

REPOSITORIO ACADÉMICO UPC

Modelamiento bidimensional y diseño hidráulico de defensa ribereña en la quebrada Yale – Pariñas – departamento de Piura, utilizando el software Iber

Item Type	info:eu-repo/semantics/bachelorThesis
Authors	Barreto Jamanca, Nestor Antonio
Publisher	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)
Rights	info:eu-repo/semantics/openAccess
Download date	30/08/2024 19:41:35
Item License	http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Link to Item	http://hdl.handle.net/10757/675428



UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

Modelamiento bidimensional y diseño hidráulico de defensa ribereña en la quebrada Yale – Pariñas – departamento de Piura, utilizando el software Iber

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR(ES)

Barreto Jamanca, Nestor Antonio

0009-0009-2677-7137

ASESOR(ES)

Mogrovejo Gutiérrez, Rubén Esau

0000-0003-3254-7636

Lima, 12 de marzo de 2024

DEDICATORIA

Con gratitud, dedico este trabajo de investigación a mi familia, quienes han sido mi fuente de inspiración y apoyo en todo momento. Gracias por ser mi razón de ser y por impulsarme a ser mejor cada día. También quiero dedicar este trabajo a mis profesores, quienes me han guiado con su sabiduría y experiencia en el camino del conocimiento. Este trabajo es una muestra de mi compromiso y dedicación a mi formación profesional. ¡Gracias a todos!

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más sincero agradecimiento a mi asesor por su orientación y guía en el desarrollo de esta investigación. Agradezco a las personas que colaboraron con la recolección de datos y a mi familia por su apoyo emocional y comprensión. A mi alma mater, la UPC, gracias por brindarme la formación académica necesaria y por facilitarme los trámites solicitados en su momento para realizar este proyecto. Sin su ayuda y apoyo, no habría sido posible alcanzar este logro.

RESUMEN

El incremento de eventos climáticos extremos como el Fenómeno El Niño, que ha provocado repetidas inundaciones y pérdidas significativas en la región Piura y en todo el territorio nacional en los últimos años, ha permitido abordar en esta investigación la problemática de la quebrada Yale en el distrito de Pariñas.

Este estudio, de naturaleza aplicada, se enfocó en desarrollar un modelo bidimensional con el software Iber y el diseño de defensa ribereña. La metodología experimental comprendió la selección y preparación de la zona de estudio, el diseño de dos escenarios: el primero, con las condiciones actuales y el segundo, con la defensa ribereña, por último, el análisis comparativo de los datos obtenidos.

Los resultados del modelamiento bidimensional sin defensa ribereña revelan un peligro de inundación, especialmente en áreas urbanas vulnerables. Sin embargo, un escenario con defensa ribereña evita que estas zonas sean afectadas por inundaciones ocasionadas por el Fenómeno El Niño. Para alcanzar este propósito, se recopiló datos significativos proporcionados por el SENAMHI. Así como también, de la modelación de inundaciones utilizando un enfoque de Sistema de Información Geográfica (GIS) y el software Hec-HMS.

Esta investigación contribuye a la prevención y mitigación de desastres naturales ocasionados por el FEN en la región Piura, específicamente en el distrito de Yale. La integración de datos topográficos, hidrológicos y geotécnicos respaldó un modelamiento hidráulico mediante el software Iber. Este enfoque proporciona una herramienta para la gestión de riesgos, identificando áreas vulnerables y permitiendo la toma de decisiones informadas.

Palabras clave: Iber; quebrada Yale; Defensas ribereñas; análisis hidrológico, modelamiento numérico bidimensional.

[Two-dimensional modeling and hydraulic design of the riverside defense in Yale -
Pariñas ravine - department of Piura, using Iber software]

ABSTRACT

The increment in hard and extreme climate events such as the El Niño Phenomenon, which has caused repeated flooding and significant losses in the Piura region and throughout the national territory in recent years, has allowed us to address in this research the problem of the Yale stream in the Pariñas district.

This study, of applied nature, focuses on developing a two-dimensional model and hydraulic design of riparian defense using Iber software. The experimental methodology encompass the selection and preparation of the study area, the design of two scenarios: the first, with current conditions and the second, with riparian defense, and finally, the comparative analysis of the data obtained.

The results from the bidimensional modeling without the Ribereña defense reveal a several flood dangers, especially in vulnerable urban areas. However, when there is a Ribereña defense the flood danger for the affected zones caused by the “Fenomeno del niño” are evade. To reach this purpose, it was collected significant data given by the SENAMHI. As well as also, the modeling of the floods utilizing a focus on the Geographic information system (GIS) and the software Hec-HMS.

This investigation contributes in the prevention and mitigation of the natural disasters caused by eh FEN in the region of Piura, especially in the district of Yale. The integration of the topographic, hydrologic and geotechnics data supports a hydraulic modeling through the software Iber. This focus provides a tool to the management of risks, identifying vulnerable areas and allowing the informed decision making.

Keywords: Iber; Yale Basin; riparian defenses; hydrological analysis; two-dimensional numerical modeling.

u201816288_Nestor Antonio Barreto Jamanca_Modelamiento bidimensional y diseño hidráulico de defensa ribereña en la quebrada Yale – Pariñas – departamento de Piura, utilizando el software Iber

ORIGINALITY REPORT

17% SIMILARITY INDEX	17% INTERNET SOURCES	6% PUBLICATIONS	5% STUDENT PAPERS
--------------------------------	--------------------------------	---------------------------	-----------------------------

PRIMARY SOURCES

1	upc.aws.openrepository.com Internet Source	2%
2	hdl.handle.net Internet Source	2%
3	repositorioacademico.upc.edu.pe Internet Source	2%
4	repositorio.uprit.edu.pe Internet Source	1%
5	sigrid.cenepred.gob.pe Internet Source	1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Student Paper	1%
7	repositorio.usanpedro.edu.pe Internet Source	1%
8	repositorio.lamolina.edu.pe Internet Source	1%

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	14
1 MARCO TEÓRICO	21
1.1 HIDROLOGÍA	21
1.1.1 Hidrología de Talara	21
1.1.2 Cuenca hidrográfica	22
1.1.3 Avenidas	24
1.1.4 Faja Marginal	25
1.1.5 Cauce del agua	25
1.1.6 Ribera	25
1.1.7 Nivel de Agua Mínimas	25
1.1.8 Nivel de Agua Máximas Extraordinarias	25
1.1.9 Análisis de cuenca	27
1.1.10 Ancho medio	30
1.1.11 Factor de forma (F)	30
1.1.13 Rectángulo Equivalente	31
1.1.14 Leyes de Horton	31
1.1.15 Tiempo de concentración	31
1.1.16 Prueba de Datos Dudosos (Método Water Resources Council)	31
1.1.17 Determinación de Coeficientes Regionales Método de Dick – Peschke	32
1.1.19 Precipitación de diseño para duraciones menores a 24 horas Método Bell (mm)	32
1.2 HIDRÁULICA FLUVIAL	33
1.2.1 Caracterización hidráulica de ríos y quebradas	33
1.2.2 Análisis de inundaciones en ríos y quebradas	33
1.2.3 La sedimentación en ríos y quebradas	33
1.2.4 Erosión de la rivera	33
1.2.5 Socavación General	34
1.2.6 Factores que determinan la inestabilidad de talud	34
1.3 TOPOGRAFÍA	35
1.3.1 Elaboración de modelos digitales del terreno (MDT)	35
1.3.2 Delimitación de áreas de inundación	36

1.3.3	Integración de la topografía con el software Iber	37
1.4	ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS	38
1.4.1	Defensa Ribereña.....	39
1.4.2	Tipos de defensa ribereña	40
1.5	MODELAMIENTO HIDRÁULICO BIDIMENSIONAL	42
1.5.1	Iber.....	42
1.5.2	Campos de aplicación.....	43
1.5.3	Limitaciones	44
1.6	FENOMENO “EL NIÑO”	44
1.6.1	El Niño en el Perú: registro histórico	45
1.6.2	Datos históricos del Fenómeno El Niño ocurrido en la quebrada Yale.....	46
1.6.3	Niveles de riesgo en sectores críticos en la ciudad de Talara.....	47
1.6.4	Inundaciones	48
1.6.5	Tipos de inundaciones	49
2	METODOLOGÍA	50
2.1	NIVEL DE INVESTIGACIÓN	50
2.2	PROCEDIMIENTO	50
3	MATERIALES Y MÉTODOS	51
3.1	ZONA DE ESTUDIO.....	51
3.1.1	Descripción de la investigación.....	52
3.1.2	Estructuras existentes.....	54
3.1.3	Parámetros Geomorfológicos	55
3.1.4	Cuadro resumen de resultados	66
3.2	MATERIALES	67
3.2.1	Topografía.....	67
3.2.2	Geología.....	70
3.2.3	Información Hidrométrica	75
3.3	MODELAMIENTO HIDROLÓGICO	90
3.3.1	Modelamiento Hidrológico de la quebrada Yale.....	90
3.3.2	Cálculo de Caudal con HEC-HMS	91
3.4	MODELAMIENTO HIDRÁULICO	94
3.4.1	Escenarios 1: Modelamiento con las condiciones actuales	94

3.4.2	Escenario 2: Modelamiento con la instalación de las defensas ribereñas ..	98
3.5	VALIDACIÓN DEL MODELO CON DATOS HISTÓRICOS	105
4	RESULTADOS	108
4.1	RESULTADOS MODELAMIENTO ÍBER	108
4.1.1	Resultado del escenario 1	108
4.1.2	Resultados del escenario 2.....	111
5	CONCLUSIONES	115
6	RECOMENDACIONES	117
7	REFERENCIAS.....	118
8	ANEXOS.....	127

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Niveles de Riesgo en Sectores Crítico Ciudad de Talara 1999.....	48
Tabla 2 Longitud y pendiente del cauce principal.....	56
Tabla 3 Rangos de pendientes	59
Tabla 4 Clasificación de pendiente Media	60
Tabla 5 Datos para el factor de forma	60
Tabla 6 Valores de Forma	61
Tabla 7 Valor del coeficiente de compacidad para el estudio de la quebrada	61
Tabla 8 Coeficiente de compacidad.....	62
Tabla 9 Densidad de drenaje	63
Tabla 10 Tipos de Concentración.....	64
Tabla 11 Datos de la Quebrada Yale	65
Tabla 12 Cuadro de Resumen de la Quebrada Yale	67
Tabla 13 Clasificación de Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) – Calicata N°8 elaboradas en la ciudad de Talara	73
Tabla 14 Distribución granulométrica C -02	75
Tabla 15 Precipitaciones de máximos anuales de 1934 hasta el 2023 – Estación el Alto	77
Tabla 16 Cálculos obtenidos de las precipitaciones máximos anuales 1934 hasta el 2023	77
Tabla 17 Valores K_n para la prueba de datos dudosos	78
Tabla 18 Registro histórico de precipitaciones máximas en 24 horas de la Estación el Alto.....	79
Tabla 19 Datos para la distribución de probabilidades.....	79
Tabla 20 Precipitación máxima diario a nivel anual	82
Tabla 21 Determinación de Coeficientes regionales – método de Dick – Peschke.....	83
Tabla 22 Intensidades de Diseño para duraciones menores 24 horas	84
Tabla 23 Precipitaciones para duraciones menores a 24 horas	86
Tabla 24 Intensidades para duraciones menores a 24 horas.	87
Tabla 25 Coeficiente de escorrentía método racional.....	88
Tabla 26 Intensidad de lluvia Método De Dick - Peschke.....	89
Tabla 27 Caudal máximo Método De Dick - Peschke.....	89
Tabla 28 Intensidad de lluvia Método Bell.....	89

Tabla 29 <i>Caudal máximo Método Bell</i>	90
Tabla 30 <i>Comparativa de Métodos de Caudales Máximos con un periodo de retorno a 100 años</i>	93
Tabla 31 <i>Dimensión de bloques para gaviones</i>	99
Tabla 32 <i>Resultados del modelamiento inicial</i>	108
Tabla 33 <i>Ajustes estadísticos de probabilidades de la “Estación El Alto”</i>	164

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapeo de áreas susceptibles de inundación para diferentes tiempos de retorno estimados a través del modelo de acoplamiento Hidrológico e Hidráulico.	15
Figura 2 Mapeo de inundación mediante el uso del software HEC-RAS 2D e identificación del nivel del agua en áreas residenciales.	16
Figura 3 Bordes marginales	17
Figura 4 El ciclo del agua.....	21
Figura 5 Mapa hidrográfico de la provincia de Talara	22
Figura 6 Cuenca 1 (endorreica) y Cuenca 2 (exorreica)	23
Figura 7 Separación de los dos escurrimientos en un hidrograma	24
Figura 8 Delimitación de la Faja Marginal	26
Figura 9 Sección transversal de la delimitación de la Faja Marginal	26
Figura 10 Categorización de los ríos según la curva hipsométrica.	27
Figura 11 Longitud de tiempo de Concentración	29
Figura 12 Longitud de tiempo de Concentración	30
Figura 13 Representación de un modelo digital de elevación en formato Ráster	36
Figura 14 Integración de la topografía de la zona de estudio al software Iber	38
Figura 15 Defensa ribereña del río Apurímac.....	39
Figura 16 Espigones	40
Figura 17 Gaviones.....	40
Figura 18 Dique enrocado	41
Figura 19 Rompeolas	42
Figura 20 Visualización en el módulo de postproceso de IBER del mapa de máximos para valores de cota del agua.	43
Figura 21 Vista panorámica de toda la ciudad de Piura inundada	45
Figura 22 Carretera de Talara es destruida por el Fenómeno El Niño 1983	47
Figura 23 Pobladores de AA.HH. de Talara afectados por el Fenómeno El niño 1983	47
Figura 24 Vista de la zona de estudio “Intercuenca 1391” a través de la plataforma tecnológica interactiva que permite la difusión de la información de recursos hídricos a nivel nacional SNIRH.	52
Figura 25 Vista de la zona de estudio “Quebrada Yale” a través de la plataforma Google Earth – Centros poblados urbanos colindantes al área de estudio.	53
Figura 26 Delimitación de la Quebrada Yale a través de la plataforma Google Earth.	54

Figura 27 Vista de la estructura del puente Yale culminada	54
Figura 28 Vista del puente Yale desde la plataforma Google Earth	55
Figura 29 Mapa geomorfológico de la provincia de Talara.	55
Figura 30 Pendiente de la Quebrada Yale, imagen obtenida del software QGIS	57
Figura 31 Pendiente de la zona de estudio obtenido a través del Civil 3D.....	58
Figura 32 Cálculo de pendiente media mediante QGIS	59
Figura 33 Red de drenaje de la zona de estudio obtenido a través del software QGIS .	63
Figura 34 El número obtenido de la quebrada Yale es de orden 3	64
Figura 35 Resultados de la curva Hipsométrica y frecuencia de alturas.....	66
Figura 36 RPAS (Sistema de aeronaves pilotadas remotamente) Phantom 4 RTK.....	68
Figura 37 Estación total de Topcon GPT3000	68
Figura 38 Software Lidar.....	69
Figura 39 Vista en planta de las curvas de nivel, eje y líneas de muestreo del levantamiento topográfico en la Quebrada Yale.	69
Figura 40 Vista tridimensional del MDT generado.....	70
Figura 41 Vista de la ubicación de las calicatas	71
Figura 42 Acercamiento de la vista de la ubicación de la calicata C -02.....	71
Figura 43 Ubicación de la estación El Alto.....	76
Figura 44 Ajuste estadístico NORMAL.....	80
Figura 45 Ajuste estadístico GUMBEL	80
Figura 46 Ajuste estadístico PEARSON TIPO III	80
Figura 47 Ajuste estadístico LOG PEARSON TIPO III	81
Figura 48 Precipitación en (mm) Vs Periodo de Retorno en años	83
Figura 49 Intensidad de precipitación Vs Duración	85
Figura 50 Intensidad de precipitación Vs Duración	87
Figura 51 Visualización de puntos de referencia	90
Figura 52 Modelación de la cuenca en estudio en HEC-HMS.....	91
Figura53 Inserción de datos para el cálculo de caudal en HEC-HMS.....	92
Figura 54 Numero de curva para la zona de estudio procesado con QGIS.....	92
Figura 55 Hidrograma resultante y valor de caudal obtenido	93
Figura 56 Corte para el área de trabajo	95
Figura 57 Generación de curvas de nivel	95
Figura 58 Mapa de identificación de rugosidades para el modelo Iber	96

Figura 59 <i>Malla generada</i>	96
Figura 60 <i>MDT y malla asignada en Iber</i>	97
Figura 61 <i>Condiciones de contorno de entrada y salida</i>	97
Figura 62 <i>Mapa de inundación e identificación de tirantes máximos</i>	98
Figura 63 <i>Valores máximos de la velocidad</i>	98
Figura 64 <i>Diseño de gavión</i>	99
Figura 65 <i>Huella de inundación</i>	100
Figura 66 <i>Vista en planta de la defensa ribereña en el cauce de la quebrada Yale</i>	100
Figura 67 <i>Diseño en corte de la defensa ribereña para el cauce de la quebrada</i>	102
Figura 68 <i>Terreno natural más el ensamblaje de la estructura hidráulica</i>	103
Figura 69 <i>Generación de nueva malla con la topografía nueva</i>	104
Figura 70 <i>Huella de inundación con la estructura hidráulica incorporada</i>	104
Figura 71 <i>Registro de precipitación de 1983 en la estación Talara</i>	105
Figura 72 <i>Modelamiento bidimensional del fenómeno El Niño de 1983</i>	106
Figura 73 <i>Zonas afectadas por el fenómeno El Niño de 1983</i>	106
Figura 74 <i>Zonas afectadas por el fenómeno El Niño de 1983</i>	107
Figura 75 <i>Plano de los puntos afectados por el fenómeno El Niño de 1983</i>	107
Figura 76 <i>Vista en planta del muro de gaviones implementado</i>	109
Figura 77 <i>Sección de tramo para verificar el tirante máximo</i>	110
Figura 78 <i>Tirantes del modelamiento bidimensional</i>	110
Figura 79 <i>Vista en planta del muro de gaviones implementado</i>	111
Figura 80 <i>Diseño de los gaviones en corte</i>	112
Figura 81 <i>Sección del tramo del cauce con la estructura hidráulica en Iber</i>	112
Figura 82 <i>Huella de inundación con encauzada por la estructura hidráulica</i>	113
Figura 83 <i>Velocidades Máximas analizados en el software Iber</i>	113
Figura 84 <i>Verificación de Instalación de Gaviones a lado derecho y lado izquierdo</i> .	114

INTRODUCCIÓN

Según el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo (CENEPRED, 2023) la quebrada Yale es conocida por presentar eventos hidrológicos, como inundaciones y desbordes del cauce, que afectan a la población y la infraestructura local, generando pérdidas económicas y sociales significativas. Dentro de esta situación, se ha comprendido la urgencia de desarrollar medidas de prevención y protección adecuadas que permitan reducir la exposición al riesgo y la vulnerabilidad de la población y la infraestructura ante estos eventos. Así el modelamiento hidráulico y el diseño de defensas ribereñas son herramientas clave para la gestión de riesgos hidrológicos en zonas expuestas a inundaciones y desbordes de ríos y quebradas.

En este contexto Pinos y Timbe (2019) mencionan que el software Iber muestra un rendimiento destacado en la simulación del nivel del agua y la expansión de una inundación en eventos con periodos de retorno de 20 a 50 años frente a la existencia de otros modelos hidráulicos. Iber se ha convertido en una herramienta útil para el modelamiento bidimensional de la dinámica hidráulica en zonas ribereñas, permitiendo el diseño de soluciones técnicas sostenibles y adaptadas a las características específicas de la zona de estudio. Además, es esencial contar con información previa para llevar a cabo un proyecto de defensa ribereña. Esta información se refiere a estudios topográficos, hidrológicos, hidráulicos y de suelos, así como también antecedentes sobre inundaciones, daños y áreas afectadas. Con esta información, es posible realizar un dimensionamiento adecuado de la defensa ribereña con un nivel hidráulico que permita su encauzamiento ante una máxima avenida.

El propósito de este estudio es el modelamiento bidimensional y el diseño hidráulico de una defensa ribereña en la Quebrada Yale, con el fin de identificar la mejor estructura hidráulica para reducir la susceptibilidad y la exposición de la población al peligro, ante eventos hidrológicos extremos.

Formulación del problema

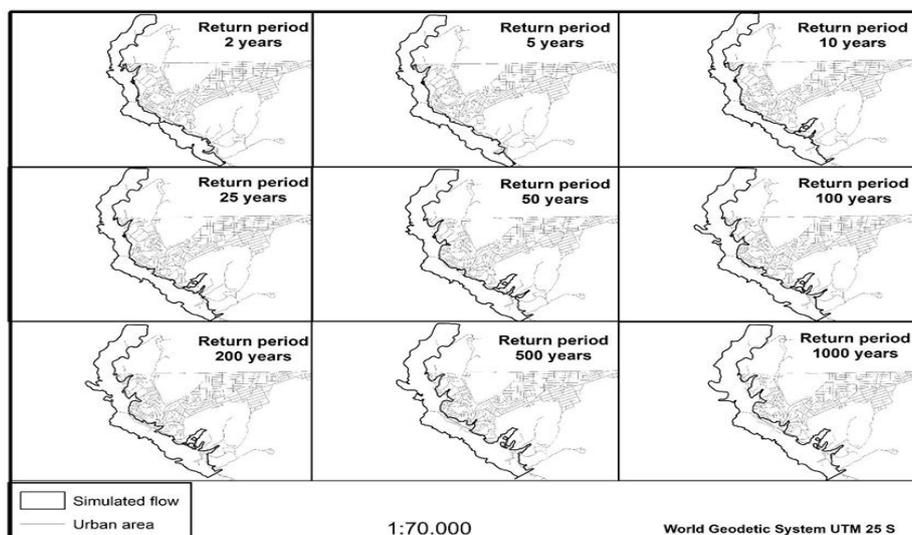
¿En qué medida el modelamiento bidimensional y el diseño de defensa ribereña reducirá el peligro de inundación en las áreas marginales de la quebrada Yale - Pariñas del Departamento de Piura?

Estado del arte

Los autores Monte et al. (2016), en el artículo "Modelado hidrológico e hidráulico aplicado a la cartografía de áreas propensas a inundaciones" abordan el problema de la identificación y prevención de inundaciones en una cuenca hidrográfica de Brasil. Los autores utilizan modelos hidrológicos e hidráulicos para modelar el flujo de agua en la cuenca y la propagación de la inundación en el área de interés. En términos de aplicación de la investigación, los autores produjeron mapas detallados de las áreas propensas a inundaciones utilizando datos topográficos como se presenta en la Figura 1, de lluvia y otros datos geospaciales. Estos mapas, puede ser empleados por las autoridades locales para implementar medidas preventivas y estrategias de gestión de riesgos, como parte de la planificación de evacuaciones y la identificación de zonas seguras para la construcción de infraestructuras críticas. En cuanto a los resultados, los autores encontraron que el uso de modelos hidrológicos e hidráulicos mejoró significativamente la exactitud en la detección de zonas susceptibles a inundaciones en contraste con los métodos tradicionales. Además, los mapas producidos pueden ser utilizados para la planificación y gestión del riesgo de inundaciones en la cuenca hidrográfica estudiada.

Figura 1

Mapeo de áreas susceptibles de inundación para diferentes tiempos de retorno estimados a través del modelo de acoplamiento Hidrológico e Hidráulico.

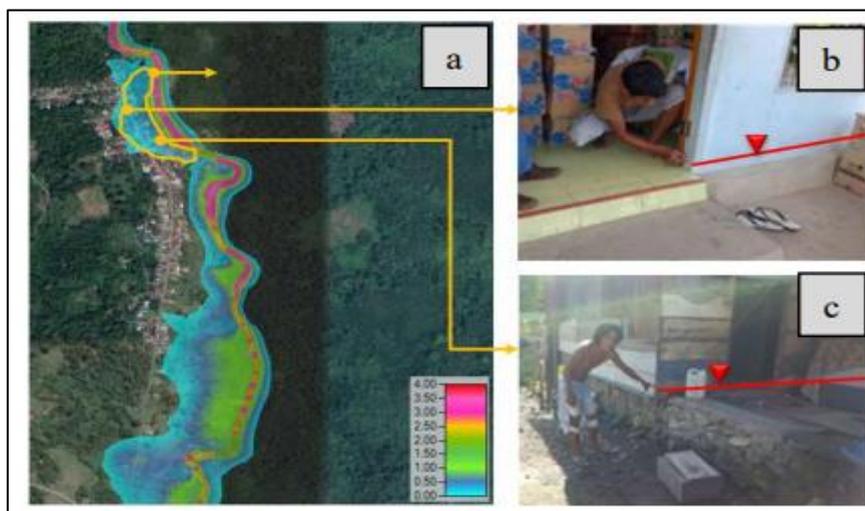


Nota: La infografía muestra el mapeo de 2 a 1000 años de retorno para las áreas susceptibles a inundación. De "Hydrological and hydraulic modelling applied to the mapping of flood-prone areas", por Monte et al., 2016.

Rauf y Sahdar (2021), en su investigación señalan sobre el aumento de problemas de inundaciones a nivel mundial, causado por los cambios en el uso del suelo, debido al crecimiento humano y el cambio climático global, lo cual los llevó a plantear desafíos significativos. Su estudio se centra en Amasing Kali River en Bacan Island, Indonesia, donde las inundaciones son frecuentes y han generado pérdidas materiales y humanas. El objetivo fue modelar la distribución de inundaciones utilizando un enfoque de Sistema de Información Geográfica (GIS) y el software Hec-RAS. La metodología implicó la recopilación de datos hidrológicos y topográficos, el análisis de la frecuencia de lluvias y la simulación de inundaciones. Los resultados revelaron que la zona experimenta inundaciones con una variación de 0.5 a 1.5 metros y un área total de inundación que aumenta con el tiempo de retorno. Este enfoque proporcionó información para la gestión de inundaciones y destaca la importancia de modelos detallados y políticas basadas en la comprensión de la morfología de la cuenca y el cambio climático, (ver figura 2).

Figura 2

Mapeo de inundación mediante el uso del software HEC-RAS 2D e identificación del nivel del agua en áreas residenciales.

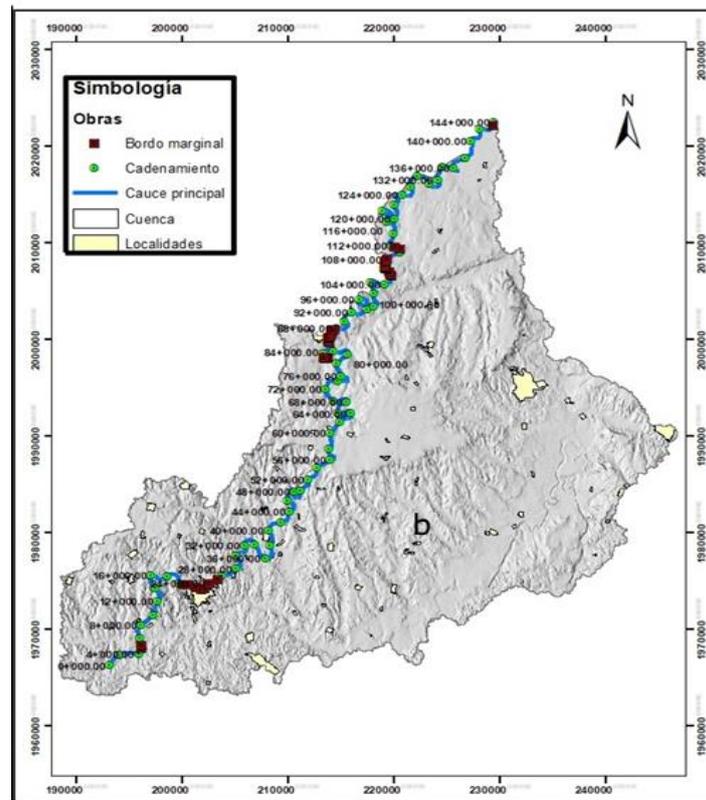


Nota: La infografía muestra el mapeo de inundaciones del año 2017, revelan niveles de agua en áreas residenciales a lo largo de la carretera y en la llanura aluvial, ofreciendo una representación visual de la variación en las alturas del agua. De "Simulation Of Flood Mapping in Amasing Kali Village Using HEC-RAS 2D", por Rauf y Sahdar, 2021.

Por otra parte, el autor Gutiérrez García et al. (2022), en su investigación abordan sobre la modelación hidráulica 2D en Iber, el análisis de inundaciones en la subcuenca Tesechoacán durante el huracán Matthew en 2010, con el propósito de identificar y

cuantificar las áreas de alta peligrosidad. Se utilizó un enfoque que involucra la estimación de hidrogramas para el análisis hidráulico. Los resultados mostraron una expansión de 29,027.24 hectáreas sumergidas con niveles de agua de hasta 7.45 metros, resaltando que las áreas con pastizales cultivados y actividades agrícolas representaron el 80.89% del total del área afectada. En el mapa de riesgos, se identificaron 33 comunidades impactadas, con un 56.9% calificado como de alto riesgo. La validación del modelo se realizó mediante la comparación con una imagen de satélite de SPOT 4, evidenciando una concordancia positiva. Como medidas para reducir el impacto, se proponen actividades de limpieza y la construcción de terraplenes en las orillas, con la capacidad de disminuir hasta un 71% el impacto de las inundaciones en la subcuenca Tesechoacán (ver figura 3).

Figura 3
Bordes marginales



Nota: En la infografía se observa la propuesta ante la simulación de inundación, para mitigar el riesgo ante inundación. De “Modelación hidráulica en Iber para prevención de inundaciones en la cuenca Tesechoacán”, por Gutiérrez García et al., 2022.

La importancia de estructuras hidráulicas para mitigar estos fenómenos naturales es muy importante tal y como se explica en la investigación de Meza (2019), donde el objetivo del estudio fue el diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña en el río Tarma en el sector de Santo Domingo-Palca-Tarma, con el fin de proteger las áreas urbanas y rurales cercanas a la zona. La investigación se realizó mediante el modelamiento hidráulico y la realización de cálculos estructurales para el diseño de una estructura de protección adecuada. Los resultados mostraron que la solución propuesta era viable y adecuada para la protección de las áreas cercanas al río Tarma. Además, se encontró que el modelo hidráulico utilizado fue útil para simular los escenarios de inundación y determinar las zonas de riesgo de la zona.

En la tesis de Vasquez (2018), indica que, el objetivo principal de su proyecto fue diseñar y aplicar una estructura hidráulica para prevenir desbordamientos y minimizar el riesgo de inundaciones en el río La Leche. Para lograr esto, aplicaron diferentes métodos de diseño, considerando factores como la flexibilidad y rigidez de los materiales, ventajas, desventajas, y otros aspectos importantes del diseño. Además, se logró identificar las zonas más vulnerables a desbordes y se realizaron estudio de vulnerabilidad basado en las condiciones hidrológicas presentes en la cuenca del río. Con los datos encontrados, se determinó la opción de diseño óptima desde el punto de vista técnico y económico para este estudio en particular. El proyecto tuvo como objetivo reducir las pérdidas costosas causadas por inundaciones en la región.

Hipótesis

El modelamiento bidimensional y el diseño de defensa ribereña permitirá reducir el peligro de inundación en las áreas marginales de la quebrada Yale – Pariñas del Departamento de Piura.

Objetivo general

Implementar un modelo bidimensional y el diseño hidráulico de una defensa ribereña que servirá para reducir el peligro de inundación de las comunidades que se ubican alrededor de la quebrada Yale - Pariñas del departamento de Piura.

Objetivos específicos

- Compilar información para crear el modelo numérico bidimensional:
Información topográfica del cauce, data hidrológica y ensayos geotécnicos.
- Realizar el modelamiento hidrológico de la zona de estudio con información recopilada.
- Realizar el modelamiento hidrológico de la zona de estudio para un evento extremo.
- Realizar el modelamiento hidráulico sin el diseño de la defensa ribereña para la quebrada Yale (escenario 1: condiciones naturales).
- Realizar el modelamiento hidráulico con el diseño de la defensa ribereña para la quebrada Yale (escenario 2: quebrada Yale con defensa ribereña).
- Describir el análisis y los resultados obtenidos del modelo numérico bidimensional utilizando el software Iber y la selección del diseño hidráulico para su respectiva aplicación.

Descripción del contenido

Este estudio tiene por objetivo evaluar el modelo de diseño hidráulico para su aplicación en la quebrada Yale, a través del software Iber, su aplicación permitirá la creación de un modelo ideal de defensas ribereñas, de esta manera, reducirá su velocidad del caudal de las aguas pluviales, así como también, para su retención de sedimentos, evitando de esta forma, la inundación en la zona de dicha quebrada.

En la introducción de esta investigación detalla los acontecimientos que atraviesa la provincia de Talara en cada suceso del fenómeno El niño, así como también, la justificación del aporte a esta investigación. En el capítulo 1: Se tiene el marco teórico donde se va a desarrollar los conceptos fundamentales de hidráulica pluvial, además de la modelación del software Iber, que se usará para realizar el modelamiento hidrológico.

En el capítulo 2: Veremos la metodología a utilizar en el diseño hidráulico para su aplicación, también, se detalla el tipo de metodología que corresponde a investigación aplicada, al finalizar se va a enumerar los procedimientos para desarrollar este análisis. En el capítulo 3: Se ven los calculo, análisis y resultados de la presente investigación; se realizará el modelamiento hidrológico con el software HEC-HMS, modelamiento hidráulico con el software Iber para los casos propuestos y se finaliza con el modelo de diseño propuesto para su aplicación en la quebrada Yale. En el capítulo 4: Se dan las conclusiones, el cual interpreta los resultados obtenidos que se detalla en el capítulo anterior, además, se tiene la validación de la hipótesis. En el capítulo 5: contempla las recomendaciones, donde se especifica las sugerencias y soluciones que se pretende dar con este estudio. Seguidamente el capítulo 6: se plasman las referencias bibliográficas, medios de información que dan soporte a esta investigación. Finalmente, el en capítulo 7: se tienen los anexos, documentación relevante que se obtuvieron durante el desarrollo del trabajo y que validan la presente investigación.

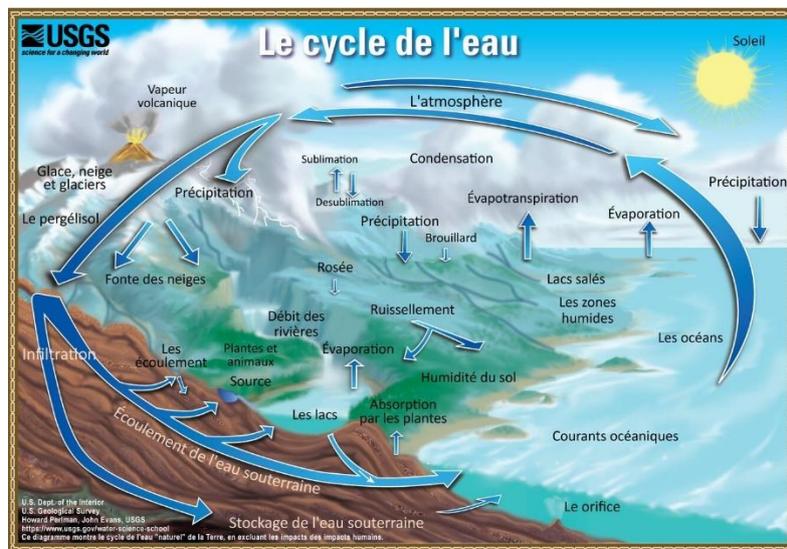
1 MARCO TEÓRICO

1.1 HIDROLOGÍA

La hidrología es la disciplina geográfica que se centra en investigar la distribución, tanto en el espacio como en el tiempo, y las características del agua que se encuentra en la atmósfera y la superficie terrestre. Destacada como una ciencia fundamental en Ingeniería del Agua, este proceso incluye las lluvias, el escurrimiento, la humedad del suelo, la evapotranspiración y el equilibrio de las masas glaciares. Por otro lado, en la figura 4 muestra el análisis de las aguas subterráneas se aborda a través de la hidrogeología (Estévez et al., 2014).

Figura 4

El ciclo del agua



Nota: La infografía muestra los procesos del ciclo del agua. De "Ciclo Hidrológico", por Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS, 2022).

1.1.1 Hidrología de Talara

Según el Instituto Geofísico del Perú (IGP, 2020) señalan que, la provincia de Talara se distingue por su limitado aporte pluviométrico anual, lo que la configura como una región árida con densos bosques de algarrobos que ocupan quebradas secas, junto a extensas áreas de arenales. El patrón de precipitaciones es estacional, con lluvias leves durante el verano y ausencia de estas durante el resto del año. No obstante, debido a condiciones naturales particulares, como la presencia del Fenómeno "El Niño", las lluvias experimentan un aumento significativo, provocando precipitaciones máximas que activan

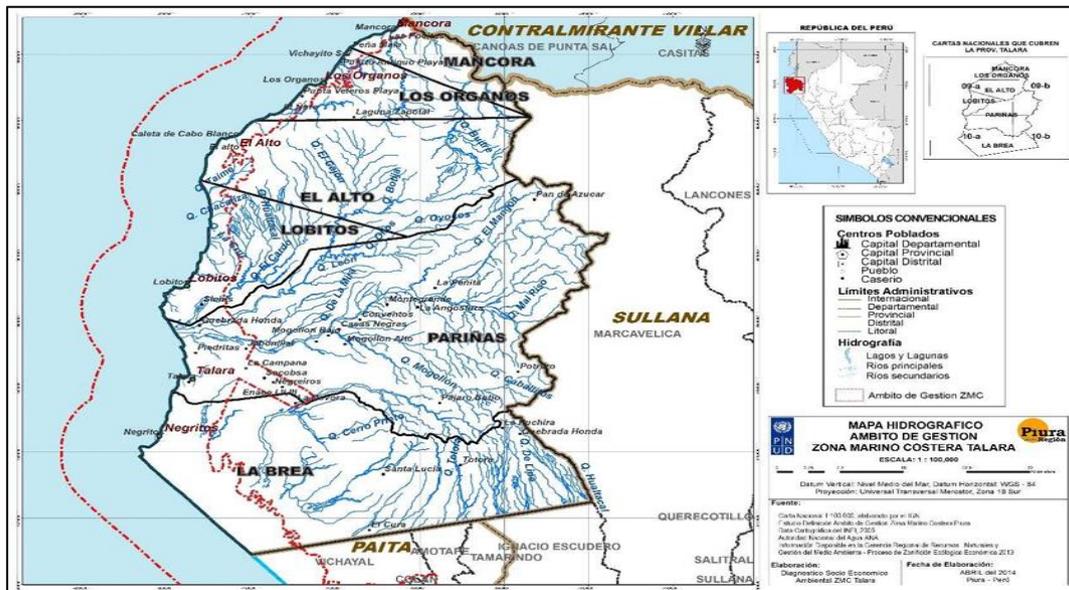
las quebradas y generan cursos de agua temporales, algunos de los cuales pueden desembocar en el océano Pacífico.

1.1.2 Cuenca hidrográfica

Según la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2013), indican que una cuenca hidrográfica constituye un área geográfica que dirige su flujo de agua hacia un único sistema de drenaje natural, es decir, es la región que recoge el agua de lluvia y escorrentía que se desplaza hacia un río o lago compartido. Este espacio se encuentra delimitado por una línea de cumbres conocida como divisoria de aguas, la cual separa las aguas que se dirigen hacia distintos ríos o lagos. La cuenca hidrográfica se erige como una unidad esencial para la administración del agua, dado que facilita la comprensión de la interrelación entre el agua y el territorio, permitiendo la planificación de su uso de manera sostenible. La planificación holística de cuencas hidrográficas implica la coordinación efectiva de la gestión del agua, la tierra y los recursos naturales en una cuenca hidrográfica determinada, con el objetivo fundamental de garantizar un uso equitativo y sostenible de los recursos hídricos. La grafica 5 muestra la descripción del mapa hidrográfico de la provincia de Talara.

Figura 5

Mapa hidrográfico de la provincia de Talara



Nota: En la infografía muestra el mapa hidrográfico de la zona de estudio en el distrito de Pariñas. Adaptado de " Diagnóstico Socio Económico Ambiental de la Zona Marino Costera Piura", por PNUD, 2013.

Estas pueden ser:

- Cuenca endorreica

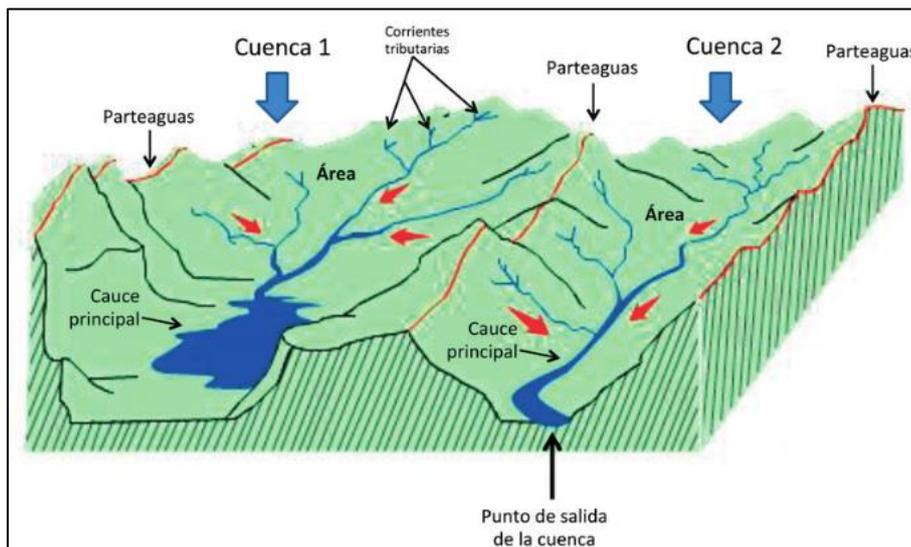
Una cuenca endorreica es aquella que no tiene salida superficial hacia el mar o el océano, sino que las aguas fluviales se evaporan o se infiltran en el suelo. Según Castro et al., (2016), una cuenca endorreica se caracteriza por tener un flujo de agua que no llega a un cuerpo de agua externo y, por tanto, los ríos o arroyos que la componen desembocan en lagunas o depresiones cerradas, donde el agua se acumula sin posibilidad de evacuación natural.

- Cuenca exorreica

Se define como una cuenca hidrográfica en la que la red de drenaje fluye hacia un océano, un mar o un lago, es decir, su flujo de agua no tiene una salida interior al terreno y se dirige hacia el exterior, tal como se aprecia en la figura 6 (Gleason Espíndola, 2017).

Figura 6

Cuenca 1 (endorreica) y Cuenca 2 (exorreica)



Nota: La infografía detalla la red de drenaje a través de las cuencas. De "La gestión sustentable del agua en la arquitectura y urbanismo", por J. A. Gleason Espíndola, 2017.

1.1.3 Avenidas

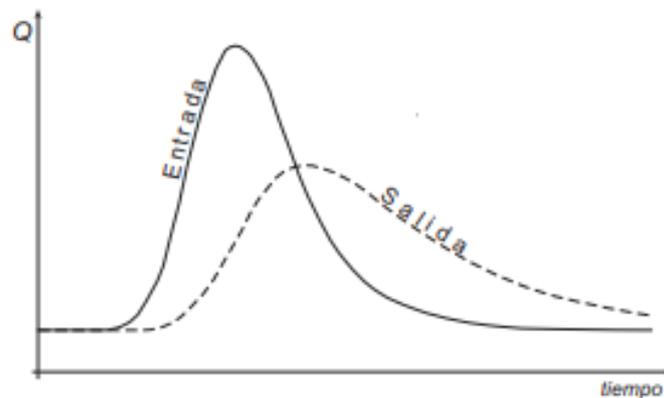
Según los autores Gupta et al. (2014) manifiestan que, las avenidas se refieren al aumento significativo y repentino del caudal de agua en un río debido a precipitaciones intensas, fusión de nieve u otros factores.

1.1.3.1 Hidrogramas de Avenida

Analiza el comportamiento de las avenidas a través de los hidrogramas tal como muestra en la figura 7. Según los autores Gupta et al. (2014) indican que, un hidrograma de avenida es la representación gráfica del caudal de agua en función del tiempo durante un evento de crecida. El hidrograma permite comprender la magnitud y duración de una crecida y es una herramienta fundamental para el análisis hidrológico.

Figura 7

Efecto de retardo y atenuación en un hidrograma entre la entrada y salida



Nota: La infografía muestra el comportamiento de las avenidas a través de hidrograma. De "Tránsito de Hidrogramas", por J. Sánchez, 2013.

1.1.3.2 Curvas de Duración de Avenidas

Según los autores Gupta et al. (2014) señalan que, las curvas de duración de avenidas muestran la duración de las crecidas en función de su recurrencia. Estas curvas permiten estimar la probabilidad de ocurrencia de avenidas de diferentes magnitudes y duraciones, lo que es útil en el diseño de infraestructuras de control de inundaciones.

1.1.3.3 Modelos Hidrológicos

Se explora el uso de modelos hidrológicos para modelar y anticipar el comportamiento de las avenidas. Según los autores Gupta et al. (2014) indican que, los modelos hidrológicos son herramientas utilizadas para la simulación de los flujos de agua y la

predicción de las crecidas. Estos modelos requieren datos hidrológicos y topográficos para calcular y pronosticar el caudal y la propagación de las avenidas en un sistema fluvial.

1.1.4 Faja Marginal

Según la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2010), señalan que, la faja marginal es un terreno próximo a la ribera que protege a la población en caso de crecidas extremas, esta faja marginal debe estar debidamente señalada a través de hitos, los cuales son colocados por las autoridades regionales y locales. Es importante contar con las delimitaciones para evitar el avance de las ciudades y/o actividades hacia las fuentes de agua, por lo cual se preserva el recurso hídrico, así como también el cause que lo contiene.

1.1.5 Cauce del agua

Se refiere al área ocupada por el cuerpo de agua, pudiendo tratarse de cauces de flujo constante o intermitente. El límite superior del cauce o lecho está definido por el nivel promedio de máximas crecidas o inundaciones habituales, mientras que el límite inferior coincide con el talweg del cauce. (ANA, 2010).

1.1.6 Ribera

Es el espacio entre el nivel mínimo y máximo de crecidas. Área que está comprometida dentro del cauce. Cuando se trata de cauces temporales o estacionales, la ribera abarca la totalidad del lecho (ANA, 2010).

1.1.7 Nivel de Agua Mínimas

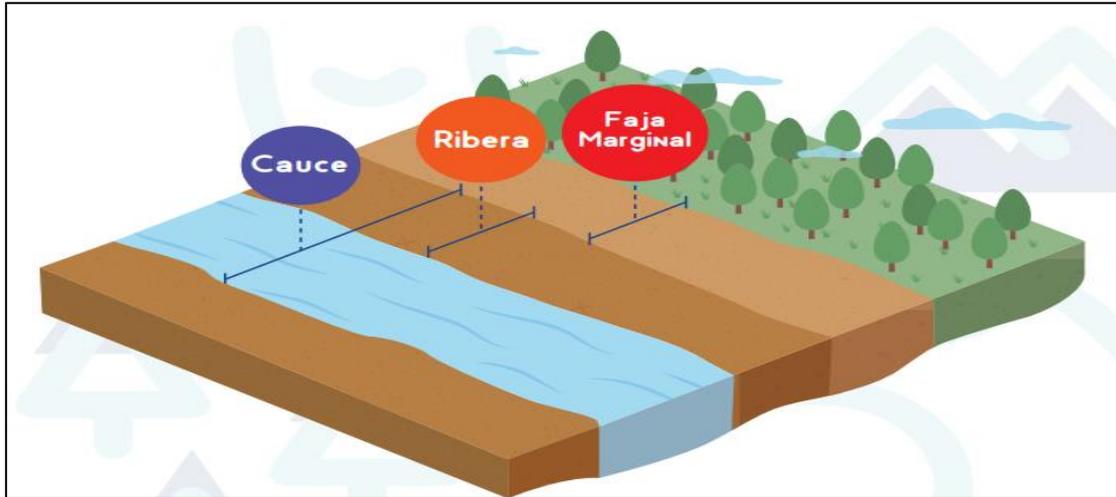
El nivel en el cual el cauce permanece ocupado de manera continua por el cuerpo de agua se conoce como el nivel base. En situaciones específicas de cauces temporales o estacionales, el nivel de aguas mínimas coincide con el talweg del cauce (ANA, 2010).

1.1.8 Nivel de Agua Máximas Extraordinarias

La altura que logra conseguir un cuerpo de agua al desbordarse se conoce como la avenida máxima extraordinaria. Este nivel se determina considerando la magnitud, relevancia y el posible riesgo de ocasionar daños materiales o personales que podría ocasionar el desbordamiento del cuerpo de agua, como se muestra en las figuras 8 y 9 (ANA, 2017).

Figura 8

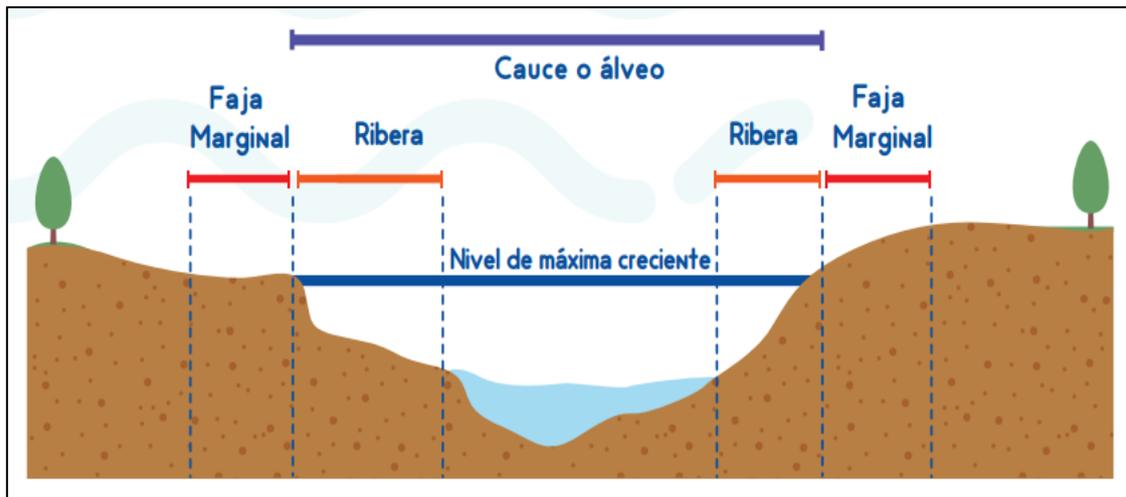
Delimitación de la Faja Marginal



Nota: En la infografía se muestra los límites de la faja marginal que sirve para proteger a la población en caso de crecidas extremas. De "Delimitación de fajas marginales", por ANA, 2017.

Figura 9

Sección transversal de la delimitación de la Faja Marginal



Nota: En la infografía se muestra los límites de la faja marginal mediante un corte vertical. De "Delimitación de fajas marginales", por ANA, 2017.

1.1.9 Análisis de cuenca

1.1.9.1 Curva hipsométrica

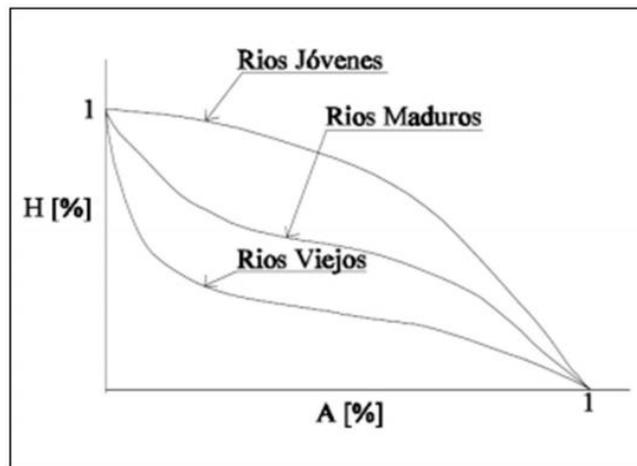
Es un diagrama que ilustra la distribución de altitudes en una quebrada o río, como se ilustra en la figura 10. Se construye a partir de un plano topográfico, utilizando porcentajes del área que se encuentran por debajo de alturas específicas. Estos valores inician con la altitud más baja de la quebrada y aumentan conforme se toman en cuenta las cotas de la curva de nivel que delimita las franjas de terreno. El punto de inicio suele ser el punto más bajo de la quebrada (Villón, 2004).

Según Lamas (1993), este se divide en tres zonas:

- Área en el que prevalece la generación de sedimentos y flujo de agua (ríos jóvenes).
- Área en el que prevalece el transporte de ambos (ríos maduros).
- Área en el que prevalece la deposición de sedimentos (ríos en etapa de vejez).

Figura 10

Categorización de los ríos según la curva hipsométrica.



Nota: En la infografía se muestra los tipos de curvas hipsométrica. De “Caracterización morfométrica y estudio hidrológico de la microcuenca del río San Francisco Cantón Gualaceo”, por J. Aguilar y L. Naranjo, 2018.

1.1.9.2 Densidad de drenaje

Establecido como el indicador que evalúa la madurez de un procedimiento hidrográfico, ofreciendo detalles sobre su complejidad (Camino et al., 2018). Se determina mediante la

relación entre la longitud total (Lt) de los cursos de agua permanentes, intermitentes y efímeros en una quebrada y el área correspondiente a la misma. (A) (Horton, 1932, 1945). Una mayor densidad de drenaje indica un tiempo de escorrentía más reducido, lo que la convierte en otro indicador de la peligrosidad asociada al sistema hidrográfico.

$$Dd = \frac{Lt}{A} \dots\dots\dots (1)$$

- Dd = Densidad de drenaje
- Li = Largo total de los cursos de agua en Km
- A= Superficie de la Cuenca en km2

Las lluvias y la topografía, entre otros aspectos, afectan la configuración de la red de evacuación de aguas. En quebradas con topografía plana y una alta densidad de drenaje, se anticipa la estabilidad de los regímenes de caudal, gracias al escurrimiento en la superficie y a la contribución de aguas subterráneas (Fuentes Junco, 2004). Este indicador proporciona datos sobre la eficacia del sistema de drenaje.

1.1.9.3 Coeficiente de compacidad (Kc)

Este factor, que carece de unidades de medida, establece una correspondencia entre el perímetro de una cuenca y el perímetro de un círculo hipotético con un área equivalente a la de la cuenca (Camino et al., 2018).

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = F \frac{P}{\sqrt{A}} \dots\dots\dots (2)$$

1.1.9.4 Rectángulo Equivalente

Se define el rectángulo equivalente como aquel que tiene el mismo perímetro y superficie que la quebrada. En consecuencia, tiene el mismo índice de compacidad e igual repartición hipsométrica.

