

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**Descripción del Modelamiento de Inundación
Bidimensional, para propuesta de diseño de Defensa
Ribereña en la Cuenca Tinkuy, Ayacucho, 2022-2023**

PRESENTADO POR:

Bach. Jose Luis MARCELO GAMBOA

ASESOR:

Msc. Ing. Jaime Leonardo BENDEZÚ PRADO

Para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

AYACUCHO-PERÚ

2023

Resumen

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo realizar el análisis del estudio hidrológico e hidráulico del Río Tinkuy para el control de inundación producida por la crecida de agua que causa el río tinkuy, las cuáles afectan al sector Cuchipampa en el distrito de LLochegua, provincia de Huanta departameto de Ayacucho. Para ello se realizaron estudios topográficos, estudios hidrológicos e hidráulicos en el tramo de la cuenca del río tinkuy,

Para el presente trabajo se recopilamos informaciones diversas, para la obtención de datos de la zona de estudio se realizó una visita al campo de estudio, la información pluviométrica utilizada para el trabajo de investigación proviene de los datos de la fuente Pisco SENAMHI versión libre. El estudio hidrológico e hidráulico, nos permitió determinar los parámetros morfológicos de la zona con el software ArcGIS v10.5. de la cuenca del río Tinkuy, así como las características hidráulicas de los tramos de estudio, como son: velocidad, esfuerzo de corte, tirante y caudal. Los diferentes modelamientos hidráulicos se realizaron con la ayuda del programa HEC HMS 4.5, IBER v. 2.5.2, y HEC-RAS 5.0.7 a nivel de flujo permanente gradualmente variado bidimensional y unidimensional. Así concluyendo el proyecto de investigación evaluando propuestas de solución como por ejemplo la construcción de defensa ribereña ya sea tipo enrocado, muro de concreto o gavión.

Palabras clave: Control de inundación, hidrología, hidráulica, caudal, defensa ribereña.

Abstract

The objective of this research project is to control the flooding produced by the rising water caused by the tinkuy river, which affects the Cuchipampa sector in the district of LLochegua, province of Huanta, department of Ayacucho. To do this, topographic studies and studies were carried out. hydrological and hydraulic systems in the section of the tinkuy river basin,

For the present work, various information was collected, to obtain data from the study area, a visit to the study field was made, the rainfall information used for the research work comes from the data from the Pisco SENAMHI free version source. hydrological and hydraulic study, allowed us to determine the morphological parameters of the area with the ArcGIS software v10.5. of the Tinkuy river basin, as well as the hydraulic characteristics of the study sections, such as: speed, shear stress, tension and flow. The different hydraulic modeling were carried out with the help of the HEC HMS 4.5 program, IBER v. 2.5.2, and HEC-RAS 5.0.7 at the two-dimensional and one-dimensional gradually varied steady flow level.

Thus concluding the research project evaluating solution proposals such as the construction of riparian defense either rock type, concrete wall or gabion.

Keywords: Flood control, hydrology, hydraulics, flow, riparian defense .

Introducción

Las altas llanuras de inundación que atraviesan la cuenca del río Tinkuy en tiempos de inundación han hecho que los márgenes del río Tinkuy sean vulnerables a las inundaciones, lo que ha dado lugar a importantes pérdidas agrícolas y erosión, lo que ha puesto a los lugareños en una situación económica crítica y grave .

A través de la recogida de datos, se desarrollarán métodos para el desarrollo de esta investigación que proporcionan posibles soluciones al problema de las inundaciones del río Tinkuy en el área de estudio.

A continuación presentaremos un breve resumen de cada capítulo que se desarrolló en la tesis.

- **Capítulo I: Planteamiento del problema.** Descripción del problema, formulación del problema, justificación e importancia de la investigación, objetivos, hipótesis.
- **Capítulo 2: Marco Teórico.** Se desarrolla antecedentes, Base teórico ,Marco Conceptual .
- **Capítulo 3: Metodología de Investigación.** Enfoque, Alcance, Diseño de investigación ,Población y Muestra, Hipotesis ,Operacionalización de variables ,Técnicas e Instrumentos, Desarrollo del trabajo de tesis.
- **Capítulo 4: Análisis de resultado de la investigación.** Análisis de resultados, herramienta de evaluación software HEC HMS 4.5, IBER v. 2.5.2, y HEC-RAS 5.0.7. para determinar el comportamiento hidrológico e hidráulico.
- **Conclusiones y recomendaciones.** Presentamos las conclusiones de la investigación y la recomendación en relación a los objetivos planteados.
- **Referencias bibliográficas.** Presentamos información de los materiales consultados, citados durante el desarrollo de la tesis.
- **Anexos.**

Al Dios altísimo por darme la vida.

A mis padres Leandro Marcelo López y Julia Gamboa Suarez, por su apoyo incondicional en las buenas y en las malas y me motivan a ser mejor cada día, por dar todo de su esfuerzo en poder brindarme la oportunidad de superarme, a mi hijo Luis Álvaro y a mis hermanos Russel y Liseth por la motivación y palabras de aliento. Y, a quien me enseñó que la manera de lograr y cumplir los objetivos es con mucho esfuerzo y dedicación, mi querido tío Juan Gualberto Gamboa Suarez (QEPP)..

Agradecimientos

A mi alma mater la Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga y a todos los docentes de la escuela de Ingeniería Civil por contribuir en mi formación académica e impartir conocimientos para mi formación profesional.

Al Msc. Ing. Jaime Leonardo, BENDEZÚ PRADO, asesor de la presente tesis, por sus sugerencias, recomendaciones, apreciaciones y por brindarme la información necesaria para la formulación del presente trabajo de investigación..

A mis jurados el Msc. Ing. Hermes, QUISPE CUADROS y Msc. Ing. Carlos Edwin, GARCÍA SAEZ, por todo el apoyo y consejos brindados durante la revisión de este trabajo de Investigación.

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
Ayacucho, 2023

José Luis MARCELO GAMBOA

Índice general

Resumen	i
Introducción	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Índice de figuras	ix
Índice de tablas	xiv
Glosario	xvi
Acrónimos	xviii
Símbolos	xix
1 Planteamiento del problema	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Delimitación del problema	2
1.2.1 Espacial	2
1.2.2 Temporal	3
1.2.3 Temática y unidad de análisis	3
1.3 Formulación del problema	3
1.3.1 Problema general	3
1.3.2 Problemas específicos	3
1.4 Justificación e importancia	3
1.4.1 Justificación	3
1.4.2 Importancia	4
1.5 Limitaciones o restricciones	4
1.6 Objetivos	4
1.6.1 Objetivo general	4
1.6.2 Objetivos específicos	5
2 Marco teórico	6
2.1 Antecedentes	6
2.1.1 Investigaciones internacionales.	6

2.1.2	Investigaciones nacionales	7
2.2	Bases teóricas	8
2.2.1	Estudio Hidrológico	8
2.2.2	Cuenca Hidrográfica	8
2.2.2.1	Elementos de las Cuencas	9
2.2.2.2	Clasificación de Cuencas	9
2.2.2.3	Características físicas de la Cuenca	10
2.2.2.4	Parámetros de relieve	12
2.2.2.5	Parámetros de la red hidrográfica de la cuenca	12
2.2.2.6	Precipitación	12
2.2.3	Inundación	12
2.2.3.1	Causas de las inundaciones	12
2.2.3.2	Tipos de inundaciones	13
2.2.3.3	Control de inundaciones	13
2.2.3.4	Área inundable	14
2.2.3.5	Medidas de control	14
2.2.4	Defensa Ribereña	14
2.2.4.1	Clasificación de los tipos de defensa	15
2.2.4.2	Mecanismos de aprendizaje	20
2.2.5	Marco conceptual	20
2.2.5.1	Hidrología	20
2.2.5.2	Cuenca	20
2.2.5.3	Hidráulica	20
2.2.5.4	Caudal	20
2.2.5.5	Caudal Máximo	21
2.2.5.6	Periodo de retorno	21
2.2.5.7	Inundación	21
2.2.5.8	Precipitación	21
2.2.5.9	Tirante de Máxima Avenida	21
2.2.5.10	ArcGIS	21
2.2.5.11	Hec Ras	21
3	Método de la investigación	22
3.1	Enfoque.	22
3.2	Alcance	22
3.3	Diseño de investigación	22
3.4	Población y muestra	22

3.4.1	Población	22
3.4.2	Muestra	22
3.5	Hipótesis	23
3.5.1	Hipótesis general	23
3.5.2	Hipótesis específicas	23
3.6	Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional	23
3.6.1	Variables e indicadores	23
3.6.1.1	Variable Independiente	23
3.6.1.2	Variable Dependiente	23
3.7	Técnicas e instrumentos	24
3.7.1	Técnicas	24
3.7.1.1	La técnica del análisis documental	24
3.7.2	Instrumentos	24
3.8	Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información	25
3.9	Desarrollo del trabajo de tesis	26
3.9.1	Área de estudio	26
3.9.2	Métodos de las abstracciones SCS	42
3.9.2.1	Abstracciones de precipitaciones	42
3.9.2.2	Número de curva (CN)	43
3.9.2.3	Obtención de Land use y Land Cover	44
3.9.2.4	Área de estudio	44
3.9.2.5	Modelamiento hidrológico con HEC-HMS	48
3.9.2.6	Modelamiento hidrológico con HEC-HMS para el río Sabogato	74
3.9.2.7	Modelamiento bidimensional con IBER	76
4	Resultados	82
4.1	Resultados para la generación de caudales utilizando HEC-HMS V.4.11 beta8 para un TR=100 años	82
4.1.1	Resultados Hidráulicos con modelamiento bidimensional de Iber	88
4.1.2	Resultados Hidráulicos con HEC RAS bidimensional	88
4.1.3	Propuesta de diseño a nivel conceptual de posibles soluciones	97
5	Conclusiones	104
	Conclusiones	104
5.1	Conclusiones	104
5.2	Recomendaciones	105

