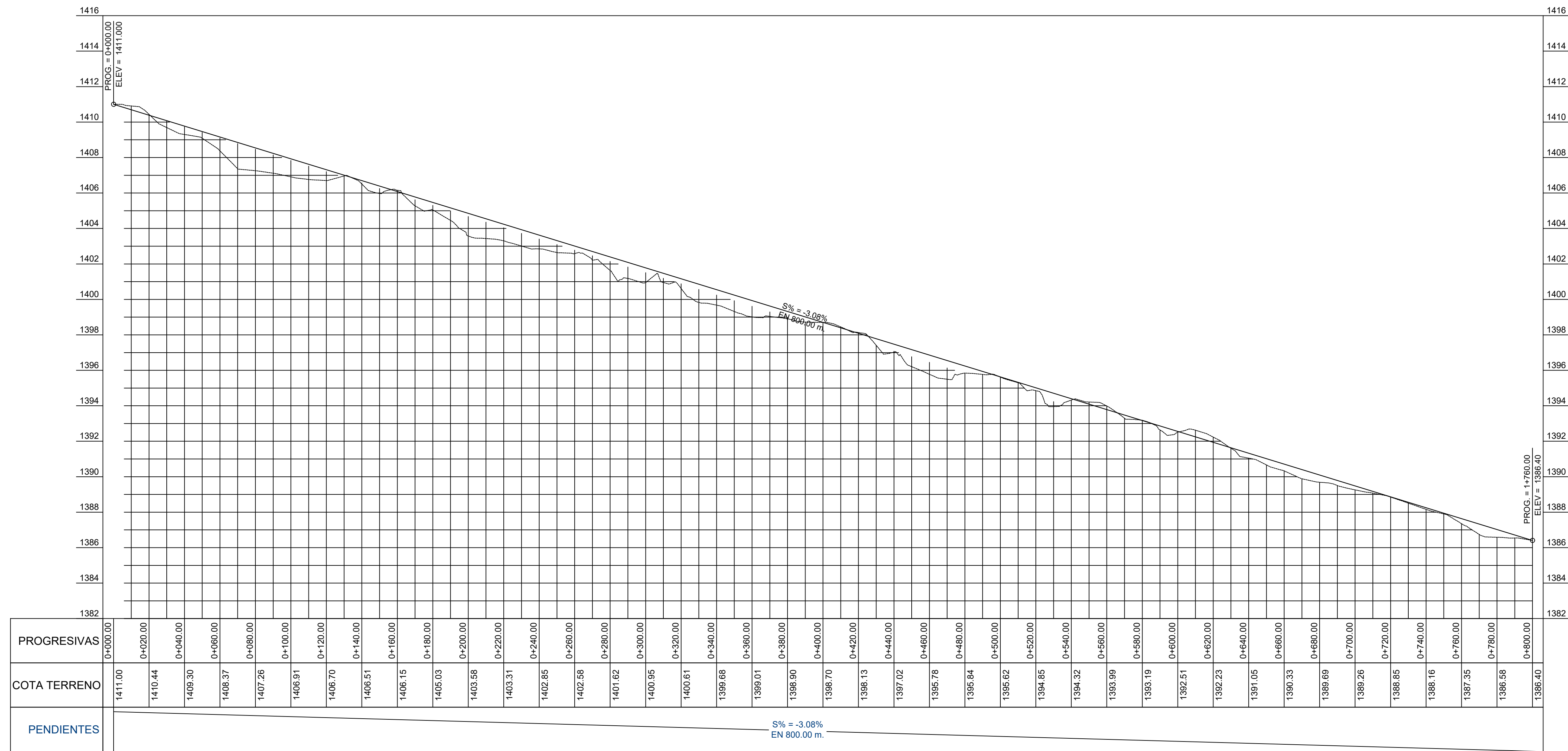
ANEXOS

Anexo A

Planos Topográficos de curvas de nivel, perfil longitudinal y secciones transversal

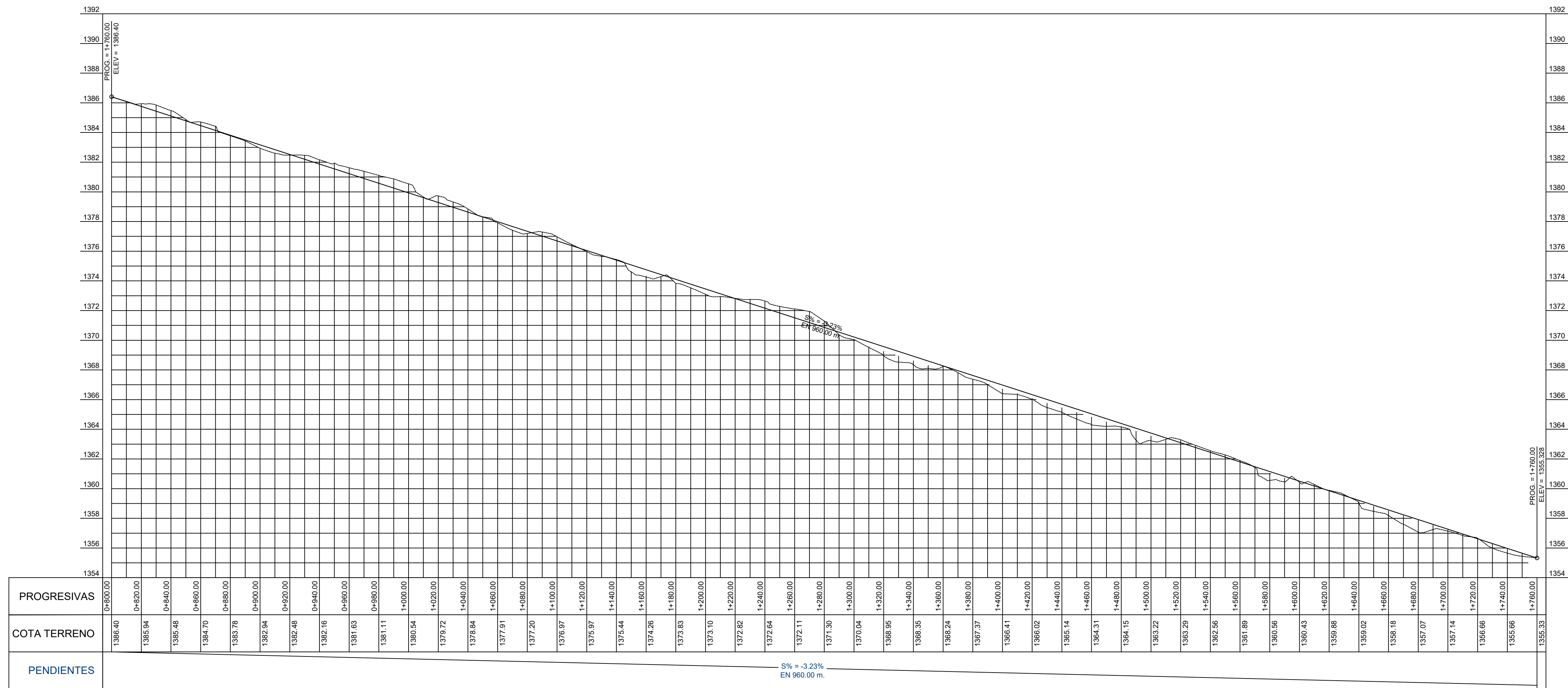
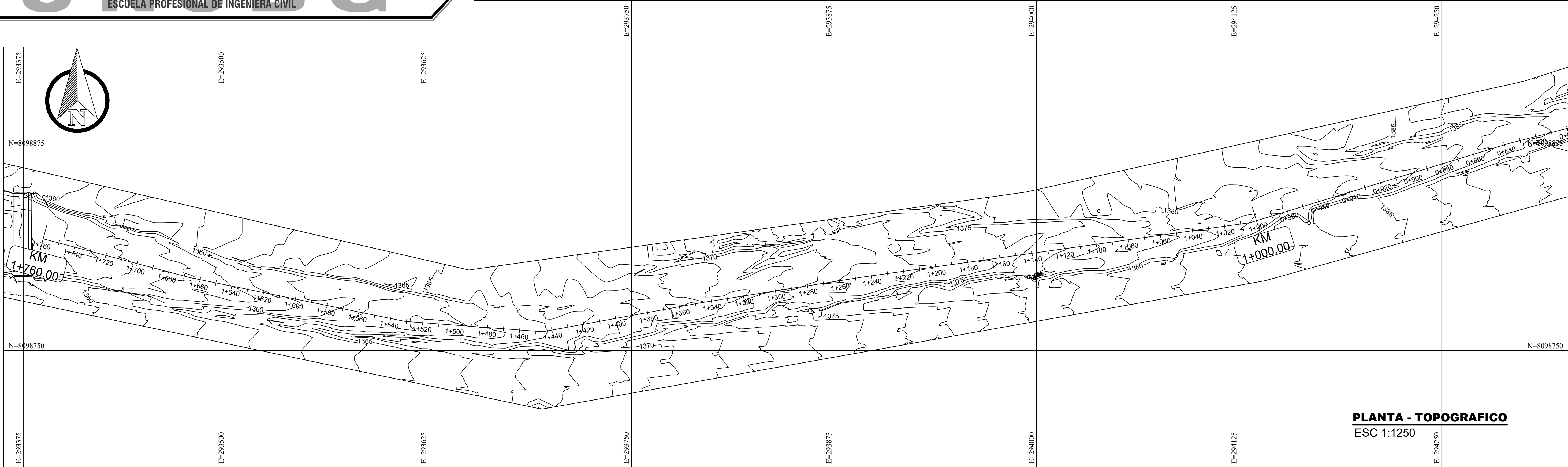