1.1.9.5 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración representa un elemento crucial en la aplicación de modeladores de lluvia-escorrentía, los cuales determinan el flujo de agua máximo en un lugar específico de una cuenca. A nivel global, se encuentran disponibles diversas fórmulas empíricas para calcular este parámetro; sin embargo, no existe una regla universal para la selección apropiada (Castillo et al., 2021). En este estudio se aborda lo

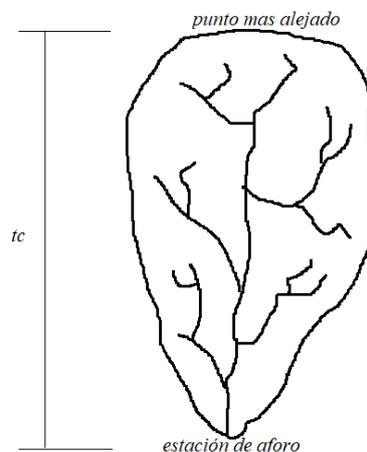
indicado por Kirpich, ya que como se indica en el estudio de Castillo et al. (2021), es la fórmula más utilizada a nivel mundial para hallar el tiempo de concentración. Este está definido por el lapso que transcurre hasta que el agua proveniente del punto más distante hidrológicamente llega a la salida de la cuenca, marcando el momento en el cual el caudal de escorrentía se vuelve constante (ver figura 11).

$$t_c = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \dots\dots\dots (3)$$

- t_c = Tiempo de concentración, en horas
- L = Longitud del cauce principal en metros
- S = Pendiente del cauce, en m/m

Figura 11

Longitud de tiempo de Concentración



Nota: En la infografía se muestra el punto más alejado y la estación de aforo. De “Métodos para determinación del tiempo de concentración (t_c) de una cuenca hidrográfica”, por Castillo et al. 2021.

1.1.9.6. Longitud y pendiente del cauce principal

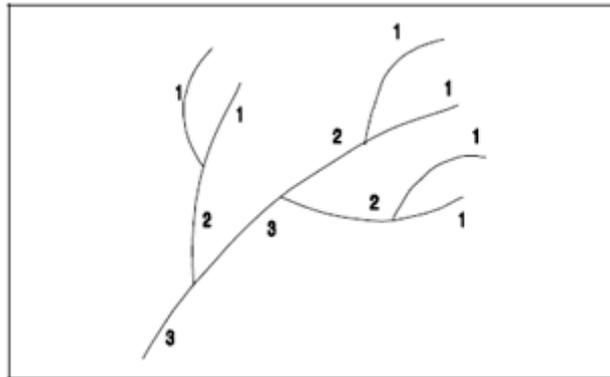
La inclinación del lecho principal de una cuenca constituye un parámetro crucial en el análisis del comportamiento de los recursos hídricos. Este factor se determina considerando la relación entre la diferencia de altura existente desde los límites del lecho del río hasta la extensión horizontal proyectada de su longitud (Villón, 2004).

1.1.9.7. Orden de la Quebrada

Sirve para evaluar el grado de la estructura de la red de drenaje, a medida que aumenta el grado de corriente, la red de drenaje tiende a ser más extensa y su estructura se vuelve más definida, tal como se muestra en la figura 12.

Figura 12

Longitud de tiempo de Concentración



Nota: En la infografía se muestra el orden de quebrada. De “Estudio de modelamiento hidrológico del río Zarumilla”, por Servicio Nacional de Meteorología e Hidráulica del Perú (SENAMHI, 2016).

1.1.10 Ancho medio

El coeficiente de compacidad es el valor promedio obtenido al dividir el área de una cuenca entre su longitud máxima.

$$W = \frac{A}{L} \dots\dots\dots (4)$$

1.1.11 Factor de forma (F)

Expresa la relación entre el ancho promedio de la cuenca ancho (W), área (A) y la Longitud (L). Estos valores son presentados en las tablas 4 y 5 presentadas a continuación.

$$F = A/(L*L) = W/L \dots\dots\dots (5)$$

1.1.12 Coeficiente de compacidad (Kc)

Se contrasta la configuración de la quebrada con la de un círculo, donde el círculo inscrito posee la misma área que la quebrada analizada.

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \dots\dots\dots (6)$$

1.1.13 Rectángulo Equivalente

Las dimensiones del rectángulo equivalente exhiben las siguientes proporciones:

$$L = \frac{P}{4} + \sqrt{\left(\frac{P}{4}\right)^2 - A} \quad i = \frac{P}{4} - \sqrt{\left(\frac{P}{4}\right)^2 - A} \quad \dots\dots\dots (7)$$

L-l = lado mayor y menor del rectángulo en km. Respectivamente

P = perímetro de la quebrada en km

A = Área de la cuenca en km²

Corroborando los datos tenemos:

$$L \times i = A \text{ (km}^2\text{)} \quad 2(L \times i) = P \text{ (km)} \quad \dots\dots\dots (8)$$

1.1.14 Leyes de Horton

Relación de bifurcación

$$R_B = \frac{N_i}{N_{i+1}} \quad \dots\dots\dots (9)$$

1.1.15 Tiempo de concentración

Se tiene la fórmula de concentración de Kirpich.

$$t_c = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \quad \dots\dots\dots (10)$$

- t_c = Tiempo de concentración, en horas
- L = Longitud del cauce principal en metros
- S = Pendiente del cauce, en m/m

1.1.16 Prueba de Datos Dudosos (Método Water Resources Council)

Los datos dudosos, también conocidos como outliers, son puntos en la información que se distancian de manera significativa del resto de los datos.

A). Umbral de datos dudosos altos (XH: Unid. Logarítmicas)

$$X_H = \bar{x} + Kn . s \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$PH = 10^{xH} \quad \dots\dots\dots (12)$$

B). Umbral de datos dudosos bajos (XL: Unid. Logarítmicas)

$$X_L = \bar{x} - Kn . s \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$PH = 10^{xL} \quad \dots\dots\dots (14)$$

1.1.17 Determinación de Coeficientes Regionales Método de Dick – Peschke

$$P_d = P_{24h} \left(\frac{d}{1440}\right)^{0.25} \quad \dots\dots\dots (15)$$

1.1.18 Curva Intensidad – Duración – Frecuencia

I: Intensidad máxima (mm/h)

T: Periodo de retorno en años

t : Duración de la precipitación

$$I = \frac{10^{\bar{k}} T^m}{t^n} \quad \dots\dots\dots (16)$$

1.1.19 Precipitación de diseño para duraciones menores a 24 horas Método Bell (mm)

$$P_t^T = (0.21 * Ln T + 0.52)(0.54 * t^{0.25} - 0.50)P_{60}^{10}$$

$$P_t^T = 0.4602 * P_{24}^{0.9721} \quad \dots\dots\dots (17)$$

1.2 HIDRÁULICA FLUVIAL

La hidráulica fluvial se ocupa de la investigación del flujo del agua en los ríos y de los procesos relacionados con la dinámica fluvial, como la sedimentación y la erosión. La hidráulica fluvial es un campo de estudio interdisciplinario que se basa en la física, la matemática, la geología y la ingeniería. Los ingenieros y científicos que se dedican a la hidráulica fluvial trabajan en el diseño y la gestión de infraestructuras fluviales, como presas, canales, diques y puentes, y en la gestión de cuencas hidrográficas.

Chow et al., (1988), señalan que, la hidráulica fluvial es una disciplina que se encarga de estudiar el flujo del agua en ríos, arroyos y canales, y que tiene por objeto el diseño de estructuras hidráulicas para proteger la vida humana, la propiedad y el medio ambiente de los efectos dañinos de las inundaciones, la erosión y la sedimentación.

1.2.1 Caracterización hidráulica de ríos y quebradas

Esta caracterización implica el estudio de las propiedades hidráulicas del flujo del agua en un cuerpo de agua, como la velocidad, la profundidad y la turbulencia, así como la determinación de las características geométricas de la sección transversal del río o quebrada (Vasquez, 2018).

1.2.2 Análisis de inundaciones en ríos y quebradas

El análisis involucra la evaluación de las condiciones hidrológicas y climáticas de una cuenca, para determinar el riesgo de inundación y las zonas que pueden verse afectadas. Este proceso permite la identificación de soluciones de mitigación y prevención de inundaciones (Merz et al., 2014).

1.2.3 La sedimentación en ríos y quebradas

Hace referencia al proceso de acumulación de sedimentos en el fondo de los cuerpos de agua, que puede tener consecuencias negativas en la calidad del agua y en la capacidad de los cuerpos de agua para cumplir sus funciones ecológicas y de suministro de agua (Basile, 2018).

1.2.4 Erosión de la ribera

La erosión de la ribera es el proceso natural o inducido por el hombre de pérdida de material de la ribera del río, que puede ser causado por el flujo de agua, la acción de las olas, la lluvia o la actividad humana. La erosión de la ribera puede ser un problema grave

en zonas urbanas y rurales, donde puede ocasionar perjuicios a la propiedad, a la infraestructura y al entorno ambiental.

García y Parker (1991), explican que, la erosión de la ribera es causada por la acción del agua en la zona de transición entre la ribera y el lecho del río. El flujo de agua en el río crea una serie de fuerzas hidrodinámicas que pueden afectar la estabilidad de la ribera y provocar la erosión. La erosión de la ribera puede ser controlada mediante el diseño de estructuras de protección, como muros de contención, o mediante la revegetación de la ribera con plantas nativas.

1.2.5 Socavación General

Según Rocha (1998), La socavación en un río se refiere al descenso de su lecho cuando se experimenta un flujo, provocado debido al aumento en la capacidad de transporte de materiales sólidos debido al aumento de la velocidad del agua.

La erosión local, conocida como socavación, se manifiesta en lugares específicos y, en ocasiones, tiene una duración limitada, siendo el resultado de perturbaciones en el flujo del agua. Este proceso implica el desgaste selectivo del lecho del río en puntos particulares, influenciado por factores como la velocidad del flujo y las características locales del terreno.

La socavación, como fenómeno hidráulico, tiene su origen en movimientos vorticosos que se generan en las inmediaciones de ciertas estructuras hidráulicas, como los pilares de puentes o en la salida de un vertedero. La erosión local, asociada a la socavación, puede mitigarse mediante medidas de protección específicas. Por lo tanto, en el diseño de infraestructuras, a menudo es más crucial determinar cualitativamente dónde se espera que ocurra la socavación y comprender cómo controlarla, que cuantificar con precisión la magnitud de la erosión local. Este enfoque permite implementar estrategias efectivas para prevenir y gestionar los riesgos asociados a la socavación.

1.2.6 Factores que determinan la inestabilidad de talud

La inestabilidad de taludes se refiere a la incapacidad del terreno para mantener su forma y posición original debido a la acción de fuerzas naturales o antropogénicas. La estabilidad del talud está influenciada por una variedad de elementos, como la geología del terreno, la geometría del talud, la presencia de agua, la actividad sísmica y la actividad humana (Hoek et al. 2002). El análisis de los factores que influyen en la estabilidad de

taludes es importante para prevenir la ocurrencia de deslizamientos y otros fenómenos geológicos que pueden amenazar la vida y los bienes.

1.3 TOPOGRAFÍA

La topografía es una herramienta fundamental en la ingeniería civil, ya que permite obtener información precisa sobre el terreno para el diseño y construcción de obras civiles.

En el caso de las cuencas hidrográficas, la topografía es fundamental para la delimitación de la cuenca, ya que se requiere de información de la elevación del terreno para identificar el área donde las aguas de lluvia y los arroyos confluyen hacia una corriente principal. Para ello, se utilizan herramientas como los modelos digitales del terreno, los cuales permiten conocer la forma del terreno de forma detallada.

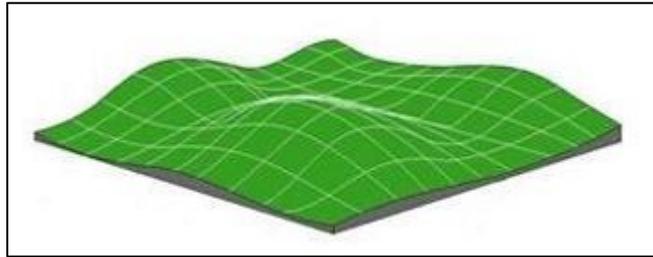
Por otro lado, en el caso de las quebradas, la topografía es importante para el diseño de las defensas ribereñas, ya que permite conocer las zonas donde se pueden producir inundaciones y, por ende, se requiere de la construcción de muros de contención para proteger las áreas urbanas y rurales cercanas a las quebradas. También es útil para conocer los puntos donde se pueden construir obras de drenaje, como canales o tuberías, para evitar la acumulación de agua y prevenir inundaciones.

1.3.1 Elaboración de modelos digitales del terreno (MDT)

Es un proceso fundamental en diversos campos, como la topografía, la cartografía y la ingeniería. Según Bolstad (2016), un MDT se genera mediante la recopilación de datos topográficos y altimétricos, los cuales se procesan y se interpolan para obtener una representación precisa de la superficie terrestre. Estos datos pueden ser obtenidos a través de técnicas como la fotogrametría aérea, el escaneo láser terrestre (Lidar) y la interferometría de radar (InSAR). Por otro lado, Li (2010) destaca que existen diferentes métodos para la elaboración de MDT, tales como la triangulación irregular (TIN) y la interpolación de raster, (ver figura 13). El TIN divide el terreno en triángulos conectados, utilizando puntos de elevación conocidos, mientras que la interpolación de Raster se basa en la interpolación de valores de elevación en una cuadrícula regular.

Figura 13

Representación de un modelo digital de elevación en formato Ráster



Nota: En la infografía se muestra la representación de un modelo digital de elevación en formato ráster. De " Modelos Digitales de Elevación (MDE)", por el Instituto Nacional de estadísticas y Geografía (INEGI, 2013).

En la elaboración de un MDT, se utilizan datos topográficos y altimétricos recolectados mediante técnicas como la fotogrametría aérea, el escaneo láser terrestre (Lidar), la interferometría de radar (InSAR) y los levantamientos GPS. Estos datos se procesan y se interpolan para generar una representación digital precisa del terreno. Algunos de los métodos utilizados en la elaboración de MDT incluyen:

- **Triangulación irregular (TIN):** Este método divide el terreno en una serie de triángulos conectados, donde cada vértice del triángulo tiene una elevación conocida. Se utiliza para generar un MDT a partir de puntos irregulares de levantamiento topográfico.
- **Interpolación de ráster:** Este método se basa en la interpolación de valores de elevación conocidos en una cuadrícula regular para generar un MDT continuo. Algunas técnicas comunes de interpolación incluyen la interpolación vecino más cercano, la interpolación por polinomios y la interpolación por Kriging.
- **Fusión de datos LIDAR:** Los datos obtenidos a través de escaneo láser terrestre (Lidar) pueden ser utilizados para generar MDT de alta resolución. Este método implica la fusión de nubes de puntos generadas por Lidar con otros datos topográficos y la posterior interpolación para obtener un MDT completo.

1.3.2 Delimitación de áreas de inundación

Es un proceso crucial en el ámbito de la hidrología y la gestión del riesgo de inundaciones. Consiste en identificar y cartografiar las zonas que podrían verse afectadas por las crecidas de los cuerpos de agua, como ríos, arroyos o quebradas, en diferentes escenarios

hidrológicos. Para llevar a cabo la delimitación de áreas de inundación, se emplean diversos métodos y modelos hidráulicos. Algunos conceptos relevantes son los siguientes:

Modelos hidrológicos e hidráulicos: Los modelos hidrológicos se utilizan para simular el comportamiento de las cuencas hidrográficas, incluyendo la generación y propagación de las crecidas. Los modelos hidráulicos, por otro lado, se emplean para calcular y representar los flujos de agua en los canales y ríos. Estos modelos proporcionan herramientas para estimar los volúmenes y las alturas de inundación en diferentes escenarios.

Mapas de inundación: Los mapas de inundación representan gráficamente las áreas que se esperan inundar en diferentes escenarios hidrológicos. Estos mapas pueden ser elaborados mediante el uso de modelos hidráulicos y la combinación de datos topográficos, datos hidrológicos y datos de precipitación.

Herramientas GIS: Los sistemas de información geográfica (GIS) son ampliamente utilizados en la delimitación de áreas de inundación. Estas herramientas permiten integrar datos geospaciales, como MDT, datos hidrológicos y datos de precipitación, para realizar análisis espaciales y generar mapas de inundación precisos.

1.3.3 Integración de la topografía con el software Iber

Es un proceso clave en el diseño hidráulico y la modelización de sistemas fluviales. Iber es un software utilizado para simular flujos de agua en ríos, estuarios y otros cuerpos de agua, considerando aspectos como la hidráulica fluvial, la sedimentación y la interacción con estructuras hidráulicas. La integración de la topografía con el software Iber implica la incorporación de datos topográficos para definir la geometría y las características del terreno en el modelo hidráulico.

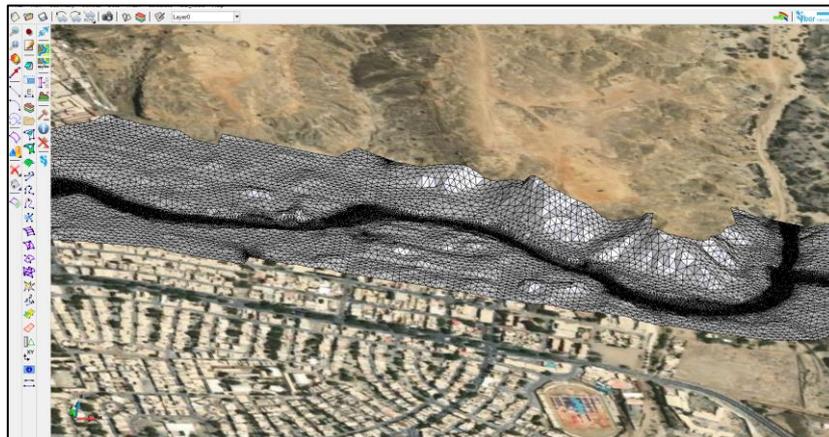
Se deben considerar los siguientes aspectos:

- **Datos topográficos:** Se requiere contar con datos topográficos precisos, como un modelo digital del terreno (MDT) o una nube de puntos obtenida mediante técnicas como el escaneo láser terrestre (Lidar). Estos datos representan la superficie del terreno y son esenciales para definir la geometría de los ríos, el fondo o lecho y las estructuras hidráulicas en el modelo.

- Preprocesamiento de datos: Antes de integrar los datos topográficos en Iber, puede ser necesario realizar ciertos pasos de preprocesamiento. Esto puede incluir la eliminación de artefactos o ruido en los datos, la interpolación para obtener una representación continua de la superficie del terreno y la conversión a un formato compatible con el software.
- Importación de datos en Iber: Una vez que los datos topográficos han sido preprocesados, se deben importar en el software Iber. El proceso de importación varía según el software y la versión específica utilizada, pero generalmente implica cargar el MDT o los puntos topográficos en el entorno de trabajo de Iber y asignarlos a las ubicaciones correspondientes en el modelo hidráulico.
- Ajuste y validación: Después de importar los datos topográficos en Iber, es importante realizar ajustes y validaciones para asegurarse de que la geometría del modelo hidráulico sea coherente con la realidad, tal como muestra en la figura 14. Esto puede implicar ajustar elevaciones, revisar la precisión de los datos topográficos y realizar comparaciones con mediciones in situ o datos de referencia.

Figura 14

Integración de la topografía de la zona de estudio al software Iber



1.4 ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS

Es un elemento físico diseñado y construido para controlar, gestionar o manipular el flujo del agua en diferentes entornos. Estas estructuras pueden incluir presas, embalses, canales, compuertas, estaciones de bombeo, sistemas de riego, acueductos, alcantarillados, entre otros. Su función principal es regular el flujo de agua, almacenarla,

distribuirla o tratarla según las necesidades específicas de cada proyecto hidráulico (Torres, 2017).

1.4.1 Defensa Ribereña

La defensa ribereña es un conjunto de medidas estructurales y no estructurales que tienen como objetivo prevenir y reducir los daños causados por las inundaciones en ríos y quebradas que atraviesan zonas urbanas y rurales, tal como se aprecia en la figura 15. Las medidas estructurales incluyen la construcción de diques, muros de contención y presas, mientras que las no estructurales incluyen la restauración de las riberas naturales, la limpieza y mantenimiento de los cauces y la implementación de sistemas de alerta temprana (Collantes, 2019).

Figura 15

Defensa ribereña del río Apurímac



Nota: La infografía muestra la construcción de defensas ribereñas mediante gaviones. De "Minagri culmina construcción de defensa ribereña del río Apurímac", por Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MINAGRI, 2019).

La construcción de diques es una de las medidas estructurales más utilizadas para proteger las áreas cercanas a los ríos y quebradas de las inundaciones. Estas estructuras son muros de contención que se construyen a lo largo de la orilla del río o quebrada para contener el agua y evitar que se desborde y cause daños a la población y a la infraestructura. Los diques se pueden construir con diferentes materiales como piedra, tierra, cemento, entre otros.

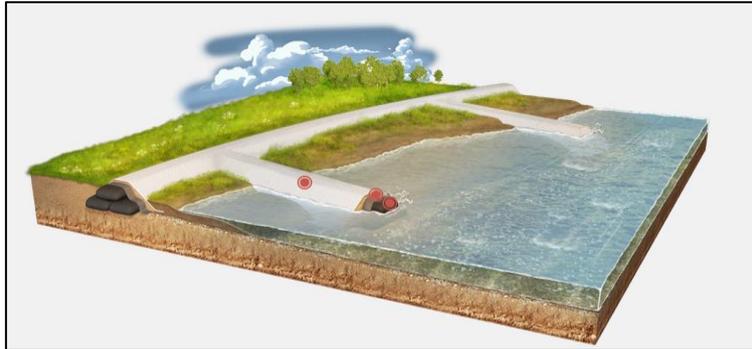
1.4.2 Tipos de defensa ribereña

1.4.2.1 Espigones

Se emplean espigones con el propósito de salvaguardar y rehabilitar áreas ribereñas afectadas por la erosión (ver figura 16). Estas construcciones desvían el curso principal de la corriente hacia el centro del cauce, evitando que la fuerza del agua alcance las orillas. Por lo general, se utilizan de manera conjunta para generar áreas de remanso entre ellos, propiciando la sedimentación de materiales en suspensión. Este proceso contribuye a la restauración de las zonas ribereñas previamente erosionadas (Geosynthetics, 2018).

Figura 16

Espigones



Nota: La infografía muestra la aplicación de espigones como defensa ribereña. De "Protección de Riberas y Canales", por Geosynthetics, 2018.

1.4.2.2 Gaviones

Se trata de bloques rectangulares paralelepípedos conformados por un entramado de alambre de acero, que ha sido sometido a tratamientos especiales de protección, como la galvanización y plastificación, tal como se aprecia en la figura 17.

Figura 17

Gaviones



Nota: La infografía muestra la aplicación de gaviones como defensas ribereñas. De "Efecto trágico de las lluvias en las comunidades por falta de planificación (II/III)", por J. Navarro, 2021.

1.4.2.3 Diques

Es una estructura erigida con el propósito de bloquear el flujo del agua. Puede ser de origen natural o fabricada por seres humanos; fabricada con materiales como tierra, piedra o concreto (ver figura 18). Los gaviones caja constituyen una alternativa altamente efectiva desde el punto de vista técnico y funcional en la edificación de diques. En la gestión de cuencas y la regulación del transporte de materiales arrastrados, destacan por su elevada permeabilidad y la posibilidad de expandir la estructura gradualmente (A. Mayhuire, 2018).

Figura 18

Dique enrocado



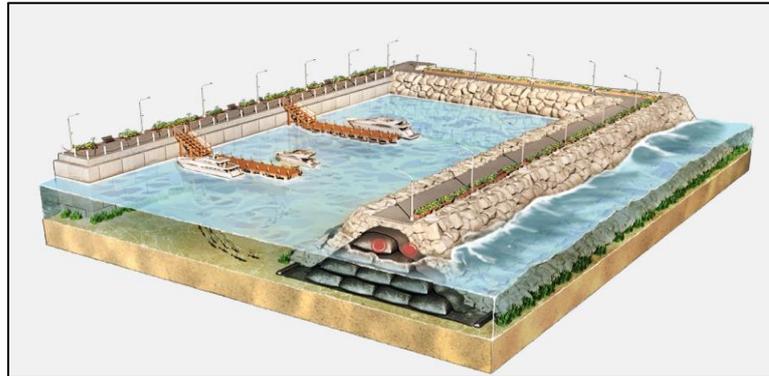
Nota: La infografía muestra la aplicación de diques como defensa ribereña. De "Cálculo hidráulico de defensas ribereñas en el sector Chejava del río Ilabaya, distrito de Ilabaya, provincia de Jorge Basadre, departamento de Tacna", por A. Mayhuire, 2018.

1.4.2.4 Rompeolas

Se refiere a una estructura costera diseñada principalmente para resguardar la costa o un puerto de los efectos adversos de las olas marinas y las condiciones climáticas (ver figura 19). Estos están dimensionados típicamente para soportar una altura de ola específica con un periodo de retorno previamente definido (Geosynthetics, 2018).

Figura 19

Rompeolas



Nota: La infografía muestra la aplicación de rompeolas como defensas ribereñas. De " Construcción de Estructuras Marinas y Costeras", por Geosynthetics, 2018.

1.4.2.5 Diques enrocados

Este método, conocido como protección del talud, se lleva a cabo con el objetivo de resguardar los taludes de estructuras de ingeniería o taludes naturales, mitigando los daños ocasionados por el flujo de agua o el impacto de las olas provenientes de un lago, río o mar contra sus bordes.

1.5 MODELAMIENTO HIDRÁULICO BIDIMENSIONAL

Hace referencia al uso de modelos matemáticos para predecir el flujo de agua y la distribución de las variables hidráulicas en ríos, mares o cuerpos de agua abiertos. Este enfoque permite simular el movimiento del agua, la sedimentación y los procesos de erosión, y generar información para el proceso de decisiones en ingeniería y administración de recursos hídricos (Bates & De Roo, 2000).

El modelado hidráulico bidimensional se fundamenta en resolver las ecuaciones de Navier-Stokes para el flujo, junto con modelos de transporte de sedimentos y otros procesos físicos. Se requiere una gran cantidad de datos y parámetros para calibrar y validar los modelos.

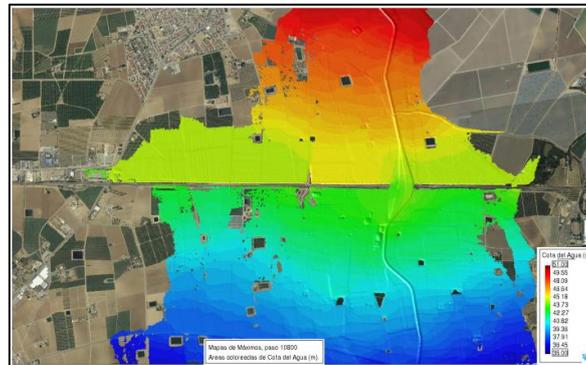
1.5.1 Iber

Es un software de simulación hidráulica desarrollado por la Universidad de Zaragoza para el análisis de problemas hidráulicos en ingeniería civil, como el flujo en ríos y canales, la inundación y la erosión. Tal como se puede visualizar en la figura 20, se utiliza métodos numéricos avanzados para resolver ecuaciones de Navier-Stokes y otras ecuaciones de

flujo y transporte en sistemas hidráulicos complejos. El software es ampliamente utilizado en el campo de la ingeniería para el diseño y la evaluación de proyectos hidráulicos (Bladé et al., 2014).

Figura 20

Visualización en el módulo de postproceso de IBER del mapa de máximos para valores de cota del agua.



Nota: La infografía muestra lo importante de la aplicación del software Iber en el campo de la ingeniería hidráulica. De "Análisis de herramientas de Modelización Hidráulica Bidimensional", por J. Ortega y R. Remedios, 2020.

Iber es una herramienta de modelización numérica que combina módulos hidrodinámicos, de turbulencia y de transporte de sedimentos, utilizando el método de volúmenes finitos. Su interfaz, basada en el software GiD de CIMNE, facilita la simulación del flujo de agua y sedimentos en ríos y estuarios. Destaca por su estabilidad y robustez, especialmente en flujos discontinuos y entornos con cauces torrenciales o regímenes irregulares (Bladé et al., 2014).

1.5.2 Campos de aplicación

De acuerdo con Bladé et al. (2014) se aplican en:

- Simulación del flujo en la lámina libre en cauces naturales:

Se utiliza para modelar y simular el comportamiento del flujo de agua en cauces naturales, permitiendo una representación detallada de la dinámica hidráulica.

- Evaluación de zonas inundables y cálculo de zonas de flujo preferente:

Facilita la evaluación de áreas propensas a inundaciones, permitiendo el cálculo de zonas de flujo preferente para una mejor gestión y prevención de inundaciones.

- Cálculo hidráulico de encauzamientos:

La herramienta se aplica para calcular aspectos hidráulicos relacionados con encauzamientos, proporcionando información crucial para el diseño y la optimización de canales.

- Cálculo hidráulico de redes de canales en la lámina libre:

Es utilizado para realizar cálculos hidráulicos detallados en redes de canales en la lámina libre, contribuyendo a un análisis exhaustivo de la dinámica del flujo.

- Cálculo de corrientes de marea en estuarios:

Se emplea para modelar y calcular las corrientes de marea en estuarios, lo que resulta fundamental para comprender la interacción entre el flujo fluvial y las condiciones mareales.

- Estabilidad de los sedimentos del lecho:

La aplicación aborda la estabilidad de los sedimentos en el lecho de cuerpos de agua, evaluando los factores que pueden afectar la erosión y sedimentación.

- Procesos de erosión y sedimentación por transporte de material granular:

Se utiliza para estudiar y simular los procesos de erosión y sedimentación causados por el transporte de material granular en ambientes acuáticos.

1.5.3 Limitaciones

El extenso tiempo de ejecución de Iber se debe a su diseño, que está optimizado para operar con un solo procesador. Esto impide aprovechar eficazmente el potencial de cálculo de las modernas arquitecturas de hardware (García, 2020).

Adaptabilidad de la malla y capacidad para calcular soluciones con discontinuidades.

1.6 FENOMENO “EL NIÑO”

Según CENEPRED (2012) aseveran que, el fenómeno El Niño en el Perú es un evento climatológico que se produce de manera periódica y que afecta las condiciones climáticas. Este evento es producido por el calentamiento del agua del Océano Pacífico ecuatorial, que causa una alteración importante en los patrones de lluvia y temperatura en el área, tal como se observa en la figura 21, la ciudad de Piura terminó inundada por este gran

fenómeno El Niño. Este evento puede provocar sequías prolongadas, inundaciones, deslizamientos de tierra y problemas de salud pública, lo que puede tener consecuencias graves para la población.

Figura 21

Vista panorámica de toda la ciudad de Piura inundada



Nota: La infografía muestra la vista panorámica de la ciudad de Piura inundada. De "Niño costero: Río se desborda e inunda ciudad de Piura y alrededores", por López, 2017.

1.6.1 El Niño en el Perú: registro histórico

En los últimos cinco siglos, se han registrado al menos 120 episodios de El Niño. Aunque la instrumentación climática en Perú inició en el siglo XX, la observación sostenida comenzó en 1965, con la instalación de estaciones meteorológicas. No hay registros previos a esa fecha, pero testimonios de Antonio Raimondi en 1897 indican eventos asociados al calentamiento marino-costero. Estudios sugieren que El Niño existe desde hace 40,000 años, siendo conocido por civilizaciones preincas. En el siglo XX, ocurrieron unos 25 episodios antes del evento de 1997/98, comparables en intensidad en 1891 y 1925 (SENAMHI, 2014)

Según SENAMHI (2014) señala que, en el siglo XXI se han registrado cuatro episodios de El Niño en el Pacífico central, dos de ellas fueron de intensidad débil en los años 2004 y 2006, así mismo señalaron que las dos últimas fueron de intensidad moderada en el año 2002 y 2009, según el índice del Oceanic Niño Index (ONI) de la NOAA.

Efectos históricos del fenómeno El Niño en Lima (Castro et al., 2022):

- Fenómeno El Niño de 1891

- Fenómeno El Niño de 1925
- Las inusitadas lluvias de 1970
- Fenómeno El Niño de 1983
- Desborde del río Rímac en 1987
- Desborde del río Rímac en 1994
- Fenómeno El Niño de 1998
- Desborde del río Chillón del 2001
- Desborde del río Huaycoloro del 2012
- El Niño costero del 2017

1.6.2 Datos históricos del Fenómeno El Niño ocurrido en la quebrada Yale

Para validar el modelamiento hidrológico realizado para un periodo de retorno de 100 años, se realizará una simulación de inundación por el Fenómeno El Niño con fecha mes de marzo del año 1983, donde señalan los autores de Instituto Nacional de Desarrollo Urbano (INADUR, 1999), se originó un desborde de la quebrada Yale perjudicando la zona de aguas abajo de dicha quebrada. la investigación indica lo siguiente:

Durante el Fenómeno El Niño de 1983, el abundante flujo de agua en los arroyos provocó la erosión de carreteras y socavó los cimientos de estructuras ubicadas en las orillas. Esta erosión fue causada por la naturaleza del suelo compuesto principalmente de arena transportada por el viento y sedimentos depositados por el agua, lo que facilitó la ampliación de los cauces de los arroyos y el aumento de su profundidad. Inicialmente, estos cauces tenían dimensiones de aproximadamente 15 m. y 4 m., respectivamente, pero fueron erosionados hasta alcanzar una anchura de 50 m. y una profundidad de 15 m. Además, se vio afectada la antigua instalación de Petro Perú, el Mercado Modelo, el Puerto Artesanal Pesquero y la ex planta de Fertilizantes, situada al norte en la ribera de uno de los afluentes de la Quebrada Pariñas, con daños en sus estructuras y equipo. En el puerto pesquero, debido a las fuertes marejadas, el agua del mar se adentró 300 m. en el lecho de la Quebrada Yale, lo que contribuyó a la erosión y afectación de las redes de servicios públicos (agua, alcantarillado y electricidad) que pasaban por el lecho del arroyo (p. 70).

En el diario GESTIÓN con fecha 09.05.2023, en su portada relatan la gran desolación que se vivió en la zona de Piura, el Fenómeno El Niño se inició en diciembre desde el año

1982 hasta junio de 1983. Mientras que el norte del país experimentó fuertes precipitaciones, el sur sufrió de condiciones de sequía debido a la falta de lluvias. El Fenómeno El Niño resultó en el fallecimiento de 512 personas y dejó a 1'330,000 personas damnificadas (ver figura 22 y 23).

Figura 22

Carretera de Talara es destruida por el Fenómeno El Niño 1983



Nota: Fotografía muestra la carretera en Talara destruida por el fenómeno de El Niño de 1983. De “El Niño 1982-1983: A cuatro décadas del fenómeno que golpeó el norte del Perú”, por Gestión, 2023.

Figura 23

Pobladores de AA.HH. de Talara afectados por el Fenómeno El niño 1983



Nota: Fotografía muestra Personas cruzando por las calles inundadas de Piura. De “El Niño 1982-1983: A cuatro décadas del fenómeno que golpeó el norte del Perú”, por Gestión, 2023.

1.6.3 Niveles de riesgo en sectores críticos en la ciudad de Talara

A continuación, se muestra la tabla 1 de niveles de riesgo según el Instituto Nacional de Desarrollo Urbano (INADUR,1999) se tiene la sectorización:

1. Sectores de Alto Riesgo > 30
2. Sectores de Riesgo Moderado > 17 > 30
3. Sectores de Riesgo Potencial < 16

Tabla 1

Niveles de Riesgo en Sectores Crítico Ciudad de Talara 1999

SECTORES CRÍTICOS		GRADO DE IMPACTO (A)	GRADO DE PELIGRO (B)	GRADO DE ATENUACIÓN (C)	RIESGO	
					PONDERACION A*B*C	NIVEL (1)
Quebrada Acholado	A1	11	2	0.9	19.8	Moderado
	A2	12	2.5	0.9	27	Moderado
Talara Alta	B	11	3.5	0.8	30.8	Alto
Aproviser	C	14	3	0.8	33.6	Alto
Vencedores / Sudamerica	D	14	3	0.8	33.6	Alto
Casco Central	E	16	2	0.6	19.2	Moderado
Refinería	F	1	3	0.5	1.5	Moderado
Punta Arenas	G1	5	3.5	0.5	8.75	Potencial
	G2	5	3.5	0.5	8.75	Potencial
Campeonísimo	H	15	2	0.8	24	Moderado
Quebrada Yale	I	14	3.5	0.9	44.1	Alto
Quebrada Politecnico	J1	11	4	0.9	39.6	Alto
	J2	9	4	0.9	32.4	Alto
Quebrada Jesus María	K1	9	3	0.8	21.6	Moderado
	K2	7	3	0.9	18.9	Moderado
Quebrada Santa Rita	L1	6	2.5	1	15	Potencial
	L2	5	3	1	15	Potencial

Nota: En la tabla se muestra el riesgo que representa la quebrada Yale. De “Mapa de peligros, plan de usos del suelo y plan de mitigación de los efectos producidos por los desastres naturales en la ciudad de Talara”, por INADUR, 1999.

En la tabla 29 se aprecia el nivel de riesgo que padece la quebrada Yale, con un ponderado de 44.1 es decir, dicha quebrada tiene un mayor grado de impacto, mayor grado de peligro y mayor grado de atenuación.

1.6.4 Inundaciones

Son fenómenos naturales que pueden ocurrir por diversas causas, tales como precipitaciones intensas, deshielo de nieve, marejadas ciclónicas, marejadas meteorológicas, entre otros (Zarza, 2020).

1.6.5 Tipos de inundaciones

Según el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED, 2012), existen diferentes tipos de inundaciones, que pueden clasificarse según su origen y características. A continuación, se describen algunos de ellos:

1.6.5.1 Inundaciones fluviales

Las inundaciones, ocasionadas por el desbordamiento de ríos y quebradas, resultan de un repentino incremento en el volumen de agua que supera la capacidad natural del lecho o cauce para contenerlo sin desbordarse. Este fenómeno, conocido como crecida, es consecuencia del exceso de lluvias (INDECI, 2011).

1.6.5.2 Inundaciones pluviales

La inundación pluvial se caracteriza porque el agua acumulada proviene directamente de la precipitación sobre la zona afectada, en lugar de provenir de otras fuentes, como la parte alta de la cuenca. Este tipo de inundación puede ocurrir en cuencas pequeñas, y se asocia comúnmente con lluvias intensas de corta duración (Arreguín et al., 2016).

1.6.5.3 Inundaciones costeras

Se señala que las inundaciones en esta región son principalmente desencadenadas por precipitaciones intensas, las inundaciones también pueden involucrar factores adicionales como mareas altas, aguajes y aumento de caudales en ríos o lagos cercanos, a menudo provocados por intensas lluvias en las áreas elevadas (Santos Dávila et al., 2016).

1.6.5.4 Inundaciones por remanso

Se producen en los tramos bajos de los ríos, cuando se presenta un obstáculo que impide el libre flujo del agua, provocando que se forme una zona de acumulación o remanso. Esto puede ocurrir en puentes, tajamares, barreras artificiales, entre otros (Villa et al., 2021).

1.6.5.5 Inundaciones por colapso de infraestructura

Se presentan cuando la falla de una estructura, como un muro de contención, una presa o un canal de drenaje, provoca la salida descontrolada del agua y afecta a las zonas cercanas (Micu, 2021).

2 METODOLOGÍA

2.1 Nivel de Investigación

Según Hernández y Mendoza (2018), el nivel de investigación será descriptiva y correlacional. Descriptiva pues, consistirá en adquirir datos sobre la forma, composición geológica y comportamiento del agua, de modo que podamos describir la quebrada Yale en los modelos matemáticos propuestos. Además, será de naturaleza comparativa, ya que se llevará a cabo una evaluación de los resultados entre los flujos de inundación provocados en la quebrada con la implementación de gaviones y sin ellos.

El diseño de investigación más adecuado para el presente estudio es el experimental. En este diseño se evaluará la relación causal entre la implementación de la defensa ribereña y la capacidad de la quebrada Yale para resistir las inundaciones en el Departamento de Piura, utilizando el software Iber para el modelamiento bidimensional y diseño hidráulico. Además, se podrá controlar variables como el caudal de agua y la topografía del terreno (Ramos, 2021).

2.2 Procedimiento

- a) Seleccionar y preparar la zona de estudio, en este caso la quebrada Yale, zona en la que se va a tomar datos y verificar que sea segura para trabajar, tales como:
 - Levantamiento topográfico.
 - granulometría del lecho del cauce
 - información hidrológica
 - Modelo hidrológico
- b) Utilizar el software Iber para desarrollar el modelo bidimensional para el escenario 1 (Es el cauce en condiciones naturales sin la presencia de defensas ribereñas).
- c) Utilizar el software Iber para desarrollar el modelo bidimensional para el escenario 2 (Contempla la instalación de defensas ribereñas según los resultados obtenidos del primer escenario).
- d) Analizar resultados obtenidos de ambos escenarios de modelamiento hidráulico generados por el software Iber, para realizar una comparativa.
- e) Sugerir su aplicación del diseño hidráulico para las defensas ribereñas.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Zona de estudio

La región de interés es la quebrada Yale, situada en el distrito de Pariñas, provincia de Talara. Esta quebrada tiene su origen al norte de la base militar "El Pato" en el tablazo, y después de un recorrido extenso, fluye hacia la clínica Santa María en dirección noreste a suroeste, desembocando finalmente en el mar. La topografía de la quebrada Yale es caracterizada por una cadena andina relativamente baja, lo que facilita la presencia de nubes cálidas amazónicas. Además, se ve influenciada por un mar cálido durante la primavera y el verano, y un mar frío durante el invierno y el otoño, con una extensa yunga costera en comparación con otras regiones costeras. El suelo en esta área es inestable, compuesto mayormente por depósitos de arena fina de granulometría uniforme, con inclusiones de material gravoso.

La quebrada Yale se ubica política, geográfica e hidrográficamente de la siguiente manera:

Ubicación Política

- Distrito: Pariñas
- Provincia: Talara
- Departamento: Piura

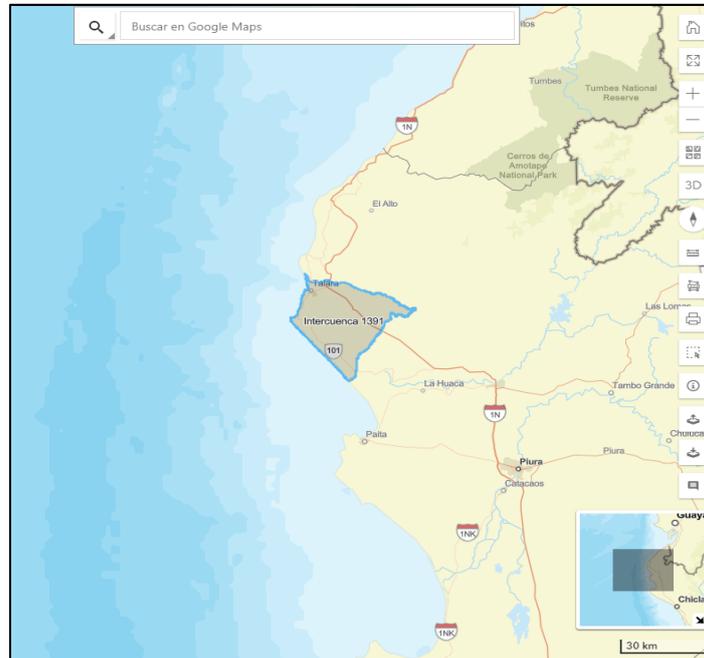
Ubicación Geográfica

La Unidad Hidrográfica de la quebrada Yale, se encuentra dentro del territorio peruano, en la costa norte, entre las coordenadas geográficas, tal como se aprecia en la figura 24.

Coordenadas 4°34'19"S 81°16'15"W

Figura 24

Vista de la zona de estudio “Intercuenca 1391” a través de la plataforma tecnológica interactiva que permite la difusión de la información de recursos hídricos a nivel nacional SNIRH.



Localización Hidrográfica

La Unidad Hidrográfica de la quebrada Yale, hidrográficamente se encuentra ubicada en la Intercuenca 1391, en la parte norte del territorio peruano, siendo sus límites hidrográficos como sigue:

Norte: Unidades Hidrográficas 13932 y 1392

Sur: Unidad Hidrográfica 1379

Este: Unidad Hidrográfica Cuenca Chira 138

Oeste: Océano Pacífico

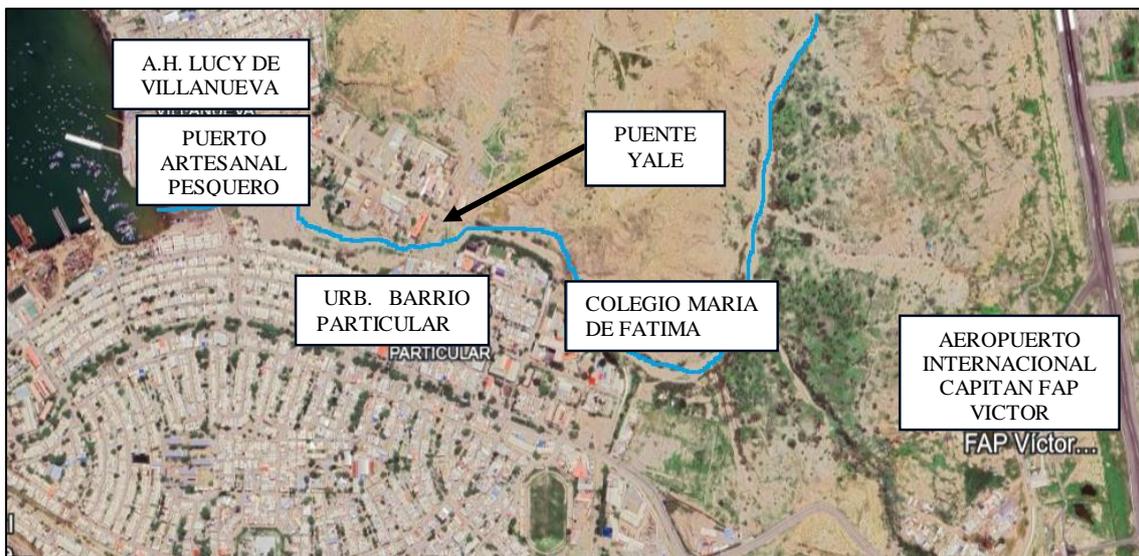
3.1.1 Descripción de la investigación

La presente investigación se enfoca principalmente en analizar el control hidrológico de las inundaciones mediante el modelamiento numérico bidimensional del software Iber (2D), y la propuesta de la creación de defensas ribereñas en las zonas urbanas de la

quebrada Yale, tal como se aprecia en la figura 25, así como también, la propuesta de la construcción de diques quebrada arriba y para ello se cuenta con la información del levantamiento topográfico de la zona de estudio, por el cual tiene una extensión de 4.53 km y un área de 5297323.891m².

Figura 25

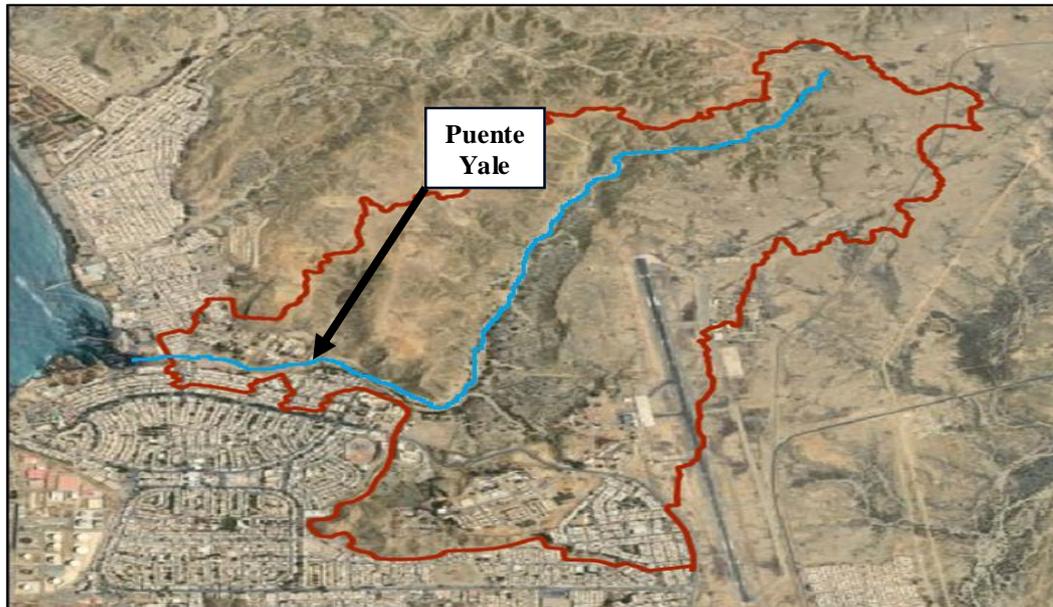
Vista de la zona de estudio “Quebrada Yale” a través de la plataforma Google Earth – Centros poblados urbanos colindantes al área de estudio.



La zona de estudio se ubica desde la zona puerto artesanal pesquera hasta el puente Yale y continúa su recorrido a lo largo de la quebrada Yale pasando por el colegio María de Fátima, para luego seguir su recorrido hacia el área desértica de la quebrada, en la gráfica 26 se puede visualizar el espacio que abarca la zona de estudio de la quebrada Yale.

Figura 26

Delimitación de la Quebrada Yale a través de la plataforma Google Earth.



3.1.2 Estructuras existentes

3.1.2.1 Puente Yale

Según el diario Regional de Piura, la obra fue inaugurada en diciembre del año 2021 con una longitud de 55 metros lineales con un costo de S/9'800.000 de inversión provenientes del gobierno regional de Talara. Esta estructura importante que se visualiza en las figuras 27 y 28, permite a la población desplazarse con una mejor fluidez de tránsito vehicular que une el cono norte y el centro de la ciudad.

Figura 27

Vista de la estructura del puente Yale culminada.



Nota: La infografía muestra el Puente Yale, estructura importante de la zona de estudio que sirve para el traslado rápido de la población. De “Puente Yale queda listo para ser puesto al servicio de los talareños”, por Plataforma digital única del Estado Peruano, 2021.

Figura 28

Vista del puente Yale desde la plataforma Google Earth



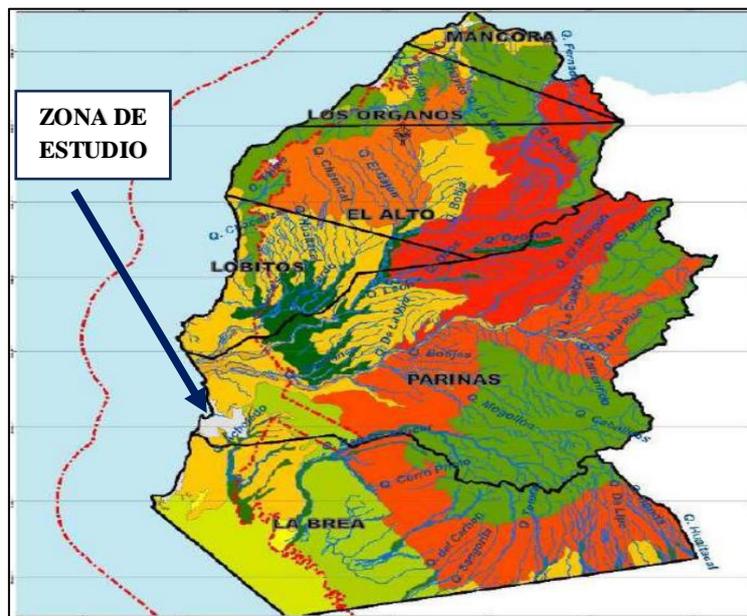
3.1.3 Parámetros Geomorfológicos

3.1.3.1 Geomorfología de la quebrada Yale

Según el Instituto Geofísico del Perú (IGP, 2020), la zona de estudio está constituido por: Terrazas aluviales, Llanuras de inundación pluvial, Llanura de cobertura y dunas eólicas antiguas (ver figura 29).

Figura 29

Mapa geomorfológico de la provincia de Talara.



Nota: La infografía muestra el mapa geomorfológico de la zona de estudio. De “Programa presupuestal 068: Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias

por desastres – Estudio de zonificación sismo-geotécnica del área urbana de Talara”, por el IGP, 2020.

3.1.3.2 Longitud y pendiente del cauce principal

La pendiente del cauce principal de la quebrada en estudio fue determinada mediante el software QGIS en el análisis del archivo DEM que cuenta con una calidad de pixel de 1.5. El resultado de los datos obtenidos se encuentra en la tabla 2, así como de donde se extrajo estos datos del software, indicado en la figura 30.