Recomendaciones	105
5.3 Trabajos futuros	105
Trabajos futuros	105
Referencias Bibliográficas	106
A ANEXOS	110
A.1 Curva hipsométrica de las subcuenca de Tinkuy - cuchipampa -Llochegua	110
A.2 Matriz de consistencia	122
A.3 Matriz de operacionalización de variables	123

Índice de figuras

Figura 1	Mapa Provincial de Huanta.	2
Figura 2	Cuenca Hidrográfica	9
Figura 3	Área de la Cuenca	11
Figura 4	Forma de la Cuenca	11
Figura 5	Defensa Ribereña	15
Figura 6	Geoceldas	16
Figura 7	Defensa Ribereña	17
Figura 8	Defensa Ribereña	17
Figura 9	Defensa Ribereña	18
Figura 10	Defensa Ribereña	18
Figura 11	Muros a Gravedad	19
Figura 12	Muros a Gravedad armado	20
Figura 13	subcuencas de Tinkuy	26
Figura 14	Formato ráster, formato shapefile , subcuencas y red hídricade la cuenca delimitada de Tinkuy llochegua.	28
Figura 15	Pearson III la que mejor se ajusta a los datos	31
Figura 16	Prueba estadística de smirnov kolmogorov aceptado para la distribución de Pearson III	31
Figura 17	Histograma para la distribución de datos	32
Figura 18	Curvas IDF de intensidad, duración y frecuencia	39
Figura 19	Construcción de Hietograma para un TR=100 años	40
Figura 20	Construcción de Hietograma para un TR=500 años	42
Figura 21	Indice de vegetación NDVI para la cuenca de Tinkuy	43
Figura 22	Subcuencas del río Tinkuy	45
Figura 23	Subcuencas del río Sabogato	47

Figura 24	Obtención de la precipitación del producto PISCO-SENAMHI para la subcuenca del río Tinkuy.	49
Figura 25	Formato ráster, formato shapefile , subcuencas y red hídrica de la cuenca delimitada de Tinkuy llochegua.	51
Figura 26	Utilización para ajuste de datos a las distribución Person III	52
Figura 27	Curvas de intensidad, duración y Frecuencia IDF	53
Figura 28	Ingreso de las precipitaciones para un TR=100 años para la Cuenca de Cuchipampa en el río Tinkuy	55
Figura 29	Hietograma de diseño para la subcuenca Tinkuy en el río Tinkuy	56
Figura 30	Mapas del número de curva para la subcuenca de Tinkuy	57
Figura 31	Precipitación máxima diaria anual para la subcuenca1 del río Tinkuy extraída del PISCO-SENAMHI	58
Figura 32	Precipitación máxima diaria anual para la subcuenca2 del río Tinkuy extraída del PISCO-SENAMHI	58
Figura 33	Precipitación máxima diaria anual para la subcuenca3 del río Tinkuy extraída del PISCO-SENAMHI	58
Figura 34	Precipitación máxima diaria anual para la subcuenca4 del río Tinkuy extraída del PISCO-SENAMHI	59
Figura 35	Precipitación máxima diaria anual para la subcuenca5 del río Tinkuy extraída del PISCO-SENAMHI	59
Figura 36	Precipitación máxima diaria anual para la subcuenca6 del río Tinkuy extraída del PISCO-SENAMHI	59
Figura 37	Precipitación máxima diaria anual para la subcuenca7 del río Tinkuy extraída del PISCO-SENAMHI	59
Figura 38	Hietograma de bloques alternos de Subbasin1 para TR=100 años	61
Figura 39	Hietograma de bloques alternos de Subbasin2 para TR=100 años	61
Figura 40	Hietograma de bloques alternos de Subbasin3 para TR=100 años	61
Figura 41	Hietograma de bloques alternos de Subbasin4 para TR=100 años	61
Figura 42	Hietograma de bloques alternos de Subbasin5 para TR=100 años	62
Figura 43	Hietograma de bloques alternos de Subbasin6 para TR=100 años	62
Figura 44	Hietograma de bloques alternos de Subbasin7 para TR=100 años	62
Figura 45	Ingreso de datos al HEC-HMS para el río Tinkuy	63

Figura 46	Ingreso de datos al HEC-HMS para Subbasin1	63
Figura 47	Ingreso de datos al HEC-HMS para Subbasin2	63
Figura 48	Ingreso de datos al HEC-HMS para Subbasin3	64
Figura 49	Ingreso de datos al HEC-HMS para Subbasin4	64
Figura 50	Ingreso de datos al HEC-HMS para Subbasin5	64
Figura 51	Ingreso de datos al HEC-HMS para Subbasin6	64
Figura 52	Ingreso de datos al HEC-HMS para Subbasin6	65
Figura 53	Obtención de la precipitación del producto PISCO-SENAMHI para la subcuenca del río Sabogato.	66
Figura 54	Formato ráster, formato shapefile , subcuencas y red hídricade la cuenca delimitada de Tinkuy llochegua.	68
Figura 55	Formato ráster, formato shapefile , subcuencas y red hídricade la cuenca delimitada de Tinkuy llochegua.	69
Figura 56	Ingreso de las precipitaciones para un TR=100 años para la Cuenca de Cuchipampa en el río Tinkuy	70
Figura 57	Ingreso de las precipitaciones para un TR=100 años para la Cuenca de Cuchipampa en el río Tinkuy	72
Figura 58	Ingreso de las precipitaciones para un TR=100 años para la Cuenca de Cuchipampa en el río Tinkuy	73
Figura 59	Ingreso de los datos para el HEC HMS para el río Sabogato	74
Figura 60	Ingreso de las precipitaciones para un TR=100 años para el río Sabogato	75
Figura 61	Hietograma en el HEC-HMS V4.13 Beta8 para el río Sabogato	75
Figura 62	Imagen georeferenciada de ortofoto y DEM para la zona de interés	77
Figura 63	Creación de la malla RTIN e ingreso de los caudales	79
Figura 64	Establecimiento de las condiciones de frontera y configuración del calado	80
Figura 65	Creación de la mapa de rugosidad de manning para la zona de interés para el ingreso al programa IBER V.3.2	81
Figura 66	Resultados del HEC-HMS para Subbasin1	82
Figura 67	Resultados del HEC-HMS para Subbasin2	82
Figura 68	Resultados del HEC-HMS para Subbasin3	83
Figura 69	Resultados del HEC-HMS para Subbasin4	83

Figura 70	Resultados del HEC-HMS para Subbasin5	83
Figura 71	Resultados del HEC-HMS para Subbasin6	83
Figura 72	Resultados del HEC-HMS para Subbasin7	84
Figura 73	Resultados de la salida de la Cuenca	84
Figura 74	Resultados de la salida de la Cuenca	84
Figura 75	Caudal de salida para el río Sabogato	85
Figura 76	Caudal de salida para el río Sabogato	85
Figura 77	Caudal de salida para el río Sabogato	87
Figura 78	Resultados obtenidos con el programa IBER aula V.3.2	89
Figura 79	Resultados obtenidos con el programa IBER aula V.3.2	90
Figura 80	Resultados obtenidos con el programa IBER aula V.3.2	91
Figura 81	Resultados obtenidos con el programa IBER aula V.3.2	92
Figura 82	Espejos de agua y secciones transversales de los tramos del río Tinkuy de la progresiva 0+840 a la progresiva 0+620	94
Figura 83	Espejos de agua y secciones transversales de los tramos del río Tinkuy de la progresiva 0+600 a la progresiva 0+380	95
Figura 84	Espejos de agua y secciones transversales de los tramos del río Tinkuy de la progresiva 0+360 a la progresiva 0+140	96
Figura 85	Espejos de agua y secciones transversales de los tramos del río Tinkuy de la progresiva 0+120 a la progresiva 0+20	97
Figura 86	Altura de Muro y socavacion del Gavion	99
Figura 87	Criterios para la selección del tipo de defensa ribereña	100
Figura 88	Propuesta de gavión	101
Figura 89	Propuesta de gavión	101
Figura 90	Predimensionamiento de gavión	102
Figura 91	Cálculo de peso total y momento resistente	102
Figura 92	Curva hipsométrica y función de ancho de la cuenca Tinkuy del rio cuchipampa	111
Figura 93	Procedimineto del Cálculo del índice de vegetación de diferencia normalizado NDVI con el lenguaje de programación RSTUDIO a partir del ráster obtenido de Google earth engine para la cuenca delimitada de Tinkuy llochegua.	112

Figura 94	Delimitación del río para el modelamiento bidimensional	113
Figura 95	Perfil longitudinal y seccionamiento del río Cuchipampa	114
Figura 96	Secciones transversales del Río	115
Figura 97	Clasificación de coberturas de suelos en formato Ráster	116
Figura 98	Clasificación de tipos de suelos del Perú	117
Figura 99	Clasificación de tipos de suelos para la cuenca de Tinkuy	118
Figura 100	Grupo de suelo Hidrológico para la cuenca de Tinkuy	119
Figura 101	Modelamiento con Iber tramo de llegada a Cuchipampa con unión de los ríos Tinkuy y Sabogato	120
Figura 102	Mapa de rugosidad para manning para diferentes tipos y usos de suelos	121
Figura 103	Elevación de agua	121
Figura 104	Transparencia para la visualización de la inundación	121