PLANTA - TOPOGRAFICO
ESC 1:1250

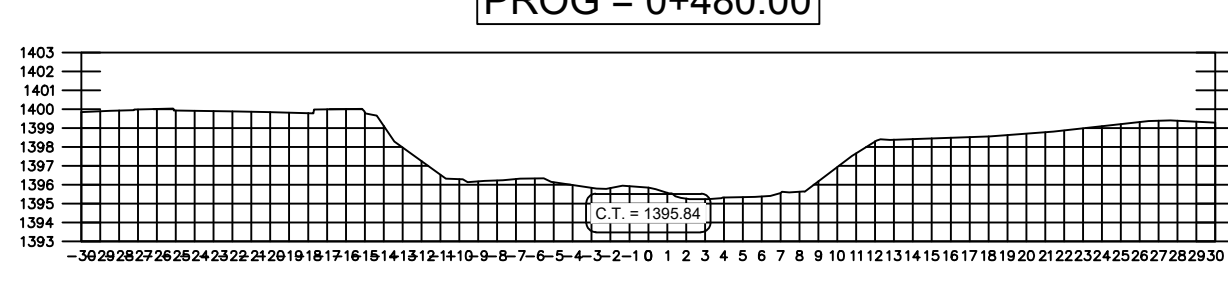
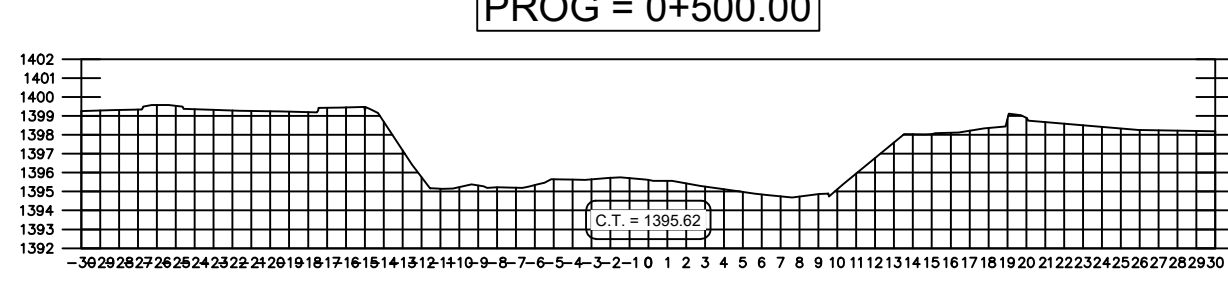
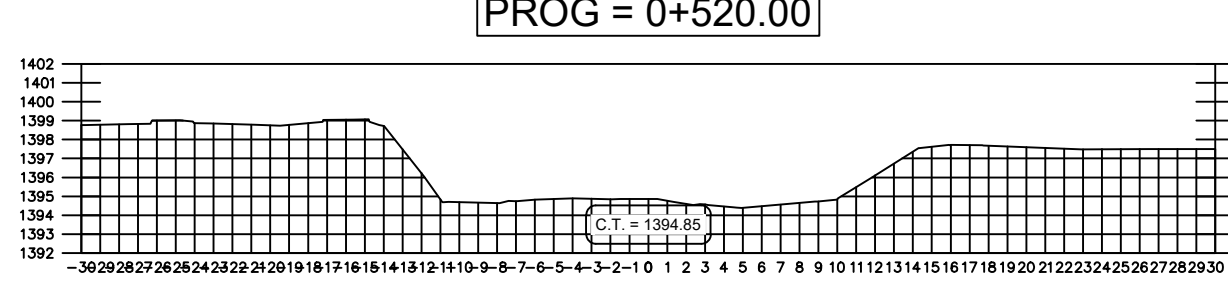
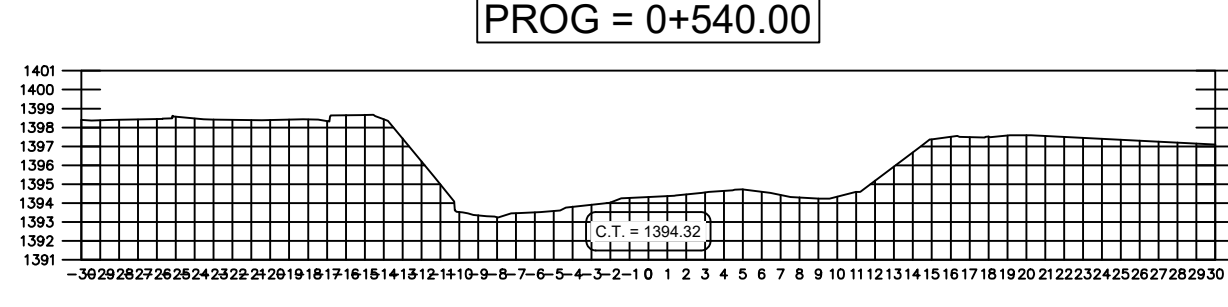
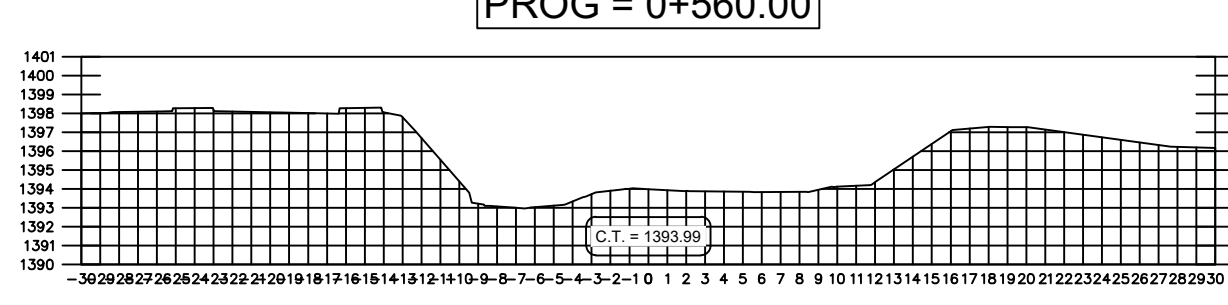
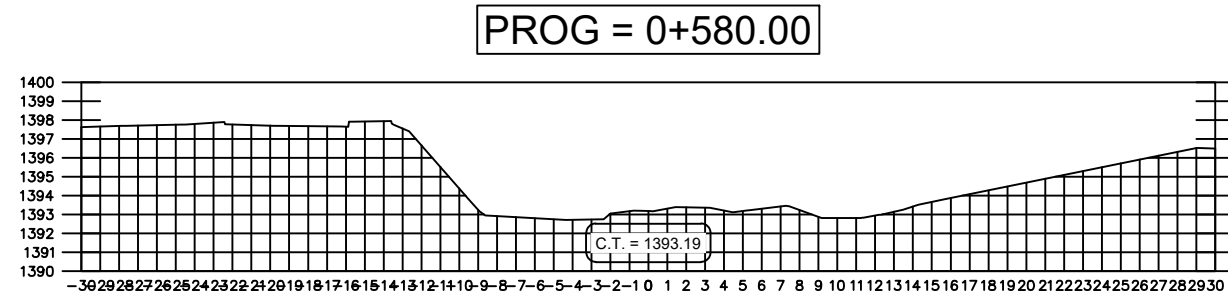
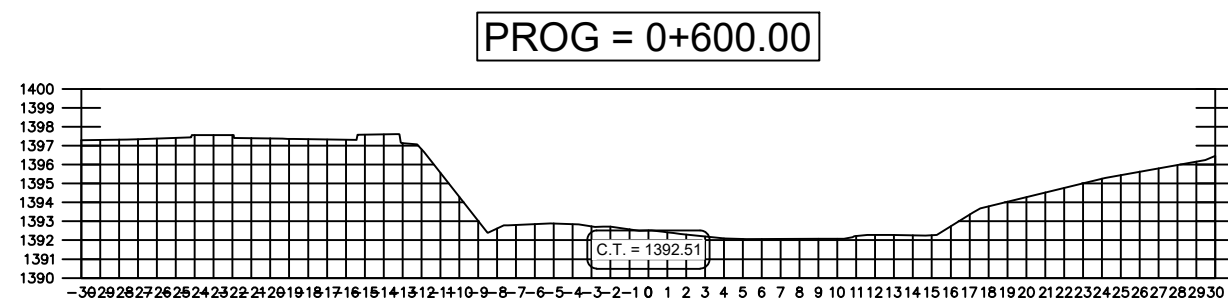
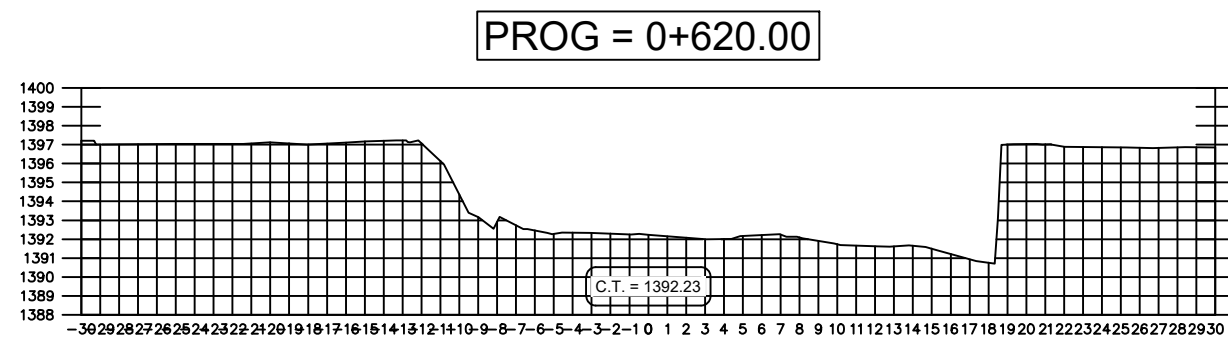
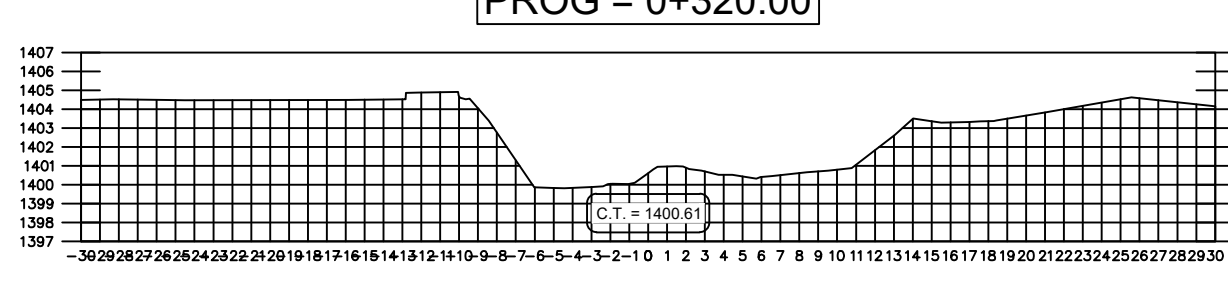
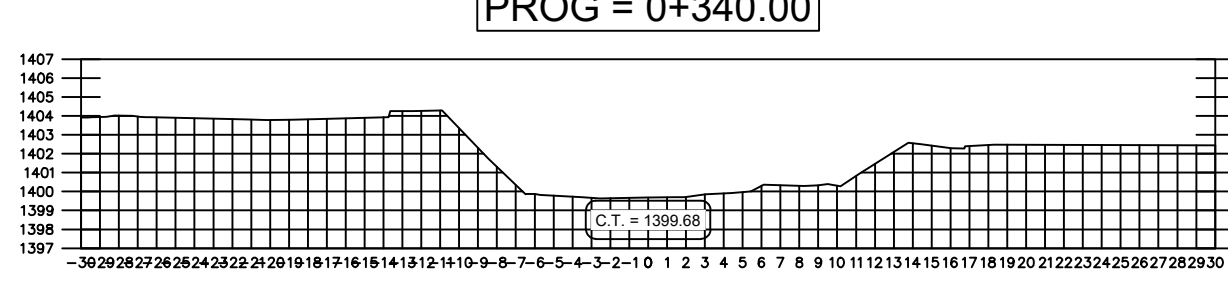
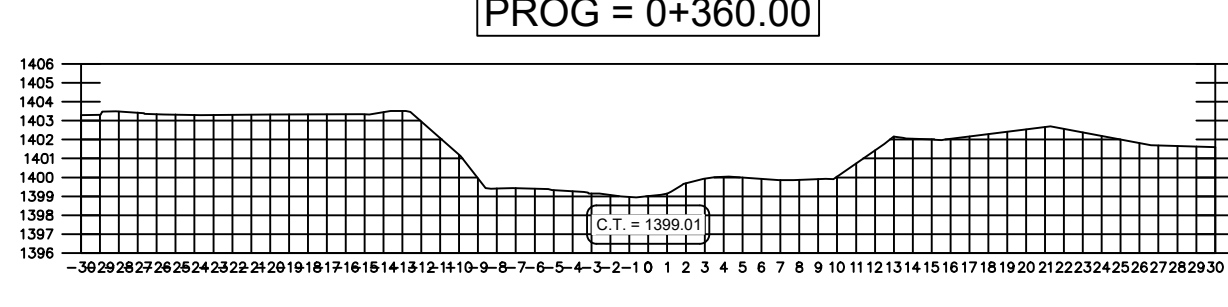
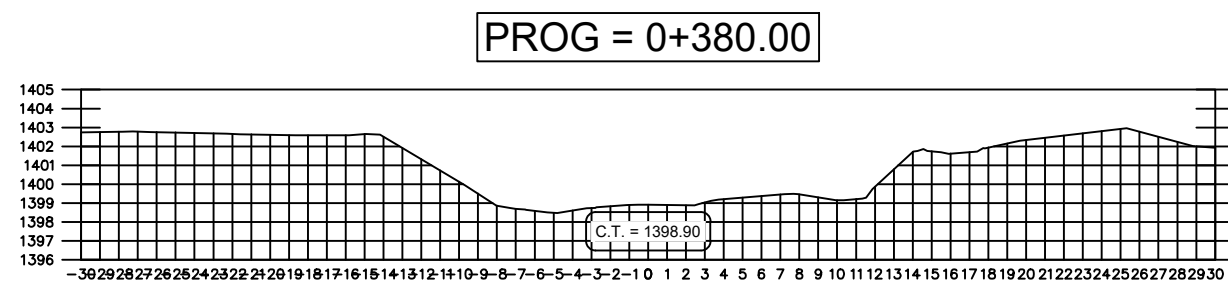
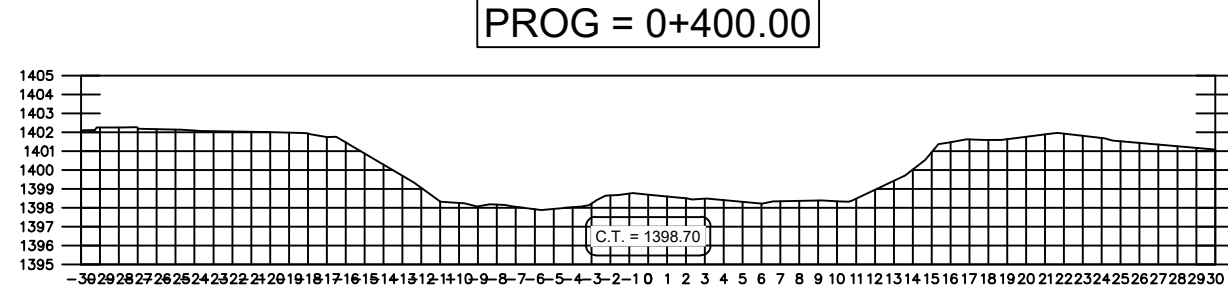
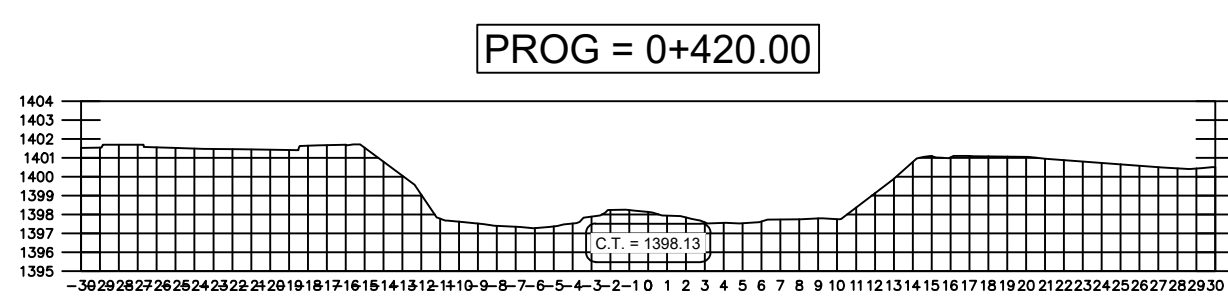
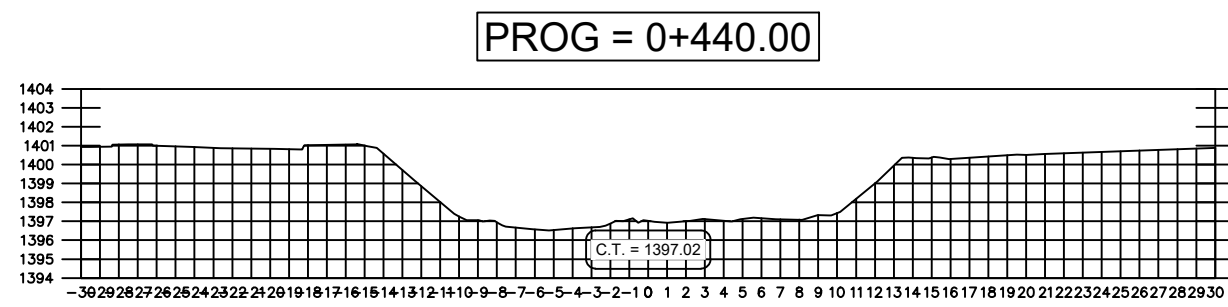
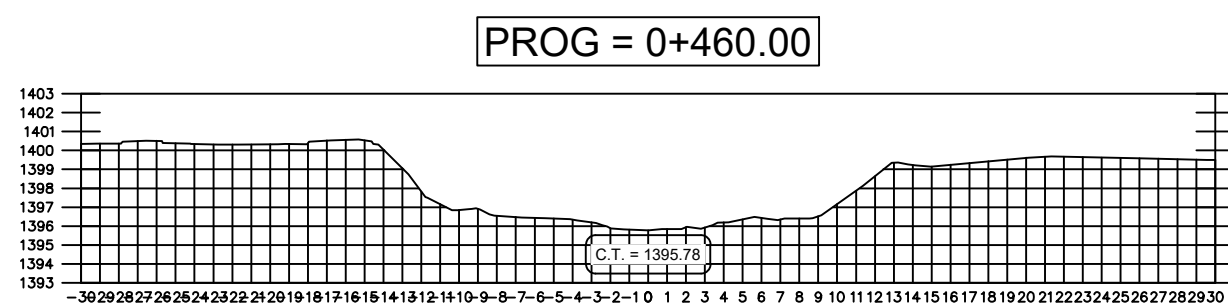
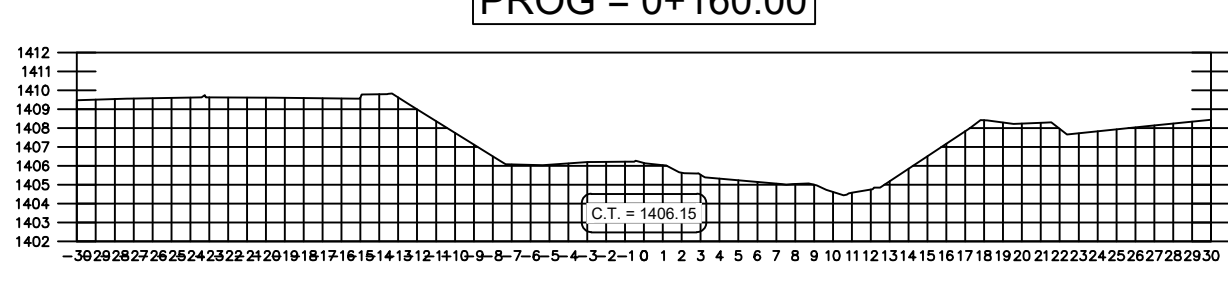
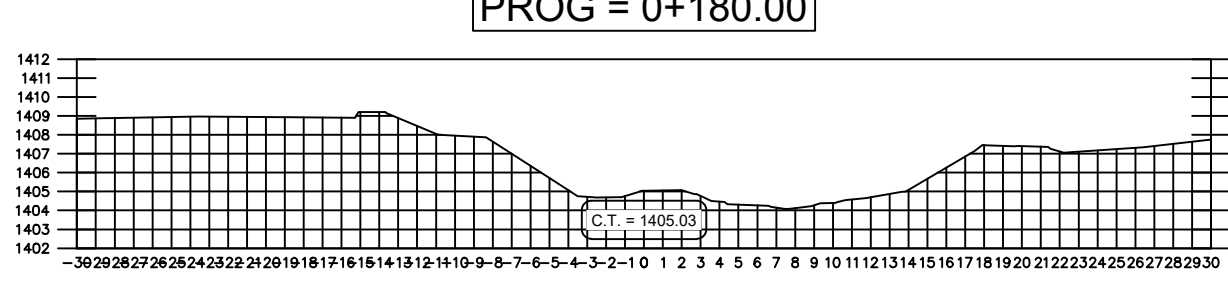
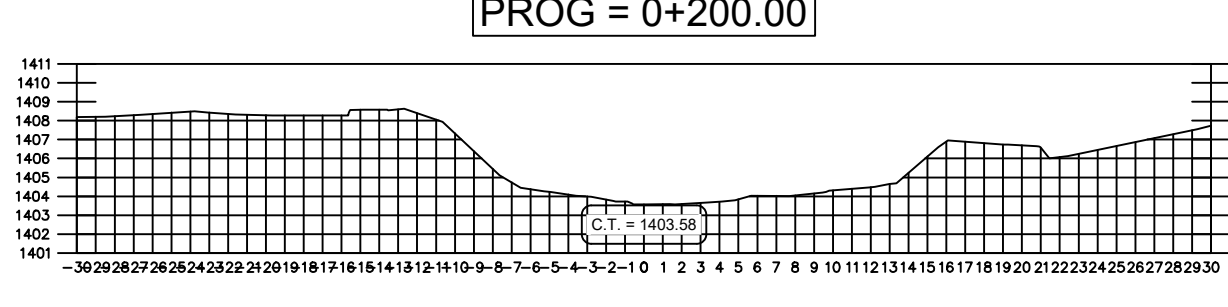
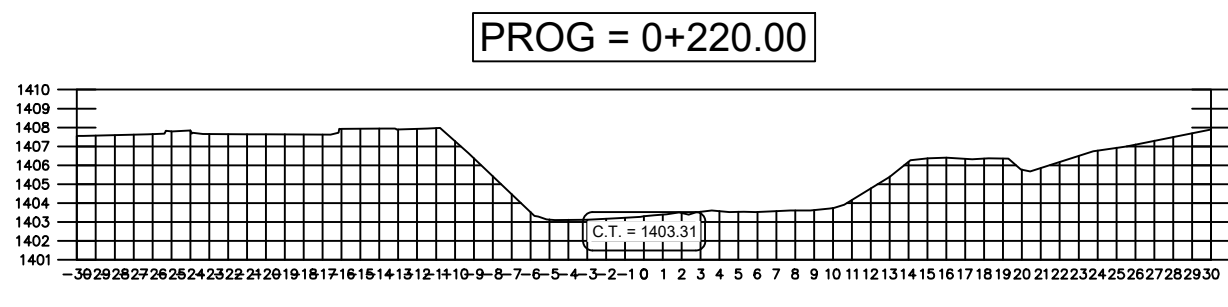
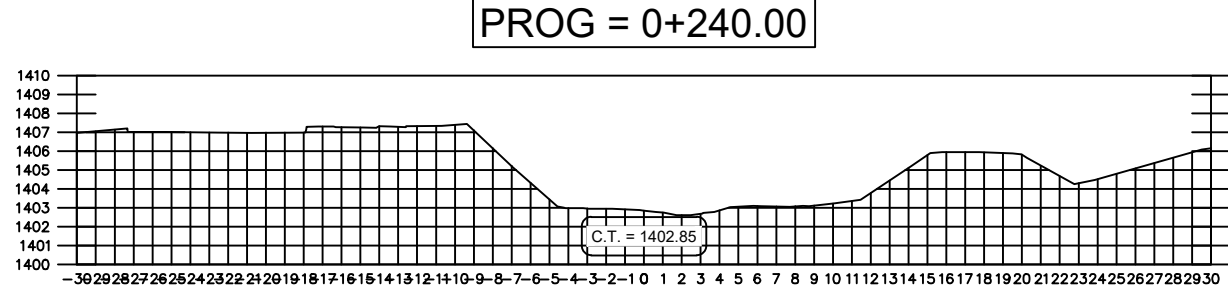
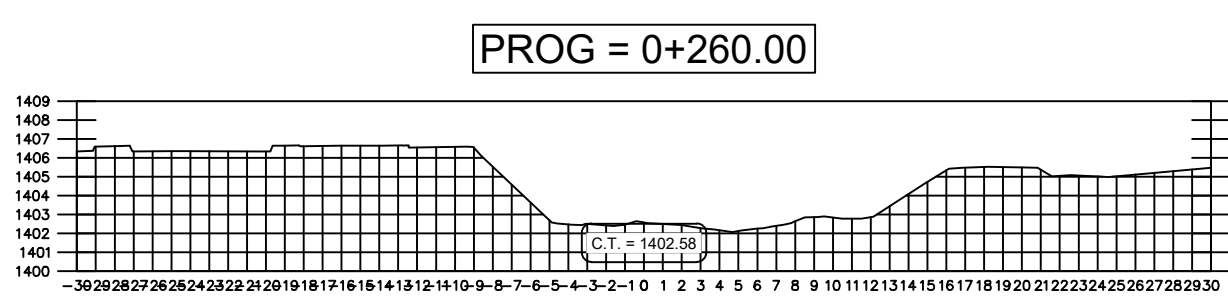
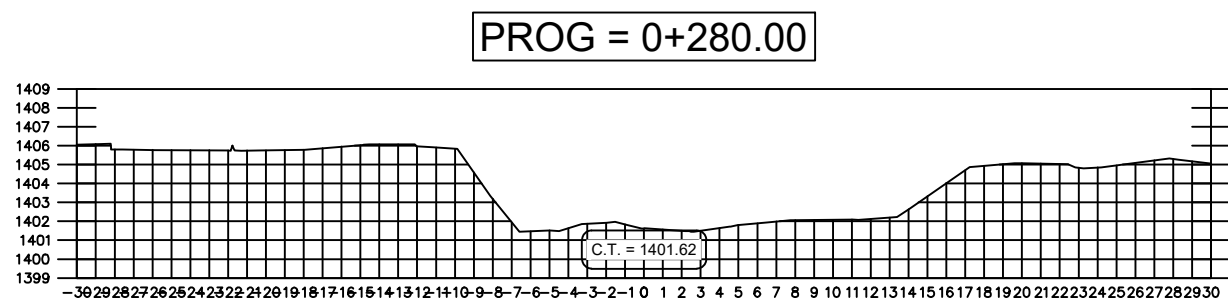
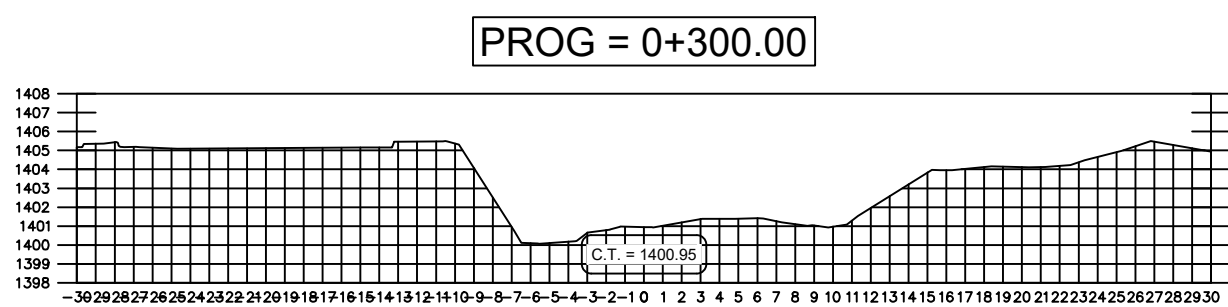
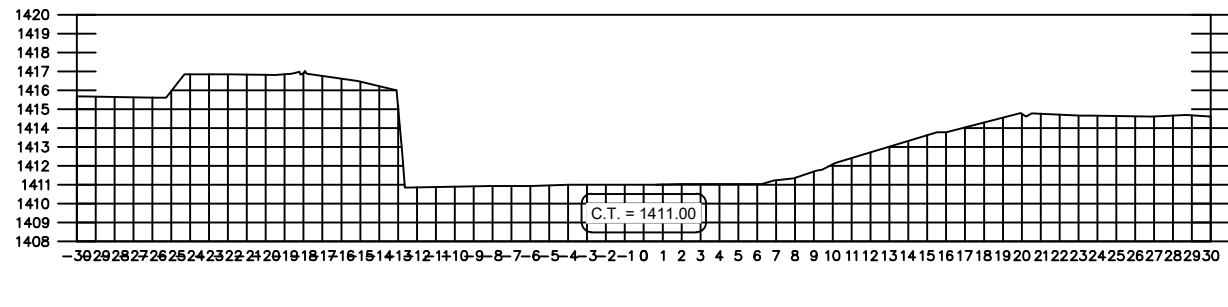
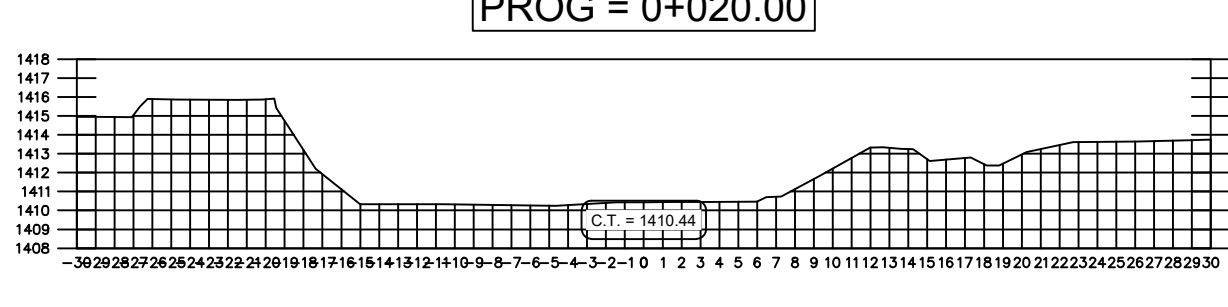
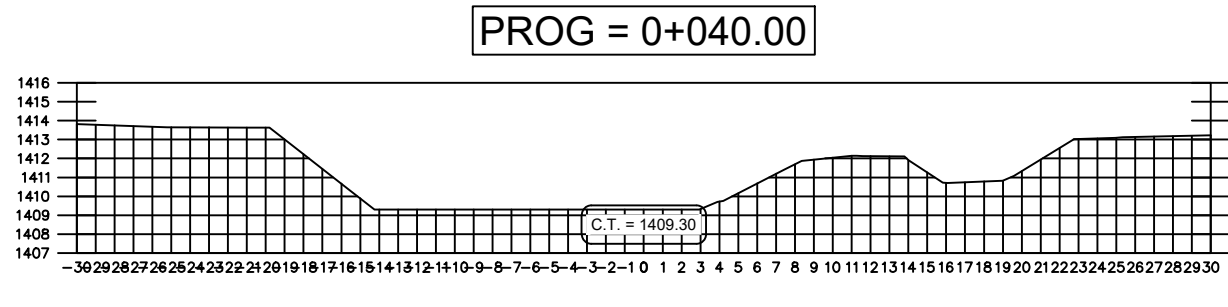
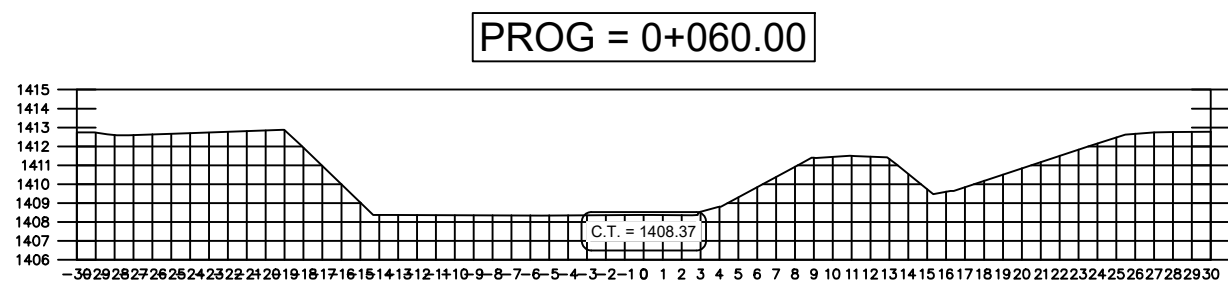
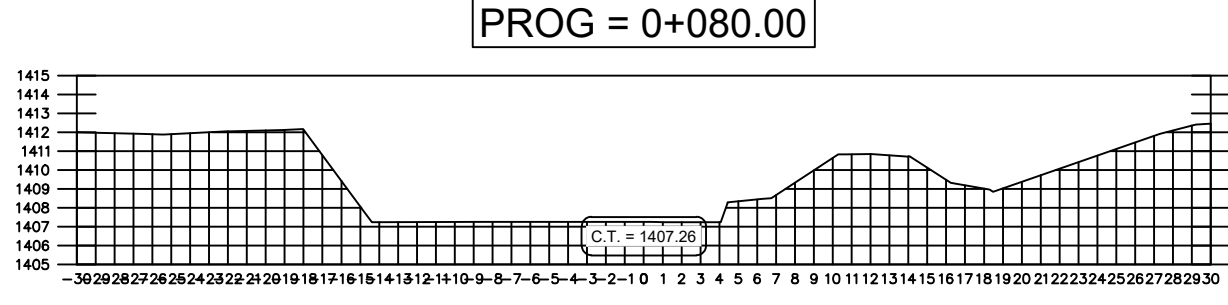
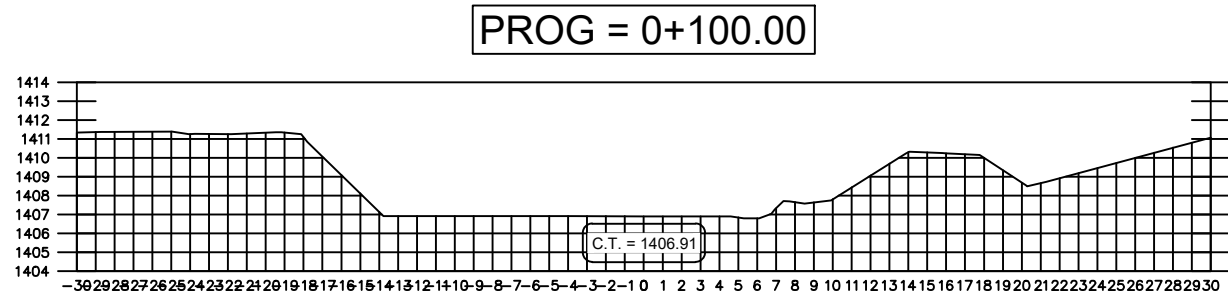
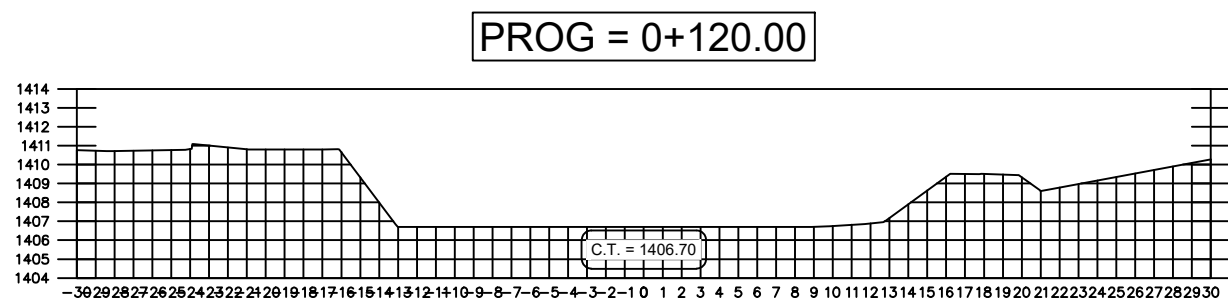
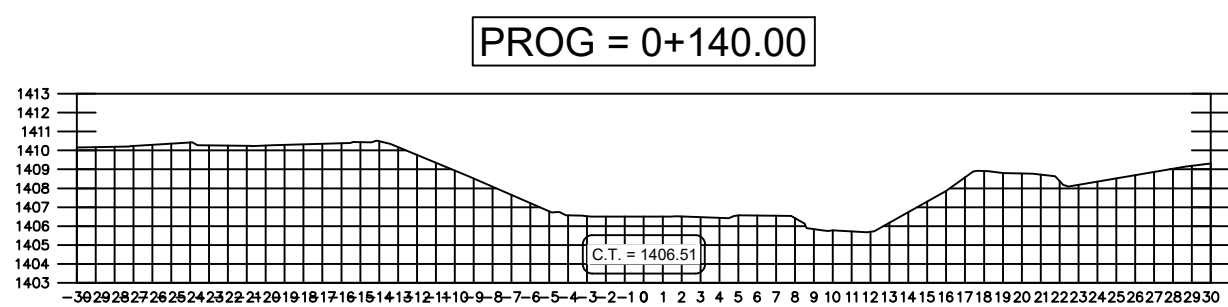