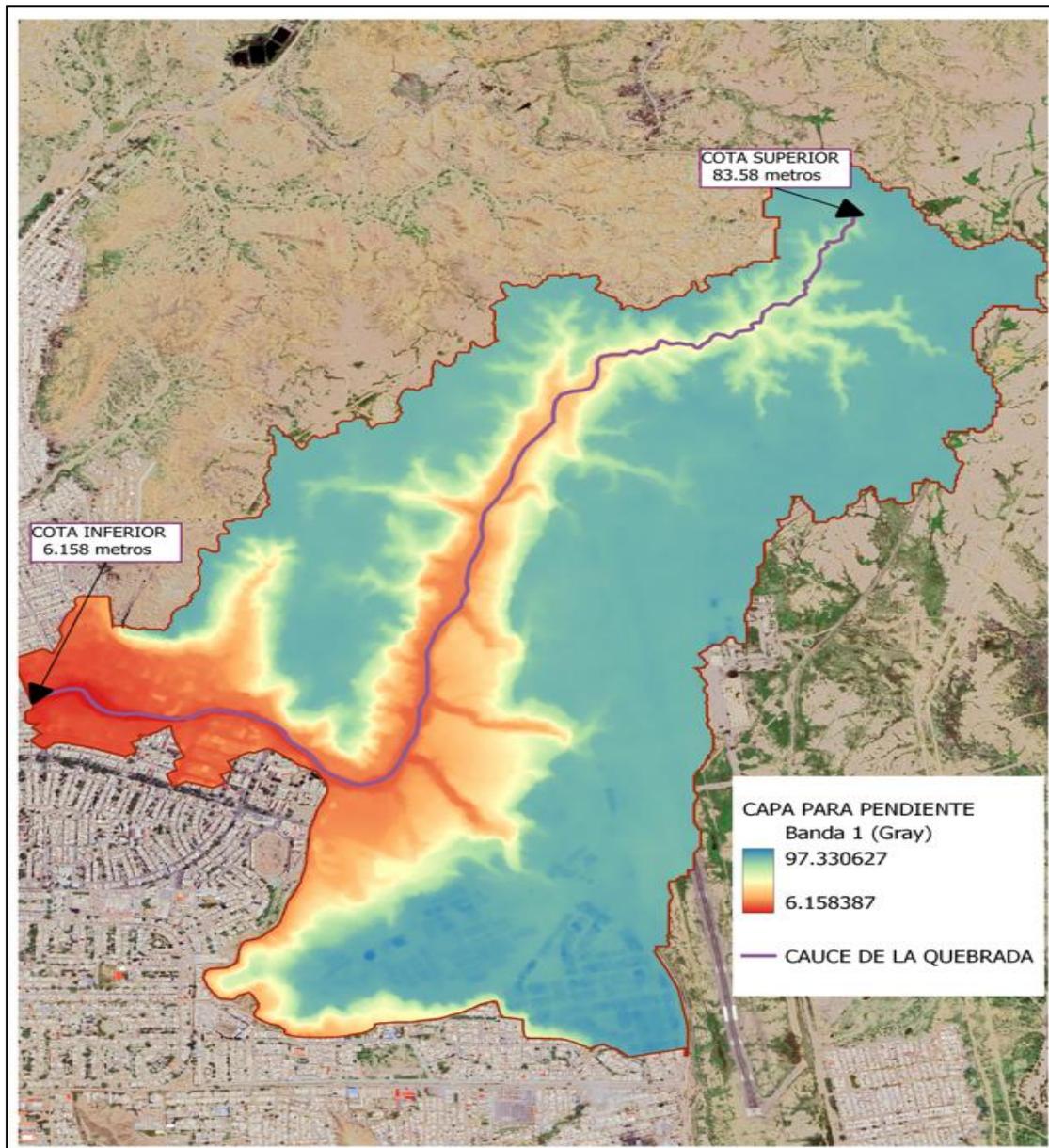
Tabla 2

Longitud y pendiente del cauce principal

Longitud de cauce (m)	Cota Sup. (m)	Cota Inf. (m)	Pendiente (%)
4532.44	83.58	5.92	2

Figura 30

Pendiente de la Quebrada Yale, imagen obtenida del software QGIS



Posterior a ello, se presenta el perfil del tramo del cauce de la quebrada que se analizará.

Figura 31

Pendiente de la zona de estudio obtenido a través del Civil 3D

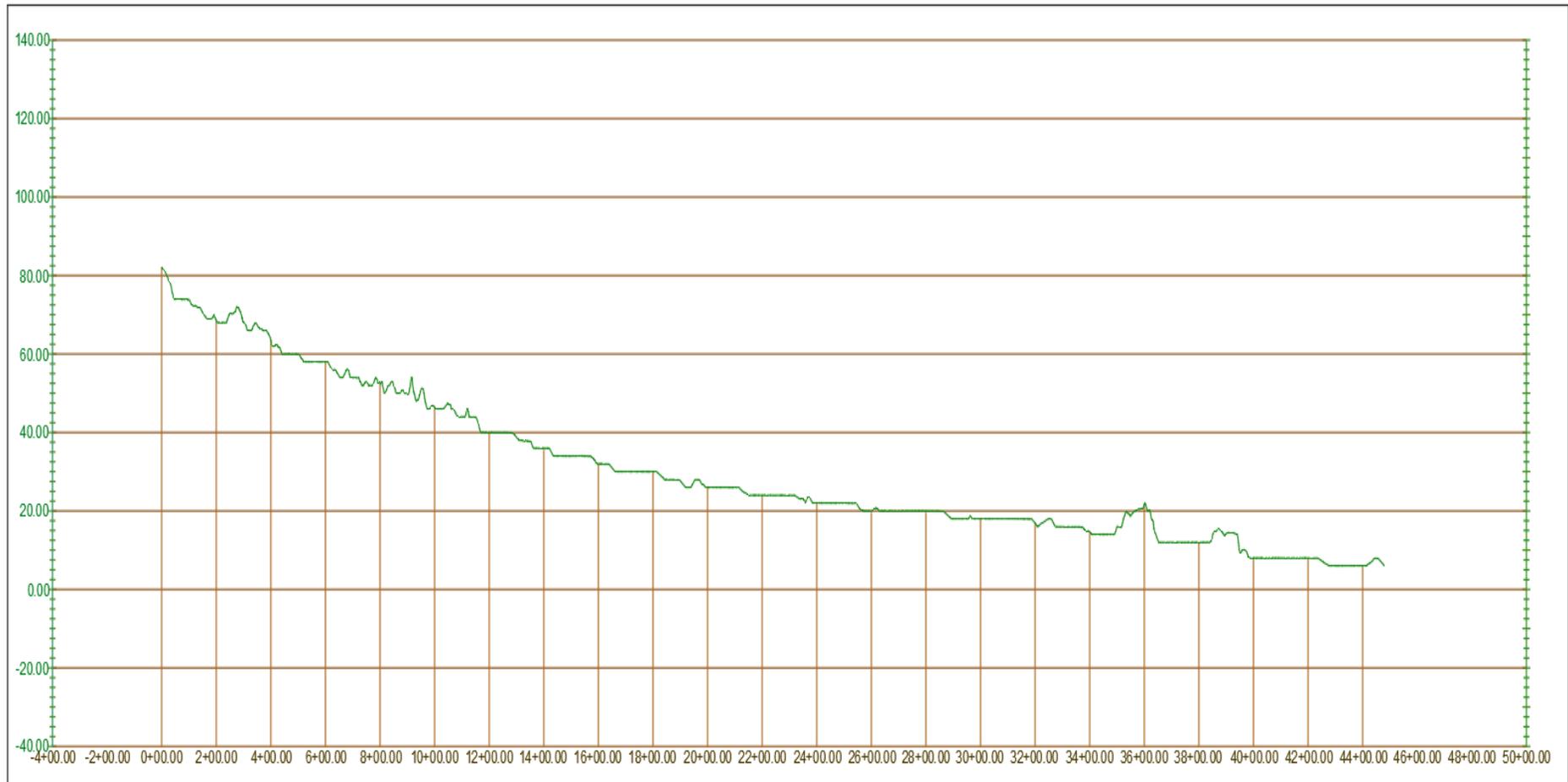


Tabla 3

Rangos de pendientes

Rango	Término descriptivo
0 - 2 %	Plano o casi a nivel
2 - 4 %	Ligeramente inclinado
4 - 8 %	Moderadamente inclinado
8 - 15 %	Fuertemente inclinado
15 - 25 %	Moderadamente empinado
25 - 50 %	Empinado
50 - 75 %	Muy empinado
> 75 %	Extremadamente empinado

Nota: En la tabla se muestra el Rango de pendientes. De “Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina), por Camino et al., 2018.

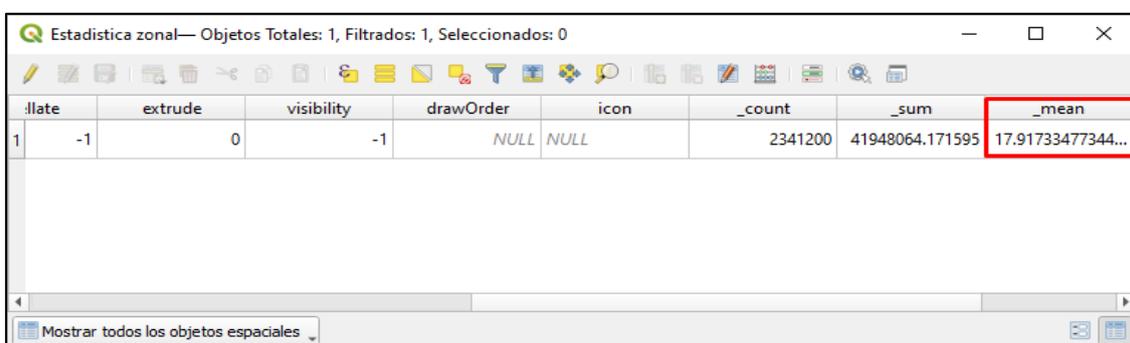
Luego de realizar los cálculos a través del software Civil 3D como se puede visualizar en la figura 31, se tiene una pendiente de cauce de 2 % revisando la tabla 3 se puede señalar que la pendiente se encuentra dentro del rango entre (0 - 2 %, en término descriptivo la pendiente se encuentra en plano a casi a nivel).

Pendiente media: para el caso de la cuenca de estudio se utilizó el software QGIS como herramienta de cálculo para la pendiente media, tal como se aprecia en la figura 32.

Utilizando el software QGIS se obtuvo la pendiente media como se muestra en la siguiente figura.

Figura 32

Cálculo de pendiente media mediante QGIS



_fdate	extrude	visibility	drawOrder	icon	_count	_sum	_mean	
1	-1	0	-1	NULL	NULL	2341200	41948064.171595	17.91733477344...

Este resultado 17.92 % se verifica en la tabla presentada a continuación.

Tabla 4*Clasificación de pendiente Media*

Pendiente media (%)	Terrenos
0 - 2	Llano
2 - 5	Sueve
5 - 10	Accidentado medio
10 - 15	Accidentado
15 - 25	Fuertemente accidentado
25 -50	Escarpado
mayor a 50	Muy escarpado

Nota: En la tabla se muestra la clasificación de la pendiente media. De “Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina), por Camino et al., 2018.

De acuerdo con el resultado recabado que es 17.92 %, se verifica en el cuadro de interpretación que obtenemos una pendiente media de la cuenca fuertemente accidentado.

3.1.3.3 Ancho medio

El coeficiente de compacidad es el valor promedio obtenido al dividir el área de una cuenca entre su longitud máxima.

$$A = 5.30 \text{ km}^2$$

$$L = 4.53 \text{ km}$$

$$W = 1.17 \text{ km}$$

3.1.3.4 Factor de forma (F)

Expresa la relación entre el ancho promedio de la cuenca ancho (W), área (A) y la Longitud (L) e indica cómo se regula la concentración de escorrentía superficial. estos valores son presentados en las tablas 5 y 6 presentadas a continuación.

Tabla 5*Datos para el factor de forma*

Área m²	Longitud m	Factor de forma
5297323.89	4532.44	0.26

Tabla 6*Valores de Forma*

Valores Aproximados	Forma de la cuenca
> 0.22	Muy alargada
0.22 - 0.300	Alargada
0.300 - 0.37	Ligeramente alargada
0.37 - 0.450	Ni alargada ni ensanchada
0.45 - 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 - 0.80	Ensanchada
0.80 - 1.20	Muy ensanchada
> 1.200	Rodeando el desagüe

Nota: En la tabla se muestra los valores de forma. De “Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina)”, por Camino et al., 2018.

Con un factor de forma de la quebrada de 0.258, se indica que su configuración no muestra una tendencia circular, sino más bien alargada. Esta característica sugiere que la quebrada no tiene propensión a sufrir crecidas abruptas cuando se dan lluvias intensas que afectan de manera simultánea toda o la mayor parte de su área.

3.1.3.5 Coeficiente de compacidad (Kc)

Se contrasta la configuración de la quebrada con la de un círculo, donde el círculo inscrito posee la misma área que la quebrada analizada ver el resultado en la tabla 7.

$$Kc = 2.24$$

Tabla 7*Valor del coeficiente de compacidad para el estudio de la quebrada*

Área de la quebrada (m2)	Perímetro de la cuenca	Kc
5297323.89	18425.07	2.24

Tabla 8*Coefficiente de compacidad*

Kc	Clasificación
1 a 1.25	Casi redonda a oval - redonda
1.25 a 1.5	Oval redonda a oval oblonga
1.50 a 1.75	Oval oblonga a rectangular oblonga
mayor a 1.75	Rectangular

Nota: En la tabla se muestra la clasificación de coeficiente de compacidad. De “Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina)”, por Camino et al., 2018.

De acuerdo con el resultado de coeficiente de compacidad con un valor de 2.24 se tiene una quebrada de clasificación Rectangular por ser mayor a 1.75 Kc.

3.1.3.6 Rectángulo Equivalente

Las dimensiones del rectángulo equivalente exhiben las siguientes proporciones:

$$P = 18.43 \text{ km}$$

$$A = 5.30 \text{ km}^2$$

$$L = (P/4) + \text{RAIZ}((P/4)^2 - A)$$

$$I = (P/4) - \text{RAIZ}((P/4)^2 - A)$$

$$L = 8.60$$

$$I = 0.62$$

Corroborando los datos tenemos:

$$L \times i = A \text{ (km}^2\text{)} \quad 2(L \times i) = P \text{ (km)}$$

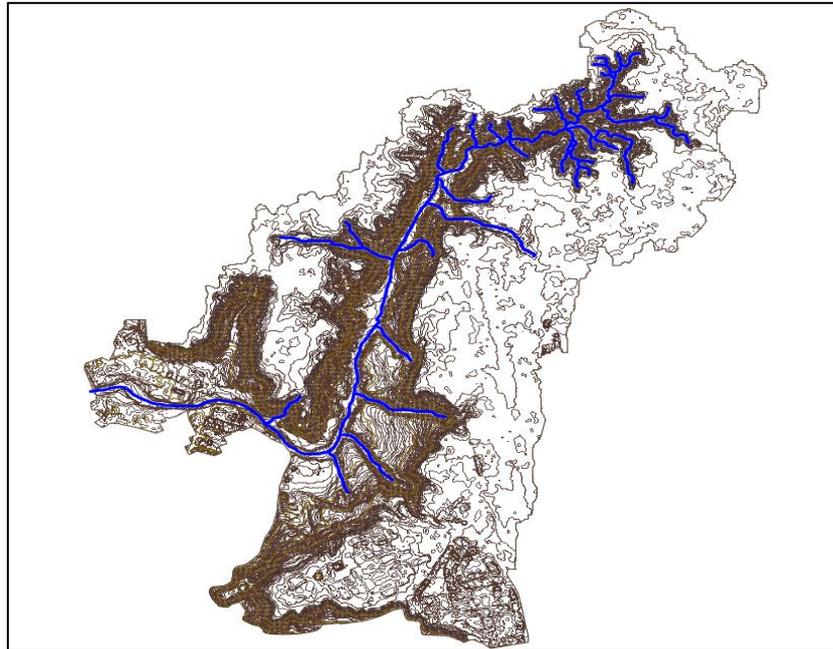
$$P = 18.43 \text{ km}$$

$$A = 5.30 \text{ km}^2$$

Utilizando el software QGIS se realizó la medida de todos los cauces que se encuentran en la quebrada de investigación tal como se puede visualizar en la figura 33.

Figura 33

Red de drenaje de la zona de estudio obtenido a través del software QGIS



La suma total de longitudes para líneas y/o polilíneas es de: 12786.679.

Por otro lado, vemos la densidad de drenaje y para ello, se procede a verificar la siguiente tabla 8.

L_i = Largo total de los cursos de agua en km = \sum 12.79 km

A = Superficie quebrada en km²; A = 5.3 km²

Densidad de drenaje; $D_d = 2.41$

Tabla 9

Densidad de drenaje

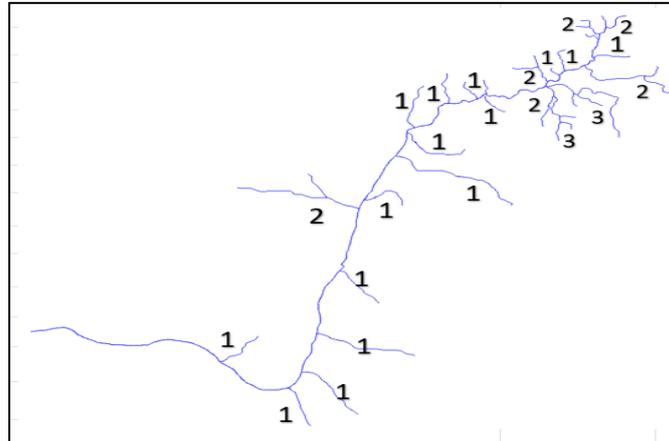
Densidad de drenaje (km/km ²)	Categoría
menor a 1	Baja
1 a 2	Moderado
2 a 3	Alta
mayor a 3	Muy alta

Nota: En la tabla se muestra la densidad de drenaje. De “Clasificación de la red de drenaje de las cuencas”, por J. Fuentes, 2004.

Interpretando el valor se obtuvo **2.41** de densidad de drenaje, por lo que se encuentra en una categoría Alta.

Figura 34

El número obtenido de la quebrada Yale es de orden 3



Como resultado de la clasificación de orden de la quebrada Yale, que es la zona de investigación, se obtuvo el orden número 3, tal como se visualiza en la figura 34.

3.1.3.7 Leyes de Horton

Relación de bifurcación

$$R_B = \frac{N_i}{N_{i+1}}$$

3.1.3.8 Tiempo de concentración

Se tiene la fórmula de concentración de Kirpich.

$$t_c = 1.02$$

Tabla 10

Tipos de Concentración

Longitud de Cauce	4532.44	m
Cota Superior	83.58	m
Cota Inferior	5.92	m
Pendiente	0.02	m/m
Tiempo de Concentración Tc	1.02	hor:

Entonces, considerando que la longitud es de 4532.44 m y la pendiente es de 0.02 m/m, el tiempo de concentración será de 1.02 horas.

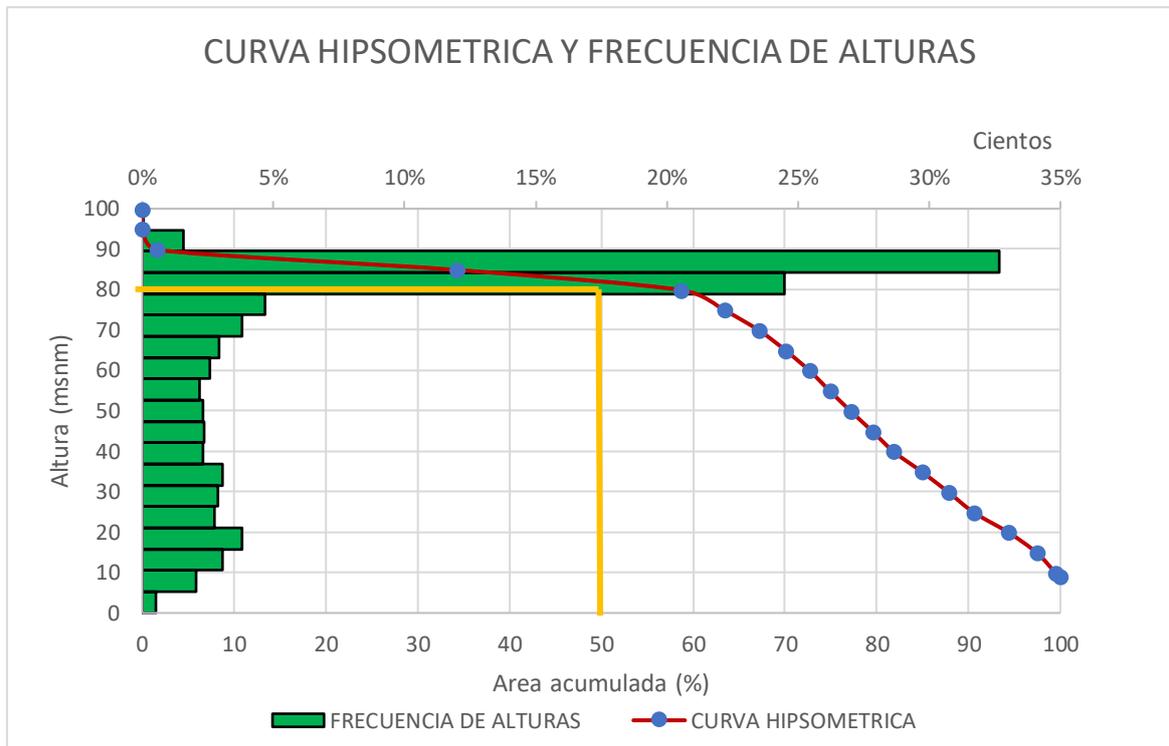
Para la generación de la curva hipsométrica y frecuencia de alturas se presenta la siguiente tabla 11 y posterior resultado en la figura 35.

Tabla 11*Datos de la Quebrada Yale*

COTAS (msnm)	AREA PARCIAL (km2)	AREA (km2)	% DEL TOTAL	% AREA ACUMULADA	COTAS (msnm)
				100	9
9.843	0.026	0.026	0.5	99.5	9.843
14.843	0.108	0.135	2.046	97.45	14.843
19.843	0.162	0.297	3.06	94.39	19.843
24.843	0.202	0.499	3.815	90.58	24.843
29.843	0.146	0.645	2.757	87.82	29.843
34.843	0.152	0.797	2.871	84.95	34.843
39.843	0.163	0.96	3.07	81.88	39.843
44.843	0.123	1.083	2.324	79.56	44.843
49.843	0.125	1.208	2.355	77.2	49.843
54.843	0.122	1.329	2.296	74.91	54.843
59.843	0.116	1.446	2.198	72.71	59.843
64.843	0.137	1.583	2.585	70.12	64.843
69.843	0.155	1.737	2.92	67.2	69.843
74.843	0.201	1.938	3.792	63.41	74.843
79.843	0.248	2.186	4.686	58.73	79.843
84.843	1.297	3.483	24.479	34.25	84.843
89.843	1.731	5.214	32.673	1.57	89.843
94.843	0.082	5.296	1.552	0.02	94.843
99.843	0.001	5.297	0.023	0	99.843
TOTAL	5.3		100		

Figura 35

Resultados de la curva Hipsométrica y frecuencia de alturas



Se tiene como interpretación una curva de tipo “ríos jóvenes” y además que con el criterio del 50 % y de la altitud media es de 80.00 msnm aproximadamente. También obtuvimos que la frecuencia más predominante de altitud está en el rango de 80 a 100 msnm.

3.1.4 Cuadro resumen de resultados

En la tabla 12 nos muestra el resultado de los parámetros morfológicos que ayudará a definir la fisiografía de la quebrada en estudio.

Tabla 12*Cuadro de Resumen de la Quebrada Yale*

PARÁMETROS	UND	VALOR	Clasificación
Área (A)	km ²	5.30	Muy pequeño
Perímetro (P)	km	18.43	Alargada
Longitud del Cauce Principal (L)	km	4.53	Corto
Ancho Promedio (AP)	Km	1.17	-
Pendiente de Media del Cauce Principal (PM)	%	2.00	ligeramente inclinado
Pendiente Media Equivalente (PE)	%	17.92	Fuertemente accidentado
Factor de Forma (Ff)	Adimensional	0.26	Alargada
Índice de Compacidad (Ic)	Adimensional	2.24	Rectangular
Rectángulo Equivalente	Km	L=8.60	-
Rectángulo Equivalente	Km	I=0.62	-
Lado Mayor (L)	km	8.60	-
Lado Menor (l)	km	0.62	-
Densidad de Drenaje (Dd)	km/km ²	2.41	Alta
Orden de Cuenca	n°	3	Medio
Altitud Media de la Cuenca	msnm	80	baja
Tiempo de Concentración (Tc)	h	1.02	Rápido

3.2 Materiales

3.2.1 Topografía

En la presente investigación se realizó un levantamiento topográfico en el periodo del mes de octubre, es un mes con un clima seco y con una máxima promedio de 26° grados. Para ello, se utilizó drones RPAS (Sistema de aeronaves pilotadas remotamente), modelo Phantom 4 RTK y la estación total Topcon GPT3000, tal como se aprecian en las figuras 36 y 37. Además, se utilizó un software sofisticado como es el LIDAR, para obtener una información confiable y certera, ya que el lugar lo amerita por la zona geográfica del terreno de estudio, el cual tiene un área de 5.30 km² y una extensión de longitud de 4.53 km. (ver figura 38).

Figura 36

RPAS (Sistema de aeronaves pilotadas remotamente) Phantom 4 RTK



Nota: La infografía muestra el Drone que se usó para obtención de datos. De “Phantom 4 RTK”, por DJI, 2024 (<https://www.dji.com/global/phantom-4-rtk>).

Figura 37

Estación total de Topcon GPT3000



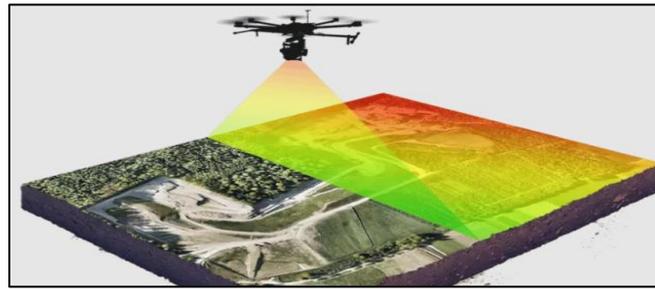
Nota: La infografía muestra el equipo de estación total que se usó, para la obtención de datos. De “Topcon – Estación total modelo Topcon GPT3000”, por Topoequipos, 2024 (<https://www.manualslib.es/manual/11283/Topcon-Gpt-3000-Serie.html>).

Las curvas de nivel fueron generadas a intervalos de 0.25 metros por medio del software AutoCAD y con esta información se creó un modelo digital del terreno, el cual fue posteriormente integrado en los programas QGIS e Iber, este archivo Raster generado es de 1.5 píxel de tamaño.

Se lograron obtener imágenes de buena resolución como se aprecia en la figura 37, que presenta una vista en planta de las curvas de nivel, resultado de un levantamiento topográfico en el área de estudio. En la figura 38, se exhibe una vista tridimensional de la misma información.

Figura 38

Software Lidar



Nota: La infografía muestra el software Lidar aplicado mediante un Drone, De “fotogrametría vs. Lidar”, por Wingtra, 2024 (<https://wingtra.com/es/mejor-software-de-fotogrametria/>).

El LIDAR no produce una fotografía, pero sí una representación de la realidad en una nube de puntos. A partir de este registro, se construye una representación tridimensional del espacio. En este aspecto, para la zona de trabajo se ha escogido esta topografía debido a que cumple con el requisito de magnitud de extensión, tanto de ancho como de largo, para así obtener resultados adecuados de zonas y niveles de inundación. Al procesar el modelo hidráulico IBER se obtuvieron archivos en formato ráster de tirantes de agua, los cuales fueron reclasificados y posteriormente ponderados con los resultados del proceso de análisis, tal como se muestra en la figura 39 y 40.

Figura 39

Vista en planta de las curvas de nivel, eje y líneas de muestreo del levantamiento topográfico en la Quebrada Yale.



Figura 40

Vista tridimensional del MDT generado



3.2.2 Geología

En cuanto a la obtención de información de granulometría del suelo, se obtuvo a través del estudio de mecánica de suelos para el proyecto: mejoramiento y rehabilitación de los servicios recreativos del parque Andrés Avelino Cáceres del Barrio Particular, distrito Pariñas, Provincia de Talara, Departamento de Piura. En ella se consideró la calicata C - 02 por ubicarse lo más cercano a la zona de estudio.

Según el IGP (2020), se realizó un estudio geotécnico en la ciudad de Talara, que comprendió la realización de 8 calicatas, 7 densidades de campo, 16 posteos y 11 ensayos de penetración dinámica ligera (DPL), según se observa en las figuras N°41 y 42. Las 8 muestras extraídas se sometieron a análisis en el laboratorio de mecánica de suelos del IGP. Para verificar los resultados, se enviaron tres muestras representativas a un laboratorio certificado, con el fin de examinar la composición granulométrica, plasticidad, llevar a cabo ensayos de corte directo y calcular la capacidad de carga de los suelos de cimentación.

Finalmente, se realizó una homologación de resultados obtenidos del estudio de mecánica de suelos realizados por el laboratorio INGELABC, por otro lado, se corroboró los resultados con el estudio realizado por el IGP, de los cuales a continuación se detalla:

3.2.2.1 Exploración a cielo abierto (Calicatas, Norma ASTM 420)

Se realiza una excavación in situ con el propósito de observar y describir el suelo. Estas exploraciones se realizan a una profundidad de 3 metros con el objetivo de detallar los

estratos que conforman el suelo. Las excavaciones se ubican en coordenadas UTM específicas, como se detalla en la tabla N°11 según el IGP (2020).

Figura 41

Vista de la ubicación de las calicatas



La infografía muestra la ubicación de calicata CTA-08 en la urb. Barrio Particular, en el área urbana de Pariñas.

Figura 42

Acercamiento de la vista de la ubicación de la calicata C -02



La infografía muestra la zona de ubicación de la calicata C-02 en la urb. Barrio Particular, en el área urbana de Pariñas.

3.2.2.2 Resultados de los ensayos de laboratorio

Se analizaron las muestras mediante los ensayos de acuerdo con las normas establecidas por la ASTM, a continuación, se detallan los resultados. en la siguiente tabla número 13.

Tabla 13

Clasificación de Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) – Calicata N°8 elaboradas en la ciudad de Talara

CODIGO DE CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	PRESENCIA DE AGUA		GRANULOMETRÍA (%)			LÍMITES ATTERBERG (%)			CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN
		Nivel Freático (m)	Contenido de Humedad (%)	Gravas (>4.76 mm)	Arenas (>0.074 mm, <4.76 mm)	Finos (>0.074 mm)	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE PLÁSTICO		
CTA-01	2.00	N.P.	2.02	0.00	82.2	17.8	N.P.	N.P.	N.P.	SM	Arena limosa
CTA-02	2.00	N.P.	14.97	0.00	83.00	16.96	N.P.	N.P.	N.P.	SM	Arena limosa
CTA-03	2.00	N.P.	5.21	0.60	86.40	13.05	N.P.	N.P.	N.P.	SM	Arena limosa
CTA-04	2.00	N.P.	2.87	0.00	93.20	6.80	N.P.	N.P.	N.P.	SM-SC	Arena limoarcilla
CTA-05	1.50	N.P.	5.36	79.10	15.50	5.36	N.P.	N.P.	N.P.	GM-GC	Grava limoarcilla
CTA-06	2.00	N.P.	3.12	0.00	15.37	84.60	45.62	19.05	26.57	CL	Arcilla inorgánica
CTA-07	2.00	N.P.	2.93	0.00	17.51	82.50	41.4	30.28	11.12	ML	Limo inorgánico
CTA-08	2.50	N.P.	2.24	0.00	97.15	2.80	N.P.	N.P.	N.P.	SP	Arena mal graduada

Nota: La tabla muestra la clasificación SUCS. De “Estudio de zonificación Sismo-geotecnia del área urbana de Talara”, por IGP, 2020.

El suelo clasificado como tipo SP consiste en arena mal graduada con gravas, con un diámetro promedio de partícula de 0.250 mm y un contenido de humedad del 2.24%. Estos suelos se caracterizan por su compactidad que varía de suelta a media y no muestran plasticidad. Representan aproximadamente el 13% de la zona de estudio y fueron identificados en las proximidades del estadio Campeonísimo en Talara, específicamente en la calicata (CTA-08).

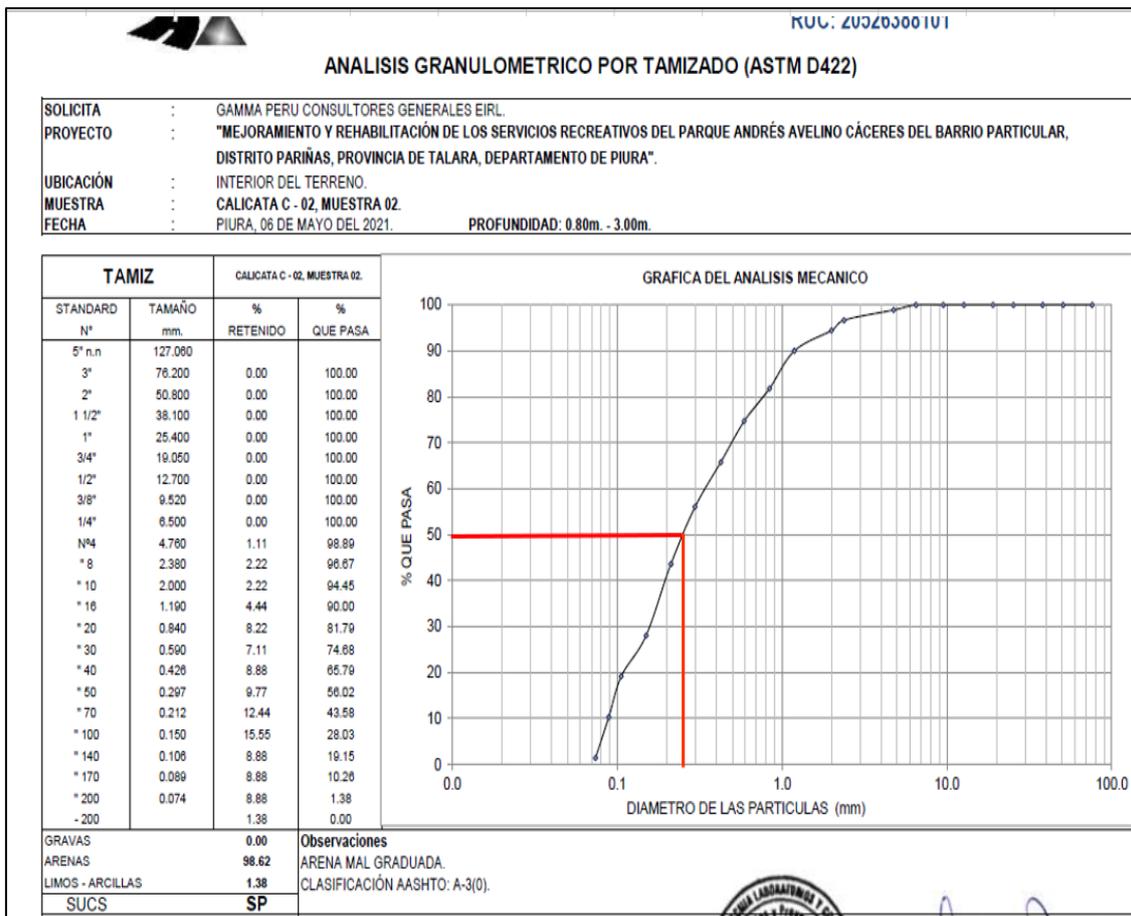
3.2.2.3 Resultados del Análisis Granulométrico (Norma ASTM D422)

En la obtención de resultados de la calicata C – 02, en una profundidad de 0.00 – 0.40 metros se halló relleno, con mezcla de arenas y limos con presencia de material orgánico (raíces). Consistencia suelta y poco compacta. En cuanto a 0.40 – 0.80 metros de profundidad, se halló arcilla arenosa, suelo conformado por arcillas arenosas con inclusión de rocas presencia de contaminación. Color marrón oscuro. Clasificación SM en SUCS y A-5 para la norma AASHTO, baja humedad, regular plasticidad, consistencia poco compacta y con baja resistencia a la penetración. Finalmente, de 0.80 – 3.00 metros se halló arena mal graduada. Suelo conformado por arena de grano medio, mal graduada de color beige. Clasificación SUCS: SP y AASHTO: A – 3 (0). Baja humedad, no plástico. Consistencia poco compacta con baja resistencia a la penetración, tal como se puede visualizar en la tabla 13.

En la tabla 14 se muestra los resultados del análisis granulométrico de la calicata C-02, obtenido por Ingeniería Geotecnia Laboratorios y Construcción (INGELABC,2021). Cabe recalcar, que el D50 se obtuvo un valor de 0.297 mm. Finalmente, se concluye mediante los resultados obtenido a través del estudio mecánica de suelos, que la zona de estudio está conformada por (SP) arenas mal graduadas en mayor proporción y arena limosa, ubicadas en zona de topografía plana, que están afectadas por la infiltración de aguas superficiales provenientes de lluvias torrenciales y efectos del fenómeno El Niño. Así mismo, habiéndose encontrado que se podrían presentar algunos de estos fenómenos provenientes de la geodinámica externa (asentamientos, licuación, salinidad, erosión y agrietamiento). Razón por la cual, se debe mejorar el fondo de cimentación del terreno con material granular. Por otro lado, en función a las excavaciones, descripción, perfiles y ensayos de suelos, se ha identificado suelos arenosos, no plásticos y arenas limosas en la capa más superficial, con bajo contenido de humedad.

Tabla 14

Distribución granulométrica C - 02



Nota. En la tabla se muestra la distribución granulométrica de la calicata CA-02. De “Estudio de mecánica de suelos para el proyecto: Mejoramiento y Rehabilitación de los servicios recreativos del parque Andrés Avelino Cáceres del Barrio Particular, Distrito Pariñas, Provincia de Talara, Departamento de Piura” por INGELABC, 2021.

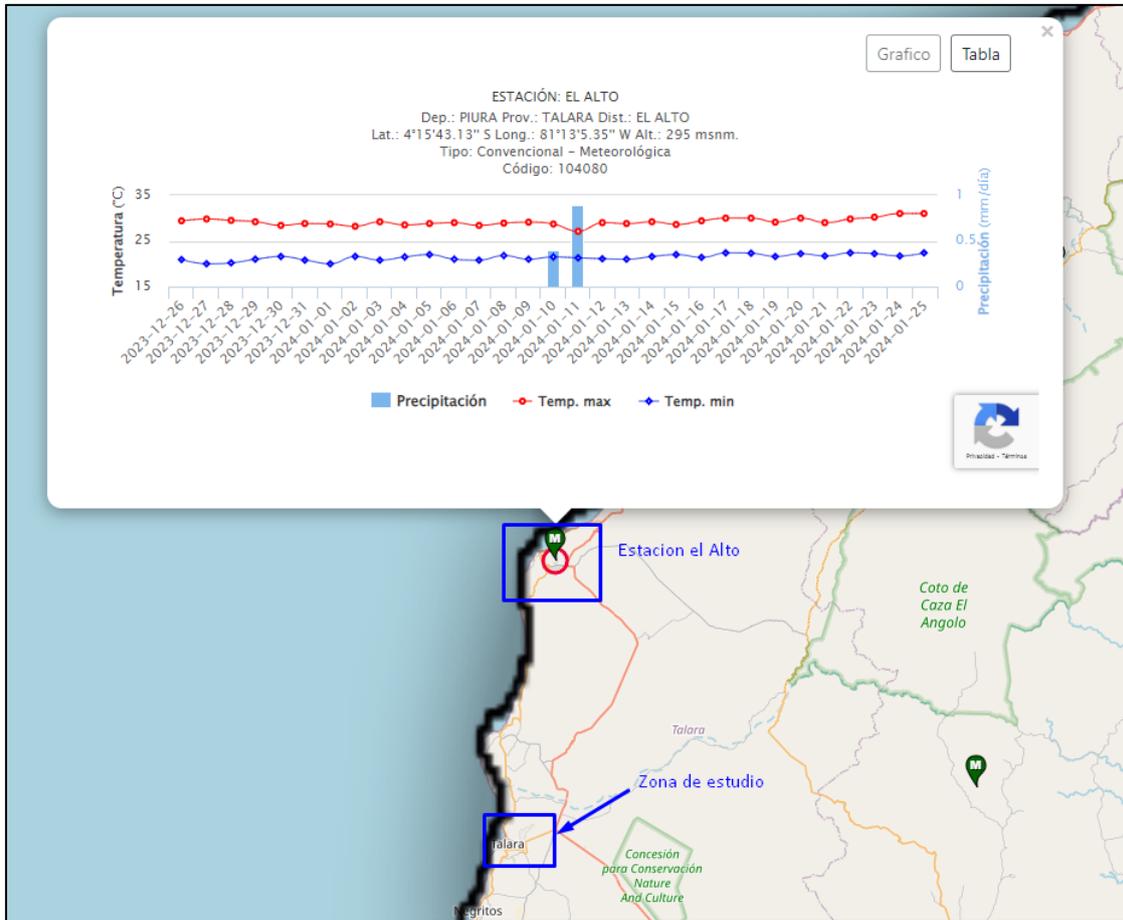
3.2.3 Información Hidrométrica

3.2.3.1 Determinación de Precitaciones máximas en 24 horas

Para este análisis se contó con la información brindada por la entidad a cargo de estos datos SENAMHI. Donde indican que la estación a cargo de nuestra zona de estudio corresponde a la estación “El Alto”, el cual señala que es de tipo Convencional – Meteorológica tal como se muestra en la figura 43, también se adjunta el correo institucional que se nos proporcionó junto con los datos verificados de la misma.

Figura 43

Ubicación de la estación El Alto



La infografía muestra la ubicación de la Estación el Alto en la provincia de Talara y otra imagen que contiene información de las precipitaciones y temperaturas máximas y mínimas.

Los datos de precipitaciones máximas, como se detalla en la Tabla N°15, se basa en un conjunto de 62 registros. Esta información utilizada para este análisis fue obtenida directamente SENAMHI.

Tabla 15*Precipitaciones de máximos anuales de 1934 hasta el 2023 – Estación el Alto*

Año	Máximo (mm)	Año	Máximo (mm)	Año	Máximo (mm)	Año	Máximo (mm)
1934	22.7	1951	4.1	1973	40.0	2008	36.7
1935	18.0	1952	1.0	1974	4.0	2009	9.8
1936	10.7	1953	49.5	1975	46.0	2010	57.8
1937	18.6	1954	2.3	1976	33.0	2012	64.7
1938	2.2	1955	5.4	1977	18.2	2013	61.9
1939	43.4	1956	9.7	1978	8.0	2014	4.2
1940	8.4	1957	22.2	1979	0.0	2015	20.0
1941	29.0	1958	20.0	1980	12.0	2016	10.0
1942	4.0	1959	14.8	2000	30.8	2017	79.3
1943	54.0	1960	7.5	2001	26.0	2018	1.1
1945	28.7	1961	32.9	2002	44.0	2019	12.6
1946	19.8	1962	17.9	2003	7.8	2020	10.1
1947	31.7	1963	6.7	2004	3.3	2021	38.7
1948	8.0	1964	3.8	2005	4.6	2023	51.2
1949	29.2	1971	23.7	2006	53.8	-	-
1950	3.0	1972	125.0	2007	13.0	-	-

Nota: La tabla muestra las precipitaciones máximas anuales. De “Estación El Alto”, por SENAMHI, 2023.

Tabla 16*Cálculos obtenidos de las precipitaciones máximos anuales 1934 hasta el 2023*

Promedio	17.84	Promedio	29.92
Desv. Est.	14.27	Desv. Est.	28.25
Máximo	54.00	Máximo	125.00
Mínimo	1.00	Mínimo	0.00
Nº Datos	31.00	Nº Datos	31.00

Con la finalidad de analizar su confiabilidad, la información ha sido sometida a un análisis de prueba de datos dudosos mediante el método de Water Resources Council.

3.2.3.2 Prueba de Datos Dudosos (Método Water Resources Council)

Es importante tener en cuenta que la eliminación o retención de estos datos puede tener un impacto sustancial en los valores de los parámetros estadísticos calculados para la información, especialmente cuando se trata de muestras pequeñas.

A). Umbral de datos dudosos altos (XH: Unid. Logarítmicas)

$$X_H = 2.5615 \text{ mm}$$

$$PH = 364.3 \text{ mm}$$

B). Umbral de datos dudosos bajos (XL: Unid. Logarítmicas)

$$X_L = -0.2479 \text{ mm}$$

$$PL = 0.01 \text{ mm}$$

A continuación, se presenta en la tabla 17 los valores de K_n , para desarrollar la prueba de datos dudosos.

Tabla 17

Valores K_n para la prueba de datos dudosos

Tamaño de Muestra n	K_n						
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.65	55	2.804		

Nota: La tabla muestra los valores de K_n para la prueba de datos dudosos. De “Dimensionamiento hidráulico – estructural del sistema de drenaje pluvial, para mitigar las inundaciones en Acobamba”, por G. Chávez, y L. Soto, 2021.

Se observa que todos los valores “P24” se encuentran dentro de los límites definidos por PH y PL, es decir, no existen datos dudosos.

n = 62

$K_n = 2.848^*$

K_n = Valor recomendado, varía según de n (significancia: 10%)

(*) = Hace referencia a la tabla N°17

0.00	Mínimo valor histórico registrado
125.00	Máximo valor histórico registrado

Tabla 18

Registro histórico de precipitaciones máximas en 24 horas de la Estación el Alto.

	P24H	log(P24H)
Numero de datos n	62	62
Suma Σ	1480.5	0.7172
Máximo	125.0	2.0969
Mínimo	0.0	0.0000
Promedio \bar{x}	23.9	1.1568
Desviación estándar s	23.0127	0.4932
Coefi. asimetría C_s	1.8396	-0.5197
$C_s/6$ k	0.3066	-0.0866

3.2.3.3 Ajuste Estadístico

Para el ajuste se procedió aplicar diferentes métodos tales como Gumbel, logaritmo normal, Pearson III y el logaritmo Pearson III, también se obtuvieron las gráficas de probabilidades. Las cuales se muestran en la tabla 19 y en el anexo 9.

Tabla 19

Datos para la distribución de probabilidades

	P24	log(P24)
Numero de datos: n	62	
Promedio: x	23.88	1.16
Desviación estándar: s	23.01	0.49
Coefficiente asimetría: C_s	1.84	-0.52
$C_s/6$: k	0.31	-0.09

Estos resultados se verifican mediante gráficas de cada método desarrollado como se presenta en las siguientes figuras 44, 45, 46 y 47.

Figura 44

Ajuste estadístico NORMAL

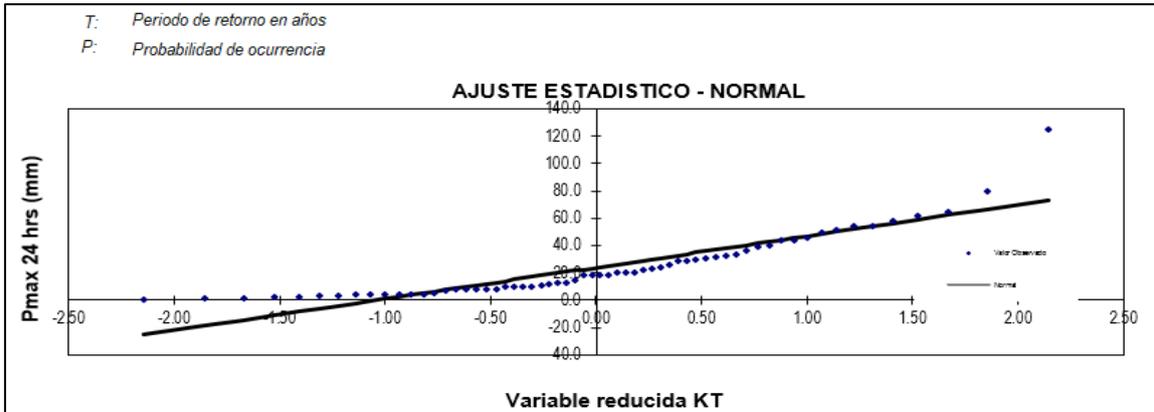


Figura 45

Ajuste estadístico GUMBEL

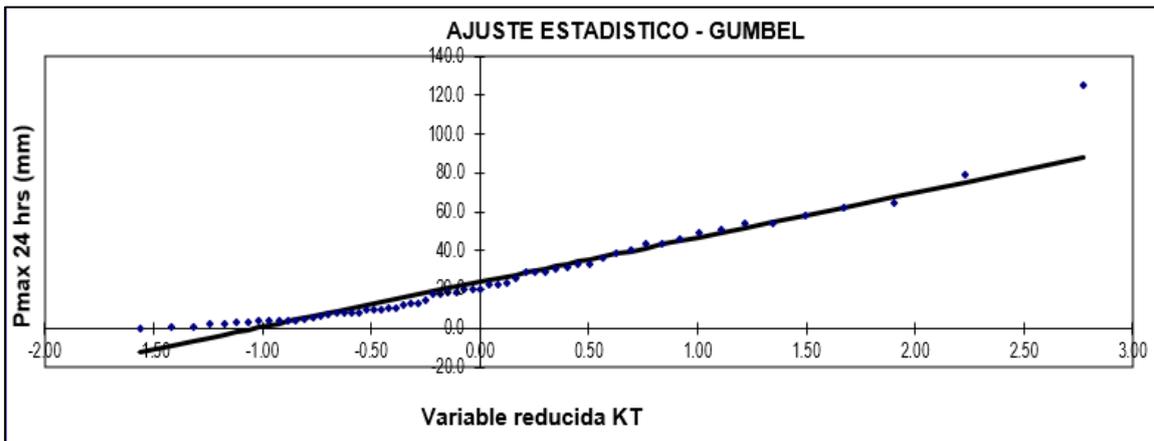


Figura 46

Ajuste estadístico PEARSON TIPO III

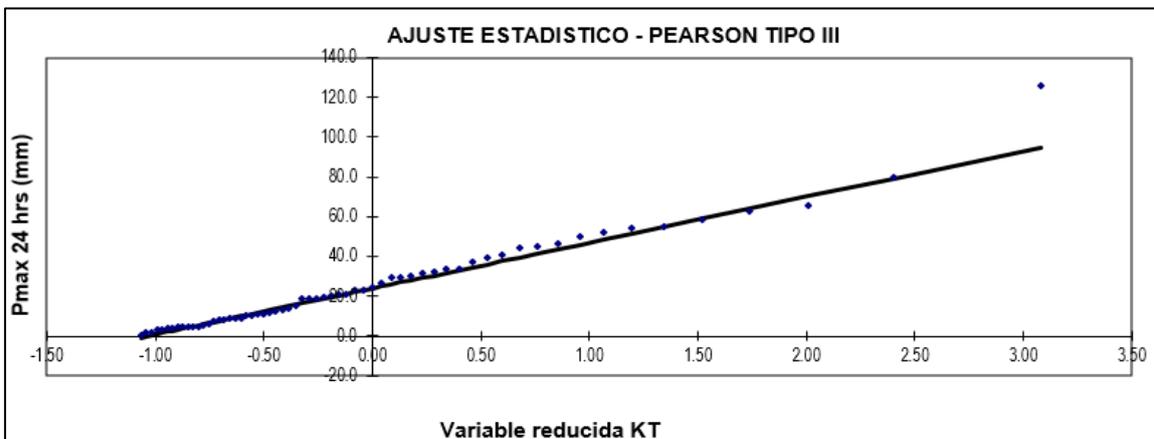
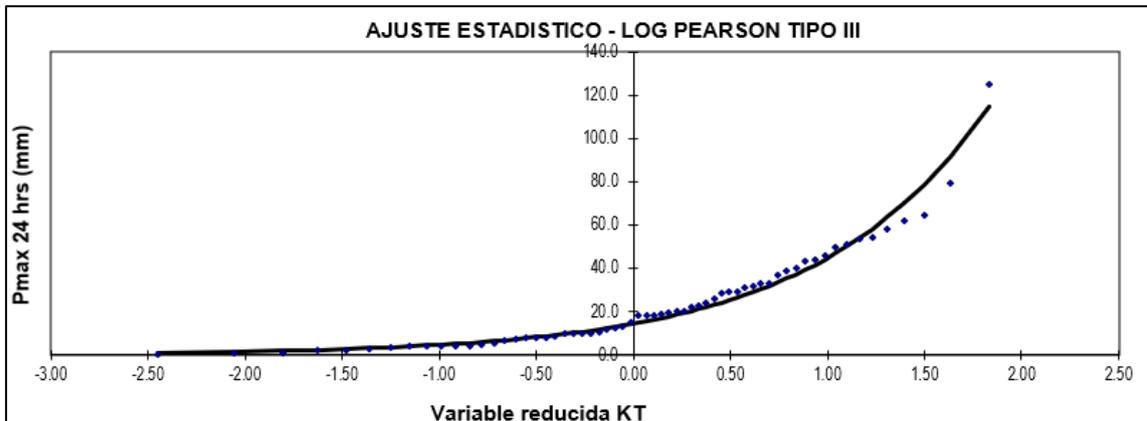


Figura 47

Ajuste estadístico LOG PEARSON TIPO III



3.2.3.3.1 Precipitación Máxima Diario a Nivel Anual de la Estación el Alto.

Se presenta la información correspondiente a la precipitación Máxima Diaria a Nivel Anual de la Estación El Alto. Este conjunto de datos revela las cantidades máximas de precipitación registradas en un solo día a lo largo del año en la mencionada estación meteorológica. Estos datos son esenciales para comprender la variabilidad climática y analizar eventos meteorológicos extremos, como intensas lluvias o tormentas, que puedan haber afectado la región, se ilustra a continuación en tabla 20 presentada a continuación.

Tabla 20

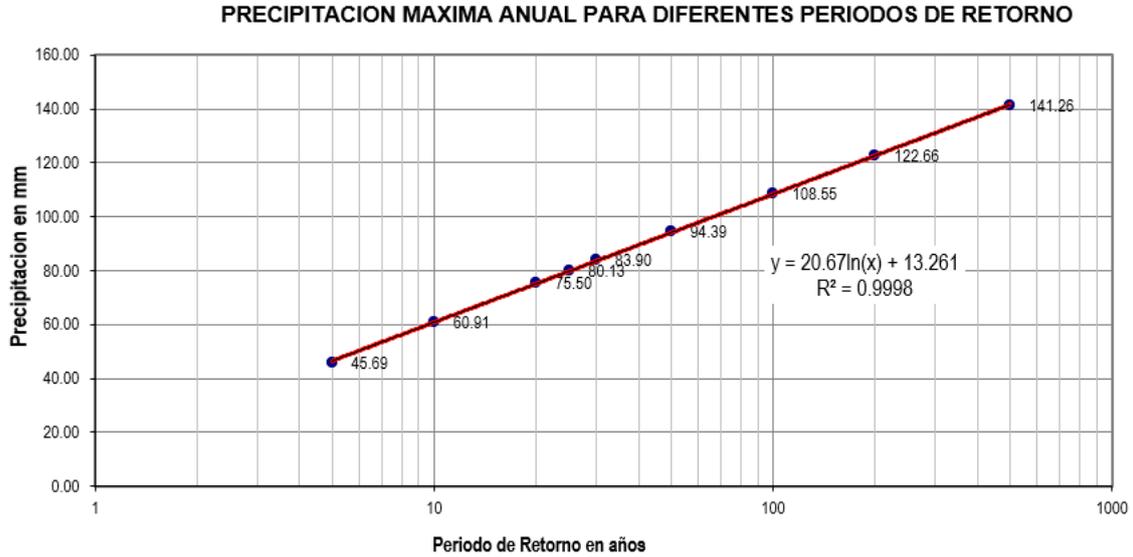
Precipitación máxima diario a nivel anual

ESTACIÓN EL ALTO															
		Promedio:		x =	23.8790	y =	1.1568	Coeficiente de corrección de Pmax por N° de lecturas (OMM)							
		Desviación estándar:		s =	23.0127	sy	0.4932	f (1 1.13 lecturas) =							
		Cs/6:		k =	0.3066	=	-								
				k =	0.0866										
T (años)	P(X≤x _T)	DISTRIB. NORMAL		DISTRIB. GUMBELL		DISTRIB. LOGNORMAL			DISTRIB. PEARSON III		DISTRIB. LOG PEARSON III			P _{MAX} mm	P _{MAX} (corregida) mm
		K _T	x _T	K _T	x _T	K _T	x _T	10 ^{x_T}	K _T	x _T	K _T	X _t	10 ^{x_T}		
5	0.800	0.8416	43.25	0.719	40.44	0.842	1.57	37.31	0.6294	38.36	0.86	1.5787	37.9079	40.44	45.69
10	0.900	1.2816	53.37	1.305	53.90	1.282	1.79	61.49	1.2972	53.73	1.21	1.7547	56.8457	53.90	60.91
20	0.950	1.6449	61.73	1.866	66.82	1.645	1.97	92.89	1.9643	69.08	1.48	1.8890	77.4458	66.82	75.50
25	0.960	1.7507	64.17	2.044	70.91	1.751	2.02	104.75	2.1796	74.04	1.56	1.9263	84.3922	70.91	80.13
30	0.967	1.8339	66.08	2.189	74.25	1.834	2.06	115.13	2.3560	78.10	1.62	1.9551	90.1723	74.25	83.90
50	0.980	2.0537	71.14	2.592	83.53	2.054	2.17	147.77	2.8520	89.51	1.77	2.0287	106.8330	83.53	94.39
100	0.990	2.3263	77.41	3.137	96.06	2.326	2.30	201.39	3.5305	105.12	1.94	2.1153	130.4213	96.06	108.55
200	0.995	2.5758	83.16	3.679	108.54	2.576	2.43	267.34	4.2160	120.90	2.10	2.1902	154.9669	108.54	122.66
500	0.998	2.8782	90.11	4.395	125.01	2.878	2.58	376.84	5.1338	142.02	2.27	2.2755	188.5916	125.01	141.26

En la siguiente gráfica 48 se deriva de la información proporcionada en la tabla indicando la precipitación vs el periodo de retorno.