Índice de tablas

Tabla 1	Variables e Indicadores.	24
Tabla 2	Parámetros morfométricos y características físicas para la cuenca de Tinkuy . .	27
Tabla 3	Precipitación diaria para cada celda de 0.5° de resolución obtenido del proyecto grillado PISCO-SENAMHI desde el primero de enero de 1981 al 31 de diciembre del 2016	29
Tabla 4	Precipitación máxima diaria anual ordenado por mes y por año obtenido del producto PISCO-SENAMHI	30
Tabla 5	Duración de Precipitación máxima anual en 24 horas en minutos(mm)	32
Tabla 6	Intensidad de precipitación para las duraciones en minutos(mm)del producto PISCO-SENAMHI	33
Tabla 7	Intensidad de precipitación para las duraciones en minutos(mm)	34
Tabla 8	Curvas IDF (Intensidad, duración y periodo de retorno)	36
Tabla 9	Curvas IDF (Intensidad, duración y periodo de retorno)	37
Tabla 10	Calculo de las Curvas IDF (Intensidad, duración y periodo de retorno)	38
Tabla 11	Construcción de Hietograma para un TR=100 años	39
Tabla 12	Construcción de Hietograma para un TR=500 años	41
Tabla 13	Coberturas de suelos	44
Tabla 14	Características de la cuneca del río Tinkuy	45
Tabla 15	Características de las subcuencas del río Tinkuy	46
Tabla 16	Parámetros de la cuenca del río sabogato	47
Tabla 17	Características de las subcuencas del río Sabogato	47
Tabla 18	Precipitación máxima diario anual en milímetros (mm) para el río Tinkuy . . .	50
Tabla 19	Hietograma para la subcuenca15 de Tinkuy	54
Tabla 20	Parámetros de las subcuencas para ingreso al programa HEC-HMS	60
Tabla 21	precipitaciones máximas diarias anuales de todas las subcuencas divididas del río Tinkuy para ingresar al program HEC-HMS	60
Tabla 22	Precipitación máxima diario anual en mm para la subcuenca15 de Tinkuy . . .	67
Tabla 23	Hietograma para la subcuenca15 de Tinkuy	71

Tabla 24	Caudal obtenido con el programa HEC HMS	86
Tabla 25	Resultados del modelamiento con Hec-Ras.V.6.3.1 para todas las secciones del río Tinkuy	93
Tabla 26	Coefficiente ϕ , en función de máxima descarga	97
Tabla 27	Cálculo de espesor de colchón	98
Tabla 28	Matriz de consistencia	122
Tabla 29	Matriz de operacionalización de variables	123

Glosario

Generación sintética: Creación de datos utilizando modelos matemáticos o estadísticos.

Aforo: Medición de caudal del río Tinkuy y sabogato.

Infiltración: Es el escurrimiento de la precipitación total que fluye a través del suelo y se almacena como napa freática subterránea hasta desembocar en los ríos.

Socavación: Es la erosión del suelo y de las rocas por intervención del agua que generan procesos físicos y químicos debido al incremento de caudal y velocidad del agua.

Hietograma: Gráfica de la distribución entre la altura de la precipitación y la duración en intervalos de tiempo.

Hidrograma: Gráfica de la distribución entre el caudal la duración en intervalos de tiempo.

Escorrentía: Precipitación convertido en volumen de agua que desemboca en el punto de drenaje de la cuenca como caudal.

Demanda hídrica: Volumen de agua necesarios para las actividades socioeconómicas.

Oferta hídrica: Volumen disponible de agua para poder satisfacer la demanda hídrica.

Balance hídrico: La cantidad de agua que ingresa hacia la cuenca a través de la precipitación y otros es igual a la cantidad de escorrentía que sale de la cuenca en sus diversas formas.

Estacionariedad: Los datos son estacionarios cuando su media y su varianza son constantes en el tiempo.

Serie de tiempo: Cuando se describen registros de series de datos a través del tiempo.

Unidimensionalidad: Cuando los series de tiempo tienen una sola dimensión en el tiempo como la temperatura, precipitación y no están en función de varias variables.

Datos observados: Son los datos recogidos de campo medidos por las estaciones encargadas de registrar las variables meteorológicas e hidrométricas.

Datos estimados: Son datos calculados estadísticamente o con algún modelo matemático o computacional.

Parámetros morfométricos: Son las características físicas de las cuencas como el área, el perímetro, la altitud, etc.

Producto grillado: Conformado por grillas que manejan información meteorológicas con resolución de 0.05° en latitud y longitud y que son guardados en formatos ráster.

Rásteres: Tipo de formato que guarda información geográfica formado por muchas celdas de diferentes resoluciones.

Precipitación efectiva: Es la precipitación total menos las abstracciones iniciales e infiltraciones que generan la escorrentía superficial directa.

Tendencia: Es el ajuste de los datos a la curva que éstos forman y se pueden proyectar en función al comportamiento de los datos.

Acrónimos

ANA	Autoridad nacional del agua
BVA	Visual Basic for Application
CN	Curve Number
DEM	Modelo de elevación digital
GIS	Geography information system
HEC RAS	Hydrological Engineering Center River Analysis System)
HEC HMS	Hidrology modeling system
MATLAB	Matrix of Laboratory
MSE	Mean square error
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NMSE	Normalized mean square error
PISCO	Peruvian Interpolated Data of the SENAMHI Climatological and Hydrological
RMSE	Root mean square error
RTIN	Right trinagulated irregular networks
SCS	Service Conservation Soil
SD	Desviación standar
SENAMHI	Servicio Nacional de meteorología e hidrología del Perú
Shp	Formato shapefile
SIG	Sistema de información Geográfica
SRTM	Shuttle radar topography mission
TS	Time series

Símbolos

P_i	Precipitación
A	Área de la Cuenca
P	Perímetro de la cuenca
H	Altitud de la cuenca
D_d	Densidad de drenaje
R_b	Relación de Bifurcación
R_l	Relación de longitud
S_m	Pendiente media del cauce principal
X, x	Datos originales
T_{\min}	Temperatura mínima ambiental anual
T_{\max}	Temperatura máxima ambiental anual
T_{prom}	Temperatura promedio ambiental anual
ϕ	Parámetro Poblacional
$\hat{\phi}$	Parámetro Estimado
T_c	Tiempo de concentración
β	Coefficientes de regresión lineal
$\hat{\beta}_i$	Coefficientes de regresión lineal estimado
SCE	Suma de cuadrados explicativa
L	Longitud total de la corriente
S_m	Pendiente media del cauce principal
I_p	Indice de pendiente

“Empieza por el principio,” – dijo el Rey con gravedad – “y sigue hasta llegar al final; allí te paras.”

– Lewis Carroll, *Alice in Wonderland*

1 Planteamiento del problema

1.1 Descripción del problema

El sector de Cuchipampa - LLochegua, se encuentra en el margen derecho e izquierdo del río Tinkuy que está declarado como uno de los ríos en emergencia, por inundaciones del sector mencionado. Así mismo se encuentra expuesta a una gran cantidad de peligros, especialmente de origen natural, debido precisamente a su ubicación geográfica, es decir asentada en una zona media ladera, en ceja de selva.

Según (INDECI, 2019), nos indica que el 7 de enero de 2021, a las 04:00 horas aproximadamente, a consecuencia de las fuertes precipitaciones pluviales en la zona se produjo el desborde del río Tinkuy, causando inundación de viviendas y afectación a un puente vehicular en el sector Cuchipampa, distrito de LLochegua, provincia de Huanta

En la actualidad el sector de Cuchipampa - LLochegua; no es una anomalía, ya que el río Tinkuy permanece en un flujo bajo durante la temporada seca, de abril a noviembre. En consecuencia, el sector Cuchipampa - LLochegua está en alerta durante los meses de verano debido a las variaciones elevadas (el verano trae más lluvia que el invierno) que se producen durante diciembre, enero, febrero y marzo, cuando la cuenca sube y tiene poco gradiente con sus lados, lo que provoca inundaciones de cultivos y bosques naturales, así como de los hogares y negocios de la población local. Cuando el río Tinkuy se llenó y se activaron varias quebradas debido a las fuertes lluvias de enero de 2021, se formaron huaycos. Debido a la arena de los huaycos, las actividades agrícolas y ganaderas serán inútiles debido a los altos niveles de contaminación que causan en la capa de agua y vegetación.

Se han diseñado una amplia gama de métodos para proteger los márgenes de los ríos de la erosión, como: sistemas de gaviones; sistemas de emboquillado; muros de contención y enrocados. Estas obras de protección de los márgenes del río tienen como objetivo reducir los efectos de las inundaciones, que se ven afectadas por la erosión del río, además de tener en cuenta que las catástrofes naturales, como las inundaciones, los huracanes y las intensas precipitaciones, pueden causar daños a largo plazo si no se mitigan. El problema más grave en la cuenca del río Tinkuy es la falta de un estudio hidrológico/hidráulico integral que pueda evaluar los datos correctos a la luz de estos cambios climáticos inevitables

1.2 Delimitación del problema

1.2.1 Espacial

La investigación se llevará a cabo en la zona sur del Perú, como se puede observar en la figura 1.

Región: Ayacucho.

Provincia: Huanta.

Distrito: Llochegua.

Coordenada Geográfica : Longitud Oeste ($73^{\circ}54'22''$) Latitud Sur ($12^{\circ}24'35''$)

Población : 11,058 hab.

Forma parte de la vasta región de los Valles del Río Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM).

Altitud promedio : 530 m.s.n.m.

El Distrito de Llochegua tiene una extensión de 713.71 km².

Figura 1

Mapa Provincial de Huanta.



Fuente: Google imágenes, Julio 2016.

1.2.2 Temporal

La investigación se desarrollará durante el año 2022-2023, teniendo en cuenta las actualizaciones que se den en la norma, así mismo en los registros hidrométricos utilizando datos grillados de pisco aplicando diferentes tipos de programas Hec Ras, Hec Hms, Iber, Argis, levantamiento topográfico para un mejor cálculo de modelamiento hidrológica e hidráulico del peligro del tramo en estudio, artículos científicos, etc.

1.2.3 Temática y unidad de análisis

Se pretende analizar el comportamiento hidrológico e hidráulico del río Tinkuy y así determinar las zonas inundables del sector Cuchipampa – Llochegua, y plantear sistemas para mitigar los daños causados por el cambio climático y las catástrofes naturales en la zona con el tiempo, como la lluvia intensa o las inundaciones o los huracanes.

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema general

¿Cómo describir el modelamiento de inundación bidimensional, para propuesta de diseño de defensa ribereña en la cuenca Tinkuy, Ayacucho, 2022-2023?