PERFIL LONGITUDINAL PROG. 0+000.00 A 0+800.00

ESC. VER = 1/100
ESC. HOR = 1/1000



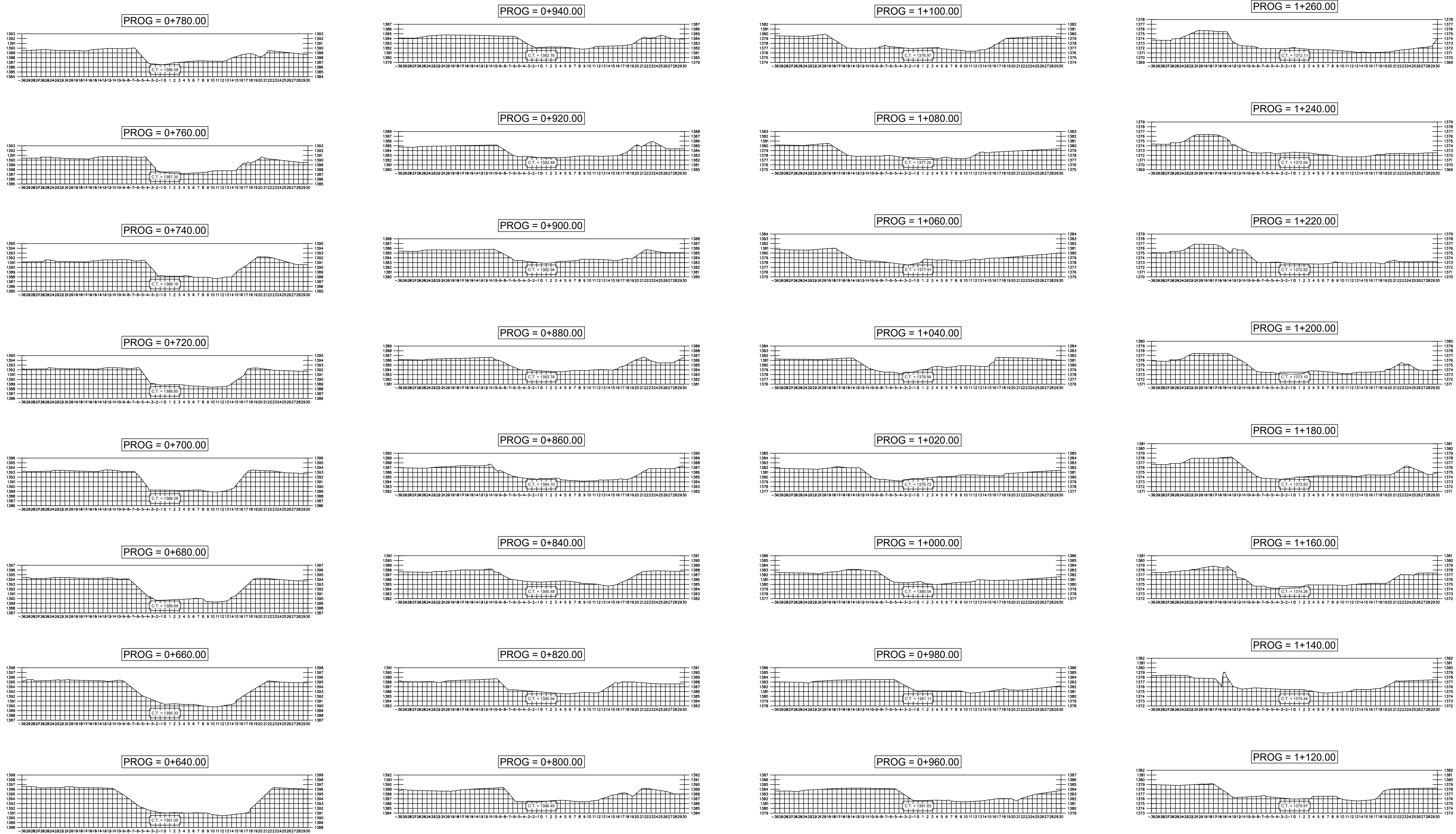
				UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERIA , ARQUITECTURA Y GEOTECNIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
PROYECTO:				"ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDRAULICO DE DEFENSAS RIBEREÑAS EXISTENTES PARA PREVENIR DESBORDE DEL RIO MOQUEGUA EN ZONA URBANA"			
TITULO:				PLANO DE PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL Km0+800 - Km1+760			
DEPARTAMENTO:	PROVINCIA:	DISTRITOS:		LAMINA NRO:		PP-2	
MOQUEGUA	MARISCAL NIETO	MOQUEGUA					
ELABORADO POR:	ESCALA:	DATUM:	FECHA:				
BACH. RENZO GUILLERMO GUEVARA HUAMÁN	INDICADA	WGS 1984 UTM 19S	JULIO-2025				