Figura 48

Precipitación en (mm) Vs Periodo de Retorno en años



3.2.3.4 Determinación de Coeficientes Regionales Método de Dick – Peschke

$$P_d = P_{24h} \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.25}$$

Tabla 21

Determinación de Coeficientes regionales – método de Dick – Peschke

ESTACIÓN EL ALTO										
DURACIÓN		PERÍODO DE RETORNO (años)								
Hr	min	5	10	20	25	30	50	100	200	500
0.08	5.00	11.09	14.79	18.33	19.45	20.37	22.91	26.35	29.77	34.29
0.17	10.00	13.19	17.58	21.80	23.13	24.22	27.25	31.34	35.41	40.78
0.25	15.00	14.60	19.46	24.12	25.60	26.80	30.16	34.68	39.18	45.13
0.33	20.00	15.69	20.91	25.92	27.51	28.80	32.40	37.26	42.11	48.50
0.50	30.00	17.36	23.14	28.68	30.44	31.87	35.86	41.24	46.60	53.67
0.67	40.00	18.65	24.87	30.82	32.71	34.25	38.54	44.32	50.07	57.67
0.83	50.00	19.72	26.29	32.59	34.59	36.22	40.75	46.86	52.95	60.98
1.00	60.00	20.64	27.52	34.11	36.20	37.91	42.65	49.04	55.42	63.82
2.00	120.00	24.55	32.72	40.57	43.05	45.08	50.72	58.32	65.90	75.90
24.00	1440.00	45.69	60.91	75.50	80.13	83.90	94.39	108.55	122.66	141.26

En la tabla 21 se aprecia los coeficientes regionales, mediante el método Dick – Peschke, en dicha tabla se muestra la duración en intervalos de hora y minutos para diferentes periodos de retorno, en la estación El Alto.

3.2.3.5 Intensidades de diseño para duraciones menores a 24 horas (mm/hr)

Tabla 22

Intensidades de Diseño para duraciones menores 24 horas

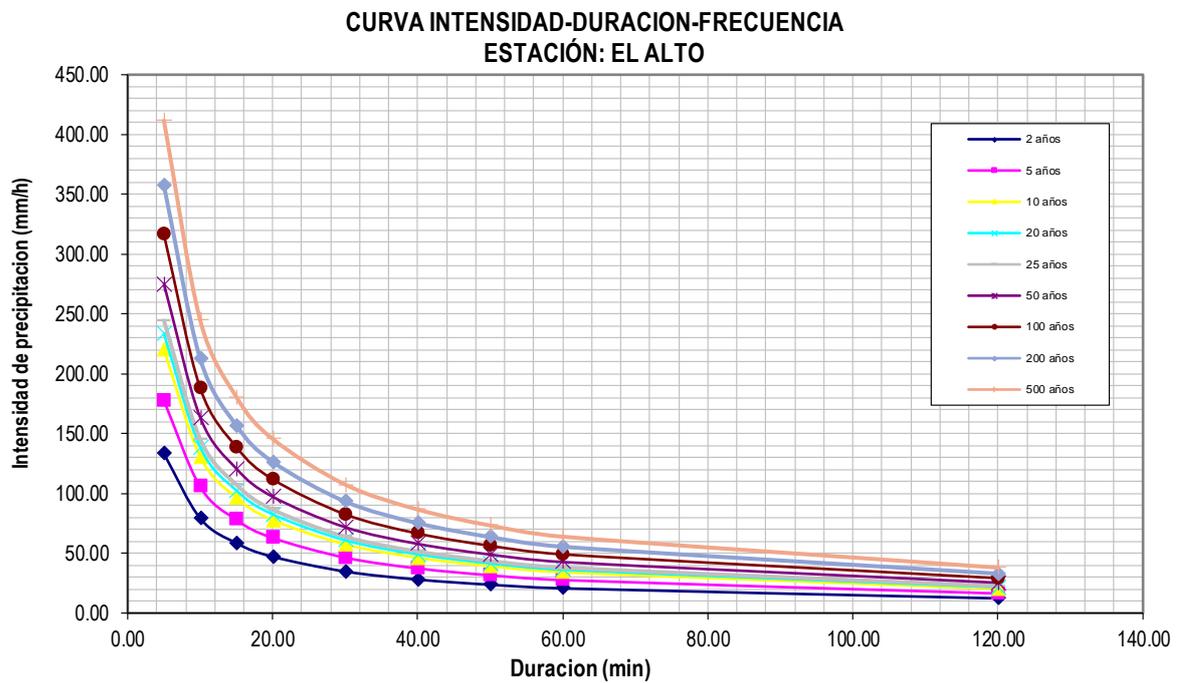
ESTACIÓN EL ALTO										
DURACIÓN		PERÍODO DE RETORNO (años)								
Hr	min	5	10	20	25	30	50	100	200	500
0.08	5.00	133.10	177.42	219.93	233.42	244.39	274.96	316.20	357.29	411.50
0.17	10.00	79.14	105.50	130.77	138.79	145.32	163.50	188.02	212.45	244.68
0.25	15.00	58.39	77.83	96.48	102.40	107.21	120.62	138.72	156.74	180.52
0.33	20.00	47.06	62.73	77.76	82.53	86.41	97.21	111.79	126.32	145.49
0.50	30.00	34.72	46.28	57.37	60.89	63.75	71.72	82.48	93.20	107.34
0.67	40.00	27.98	37.30	46.24	49.07	51.38	57.80	66.47	75.11	86.51
0.83	50.00	23.67	31.55	39.11	41.51	43.46	48.90	56.23	63.54	73.18
1.00	60.00	20.64	27.52	34.11	36.20	37.91	42.65	49.04	55.42	63.82
2.00	120.00	12.27	16.36	20.28	21.53	22.54	25.36	29.16	32.95	37.95
24.00	1440.00	1.90	2.54	3.15	3.34	3.50	3.93	4.52	5.11	5.89

En la tabla 22 se puede observar las intensidades de diseño para duraciones menores a 24 horas para diferentes periodos de retorno, en la estación El Alto.

En la figura 49 se aprecia la curva de intensidad, duración y frecuencia de la estación El Alto generada a partir de la tabla 22, donde se muestra la duración en minutos y la intensidad en mm/hr.

Figura 49

Intensidad de precipitación Vs Duración



Curva Intensidad – Duración – Frecuencia

I: Intensidad máxima (mm/h)

T: Periodo de retorno en años

t: Duración de la precipitación

$$T = 30.00; d = 10.00$$

$$I = \frac{10^{2.5395} T^{0.2361}}{t^{0.75}}$$

$$I = 137.48$$

3.2.3.6 Precipitación de diseño para duraciones menores a 24 horas Método Bell (mm)

Tabla 23

Precipitaciones para duraciones menores a 24 horas

ESTACIÓN EL ALTO										
DURACIÓN		PERÍODO DE RETORNO (años)								
Hr	min	5	10	20	25	30	50	100	200	500
0.08	5.00	8.12	9.50	10.88	11.33	11.69	12.70	14.08	15.46	17.28
0.17	10.00	12.16	14.23	16.29	16.95	17.50	19.02	21.08	23.14	25.87
0.25	15.00	14.87	17.39	19.91	20.73	21.39	23.25	25.77	28.29	31.63
0.33	20.00	16.96	19.84	22.72	23.64	24.40	26.52	29.40	32.28	36.08
0.50	30.00	20.18	23.61	27.03	28.13	29.03	31.56	34.98	38.40	42.93
0.67	40.00	22.67	26.52	30.36	31.60	32.62	35.45	39.30	43.14	48.23
0.83	50.00	24.73	28.93	33.12	34.47	35.58	38.67	42.86	47.06	52.61
1.00	60.00	26.50	31.00	35.49	36.94	38.12	41.44	45.93	50.43	56.37
2.00	120.00	34.01	39.78	45.56	47.41	48.93	53.18	58.95	64.73	72.35
24.00	1440.00	45.69	60.91	75.50	80.13	83.90	94.39	108.55	122.66	141.26

En la tabla 23 se aprecia las precipitaciones para duraciones menores a 24 horas, mediante el método Bell, en dicha tabla se muestra la duración en intervalos de hora y minutos para diferentes periodos de retorno de la estación El Alto.

$$P_t^T = (0.21 * \ln T + 0.52)(0.54 * t^{0.25} - 0.50)P_{60}^{10}$$

$$P_t^T = 0.4602 * P_{24}^{0.9721}$$

$$P_{60}^{10} = 30.80 \text{ mm}$$

3.2.3.7 Intensidades de diseño para duraciones menores a 24 horas Método Bell (mm)

La curva de intensidad, duración y frecuencia de la estación El Alto, tal como se muestra en la figura 50.

Tabla 24

Intensidades para duraciones menores a 24 horas.

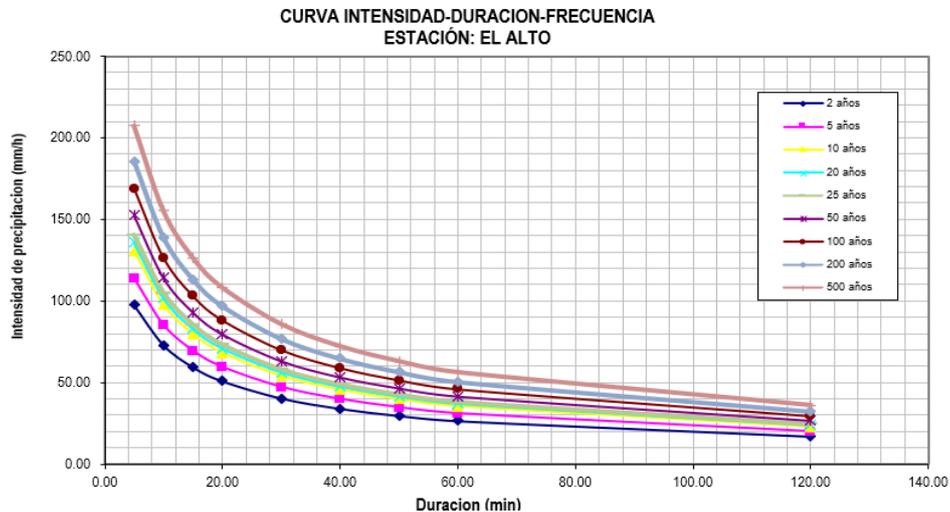
DURACIÓN		ESTACIÓN EL ALTO								
Hr	min	PERÍODO DE RETORNO (años)								
		5	10	20	25	30	50	100	200	500
0.08	5.00	97.50	114.04	130.58	135.91	140.26	152.45	168.99	185.53	207.40
0.17	10.00	72.97	85.35	97.73	101.72	104.97	114.10	126.48	138.86	155.22
0.25	15.00	59.48	69.57	79.66	82.90	85.56	92.99	103.09	113.18	126.51
0.33	20.00	50.89	59.52	68.16	70.93	73.21	79.57	88.20	96.84	108.25
0.50	30.00	40.36	47.21	54.06	56.26	58.07	63.11	69.96	76.81	85.86
0.67	40.00	34.01	39.78	45.55	47.40	48.92	53.17	58.94	64.71	72.34
0.83	50.00	29.68	34.71	39.75	41.37	42.69	46.40	51.44	56.47	63.13
1.00	60.00	26.50	31.00	35.49	36.94	38.12	41.44	45.93	50.43	56.37
2.00	120.00	17.01	19.89	22.78	23.71	24.47	26.59	29.48	32.36	36.18
24.00	1440.00	1.90	2.54	3.15	3.34	3.50	3.93	4.52	5.11	5.89

En la tabla 24 se puede observar las intensidades de diseño para duraciones menores a 24 horas para diferentes periodos de retorno mediante el método Bell, en la estación El Alto. En dicha tabla se muestra la duración en intervalos de hora y minutos para diferentes periodos de retorno

En la figura 50 se aprecia la curva de intensidad, duración y frecuencia de la estación El Alto generada a partir de la tabla 23 desarrollada por el método Bell, donde se muestra la duración en minutos y la intensidad en mm/hr.

Figura 50

Intensidad de precipitación Vs Duración



$$I = \frac{10^k T^m}{t^n}$$

$$T = 30.00; d = 10.00$$

$$I = \frac{10^{2.3197} T^{0.1614}}{t^{0.55}}$$

$$I = 101.00$$

3.2.3.8 Cálculo de Caudales

3.2.3.8.1 Método Racional

Para realizar el cálculo de caudales según el manual de hidrología y drenaje emitido por el MTC del año 2011, indica lo siguiente:

Calcula el caudal máximo derivado de la lluvia, integrando todas las variables en un solo factor (llamado coeficiente de escorrentía) estimado según las particularidades de la cuenca. Este método es comúnmente empleado en cuencas con un área menor a 10 kilómetros cuadrados. Es esencial tener en cuenta que la duración de la precipitación es equivalente al tiempo de concentración.

El coeficiente de escorrentía será determinado en función de las propiedades hidrológicas y geomorfológicas de los arroyos que atraviesan el trazado de la carretera bajo investigación. En consecuencia, los valores de los coeficientes de escorrentía variarán de acuerdo con estas características específicas.

Tabla 25

Coefficiente de escorrentía método racional.

Cobertura vegetal	Tipo de suelo	Pendiente del Terreno				
		Pronunciada > 50%	Alta > 20%	Media > 5%	Suave > 1%	Despreciable < 1%
Sin vegetación	Impermeable	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	Semipermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Semipermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
Pastos, Vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
Hierba, grama	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40

	Semipermeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
Bosque, densa vegetación	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Nota: En la tabla de muestra el coeficiente de escorrentía por el método racional. De “Manual de hidrología, hidráulica y drenaje”, por MTC, 2011.

Para ello empleará cálculos de manera manual, así como el uso de software, en este caso HEC-HSM. A continuación, se muestra el cálculo manual.

Tabla 26

Intensidad de lluvia Método De Dick - Peschke

Duración (min.)	Intensidad de lluvia (mm/h)					
	5 años	10 años	30 años	50 años	100 años	500 años
61.2	23.15	27.26	35.33	39.86	46.95	68.65

En la presente tabla 26 se muestra la duración y la intensidad de lluvia mediante el método Dick, y se puede apreciar que en 61.2 minutos se tiene diferentes datos de intensidad que van desde los 5 hasta los 500 años de periodo de retorno.

Tabla 27

Caudal máximo Método De Dick - Peschke

Caudal m ³ /s	Caudal máximo (m ³ /s)					
	5 años	10 años	30 años	50 años	100 años	500 años
Q diseño	20.45	24.08	31.21	35.21	41.47	60.64

En la presente tabla 27 se muestra el caudal de diseño mediante el método Dick, y se puede apreciar que se tiene diferentes caudales que van desde los 5 hasta los 500 años de periodo de retorno.

Tabla 28

Intensidad de lluvia Método Bell

Duración (min.)	Intensidad de lluvia (mm/h)					
	5 años	10 años	30 años	50 años	100 años	500 años
61.2	27.73	31.01	37.03	40.21	44.97	58.32

En la presente tabla 28 se muestra la duración y la intensidad de lluvia mediante el método Bell, y se puede apreciar que en 61.2 minutos se tiene diferentes datos de intensidad que van desde los 5 hasta los 500 años de periodo de retorno.

Tabla 29

Caudal máximo Método Bell

Caudal m ³ /s	Caudal máximo (m ³ /s)					
	5 años	10 años	30 años	50 años	100 años	500 años
Q diseño	24.49	27.39	32.71	35.52	39.73	51.51

En la presente tabla 29 se muestra el caudal de diseño mediante el método Bell, y se puede apreciar que se tiene diferentes caudales que van desde los 5 hasta los 500 años de periodo de retorno.

3.3 Modelamiento hidrológico

3.3.1 Modelamiento Hidrológico de la quebrada Yale

Con la utilización de los 62 datos recopilados entre los años 1934 y 2023 en la estación el Alto, se ha considerado evidenciar el fenómeno de el niño del año 1983, el cual se dará a conocer la simulación de inundación que causó dicho fenómeno sobre las zonas habitables con un periodo de retorno de 100 años, tal como se aprecia en la figura 51.

Figura 51

Visualización de puntos de referencia



Estos puntos de referencia, ayudará a identificar las zonas afectadas por el fenómeno de el niño del año 1983.

A continuación, se detalla las zonas que serán como referencia para la validación del modelo (ver figura 51).

1. Puerto artesanal pesquero
2. Mercado Acapulco
3. Puente Víctor Haya de la Torre
4. Urb. Barrio Particular
5. Tienda de accesorio para automóviles
6. Avenida Yale (Colegio María de Fátima)
7. Ex varadero Petro Perú

3.3.2 Cálculo de Caudal con HEC-HMS

Se presenta el cálculo por medio de los datos del análisis de cuenca realizados previamente, insertados al software, como se muestra en las siguientes figuras 52 y 53.

Figura 52

Modelación de la cuenca en estudio en HEC-HMS

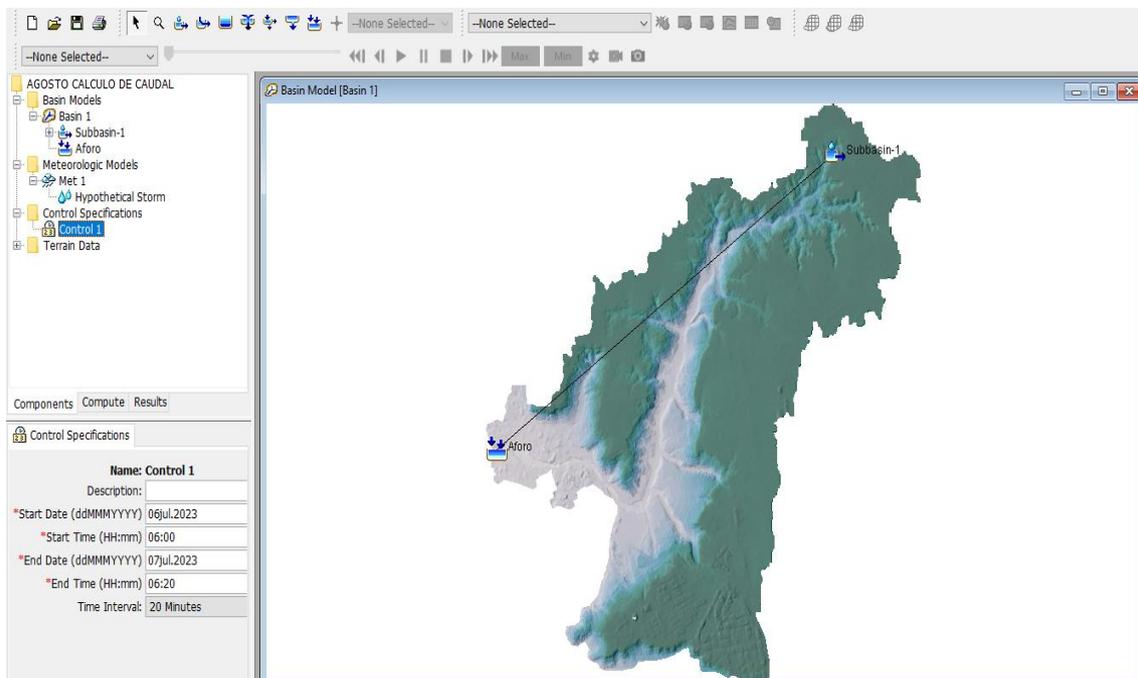


Figura53

Inserción de datos para el cálculo de caudal en HEC-HMS

The screenshot displays the HEC-HMS software interface for configuring a subbasin. The main window is titled 'Subbasin' and contains several tabs: 'Subbasin', 'Loss', 'Transform', and 'Options'. The 'Subbasin' tab is active, showing the following configuration:

- Basin Name:** MICROCUENCA
- Element Name:** Subcuenca
- Description:** (empty field)
- Downstream:** Aforo
- *Area (KM2):** 5.2973
- Latitude Degrees:** (empty field)
- Longitude Degrees:** (empty field)
- Discretization Method:** --None--
- Canopy Method:** --None--
- Snow Method:** --None--
- Surface Method:** --None--
- Loss Method:** SCS Curve Number
- Transform Method:** SCS Unit Hydrograph
- Baseflow Method:** --None--

Below the main configuration, there is a section for 'Control Specifications' with the following details:

- Name:** Control 1
- Description:** (empty field)
- *Start Date (ddMMYYYY):** 06jul.2023
- *Start Time (HH:mm):** 06:00
- *End Date (ddMMYYYY):** 07jul.2023
- *End Time (HH:mm):** 06:20
- Time Interval:** 20 Minutes

El número de curva fue tomado de GEO GPS PERÚ, donde se indica que para nuestra zona de estudio el valor va de 73 a 81, como se muestra en la figura 54. Este valor indica mayor capacidad para generar escorrentía en comparación con la infiltración.

Figura 54

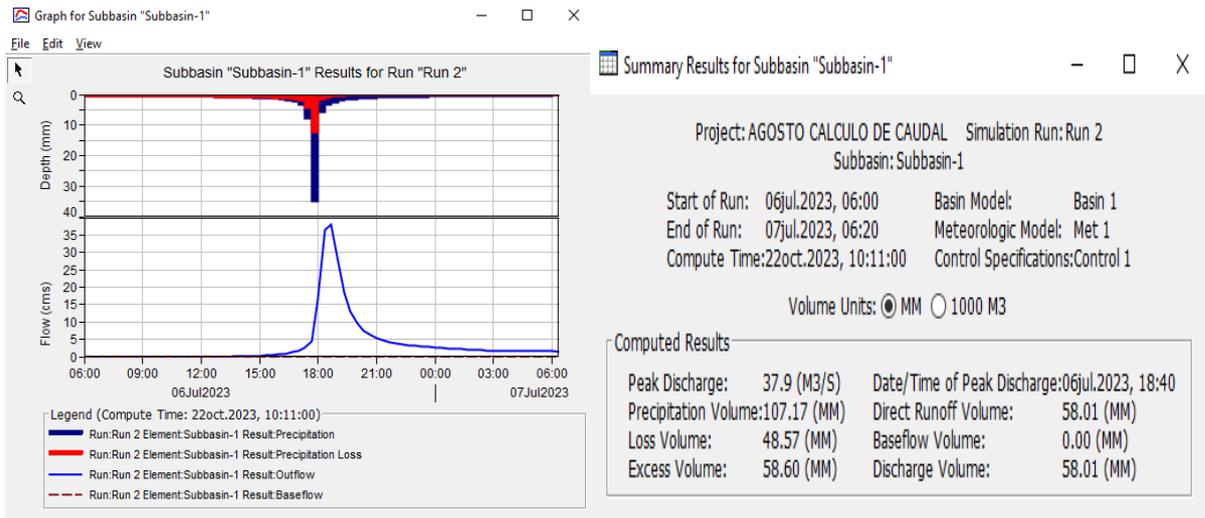
Numero de curva para la zona de estudio procesado con QGIS



Para éste análisis de cuenca, de acuerdo al cálculo encontrado en HEC-HMS, se indica en la siguiente figura 55, el caudal encontrado.

Figura 55

Hidrograma resultante y valor de caudal obtenido



Como se puede apreciar el valor del caudal calculado es de 37.9 m³/s. este valor junto con los anteriores calculados de manera manual por otros metodos presentan datos similares, por ellos, se decidio emplear el calculado por HEC-HMS. Cabe recalcar, que este valor de caudal no representa un evento extremo.

Se evaluó el caudal de diseño, a través del método racional y de la herramienta HEC-HMS para la respectiva construcción de las defensas ribereñas en la quebrada Yale.

A continuación se muestra la tabla 30, donde se procede a realizar un cuadro de comparativa de caudales máximos obtenidos a través de las diferentes métodos utilizados:

Tabla 30

Comparativa de Métodos de Caudales Máximos con un periodo de retorno a 100 años

Método Racional Modificado	Método HEC - HMS
41.47 m ³ /s	37.9 m ³ /s

Se compararon los resultados del caudal de diseño entre el método HEC-HMS y el Método Racional, de lo cual se puede concluir que el método racional sobreestima el caudal de diseño, lo que podría generar un sobrecosto en la construcción de las defensas ribereñas.

Entre las limitantes destacadas acerca del método racional se puede inferir:

- Solo ofrece un valor máximo de caudal y no el patrón completo de crecimiento para el diseño.
- Presume que la lluvia se distribuye de manera uniforme en el tiempo, lo cual solo es válido en situaciones donde la duración de la precipitación es muy breve.
- Además, el Método Racional asume que la lluvia es uniforme en toda el área de la quebrada bajo análisis.

3.4 Modelamiento hidráulico

Se abordaron dos escenarios en el modelamiento hidráulico. En el primero, se consideraron las condiciones actuales de la geometría y geología del cauce. En contraste, el segundo escenario incorpora estructuras de defensas ribereñas. Posteriormente, se lleva a cabo un análisis de los resultados obtenidos en ambos escenarios. Para el modelamiento unidimensional y bidimensional, se emplearon los programas HEC-HMS e Iber, respectivamente.

3.4.1 Escenarios 1: Modelamiento con las condiciones actuales

3.4.1.1 Geometría del cauce

En el modelamiento hidráulico con el software Iber, es esencial iniciar exportando el Modelo Digital de Terreno (MDT) a un formato ráster (Ver figuras 56 y 57). Este formato será clave para generar las superficies que representan la geometría de la quebrada Yale, dividida en el cauce principal y los bordes de inundación, así como la clasificación del uso del suelo según el material verificado en fotografías digitales. Esta etapa se llevó a cabo utilizando un software de Sistema de Información Geográfica (GIS), específicamente el QGIS 3.34 PRIZREN. En una primera instancia, el MDT se exportó al Civil 3D en formato "TIF", una extensión de archivo ráster, y luego se importó en el QGIS. Aquí, se procedió a generar la superficie que sirvió como base para la creación de la malla en Iber, como se ilustran en las figuras siguientes.

Figura 56

Corte para el área de trabajo



Figura 57

Generación de curvas de nivel

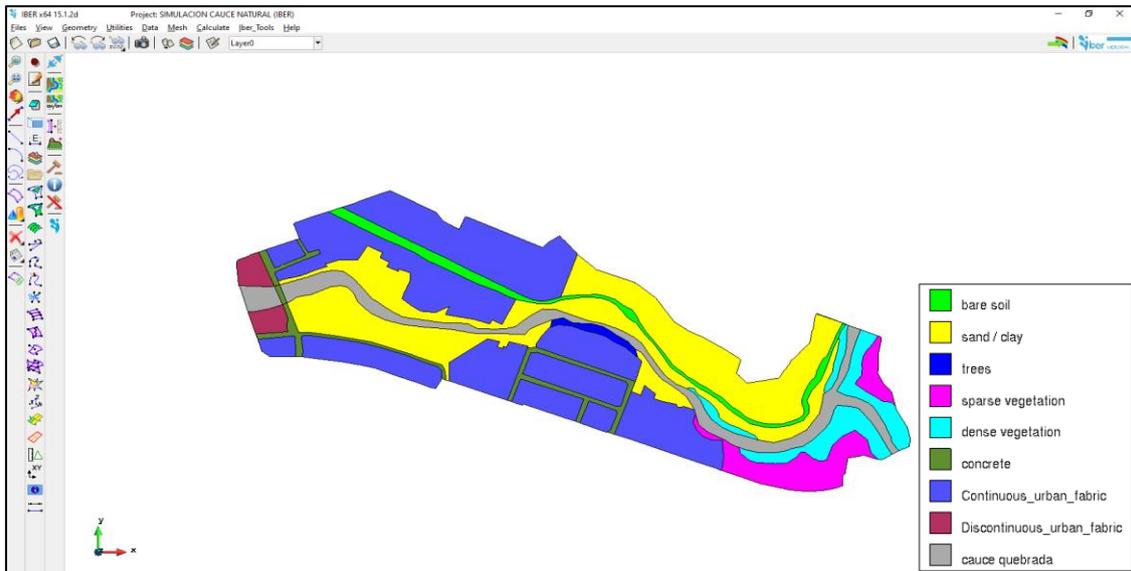


3.4.1.2 Caracterización física del lecho del cauce

Los coeficientes de Manning asignados a cada superficie creada son consistentes con los valores previamente definidos. La Figura 58 ilustra un mapa de colores que visualiza las diversas rugosidades asignadas en el modelo de Iber.

Figura 58

Mapa de identificación de rugosidades para el modelo Iber



3.4.1.3 Definición de malla

Para el modelo actual, se empleó una malla no estructurada, una configuración particularmente recomendada para simular cauces. Se definió un tamaño de malla de 5 metros para las zonas próximas a los márgenes del cauce y de 2 metros para el cauce principal tal como se muestra en la figura 59, se exhibe el resultado completo de la generación de la malla. Es relevante destacar que se asignó un tamaño de malla más pequeño a las áreas que requieren un análisis más detallado, como es el caso de la investigación actual.

Figura 59

Malla generada

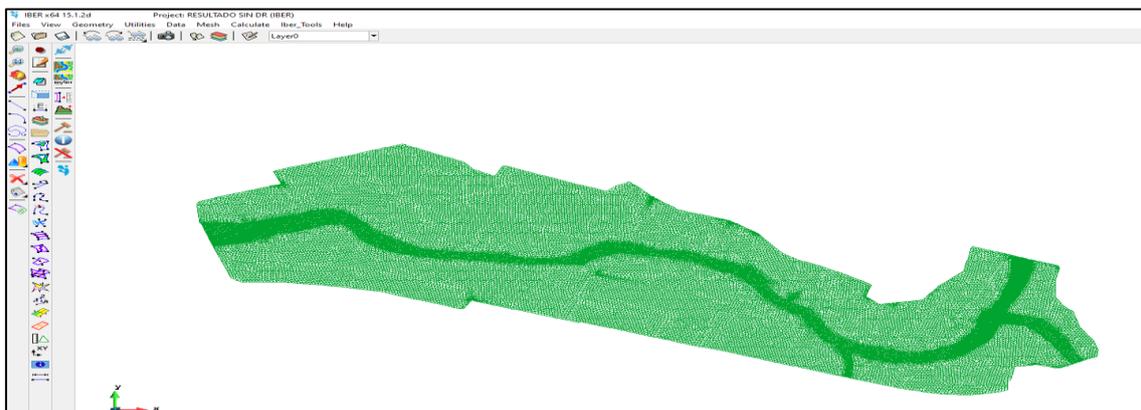


Figura 60

MDT y malla asignada en Iber



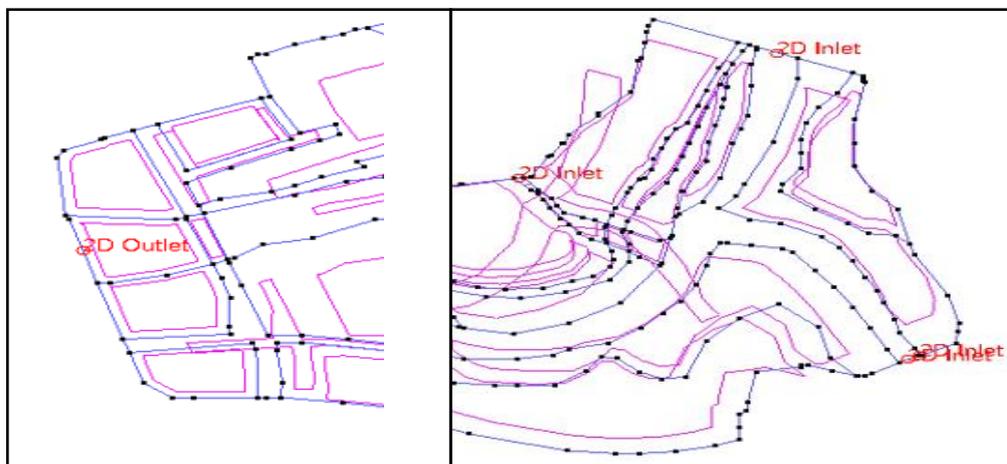
Utilizando la malla generada en el modelo, se incorporaron las elevaciones del Modelo Digital del Terreno (MDT) en Iber. De este modo, se logró obtener una superficie con un mallado específico diseñado para la simulación del caudal (ver figura 60).

3.4.1.3.1 Régimen de flujo y condiciones de contorno

Se definió un patrón de flujo gradual de naturaleza subcrítica como parámetro inicial para la simulación. Se establecieron las líneas que delimitan la forma por la cual se simulará la entrada del flujo y se fijaron las condiciones de salida, tal como se ilustra en la ilustración 62.

Figura 61

Condiciones de contorno de entrada y salida



En la figura 62 se presentan los tirantes máximos a lo largo del cauce en un mapa de colores y en la figura 63 se muestra los valores máximos de velocidad.

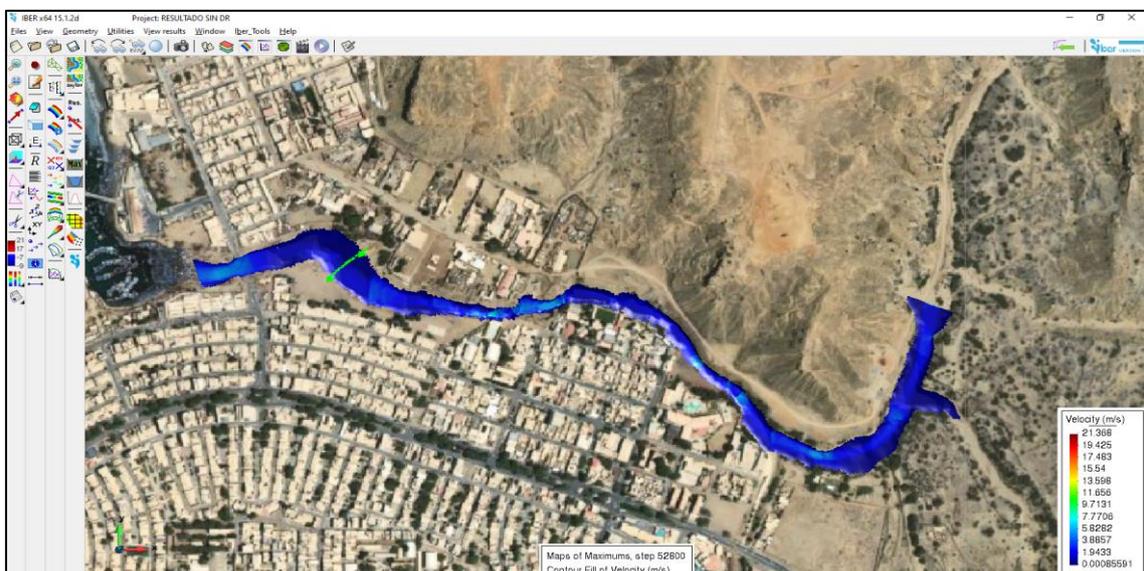
Figura 62

Mapa de inundación e identificación de tirantes máximos



Figura 63

Valores máximos de la velocidad



3.4.2 Escenario 2: Modelamiento con la instalación de las defensas ribereñas

3.4.2.1 Dimensión de los Gaviones

Al analizar el cauce de la quebrada Yale, se optó por el diseño de gaviones como alternativa para la defensa riverense del afluente. Esto debido a que se presenta problemas de faja marginal en los alrededores de la población con respecto a la quebrada. De la

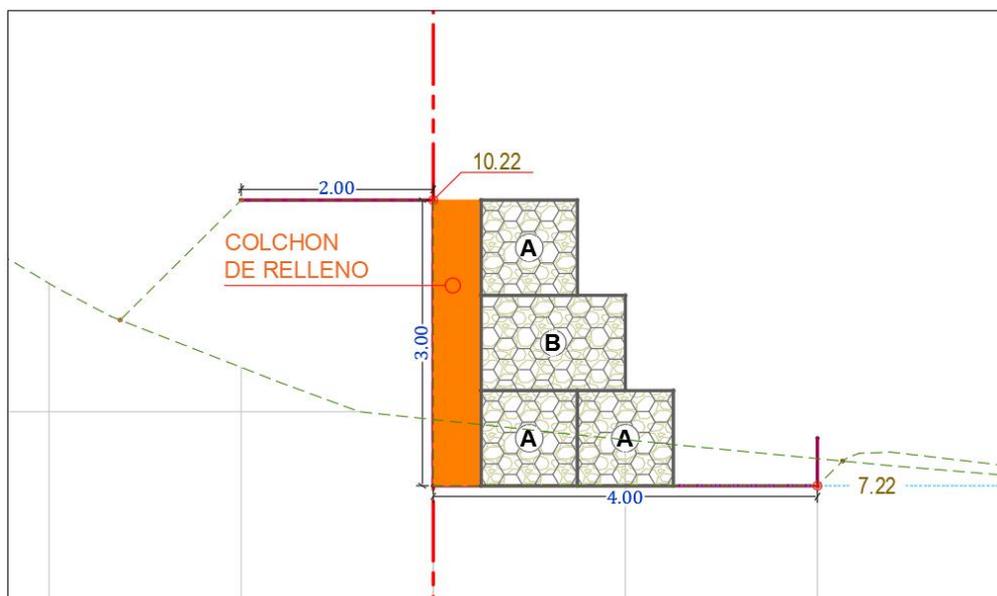
misma manera se puede verificar en los últimos incidentes por el Fenómeno El Niño en el año 2023 en el mes de marzo que el cauce de esta quebrada se desborda de su cauce, motivo de eventos climatológicos extremos. Además, se espera otro igual la siguiente temporada de lluvia.

3.4.2.1.1 Diseño de gaviones

Este es un Muro de gavión que tiene una protección en la base mediante un colchón reno. 2 bloques Tipo A en la Base, 1 Bloque Tipo B en el tercio central, y un Bloque A en la parte superior. El diseño propuesto se indica en la figura 64.

Figura 64

Diseño de gavión



A continuación, se presenta la tabla

Tabla 31

Dimensión de bloques para gaviones

GAVIONES	Dimensiones			
	Tipo	Largo	Alto	Ancho
A	1.00	1.00	1.00	1.00
B	1.50	1.00	1.00	1.00

Los cálculos de la defensa ribereña se encuentran desarrollada en el anexo 4.

Dentro de la zona de estudio se consideró el siguiente tramo del cauce de la quebrada Yale para la incorporación de la estructura hidráulica, para ello se tuvo en cuenta la huella de inundación que se realizó inicialmente con el programa Iber, el cual fue exportado a QGIS, como se plasma en la figura 65.

Figura 65

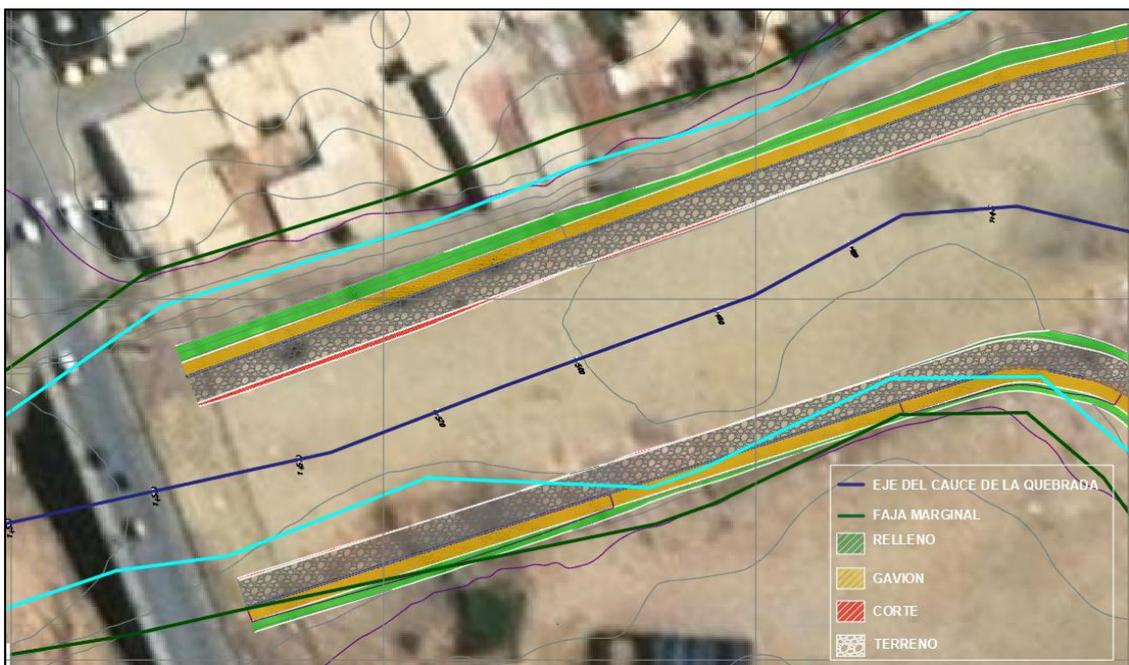
Huella de inundación



Posteriormente se muestra en la figura 66 y 67, el diseño del tramo de la defensa ribereña en el cauce de la quebrada Yale, teniendo en cuenta la faja marginal, para que este nivel de agua no afecte a la población aledaña de los sectores señalados.

Figura 66

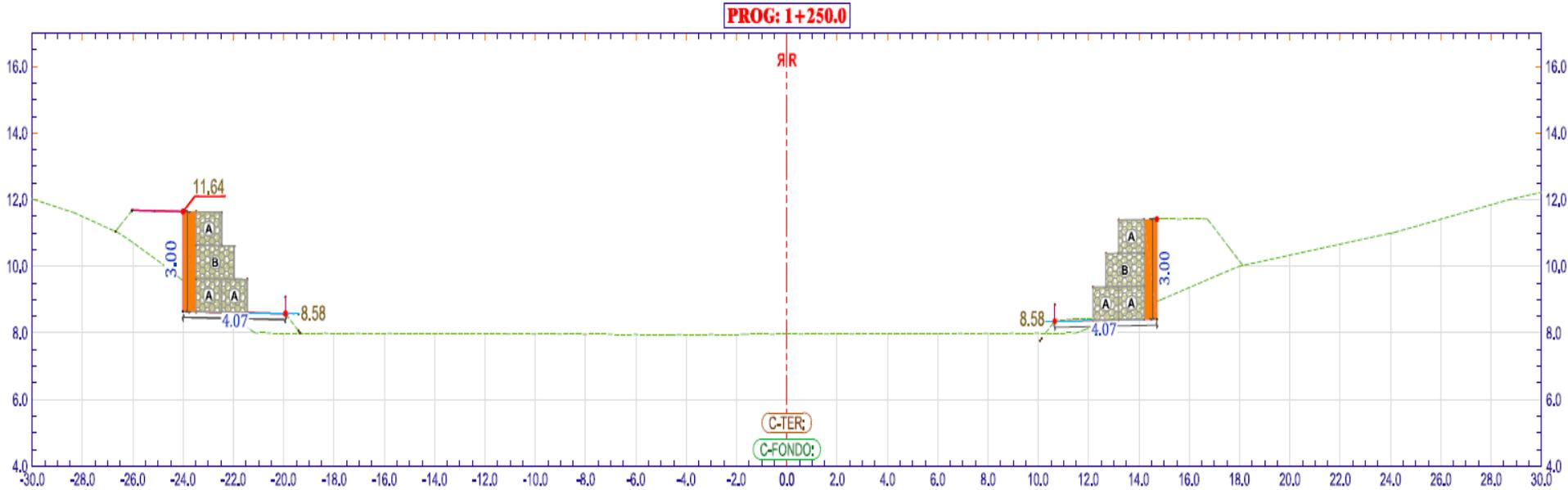
Vista en planta de la defensa ribereña en el cauce de la quebrada Yale



Como se aprecia en la figura 66, la estructura hidráulica de los gaviones no empalma con el puente Víctor Raúl Haya de la Torre, debido a que es necesario realizar un estudio de suelo en esa área por el tema de licuefacción, ya que la estructura del puente se encuentra cercana al mar.

Figura 67

Diseño en corte de la defensa ribereña para el cauce de la quebrada

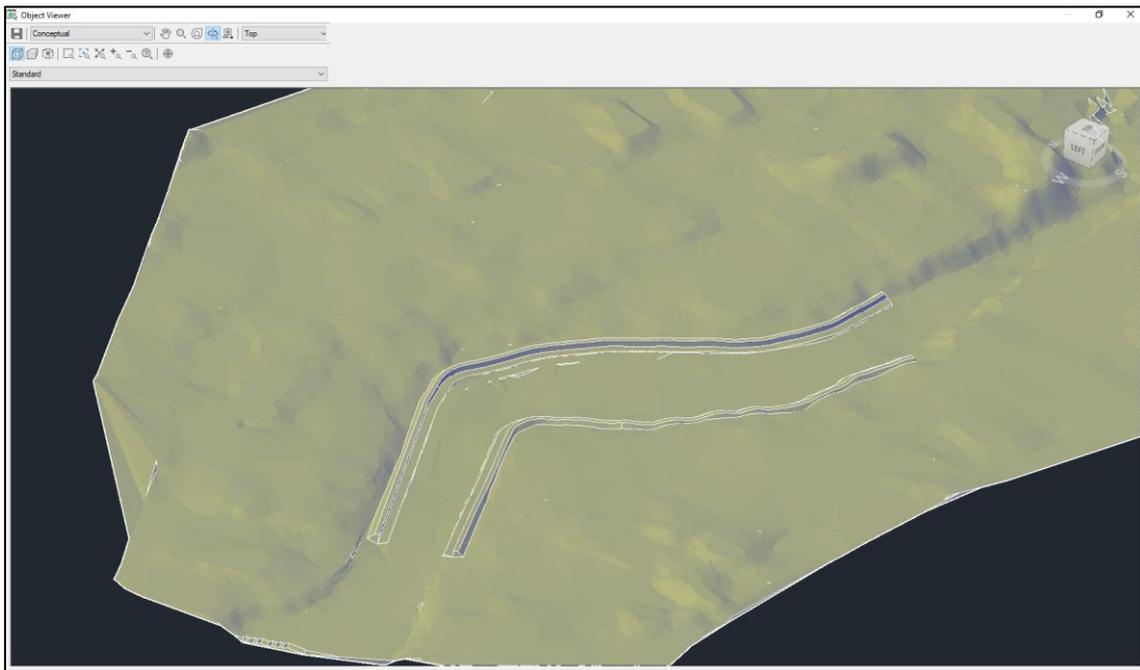


3.4.2.1.2 Modelamiento en Iber

La topografía junto con la estructura hidráulica se une para presentar un solo terreno que se pueda exportar a Iber para realizar la simulación con la defensa ribereña. Esta unión de datos se presenta en el siguiente gráfico 3D del ensamblaje de ambas texturas tal como se muestra en la figura 68 presentada a continuación.

Figura 68

Terreno natural más el ensamblaje de la estructura hidráulica



Posterior a ellos se realiza el mismo procedimiento para la simulación Iber con la diferencia que se volverá a generar la malla, en este caso se aplica mallas de 2 metros para la zona que está afectada por los gaviones, ya que requiere mayor análisis para la simulación (Ver figura 69), y se importará la nueva topografía en formato TIF, para los nuevos resultados. Como se muestra en la figura 70.

Figura 69

Generación de nueva malla con la topografía nueva

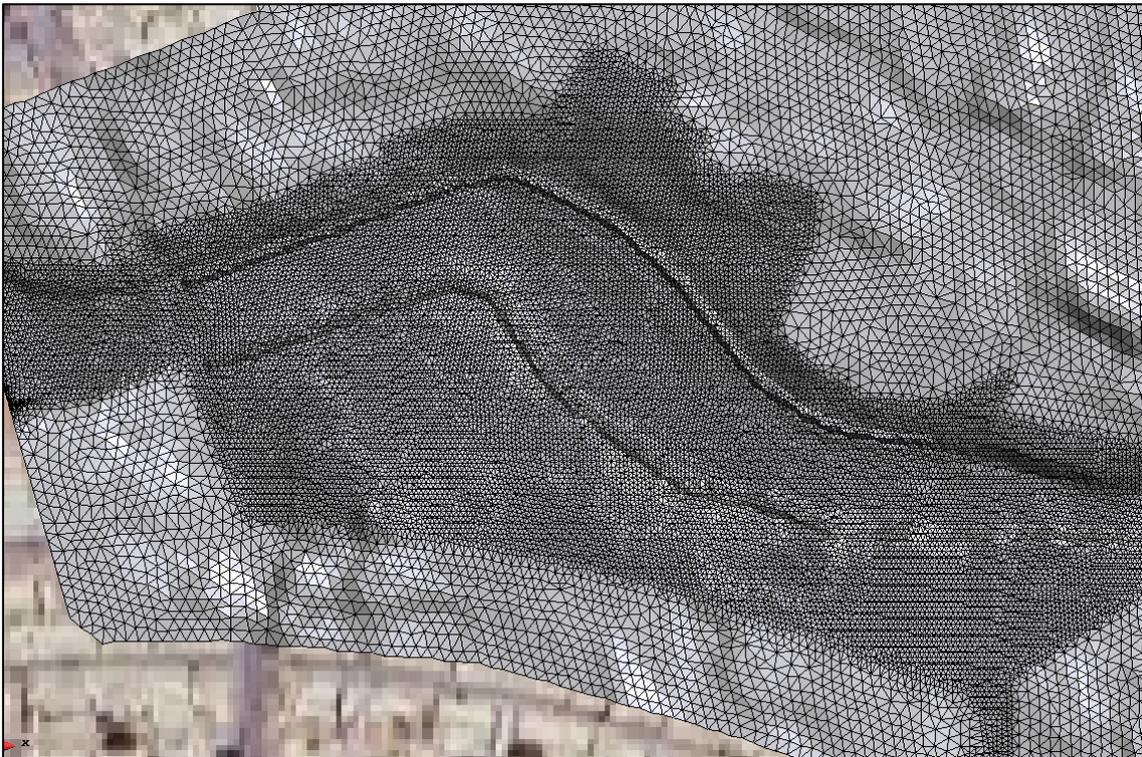
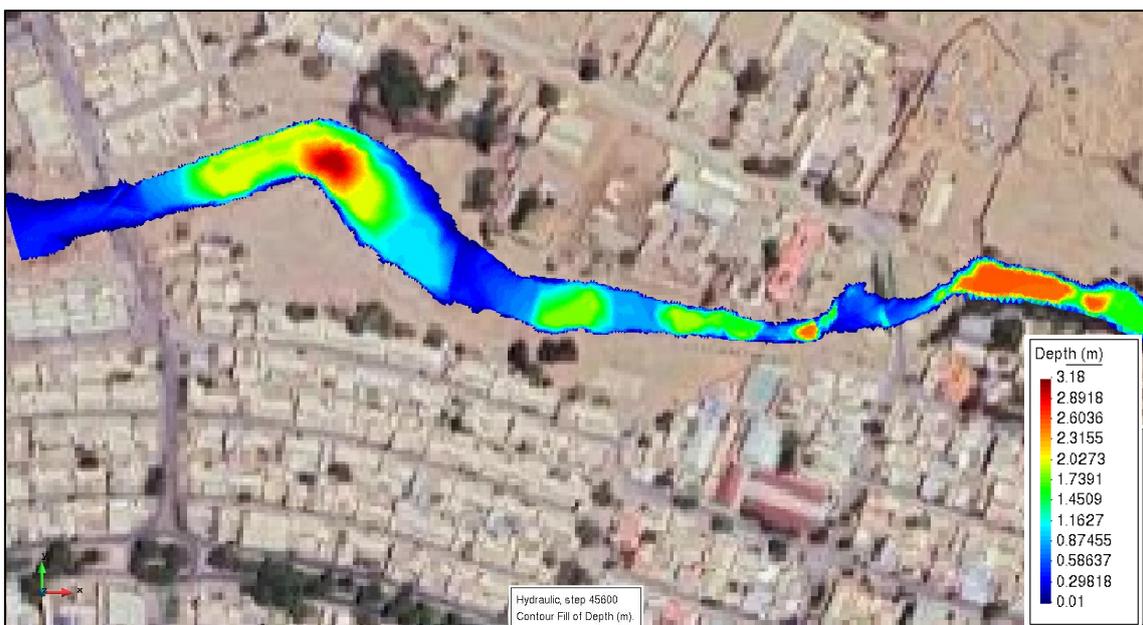


Figura 70

Huella de inundación con la estructura hidráulica incorporada

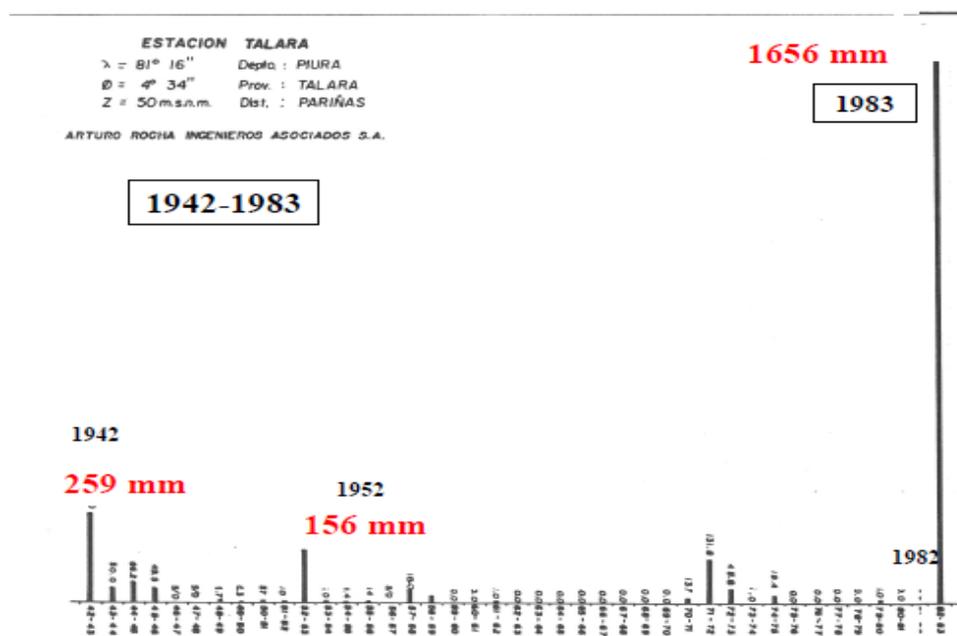


3.5 Validación del modelo con datos históricos

Para la validación de modelo se consideró, datos de precipitaciones del fenómeno El Niño 1983, del informe “Obras de Saneamiento, Hidráulica, Hidrología y Medio Ambiente”. Donde menciona que, Talara históricamente tenía una lluvia media anual de 259 mm hasta antes de 1983, experimentó un aumento drástico durante el Fenómeno del Niño, con un valor de 1656 mm en 1983 como se ve en la figura 71. Este valor representó un incremento de casi ocho veces en comparación con el promedio histórico. Estos datos ilustran la magnitud extraordinaria de las lluvias durante el Fenómeno del Niño de 1982 - 83 en la región de Talara (Rocha, 2007).