1.3.2 Problemas específicos

- ① ¿De qué manera realizar el estudio hidrológico para para propuesta de diseño de defensa ribereña en la cuenca Tinkuy, Ayacucho, 2022-2023?
- ② ¿De qué manera realizar el estudio hidráulico para propuesta de diseño de defensa ribereña en la cuenca Tinkuy, Ayacucho, 2022-2023?

1.4 Justificación e importancia

1.4.1 Justificación

■ Justificación teórica.

Según los resultados del programa HEC RAS, se podrán conseguir los atributos hidrológicos e hidráulicos de la cuenca del río Tinkuy, y se puede hacer una propuesta de defensa del río basada en estos resultados, demostrando así que las defensas del río pueden mejorar la calidad de vida de las personas que viven en esta zona. Por tal razón esta investigación se justifica teóricamente.

■ Justificación práctica.

El objetivo de este estudio es mejorar el nivel de servicio a las viviendas en la cercanía de la

zona de estudio utilizando una defensa del río basada en estudios anteriores que permiten una propuesta de diseño óptima para ella.

- **Justificación social.**

En los momentos de las inundaciones del río Tinkuy, tiene como objetivo proteger a las personas y sus hogares de las catástrofes naturales para que puedan transitar sin miedo, así como cuidar y salvaguardar las viviendas vulnerables que se encuentran cerca.

1.4.2 Importancia

Según la problemática mencionada, el tramo de estudio ha sufrido un evento de inundación en reiterados periodos, originando que este pueda volverse un evento crónico constante, por lo tanto, se puede evidenciar que no se tiene un estudio hidrológico actualizado. Como solución a este problema es importante realizar un estudio hidrológico adecuado para el tramo de estudio para enfocar una obra de protección que salve guarde la vida de las personas como prioridad. Al forzar el cauce del río con obras de protección en el tramo de estudio estos podrán mantenerse dentro del cauce del río Tinkuy Por lo tanto, la población que viven aledaña al tramo de estudio podrá tener una mejor calidad de vida. El estudio hidrológico de la zona impulsará a realizar obras de protección u obras adicionales a el tramo de estudio, ya que, dentro del tramo de estudio se encuentra la presencia de un puente provisional y resultaría importante para que tomen en cuenta los cálculos realizados para un futuro diseño de lo mencionado. Al finalizar la investigación se habrás identificado la mejor obra de defensa ribereña para el tramo de estudio. Además, se obtendrá el pre dimensionamiento de la defensa ribereña propuesta, la cual puede ser usada para su análisis. En general con lo presentado, la investigación es de mucha importancia para el sector social, económico y medio ambiente del país.

1.5 Limitaciones o restricciones

- Las limitaciones que se va tener va estar relacionado con la falta de información y datos que necesitaremos para hacer la investigación como son datos de nuestra variables ,dimensiones e indicadores ya que para tener un mejor análisis se realizará con los datos encontrados en diversos proyectos .
- Debido al costo que implicará realizar un estudio de geología se irá obteniendo la información de INGEMET y complementar con visitas técnicas al tramo de estudio.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Describir el modelo de inundación bidimensional , para propuesta de diseño de defensa ribereña en la cuenca Tinkuy, Ayacucho, 2022-2023.

1.6.2 Objetivos específicos

- ① Desarrollar el estudio hidrológico para propuesta de diseño de defensa ribereña en la cuenca Tinkuy, Ayacucho, 2022-2023.
- ② Desarrollar el estudio hidráulico para propuesta de diseño de defensa ribereña en la cuenca Tinkuy, Ayacucho, 2022-2023.

“El aspecto más triste de la vida actual es que la ciencia gana en conocimiento más rápidamente que la sociedad en sabiduría.”

— Isaac Asimov

2 Marco teórico

2.1 Antecedentes

2.1.1 Investigaciones internacionales.

Según [Moreno y Fontalvo \(2017\)](#), “ Los modelos hidrológicos e hidráulicos han permitido grandes avances en los estudios de las cuencas hidrográficas, la utilización de modelos como HEC RAS y HEC HMS los cuales han recibido una gran acogida por la comunidad mundial de ingenieros ”. Nos detallan también que dentro de los resultados obtenidos en la aplicación del programa HEC RAS es una aproximación, por lo tanto serían los más acertados.

Según [Rincón Villalba y Cepeda Ariza \(2007\)](#), en su artículo titulado “ Control de inundación del río Tunjuelito ”. Tuvo como resultado la importancia de conocer las características hidrológicas e hidráulicas del río Tunjuelito para así construir obras de control de crecientes del río Tunjuelo y solucionar la problemática que se generó por las inundaciones en el sector de las gravilleras.

Según [Cartaya y Mantuano \(2016\)](#), “ la utilización del HEC-GEORAS representa una herramienta de valor, puesto que permite el proceso de extracción de datos geométricos para ser exportados al HEC-RAS facilitando realizar cálculos hidráulicos y obtener mapas temáticos que muestran las zonas de riesgos por inundación ”.

Según [Soto Contreras \(2018\)](#), “ La propuesta y el diseño de los gaviones para solucionar el problema que se presenta en el corregimiento de puerto Bogotá, municipio de Guaduas Cundinamarca, es viable desde el punto de vista técnico ”.

En su artículo científico . [Pinos y Timbe \(2019\)](#), “ Performance assessment of two-dimensional hydraulic models for generation of flood inundation maps in mountain river basins. (Evaluación del desempeño de modelos hidráulicos bidimensionales para la generación de mapas de inundaciones en cuencas de ríos de montaña) ”. para la Universidad de Cuenca – Ecuador, cuyo objetivo general fue realizar un análisis comparativo del desempeño de cuatro modelos hidráulicos bidimensionales (HEC-RAS 2D, Iber 2D, Flood Modeller 2D y PCSWMM 2D) con respecto a la generación de mapas de inundaciones. El área de estudio cubre un tramo de 5 km del río Santa Bárbara ubicado en los Andes ecuatorianos, a 2330 msnm, en Gualaceo. El rendimiento del modelo se evaluó en función de la elevación de la superficie del agua y la extensión de la inundación, en términos de la diferencia absoluta media y la medida de ajuste. El análisis reveló que, para un caso dado, Iber 2D tiene el mejor desempeño en la simulación del nivel del agua y la inundación para eventos de inundación con

períodos de retorno de 20 y 50 años. respectivamente, seguidos por Flood Modeller 2D, HEC-RAS 2D y PCSWMM2D en términos de rendimiento. Resolución de cuadrícula, la forma en que se imitan las estructuras hidráulicas, el código del modelo y el valor predeterminado de los parámetros se consideran las principales fuentes de incertidumbre de la predicción.

2.1.2 Investigaciones nacionales

En su investigación. (Álvarez y Márquez, 2020), "Análisis hidráulico e hidrológico de la cuenca del río Moquegua para el diseño de defensa ribereñas". Para la Universidad Ricardo Palma tuvo como objetivo los problemas que causa el desbordamiento del río Moquegua. Para la presente investigación se utilizaron diferentes herramientas y métodos de cálculos iniciando un estudio topográfico con el software AutoCAD Civil 3D v2017, Google Earth Pro 2020 y el estudio geológico se usaron boletines de estudio realizados por el INGEMET. Se realizó el estudio hidrológico del río Moquegua en el tramo Montalvo para la cual se determinó los parámetros morfológicos de la zona con el software ArcGIS v10.5. Mientras que para la obtención de los caudales máximos se utilizaron paquetes estadísticos de una base de datos hidrométricas desde el año 1950 al 2020, sin embargo, se encontraron años donde no existía información de caudales. Además, se utilizó la herramienta HEC RAS v4.1.0 para calcular los tirantes máximos en el tramo de estudio. Los principales resultados alcanzados de la topografía relativamente es una superficie plana, con una geología donde se tiene una predominancia de roca volcánica. Se determinaron los parámetros morfológicos de la cuenca teniendo un área de 2743.309 km², un índice de compacidad de 1.312, factor forma de 0.137 y densidad de drenaje de 0.137, luego se calculó para un periodo de 175 años un caudal máximo de 441.27 m³ /s. Se obtuvieron los tirantes máximos de 4.20 m en las zonas de inundación de las progresivas 0+660 m al 0+320 m. Además, se propone un diseño de la defensa ribereña más adecuada por lo que se realizó visitas técnicas y cotizaciones de concreto y roca a la zona del tramo de estudio dando como lo más óptimo el diseño de una defensa ribereña tipo enrocado.

En su tesis de maestría. (Zevallos, 2015), "Diseño de la defensa ribereña para el balneario turístico Cocalmayo, ubicado en la margen izquierda del río Urubamba". Para la universidad de Piura, donde explica la propuesta de diseño de protección del río para este spa de aguas termales para atraer al máximo número de turistas y aumentar la actividad económica en el distrito de Santa Teresa, donde se realizó un estudio topográfico e hidrológico de la zona para luego demostrar la metodología para el diseño óptimo de defensa del río. Sin importar el sistema elegido para la economía, es necesario comprobar su estabilidad en el área de estudio para determinar si la estructura será capaz de soportar la carga que encontrará al funcionar con flujos fluviales máximos.

En su investigación.(Olivos y Contreras, 2019), "Diseño de una Defensa Ribereña mediante roca al volteo en el margen derecha del Río Pativilca tramo km16 al km 20". para la universidad nacional Pedro Ruiz Gallo, uno de los objetivos que se tiene en esta investigación fue resolver la problemática

de buscar una estructura favorable para poder reducir la erosión constante que se da en la zona a partir de los parámetros hidrológicos, hidráulicos, topográficos, etc. de dicho río. Una de las conclusiones fue que se puede construir un tipo de defensa ribereña conveniente, como el de enrocado para disminuir costos ya que en la zona de estudio se encuentran canteras muy cercanas donde se podría aprovechar en diferentes formas como en el caso del tiempo de traslado de material y sobre todo aminorar el costo.