SECCIONES TRANSVERSALES KM 0+000 - KM 0+620

ESC 1:400

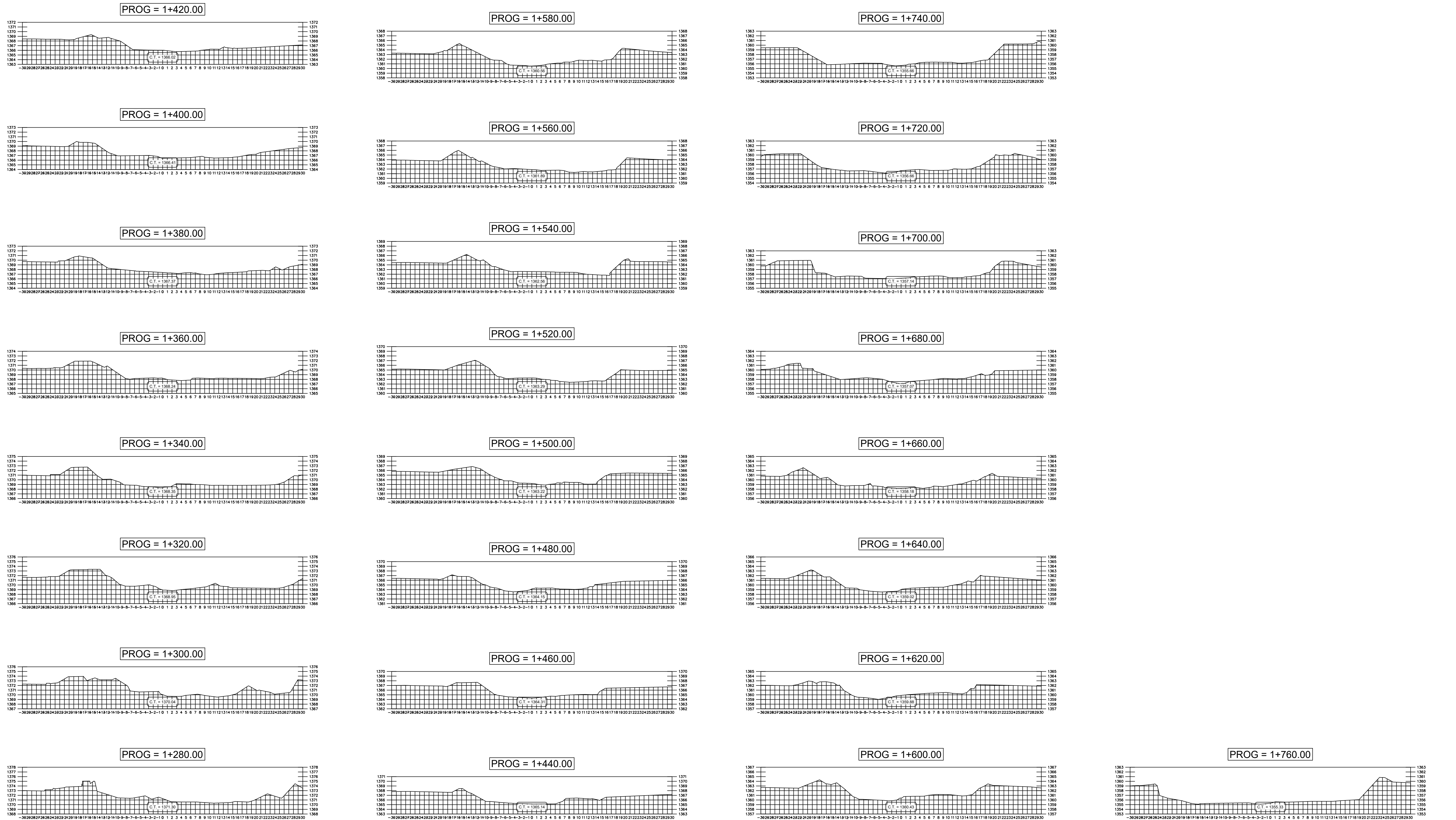
		UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERIA , ARQUITECTURA Y GEOTECNIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
PROYECTO: "ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDRAULICO DE DEFENSAS RIBEREÑAS EXISTENTES PARA PREVENIR DESBORDE DEL RIO MOQUEGUA EN ZONA URBANA"			
TITULO: SECCION TRANSVERSALES Km0+000 - Km0+620			
DEPARTAMENTO: MOQUEGUA	PROVINCIA: MARISCAL NIETO	DISTRITOS: MOQUEGUA	LAMINA NRO: ST-1
ELABORADO POR: BACH. RENZO GUILLERMO GUEVARA HUAMÁN	ESCALA: INDICADA	DATUM: WGS 1984 UTM 19S	FECHA: JULIO-2025



SECCIONES TRANSVERSALES KM 0+640 - KM 1+260

ESC 1:400

	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERIA , ARQUITECTURA Y GEOTECNIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
	PROYECTO: "ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDRAULICO DE DEFENSAS RIBEREÑAS EXISTENTES PARA PREVENIR DESBORDE DEL RIO MOQUEGUA EN ZONA URBANA"			
	TITULO: SECCION TRANSVERSALES Km0+640 - Km1+260			
DEPARTAMENTO:	PROVINCIA:	DISTRITOS:	LAMINA NRO:	
MOQUEGUA	MARISCAL NIETO	MOQUEGUA	ST-2	
ELABORADO POR:	ESCALA:	DATUM:	FECHA:	
BACH. RENZO GUILLERMO GUEVARA HUAMAN	INDICADA	WGS 1984 UTM 19S	JULIO-2025	



SECCIONES TRANSVERSALES KM 1+280 - KM 1+760
ESC 1:400

Anexo B

Mapas de zonas críticas

RIO MOQUEGUA
(PROG 0+000.00 - 1+760.00)

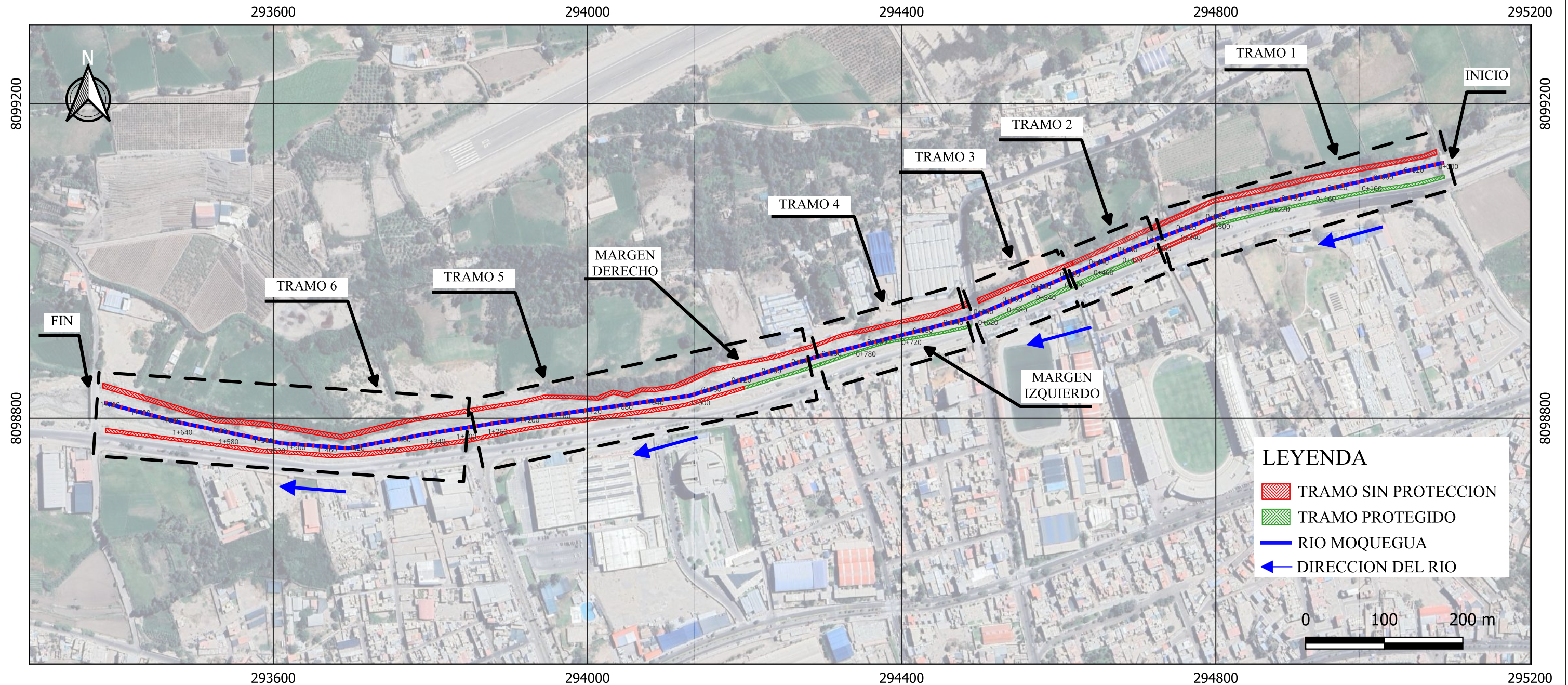
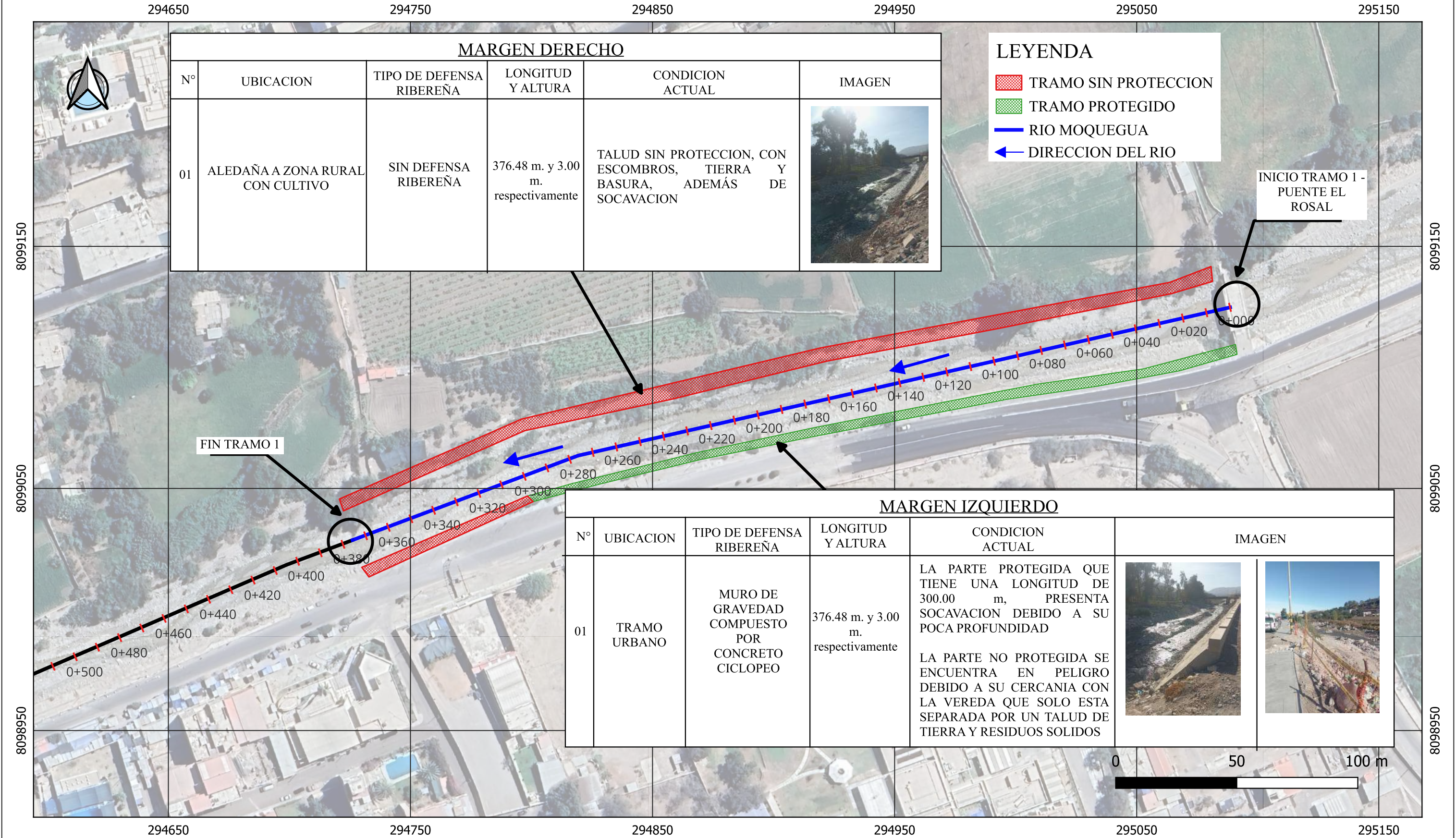


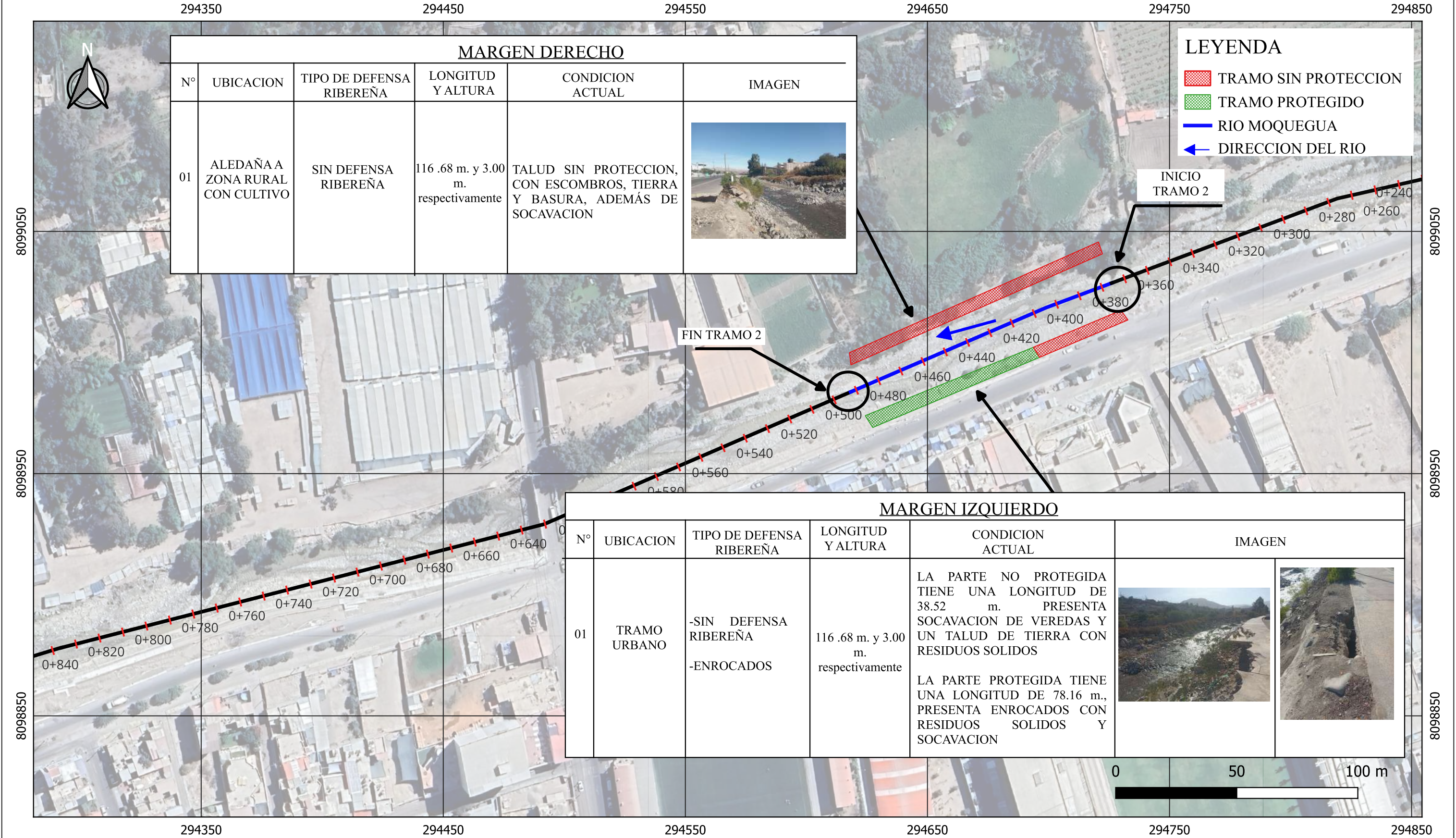
TABLA GENERAL

Nº	CODIGO	MARGEN DERECHO - ZONARURAL	MARGEN IZQUIERDO - ZONA URBANA	COMENTARIO Y/O DETALLES
01	TRAMO 1	SIN PROTECCION	PARCIALMENTE PROTEGIDO CON ENROCADOS	VER PLANO D-1
02	TRAMO 2	SIN PROTECCION	SIN PROTECCION Y DAÑOS EN VEREDAS	VER PLANO D-2
03	TRAMO 3	PARCIALMENTE PROTEGIDO CON APILAMIENTO DE ROCAS	PARCIALMENTE PROTEGIDO CON ENROCADOS	VER PLANO D-3
04	TRAMO 4	DAÑOS EN PISTAS Y DEFENSAS RIBEREÑAS POR COLAPSAR	PROTEGIDO CON ENROCADOS	VER PLANO D-4
05	TRAMO 5	SIN PROTECCION	PARCIALMENTE PROTEGIDO CON APILAMIENTO DE PIEDRAS	VER PLANO D-5
06	TRAMO 6	SIN PROTECCION	SIN PROTECCION Y DAÑOS TOTALES EN CALZADA ALEDAÑA AL RIO	VER PLANO D-6

TRAMO 1
(PROG 0+000 - 0+376.48)



TRAMO 2
(PROG 0+376.48 - 0+493.16)



TRAMO 3
(PROG 0+493.16 - 0+628.91)

294150 294250 294350 294450 294550 294650



MARGEN DERECHO					
Nº	UBICACION	TIPO DE DEFENSA RIBEREÑA	LONGITUD Y ALTURA	CONDICION ACTUAL	IMAGEN
01	ALEDAÑA A ZONA DE AGRICOLA	-APILAMIENTO DE PIEDRAS -MURO DE GAVION	135.75 m. y 3.00 m. respectivamente	-LA PARTE NO PROTEGIDA TIENE UNA LONGITUD DE 100.00 m, PRESENTA UN TALUD COMPUESTO POR APILAMIENTO DE PIEDRAS Y ESCOMBROS DE ARBOLES -LA PARTE PROTEGIDA TIENE UNA LONGITUD DE 35.75 m, PRESENTA TRAMOS DISCONTINUOS DE MURO DE GAVION CON FALTA DE MANTENIMIENTO Y CUBIERTA CON RESIJDOS SOLIDOS	