Figura 71

Registro de precipitación de 1983 en la estación Talara



Teniendo en cuenta este valor, se realizó el modelamiento La simulación del evento del FEN de 1983 se llevará a cabo en un entorno bidimensional, considerando los datos obtenidos en cuanto a la geometría y las condiciones límite establecidas. Además, se utilizó el hidrograma correspondiente para la precipitación identificada.

En las figuras 72 y 73 se muestra el modelamiento de las áreas afectadas por el evento del Niño de 1983 utilizando los programas IBER y QGIS. Se identifican las zonas afectadas, que incluyen el Mercado Modelo, el antiguo varadero de Petro Perú, un barrio particular y la Institución Educativa "José Cayetano Heredia".

Figura 72

Modelamiento bidimensional del fenómeno El Niño de 1983

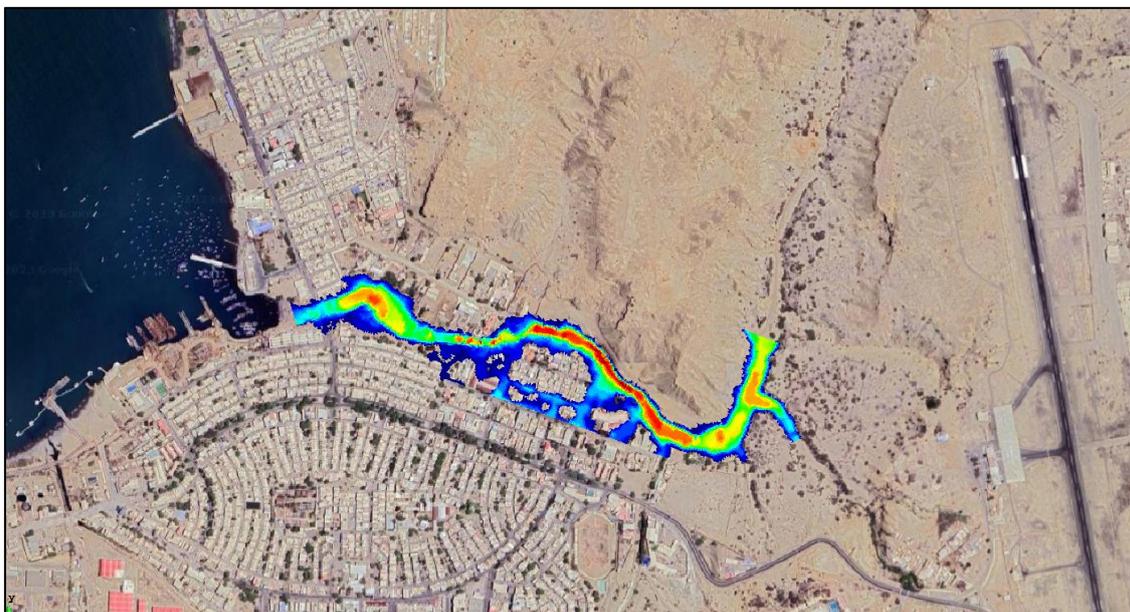


Figura 73

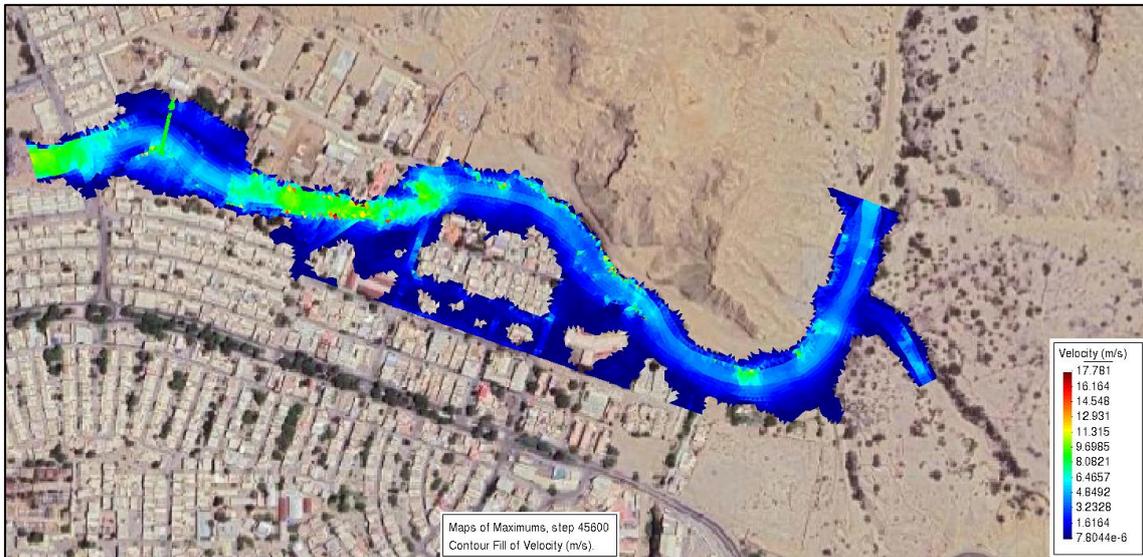
Zonas afectadas por el fenómeno El Niño de 1983



Además, la figura 74 exhibe las velocidades logradas durante el Fenómeno El Niño de 1983.

Figura 74

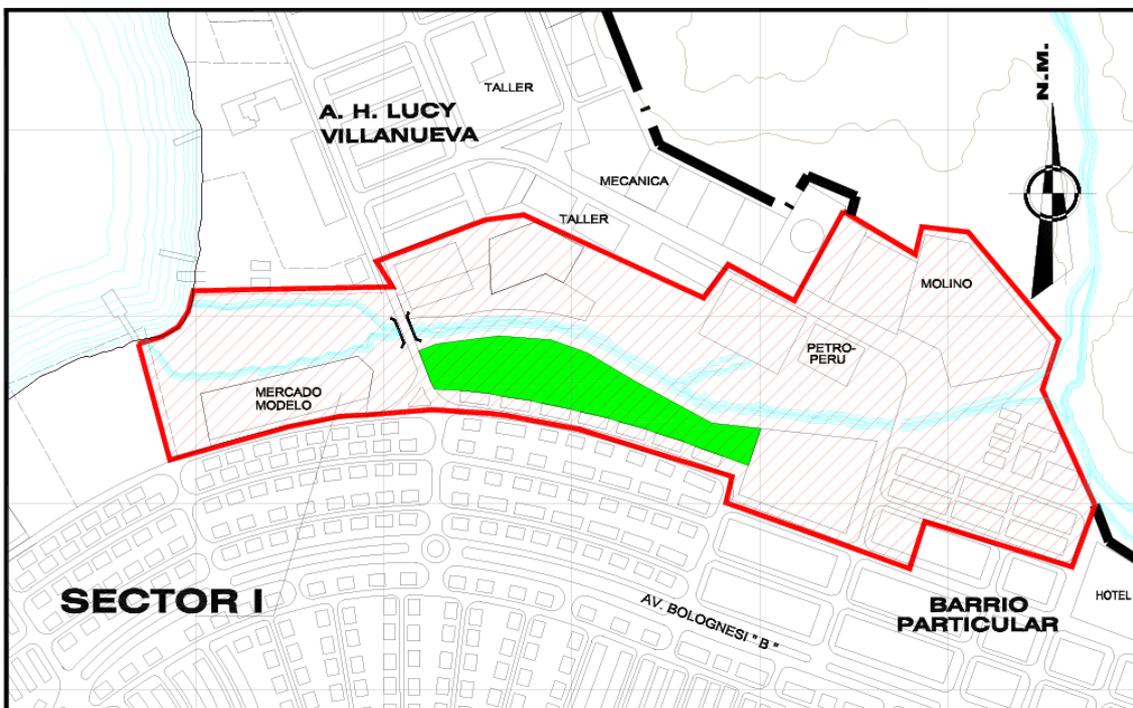
Zonas afectadas por el fenómeno El Niño de 1983



A continuación, en la figura 75 se presentan los lugares que resultaron afectados durante el evento del Niño de 1983, de acuerdo al informe realizado por el INDU (1999).

Figura 75

Plano de los puntos afectados por el fenómeno El Niño de 1983



Nota: La infografía ilustra cinco áreas que sufrieron inundaciones durante el Fenómeno el Niño del 1983. De "Mapa de peligros, plan de usos del suelo y plan de mitigación de

los efectos producidos por los desastres naturales en la ciudad de Talara", por INADUR, 1999.

4 RESULTADOS

4.1 Resultados modelamiento Iber

4.1.1 Resultado del escenario 1

A continuación, se presenta en la siguiente tabla los datos de simulación del escenario 1.

Tabla 32

Resultados del modelamiento inicial

Simulation time	Time step	Time	Qin	Qout
24000.000	1.000	21:30:01:48	0.000	0.000
25200.000	1.000	21:30:06:92	0.000	0.000
26400.000	1.000	21:30:12:27	0.000	0.000
27600.000	1.000	21:30:17:77	0.000	0.000
28800.000	1.000	21:30:22:99	0.000	0.000
30000.000	1.000	21:30:28:38	0.000	0.000
31200.090	0.241	21:30:58:78	0.100	0.000
32400.086	0.161	21:31:45:64	0.200	0.000
33600.063	0.091	21:32:43:03	0.300	0.000
34800.069	0.112	21:33:41:53	0.500	0.000
36000.029	0.181	21:34:39:88	0.700	0.000
37200.007	0.126	21:35:33:27	0.900	0.000
38400.006	0.154	21:36:21:19	1.200	0.000
39600.031	0.145	21:37:24:22	1.700	0.000
40800.097	0.141	21:38:50:46	2.500	0.000
42000.093	0.125	21:40:44:07	4.400	0.000
43200.047	0.086	21:43:44:49	16.500	0.000
44400.053	0.066	21:49:04:95	36.528	17.819
45600.022	0.053	21:56:18:36	37.900	36.576
46800.060	0.064	22:03:33:74	27.300	34.313
48000.025	0.068	22:10:05:08	18.500	25.151
49200.008	0.073	22:16:10:53	13.118	17.713
50400.069	0.077	22:21:35:07	9.788	12.911
51600.044	0.080	22:27:06:69	7.600	10.124
52800.047	0.087	22:33:47:01	6.200	7.763
54000.079	0.091	22:42:35:01	5.300	6.428
55200.050	0.086	22:51:06:63	4.700	5.492
56400.069	0.090	22:59:20:87	4.200	4.954
57600.053	0.100	23:07:31:45	3.806	4.323
58800.065	0.105	23:13:13:52	3.508	3.908
60000.078	0.108	23:17:58:42	3.200	3.604
61200.037	0.108	23:22:41:13	3.100	3.258
62400.034	0.072	23:28:17:29	2.900	3.101
63600.086	0.097	23:34:44:63	2.810	2.995
64800.001	0.089	23:41:09:67	2.700	3.285
66000.076	0.089	23:47:27:67	2.600	2.799
67200.105	0.108	23:53:42:90	2.400	2.608

68400.085	0.093	0:00:24:50	2.304	2.434
69600.084	0.110	0:07:02:80	2.217	2.450
70800.106	0.110	0:13:22:45	2.117	2.206

La tabla 32 contiene el tiempo de inicio de la simulación y está ligado al hidrograma extraído previamente de los resultados del HEC-HSM, el cual indica el tiempo donde hay mayor ingreso de caudal en el cauce de la quebrada Yale, se puede identificar que son en los tiempos de 44400 s, 45600 s y 46800 s, donde el ingreso es de 36.53 m³/s, 37.90 m³/s y 27.30 m³/s, respectivamente.

Esta modelación se analiza para verificar el cumplimiento de la faja marginal para las áreas urbanas involucradas en el cauce de la quebrada, como se muestra en la siguiente figura 76.

Figura 76

Vista en planta del muro de gaviones implementado.



Según la Autoridad Nacional del Agua (2017), la gráfica que se muestra, se puede identificar los tramos en los que la huella de inundación afecta a los límites de construcciones y terrenos de la zona urbana, mediante la distancia mínima indica para la faja marginal y para zonas urbanas (5 metros).

En la figura 77 y 78 se puede identificar el tirante que tiene el cauce de la quebrada en la sección indicada, para verificar cuál es su nivel en cada tramo, para posteriormente acoplar mejor la estructura hidráulica.

Figura 77

Sección de tramo para verificar el tirante máximo

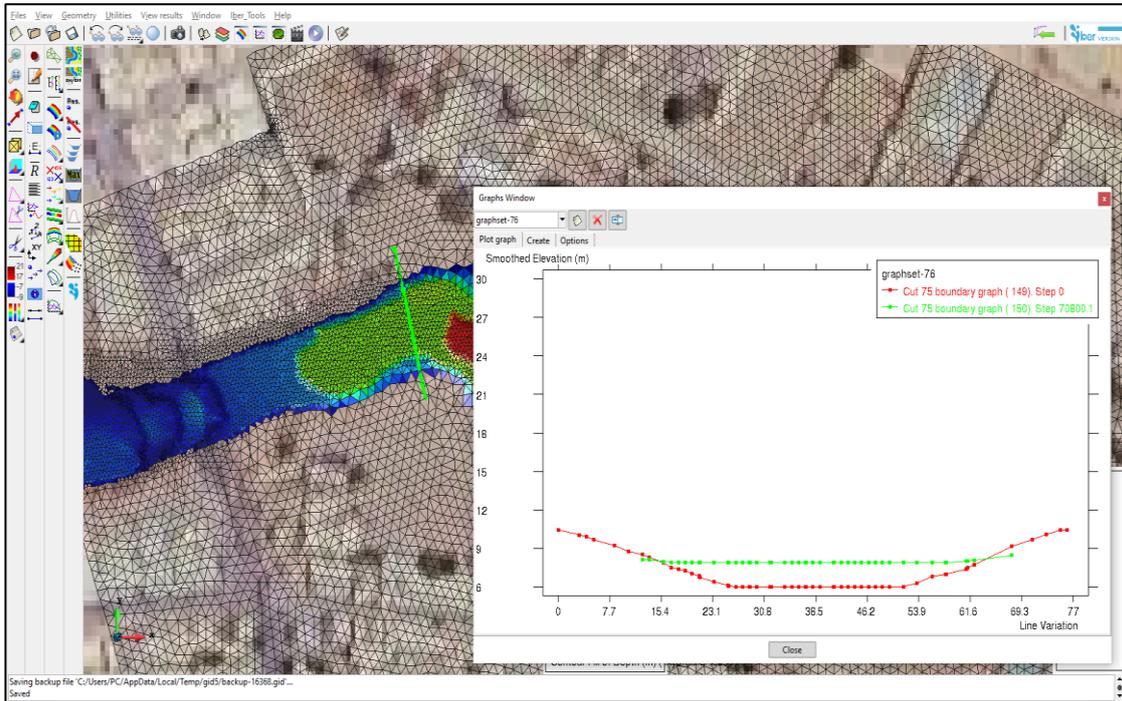


Figura 78

Tirantes del modelamiento bidimensional



4.1.2 Resultados del escenario 2

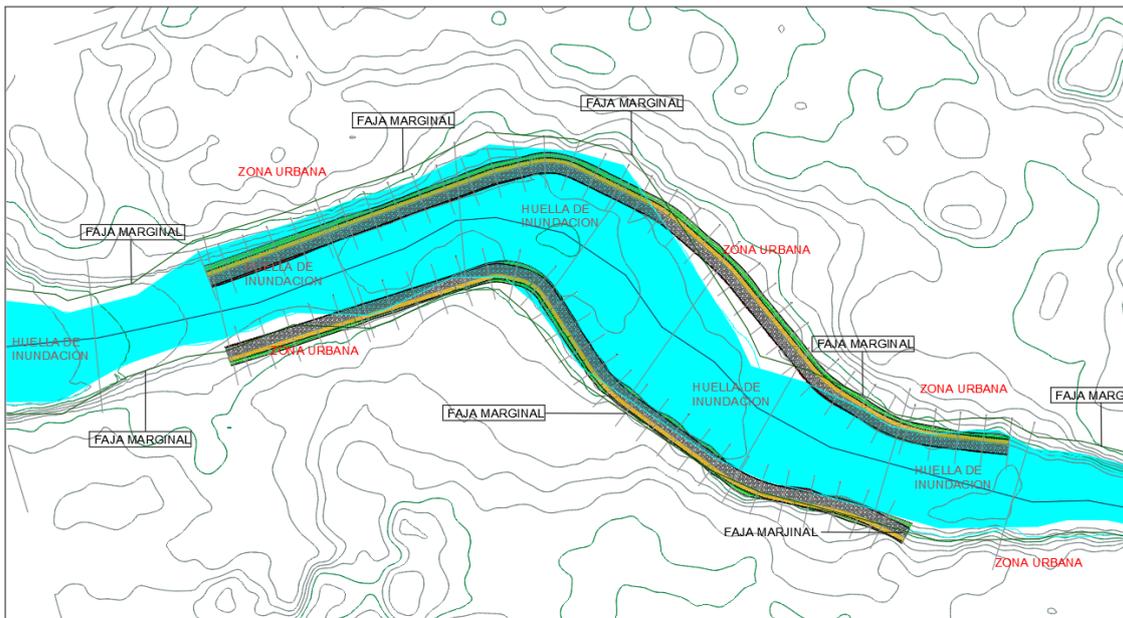
Se estableció el uso de gaviones como propuesta de diseño de estructura hidráulica, debido a la topografía de la zona y a la sección del cauce de la quebrada.

En la figura 79, se ilustra el tramo donde afecta a la faja marginal la huella de inundación, así como la localización de los gaviones para la conservación de esta distancia mínima de seguridad.

Para ello se debió tener en consideración los cortes y rellenos que implicaba el establecimiento de los gaviones, y que no se vean afectados por desproporciones de las mismas.

Figura 79

Vista en planta del muro de gaviones implementado

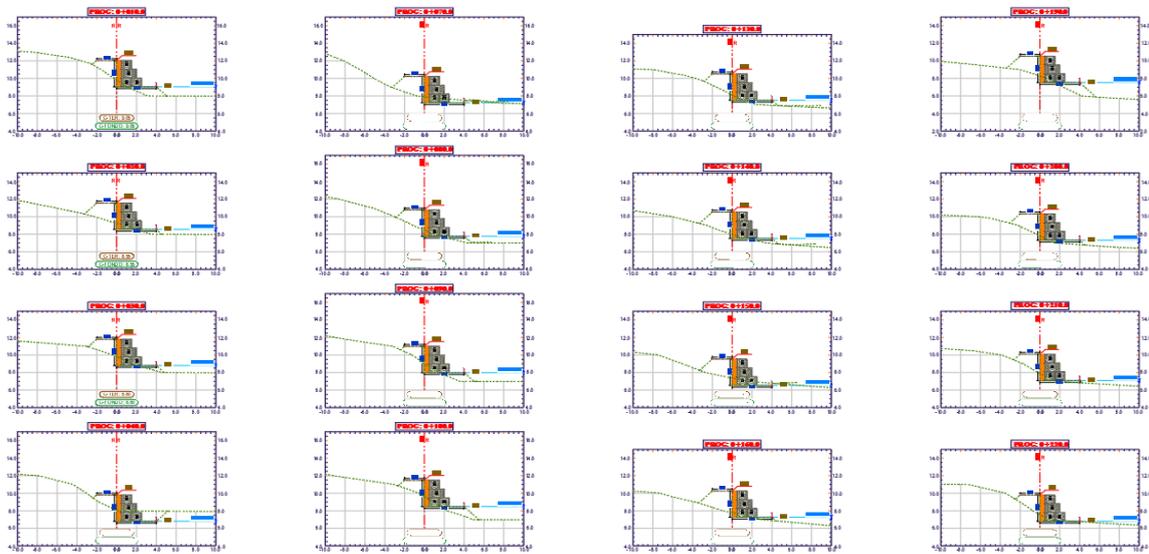


El tramo derecho para el corredor de los gaviones cuenta con 358.253m de longitud, mientras que para el tramo izquierdo presenta 306.131m de longitud.

Se desarrollaron secciones cada 10 metros para el diseño de gaviones en ambos lados, como se muestra en la siguiente figura 80. Para mayor detalle se pueden verificar en el anexo 5.

Figura 80

Diseño de los gaviones en corte



Por último, se muestra los resultados del cauce de la quebrada con caudal de diseño de 100 años para faja marginal con la estructura hidráulica

De tal manera se puede verificar en los cortes que los gaviones cumplen su función de mantener un cauce que no afecte a las viviendas aledañas al mismo, tal como se aprecian en las figuras 81 y 82

Figura 81

Sección del tramo del cauce con la estructura hidráulica en Iber

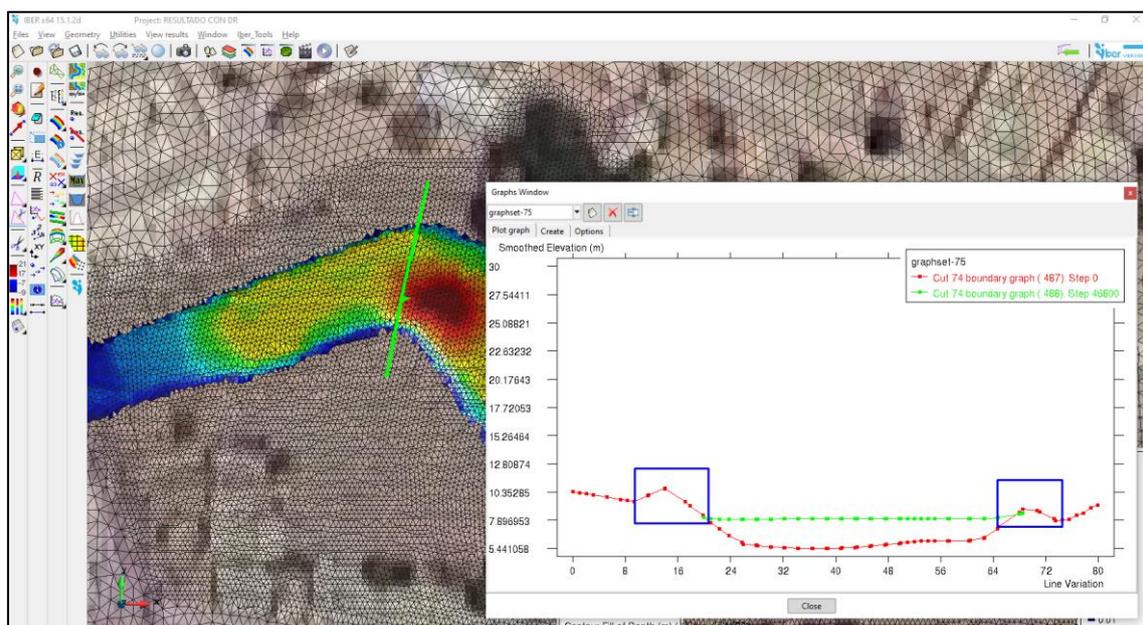


Figura 82

Huella de inundación con encauzada por la estructura hidráulica



4.1.2.1 Análisis de velocidades

De acuerdo con los resultados realizados obtenidos en el modelamiento bidimensional de la estructura hidráulica propuesta, se verificó las velocidades máximas que se presentaron, tal como se muestran en la figura 83 y 84, analizados con IBER y QGIS respectivamente, donde se aprecia las velocidades que se presentan en el tramo de la estructura hidráulica, tanto del lado derecho como el lado izquierdo.

Figura 83

Velocidades Máximas analizadas en el software Iber

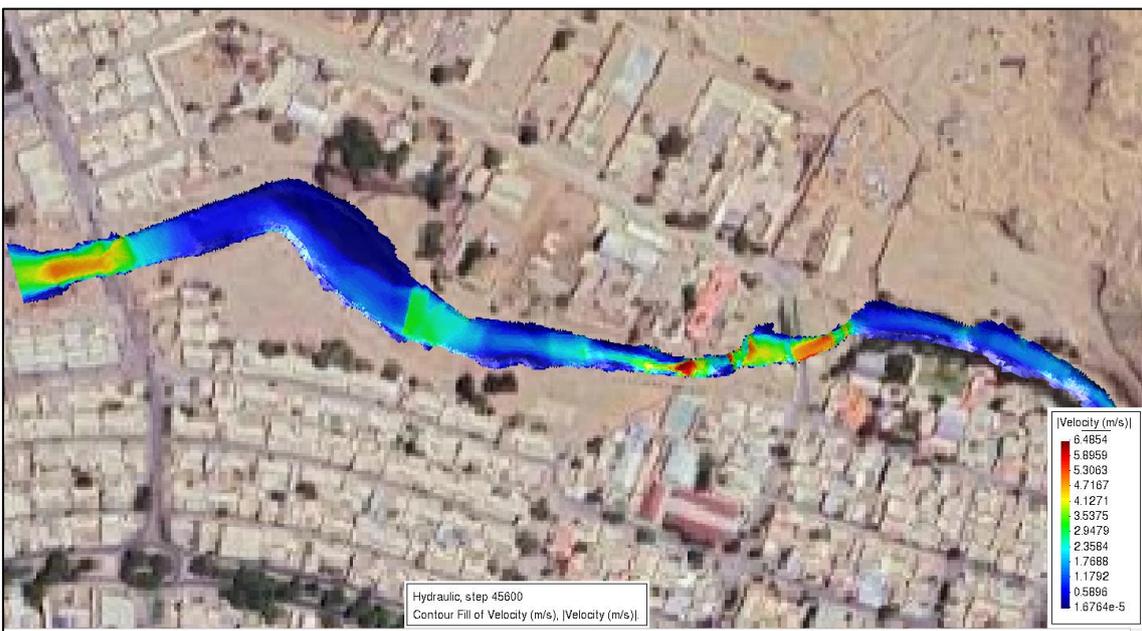
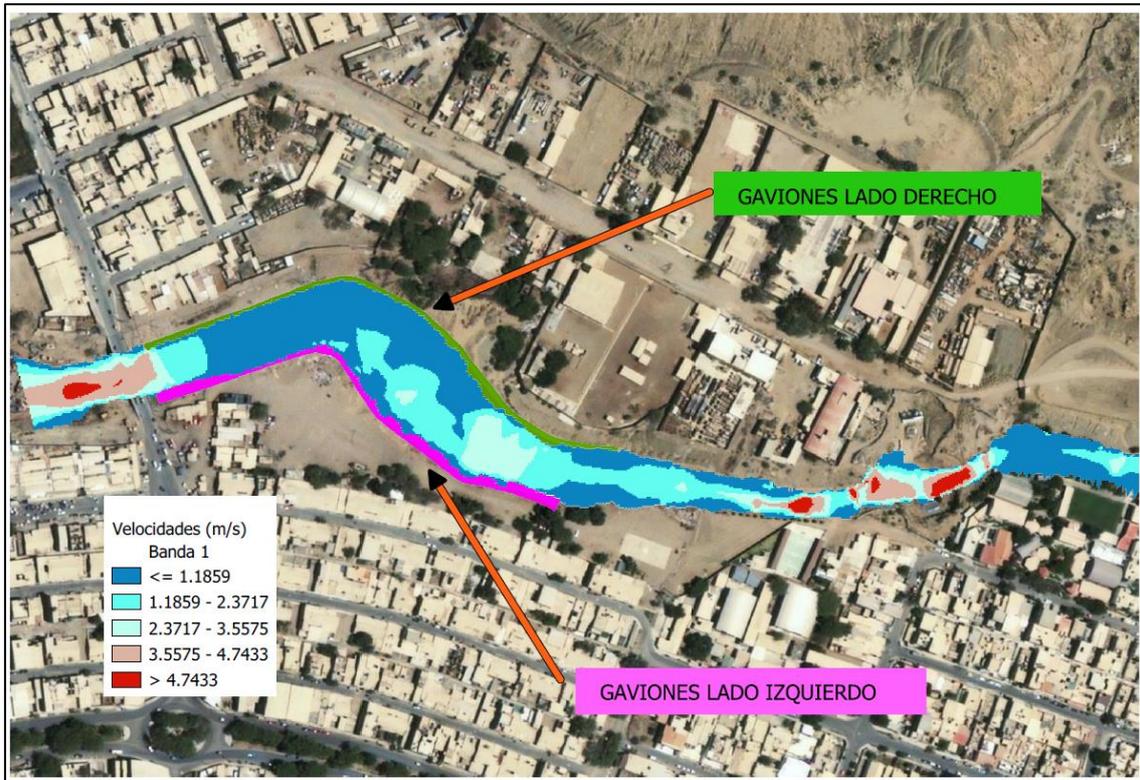


Figura 84

Verificación de Instalación de Gaviones a lado derecho y lado izquierdo



5 CONCLUSIONES

- Se realizó el modelamiento hidrológico para el determinar el caudal de diseño de 37.9 m³/s, mediante el software HEC-HMS, con un diseño de 100 años para el periodo de retorno.
- El modelamiento hidráulico sin el diseño de la defensa ribereña se determinó con todos los datos previos ya mencionados. Este modelamiento nos brindó información sobre el cauce y los tirantes máximos, identificando qué zonas pueden ser afectadas por inundaciones y establecer la distancia mínima de la faja marginal para zona urbana. El tirante máximo y mínimo al inicio del análisis fue de 1.80m y 0.60m respectivamente, el tirante máximo y mínimo al centro del análisis fue de 3.01m y 1.10m respectivamente, mientras que, para la parte final de análisis, se encontraron tirantes máximos y mínimos de 3.01 y 0.80m respectivamente.
- En el modelamiento hidráulico con el diseño de la defensa ribereña, se establecieron gaviones de 3 metros de alto y 2 metros de anchos, con cajones de malla metálica y piedras en su composición. Esta estructura hidráulica se estableció al lado derecho del cauce con 358.253m de longitud, en la progresiva 1+200 del eje del cauce de la quebrada, mientras que para el tramo izquierdo presenta 306.131m de longitud, en la progresiva 1+240 del eje del cauce de la quebrada. Permitiendo reducir el riesgo de inundación y manteniendo la distancia mínima de la faja marginal, como se muestra en la figura 85, donde se indica la huella de inundación con la estructura hidráulica, y el cumplimiento de la faja marginal.
- Estos resultados obtenidos mediante el modelo numérico bidimensional en los 2 escenarios nos dan una clara referencia de la zona que puede ser afectada por las inundaciones, ya que en eventos climatológicos como el fenómeno El Niño esta zona llega a inundarse y a afectar a las viviendas y zona urbana del lugar. Eventos que se espera con mayor magnitud en los próximos años. La sección de los gaviones obedece al cauce y los tirantes máximos encontrados, los cuales fueron

establecidos para que no presente grandes cortes o rellenos y respetando la distancia de la faja marginal.

- En el estudio realizado no se desarrolló la defensa ribereña en todo el cauce de la quebrada que afectara la zona urbana, esto debido a que en la topografía del cauce este presentaría un cuello de botella en ciertos sectores al establecer los gaviones, lo que dificultaría el pase del agua por dicho sector.
- La elaboración del modelo bidimensional y el diseño hidráulico de la defensa ribereña (Gaviones), permitió identificar el riesgo de inundación que presenta para un caudal de diseño de 100 años y reducir el riesgo de inundación, de la misma manera permitió establecer y delimitar la faja marginal, para mantener una distancia de seguridad respecto a la zona urbana de la comunidad en estudio.
- Las velocidades encontradas en el análisis bidimensional con la estructura hidráulica indica valores mínimos de ≤ 1.18 m/s y valores máximos de 3.55 m/s, correspondientes a los tramos donde se consideró los gaviones.
- Se verifica que estos valores de velocidad cumplen con los parámetros establecidos por la tabla de revestimiento de canales y cursos de agua, por Maccaferri donde señalan que, para el tipo de espesor del gavión de 0.50 m. la velocidad crítica debe ser de 5.5 m/s y con una velocidad límite de 6.4 m/s, por todo lo antes mencionado, los resultados obtenidos están dentro de lo permitido.

6 RECOMENDACIONES

- Se debe contrastar los datos hidrológicos establecido por las entidades competentes, con los encontrados en campo, ya que en el Perú las estaciones hidrológicas tienen que abarcar mucho territorio en zona costera debido a que las lluvias no son muy frecuentes. Esto dificulta una lectura verídica. Ya como se menciona se espera eventos climatológicos a gran escala en los próximos meses.
- Hacer un análisis de variabilidad y cambio climático para así contar con la información actualizada y certera de las zonas de riesgo ante un evento extremo.
- La propuesta de estructuras hidráulicas depende mucho de la información geología de la zona de estudio, de la sección del cauce de la quebrada o río, la facilidad del material para su construcción y de la economía de las autoridades del lugar. Ya que por estas características se pueden establecer tanto gaviones, diques o muros de contención.
- Hacer un análisis de costos y comparativos de tipos de muros de defensa ribereña, para la toma de decisiones adecuada al momento de gestionar su construcción.
- Se sugiere realizar reforzamiento en la zona urbana y de ser necesario una reubicación de las viviendas que se ubican dentro de la zona marginal de la quebrada Yale.
- Mientras la configuración de mallas para el análisis bidimensional en Iber, sean más pequeños, los resultados serán más precisos, lo cual conlleva a mayores horas de simulación.
- Se recomienda a las autoridades competentes, hacer cumplir los reglamentos que limitan la construcción en zonas de alto riesgo de inundación o en el caso que ya se hayan realizado y presenten riesgo, gestionar su reubicación.

7 REFERENCIAS

- Aguilar, J., & Naranjo, L. (2018). *Elaboración de la base de información hidrometeorológica de la cuenca del río Guayas para el procesamiento con el modelo hydraccess ante inundaciones* [Tesis de titulación, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Institucional de la UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/15838>
- Autoridad Nacional del Agua. (2010). *Procedimiento y guía para delimitación de faja marginal*. [Dirección de Calidad y Evaluación de Recursos Hídricos]. Repositorio Digital de Recursos Hídricos. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/765>
- Autoridad Nacional del Agua. (2017). *Delimitaciones de faja marginal*. <https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/4447/ANA0002862.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arreguín, F., Pérez, M., & Marengo, H. (2016). Las inundaciones en un marco de incertidumbre climática. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 7(5), 5-13. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v7n5/2007-2422-tca-7-05-00005.pdf>
- Basile, P. A. (2018). *Transporte de Sedimentación y Morfodinámica de ríos aluviales*. Editorial de la Universidad Nacional de Rosario.
- Bates, P. D., & De Roo, A. P. J. (2000). A simple raster-based model for flood inundation simulation. *Journal of Hydrology*, 236(1–2), 54–77. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(00\)00278-X](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(00)00278-X)
- Bladé, E., Cea, L., Corestein, G., Escolano, E., Puertas, J., Vázquez-Cendón, E., Dolz, J., & Coll, A. (2014). Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 30(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.rimni.2012.07.004>
- Bolstad, P. (2016). *GIS Fundamentals: A First Text on Geographic Information Systems*. Fall 2025, 2016.
- Camino, M. A., Bó, M. J., Cionchi, J. L., Del Río, J. L., López de Armentia, A., & De Marco, S. G. (2018). Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires. *Revista Universitaria de Geografía*, 27(1), 19. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=383257036005>

- Castillo, C. L., Abreu Franco, D. E., & Álvarez, M. (2021). Evaluación de distintas fórmulas empíricas para el cálculo del tiempo de concentración en la cuenca urbana del río Bético y Cubanicay, ciudad de Santa Clara. *Enfoque UTE*, 12(3), 51–64. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.729>.
- Castro, R., Tavera, H., & Bejarano, L. (2022). *Análisis y evaluación histórica del fenómeno EL Niño en Lima Metropolitana: Un aporte a la Gestión del Riesgo de Desastres* [Informe Técnico N°027-2022/IGP Ciencias de la Tierra Sólida]. https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/14490_analisis-y-evaluacion-historica-del-fenomeno-el-nino-en-lima-metropolitana.
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo. (2012). *El Fenómeno*. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/1097>
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo. (2020). *Estudio de zonificación sismo-geotécnica del área urbana de Talara*. https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//13936_estudio-de-zonificacion-sismo-geotecnica-del-area-urbana-de-talara-districto-de-parinas-provincia-de-talara-departamento-de-piura.pdf
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo. (2023). *Escenario de riesgo ante la temporada de lluvias 2022 - 2023*. https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//16118_escenario-de-riesgo-ante-la-temporada-de-lluvias-2022-2023-aviso-meteorologico-de-pronostico-de-precipitaciones-en-la-costa-norte-y-sierra-del-27-al-2.pdf
- Chávez, G. & Soto, L. (2021). *Dimensionamiento hidráulico – estructural del sistema de drenaje pluvial, para mitigar las inundaciones en Acobamba* [Tesis de titulación, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio académico URP. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/4750>.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill Education.
- Collantes, K. (2019, 12 de diciembre). *Defensa Ribereña*. [Página de LinkedIn]. <https://www.linkedin.com/pulse/defensa-ribere%C3%B1a-katerin-lucero-vilchez-collantes/?originalSubdomain=es>.

- DJI. (2018, 13 de octubre). *Phantom 4 RTK*. Recuperado el 15 de marzo del 2023, de <https://www.dji.com/global/phantom-4-rtk>
- Estévez, J., Moreno-Pérez, F., Roldán-Cañas, J., Serrat-Capdevila, A., González, J., Francés, F., Olivera, F., & Giráldez, J. V. (2014). Hydrology and its role in water engineering. *Ingeniería del agua*, *18(1)*, 14. <https://doi.org/10.4995/ia.2014.3048>
- Estrada Sifontes, V., & Pacheco Moya, R. (2012). Modelación hidrológica con HEC-HMS en cuencas montañosas de la región oriental de Cuba. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, *33(1)*, 12. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382012000100008.
- Fuentes, J. (2004). *Análisis morfológico de cuencas: caso de estudio del Parque Nacional Pico de Tancitaro*. [Estudio, Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas]. Instituto Nacional de Ecología. https://en15dias.com/wp-content/uploads/2023/06/morfometria_pico_tancitaro.pdf.
- García, M., & Parker, G. (1991). Entrainment of bed sediment into suspension. *Journal of Hydraulic Engineering*, *117(4)*, 414–435. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9429\(1991\)117:4\(414\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9429(1991)117:4(414))
- García, O. (2020). *Desarrollo y optimización del modelo hidráulico Iber+ : Aplicación a eventos de riesgo* [Tesis de doctorado, Universidad de Vigo]. Reporte Académico UV. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=287039>
- Geosynthetics. (2018, 20 de abril). *Protección de Riberas y Canales*. Recuperado el 13 de agosto de 2023, de <https://www.geoace.com/es/app/Protecci%C3%B3n-de-Riberas-y-Canales/lists>
- Gestión. (2023, 15 de octubre). *Fenómeno El Niño 1982-1983: A cuatro décadas del fenómeno natural que golpeó al norte y al sur del Perú*. Recuperado el 15 de octubre de 2023, de <https://gestion.pe/fotogalerias/fenomeno-el-nino-1982-1983-a-cuatro-decadas-del-fenomeno-natural-que-golpeo-al-norte-y-al-sur-del-peru-ndasp-lluvias-sequias-peru-clima-noticia/>
- Gleason, J. A. (2017). La gestión sustentable del agua en la Arquitectura y el Urbanismo. *Vivienda y Comunidades Sustentables*, *Vivienda y Comunidades Sustentables*, *1*,

29–44. <https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i1.3>

Gupta, V. K., Waymire, E., & Wang, D. (2014). *Handbook of Hydrology*. McGraw-Hill Education.

Gutiérrez, J. V., Rubiños, J. E., Fernández, D. S., Ramírez, C., Roblero, R., Gutiérrez, F. G., & Romero, M. E. (2022). Modelación hidráulica en Iber para prevención de inundaciones en la cuenca Tesechoacán. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 13(71), 1-23. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i71.1238>

Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education.

Hoek, E., Carranza, C., & Corkum, B. (Eds.). (2002). El criterio de rotura de Hoek-Brown - Edición 2002 Hoek-Brown failure criterion – 2002 Edition. *Consulting Engineer*, 1, 1-9.

https://www.researchgate.net/publication/255644086_El_criterio_de_rotura_de_Hoek-Brown_-_Edicion_2002_Hoek-Brown_failure_criterion_-_2002_Edition

Horton, R.E. (1932). Drainage basin characteristics. *Transactions of the American Geophysical Union*, (13), 350-361. <https://doi.org/10.1029/TR013i001p00350>

Horton, R.E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, (56), 275-370. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2)

Ingeniería geotecnia laboratorios y construcción. (2021). *Estudio de mecánica de suelos para el proyecto: “mejoramiento y rehabilitación de los servicios recreativos del parque andrés avelino CÁCERES del barrio particular, distrito pariñas, provincia de Talara, departamento de Piura* [Conjunto de datos]. Expedientes técnicos de obra. <https://munitalara.gob.pe/expobras/>.

Instituto Nacional de Desarrollo Urbano. (1999). *Mapa de peligros, plan de usos del suelo y plan de mitigación de los efectos producidos por los desastres naturales en la ciudad de Talara*. http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_Piura/talara/talara.pdf

Instituto Nacional de Defensa Civil. (2011). *Manual de estimación del riesgo ante inundaciones fluviales*.

- <http://bvpad.indec.gov.pe/doc/pdf/esp/doc1743/doc1743-contenido.pdf>.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía. (2013). *Modelos Digitales de Elevación*.
<https://www.inegi.org.mx/contenidos/temas/relieve/continental/doc/mde.pdf>
- Instituto Geofísico del Perú. (2020). *Programa presupuestal 068: Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres – Estudio de zonificación sísmo-geotécnica del área urbana de Talara*.
https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//13936_estudio-de-zonificacion-sismo-geotecnica-del-area-urbana-de-talara-districto-de-parinas-provincia-de-talara-departamento-de-piura.pdf
- Knighton, D. (1998). *Fluvial forms and processes: a new perspective*. Psychology Press.
- Li, Z. (Ed.). (2010). *Geospatial Analysis and Modelling of Urban Structure and Dynamics*. Springer.
- López, M. (2017, 28 de marzo). *Niño costero: río se desborda e inunda ciudad de Piura y alrededores*. Mongabay. Mongabay. Recuperado el 20 de octubre del 2023, de <https://es.mongabay.com/2017/03/peru-rios-inundacion-nino-costero-piura/#:~:text=A%20las%20de%20las%207,por%20segundo%20y%20se%20de%20bord%C3%B3>.
- Maidment, (2016). *Handbook of Applied Hydrology*. McGraw-Hill Education.
- Mayhuire, A. (2018). *Cálculo hidráulico de defensas ribereñas en el sector Chejava del río Ilabaya, distrito de Ilabaya, provincia de Jorge Basadre, departamento de Tacna* [Tesis de titulación, Universidad Nacional Mayor de San Marcos] Repositorio Académico UNMS. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/10086>.
- McCuen, R. H. (2017). *Hydrologic analysis and design* (4th ed.). Pearson Education.
- Mendoza, C., & Pablo, D. (2017). *Aplicación de la simulación hidrológica e hidráulica con sistemas de información geográfica para identificar las áreas de inundación del Río Huallaga en el tramo Huaylla – Ambo* [Tesis de titulación, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco]. Repositorio Académico UNEB. <https://hdl.handle.net/20.500.13080/1534>.
- Merz, B., Aerts, J., Ambjerg-Nielsen, K., Baldi, M., Becker, A., Bichet, A., Blöschl, G., Bouwer, LM, Brauer, A., Cioffi, F. , Delgado, JM, Gocht, M., Guzzetti, F.,

- Harrigan, S., Hirschboeck, K., Kilsby, C., Kron, W., Kwon, H.-H., Lall, U... Nied, M. (2014). Inundaciones y clima: perspectivas emergentes para la evaluación y gestión del riesgo de inundaciones. *Peligros naturales y ciencias del sistema terrestre*, 14(7), 1565. <https://doi.org/10.5194/nhess-14-1921-2014>.
- Meza, Y. (2019). *Diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña del río Tarma en el sector de Santo Domingo-Palca-Tarma- 2019* [Tesis de titulación, Universidad Católica Sedes Sapientiae]. Repositorio Académico UCSS. <https://hdl.handle.net/20.500.14095/731>
- Micu, E. (2021, 11 de mayo). *La infraestructura de transporte dañada por las inundaciones tiene un impacto negativo en la recuperación: la experiencia irlandesa*. Aafloods. Recuperado el 11 de mayo de 2023, de <https://aafloods.eu/es/la-infraestructura-de-transporte-danada-por-las-inundaciones-tiene-un-impacto-negativo-en-la-recuperacion-la-experiencia-irlandesa/>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riesgo, (2019, 11 de mayo). *Minagri culmina construcción de defensa ribereña del río Apurímac*. Plataforma digital única del Estado Peruano. Recuperado el 11 de mayo de 2023, de <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/50748-minagri-culmina-construccion-de-defensa-riberena-del-rio-apurimac>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2011). *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. Recuperado el 11 de mayo de 2023, de <https://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2011/Octubre/10/RD-20-2011-MTC-14.pdf>
- Monte, B., Costa, D., Chaves, M., Magalhães, L., & Uvo, C. (2016). Hydrological and hydraulic modelling applied to the mapping of flood-prone areas. *RBRH*, 21(1), 152–167. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v21n1.p152-167>
- Navarro, J. (2021, 11 de mayo). *Efecto trágico de las lluvias en las comunidades por falta de planificación (II/III)*. IAGUA. Recuperado el 11 de mayo de 2023, de <https://www.iagua.es/blogs/javier-navarro/efecto-tragico-lluvias-comunidades-falta-planificaci%C3%B3n-II>
- Ortega, J., & Remedios, R. (2020, 13 de mayo). *Análisis de Herramientas de*

Modelización Hidráulica Bidimensional. WSP. Recuperado el 13 de mayo de 2023, de <https://www.wsp.com/es-es/insights/analisis-herramientas-modelizacion-hidraulica-bidimensional>

Pinos, J., & Timbe, L. (2019). Performance assessment of two-dimensional hydraulic models for generation of flood inundation maps in mountain river basins. *Water Science and Engineering*, 12(1), 11–18. <https://doi.org/10.1016/j.wse.2019.03.001>

Plataforma digital única del Estado Peruano. (2021, 13 mayo). *Puente Yale queda listo para ser puesto al servicio de los talareños*. Gob.pe. Recuperado el 13 de mayo de 2023, de <https://www.gob.pe/institucion/munitalara/noticias/569953-puente-yale-queda-listo-para-ser-puesto-al-servicio-de-los-talarenos>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2013). *Diagnóstico Socio Económico y Ambiental de la Zona Marino Costera de la Provincia de Talara*. <https://siar.regionpiura.gob.pe/documentos/normativa/1960.pdf>.

Ramos, C. (2021). Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*, 10(1), 1–7. <https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>

Ramos, J., & Lázaro, M. (2001). *Hidrología básica*. Universidad de Alicante.

Rauf, Imran, & Sahdar, I. (2021). *Simulation Of Flood Mapping in Amasing Kali Village Using HEC-RAS 2D*. *E3S web of conferences*, [Conferencia web E3S] Conferencia Internacional de Ciencia y Tecnología, Indonesia. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202132810003>

Ritter, D. F., Kochel, R. C., & Miller, J. J. (2012). *Process Geomorphology*. Waveland Press.

Rocha, A. (2010). *Introducción a la hidráulica de obras viales*. Instituto de la Construcción y Gerencia.

Rocha, A. (1998). *Introducción a la hidráulica fluvial*. Universidad Nacional de Ingeniería

Rocha, A. (2007, 18 de agosto). *El Meganiño 1982-83, “La madre de todos los niños”* [Conferencia dictada en el II Congreso Internacional]. Obras de Saneamiento, Hidráulica, Hidrología y Medio Ambiente, Lima, Perú.

https://www.imefen.uni.edu.pe/Temas_interes/ROCHA/FEN_1982-1983.pdf

Sánchez, F. (2013, 20 de octubre). *Tránsito de Hidrogramas*. Hidrología Hidrogeología. Recuperado el 20 de octubre de 2023, de https://hidrologia.usal.es/temas/Transito_Hidrogramas.pdf

Santos, J. L., Monteiro, J., Ceballos, D., & Soto, J. (2016). Lecciones aprendidas al enfrentar los efectos de eventos hidrometeorológicos extremos en los sistemas agrícolas y Servicios ecosistémicos en América Latina. *La granja*, 24(2), 69-82. <https://doi.org/10.17163/lgr.n24.2016.05>.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2013). *Cuencas Hidrográficas – Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001596.pdf>

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2014). *El fenómeno EL NIÑO en el Perú*. https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/07/Dossier-El-Niño-Final_web.pdf

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2016). *Estudio de modelamiento hidrológico del río Zarumilla*. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-35.pdf>

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2023). *Datos hidrometeorológicos El Alto*. <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>

Terán, R. (1998). *Diseño y construcción de defensas riverañas*. Universidad Católica de Santa María.

Tito, Y. (2017). *Modelamiento Hidráulico Del Río Cañete Sector Socsi – Altura Puente Colgante (9km), Con Fines De Diseño De Defensas Ribereñas* [Tesis de titulación, Universidad Agraria La Molina]. Repositorio Académico UAM. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3053>

Torres, R. (2017). Obras hidráulicas y enseñanza de esta especialidad en tiempo y espacio cubanos. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38(1), 101-112. <https://riha.cujae.edu.cu/index.php/riha/article/view/374>

- Topoequipos. (s.f.). *Topcon - Estaciones totales GPT - 3000 series*. Recuperado el 20 de octubre del 2023, de <https://www.manualslib.es/manual/11283/Topcon-Gpt-3000-Serie.html>
- Servicio Geológico de Estados Unidos. (2019, 13 de agosto). *Le Cycle de l'Eau - The Water Cycle, French*. U.S. Geological Survey. USGS. Recurado el 13 de agosto de 2023, de <https://www.usgs.gov/media/images/le-cycle-de-leau-water-cycle-french>.
- Vasquez, L. (2018). *Diseño de defensas ribereñas y su aplicación en el cauce del río La Leche, distrito de Pacora – Lambayeque* [Tesis de titulación, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Repositorio Académico UCSTM. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/1330>
- Villa, P., Gómez, M., Loayza, S., & Rodríguez, A. (Eds.). (2021). Análisis de los factores incidentes de un remanso en el río Guayas empleando mediciones de campo y su posible efecto en las inundaciones de la ciudad de Guayaquil. *Fundación Dialnet*, 3(2), 4-4. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8650541>
- Villón, M. (2004). *Hidrología*. Tecnológica de Costa Rica.
- Wilson, J. P., & Gallant, J. C. (2000). *Terrain Analysis: Principles and Application*. by John Wiley & Sons, Inc.
- Wingtra. (2023, 13 de setiembre). *fotogrametría vs. Lidar: qué sensor elegir para una aplicación determinada*. Recuperado el 13 de setiembre del 2023, de <https://wingtra.com/es/dron-fotogrametria-vs-lidar/>
- Zarza, L. (2020, 13 de octubre). *¿Qué es una inundación?*. Agua. Recuperado el 13 de octubre del 2023, de <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-inundacion>
- Zevenbergen, L. W., & Thorne, C. R. (1987). Análisis cuantitativo de la topografía de la superficie terrestre. *Procesos y accidentes geográficos de la superficie terrestre*, Vol. 12, 47-56. <https://doi.org/10.1002/esp.3290120107>

8 ANEXOS

Anexo 1: Carta de presentación y Correo institucional del SENAMHI.

IC-150-23

Monterrico, 03 de julio de 2023

Señores
Juan Carlos Requejo Aleman
Gerente General
SENAMHI
Presente. -

Estimados señores:

Por medio de la presente me es grato saludarlo y a la vez presentarle a los egresados Nestor Barreto Jamanca con cód. U20816288 y Marita Ore De la Cruz con Cód. U201621428 pertenecientes a la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería.

Así mismo, indicamos que los señores son autores de la investigación titulada "Modelamiento bidimensional y diseño hidráulico de defensa riverena en la quebrada yales – Pariñas – departamento de Piura, utilizando el software Iber".

Por lo expuesto, solicito puedan brindarle el apoyo a los señores Barreto y Ore para que puedan recabar información verificada de la estación meteorología EL ALTO , en específico información de precipitaciones totales y máximo en 24 horas..

Por otro lado, adjuntamos los correos de los alumnos por si es necesaria su comunicación:

- U20816288@upc.edu.pe Nestor Barreto Jamanca
- U201621428@upc.edu.pe Marita Ore De la Cruz

La Dirección de Ingeniería Civil respalda la autenticidad del trabajo mencionado, y manifiesta que los datos proporcionados serán empleados solo en el referido trabajo de investigación.

Sin otra oportunidad, le agradezco anticipadamente por su atención a la presente.

Atentamente,



Román Arciniega Alemán, PhD
Director
Carrera de Ingeniería Civil



UPC
Universidad Peruana
de Ciencias Aplicadas

Prolongación Primavera 2390
Monterrico, Surco
Lima 33 - Perú
T 511 313 3333
www.upc.edu.pe

exigete, innova

nestor_9222@hotmail.com

De: Luis Felipe Gamarra Chávary (UACGD) <lgamarra@senamhi.gob.pe>
Enviado el: lunes, 10 de julio de 2023 11:25
Para: nestor_9222@hotmail.com; Manuel Jesus Valverde Bocanegra (UACGD); Milagros Del Pilar Martinez Tabraj (UACGD); Carmen Rosa Sulca Guzman (UACGD)
Asunto: TESISISTA NESTOR ANTONIO BARRETO JAMANCA
Datos adjuntos: EL ALTO_M_1970-2023.xlsx

TESISTA NESTOR ANTONIO BARRETO JAMANCA:

Reciba el cordial saludo del SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ - SENAMHI, a fin de remitirle los datos disponibles de las estaciones comprendidas en el expediente N° 5572, escala MENSUAL, período (1970 - 2023); cabe indicar que ***bajo la modalidad de servicio gratuito es por única vez.*** A la espera de su confirmación en cuanto a la recepción del presente y hacerle recordar que una vez concluida y aprobada su TESIS/INVESTIGACIÓN hacer llegar un ejemplar para nuestra biblioteca especializada, saludos.