En una de sus conclusiones menciona.(Puelles Masa, 2015) , ” Cuando se desarrolle un proyecto es muy recomendable evaluar posibles soluciones y no enfocarse solo en una. Pues como se desarrollo es este trabajo resulta más económico realizar la construcción de gaviones en vez de un muro de contención ” .

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Estudio Hidrológico

Según Cerener (2012), ” Los Estudios Hidrológicos permiten conocer los caudales máximos de avenida a partir del conocimiento del régimen de lluvias máximas y la caracterización del territorio”.

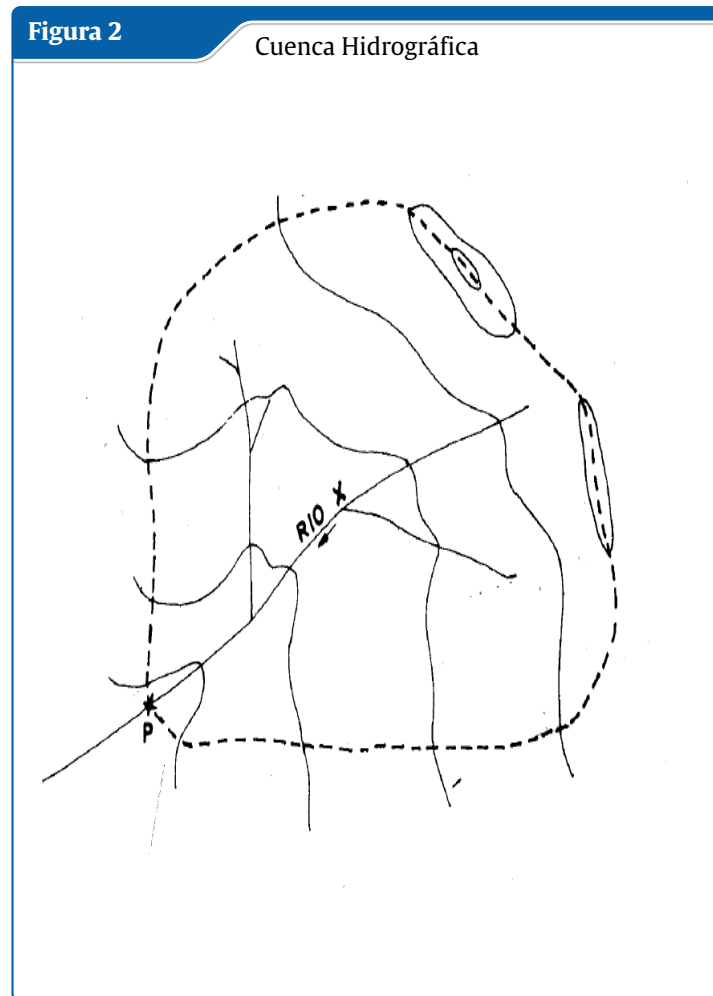
Según Molina y Seminario (1973), ” Es fundamental en todo estudio hidrológico, recopilar, analizar y sintetizar todas las características de la cuenca. El primer paso es la recopilación de los datos hidrológicos, meteorológicos y fisiográficos; luego viene la etapa más delicada que es el análisis ”.

Las características hidrológicas y geomorfológicas se examinan para determinar la contribución de los lagos y el comportamiento hidrológico. Para tomar mejores decisiones sobre la dinámica de la cuenca, es fundamental comprender sus características físicas, como su tamaño, forma, sistemas de drenaje, características de alivio como los suelos, la cobertura de las plantas, la geología, las prácticas agrícolas y otros factores desempeñan un papel en la determinación de estas características. Los elementos del régimen hidrológico pueden mapearse en el espacio utilizando estos elementos físicos, que son los más convenientes.(MTC, 2021)

Como ya muy bien se detalló con el estudio hidrológico obtendremos los caudales máximos, para ello se necesita realizar primero estudios como definir bien las características morfométricas de la cuenca en estudio, a continuación detallaremos conceptos básicos que serán importantes conocer.

2.2.2 Cuenca Hidrográfica

Según Chereque Moran (2000), “Define cuenca el área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida para cada punto de su recorrido.”(p.28).



Fuente: Adaptado de (Chereque Moran, 2000)

2.2.2.1 Elementos de las Cuencas

Los elementos de las cuencas son los siguientes:

- **Parteaguas o divisoria de aguas:** Monsalve Sáenz (1995), “Se designa como divisoria la línea que separa las precipitaciones que caen en hoyas inmediatamente vecinas, y encaminan la escorrentía resultante para uno u otro sistema fluvial ”(p.37).
- **Area de la cuenca:** Breña Puyol y Jacobo Villa (2006), “Es la proyección del parteaguas a un plano horizontal, caracterizándose así el tamaño de la cuenca. El valor del área se obtiene de los mapas topográficos a través del uso del planímetro o de otros métodos ”(p.28).
- **Cauce principal de una cuenca:** Breña Puyol y Jacobo Villa (2006), “Es la corriente de mayor longitud que pasa por la salida de la cuenca hidrológica. ”(p.28).

2.2.2.2 Clasificación de Cuencas Por el tamaño

Una cuenca se puede clasificar atendiendo a su tamaño, en cuencas grandes y cuencas pequeñas.

- **Cuenca Grande:** Según [Cahuana y Yugar \(2009\)](#), “Es aquella cuenca donde su área es mayor a 250 km², donde predominan las características fisiográficas (pendiente, elevación, área, cauce). El efecto de almacenaje del cauce es muy importante” (p.14).
- **Cuenca pequeña:** Según [Cahuana y Yugar \(2009\)](#), “Es aquella cuenca donde su área es menor a 250 km², la forma y la cantidad de escurrimiento está influenciado por las características físicas del suelo. La cuenca pequeña responde a las lluvias de fuerte intensidad y pequeña duración” (p.14).

En función a la salida

Desde el punto de vista de la salida de una cuenca, existen dos tipos de cuencas: endorreicas y exorreicas ([Aparicio Mijares, 2001](#)).

- **Cuencas Endorreicas:** Según [Cahuana y Yugar \(2009\)](#), “El punto de salida está dentro de los límites de la cuenca y generalmente es un lago” (p.14).
- **Cuencas Exorreicas:** Según [Cahuana y Yugar \(2009\)](#), “En las cuencas exorreicas el punto de salida se encuentra en los límites de la cuenca, pudiendo ser en otra corriente de agua o en el mar” (p.14).

En función a la Elevación

Otra forma de clasificarlas, de clara aplicación en las cuencas andinas, basada en la elevación relativa de sus partes, se clasifica en: cuencas, alta, media y baja

- **Cuenca alta:** Según [Cahuana y Yugar \(2009\)](#):
Llamado como cuenca cabecera o de recepción de la cuenca; por su posición, capta y almacena en los nevados y glaciares de sus cumbres, y en las lagunas y represamientos de las altiplanicies, la mayor parte de los aportes de la precipitación; además, tiene una cobertura vegetal típica de pastos o bosques, y una menor presión demográfica. (p.14)
- **Cuenca media:** Según [Cahuana y Yugar \(2009\)](#), “De mayor pendiente relativa, con un caudal caracterizado por torrentes turbulentos, también se le denomina zona de transporte de sedimentos o de escurrimiento” (p.15).
- **Cuenca Baja:** Según [Cahuana y Yugar \(2009\)](#), “Cuenca de menor pendiente relativa, con un caudal de flujo continuo, cauce definido y amplia planicie de inundación, suele llamarse cono de deyección o zona de depósito” (p.15).

2.2.2.3 Características físicas de la Cuenca

A continuación describiremos los conceptos de los parámetros morfométricos de la cuenca y las características físicas más importantes relacionadas con nuestras variables presentadas en esta investigación:

Área de la cuenca (A)

“Es el área plana en proyección horizontal, de forma muy irregular, obtenida después de delimitar la cuenca; se reporta en kilómetros cuadrados” (Cahuana y Yugar, 2009, p.17).

Figura 3 Área de la Cuenca

Tamaño de la Cuenca (km ²)	Descripción
< 25	Muy Pequeña
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia-Pequeña
500 a 2,500	Intermedia-Grande
2,500 a 5,000	Grande
> 5,000	Muy Grande

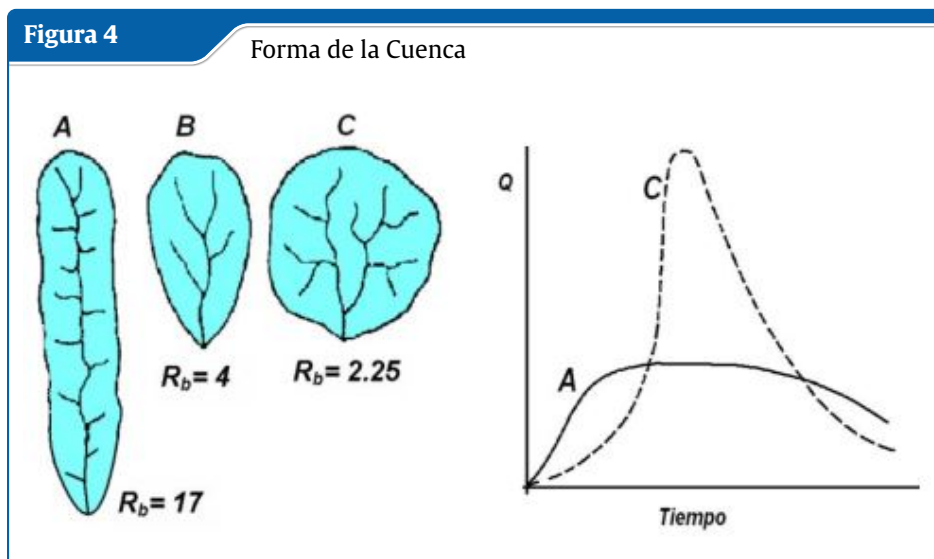
Fuente: Adaptado de (Campos Aranda, 1998).