LEYENDA

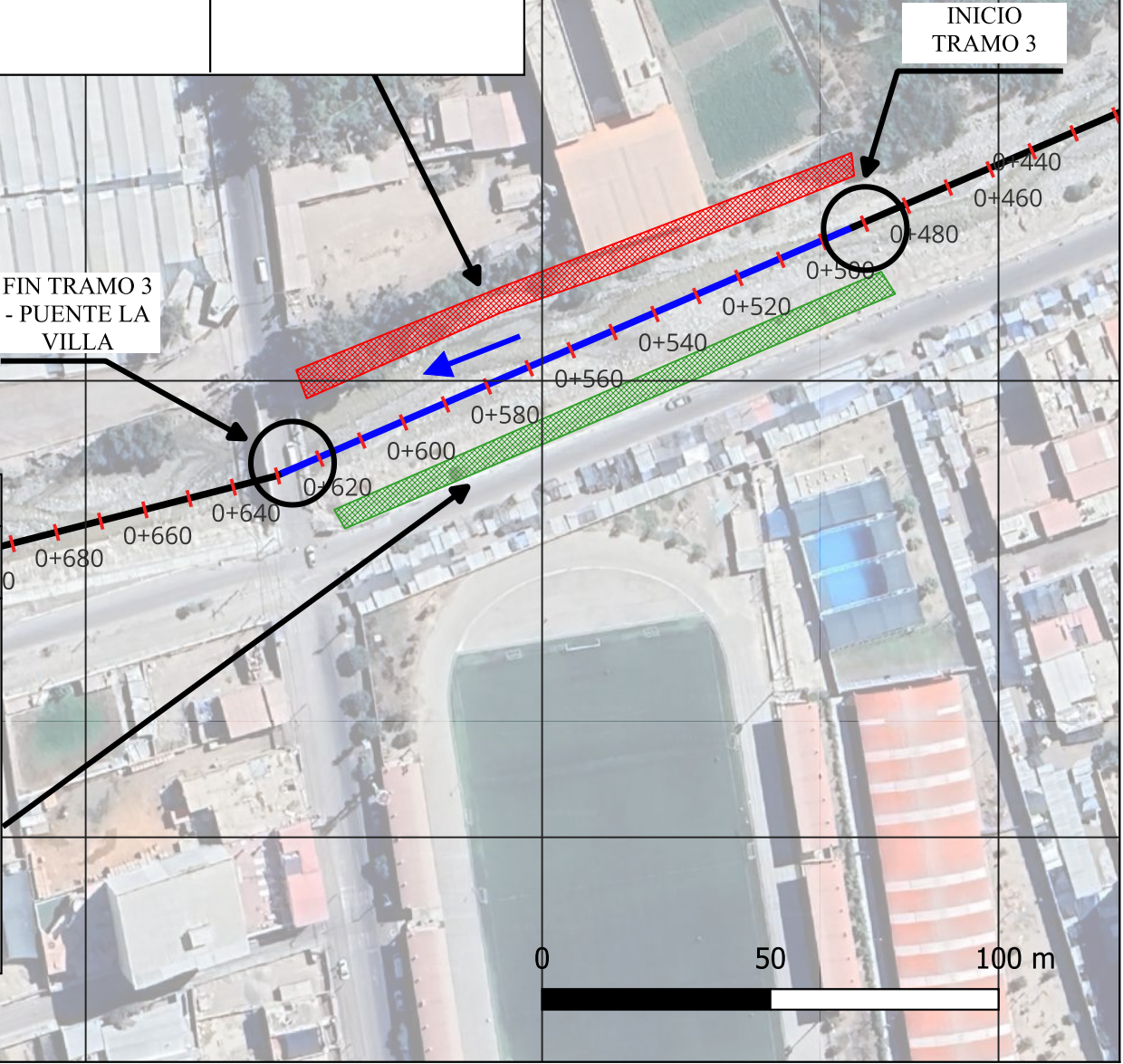
TRAMO SIN PROTECCION

TRAMO PROTEGIDO

RIO MOQUEGUA

DIRECCION DEL RIO

MARGEN IZQUIERDO					
Nº	UBICACION	TIPO DE DEFENSA RIBEREÑA	LONGITUD Y ALTURA	CONDICION ACTUAL	IMAGEN
01	TRAMO URBANO	-ENROCADO	135.75 m. y 3.00 m. respectivamente	LA PARTE PROTEGIDA PRESENTA FALTA DE MANTENIMIENTO EN ENROCADOS CON GRIETAS Y ZONAS CON DAÑOS FISICOS	



294150 294250 294350 294450 294550 294650



NOMBRE DEL PROYECTO:
ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDRAULICO DE DEFENSAS RIBEREÑAS EXISTENTES PARA PREVENIR DESBORDE DEL RIO MOQUEGUA EN ZONA URBANA

UBICACIÓN
DISTRITO: MOQUEGUA
PROVINCIA: MARISCAL NIETO
REGIÓN: MOQUEGUA

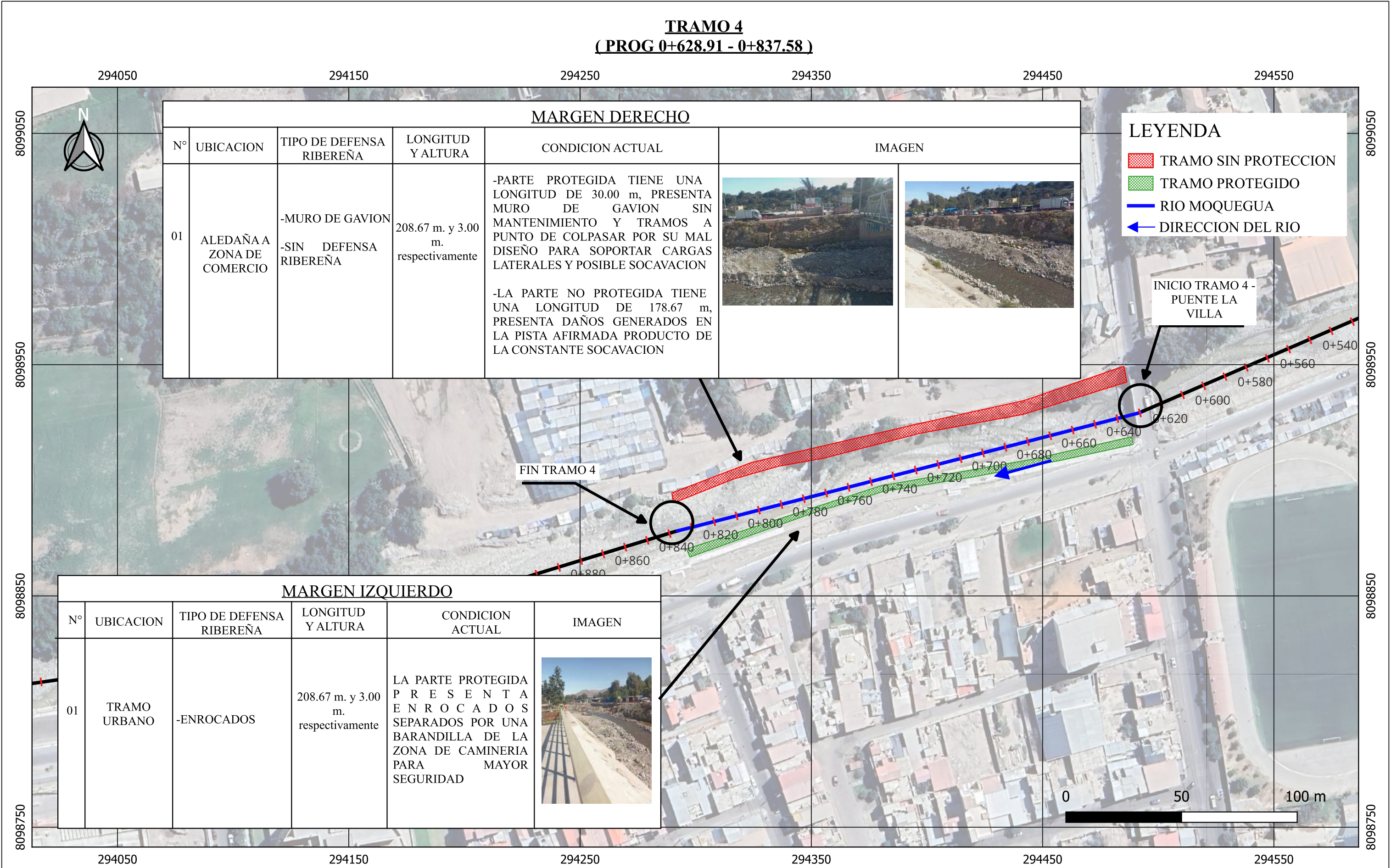
EST
RENZO GUILLERMO GUEVARA HUAMÁN

PLANO:
PLANO DE DETALLE D-3

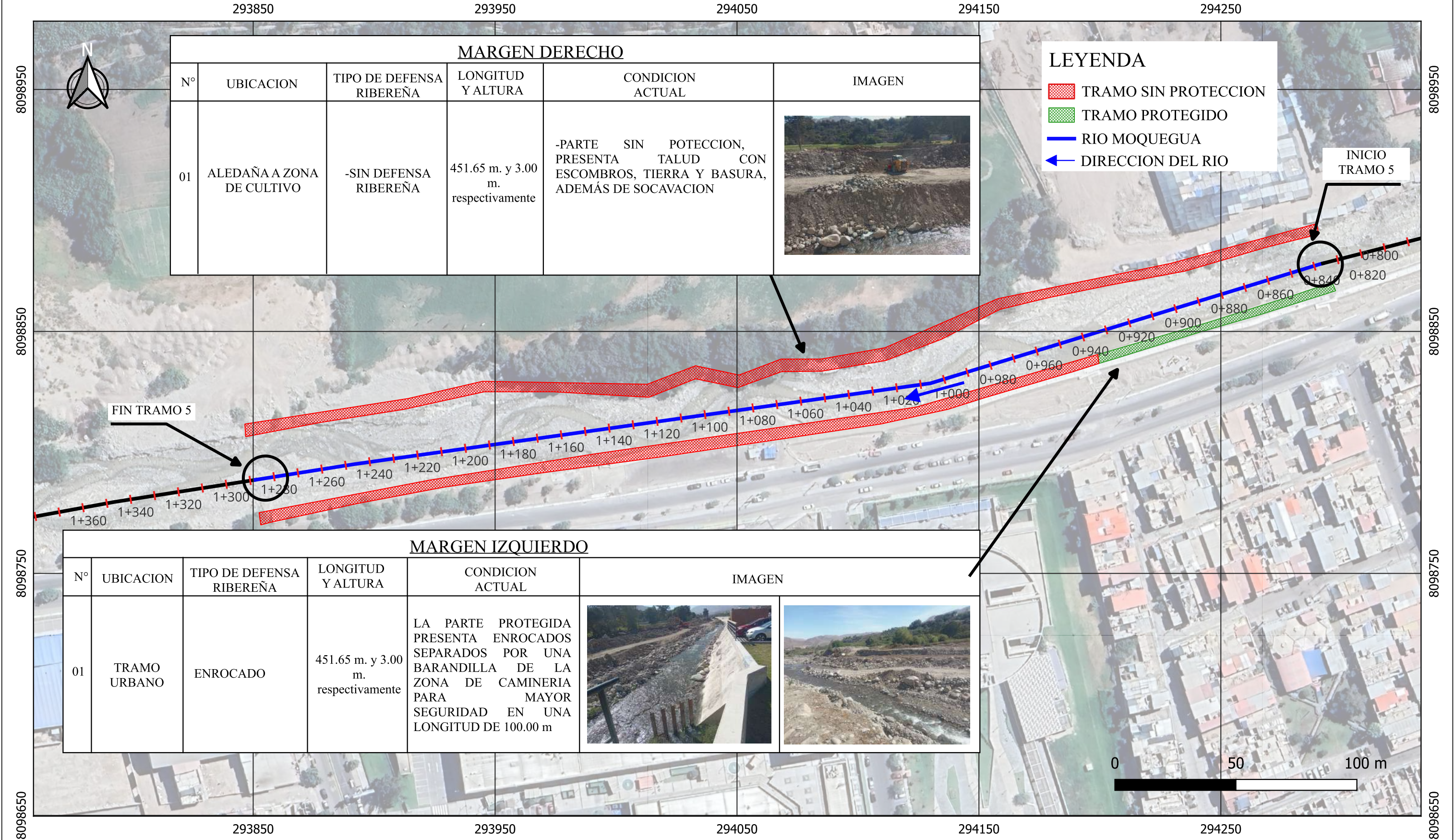
SISTEMA DE COORDENADAS
PROYECCIÓN: UTM
ZONA: 19 Sur
COORDENADAS: UTM-84

ESCALA
1/1500
FECHA:
JUN- 2025

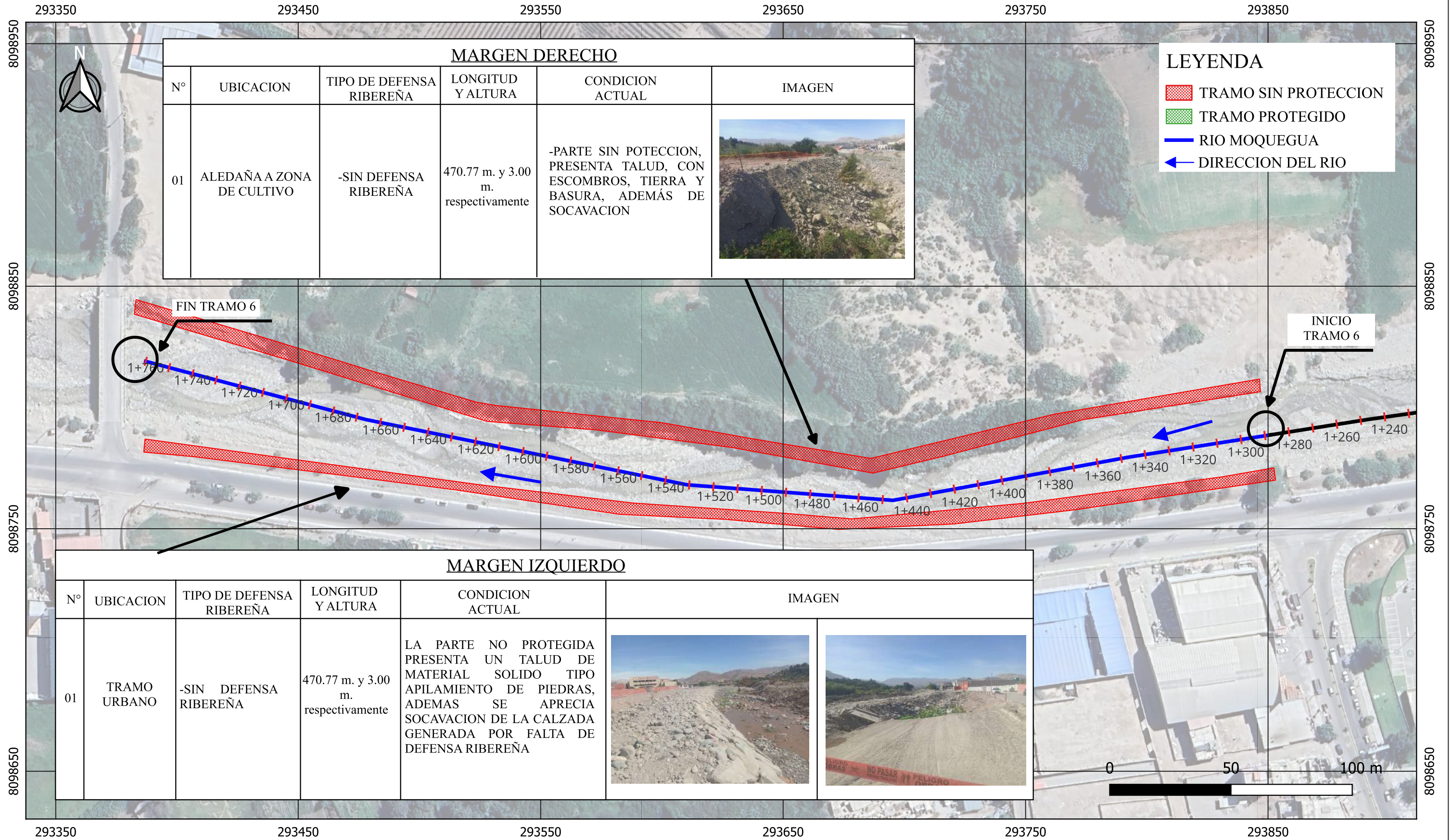
TRAMO 4
(PROG 0+628.91 - 0+837.58)



TRAMO 5
(PROG 0+837.58 - 1+289.23)



TRAMO 6
(PROG 1+289.23 - 1+760.00)



Anexo C
Ensayos de Laboratorio

LABORATORIO GEOTECNICO E INVESTIGACION

CLASIFICACION DE SUELOS

ASTM D422 – D2216 – D854 – D4318 – D427 – D2487

PROYECTO:

"ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDRAULICO DE DEFENSAS RIBEREÑAS EXISTENTES PARA PREVENIR DESBORDE DEL RIO MOQUEGUA EN ZONA URBANA"

SOLICITA : RENZO GUILLERMO GUEVARA HUAMÁN

UBICACIÓN : DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA DE MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA

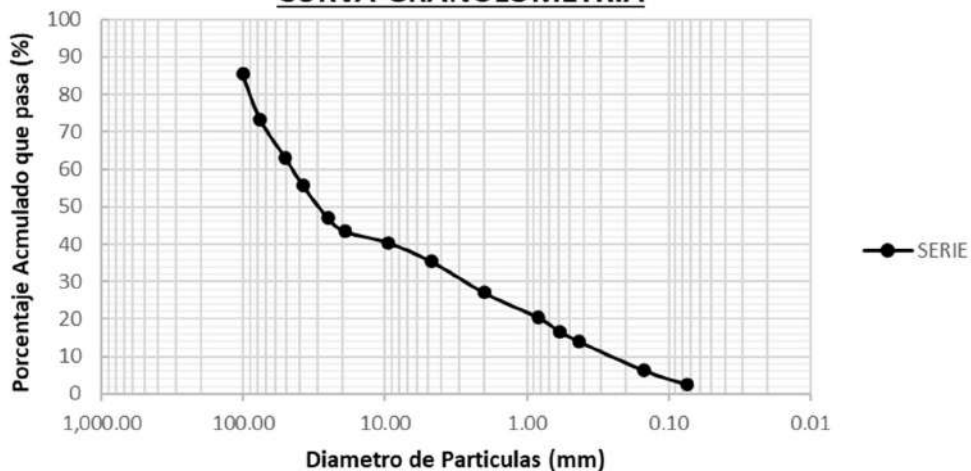
CALICATA : C-1

FECHA: JULIO 2025

ANALISIS GRANULOMTRICO POR TAMIZADO

Malla	Abertura (mm)	PESO RETENIDO EN gr	%RETENIDO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA		
4"	101.600	3321.00	14.64%	85.36%			
3"	76.20	2752.00	12.13%	73.22%	MUESTRA		
2"	50.80	2294.00	10.12%	63.11%	% ARENA	35.5	%
1.5"	38.10	1687.00	7.44%	55.67%	% PIEDRA	64.5	%
1"	25.40	1953.00	8.61%	47.06%	LIMITE DE CONSISTENCIA		
¾"	19.05	821.00	3.62%	43.44%	Limite Liquido	%	NP
3/8"	9.53	687.00	3.03%	40.41%	Limite Plástico	%	NP
N°4	4.76	1117.90	4.93%	35.48%	Índice Plástico	%	NP
N°10	2.00	1908.90	8.42%	27.06%	COEFICIENTE		
N°20	0.84	1481.80	6.53%	20.53%	Coeficiente de uniformidad (Cu):	163.25	
N°30	0.59	852.30	3.76%	16.77%	Coeficiente de curvatura (Cc):	0.69	
N°40	0.43	613.00	2.70%	14.07%	CLASIFICACION		
N°100	0.15	1739.50	7.67%	6.40%	Clasificación (S.U.C.S.) :	GP	
N°200	0.074	878.10	3.87%	2.52%	Clasificación (AASHTO) :	A-1-a(1)	
FONDO		572.50	2.52%	0.00%	Humedad (%) :	14.72	

CURVA GRANULOMETRIA



LABORATORIO DE ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA

Federico Pascual Paucar Tito
INGENIERO CIVIL CIP. 44210
JEFE DE LABORATORIO

LABORATORIO GEOTECNICO E INVESTIGACION

CLASIFICACION DE SUELOS

ASTM D422 – D2216 – D854 – D4318 – D427 – D2487

PROYECTO:

"ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDRAULICO DE DEFENSAS RIBEREÑAS EXISTENTES PARA PREVENIR DESBORDE DEL RIO MOQUEGUA EN ZONA URBANA"

SOLICITA : RENZO GUILLERMO GUEVARA HUAMÁN

UBICACIÓN : DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA DE MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA

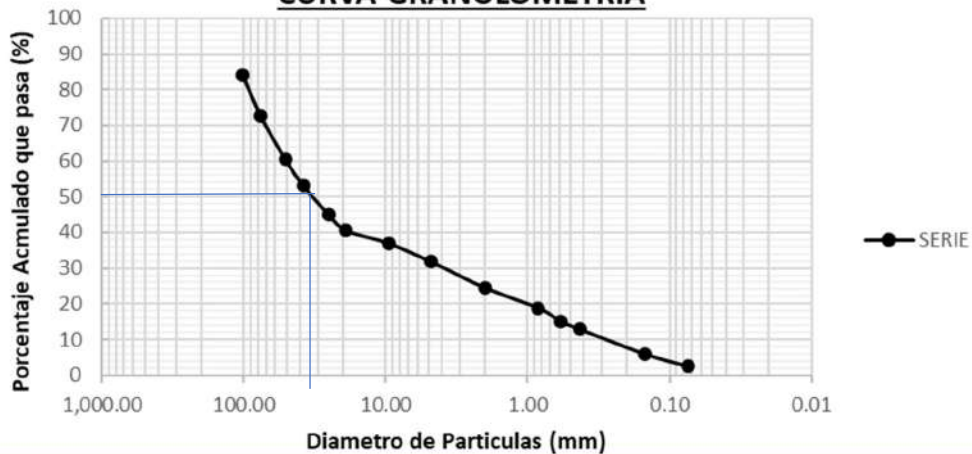
CALICATA : C-2

FECHA: JULIO 2025

ANALISIS GRANULOMTRICO POR TAMIZADO

Malla	Abertura (mm)	PESO RETENIDO EN gr	%RETENIDO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA		
4"	101.600	3501.00	15.93 %	84.07 %			
3"	76.20	2510.00	11.42 %	72.65 %	MUESTRA		
2"	50.80	2698.00	12.27 %	60.38 %	% ARENA	31.8	%
1.5"	38.10	1596.00	7.26 %	53.12 %	% PIEDRA	68.2	%
1"	25.40	1756.00	7.99 %	45.13 %	LIMITE DE CONSISTENCIA		
¾"	19.05	989.00	4.50 %	40.63 %	Limite Liquido	%	NP
3/8"	9.53	801.00	3.64%	36.98 %	Limite Plástico	%	NP
N°4	4.76	1143.70	5.20 %	31.78 %	Índice Plástico	%	NP
N°10	2.00	1589.30	7.23 %	24.55 %	COEFICIENTE		
N°20	0.84	1251.60	5.69 %	18.86 %	Coeficiente de uniformidad (Cu):	162.14	
N°30	0.59	802.30	3.65 %	15.21 %	Coeficiente de curvatura (Cc):	1.07	
N°40	0.43	508.90	2.32 %	12.89 %	CLASIFICACION		
N°100	0.15	1514.40	6.89 %	6.00 %	Clasificación (S.U.C.S.):	GP	
N°200	0.074	776.30	3.53 %	2.47 %	Clasificación (AASHTO):	A-1-a(1)	
FONDO		542.50	2.47 %	0.00 %	Humedad (%):	14.96	

CURVA GRANULOMETRIA



LABORATORIO DE ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA
 Federico Pascual Paucar Tito
 INGENIERO CIVIL CIP. 44210
 JEFE DE LABORATORIO



GEOTECNIA ASOCIADOS-FPT EIRL

PROFESIONALES CON EXPERIENCIA Y ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES SUELOS Y GEOTECNIA



LIMITE DE ATTERBERG ASTM D-

PROYECTO:

**“ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDRAULICO DE DEFENSAS RIBEREÑAS
EXISTENTES PARA PREVENIR DESBORDE DEL RIO MOQUEGUA EN ZONA URBANA”**

SOLICITA : RENZO GUILLERMO GUEVARA HUAMÁN

UBICACIÓN : DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA DE MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO DE
MOQUEGUA

CALICATA : C-1

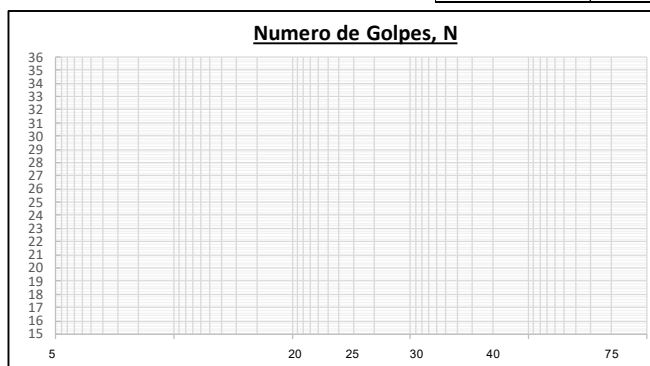
FECHA: JULIO 2025

LIMITE LIQUIDO (metodo usado: "A" multipunto o "B" unipunto)				
tarro (recipiente)	Nº	1	2	3
Peso de tarro + suelo humedo	g			
Peso de tarro + suelo seco	g			
Peso de agua	g			
Peso del tarro	g			
Peso del suelo seco	g			
Contiene de humedad	%			
Numero de golpes				

TEMPERATURA DE SECADO	
Preparacion de Muestra:	Ambiente
Temperatura de Secado	110° C
Agua Utilizada:	Potable
Muestra retenida en N° 40:	68.02%

N	K
20	0.973
21	0.979
22	0.985
23	0.990
24	0.995
25	1.000
26	1.005
27	1.009
28	1.014
29	1.018
30	1.022

LIMITE PLASTICO			
tarro (recipiente)	Nº	A	B
Peso de tarro + suelo humedo	g		
Peso de tarro + suelo seco	g		
Peso de agua	g		
Peso del tarro	g		
Peso del suelo seco	g		
Contiene de humedad	%		



RESULTADO OBTENIDOS		
LIMITES		INDICE PLASTICO
LIQUIDO	PLASTICO	
NP	NP	NP

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA

Federico Pascual Paucar Tito
INGENIERO CIVIL CIP. 44210
JEFE DE LABORATORIO



GEOTECNIA ASOCIADOS-FPT EIRL

PROFESIONALES CON EXPERIENCIA Y ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES SUELOS Y GEOTECNIA



LIMITE DE ATTERBERG ASTM D-

PROYECTO:

“ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDRAULICO DE DEFENSAS RIBEREÑAS EXISTENTES PARA PREVENIR DESBORDE DEL RIO MOQUEGUA EN ZONA URBANA”

SOLICITA : RENZO GUILLERMO GUEVARA HUAMÁN

UBICACIÓN : DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA DE MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA

CALICATA : C-2

FECHA: JULIO 2025

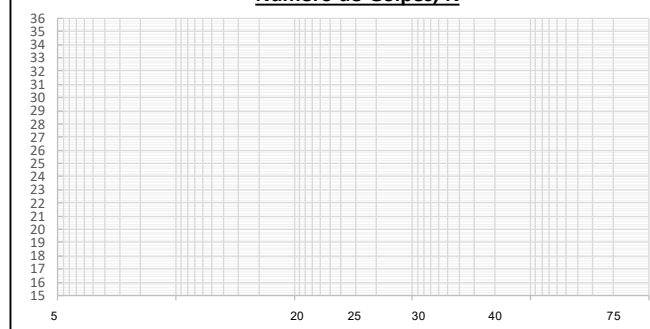
LIMITE LIQUIDO (metodo usado: "A" multipunto o "B" unipunto)				
tarro (recipiente)	N°	1	2	3
Peso de tarro + suelo humedo	g			
Peso de tarro + suelo seco	g			
Peso de agua	g			
Peso del tarro	g			
Peso del suelo seco	g			
Contiene de humedad	%			
Numero de golpes				

TEMPERATURA DE SECADO	
Preparacion de Muestra:	Ambiente
Temperatura de Secado	110° C
Agua Utilizada:	Potable
Muestra retenida en N° 40:	68.02%

N	K
20	0.973
21	0.979
22	0.985
23	0.990
24	0.995
25	1.000
26	1.005
27	1.009
28	1.014
29	1.018
30	1.022

LIMITE PLASTICO			
tarro (recipiente)	N°	A	B
Peso de tarro + suelo humedo	g		
Peso de tarro + suelo seco	g		
Peso de agua	g		
Peso del tarro	g		
Peso del suelo seco	g		
Contiene de humedad	%		

Numero de Golpes, N



RESULTADO OBTENIDOS		
LIMITES		INDICE PLASTICO
LIQUIDO	PLASTICO	
NP	NP	NP

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA
Federico Pascual Paucar Tito
INGENIERO CIVIL CIP. 44210
JEFE DE LABORATORIO



GEOTECNIA ASOCIADOS-FPT EIRL

PROFESIONALES CON EXPERIENCIA Y ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES SUELOS Y GEOTECNIA



PROPIEDADES FISICAS

PROYECTO:

**“ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDRAULICO DE DEFENSAS RIBEREÑAS
EXISTENTES PARA PREVENIR DESBORDE DEL RIO MOQUEGUA EN ZONA URBANA”**

SOLICITA : RENZO GUILLERMO GUEVARA HUAMÁN

UBICACIÓN : DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA DE MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO DE
MOQUEGUA

CALICATA : C-1

FECHA: JULIO 2025

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL TOTAL

MTS E215

MUESTRA	Und	C-1
RECIPIENTE N°		
MASA DEL RECIPIENTE+MUESTRA HUMEDO	g	500.20
MASA DEL RECIPIENTE+MUESTRA SECO	g	436.00
MASA DEL AGUA	g	64.20
MASA DEL RECIPIENTE	g	0.00
MASA DE MUESTRA SECO	g	436.00
% DE HUMEDAD	%	14.72

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA

Federico Pascual Paucar Tito
INGENIERO CIVIL CIP. 44210
JEFE DE LABORATORIO



GEOTECNIA ASOCIADOS-FPT EIRL

PROFESIONALES CON EXPERIENCIA Y ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES SUELOS Y GEOTECNIA



PROPIEDADES FISICAS

PROYECTO:

**“ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDRAULICO DE DEFENSAS RIBEREÑAS
EXISTENTES PARA PREVENIR DESBORDE DEL RIO MOQUEGUA EN ZONA URBANA”**

SOLICITA : RENZO GUILLERMO GUEVARA HUAMÁN

UBICACIÓN : DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA DE MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO DE
MOQUEGUA

CALICATA : C-2

FECHA: JULIO 2025

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL TOTAL

MTC E215

MUESTRA	Und	C-2
RECIPIENTE N°		
MASA DEL RECIPIENTO+MUESTRA HUMEDO	g	500.20
MASA DEL RECIPIENTO+MUESTRA SECO	g	435.10
MASA DEL AGUA	g	65.10
MASA DEL RECIPIENTE	g	0.00
MASA DE MUESTRA SECO	g	435.10
% DE HUMEDAD	%	14.96

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA

Federico Pascual Paucar Tito
INGENIERO CIVIL CIP. 44210
JEFE DE LABORATORIO



GEOTECNIA ASOCIADOS-FPT EIRL

PROFESIONALES CON EXPERIENCIA Y ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES SUELOS Y GEOTECNIA



REGISTRO DE EXCAVACION ASTM D2488

PROYECTO:

“ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDRAULICO DE DEFENSAS RIBEREÑAS EXISTENTES
PARA PREVENIR DESBORDE DEL RIO MOQUEGUA EN ZONA URBANA”

SOLICITA : RENZO GUILLERMO GUEVARA HUAMÁN

UBICACIÓN : DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA DE MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO DE
MOQUEGUA

CALICATA : C-1 **PROF:** 3.10 m **NIVEL FREATICO:** 0.80 m **FECHA:** JULIO 2025

PROF. (m)	G R A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO	CLASIFICACION SUCS	N° MUESTRA
0.00 0.10 0.20 0.30 0.40 0.50 0.60 0.70 0.80 0.90 1.00 1.10 1.20 1.30 1.40 1.50 1.60 1.70 1.80 1.90 2.00 2.10 2.20 2.30 2.40 2.50 2.60 2.70 2.80 2.90 3.00 3.10		NIVEL FREATICO MATERIAL PRACTICAMENTE LIMPIO DE FINOS, MAL GRADUADO DE CLASIFICACION S.U.C.S. GP GRAVA MAL GRADUADA, SE ENCONTRO NIVEL FREATICO LABORATORIO DE ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA Federico Pascual Paucar Tito INGENIERO CIVIL CIP. 44210 JEFE DE LABORATORIO	GP	M1



GEOTECNIA ASOCIADOS-FPT EIRL

PROFESIONALES CON EXPERIENCIA Y ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES SUELOS Y GEOTECNIA



REGISTRO DE EXCAVACION ASTM D2488

PROYECTO:

“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE DEFENSAS RIBEREÑAS EXISTENTES
PARA PREVENIR DESBORDE DEL RÍO MOQUEGUA EN ZONA URBANA”

SOLICITA : RENZO GUILLERMO GUEVARA HUAMÁN

UBICACIÓN : DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA DE MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA

CALICATA : C-2 **PROF:** 3.0m **NIVEL FREÁTICO:** 1.30 m **FECHA:** JULIO 2025

PROF. (m)	G R A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO	CLASIFICACION SUCS	Nº MUESTRA
0.00 0.10 0.20 0.30 0.40 0.50 0.60 0.70 0.80 0.90 1.00 1.10 1.20 1.30 1.40 1.50 1.60 1.70 1.80 1.90 2.00 2.10 2.20 2.30 2.40 2.50 2.60 2.70 2.80 2.90 3.00		NIVEL FREÁTICO MATERIAL PRACTICAMENTE LIMPIO DE FINOS, MAL GRADUADO DE CLASIFICACION S.U.C.S. GP GRAVA MAL GRADUADA, SE ENCONTRÓ NIVEL FREÁTICO LABORATORIO DE ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA Federico Pascual Paucar Tito INGENIERO CIVIL CIP. 44210 JEFE DE LABORATORIO	GP	M1



GEOTECNIA ASOCIADOS-FPT EIRL

PROFESIONALES CON EXPERIENCIA Y ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES SUELOS Y GEOTECNIA



RESUMEN DE DENSIDAD NATURAL IN SITU METODO CONO DE ARENA DE 12” ASTM D-1556

PROYECTO:

“ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDRAULICO DE DEFENSAS RIBEREÑAS
EXISTENTES PARA PREVENIR DESBORDE DEL RIO MOQUEGUA EN ZONA URBANA”

SOLICITA : RENZO GUILLERMO GUEVARA HUAMÁN

UBICACIÓN : DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA DE MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO DE
MOQUEGUA

CALICATA : C-1 Y C-2

FECHA: JULIO 2025

CALICATA	PROGRESIVA	DENSIDAD NATURAL IN SITU	UNIDAD	DENSIDAD NATURAL IN SITU	UNIDAD
C-1	0+100	22.96	KN/m3	2.29	gr/cm3
C-2	1+660	23.08	KN/m3	2.31	gr/cm3

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA

Federico Pascual Paucar Tito
INGENIERO CIVIL CIP. 44210
JEFE DE LABORATORIO

GEOTECNIA ASOCIADOS-FPT EIRL

PROFESIONALES CON EXPERIENCIA Y ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES SUELOS Y GEOTECNIA

PROYECTO:

“ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDRAULICO DE DEFENSAS RIBEREÑAS EXISTENTES PARA PREVENIR DESBORDE DEL RIO
MOQUEGUA EN ZONA URBANA”

SOLICITA : RENZO GUILLERMO GUEVARA HUAMÁN

UBICACIÓN : DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA DE MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA
CALICATA : C-1