Cabe indicar que de acuerdo a los procedimientos establecidos en la Directiva N° 003-2016-SENAMHI-SG-OPP-UM, para la atención a estudiantes, tesistas e investigadores bajo la modalidad de servicio gratuito, dichos usuarios firman una DECLARACIÓN JURADA, que tiene un firme compromiso LEGAL de entregar un ejemplar de su tesis para nuestra biblioteca. En ese sentido la Srta. Carmen Sulca (csulca@senamhi.gob.pe), estará atenta al cumplimiento de dicho acuerdo, saludos.

Expediente: 5572

NOTA: Se envía solo lo disponible.

--

--



Luis Felipe Gamarra Chavary
DIRECTOR DE PLANEAMIENTO,
COORDINACION Y CONTROL GERENCIA
GENERAL SENAMHI - PERÚ

D: Jr. Cahuide 785, Jesús María - Lima T: 01 6141414
Anexo -C: -
E: lgamarra@senamhi.gob.pe W: www.senamhi.gob.pe

SENAMHI es una institución responsable con el medio ambiente. Le pedimos no imprimir este correo a menos que sea absolutamente necesario. Reduzca - Reuse - Recicle

Anexo 2: Datos de precipitaciones máximas en 24 horas enviadas por SENAMHI

UNIDAD DE ATENCION AL CIUDADANO Y GESTION DOCUMENTAL

ESTACIÓN: EL ALTO/000209/DZ01

ALT: 295 MSNM

LONG: 81° 13' 5.35"

LAT: 04° 15' 43.13"

DPTO: PIURA

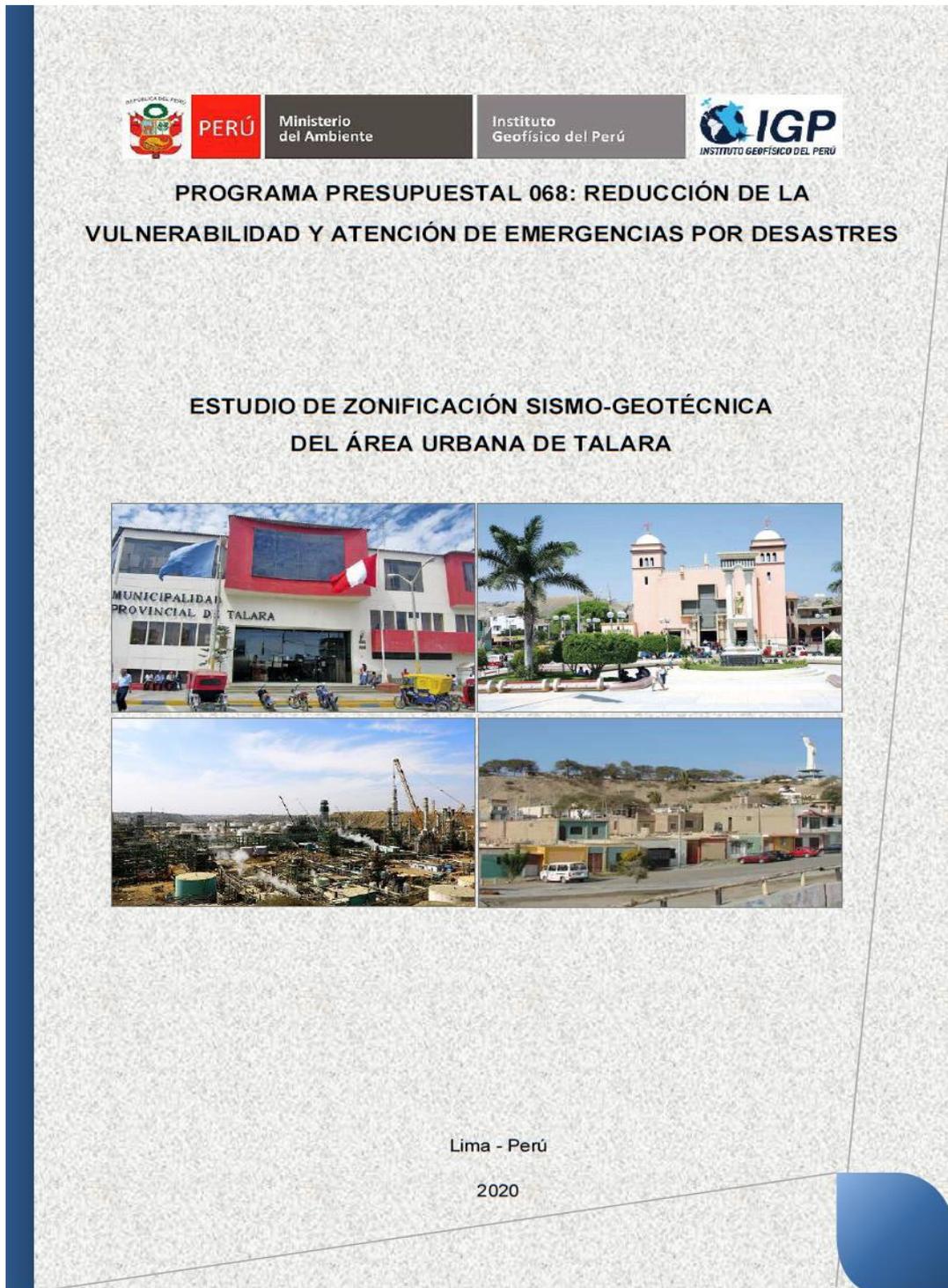
PT101 PRECIPITACION TOTAL DIARIA (mm)

PT202 PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

CODIGO	PLANILLA	VARIABLE	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
209	52	PT101	1970	22.3	29.9	17.7	0	7.9					0	0	0
209	52	PT101	1971	0	34.8	85	0	0.4	0	0	0.2	0.2	0	0	0
209	52	PT101	1972	10	10	597.2	18.8	13	3	0	0	0.3	0	0	0
209	52	PT101	1973	82	60	38	9	1	2	0	0	0	1	0	2
209	52	PT101	1974	4	4	0	1	2	3	0	0	2	7	0	0
209	52	PT101	1975	6	68	102.4		0	0.4	1	6	0	7	0	0
209	52	PT101	1976	42	62	41	12.5		1	1	0	0	0	0	2
209	52	PT101	1977	0	84.9	19.5	7.5	0	0	0	0	5	0	0	0
209	52	PT101	1978	0		23	2	2	0		0	1	0	2	
209	52	PT101	1979			0			0	0			0	0	0
209	52	PT101	1980	0	0	22	22		0	0	0	0	0	0	5
209	52	PT101	1999					9.8	0	0	0	0	0	0	1
209	52	PT101	2000	0.3	8.9	21.9	40.8	5.3	6	0	0	2.8	0	0	0
209	52	PT101	2001	6.1	0	139.9	8.7	0	0	0	0	0	0	7.3	0
209	52	PT101	2002	0	49.7	83.6	98	0	0	0	0	0	0	0	0.6
209	52	PT101	2003	8.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5
209	52	PT101	2004	0	5.3	0.3	0	2	0	2.8	0	0	0	0	0.8
209	52	PT101	2005	0	0	8.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
209	52	PT101	2006	4.8	82.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
209	52	PT101	2007			38.3	3.6	0.6	0	0	0.2	0	0	0	0
209	52	PT101	2008	55.6	32.1	21.7	0.8	0	0	0	0	0	0.5	0	0
209	52	PT101	2009	22	18.5	14.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
209	52	PT101	2010	0	57.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
209	52	PT101	2011	0					0	19.5	0		2.5	0	0
209	52	PT101	2012	0.8	100.3	32.8	21.8	1	0	0	0	0	0	0.4	0
209	52	PT101	2013	0	0	82.3	4.8	4.4	0		0	0	0	0	0
209	52	PT101	2014	0.9			0	7.4	0	0	0	0	0	0	0
209	52	PT101	2015		6.8	26.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
209	52	PT101	2016	0		42.9	0.5	0		0	0	0	0	0	0
209	52	PT101	2017	37.3	146.7	313.5	0.5	1.2	0	0	0	0	0	0	0
209	52	PT101	2018	0	0	0	0	1.1	0	0	0	0	0	0	0.1
209	52	PT101	2019	1.4	28.3	2.6	5.4	0	0	0	0.1	0	0.03	0.11	8.02
209	52	PT101	2020	0	0.1	10.2				0	0	0	0	0	0
209	52	PT101	2021	0	0	47.5	3.8	0.6	0	0	0	0	0	0	0
209	52	PT101	2022	0	0	0.1	0.8			0	0	0	0	1.1	0.1
209	52	PT101	2023	0	17	159.6	111.1	0.7							
209	52	PT202	1970	22.3	15.4	7.7	0	7.9					0	0	0
209	52	PT202	1971	0	7.7	23.7	0	0.2	0	0	0.1	0.2	0	0	0
209	52	PT202	1972	8	10	125	10.8	5	3	0	0	0.3	0	0	0
209	52	PT202	1973	40	15	8	8	1	1	0	0	0	1	0	2
209	52	PT202	1974	2	2	0	1	2	2	0	0	1	4	0	0
209	52	PT202	1975	2	46	35.3		0	0.3	1	3	0	3	0	0
209	52	PT202	1976	23.5	25	33	7.5		1	1	0	0	0	0	2
209	52	PT202	1977	0	18.2	9.3	4	0	0	0	0	3	0	0	0
209	52	PT202	1978	0		8	2	2	0		0	1	0	2	
209	52	PT202	1979			0			0	0			0	0	0
209	52	PT202	1980	0	0	10	12		0	0	0	0	0	0	5
209	52	PT202	1999					4.9	0	0	0	0	0	0	1
209	52	PT202	2000	0.3	4.8	18.2	30.8	5.3	6	0	0	2.6	0	0	0
209	52	PT202	2001	4.7	0	26	6.2	0	0	0	0	0	0	7.3	0
209	52	PT202	2002	0	16.8	19	44	0	0	0	0	0	0	0	0.6
209	52	PT202	2003	7.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5
209	52	PT202	2004	0	3.3	0.3	0	1.5	0	2.8	0	0	0	0	0.8
209	52	PT202	2005	0	0	4.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
209	52	PT202	2006	2.6	53.8	0	0	0	0	0	0	0	0		
209	52	PT202	2007			13	2.6	0.6	0	0	0.2	0	0	0	0
209	52	PT202	2008	36.7	15.2	5.9	0.8	0	0	0	0	0	0.5	0	0
209	52	PT202	2009	9.2	9.8	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
209	52	PT202	2010	0	57.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
209	52	PT202	2011	0					0	19.5	0		2.5	0	0
209	52	PT202	2012	0.8	64.7	16.4	8.9	1	0	0	0	0	0	0.4	0
209	52	PT202	2013	0	0	61.9	4.8	4.4	0		0	0	0	0	0
209	52	PT202	2014	0.9			0	4.2	0	0	0	0	0	0	0
209	52	PT202	2015		4.6	20	0	0	0	0	0	0	0		0
209	52	PT202	2016	0		10	0.5	0		0	0	0	0	0	0
209	52	PT202	2017	22.2	75.5	79.3	0.5	1.2	0	0	0	0	0	0	0
209	52	PT202	2018	0	0	0	0	1.1	0	0	0	0	0	0	0.1
209	52	PT202	2019	1.4	12.6	2.6	5.4	0	0	0	0.1	0	0.01	0.1	8
209	52	PT202	2020	0	0.1	10.1				0	0	0	0	0	0
209	52	PT202	2021	0	0	38.7	2.5	0.6	0	0	0	0	0	0	0
209	52	PT202	2022	0	0	0.1	0.8			0	0	0	0	1.1	0.1
209	52	PT202	2023	0	11.5	51.2	46.6	0.7							

Anexo 3: Informes de estudios empleados para la información de suelos en la zona de estudio.

Estudio de zonificación sismo-geotécnica del área urbana de Talara – Capítulo 7:
Zonificación geotécnica.



Cuadro 08: Ubicación de ensayos de penetración dinámica ligera (DPL) y parámetros obtenidos

CÓDIGO DE DPL	COORDENADAS UTM		ELEV. (m.s.n.m.)	PROF. (m)	Nº DE GOLPES	ϕ
	ESTE (m)	NORTE (m)				
DPL-01	469776	9495312	24	2.40	8	29.1
DPL-02	470369	9492908	20	1.20	45	37.6
DPL-03	469986	9492412	34	1.90	12	30.7
DPL-04	471177	9492894	51	2.60	19	32.3
DPL-05	472340	9493072	78	0.20	45	37.6
DPL-06	471686	9491827	72	2.70	17	31.8
DPL-07	472559	9491738	68	1.70	15	31.4
DPL-08	470471	9494070	19	3.30	10	30.8
DPL-09	470844	9493091	23	1.70	30	34.8
DPL-10	470487	9494277	17	2.60	15	31.4
DPL-11	471532	9492251	83	2.30	45	37.6

Cuadro 09: Clasificación SUCS de los suelos de las ocho (08) calicatas elaboradas en la ciudad de Talara

CÓDIGO DE CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	PRESENCIA DE AGUA		GRANULOMETRÍA (%)			LÍMITES ATTERBERG (%)			CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN
		NIVEL FREÁTICO A (m)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	GRAVAS (>4.76 mm)	ARENAS (>0.074 mm, <4.76 mm)	FINOS (<0.074 mm)	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE PLÁSTICO		
CTA - 01	2.00	N.P.	2.02	0.00	82.20	17.80	N.P.	N.P.	N.P.	SM	Arena limosa
CTA - 02	2.00	N.P.	14.97	0.00	83.00	16.96	N.P.	N.P.	N.P.	SM	Arena limosa
CTA - 03	2.00	N.P.	5.21	0.60	86.40	13.05	N.P.	N.P.	N.P.	SM	Arena limosa
CTA - 04	2.00	N.P.	2.87	0.00	93.20	6.80	N.P.	N.P.	N.P.	SM-SC	Arena limo-arcillosa
CTA - 05	1.50	N.P.	5.36	79.10	15.50	5.36	N.P.	N.P.	N.P.	GM-GC	Grava limo-arcillosa
CTA - 06	2.00	N.P.	3.12	0.00	15.37	84.60	45.62	19.05	26.57	CL	Arcilla inorgánica
CTA - 07	2.00	N.P.	2.93	0.00	17.51	82.50	41.40	30.28	11.12	ML	Limo inorgánico
CTA - 08	2.50	N.P.	2.24	0.00	97.15	2.80	N.P.	N.P.	N.P.	SP	Arena mal graduada

Dónde: N.P. =No presenta

Estudio de Mecánica de Suelos para El Proyecto: "Mejoramiento y Rehabilitación de los Servicios Recreativos del Parque Andrés Avelino Cáceres Del Barrio Particular, Distrito Pariñas, Provincia de Talara, Departamento De Piura"

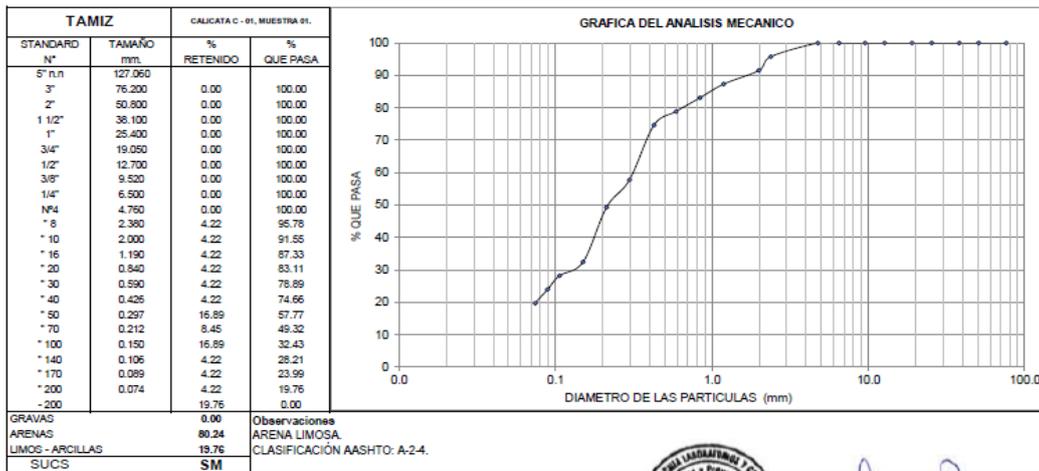


INGELABC SERVICIOS GENERALES S.A.C.
INGENIERIA GEOTECNIA LABORATORIOS Y CONSTRUCCION
 CONTROL DE CALIDAD AGREGADOS, CONCRETOS, ASFALTOS,
 MECANICA DE SUELOS, CONSULTORIAS Y EJECUCION DE PROYECTOS CIVILES.

Tel. 073 - 347515
 Cel. 073 - 969803186
 CALLE CAHUIDE Mz. 1-Lote 64
 CAMPO POLO CASTILLA-PIURA
 RUC: 20526388101

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

SOLICITA	: GAMMA PERU CONSULTORES GENERALES EIRL.
PROYECTO	: "MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LOS SERVICIOS RECREATIVOS DEL PARQUE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DEL BARRIO PARTICULAR, DISTRITO PARIÑAS, PROVINCIA DE TALARA, DEPARTAMENTO DE PIURA".
UBICACIÓN	: INTERIOR DEL TERRENO.
MUESTRA	: CALIGATA C - 01, MUESTRA 01.
FECHA	: PIURA, 06 DE MAYO DEL 2021. PROFUNDIDAD: 0.50m. - 1.20m.



Cel / Rpm. # 969803186
 Email. ubaldochunga@hotmail.com
<http://www.ingelabc.com>



INGELABC
 SERVICIOS GENERALES S.A.C.
 Ubaldo Ramón Chuanga Bayona
 Ing. Civil - CIP 162224
 INGENIERIA - GEOTECNIA - LABORATORIO Y CONSTRUCCION

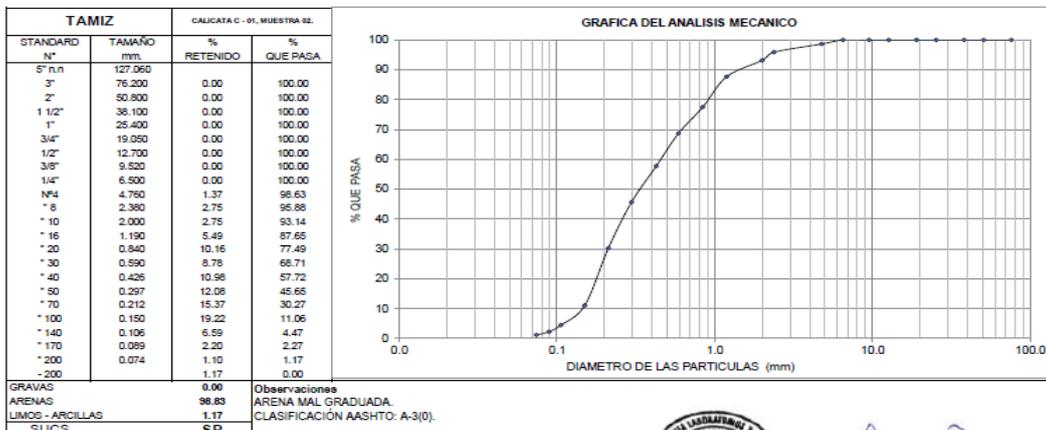


INGELABC SERVICIOS GENERALES S.A.C.
INGENIERIA GEOTECNIA LABORATORIOS Y CONSTRUCCION
 CONTROL DE CALIDAD AGREGADOS, CONCRETOS, ASFALTOS,
 MECANICA DE SUELOS, CONSULTORIAS Y EJECUCION DE PROYECTOS CIVILES.

Tel. 073 - 347515
 Cel. 073 - 969803186
 CALLE CAHUIDE Mz. 1-Lote 64
 CAMPO POLO CASTILLA-PIURA
 RUC: 20526388101

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

SOLICITA	: GAMMA PERU CONSULTORES GENERALES EIRL.
PROYECTO	: "MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LOS SERVICIOS RECREATIVOS DEL PARQUE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DEL BARRIO PARTICULAR, DISTRITO PARIÑAS, PROVINCIA DE TALARA, DEPARTAMENTO DE PIURA".
UBICACIÓN	: INTERIOR DEL TERRENO.
MUESTRA	: CALIGATA C - 01, MUESTRA 02.
FECHA	: PIURA, 06 DE MAYO DEL 2021. PROFUNDIDAD: 1.20m. - 3.00m.



Cel / Rpm. # 969803186
 Email. ubaldochunga@hotmail.com
<http://www.ingelabc.com>



INGELABC
 SERVICIOS GENERALES S.A.C.
 Ubaldo Ramón Chuanga Bayona
 Ing. Civil - CIP 162224
 INGENIERIA - GEOTECNIA - LABORATORIO Y CONSTRUCCION

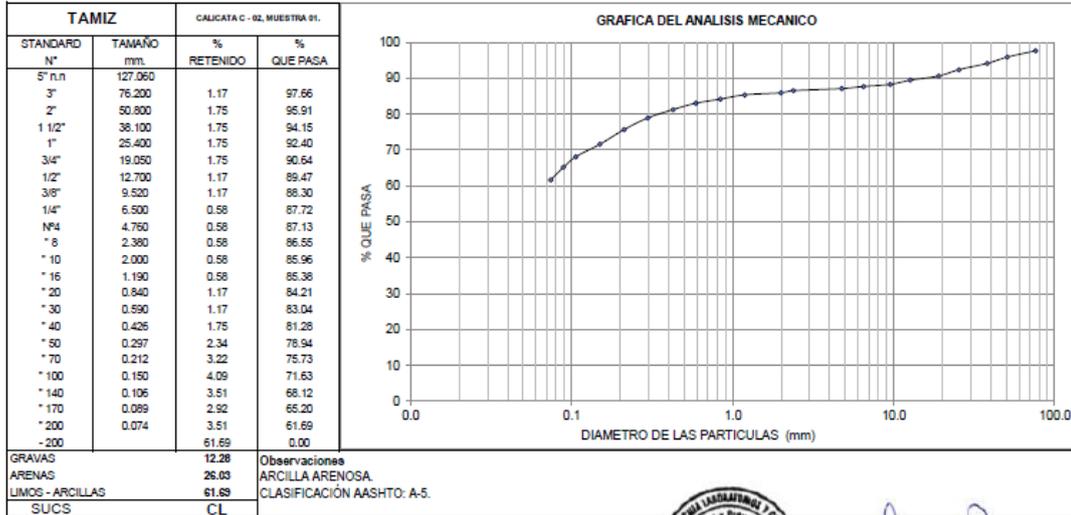


INGELABC SERVICIOS GENERALES S.A.C.
INGENIERIA GEOTECNIA LABORATORIOS Y CONSTRUCCION
 CONTROL DE CALIDAD AGREGADOS, CONCRETOS, ASFALTOS,
 MECANICA DE SUELOS, CONSULTORIAS Y EJECUCION DE PROYECTOS CIVILES.

Tel. 073 - 347515
 Cel. 073 - 969803186
 CALLE CAHUIDE Mz. 1-Lote 64
 CAMPO POLO CASTILLA-PIURA
 RUC: 20526388101

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

SOLICITA	: GAMMA PERU CONSULTORES GENERALES EIRL.
PROYECTO	: "MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LOS SERVICIOS RECREATIVOS DEL PARQUE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DEL BARRIO PARTICULAR, DISTRITO PARIÑAS, PROVINCIA DE TALARA, DEPARTAMENTO DE PIURA".
UBICACIÓN	: INTERIOR DEL TERRENO.
MUESTRA	: CALICATA C - 02, MUESTRA 01.
FECHA	: PIURA, 06 DE MAYO DEL 2021. PROFUNDIDAD: 0.40m. - 0.80m.



Cel / Rpm. # 969803186
 Email. ubaldochunga@hotmail.com
<http://www.ingelabc.com>



INGELABC
 SERVICIOS GENERALES S.A.C.
 Ubald Ramón Chunga Bayona
 Ing. Civil - CIP 162224
 INGENIERIA - GEOTECNIA - LABORATORIO Y CONSTRUCCION

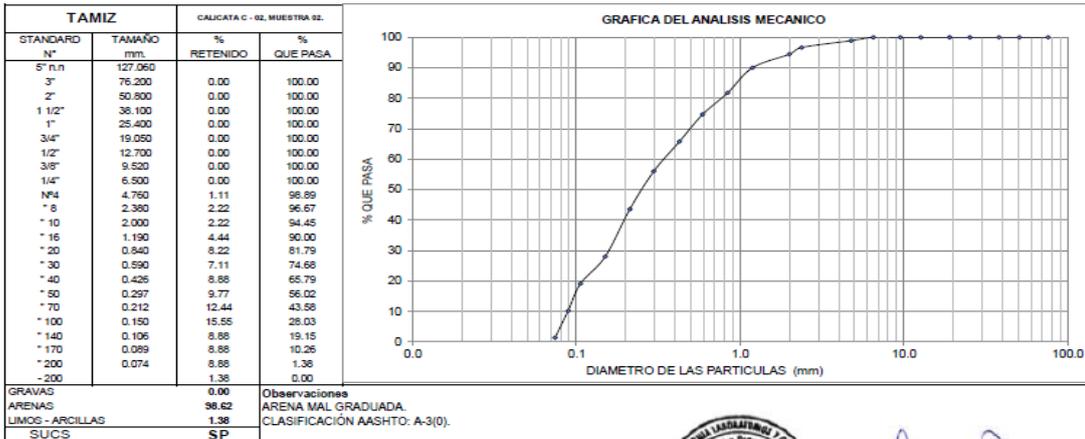


INGELABC SERVICIOS GENERALES S.A.C.
INGENIERIA GEOTECNIA LABORATORIOS Y CONSTRUCCION
 CONTROL DE CALIDAD AGREGADOS, CONCRETOS, ASFALTOS,
 MECANICA DE SUELOS, CONSULTORIAS Y EJECUCION DE PROYECTOS CIVILES.

Tel. 073 - 347515
 Cel. 073 - 969803186
 CALLE CAHUIDE Mz. 1-Lote 64
 CAMPO POLO CASTILLA-PIURA
 RUC: 20526388101

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

SOLICITA	: GAMMA PERU CONSULTORES GENERALES EIRL.
PROYECTO	: "MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LOS SERVICIOS RECREATIVOS DEL PARQUE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DEL BARRIO PARTICULAR, DISTRITO PARIÑAS, PROVINCIA DE TALARA, DEPARTAMENTO DE PIURA".
UBICACIÓN	: INTERIOR DEL TERRENO.
MUESTRA	: CALICATA C - 02, MUESTRA 02.
FECHA	: PIURA, 06 DE MAYO DEL 2021. PROFUNDIDAD: 0.80m. - 3.00m.



Cel / Rpm. # 969803186
 Email. ubaldochunga@hotmail.com
<http://www.ingelabc.com>



INGELABC
 SERVICIOS GENERALES S.A.C.
 Ubald Ramón Chunga Bayona
 Ing. Civil - CIP 162224
 INGENIERIA - GEOTECNIA - LABORATORIO Y CONSTRUCCION

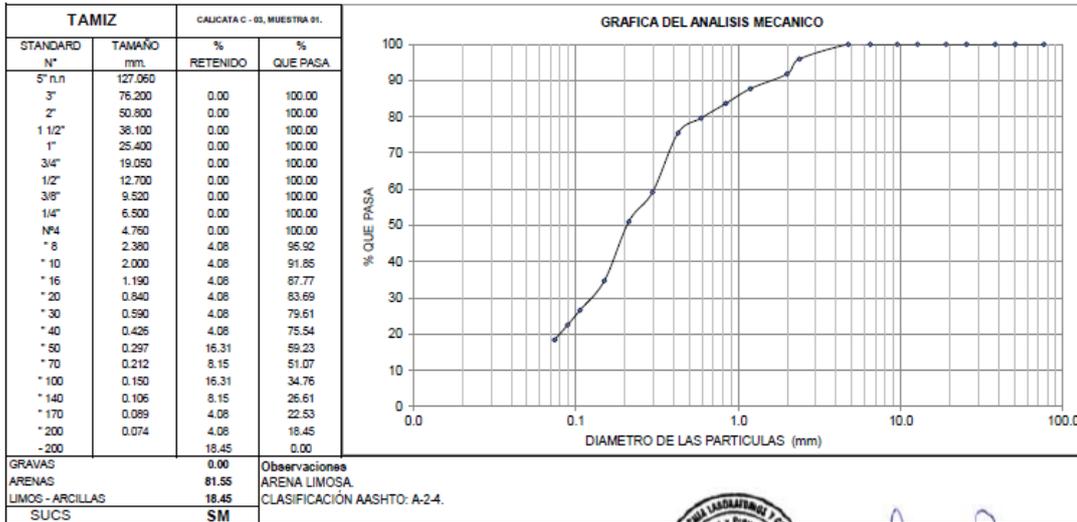


INGELABC SERVICIOS GENERALES S.A.C.
INGENIERIA GEOTECNIA LABORATORIOS Y CONSTRUCCION
 CONTROL DE CALIDAD AGREGADOS, CONCRETOS, ASFALTOS,
 MECANICA DE SUELOS, CONSULTORIAS Y EJECUCION DE PROYECTOS CIVILES.

Tel. 073 - 347515
 Cel. 073 - 969803186
 CALLE CAHUIDE Mz. 1-Lote 64
 CAMPO POLO CASTILLA-PIURA
 RUC: 20526388101

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

SOLICITA	:	GAMMA PERU CONSULTORES GENERALES EIRL.
PROYECTO	:	"MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LOS SERVICIOS RECREATIVOS DEL PARQUE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DEL BARRIO PARTICULAR, DISTRITO PARIÑAS, PROVINCIA DE TALARA, DEPARTAMENTO DE PIURA".
UBICACION	:	INTERIOR DEL TERRENO.
MUESTRA	:	CALICATA C - 03, MUESTRA 01.
FECHA	:	PIURA, 06 DE MAYO DEL 2021. PROFUNDIDAD: 0.20m. - 0.60m.



Cel / Rpm. # 969803186
 Email. ubaldochunga@hotmail.com
 http://www.ingelabc.com



INGELABC
 SERVICIOS GENERALES S.A.C.
 Ubaldo Ramón Chunga Bayona
 Ing. Civil - CIP 162224
 INGENIERIA - GEOTECNIA - LABORATORIO Y CONSTRUCCION

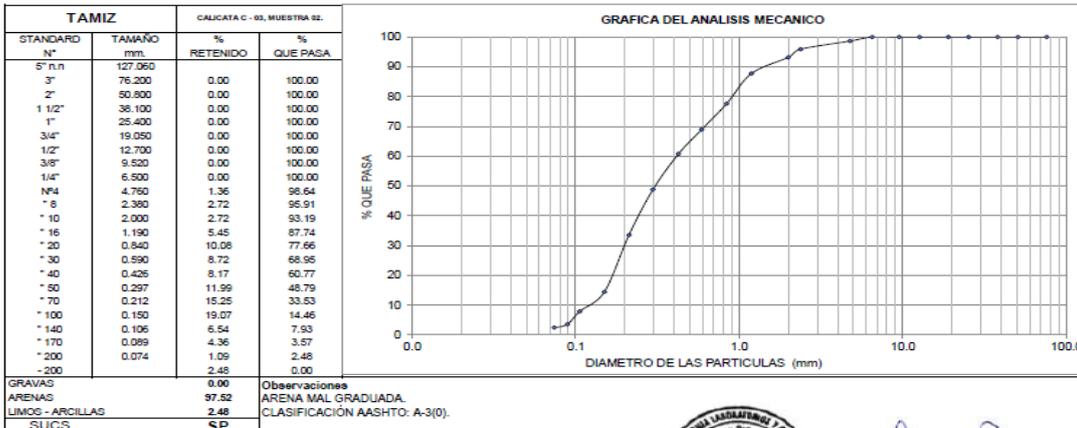


INGELABC SERVICIOS GENERALES S.A.C.
INGENIERIA GEOTECNIA LABORATORIOS Y CONSTRUCCION
 CONTROL DE CALIDAD AGREGADOS, CONCRETOS, ASFALTOS,
 MECANICA DE SUELOS, CONSULTORIAS Y EJECUCION DE PROYECTOS CIVILES.

Tel. 073 - 347515
 Cel. 073 - 969803186
 CALLE CAHUIDE Mz. 1-Lote 64
 CAMPO POLO CASTILLA-PIURA
 RUC: 20526388101

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

SOLICITA	:	GAMMA PERU CONSULTORES GENERALES EIRL.
PROYECTO	:	"MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LOS SERVICIOS RECREATIVOS DEL PARQUE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DEL BARRIO PARTICULAR, DISTRITO PARIÑAS, PROVINCIA DE TALARA, DEPARTAMENTO DE PIURA".
UBICACION	:	INTERIOR DEL TERRENO.
MUESTRA	:	CALICATA C - 03, MUESTRA 02.
FECHA	:	PIURA, 06 DE MAYO DEL 2021. PROFUNDIDAD: 0.60m. - 3.00m.



Cel / Rpm. # 969803186
 Email. ubaldochunga@hotmail.com
 http://www.ingelabc.com



INGELABC
 SERVICIOS GENERALES S.A.C.
 Ubaldo Ramón Chunga Bayona
 Ing. Civil - CIP 162224
 INGENIERIA - GEOTECNIA - LABORATORIO Y CONSTRUCCION

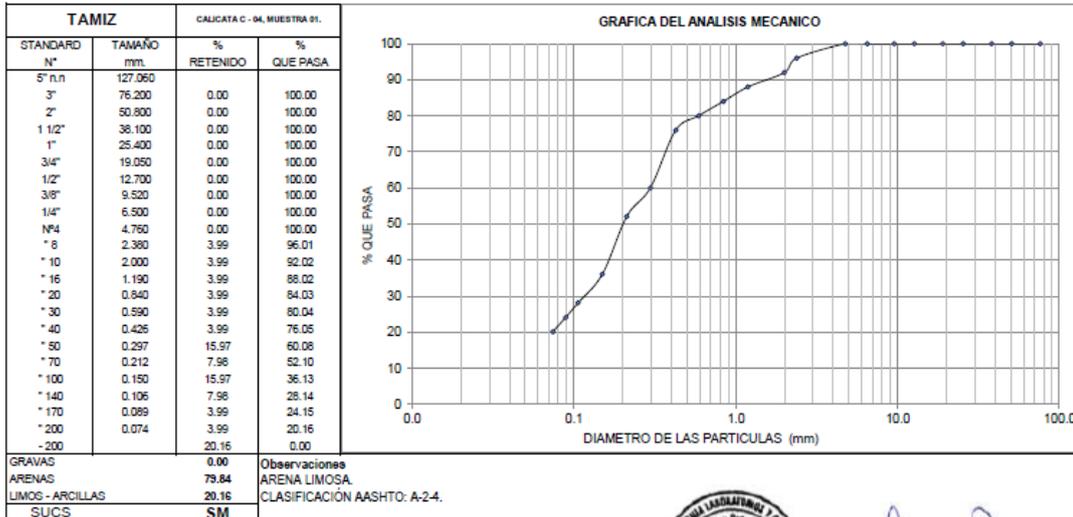


INGELABC SERVICIOS GENERALES S.A.C.
INGENIERIA GEOTECNIA LABORATORIOS Y CONSTRUCCION
 CONTROL DE CALIDAD AGREGADOS, CONCRETOS, ASFALTOS,
 MECANICA DE SUELOS, CONSULTORIAS Y EJECUCION DE PROYECTOS CIVILES.

Tel. 073 - 347515
 Cel. 073 - 969803186
 CALLE CAHUIDE Mz. 1-Lote 64
 CAMPO POLO CASTILLA-PIURA
 RUC: 20526388101

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

SOLICITA	:	GAMMA PERU CONSULTORES GENERALES EIRL.
PROYECTO	:	"MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LOS SERVICIOS RECREATIVOS DEL PARQUE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DEL BARRIO PARTICULAR, DISTRITO PARIÑAS, PROVINCIA DE TALARÁ, DEPARTAMENTO DE PIURA".
UBICACIÓN	:	INTERIOR DEL TERRENO.
MUESTRA	:	CALICATA C - 04, MUESTRA 01.
FECHA	:	PIURA, 06 DE MAYO DEL 2021. PROFUNDIDAD: 0.40m. - 1.00m.



Cel / Rpm. # 969803186
 Email. ubaldochunga@hotmail.com
 http://www.ingelabc.com



INGELABC
 SERVICIOS GENERALES S.A.C.
 Ubaldó Ramón Chunga Bayona
 Ing. Civil - CIP 162224
 INGENIERIA - GEOTECNIA - LABORATORIO Y CONSTRUCCION

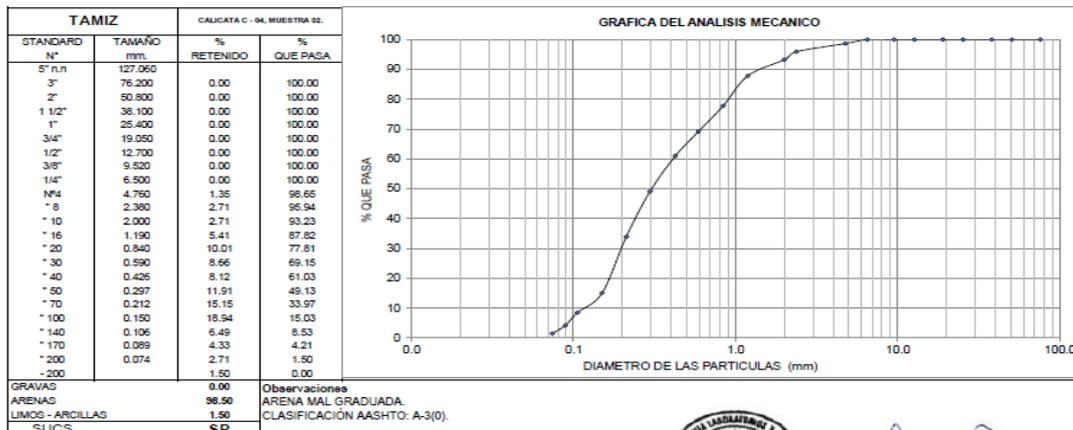


INGELABC SERVICIOS GENERALES S.A.C.
INGENIERIA GEOTECNIA LABORATORIOS Y CONSTRUCCION
 CONTROL DE CALIDAD AGREGADOS, CONCRETOS, ASFALTOS,
 MECANICA DE SUELOS, CONSULTORIAS Y EJECUCION DE PROYECTOS CIVILES.

Tel. 073 - 347515
 Cel. 073 - 969803186
 CALLE CAHUIDE Mz. 1-Lote 64
 CAMPO POLO CASTILLA-PIURA
 RUC: 20526388101

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

SOLICITA	:	GAMMA PERU CONSULTORES GENERALES EIRL.
PROYECTO	:	"MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LOS SERVICIOS RECREATIVOS DEL PARQUE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DEL BARRIO PARTICULAR, DISTRITO PARIÑAS, PROVINCIA DE TALARÁ, DEPARTAMENTO DE PIURA".
UBICACIÓN	:	INTERIOR DEL TERRENO.
MUESTRA	:	CALICATA C - 04, MUESTRA 02.
FECHA	:	PIURA, 06 DE MAYO DEL 2021. PROFUNDIDAD: 1.00m. - 3.00m.



Cel / Rpm. # 969803186
 Email. ubaldochunga@hotmail.com
 http://www.ingelabc.com



INGELABC
 SERVICIOS GENERALES S.A.C.
 Ubaldó Ramón Chunga Bayona
 Ing. Civil - CIP 162224
 INGENIERIA - GEOTECNIA - LABORATORIO Y CONSTRUCCION



INGELABC SERVICIOS GENERALES S.A.C.
INGENIERIA GEOTECNIA LABORATORIOS Y CONSTRUCCION
 CONTROL DE CALIDAD AGREGADOS, CONCRETOS, ASFALTOS,
 MECANICA DE SUELOS, CONSULTORIAS Y EJECUCION DE PROYECTOS CIVILES.

Tel. 073 - 347515
 Cel. 073 - 969803186
 CALLE CAHUIDE Mz. 1-Lote 64
 CAMPO POLO CASTILLA-PIURA
 RUC: 20526388101

HUMEDAD NATURAL / NTP 339.127 (ASTM D2216)

SOLICITA	: GAMMA PERU CONSULTORES GENERALES EIRL.
PROYECTO	: "MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LOS SERVICIOS RECREATIVOS DEL PARQUE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DEL BARRIO PARTICULAR, DISTRITO PARIÑAS, PROVINCIA DE TALARA, DEPARTAMENTO DE PIURA".
UBICACIÓN	: INTERIOR DEL TERRENO.
MUESTRA	: CALICATA - 01.
FECHA	: PIURA, 06 DE MAYO DEL 2021.

MUESTRA	PROFUNDIDAD (m.)	TARRO N°	PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)		VACIO	PESO (Gr.)		HUMEDAD %
			+SUELO HUMEDO	+SUELO SECO		AGUA	SUELO SECO	
M - 1	0.50 - 1.20	5	181.25	176.80	42.00	4.45	134.80	3.30
M - 2	1.20 - 3.00	9	180.14	174.65	42.00	5.49	132.65	4.14



INGELABC
 SERVICIOS GENERALES SAC
 Ubaido Ramon Chunga Bayona
 Ing. Civil - CIP: 162224
 INGENIERIA - GEOTECNIA - LABORATORIO Y CONSTRUCCION

Cel / Rpm. # 969803186
 Email. ubaldochunga@hotmail.com
 http://www.ingelabc.com



INGELABC SERVICIOS GENERALES S.A.C.
INGENIERIA GEOTECNIA LABORATORIOS Y CONSTRUCCION
 CONTROL DE CALIDAD AGREGADOS, CONCRETOS, ASFALTOS,
 MECANICA DE SUELOS, CONSULTORIAS Y EJECUCION DE PROYECTOS CIVILES.

Tel. 073 - 347515
 Cel. 073 - 969803186
 CALLE CAHUIDE Mz. 1-Lote 64
 CAMPO POLO CASTILLA-PIURA
 RUC: 20526388101

HUMEDAD NATURAL / NTP 339.127 (ASTM D2216)

SOLICITA	: GAMMA PERU CONSULTORES GENERALES EIRL.
PROYECTO	: "MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LOS SERVICIOS RECREATIVOS DEL PARQUE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DEL BARRIO PARTICULAR, DISTRITO PARIÑAS, PROVINCIA DE TALARA, DEPARTAMENTO DE PIURA".
UBICACIÓN	: INTERIOR DEL TERRENO.
MUESTRA	: CALICATA - 02.
FECHA	: PIURA, 06 DE MAYO DEL 2021.

MUESTRA	PROFUNDIDAD (m.)	TARRO N°	PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)		VACIO	PESO (Gr.)		HUMEDAD %
			+SUELO HUMEDO	+SUELO SECO		AGUA	SUELO SECO	
M - 1	0.40 - 0.80	16	180.63	175.95	42.00	4.68	133.95	3.49
M - 2	0.80 - 3.00	24	182.16	176.53	42.00	5.63	134.53	4.18



INGELABC
 SERVICIOS GENERALES SAC
 Ubaido Ramon Chunga Bayona
 Ing. Civil - CIP: 162224
 INGENIERIA - GEOTECNIA - LABORATORIO Y CONSTRUCCION

Cel / Rpm. # 969803186
 Email. ubaldochunga@hotmail.com
 http://www.ingelabc.com



INGELABC SERVICIOS GENERALES S.A.C.
INGENIERIA GEOTECNIA LABORATORIOS Y CONSTRUCCION
 CONTROL DE CALIDAD AGREGADOS, CONCRETOS, ASFALTOS,
 MECANICA DE SUELOS, CONSULTORIAS Y EJECUCION DE PROYECTOS CIVILES.

Tel. 073 - 347515
 Cel. 073 - 969803186
 CALLE CAHUIDE Mz. 1-Lote 64
 CAMPO POLO CASTILLA-PIURA
 RUC: 20526388101

HUMEDAD NATURAL / NTP 339.127 (ASTM D2216)

SOLICITA	: GAMMA PERU CONSULTORES GENERALES EIRL.
PROYECTO	: "MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LOS SERVICIOS RECREATIVOS DEL PARQUE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DEL BARRIO PARTICULAR, DISTRITO PARIÑAS, PROVINCIA DE TALARA, DEPARTAMENTO DE PIURA".
UBICACIÓN	: INTERIOR DEL TERRENO.
MUESTRA	: CALICATA - 03.
FECHA	: PIURA, 06 DE MAYO DEL 2021.

MUESTRA	PROFUNDIDAD (m.)	TARRO N°	PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)		VACIO	PESO (Gr.)		HUMEDAD %
			+SUELO HUMEDO	+SUELO SECO		AGUA	SUELO SECO	
M - 1	0.20 - 0.60	1	178.20	173.60	42.00	4.60	131.60	3.50
M - 2	0.60 - 3.00	4	180.10	174.00	42.00	6.10	132.00	4.62



INGELABC
 SERVICIOS GENERALES S.A.C.
 Ubaldo Ramón Chunga Bayona
 Ing. Civil - CIP: 162224
 INGENIERIA - GEOTECNIA - LABORATORIO Y CONSTRUCCION

Cel / Rpm. # 969803186
 Email. ubaldochunga@hotmail.com
<http://www.ingelabc.com>



INGELABC SERVICIOS GENERALES S.A.C.
INGENIERIA GEOTECNIA LABORATORIOS Y CONSTRUCCION
 CONTROL DE CALIDAD AGREGADOS, CONCRETOS, ASFALTOS,
 MECANICA DE SUELOS, CONSULTORIAS Y EJECUCION DE PROYECTOS CIVILES.

Tel. 073 - 347515
 Cel. 073 - 969803186
 CALLE CAHUIDE Mz. 1-Lote 64
 CAMPO POLO CASTILLA-PIURA
 RUC: 20526388101

HUMEDAD NATURAL / NTP 339.127 (ASTM D2216)

SOLICITA	: GAMMA PERU CONSULTORES GENERALES EIRL.
PROYECTO	: "MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LOS SERVICIOS RECREATIVOS DEL PARQUE ANDRÉS AVELINO CÁCERES DEL BARRIO PARTICULAR, DISTRITO PARIÑAS, PROVINCIA DE TALARA, DEPARTAMENTO DE PIURA".
UBICACIÓN	: INTERIOR DEL TERRENO.
MUESTRA	: CALICATA - 04.
FECHA	: PIURA, 06 DE MAYO DEL 2021.

MUESTRA	PROFUNDIDAD (m.)	TARRO N°	PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)		VACIO	PESO (Gr.)		HUMEDAD %
			+SUELO HUMEDO	+SUELO SECO		AGUA	SUELO SECO	
M - 1	0.40 - 1.00	18	180.20	175.22	42.00	4.98	133.22	3.74
M - 2	1.00 - 3.00	35	184.60	178.66	42.00	5.94	136.66	4.35



INGELABC
 SERVICIOS GENERALES S.A.C.
 Ubaldo Ramón Chunga Bayona
 Ing. Civil - CIP: 162224
 INGENIERIA - GEOTECNIA - LABORATORIO Y CONSTRUCCION

Cel / Rpm. # 969803186
 Email. ubaldochunga@hotmail.com
<http://www.ingelabc.com>

Anexo 4: Cálculo de Gaviones

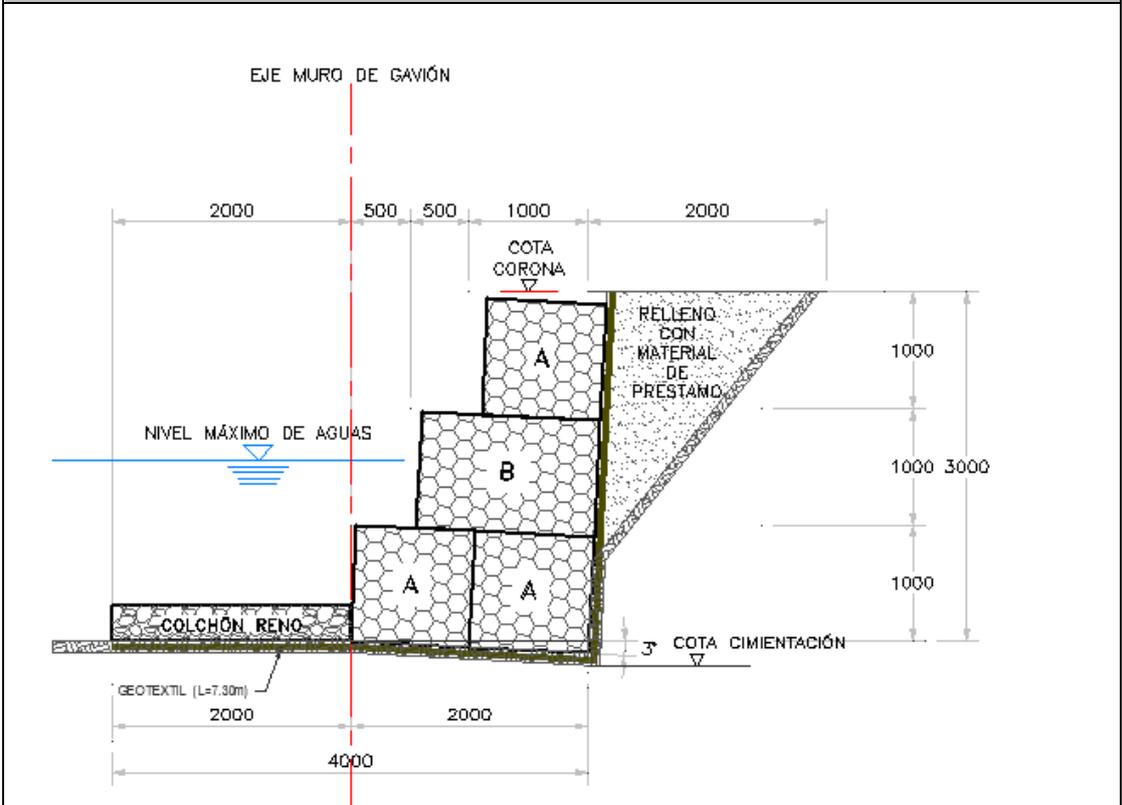
DISEÑO MURO PARA DEFENSA RIVEREÑA

Tramo: Margen izquierdo y margen derecho

Investigación:

“ANIALISIS BIDIMNESIONAL Y DISEÑO DE ESTRUCTURA HIDRAULICA”

CARACTERÍSTICAS DEL BLOQUE



Este es un Muro de gavión que tiene una protección en la base mediante un colchón reno. 2 bloques Tipo A en la Base, 1 Bloque Tipo B en el tercio central, y un Bloque A en la parte superior.

GAVIONES	Dimensiones		
Tipo	Largo	Alto	Ancho
A	1.00	1.00	1.00
B	1.50	1.00	1.00
COLCHÓN RENO	2.00	0.30	1.00

DATOS DEL PROYECTO:	
Estructura - Muro (Gavión Caja Maccaferri)	
Peso específico del Gavión	1.80 Tn/m3
Suelo de Cimentación (Según estudio de suelo)	
Tipo de Suelo	GW
Peso específico del suelo	1.68 Tn/m3
Ángulo de fricción interna (ϕ)	29.00 °
Cohesión (C)	0.01 Tn/m2
Capacidad portante del suelo (σ)	1.27 Kg/cm2
Agua	
Peso específico del Agua	1.00 Tn/m3
Relleno	
Peso específico del Relleno	1.85 Tn/m3
Coef. fricción : Relleno y Gavión (u)	0.70
Angulo de inclinación del Relleno (β)	0.00 °
Ángulo fricción interna del relleno (ϕ)	32.00 °

FORMULAS USADAS EN EL DISEÑO	
ϕ = Ángulo de fricción interna.	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Ko</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Ka</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">$1 - sen\phi$</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Kp</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">$= \frac{1 + sen\phi}{1 - sen\phi}$</div>
Ko = Coef. de presión en reposo.	
Ka = Coef. de presión Activa.	
Kp = Coef. de presión Pasivo.	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">$Ea = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_a$</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">$Ep = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_p$</div>
Ea = Empuje Activo	
Ep = Empuje Pasivo	
H = Altura total del desnivel del suelo.	
C = Cohesión del Suelo.	
ϕ = Peso específico del suelo.	

Teoría de Rankine

I. CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DEL MURO

1.- Cálculo de la Altura total del Muro (H) :

Nota: La altura total del muro se determina en función al Estudio Hidrología y la Topografía que presenta el proyecto.

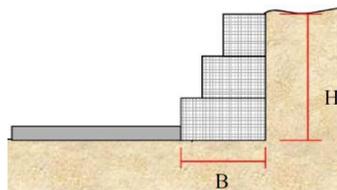
$$0 \quad H = 3.00 \text{ m}$$

2.- Cálculo de la base del Muro (B) :

$B \geq \frac{H}{2}$ no norma $B = \frac{1}{2}(1 + H)$ muro se estima utilizando la siguiente fomula.

Altura del Muro	Base: B (m)
H = 3.00 m	2.00
H = 3.50 m	2.25

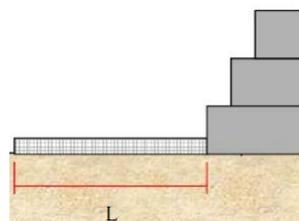
$$0 \quad B = 2.00\text{m}$$



$$0 \quad H = 3.00 \text{ m}$$

$$0 \quad B = 2.00 \text{ m}$$

3.- Profundidad de Máxima Erosión (L) :



$$L \geq 2.00 \text{ a } 4.00 \text{ m}$$

$$0 \quad L = 2.00 \text{ m}$$

II.- CÁLCULO DEL PARAMETROS DE DISEÑO

Suelo:

Coef de presión en reposo (Ko):	Ko =	0.5152
Coef de presión Activa (Ka):	Ka =	0.3470
Coef de presión Pasiva (Kp):	Kp =	2.8821

III.- CÁLCULO DEL EMPUJE ACTIVO

0 Reemplazando en la Formula, se tiene:

$$\text{Empuje Activo (Ea):} \quad \boxed{\text{Ea} = 2.623} \text{ Tn}$$

IV.- MOMENTO POR VOLCAMIENTO

Esta dado por la siguiente expresión:

$$\boxed{M_o = E_a * Y_c}$$

$$\boxed{M_o = E_a * \left(\frac{H}{3}\right)}$$

0 Momento por Volcamiento (Mo): $\boxed{M_o = 2.623} \text{ Tn-m}$

IV. CALCULO DEL PESO DE LA ESTRUCTURA

Volumen de cada bloque, está dado por la siguiente expresión:

$$\boxed{V = \text{Largo} * \text{Alto} * \text{Ancho}}$$

Peso de cada bloque, está dado por la siguiente expresión:

$$\boxed{W = \gamma_{\text{gavion}} * V * 0.80}$$

Nota: En muro de gaviones se considera 20% de espacios vacíos en cada bloque.