Perímetro de la cuenca (P)

“Borde del contorno (límite exterior) de la forma irregular de la cuenca proyectada en un plano horizontal, obtenida una vez delimitada la cuenca” (Cahuana y Yugar, 2009, p.17).

Forma de la cuenca

La forma de la cuenca afecta en el tránsito de avenidas de la escorrentía en la cuenca y esta en función de la relación de bifurcación como se observa en la imagen debajo.



Fuente: Adaptado de Cahuana y Yugar (2009).

2.2.2.4 Parámetros de relieve

A continuación definiremos los parámetros de relieve como la pendiente de la cuenca.

Pendiente de la cuenca

La pendiente media de la cuenca tiene una importante pero compleja relación con la infiltración, el escurrimiento superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea al flujo en los cauces. Es uno de los factores físicos que controlan el tiempo del flujo sobre el terreno y tiene influencia directa en la magnitud de las avenidas o crecidas. Existen diversos criterios para evaluar la pendiente media de una cuenca, entre las que se destacan son: criterio de Albord y criterio de Horton (Cahuana y Yugar, 2009, P.23).

2.2.2.5 Parámetros de la red hidrográfica de la cuenca

” Es un número que refleja el grado de ramificación de la red de drenaje. Existen diversos criterios para el ordenamiento de los cauces de la red de drenaje en una cuenca hidrográfica; según el sistema de Horton y el Strahler ” (Cahuana y Yugar, 2009)

2.2.2.6 Precipitación

Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones forman el punto de partida de la mayor parte de los estudios concernientes al uso y control del agua. En este capítulo se estudiarán dos aspectos fundamentales de la precipitación: por un lado, la manera en que se produce y algunos métodos con que se puede predecir dadas ciertas condiciones atmosféricas, para lo cual será necesario revisar algunos aspectos básicos de meteorología y, por otro, la manera en que se mide la precipitación y diversos criterios para el análisis, síntesis, corrección y tratamiento de los datos (Aparicio Mijares, 2001, P.113).

2.2.3 Inundación

Es la ocupación por el agua de zonas o áreas que en condiciones normales se encuentran secas. Se producen debido al efecto del ascenso temporal del nivel del río, lago u otro. En cierta medida, las inundaciones pueden ser eventos controlables por el hombre, dependiendo del uso de la tierra cercana a los cauces de los ríos.(Galanton y Romero, 2007, p.20).

2.2.3.1 Causas de las inundaciones

Causas naturales: Entre ellas tenemos las meteorológicas, y las no meteorológicas.

- **Meteorológicas:** Según (Galanton y Romero, 2007). “ Las grandes lluvias son la causa natural principal de inundaciones, pero además hay otros factores importantes, entre ellos se encuentran: El exceso de precipitación “.
- **No meteorológicas:** Invasión del mar, Deshielo (No es común en Centroamérica)

Causas no naturales: Antrópicas

- Rotura de presas
- Actividades humanas

2.2.3.2 Tipos de inundaciones

Las inundaciones pueden clasificarse de la siguiente manera:

Por el tiempo de duración:

- **Inundaciones muy rápidas producidas por lluvias de intensidad muy fuerte (superior a 180 mm/h) pero muy cortas (menos de 1 hora).**

Según (Galanton y Romero, 2007).“ La cantidad de lluvia totalizada no supera los 80 mm. Usualmente producen inundaciones locales en las ciudades y pueblos (inundaciones de plazas, garajes, sótanos, etc., debido a problemas de drenaje), produciéndose las llamadas inundaciones súbitas “.

- **Las inundaciones producidas por lluvia de intensidad fuerte o moderada (superior a 60 mm/h) y duración inferior a 72 horas.** Según (Galanton y Romero, 2007).“ Cuando estas lluvias afectan a ríos con mucha pendiente o con mucho transporte sólido, las inundaciones pueden ser catastróficas “.

Según el origen que las genere:

- Pluviales (Por exceso de lluvia)
- Fluviales (Por desbordamiento de ríos)

2.2.3.3 Control de inundaciones

Las inundaciones en general son resultado de lluvias intensas o continuas; un evento que se produce como consecuencia de la dinámica natural de las corrientes de agua y afecta a zonas aledañas de los cauces de los ríos. El problema de las inundaciones ha pasado de eventos naturales a convertirse en riesgos cuando afectan zonas urbanizadas y a las comunidades y sus actividades.(Rincón Villalba y Cepeda Ariza, 2007, p.66).

Una estación hidrométrica existente sobre el cauce cerca del sitio en cuestión y la recopilación y análisis de la serie de caudales que se han presentado es usualmente suficiente para poder proyectar el caudal que (en promedio) se igualará o será rebasado cada T_r años, donde T_r representa el llamado periodo de retorno de la medida de control de inundaciones que se desea implementar.(Arreguín Cortéz et al. 2009, p.9).

2.2.3.4 Área inundable

Según Hidalgo García (2019), “ Las áreas inundables son aquellas que, debido a su geomorfología, posición en la cuenca, pendiente, características del suelo, condiciones meteorológicas u otras condiciones, suelen cubrirse de agua de forma recurrente o permanente “ .

2.2.3.5 Medidas de control

Todas aquellas medidas tomadas para contrarrestar y/o reducir el riesgo de desastres. Frecuentemente comprenden medidas de ingeniería (estructurales) pero pueden también incluir medidas no estructurales y herramientas diseñadas y empleadas para evitar o limitar el impacto adverso de amenazas naturales y de desastres ambientales y tecnológicos consecuentes.(Arreguín Cortéz et al. 2009, p.134).

Dentro de las medidas de control para nuestro trabajo de investigación que tiene como objetivo realizar el estudio hidrológico e hidráulico para controlar la inundación provocado por el río Tinkuy podemos mencionar algunos tipos de estructura que se podría construir en la zona como es el caso de la construcción de una defensa ribereña, éstas pueden ser de diferentes tipos como: Geolceldas, Gaviones, Muros de contención, Diques enrocados.

2.2.4 Defensa Ribereña

Estructuras construidas para proteger de las crecidas de los ríos las áreas aledañas a éstos cursos de agua, conformada por diferentes materiales tales como son rocas,concreto, geotextiles,etc.Con el objeto de proteger taludes de la plataforma vial, evitando la erosión, socavación o desprendimiento que producen las aguas en las riberas de los ríos. (MTC, 2021).



Fuente: Adaptado de MIDAGRI

Según Alvaro Aguilar y Henríquez Fasanando (2014):

Estas obras se colocan en puntos localizados, especialmente para proteger algunas poblaciones y, singularmente, las vías de comunicación, estas pueden ser efectivas para el área particular que se va a defender, pero cambian el régimen natural del flujo y tienen efectos sobre áreas aledañas, los cuales deben ser analizados antes de construir las obras.[p.29]

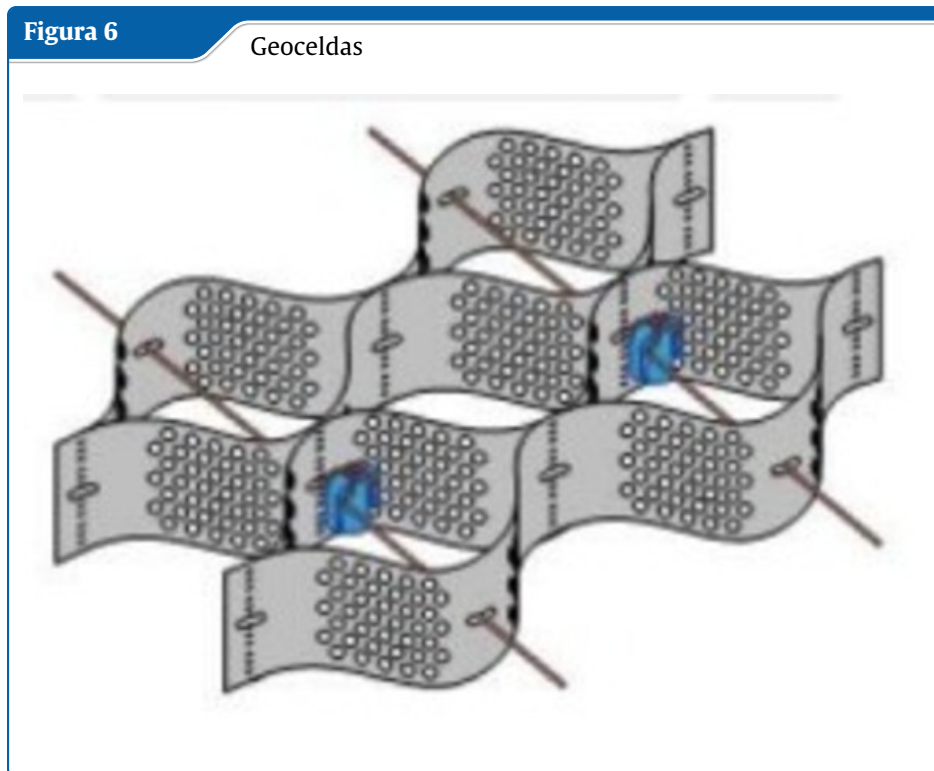
2.2.4.1 Clasificación de los tipos de defensa

Los tipos de la defensa ribereña se pueden clasificar de acuerdo al tipo de material que va a utilizar éstas son de tipo flexible y de tipo rígido.

Tipo Flexible

■ Geoceldas

Las geoceldas son un tipo de geosintético para mejorar las condiciones del suelo. El material de relleno que contempla este tipo de defensa ribereña puede ser de agregados y concreto. Entre el sistema de geoceldas y el terreno, se coloca una capa de geotextiles, el cual sirve como filtro de suelo y sistema de drenaje. También, cuenta con anclajes que pueden ser de acero corrugado. acero corrugado.(Aguilar Aguinaga, 2016, p.31).