FECHA: JULIO 2025

CAPACIDAD ADMISIBLE

C-1	Df Profundidad (m)	Ancho cimentación (m)	Peso unitario kN/m3	Ang fricción	Cohesión	Factor Nc	Factor Nq	Factor Ny	Q kg/cm2	Capacidad Portante adm Qt kg/cm2	Factor de seguridad	Capacidad admisible recomendada control asentamiento kg/cm2
ZAPATA B (m) 2.00	1.00	2.00	22.96	33.69	0	48.09	32.23	43.16	14.01	4.67	3	2.10
	1.50	2.10	22.96	33.69	0	48.09	32.23	43.16	19.80	6.60	3	2.30
	2.00	2.10	22.96	33.69	0	48.09	32.23	43.16	21.88	7.29	3	2.50
	3.00	2.20	22.96	33.69	0	48.09	32.23	43.16	29.75	9.92	3	2.70
	4.00	2.20	22.96	33.69	0	48.09	32.23	43.16	37.29	12.43	3	3.00

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA
Federico Pascual Paucar Tito
INGENIERO CIVIL CIP. 44210
JEFE DE LABORATORIO

GEOTECNIA ASOCIADOS-FPT EIRL

PROFESIONALES CON EXPERIENCIA Y ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES SUELOS Y GEOTECNIA

PROYECTO:

“ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDRAULICO DE DEFENSAS RIBEREÑAS EXISTENTES PARA PREVENIR DESBORDE DEL RIO
MOQUEGUA EN ZONA URBANA”

SOLICITA : RENZO GUILLERMO GUEVARA HUAMÁN

UBICACIÓN : DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA DE MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO DE
MOQUEGUA

CALICATA : C-2

FECHA: JULIO 2025

CAPACIDAD ADMISIBLE

C-2	Df Profundidad (m)	Ancho cimentación (m)	Peso unitario kN/m3	Ang fricción	Cohesión	Factor Nc	Factor Nq	Factor Ny	Q kg/cm2	Capacidad Portante adm Qt kg/cm2	Factor de seguridad	Capacidad admisible recomendada control asentamiento kg/cm2
ZAPATA	1.00	2.00	23.08	34.65	0	52.64	36.50	50.59	9.32	3.11	3	2.10
B (m)	1.50	2.10	23.08	34.65	0	52.64	36.50	50.59	12.88	4.29	3	2.20
	2.00	2.10	23.08	34.65	0	52.64	36.50	50.59	14.26	4.75	3	2.40
	3.00	2.20	23.08	34.65	0	52.64	36.50	50.59	19.20	6.40	3	2.60
2.00	4.00	2.20	23.08	34.65	0	52.64	36.50	50.59	24.14	8.05	3	2.80

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA

Federico Pascual Paucar Tito
INGENIERO CIVIL CIP-44210
JEFE DE LABORATORIO



GEOTECNIA ASOCIADOS-FPT EIRL

PROFESIONALES CON EXPERIENCIA Y ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES SUELOS Y GEOTECNIA



CORRELACIONES DEL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR (SPT)

ASTM-D1586

PROYECTO:

“ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDRAULICO DE DEFENSAS RIBEREÑAS
EXISTENTES PARA PREVENIR DESBORDE DEL RIO MOQUEGUA EN ZONA URBANA”

SOLICITA : RENZO GUILLERMO GUEVARA HUAMÁN

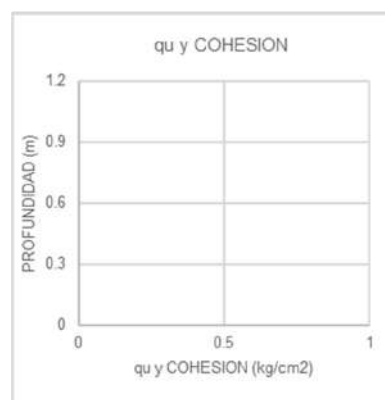
UBICACIÓN : DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA DE MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO DE
MOQUEGUA

CALICATA : C-1

FECHA: JULIO 2025

ESTRATO		PROFUNDIDAD		CLASIFICACION SUCS
NUMERO	ESPESOR (m)	INICIAL (m)	FINAL (m)	
Estrato 1	1.00	0.00	1.00	GP

PROFUNDIDAD (m)	UMERO DE GOLPES EN SPT Ncampo	FACTOR DE CORRECCION POR PROFUNDIDAD Cn	NUMERO DE GOLPES EN SPT CORREGIDO Ncorr	ANGULO DE FRICCION INTERNA (° ' ")
0.30	17.00	1.00	17.00	32° 06' 01"
0.60	22.31	1.00	22.31	33° 41' 38"
0.90	36.39	1.00	36.39	37° 35' 53"



LABORATORIO DE ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA

Federico Pascual Paucar Tito
INGENIERO CIVIL CIP. 44210
JEFE DE LABORATORIO



GEOTECNIA ASOCIADOS-FPT EIRL

PROFESIONALES CON EXPERIENCIA Y ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES SUELOS Y GEOTECNIA



PENETROMETRO DINAMICO LIGERO (DPL)

NTP 339.159, Norma DIN 4094 y Norma IRTP/DP

PROYECTO:

**“ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDRAULICO DE DEFENSAS RIBEREÑAS
EXISTENTES PARA PREVENIR DESBORDE DEL RIO MOQUEGUA EN ZONA URBANA”**

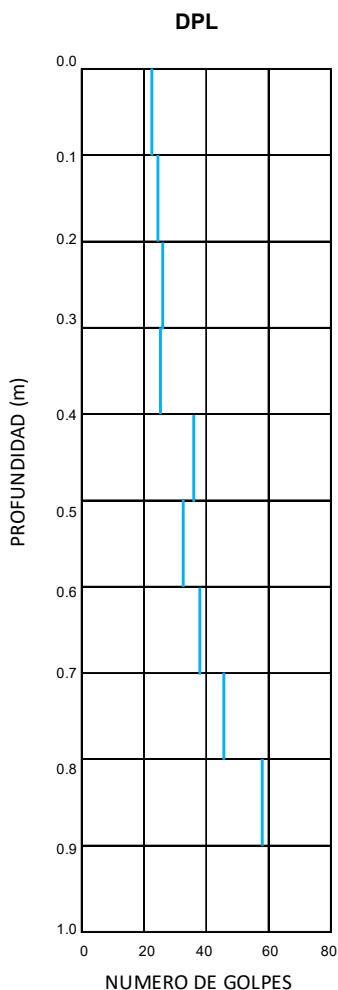
SOLICITA : RENZO GUILLERMO GUEVARA HUAMÁN

UBICACIÓN : DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA DE MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO DE
MOQUEGUA

CALICATA : C-1

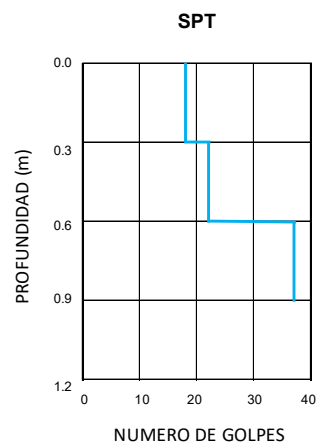
FECHA: JULIO 2025

DPL	
PROFUNDIDAD (m)	NRO DE GOLPES
0.10	20
0.20	21
0.30	23
0.40	22
0.50	33
0.60	29
0.70	34
0.80	45
0.90	58



Tipo Penetrometro	DPL	SPT
Peso de Martillo W (kg)	10.00	63.50
Altura de Caída H (cm)	50.00	76.20
Area de Punta A (cm ²)	7.88	20.27
Espesor de Ilinca E (cm)	30.00	30.00

SPT	
PROFUNDIDAD	NRO DE GOLPES
0.30	17.00
0.60	22.31
0.90	36.39



LABORATORIO DE ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA

Federico Pascual Paucar Tito
INGENIERO CIVIL CIP. 44210
JEFE DE LABORATORIO



GEOTECNIA ASOCIADOS-FPT EIRL

PROFESIONALES CON EXPERIENCIA Y ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES SUELOS Y GEOTECNIA



CORRELACIONES DEL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR (SPT)

PROYECTO:

“ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDRAULICO DE DEFENSAS RIBEREÑAS EXISTENTES PARA PREVENIR DESBORDE DEL RIO MOQUEGUA EN ZONA URBANA”

SOLICITA : RENZO GUILLERMO GUEVARA HUAMÁN

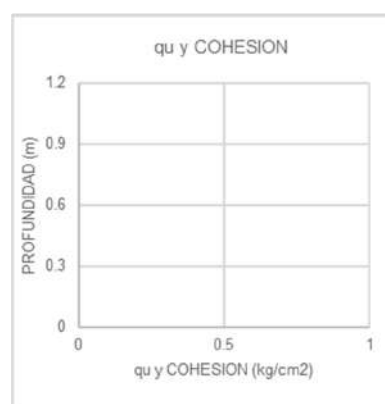
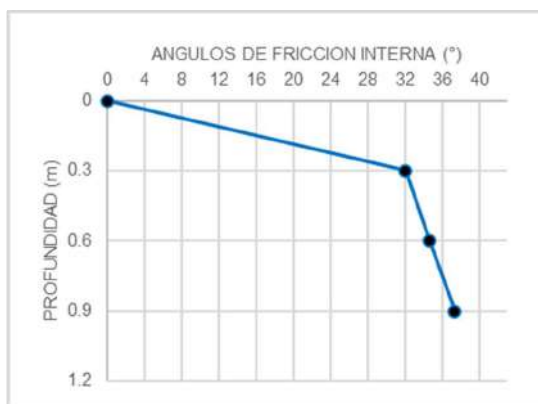
UBICACIÓN : DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA DE MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA

CALICATA : C-2

FECHA: JULIO 2025

ESTRATO		PROFUNDIDAD		CLASIFICACION SUCS
NUMERO	ESPESOR (m)	INICIAL (m)	FINAL (m)	
Estrato 1	1.00	0.00	1.00	GP

PROFUNDIDAD (m)	UMERO DE GOLPES EN SPT Ncampo	FACTOR DE CORRECCION POR PROFUNDIDAD Cn	NUMERO DE GOLPES EN SPT CORREGIDO Ncorr	ANGULO DE FRICCION INTERNA (° ' ")
0.30	17.00	1.00	17.00	32° 06' 01"
0.60	25.50	1.00	25.50	34° 39' 01"
0.90	35.33	1.00	35.33	37° 19' 57"



LABORATORIO DE ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA

Federico Pascual Paucar Tito
INGENIERO CIVIL CIP. 44210
JEFE DE LABORATORIO



GEOTECNIA ASOCIADOS-FPT EIRL

PROFESIONALES CON EXPERIENCIA Y ENTRENAMIENTO INTERNACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES SUELOS Y GEOTECNIA



PENETROMETRO DINAMICO LIGERO (DPL)

NTP 339.159, Norma DIN 4094 y Norma IRTD/DP

PROYECTO:

**“ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDRAULICO DE DEFENSAS RIBEREÑAS
EXISTENTES PARA PREVENIR DESBORDE DEL RIO MOQUEGUA EN ZONA URBANA”**

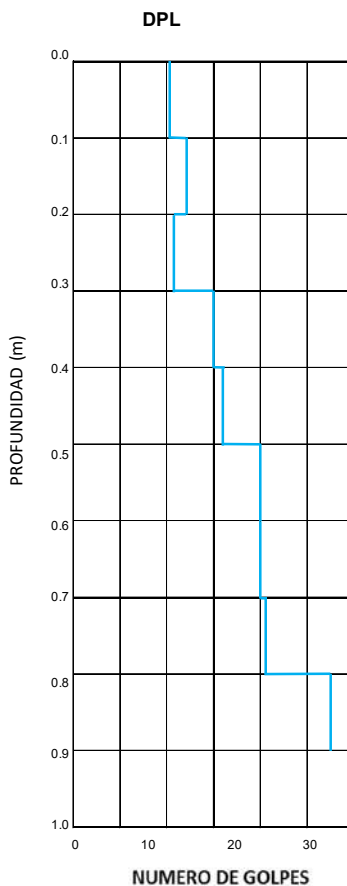
SOLICITA : RENZO GUILLERMO GUEVARA HUAMÁN

UBICACIÓN : DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA DE MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO DE
MOQUEGUA

CALICATA : C-2

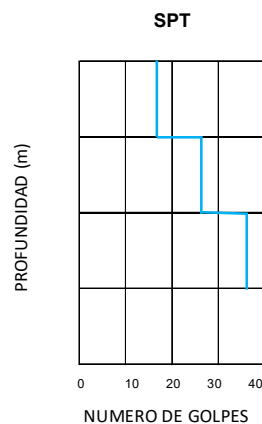
FECHA: JULIO 2025

DPL	
PROFUNDIDAD (m)	NRO DE GOLPES
0.10	20
0.20	23
0.30	21
0.40	28
0.50	32
0.60	36
0.70	37
0.80	41
0.90	55



Tipo Penetrometro	DPL	SPT
Peso de Martillo W (kg)	10.00	63.50
Altura de Caída H (cm)	50.00	76.20
Area de Punta A (cm ²)	7.88	20.27
Espesor de llinca E (cm)	30.00	30.00

SPT	
PROFUNDIDAD	NRO DE GOLPES
0.30	17.00
0.60	25.50
0.90	35.33

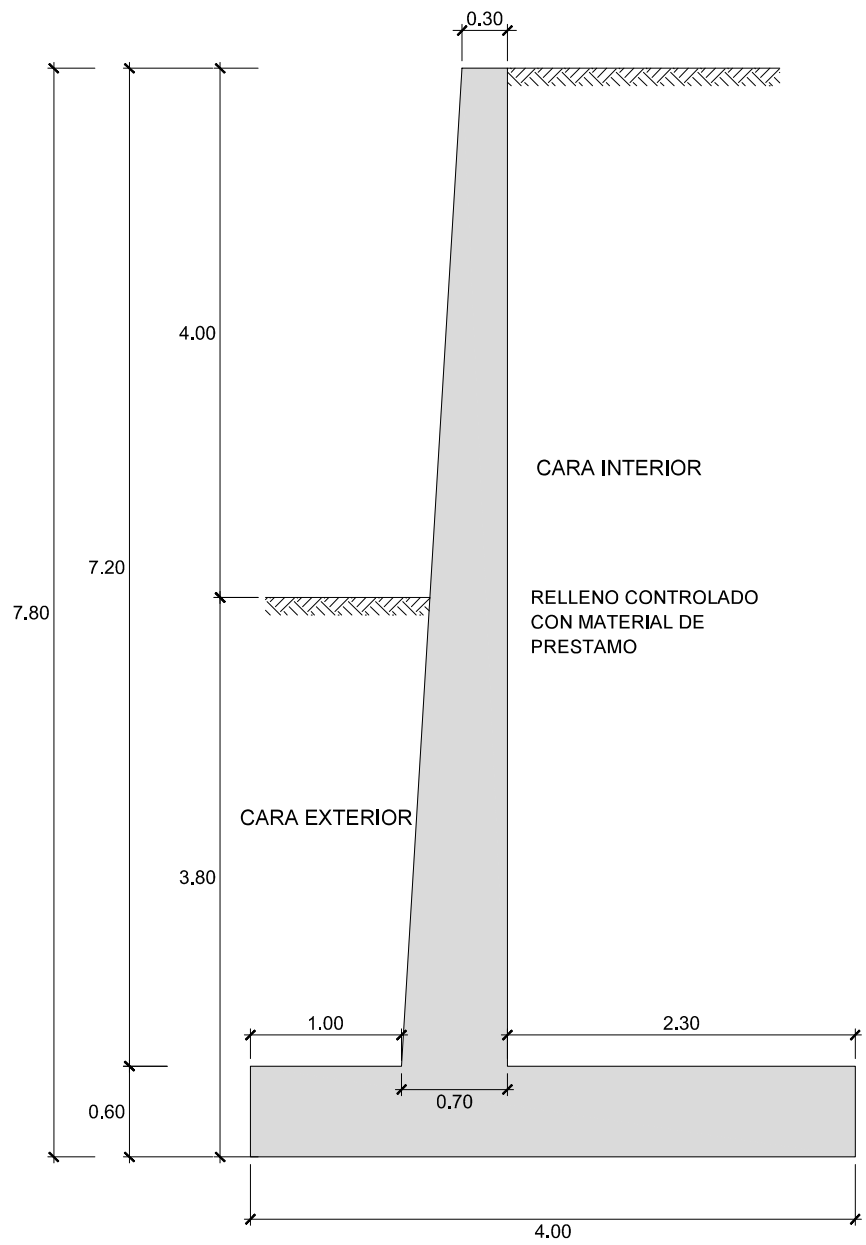


LABORATORIO DE ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA

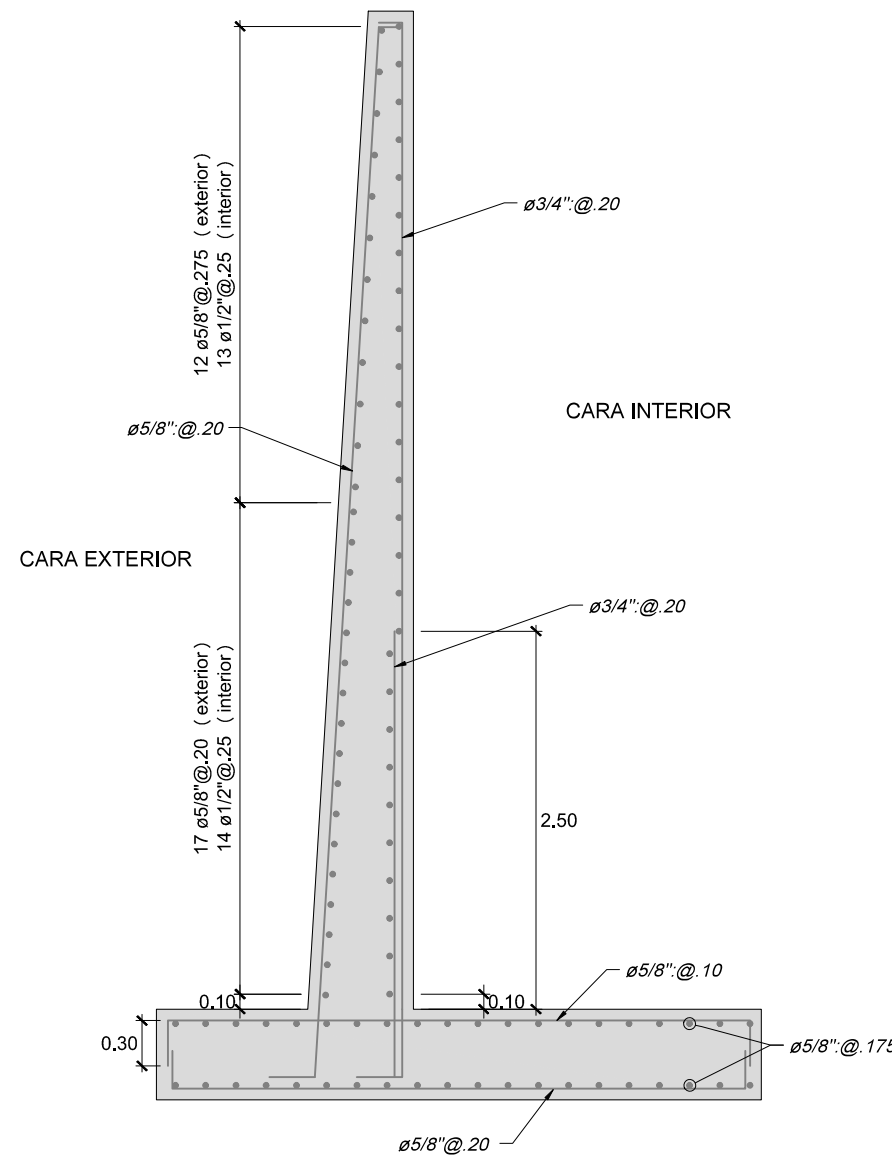
Federico Pascual Paucar Tito
INGENIERO CIVIL CIP. 44210
JEFE DE LABORATORIO