GAVIONES		Dimensiones			VOLUMEN (V)	PESO (W)
Cant.	Tipo	Largo	Alto	Ancho	m3	Tn
3	A	1.00	1.00	1.00	3.00	4.32 0

1	B	1.50	1.00	1.00	1.50	2.160
1	CR	2.00	0.30	1.00	0.60	0.864
					Total	7.344

V.- CALCULO DE LA UÑA DE SUELO SOBRE CADA BLOQUE

Para este cálculo, en la sección típica del muro de gavión tenemos los siguientes datos:

Largo de la uña (l):	l =	1.00	m	Relleno lateral sobre la uña ciment.
Altura de la uña (h):	h =	3.00	m	
Ancho de la uña (b):	b =	1.00	m	

Peso de la cuña esta dado por la siguiente expresión:

$$Ws1 = \gamma_{relleno} * V$$

0 Reemplazando en en la Formula, se tiene:

Peso de la cuña (Ws1):	Ws1 =	5.550	Tn
------------------------	-------	-------	----

VI.- CALCULO DEL MOMENTO ESTABILIZANTE

Para este cálculo es necesario tener las fuerzas verticales y su respectivo punto de aplicación.

GAVIONES		Dimensiones			VOL (V)	PESO (W)	Coor. X	MOMENTO (Me)	
Cam.	Tipo	Largo	Alto	Ancho	m3	Tn	Desde IZQ		
1									
	CR	2.00	0.30	1.00	0.60	0.864	2.00	1.73	
2									
	A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.440	2.50	3.60	
	A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.440	3.50	5.04	
3									
	B	1.50	1.00	1.00	1.50	2.160	3.25	7.02	
4									
	A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.440	3.50	5.04	
								Total	22.428

IX.- PUNTO DE LA APLICACIÓN DE LA NORMAL

La normal es la resultante de los pesos verticales.

$$N = \sum \text{Pesos Verticales}$$

Fuerza normal (N):

N =	12.894	Tn
-----	--------	----

El punto de aplicación esta dado por:

$$X * N = M_e - M_o$$

Punto de aplicación de la Normal (X):

X =	1.50	m
-----	------	---

X.- CALCULO DE LA EXCENTRICIDAD

La excentricidad esta dado por la siguiente expresión:

$$e = \frac{B}{2} - X < \frac{B}{6}$$

Tenemos:

Base total del Muro Gavión (BL):

BL =	4.00	Tn
------	------	----

Punto de aplicación (X):

X =	1.50	Tn
-----	------	----

BL/6 =	0.667	Tn
--------	-------	----

Excentricidad (e):

e =	0.50	m
-----	------	---

Verificación:

e =	0.50	<	0.667
-----	------	---	-------

... OK! No hay Tracciones.

Determinación del Esfuerzo:

Tenemos:

$$\sigma = \frac{N}{Area} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right)$$

Esfuerzo 1 (σ_1):	$\sigma_1 =$	5.64	Tn/m ²
----------------------------	--------------	------	-------------------

$\sigma_1 =$	0.564	Kg/cm ²
--------------	-------	--------------------

Esfuerzo 2 (σ_2):	$\sigma_2 =$	0.81	Tn/m ²
----------------------------	--------------	------	-------------------

$\sigma_2 =$	0.081	Kg/cm ²
--------------	-------	--------------------

Verificación:

$\sigma_1 =$	0.564	Kg/cm ²	<	1.27	Kg/cm ²
--------------	-------	--------------------	---	------	--------------------

OK!

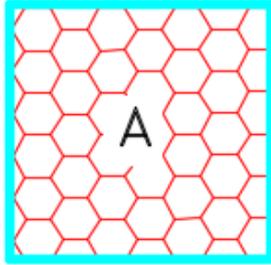
$\sigma_2 =$	0.081	Kg/cm ²	<	1.27	Kg/cm ²
--------------	-------	--------------------	---	------	--------------------

OK!

XI.- VERIFICACION ENTRE BLOQUE Y BLOQUE

1.- Primer Bloque:

Verificamos alrededor del Punto O, ubicado en el extremo izquierdo.



Peso del Bloque:	$W1 = 0$	$1.44 Tn$
Empuje Activo:	$Ea = 1$	$0.29 Tn$
Momento de volteo:	$Mv = 7$	$0.09 Tn-m$
Momento Estabilizante:	$Me = 0$	$0.72 Tn-m$
Fuerza Normal:	$N1 = 0$	$1.44 Tn$

GAVIONES		Dimensiones			VOL (V)	PESO (W)	Coor. X	MOMENTO (Me)
Cam.	Tip o	Larg o	Alt o	Anch o	m3	Tn	Desde IZQ	
1								
	A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.440	0.50	0.72
							Total	0.720

Factor de Seguridad al Volcamiento

0	Factor de seguridad al volcamiento (Fsv):	$Fsv = 7.41$
---	---	--------------

Verificación: $Fsv = 7.41 > 2.00$

... OK! Cumple las condiciones de diseño.

Factor de Seguridad al Deslizamiento

0 Factor de seguridad al deslizamiento (Fsd):

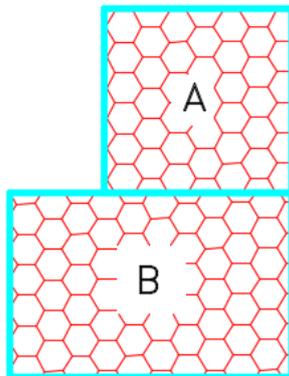
Fsd	=	3.46
------------	----------	-------------

Verificación: $F_{sv} = 3.46 > 1.50$

... OK! Cumple las condiciones de diseño.

2.- Segundo Bloque:

Verificamos alrededor del Punto O, ubicado en el extremo izquierdo.



Peso del Bloque: $W_2 = 3.600 \text{ Tn}$
 Empuje Activo: $E_a = 1.166 \text{ Tn}$
 Momento de volteo: $M_v = 0.777 \text{ Tn-m}$
 Momento Estabilizante: $M_e = 3.060 \text{ Tn-m}$
 Fuerza Normal: $N_2 = 3.600 \text{ Tn-m}$

GAVIONES	Dimensiones			VOL (V)	PESO (W)	Coord. X	MOMENTO (Me)
	Cam. Tipo	Largo	Alto Ancho				
A		1.00	1.00 1.00	1.00	1.440	1.00	1.44
B		1.50	1.00 1.00	1.50	2.160	0.75	1.62
Total					3.600		3.060

Factor de Seguridad al Volcamiento

Factor de seguridad al volcamiento (Fsv):

Fsv	=	3.94
------------	----------	-------------

Verificación: $F_{sv} = 3.94 > 2.00$

... OK! Cumple las condiciones de diseño.

Factor de Seguridad al Deslizamiento

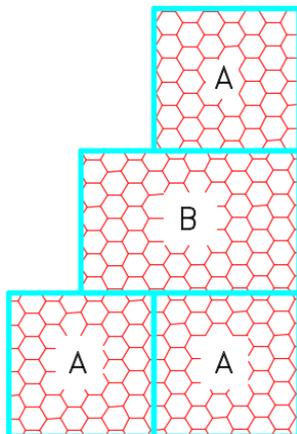
Factor de seguridad al deslizamiento (Fsd):

Fsd	=	2.16
------------	----------	-------------

Verificación: $F_{sv} = 2.16 > 1.50$

... OK! Cumple las condiciones de diseño.

3.- Tercer Bloque:



Verificamos al rededor del Punto O, ubicado en el extremo izquierdo.

Peso del Bloque:	W3 = 6.480 Tn
Empuje Activo:	Ea = 2.623 Tn
Momento de volteo:	Mv = 2.623 Tn-m
Momento Estabilizante:	Me = 7.740 Tn-m
Fuerza Normal:	N3 = 6.480 Tn-m

GAVIONES	Dimensiones			VOL (V)	PESO (W)	Coord. X	MOMENTO (Me)
	Cam.	Tipo	Alto				
A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.440	1.50	2.16
B	1.50	1.00	1.00	1.50	2.160	1.25	2.70
A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.440	0.50	0.72
A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.440	1.50	2.16
Total					6.480		7.740

Factor de Seguridad al Volcamiento

0 Factor de seguridad al volcamiento (Fsv): **Fsv**
= 2.95

Verificación: Fsv = 2.95 > 2.00

... OK! Cumple las condiciones de diseño.

Factor de Seguridad al Deslizamiento

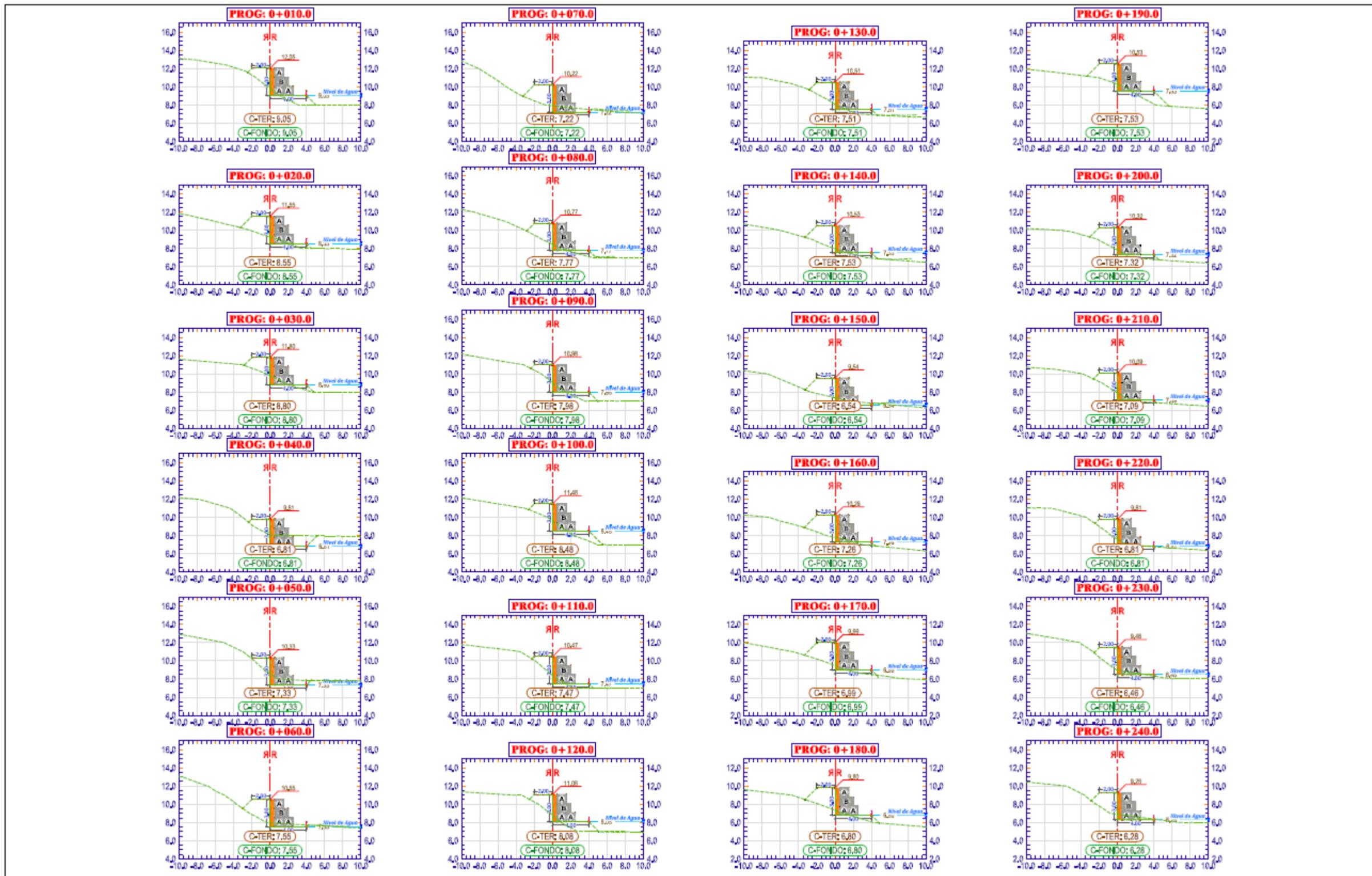
0 Factor de seguridad al deslizamiento (Fsd): **Fsd**
= 1.73

Verificación: Fsv = 1.73 > 1.50

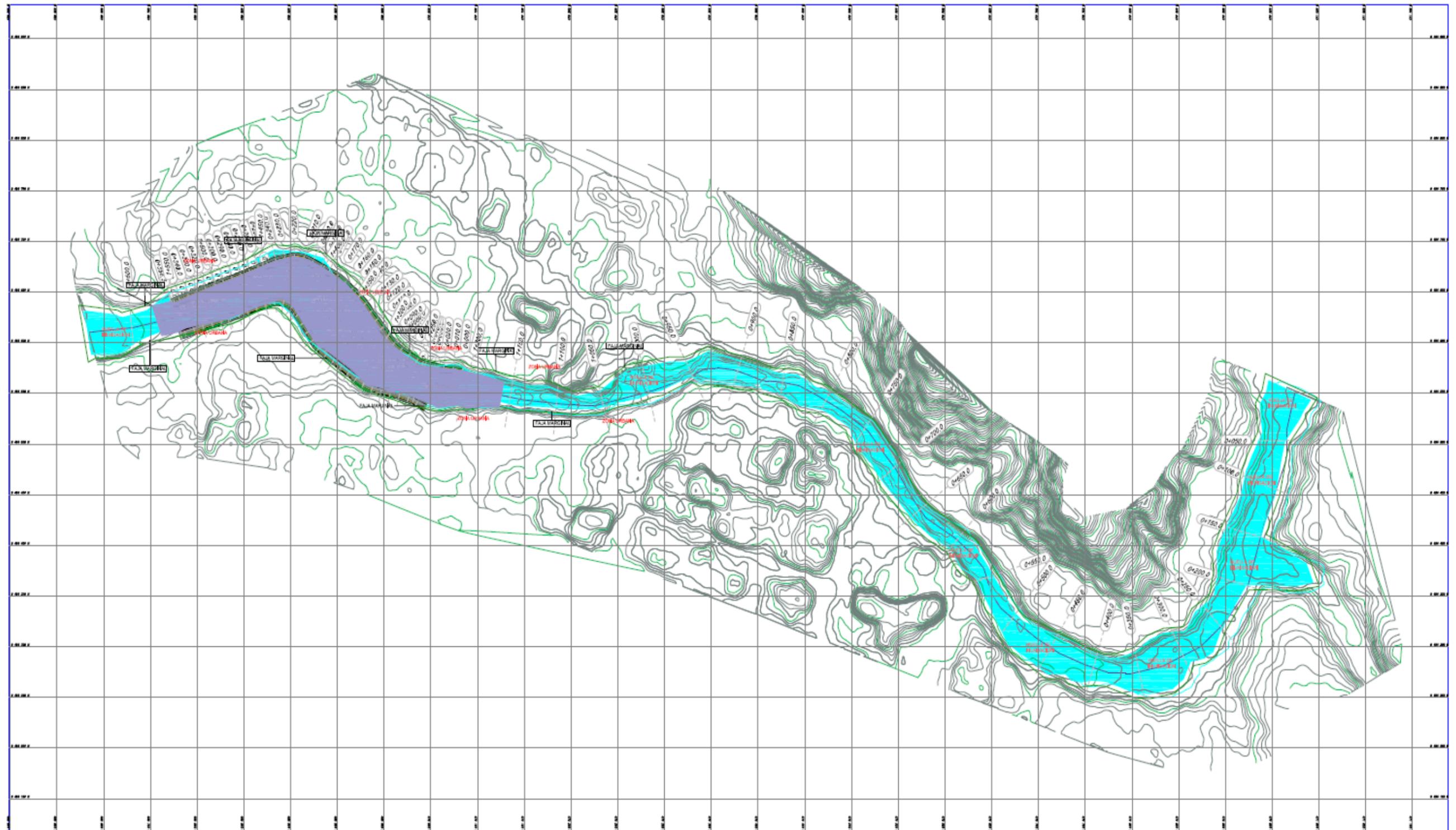
... OK! Cumple las condiciones de diseño.

Anexo 5: Secciones del diseño de gaviones

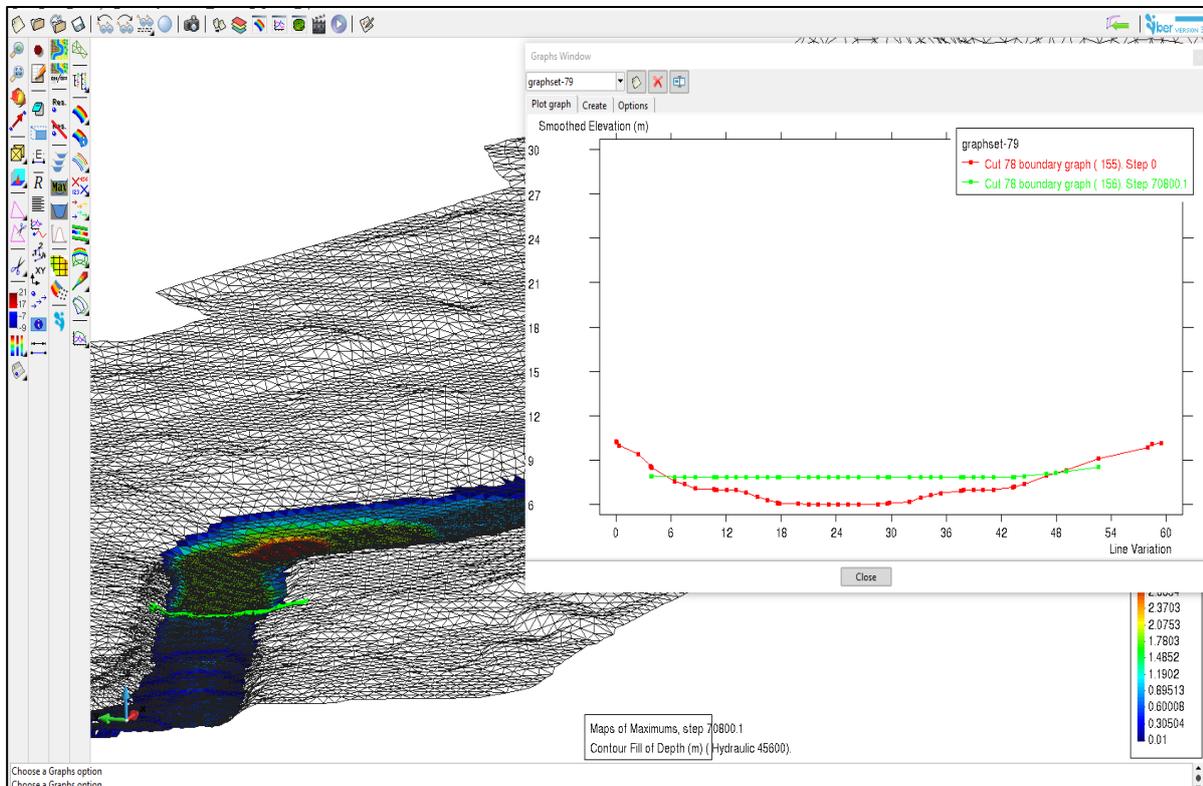
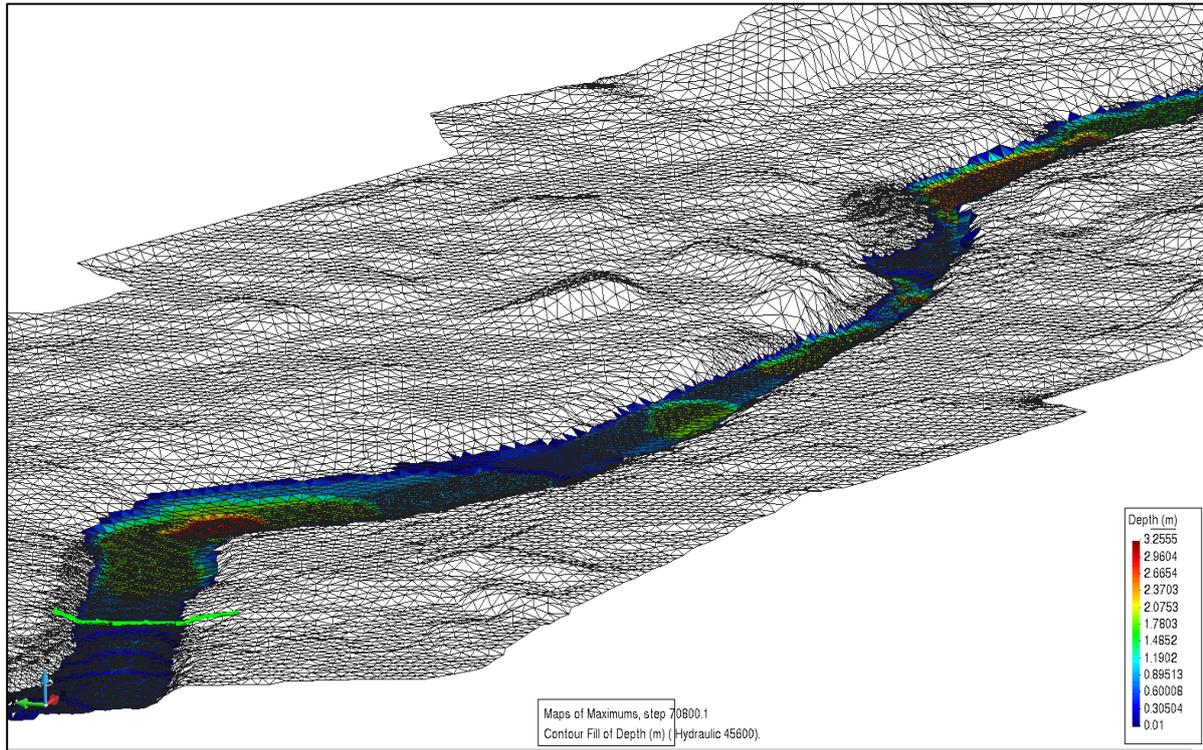
Margen izquierdo

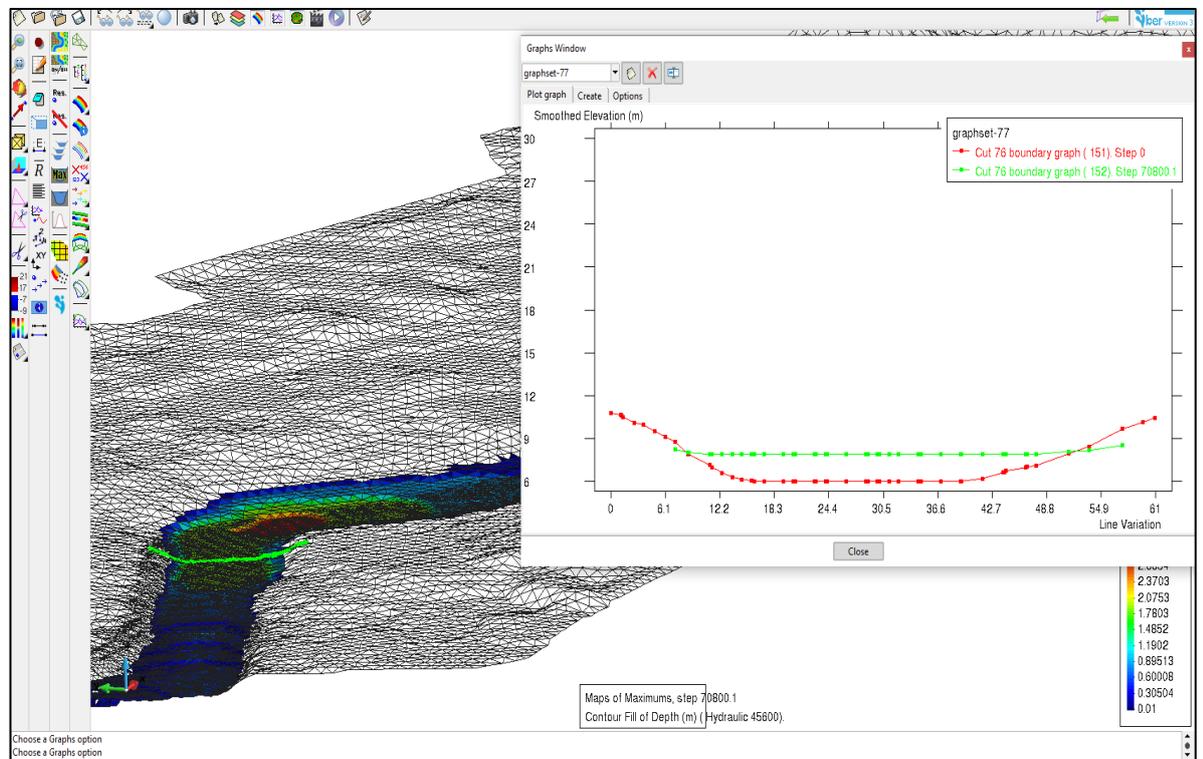
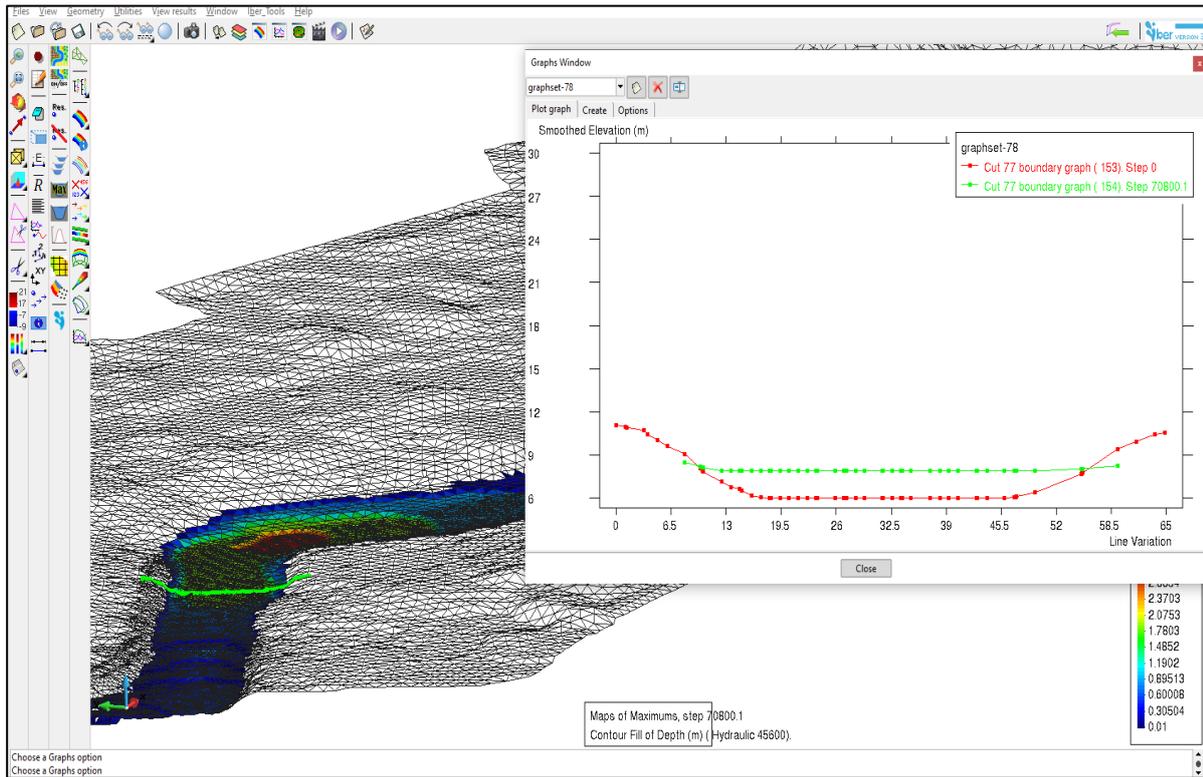


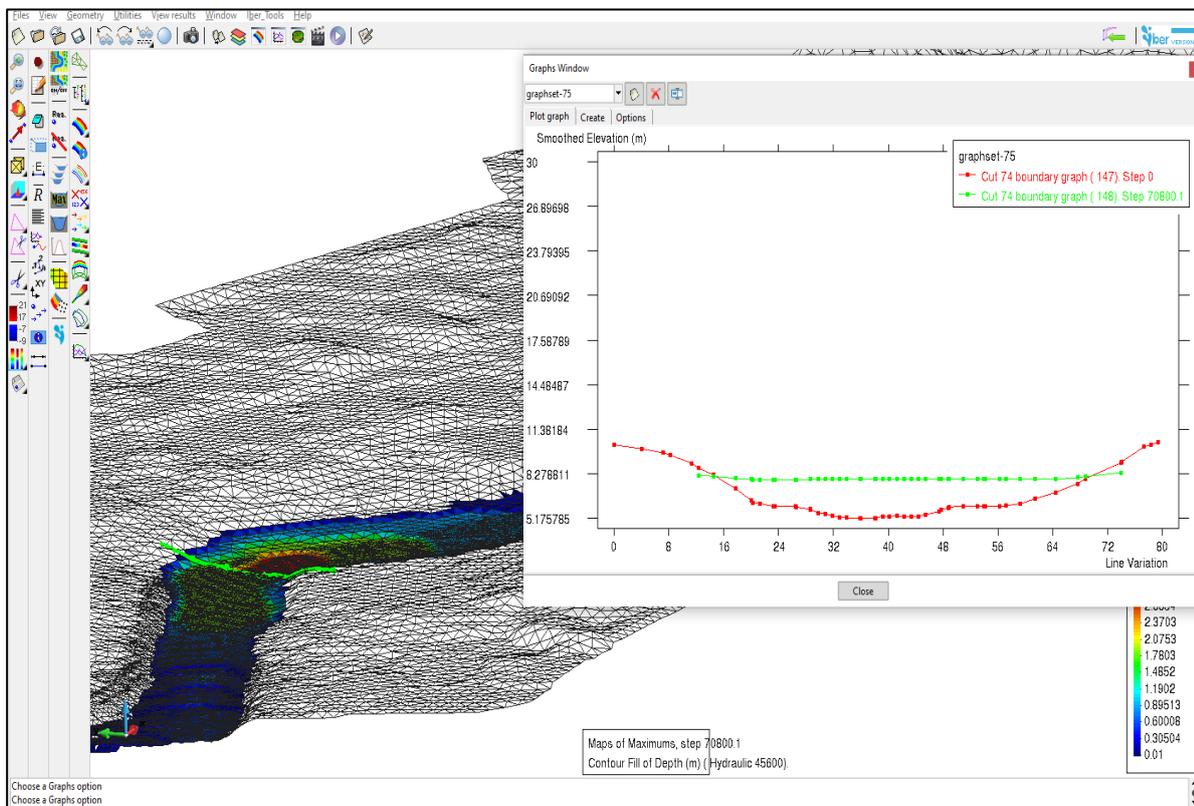
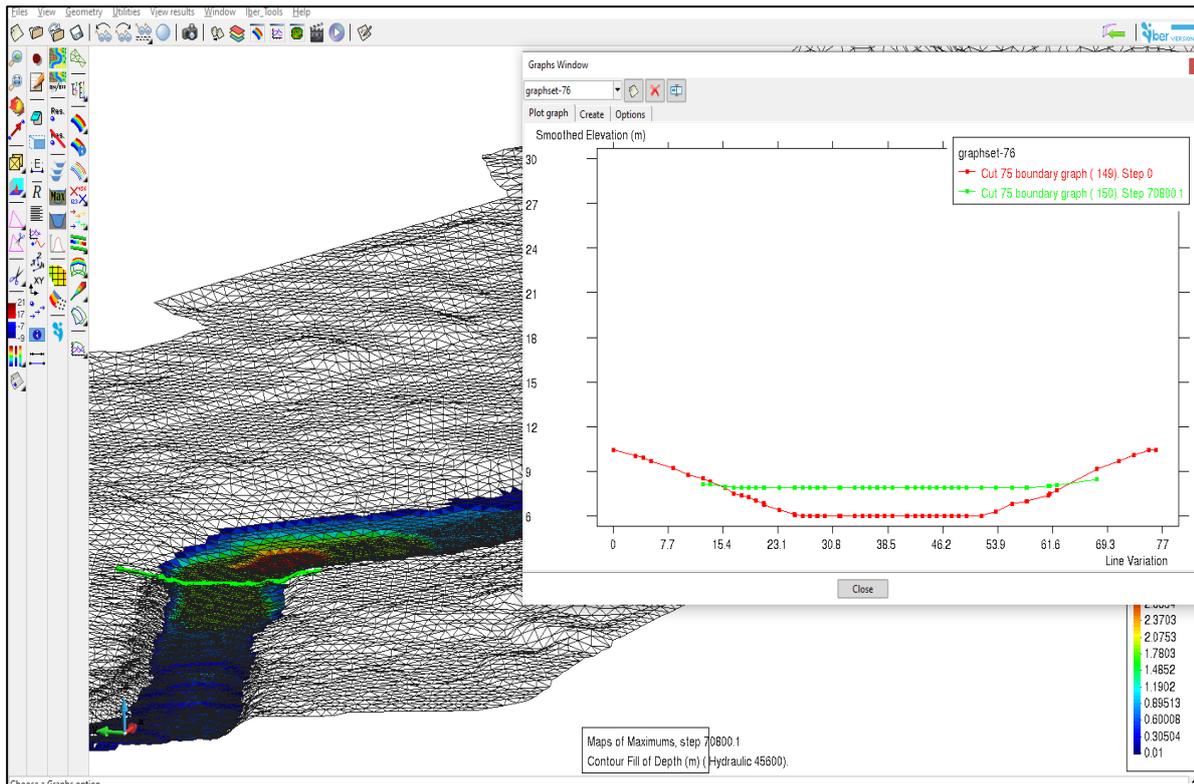
Anexo 6: Plano en planta de la zona en estudio

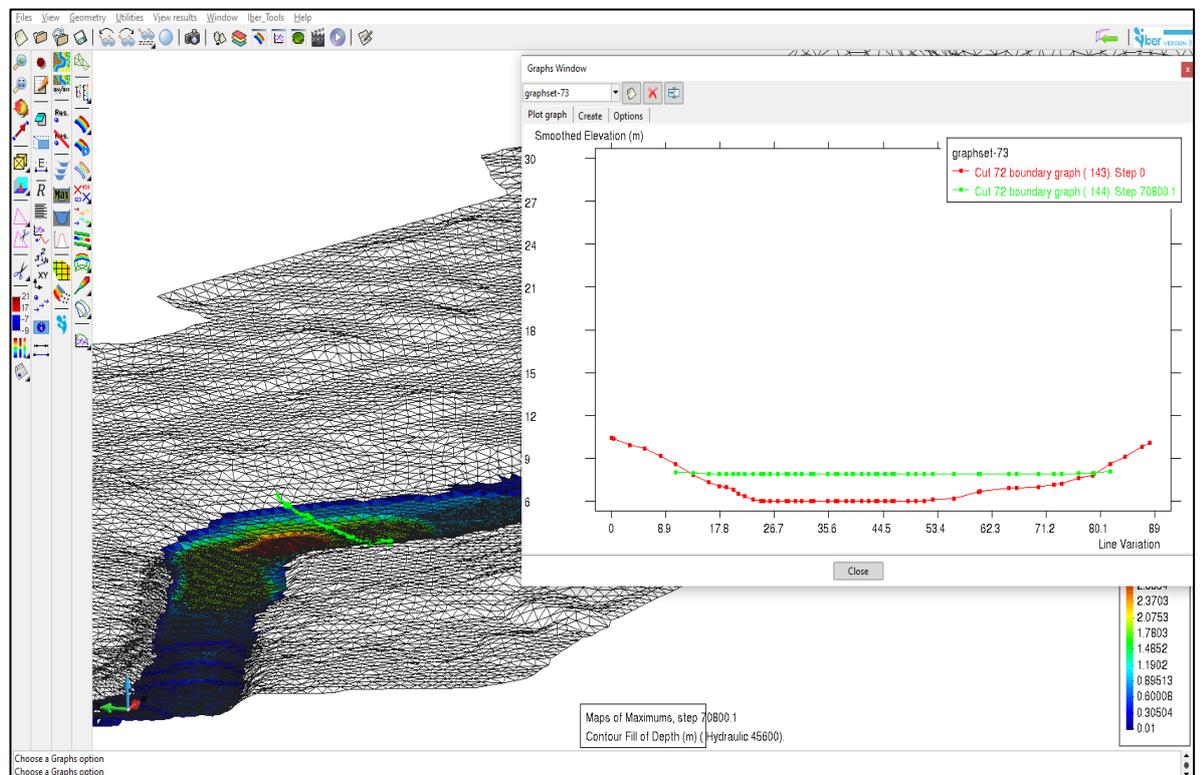
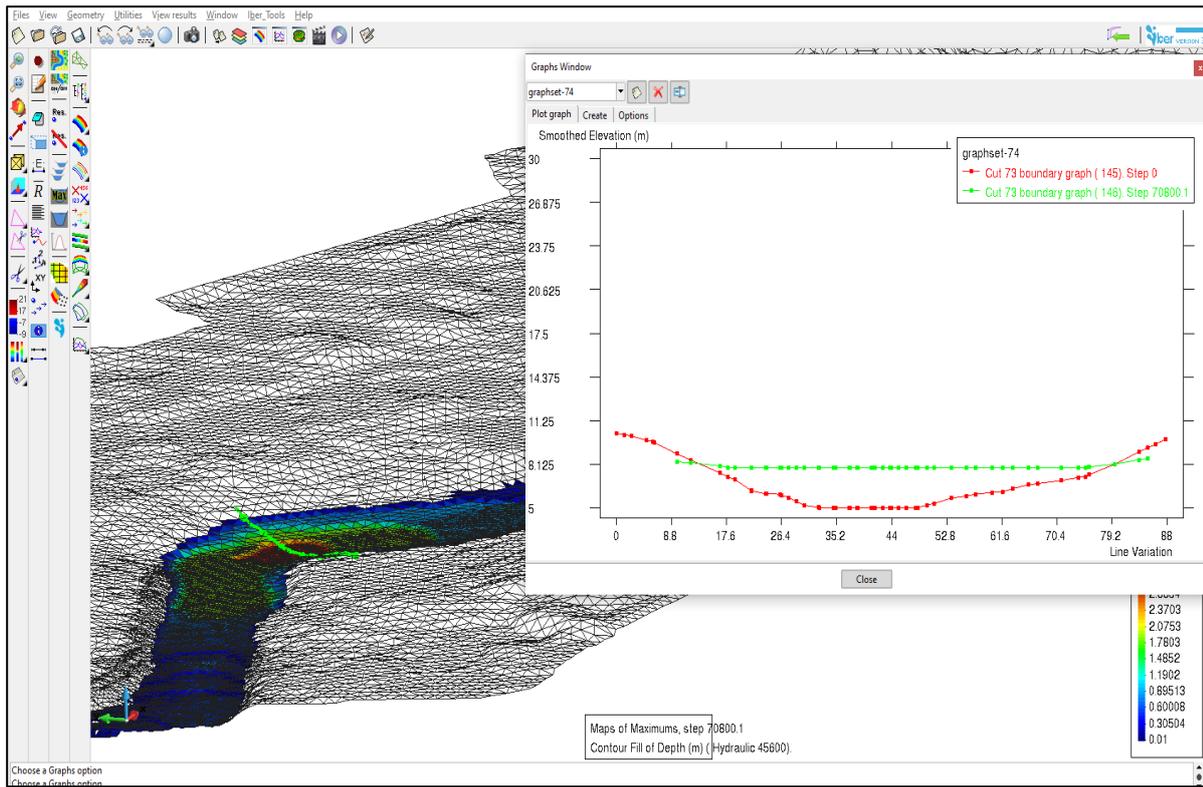


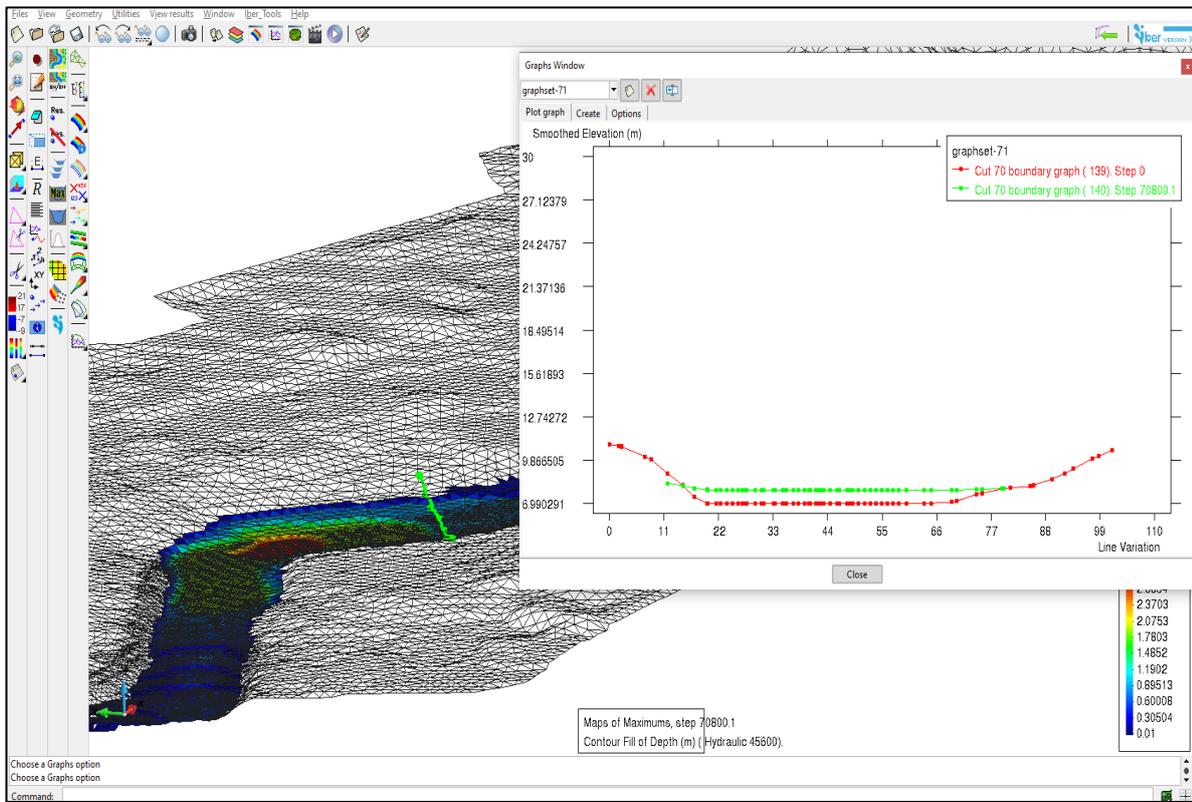
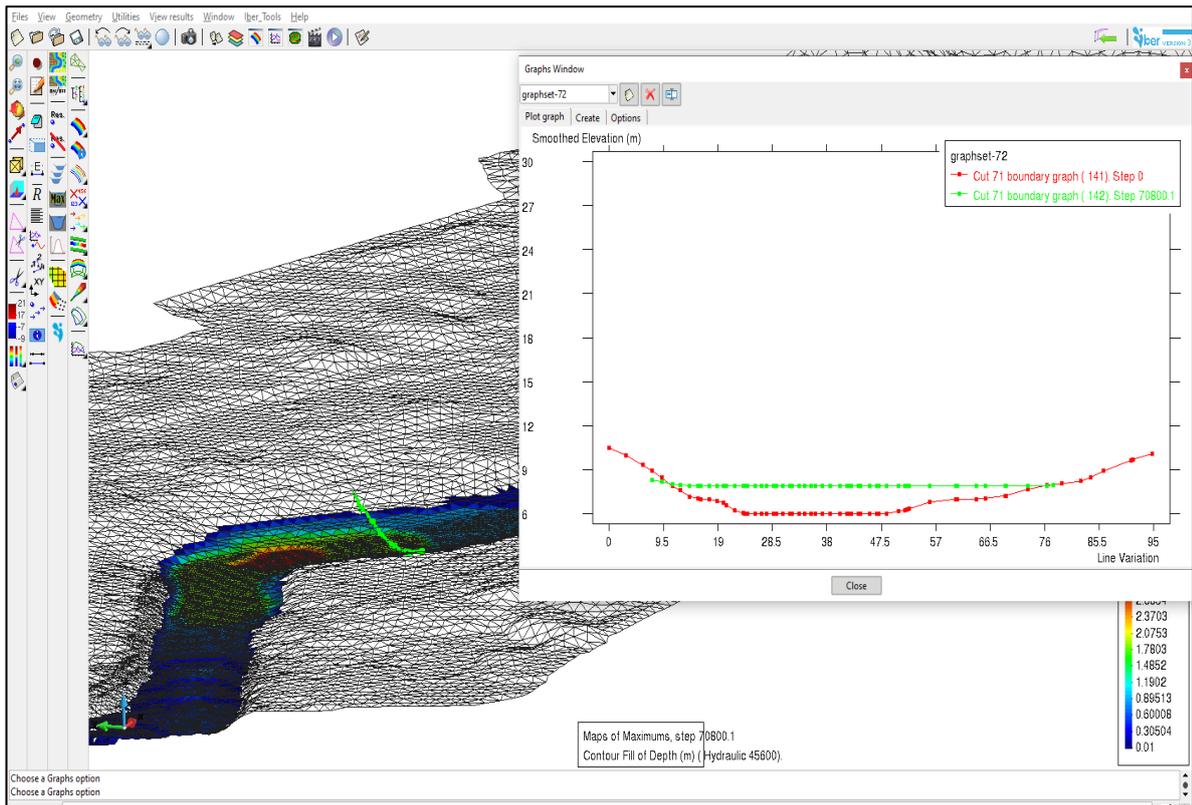
Anexo 7: Resultados del modelamiento en IBER y sus secciones sin estructura hidráulica



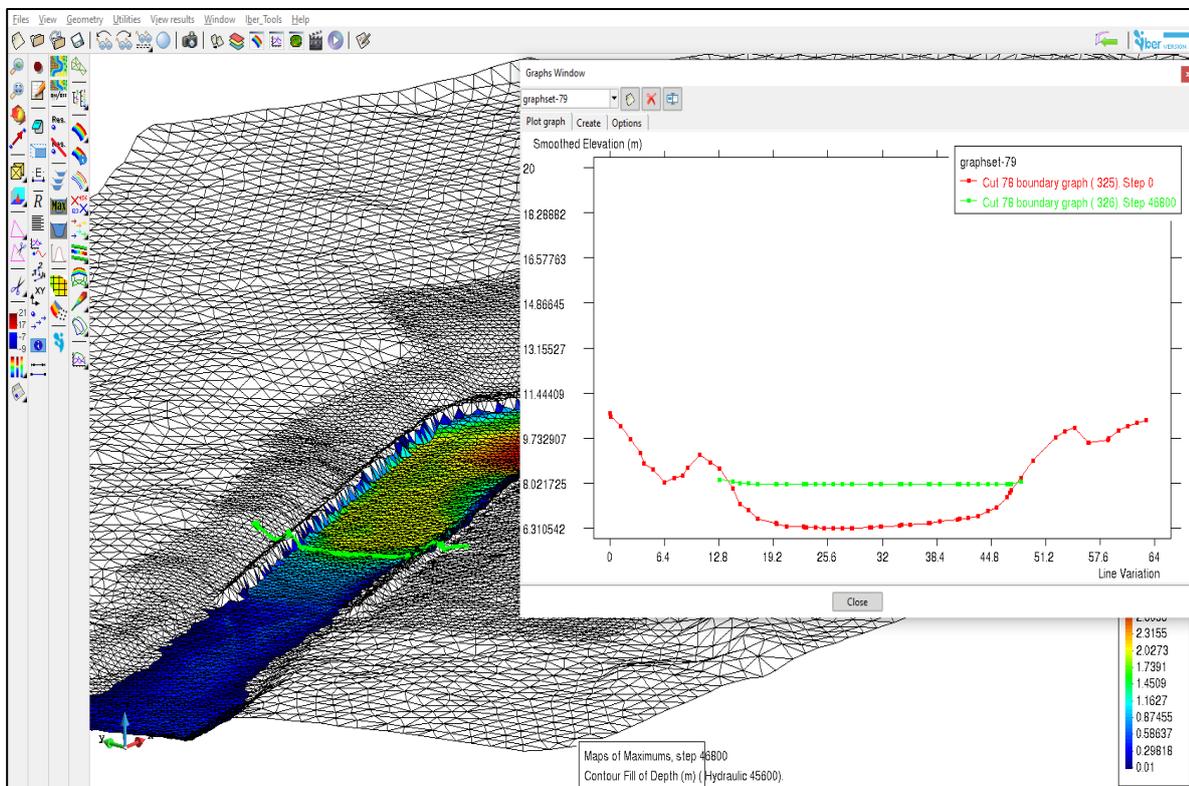
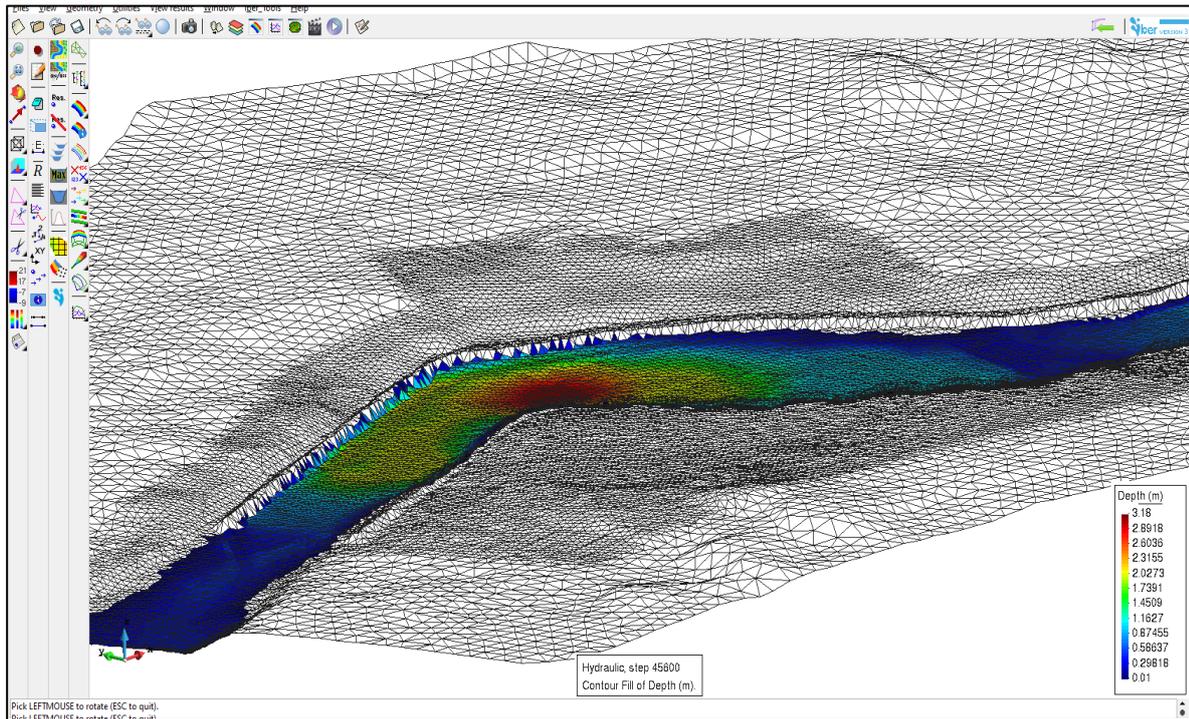