Fuente: Adaptado de Aguilar Aguinaga (2016)

■ Gaviones

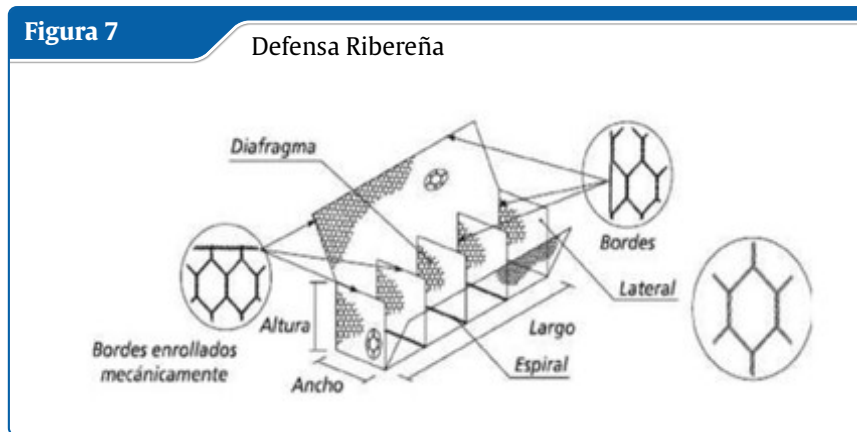
Según Maccaferri (2010) “ Los gaviones son contenedores rectangulares o cuadrados que pueden rellenarse con el material más cercano a la zona, como piedras o tierra, permitiendo adaptarse incluso a las condiciones más difíciles del suelo. “

Según Galanton y Romero (2007) “ Se colocan a pie de obra desarmados, luego es rellenado de piedra de canto rodado o piedra chancada con determinado tamaño y peso específico, este material permite emplear sistemas constructivos sencillos, flexibles, económicos y que puedan integrarse al paisaje circundante. “

Tipos de Gaviones:

■ Gavión tipo caja:

Galanton y Romero (2007) “Son paralelepípedos regulares de dimensiones variadas pero con alturas de 1.0m a 0.50m; conformados por una malla metálica tejida a doble torsión para ser rellenados en obra con piedras de dureza y peso apropiado. “



Fuente: Adaptado de Maccaferri (2010)

- Gavión tipo Colchón:

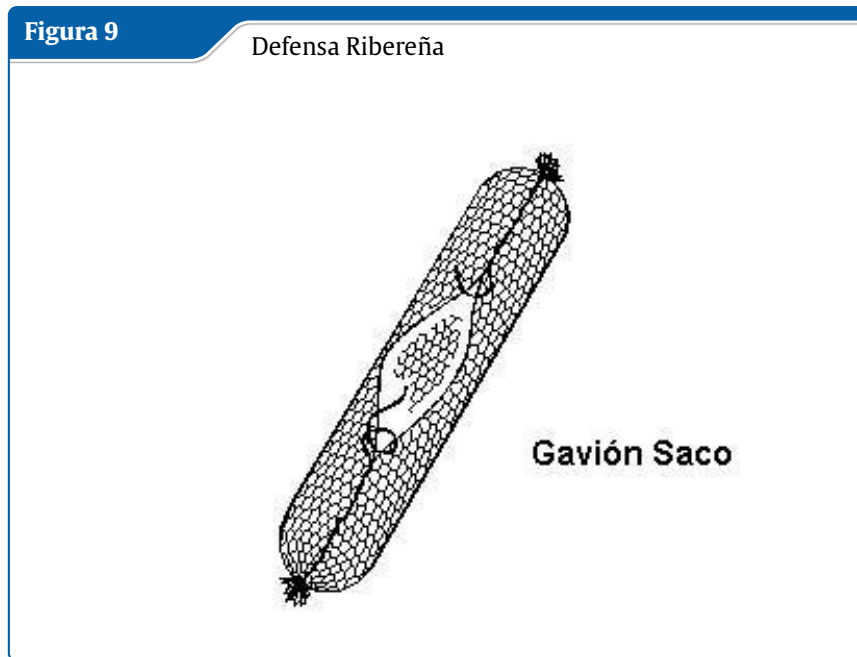
Galanton y Romero (2007) “ Cuya altura fluctúa entre 0,17m - 0,30m y de áreas variables. Son construidos en forma aplanada para ser utilizados como revestimiento antierosivo, antisocavante para uso hidráulico y como base-zócalo (Mejorador de capacidad portante) en la conformación de muros y taludes. “



Fuente: Adaptado de Maccaferri (2010)

- Gavión tipo saco

Galanton y Romero (2007) “ Son generalmente de forma cilíndrica siendo sus dimensiones variables ya que se conforman para obras de emergencia o de aplicación en lugares de difícil acceso. “

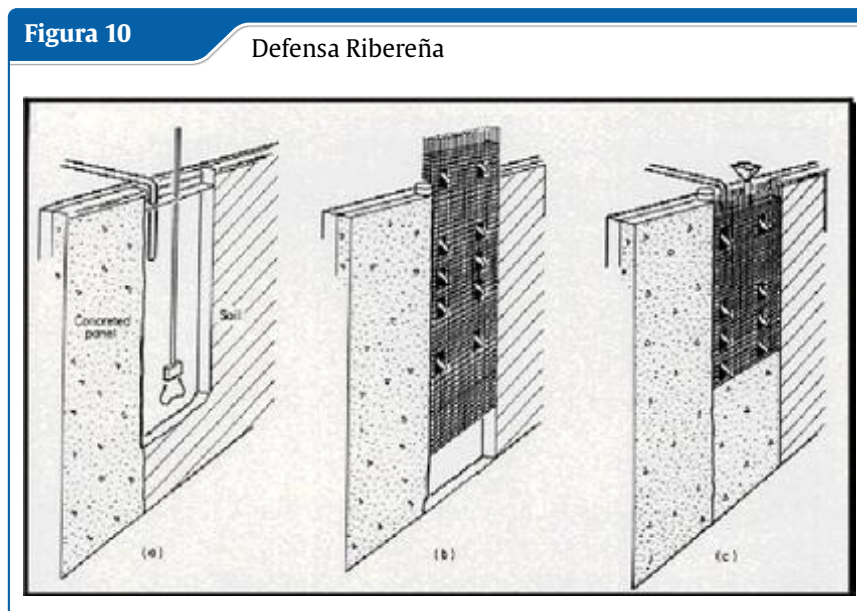


Fuente: Adaptado de Galanton y Romero (2007)

Tipo Rígido

■ Pantalla de Concreto Armado

“Son un tipo de estructuras de contención, utilizadas habitualmente en construcciones de ingeniería civil “ (Alvaro Aguilar y Henriquez Fasanando, 2014).



Fuente: Adaptado de Alvaro Aguilar y Henriquez Fasanando (2014)

■ Muro de Contención

“ Son todas aquellas medidas que consisten en estructuras diseñadas en base a los principios de la ingeniería, para controlar la erosión producto de la escorrentía superficial “ (Terán Adriaola, 1998).

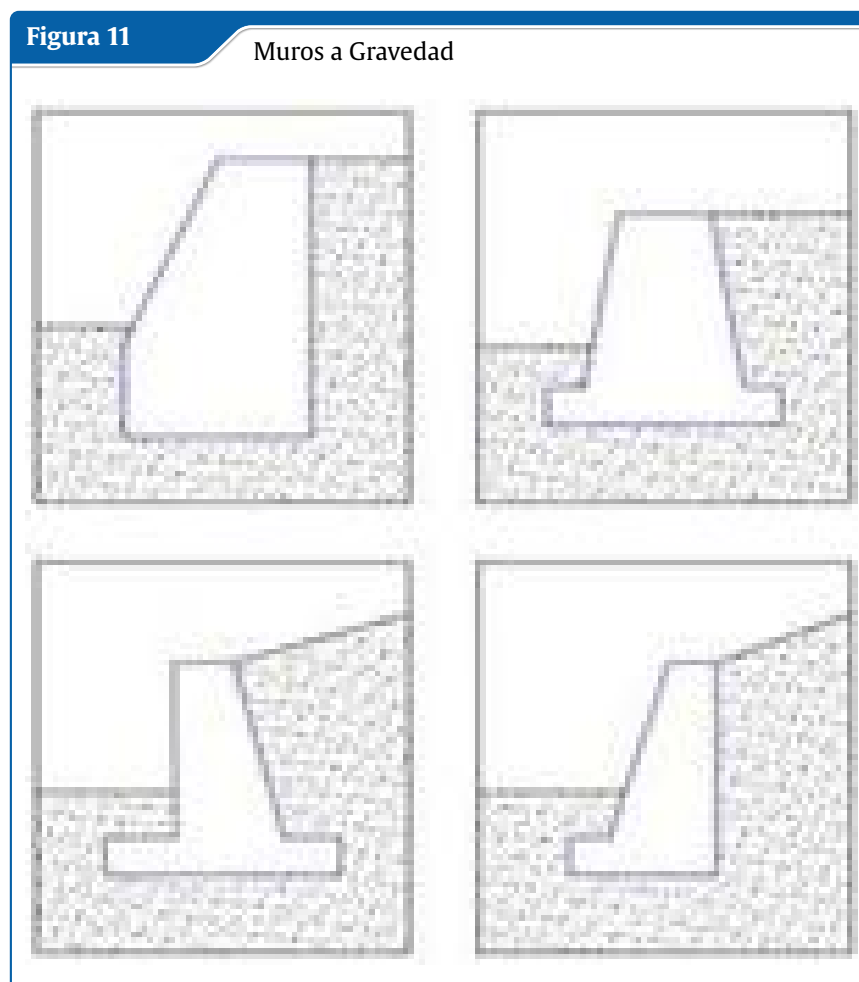
La estabilidad de la cuenca del río se garantiza por el papel de los muros de contención como protección contra las inundaciones en los cauces del río. El refuerzo de acero y el movimiento de la tierra son métodos comunes para reforzar los muros de hormigón. Los muros de contención, en su mayoría, se construyen de concreto armado ya que cumple la función de resistir el empuje de tierra (Alvites Barragán y Parco Huaranga, 2018, p.23).