Anexo D

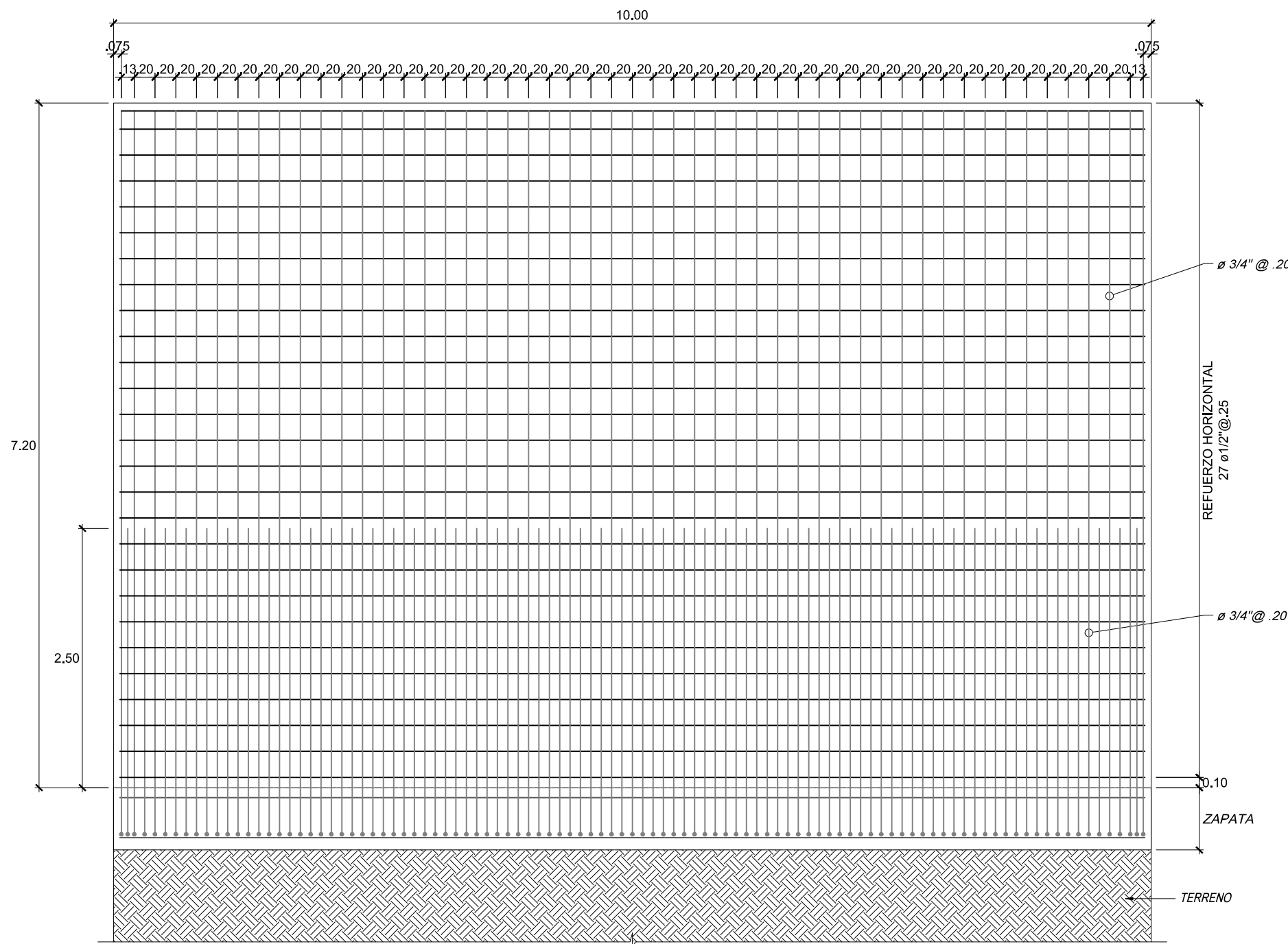
Plano Detalle de Muro de Contención



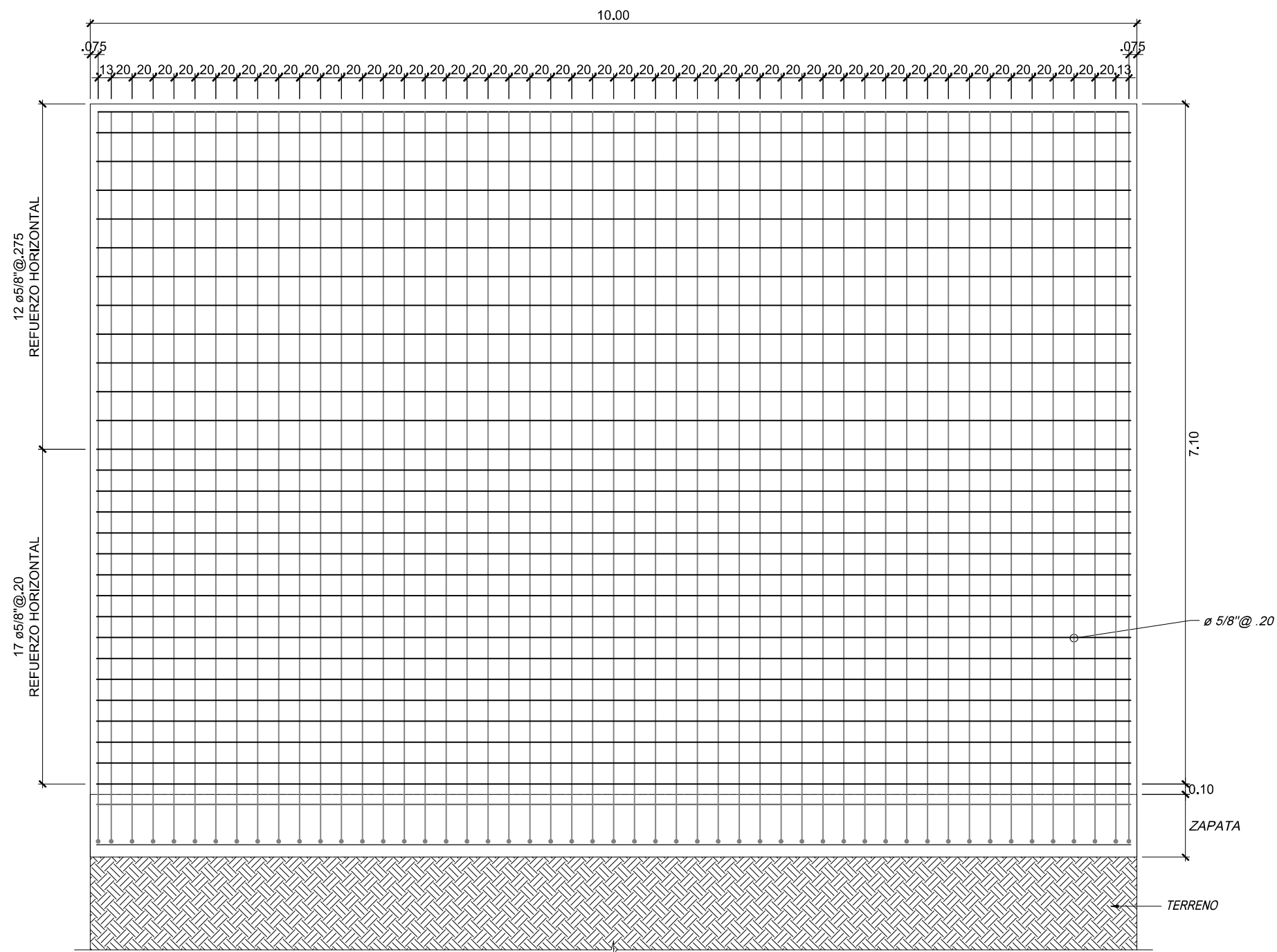
MURO DE CONTENCIÓN MC-1
ESC. : 1/50



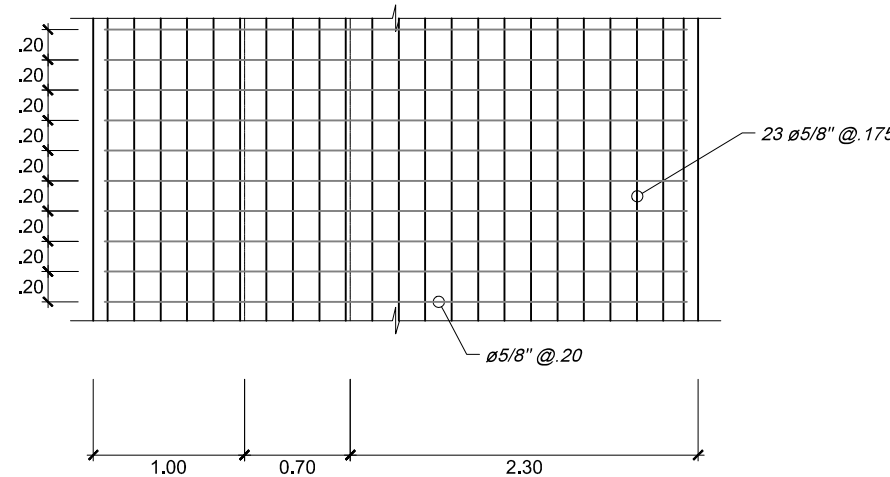
ARMADURA MC-1
ESC. : 1/50



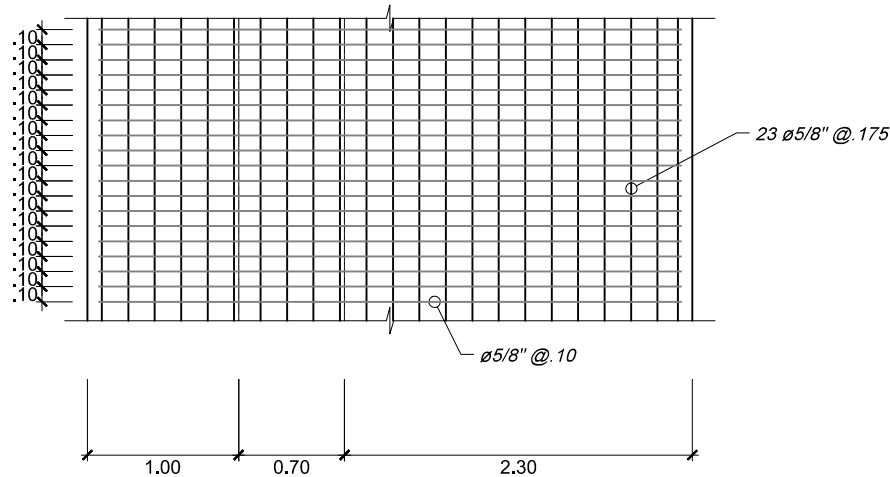
ARMADURA EN PANTALLA
CAPA INTERIOR
MC-1



ARMADURA EN PANTALLA
CAPA EXTERIOR
MC-1



ARMADURA EN ZAPATA
CAPA INFERIOR
MC-1



ARMADURA EN ZAPATA
CAPA SUPERIOR
MC-1

ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONCRETO

- CONCRETO ARMADO : $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
- CEMENTO : TIPO II

ACERO DE REFUERZO

- BARRAS DE ACERO CORRUGADO : $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ (ASTM A-615)

RECUBRIMIENTOS

- SUPERFICIES EN CONTACTO CON EL SUELO O AGUA : $e = 7.5 \text{ cm}$
- EN CONTACTO CON ENCOFRADO 6 SOLADO : $e = 4.0 \text{ cm}$

TERRENO

- TIPO DE SUELO : GP
- CAPACIDAD PORTANTE : $q_t = 3.0 \text{ Kg/cm}^2$
- ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA : $\phi = 34^\circ$
- PROFUNDIDAD DE DESPLANTE : $D_f = -3.80 \text{ m}$

DATOS DE DISEÑO

- PESO DEL CONCRETO : P.E. = 2400 Kg/m^3

Nota:
1) Los Muros de contención, se colocara juntas de 1" cada 10,0 m

LONGITUDES MINIMAS DE ANCLAJE Y SOLAPE, SALVO INDICACIONES ESPECIFICAS EN LOS PLANOS

ϕ PULG	ANCLAJES (cm)	TRASPALES (cm)	GRANCHOS (cm)
1/2"	30,0	60,0	20,0
5/8"	50,0	75,0	25,0
3/4"	60,0	90,0	30,0

				UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERIA , ARQUITECTURA Y GEOTECNIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
PROYECTO: "ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDRAULICO DE DEFENSAS RIBEREÑAS EXISTENTES PARA PREVENIR DESBORDE DEL RIO MOQUEGUA EN ZONA URBANA"							
TITULO: DETALLE DE MURO DE C°A° MC-1							
DEPARTAMENTO:	PROVINCIA:	DISTRITOS:		LAMINA NRO:			
MOQUEGUA	MARISCAL NIETO	MOQUEGUA		DM-1			
ELABORADO POR:	ESCALA:	DATUM:	FECHA:				
BACH. RENZO GUILLERMO GUEVARA HUAMÁN	INDICADA	WGS 1984 UTM 19S	JULIO-2025				

Anexo E
Panel Fotográfico

Figura 60

Levantamiento topográfico Puente Rosal



Nota. Elaboración propia.

Figura 61

Levantamiento topográfico Puente la Villa



Nota. Elaboración propia.

Figura 62

Levantamiento topográfico Alameda



Nota. Elaboración propia.

Figura 63

Ubicación de la Calicata C-1



Nota. Elaboración propia.

Figura 64

Ubicación de la Calicata C-2



Nota. Elaboración propia.

Anexo F
Matriz de Consistencia

Tabla 23

Matriz de Consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	METODO
¿Cuál es el comportamiento hidráulico de las defensas ribereñas existentes en la zona urbana de Moquegua y en qué medida provienen los desbordes del río?	Analizar el comportamiento hidráulico de las defensas ribereñas existentes en la zona urbana del río Moquegua con la finalidad prevenir desbordes	Las defensas ribereñas existentes en la zona urbana del río Moquegua tienen un comportamiento hidráulico óptimo que previenen los desbordes del río	X= Comportamiento hidráulico de las defensas ribereñas	Dimensiones: Dimensión 01: Capacidad hidráulica Indicadores: Registro de Caudales	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION El tipo de investigación es mixto Nivel de investigación descriptivo y explicativo.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	Y = Diseño hidráulico de las defensas ribereñas	Identificación de los puntos críticos	POBLACION Y MUESTRA:
Las defensas ribereñas existentes en el río Moquegua se encuentran instaladas en los puntos críticos y con qué tipo de estructuras se cuenta	Identificar las defensas ribereñas existentes del río Moquegua si están instalados en los puntos críticos y el	Al identificar los puntos críticos, y el tipo de estructura se podrá evaluar la eficiencia hidráulica de las defensas		Áreas afectadas Dimensión 02: Eficiencia del muro de contención	Población: cuenca del río Moquegua Muestra: tramo urbano río Moquegua desde la progresiva 0+000.00 ubicada en el Puente el

	tipo de estructura con que cuenta	ribereñas del río Moquegua	Indicadores: Estado de conservación de los muros Tipo de estructura Dimensión 03: Diseño de las defensas ribereñas Indicadores: Mejor diseño Dimensión 04: Estabilidad Estructural Indicadores: Observaciones daños existentes Evaluar fallas o volteos	Rosal hasta la progresiva 1+760.00 ubicado en el Puente el Rayo
Cómo influye el diseño y el estado de conservación de las defensas ribereñas del río Moquegua ante diferentes registros de caudales	Evaluar la influencia del diseño y estado de conservación de las defensas ribereñas existentes y cual es comportamiento hidráulico ante diferentes registros de caudales en el río Moquegua	El diseño y el estado de conservación influirán en el comportamiento hidráulico de las defensas ribereñas ante diferentes registros de caudales en el río Moquegua		
Qué tipo de diseño de defensas ribereñas tendrá mejor comportamiento hidráulico ante crecidas de caudales en el río Moquegua	Plantear diseños de defensas ribereñas que tengan mejor comportamiento hidráulico ante crecidas de caudales en el río Moquegua	Al plantear el mejor diseño de defensa ribereña ante crecidas de caudales mejorará comportamiento hidráulico y se podrá prevenir el desborde del río Moquegua		

Nota: Elaboración propia.