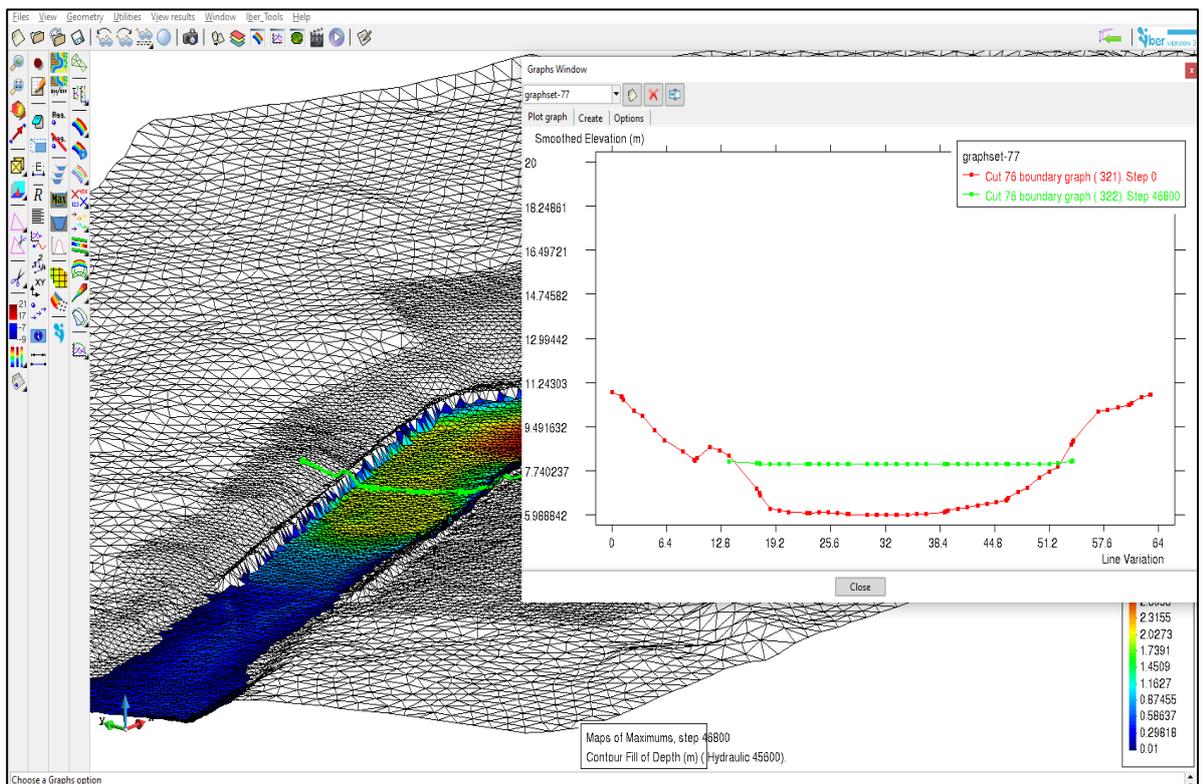
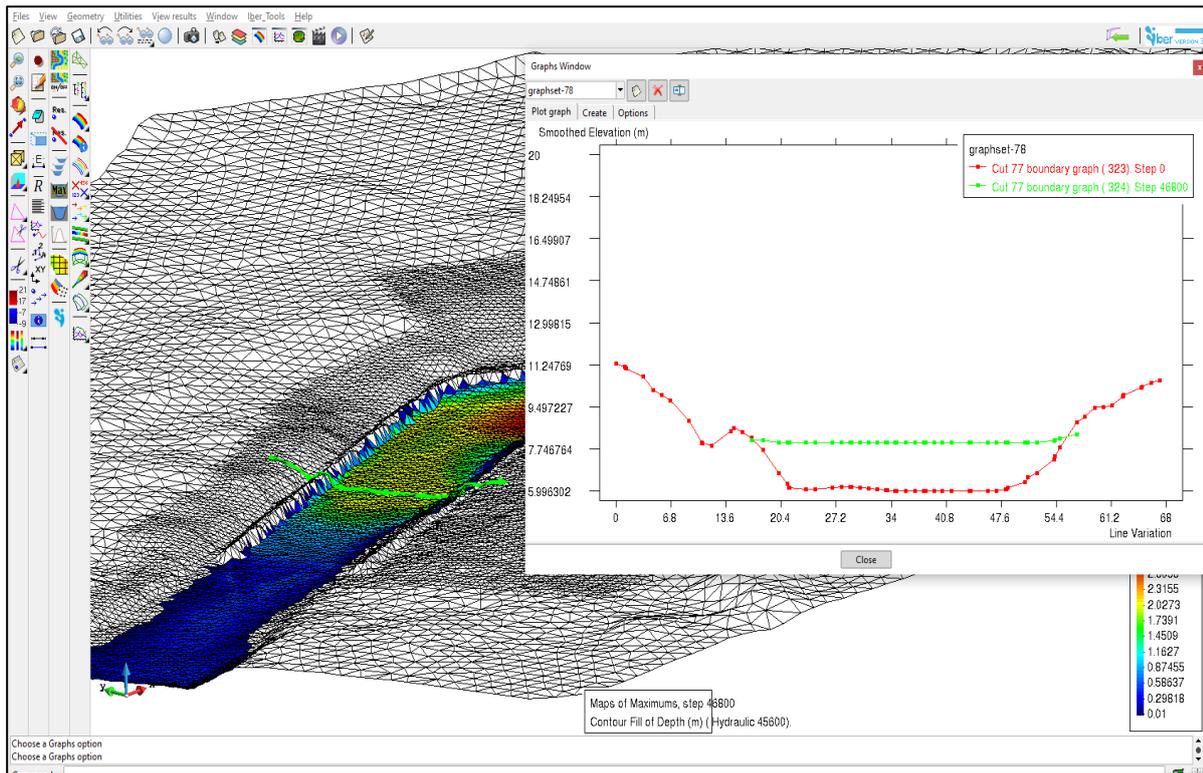


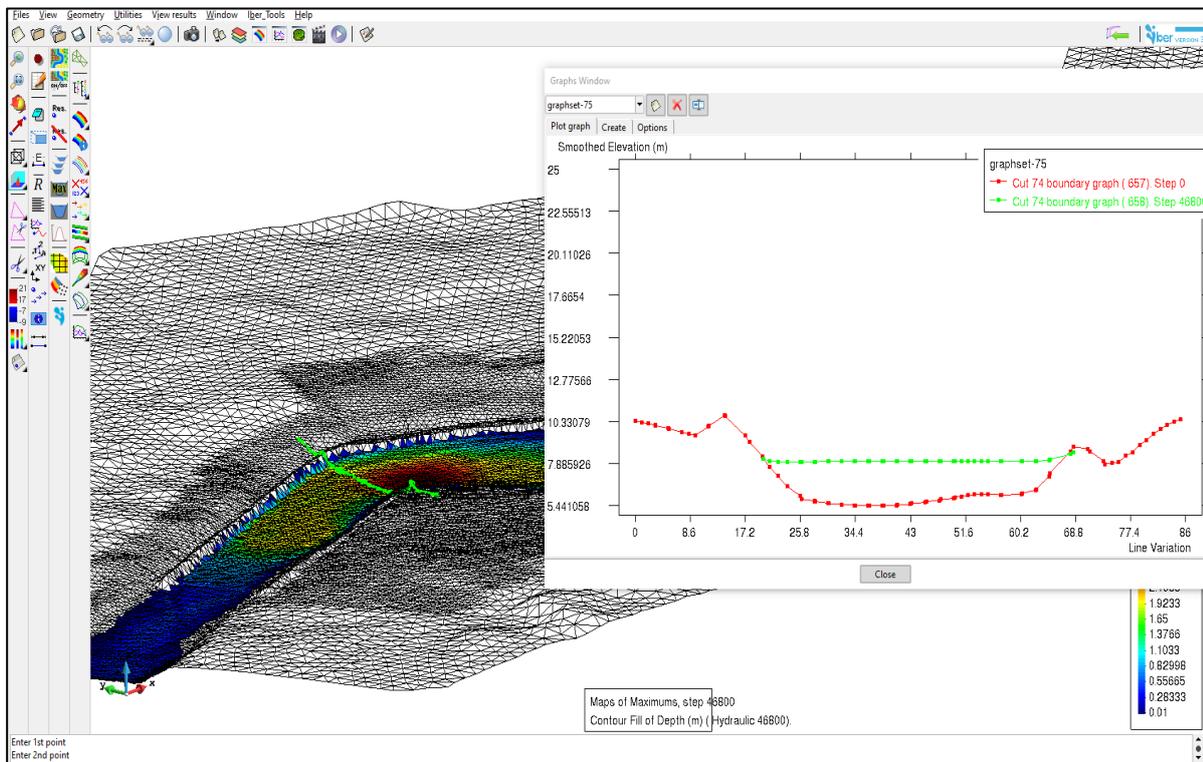
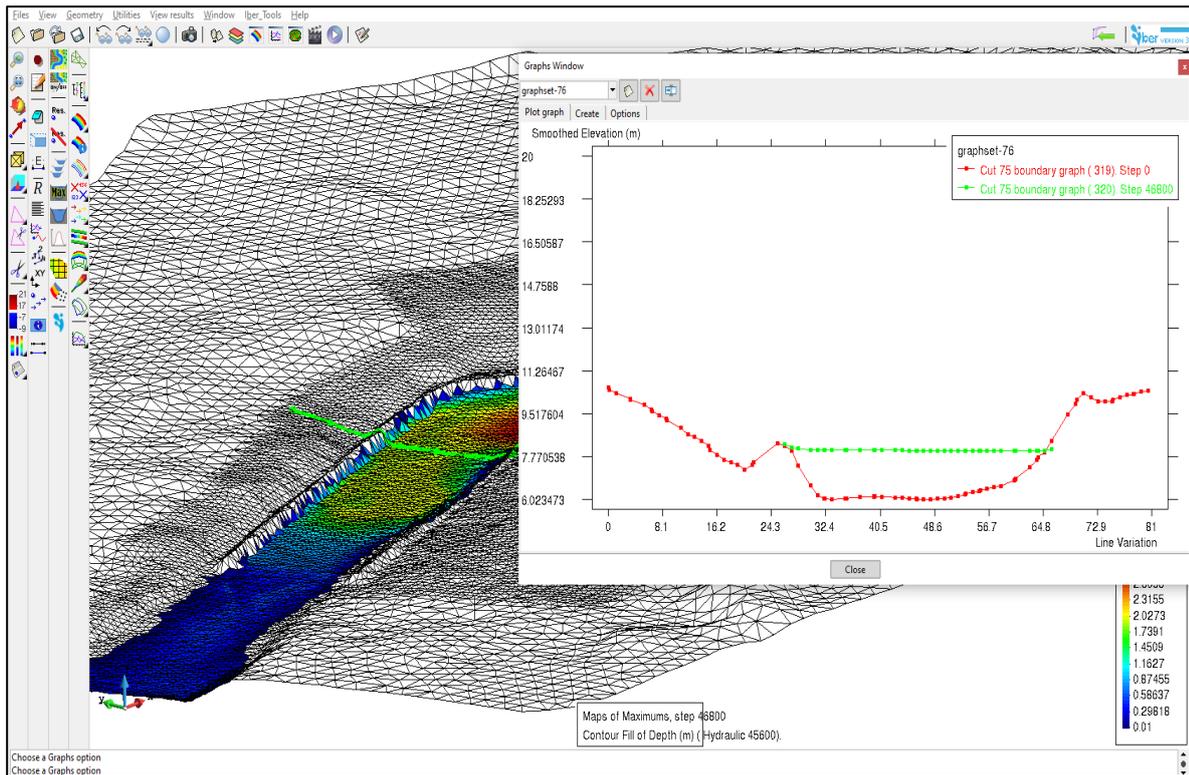


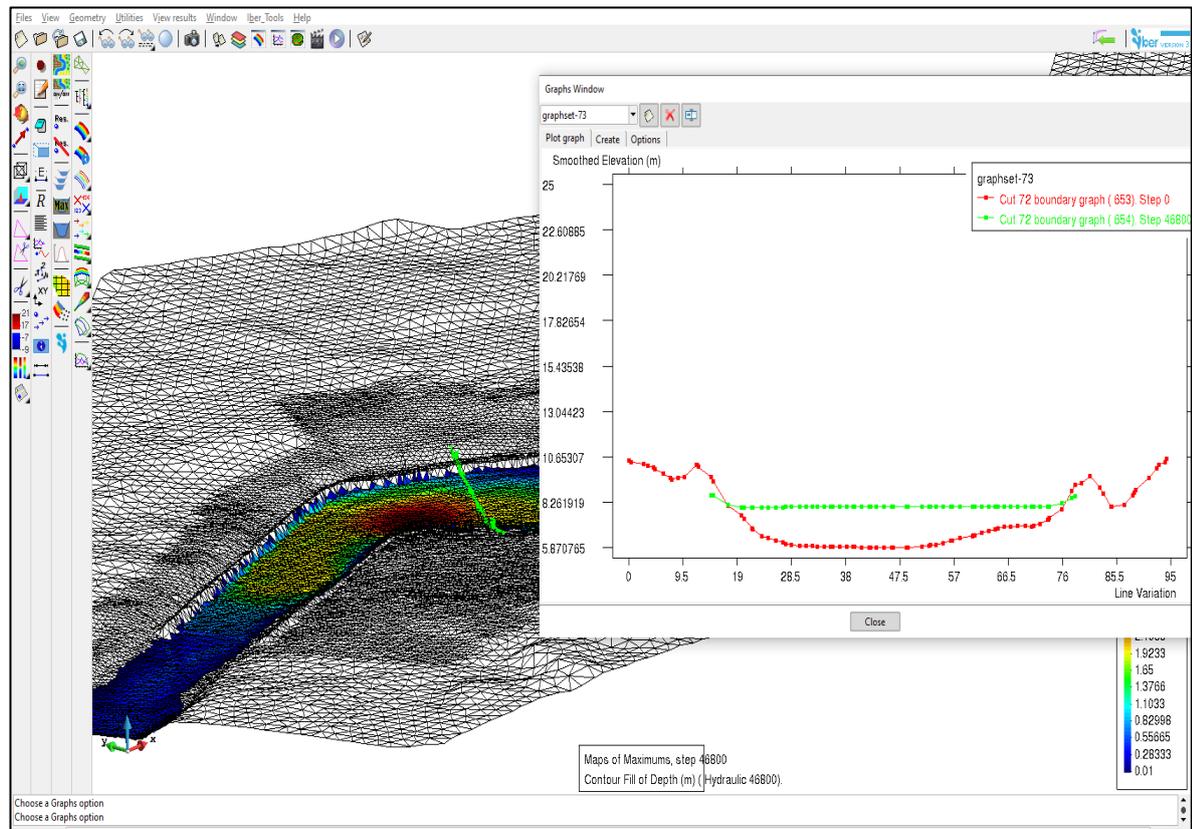
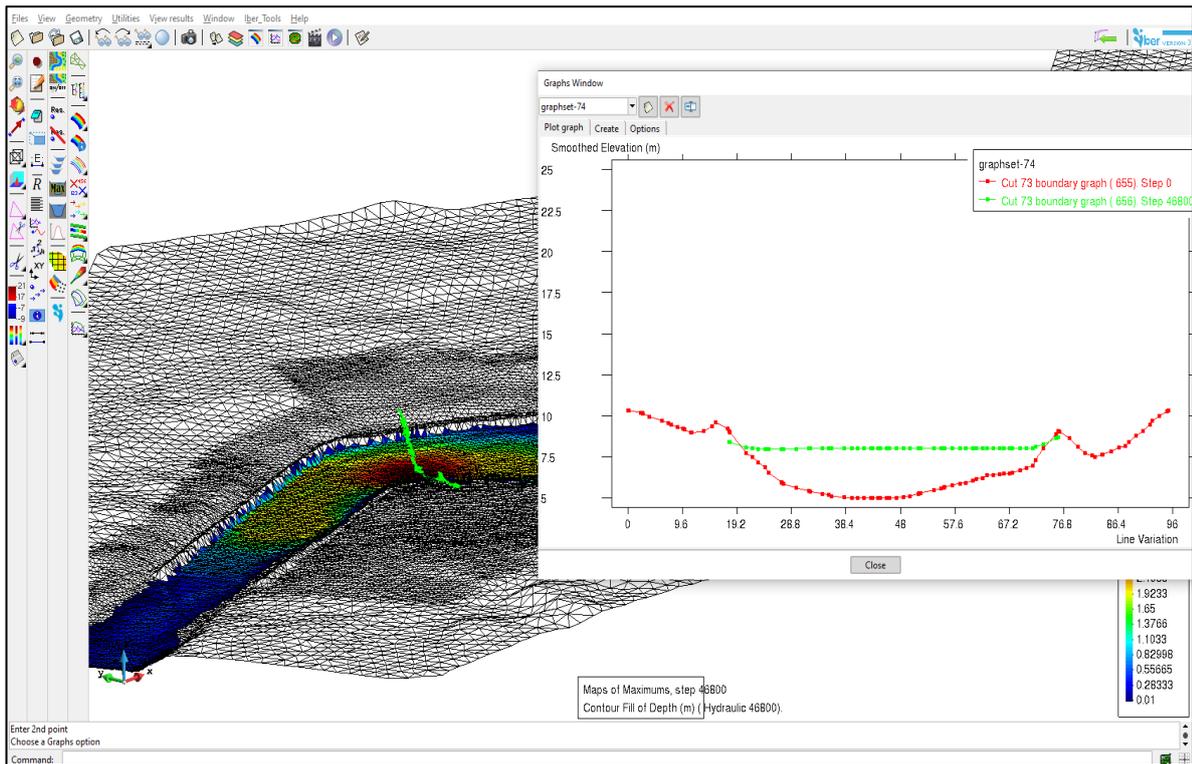


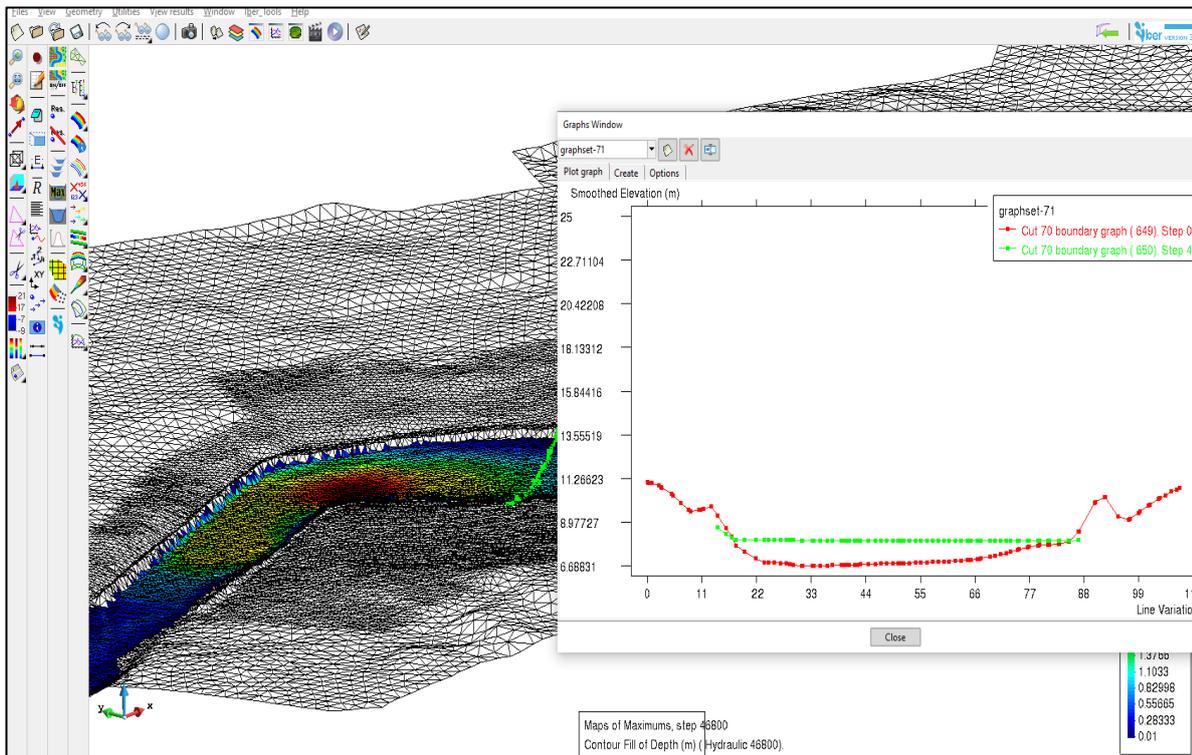
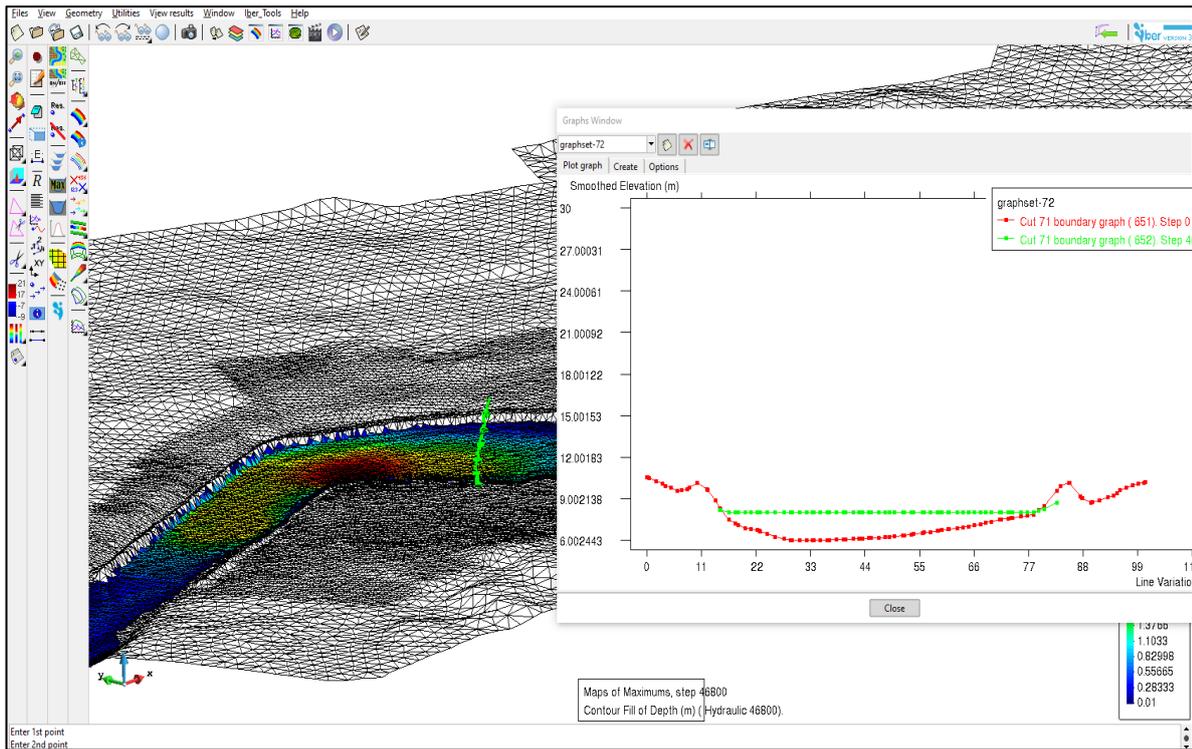
Anexo 8: Resultados del modelamiento en IBER y sus secciones con la estructura hidráulica



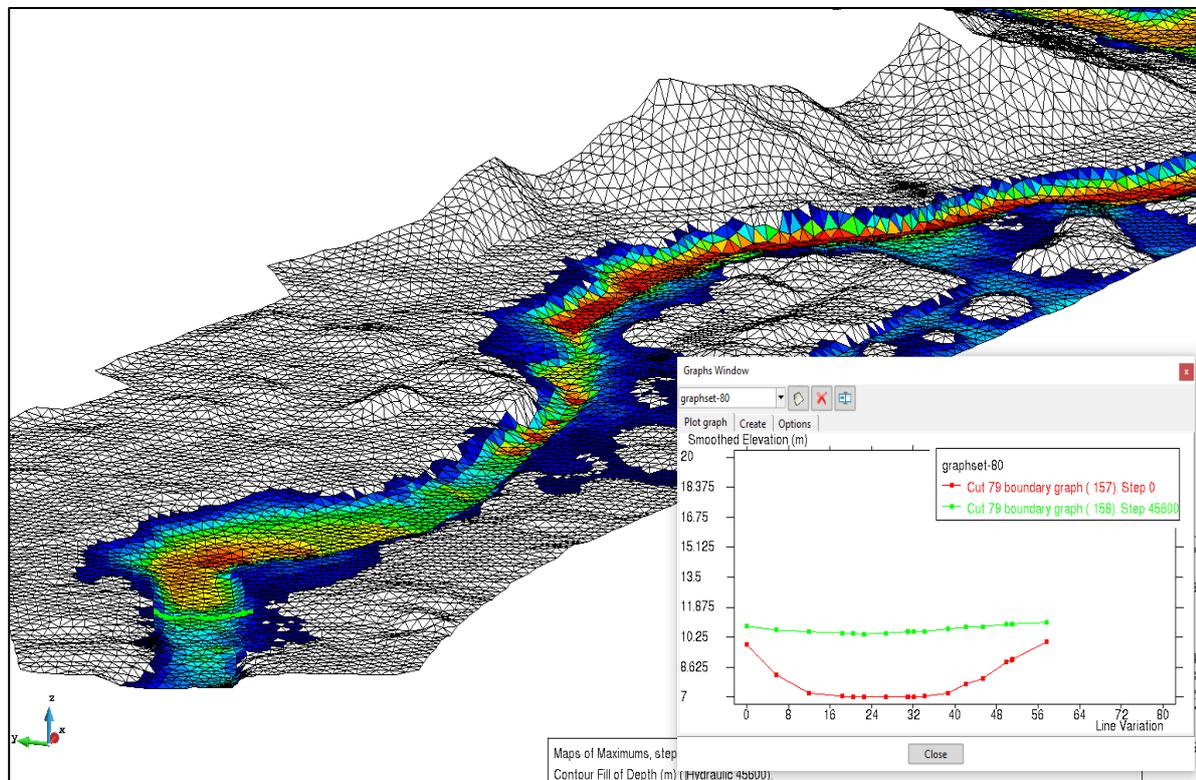
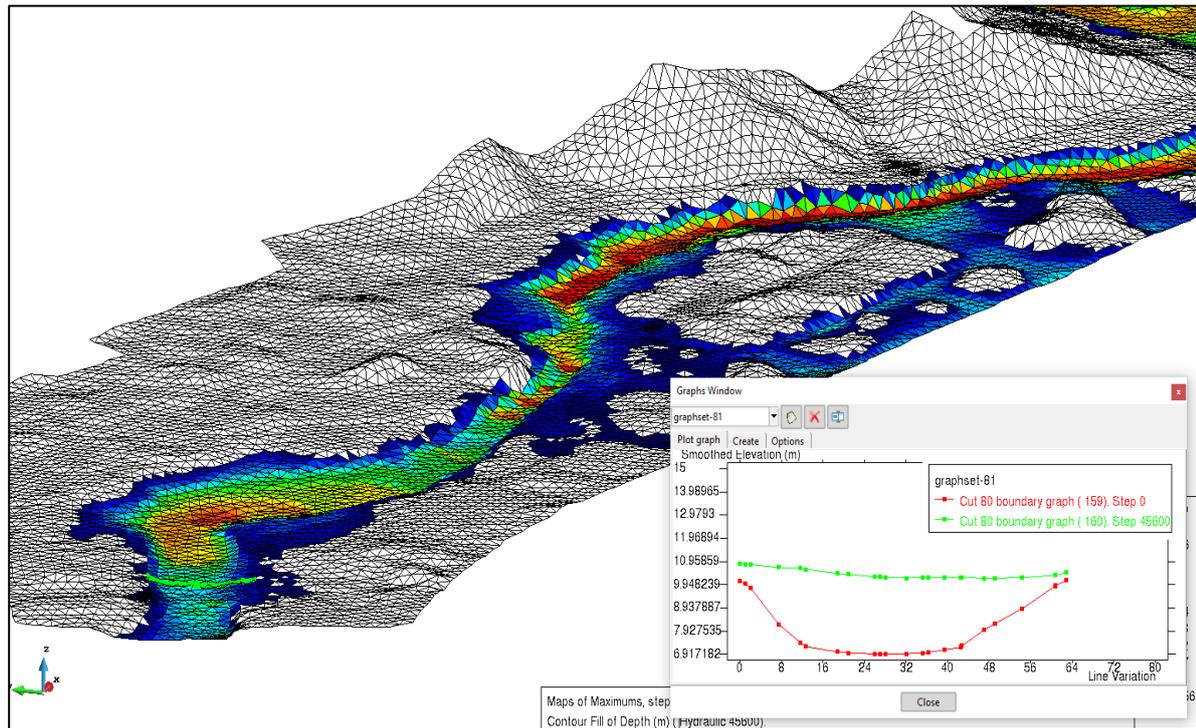


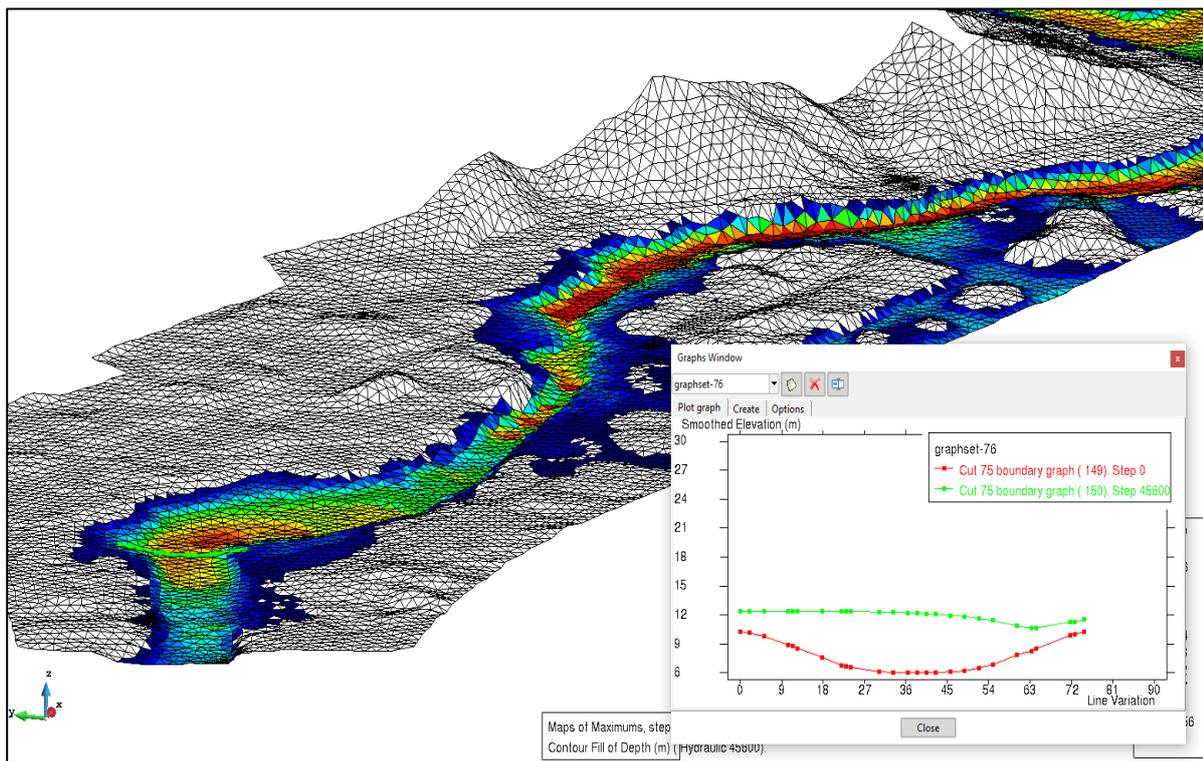
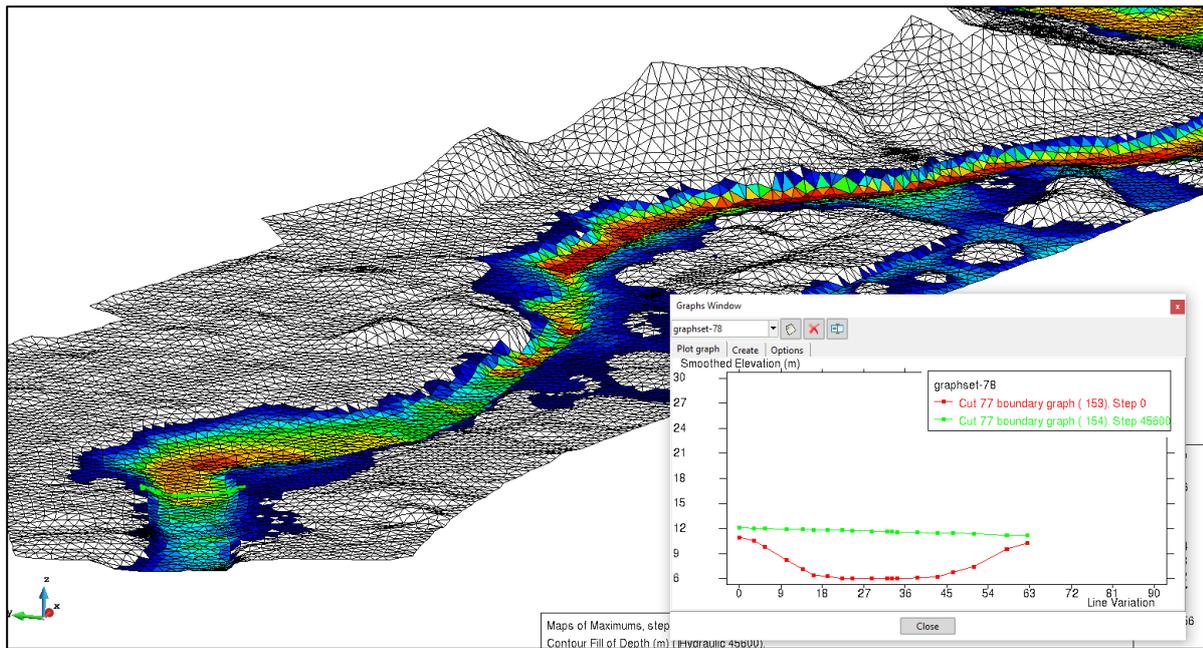


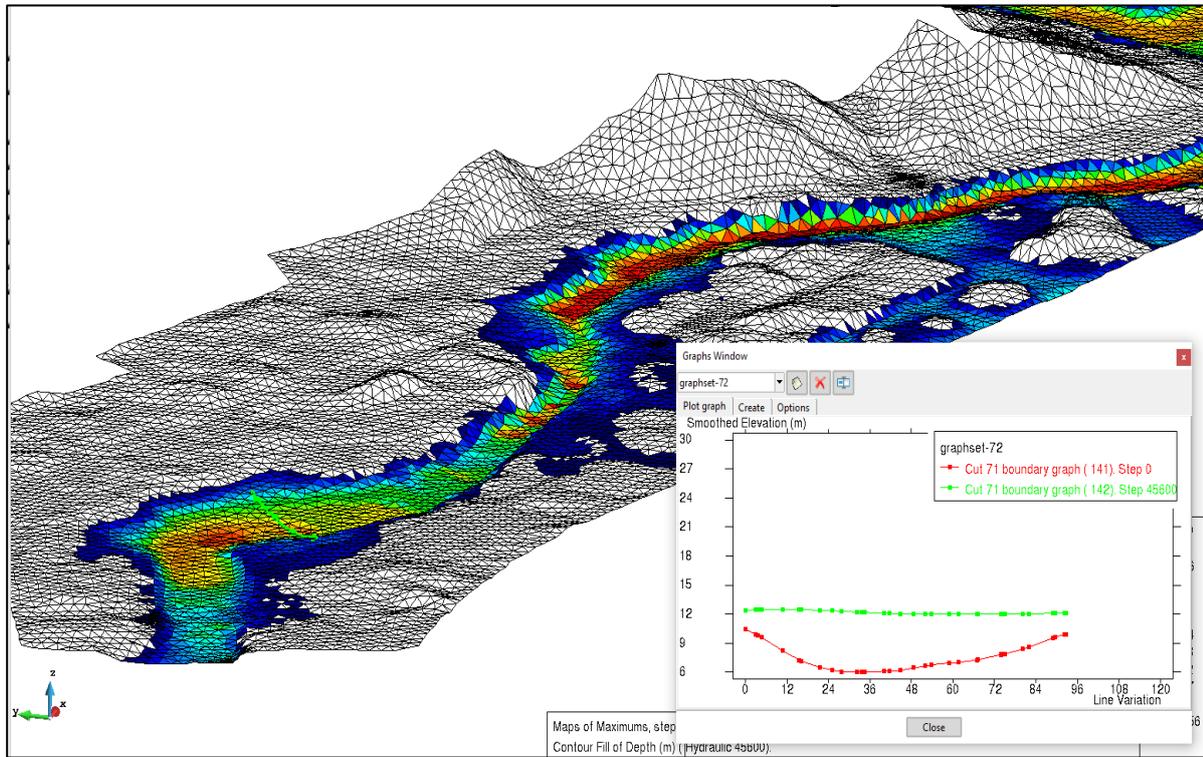
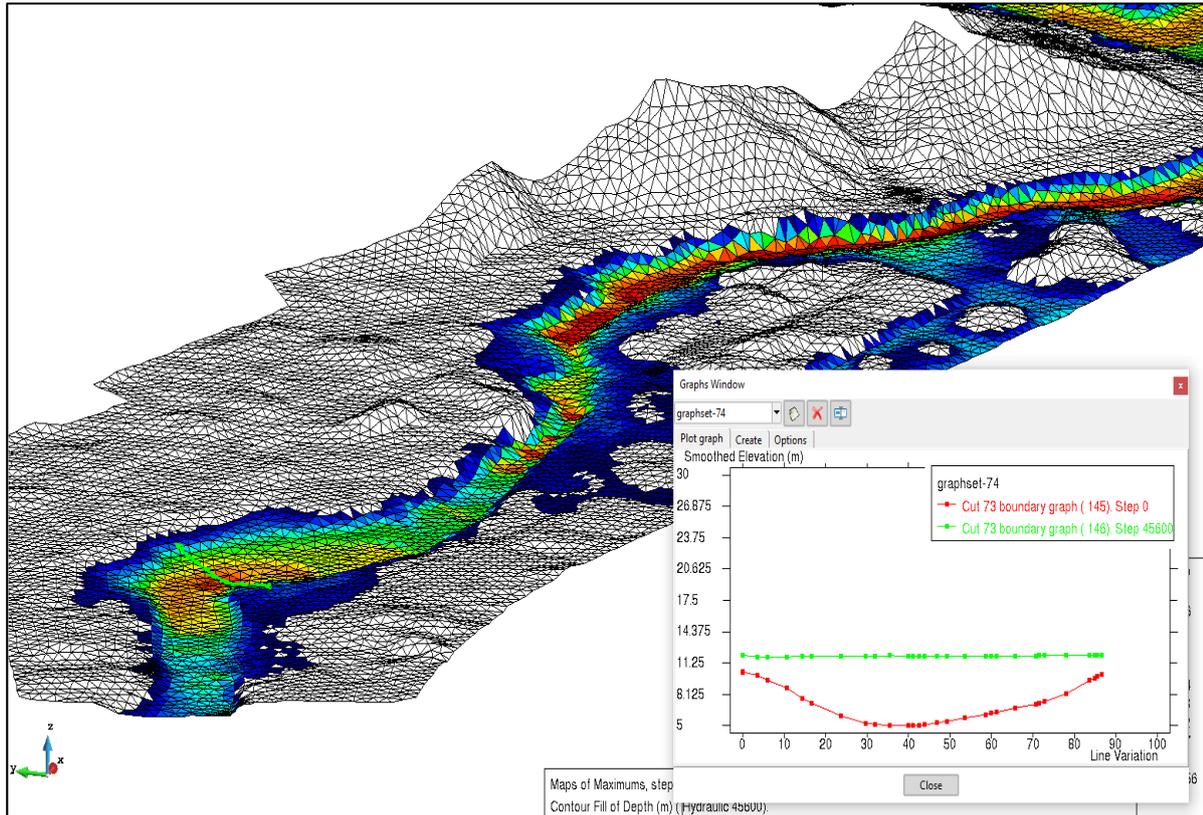




Anexo 9: Resultados del modelamiento en IBER para validar el evento extremo del FEN 83







Anexo 10. Ajustes estadísticos de probabilidades

Tabla 33

Ajustes estadísticos de probabilidades de la “Estación El Alto”

ESTACIÓN EL ALTO														
N	T	P(X≤t)	VALOR OBSERVADO		NORMAL		GUMBEL		LOGNORMAL		PEARSON III		LOGPEARSON III	
			P24	log(P24)	K _T	ESPERADO								
			1	63.00	1.59%	125.0	2.0969	2.1476	73.3	2.7741	87.7	2.1476	164.4	3.0775
2	31.50	3.17%	79.3	1.8993	1.8557	66.6	2.2274	75.1	1.8557	118.0	2.4032	79.2	1.6339	91.7
3	21.00	4.76%	64.7	1.8109	1.6684	62.3	1.9048	67.7	1.6684	95.4	2.0113	70.2	1.5017	79.0
4	15.75	6.35%	61.9	1.7917	1.5261	59.0	1.6740	62.4	1.5261	81.2	1.7341	63.8	1.3979	70.2
5	12.60	7.94%	57.8	1.7619	1.4094	56.3	1.4935	58.2	1.4094	71.1	1.5194	58.8	1.3105	63.5
6	10.50	9.52%	54.0	1.7324	1.3092	54.0	1.3446	54.8	1.3092	63.4	1.3441	54.8	1.2338	58.2
7	9.00	11.11%	53.8	1.7308	1.2206	52.0	1.2177	51.9	1.2206	57.4	1.1959	51.4	1.1648	53.9
8	7.88	12.70%	51.2	1.7093	1.1408	50.1	1.1067	49.3	1.1408	52.4	1.0675	48.4	1.1015	50.1
9	7.00	14.29%	49.5	1.6946	1.0676	48.4	1.0079	47.1	1.0676	48.2	0.9541	45.8	1.0426	46.9
10	6.30	15.87%	46.0	1.6628	0.9997	46.9	0.9186	45.0	0.9997	44.6	0.8526	43.5	0.9873	44.0
11	5.73	17.46%	44.0	1.6435	0.9361	45.4	0.8371	43.1	0.9361	41.5	0.7607	41.4	0.9348	41.5
12	5.25	19.05%	43.4	1.6375	0.8761	44.0	0.7619	41.4	0.8761	38.8	0.6766	39.4	0.8847	39.2
13	4.85	20.63%	40.0	1.6021	0.8192	42.7	0.6921	39.8	0.8192	36.4	0.5991	37.7	0.8366	37.1
14	4.50	22.22%	38.7	1.5877	0.7647	41.5	0.6268	38.3	0.7647	34.2	0.5273	36.0	0.7901	35.2
15	4.20	23.81%	36.7	1.5647	0.7124	40.3	0.5653	36.9	0.7124	32.2	0.4602	34.5	0.7450	33.4
16	3.94	25.40%	33.0	1.5185	0.6621	39.1	0.5071	35.5	0.6621	30.4	0.3974	33.0	0.7012	31.8
17	3.71	26.98%	32.9	1.5172	0.6133	38.0	0.4519	34.3	0.6133	28.8	0.3382	31.7	0.6583	30.3
18	3.50	28.57%	31.7	1.5011	0.5659	36.9	0.3992	33.1	0.5659	27.3	0.2823	30.4	0.6164	28.9
19	3.32	30.16%	30.8	1.4886	0.5198	35.8	0.3488	31.9	0.5198	25.9	0.2293	29.2	0.5752	27.6
20	3.15	31.75%	29.2	1.4654	0.4748	34.8	0.3004	30.8	0.4748	24.6	0.1788	28.0	0.5346	26.3
21	3.00	33.33%	29.0	1.4624	0.4307	33.8	0.2538	29.7	0.4307	23.4	0.1307	26.9	0.4945	25.2

22	2.86	34.92%	28.7	1.4579	0.3875	32.8	0.2088	28.7	0.3875	22.3	0.0847	25.8	0.4549	24.0
23	2.74	36.51%	26.0	1.4150	0.3449	31.8	0.1652	27.7	0.3449	21.2	0.0406	24.8	0.4156	23.0
24	2.63	38.10%	23.7	1.3747	0.3030	30.9	0.1229	26.7	0.3030	20.2	-0.0018	23.8	0.3766	22.0
25	2.52	39.68%	22.7	1.3560	0.2616	29.9	0.0818	25.8	0.2616	19.3	-0.0426	22.9	0.3378	21.1
26	2.42	41.27%	22.2	1.3464	0.2206	29.0	0.0417	24.8	0.2206	18.4	-0.0819	22.0	0.2991	20.2
27	2.33	42.86%	20.0	1.3010	0.1800	28.0	0.0026	23.9	0.1800	17.6	-0.1199	21.1	0.2605	19.3
28	2.25	44.44%	20.0	1.3010	0.1397	27.1	-0.0357	23.1	0.1397	16.8	-0.1567	20.3	0.2219	18.5
29	2.17	46.03%	19.8	1.2967	0.0996	26.2	-0.0733	22.2	0.0996	16.1	-0.1923	19.5	0.1833	17.7
30	2.10	47.62%	18.6	1.2695	0.0597	25.3	-0.1101	21.3	0.0597	15.4	-0.2269	18.7	0.1445	16.9
31	2.03	49.21%	18.2	1.2601	0.0199	24.3	-0.1464	20.5	0.0199	14.7	-0.2604	17.9	0.1055	16.2
32	1.97	50.79%	18.0	1.2553	-0.0199	23.4	-0.1821	19.7	-0.0199	14.0	-0.2931	17.1	0.0663	15.5
33	1.91	52.38%	17.9	1.2529	-0.0597	22.5	-0.2173	18.9	-0.0597	13.4	-0.3249	16.4	0.0268	14.8
34	1.85	53.97%	14.8	1.1703	-0.0996	21.6	-0.2521	18.1	-0.0996	12.8	-0.3559	15.7	-0.0130	14.1
35	1.80	55.56%	13.0	1.1139	-0.1397	20.7	-0.2866	17.3	-0.1397	12.2	-0.3862	15.0	-0.0533	13.5
36	1.75	57.14%	12.6	1.1004	-0.1800	19.7	-0.3208	16.5	-0.1800	11.7	-0.4158	14.3	-0.0941	12.9
37	1.70	58.73%	12.0	1.0792	-0.2206	18.8	-0.3548	15.7	-0.2206	11.2	-0.4448	13.6	-0.1355	12.3
38	1.66	60.32%	10.7	1.0294	-0.2616	17.9	-0.3886	14.9	-0.2616	10.7	-0.4731	13.0	-0.1776	11.7
39	1.62	61.90%	10.1	1.0043	-0.3030	16.9	-0.4223	14.2	-0.3030	10.2	-0.5009	12.4	-0.2204	11.2
40	1.58	63.49%	10.0	1.0000	-0.3449	15.9	-0.4560	13.4	-0.3449	9.7	-0.5282	11.7	-0.2641	10.6
41	1.54	65.08%	9.8	0.9912	-0.3875	15.0	-0.4896	12.6	-0.3875	9.2	-0.5550	11.1	-0.3088	10.1
42	1.50	66.67%	9.7	0.9868	-0.4307	14.0	-0.5234	11.8	-0.4307	8.8	-0.5814	10.5	-0.3545	9.6
43	1.47	68.25%	8.4	0.9243	-0.4748	13.0	-0.5572	11.1	-0.4748	8.4	-0.6073	9.9	-0.4014	9.1
44	1.43	69.84%	8.0	0.9031	-0.5198	11.9	-0.5913	10.3	-0.5198	8.0	-0.6329	9.3	-0.4497	8.6
45	1.40	71.43%	8.0	0.9031	-0.5659	10.9	-0.6257	9.5	-0.5659	7.5	-0.6581	8.7	-0.4995	8.1
46	1.37	73.02%	7.8	0.8921	-0.6133	9.8	-0.6605	8.7	-0.6133	7.2	-0.6830	8.2	-0.5511	7.7
47	1.34	74.60%	7.5	0.8751	-0.6621	8.6	-0.6958	7.9	-0.6621	6.8	-0.7076	7.6	-0.6046	7.2
48	1.31	76.19%	6.7	0.8261	-0.7124	7.5	-0.7317	7.0	-0.7124	6.4	-0.7320	7.0	-0.6604	6.8
49	1.29	77.78%	5.4	0.7324	-0.7647	6.3	-0.7683	6.2	-0.7647	6.0	-0.7561	6.5	-0.7187	6.3

50	1.26	79.37%	4.6	0.6628	-0.8192	5.0	-0.8058	5.3	-0.8192	5.7	-0.7801	5.9	-0.7800	5.9
51	1.24	80.95%	4.2	0.6232	-0.8761	3.7	-0.8444	4.4	-0.8761	5.3	-0.8039	5.4	-0.8447	5.5
52	1.21	82.54%	4.1	0.6128	-0.9361	2.3	-0.8842	3.5	-0.9361	5.0	-0.8276	4.8	-0.9136	5.1
53	1.19	84.13%	4.0	0.6021	-0.9997	0.9	-0.9257	2.6	-0.9997	4.6	-0.8511	4.3	-0.9872	4.7
54	1.17	85.71%	4.0	0.6021	-1.0676	-0.7	-0.9691	1.6	-1.0676	4.3	-0.8747	3.7	-1.0667	4.3
55	1.15	87.30%	3.8	0.5798	-1.1408	-2.4	-1.0149	0.5	-1.1408	3.9	-0.8983	3.2	-1.1533	3.9
56	1.13	88.89%	3.3	0.5185	-1.2206	-4.2	-1.0638	-0.6	-1.2206	3.6	-0.9219	2.7	-1.2491	3.5
57	1.11	90.48%	3.0	0.4771	-1.3092	-6.2	-1.1167	-1.8	-1.3092	3.2	-0.9457	2.1	-1.3566	3.1
58	1.09	92.06%	2.3	0.3617	-1.4094	-8.6	-1.1749	-3.2	-1.4094	2.9	-0.9697	1.6	-1.4801	2.7
59	1.07	93.65%	2.2	0.3424	-1.5261	-11.2	-1.2407	-4.7	-1.5261	2.5	-0.9940	1.0	-1.6264	2.3
60	1.05	95.24%	1.1	0.0414	-1.6684	-14.5	-1.3181	-6.5	-1.6684	2.2	-1.0186	0.4	-1.8084	1.8
61	1.03	96.83%	1.0	0.0000	-1.8557	-18.8	-1.4156	-8.7	-1.8557	1.7	-1.0437	-0.1	-2.0541	1.4
62	1.02	98.41%	0.0	#iNUM!	-2.1476	-25.5	-1.5583	-12.0	-2.1476	1.3	-1.0689	-0.7	-2.4508	0.9

Anexo 11. Cálculo de socavación

DETERMINACION DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION

TIPO DE CAUCE **2** (ver cuadro adjunto)

CAUCE	TIPO
SUELO COHESIVO	1
SUELO NO COHESIVO	2

A.- Cálculo de la socavación general en el cauce:

Hs = profundidad de socavación (m)

Qd = caudal de diseño

37.90 m³/seg

Be = ancho efectivo de la superficie de agua

20.00 m

Ho = tirante antes de la erosión

3.00 m

Vm = velocidad media en la sección

0.80 m/seg

μ = coeficiente de contracción. Ver tabla N° 1

1.00

γ_d = peso específico del suelo del cauce

2.40 Tn/m³

dm = diámetro medio

0.29 mm

x = exponente variable. Ver tabla N° 2

0.416

Tr = Periodo de retorno del gasto de diseño

100.00 años

β = coeficiente que depende de la frecuencia del caudal de diseño. Ver tabla N° 3

1.00

A = área de la sección hidráulica

47.38 m²

Hm = profundidad media de la sección

2.369 m

α =

0.450

Entonces,

$$Hs = 3.48 \text{ m}$$

ds = profundidad de socavación respecto al fondo del cauce

$$ds = 0.48 \text{ m}$$

Asumimos

$ds = 0.50 \text{ m}$

TABLA N° 1
COEFICIENTE DE CONTRACCION, μ

Velocidad media en la sección, en m / seg	Longitud libre entre dos estribos													
	10	13	16	18	21	25	30	42	52	63	106	124	200	
Menor de 1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.00	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.50	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00
2.00	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
2.50	0.90	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
3.00	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99
3.50	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99
4.00 o mayor	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99

TABLA N° 2
VALORES DE X PARA SUELOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS

SUELOS COHESIVOS		SUELOS NO COHESIVOS	
P. ESPECIFICO γ_d (Tn/m ³)	x	dm (mm)	x
0.80	0.52	0.05	0.43
0.83	0.51	0.15	0.42
0.86	0.50	0.50	0.41
0.88	0.49	1.00	0.40
0.90	0.48	1.50	0.39
0.93	0.47	2.50	0.38
0.96	0.46	4.00	0.37
0.98	0.45	6.00	0.36
1.00	0.44	8.00	0.35
1.04	0.43	10.00	0.34
1.08	0.42	15.00	0.33
1.12	0.41	20.00	0.32
1.16	0.40	25.00	0.31
1.20	0.39	40.00	0.30
1.24	0.38	60.00	0.29
1.28	0.37	90.00	0.28
1.34	0.36	140.00	0.27
1.40	0.35	190.00	0.26
1.46	0.34	250.00	0.25
1.52	0.33	310.00	0.24
1.58	0.32	370.00	0.23
1.64	0.31	450.00	0.22
1.71	0.30	570.00	0.21
1.80	0.29	750.00	0.20
1.89	0.28	1000.00	0.19
2.00	0.27		

TABLA N° 3
VALORES DEL COEFICIENTE β

Periodo de retorno del gasto de diseño (años)	Coficiente β
2	0.82
5	0.86
10	0.90
20	0.94
50	0.97
100	1.00
500	1.05

Anexo 12. Imágenes recientes de la quebrada Yale actualizadas a enero del 2024







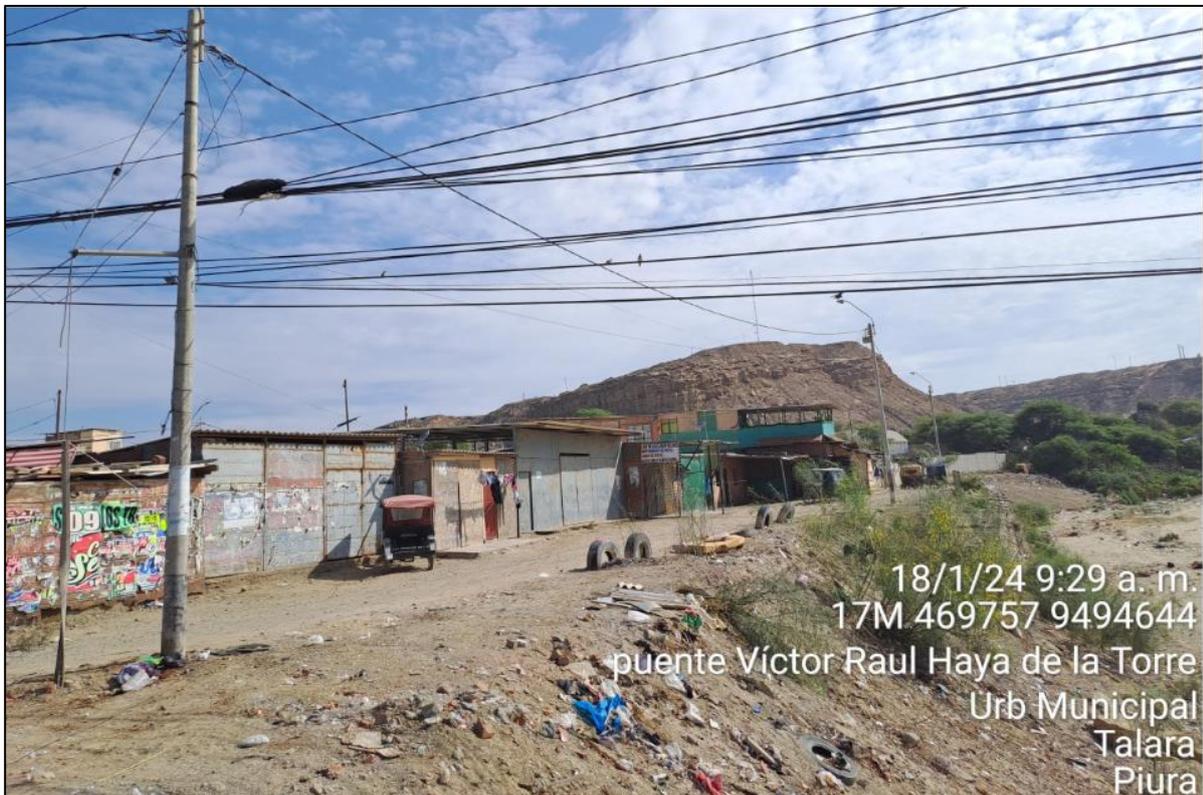
18/1/24 9:28 a. m.
17M 469770 9494612
Talara
Piura



18/1/24 9:17 a. m.
17M 469656 9494583
Talara
Piura



18/1/24 9:33 a. m.
17M 469831 9494675
Talara
Piura



18/1/24 9:29 a. m.
17M 469757 9494644
puente Víctor Raul Haya de la Torre
Urb Municipal
Talara
Piura