Existen dos tipos de muros:

- Muros a gravedad.

En la mayoría de los casos, el hormigón o la piedra se utilizan como material de construcción principal, sin refuerzos de acero.

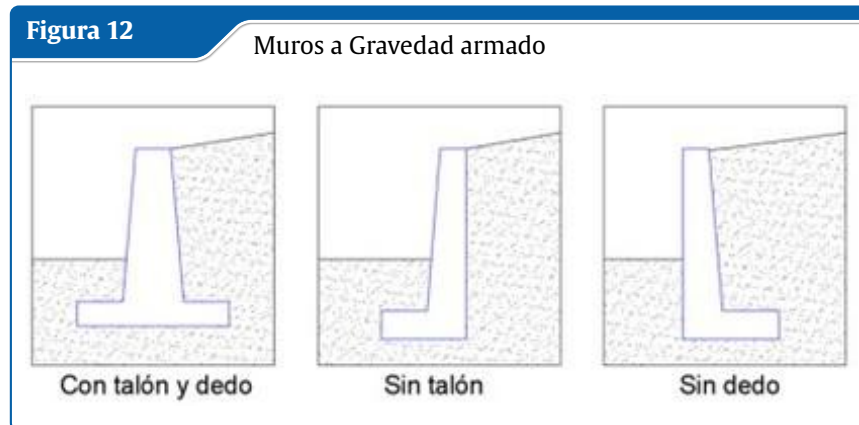
Se utilizan principalmente para alturas requeridas entre 3.00 y 5.00 m.



Fuente: Adaptado de Alvites Barragán y Parco Huaranga (2018)

- Muros a gravedad armado.

El acero se utiliza para reforzar estas paredes. Son necesarios hasta una altura de 9 metros. Para evitar el volteo, utilizan una base bastante amplia.



Fuente: Adaptado de Alvites Barragán y Parco Huaranga (2018)

2.2.4.2 Mecanismos de aprendizaje

2.2.5 Marco conceptual

2.2.5.1 Hidrología

Existen muchas definiciones de hidrología, se recurre a la que es considerada la más completa, propuesta por U.S. Federal Council for Science and Technology (1962). “La hidrología es la ciencia que estudia al agua, su existencia y distribución, sus propiedades físicas y químicas y su influencia sobre el medio ambiente, incluyendo su relación con los seres vivos” (Monsalve Sáenz, 1995, p.21).

2.2.5.2 Cuenca

la cuenca es aquella superficie en la cual el agua precipitada se transfiere a las partes topográficas bajas por medio del sistema de drenaje, concentrándose generalmente en un colector que descarga a otras cuencas aledañas, o finalmente al océano. La cuenca hidrológica, junto con los acuíferos, son las unidades fundamentales de la hidrología (Breña Puyol y Jacobo Villa, 2006, p.23).

2.2.5.3 Hidráulica

“La hidráulica es la parte de la física que estudia la mecánica de los fluidos, analiza las leyes que rigen el movimiento de los líquidos y las técnicas para el mejor aprovechamiento de las aguas” (Lozano et al. 2013).

2.2.5.4 Caudal

“Es el volumen de fluido que pasa por una determinada sección de conducto (canales, ríos, etc.) en una determinada cantidad de tiempo” (García Celi e Infante Arcaya, 2018).

2.2.5.5 Caudal Máximo

“Se conoce así al caudal de gran magnitud, que trae consigo el desborde de río o quebradas, causadas directamente al función del tiempo de retorno“ (García Celi e Infante Arcaya, 2018, p.23).

2.2.5.6 Periodo de retorno

“Es el tiempo promedio en años en que el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado por lo menos una vez“ (Monsalve Sáenz, 1995, p.226).

2.2.5.7 Inundación

La inundación de origen fluvial es la incapacidad hidráulica del cauce para contener un determinado caudal y puede controlarse por medio de la acción de la ingeniería. Una inundación puede producirse también en una zona, urbana o no, en la que se produzca una lluvia que exceda su capacidad de drenaje, natural o artificial. (García Celi e Infante Arcaya, 2018, p.23)

2.2.5.8 Precipitación

El viento mueve nubes, que, como resultado de los cambios de presión y temperatura, dejan caer el agua acumulada como lluvia o, en zonas más frías, como hielo, nieve o nieve. La precipitación es la componente fundamental del ciclo hidrológico. (Mejía et al. 1999)

2.2.5.9 Tirante de Máxima Avenida

“Es la profundidad máxima que alcanza el agua en la época de máximas avenidas“ (García Celi e Infante Arcaya, 2018).

2.2.5.10 ArcGIS

“ ArcGIS es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica “ (García Celi e Infante Arcaya, 2018).

2.2.5.11 Hec Ras

Es un programa informático gratuito que se mejoran constantemente, las letras de Hec-Ras significan (Hydrological Engineering Center – River Analysis System). Para poder modelar obras de arte como diques, puentes, etc., se realizan cálculos numéricos para flujos unidimensionales de cuatro tipos: Modelización de flujo en régimen permanente, Modelización de flujo en régimen no permanente, Modelización del transporte de sedimentos, Análisis de calidad de aguas. Cuyo objetivo principal es realizar estudios de inundabilidad y si determinar zonas inundables. (Brunner, 2016)

“La inteligencia consiste no solo en el conocimiento, sino también en la destreza de aplicar los conocimientos en la práctica.”

— Aristóteles

3 Método de la investigación

3.1 Enfoque.

La investigación se realizará con un enfoque Cuantitativo porque se trabajará con parámetros morfométricos, variables meteorológicas con cálculos estadísticos.

Enfoque Cuantitativo. Según (Borja, 2012), “Plantea que una forma confiable para conocer la realidad es a través de la recolección y análisis de datos, con lo que se podría contestar las preguntas de la investigación y probar las hipótesis”.

3.2 Alcance

Alcance descriptivo. Según (Sampieri et al. 2014) “ Busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población “.

3.3 Diseño de investigación

El diseño es no experimental transversal porque vamos recolectar y obtener datos en un solo momento de la investigación.

Diseño Transeccional(Transversal). según (Sampieri et al. 2014) “ Los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único.Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado“.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

La población según la autoridad nacional del agua (ANA) pertenece a la cuenca Bajo Apurimac de 6,728.00 km² de extensión al cual pertenece la cuenca Tinkuy del distrito de Llochegua, región Ayacucho.

3.4.2 Muestra

En esta investigación, la muestra consta del tramo del río Tinkuy en el sector Cuchipampa – Llochegua, Huanta que corresponde a 900 m de longitud en la cuenca Tinkuy de 505.102 km² de los años 2022 a 2023.

3.5 Hipótesis

3.5.1 Hipótesis general

Conociendo la descripción del Modelamiento de inundación bidimensional , se propone el diseño de defensa ribereña en la cuenca Tinkuy, Ayacucho, 2022-2023.

3.5.2 Hipótesis específicas

- ① Conociendo el estudio hidrológico se propone el diseño de defensa ribereña en la cuenca Tinkuy, Ayacucho, 2022-2023.
- ② Conociendo el estudio hidráulico se propone el diseño de defensa ribereña en la cuenca Tinkuy, Ayacucho, 2022-2023.

3.6 Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional

3.6.1 Variables e indicadores

3.6.1.1 Variable Independiente

■ Inundación bidimensional

Es la ocupación por el agua de zonas o áreas que en condiciones normales se encuentran secas. Se producen debido al efecto del ascenso temporal del nivel del río, lago u otro. En cierta medida, las inundaciones pueden ser eventos controlables por el hombre, dependiendo del uso de la tierra cercana a los causes de los ríos.(Galanton y Romero, 2007, p.20).

3.6.1.2 Variable Dependiente

■ Defensa ribereña

Estructuras construidas para proteger de las crecidas de los ríos las áreas aledañas a éstos cursos de agua, conformada por diferentes materiales tales como son rocas,concreto, geotextiles,etc.Con el objeto de proteger taludes de la plataforma vial, evitando la erosión, socavación o desprendimiento que producen las aguas en las riberas de los ríos. (MTC, 2021).

Tabla 1: Variables e Indicadores.

Variables Independiente: Inundación bidimensional	Indicadores
Dimensión hidrológico	Precipitación (mm)
	Caudal (m ³ /s)
Dimensión hidráulico	Tirante crítico (m)
	Ancho crítico (m)
Variables dependiente: Defensa ribereña	Indicadores
Dimensión de Estabilidad	FSD (Adimensional)
	FSV (Adimensional)

Adoptada de: Elaboración Propia

3.7 Técnicas e instrumentos

3.7.1 Técnicas

3.7.1.1 La técnica del análisis documental

- La Técnica del procesamiento de datos de las estaciones meteorológicas del [ANA \(2021\)](#) (Autoridad nacional del agua Y [SENAMHI \(2021\)](#) (Servicio Nacional de meteorología e Hidrología) ordenando los máximos diarios anuales en las precipitaciones y los máximos y mínimos anuales diarios en las temperaturas.
- Síntesis de Paper y libros seleccionados y manuales .
- Extracción de sistemas de información geográfico a través de rásteres.

3.7.2 Instrumentos

- Instrumento de la recolección de datos.
- Laptop I5 de 4GB de memoria RAM Y 2.5 GHz de procesador incorporado un disco solido de 2GB para procesamiento de datos.
- Utilización de Macros de Excel con lenguaje de programación Visual Basic(BVA) para ordenar las precipitaciones máximas diarias anuales de los registros históricos recolectados de las estaciones.
- Utilización del programa AutoCAD Civil 3D v2018.
- Utilización del programa HEC RAS v4.1.0.
- Utilización del programa ArcGIS v10.5.
- Hojas de cálculo Excel para análisis de datos.
- Uso de latex(Miktex)para tipografía y editor WinEdit V10.3. para realizar el plan de tesis y el borrador de tesis.

3.8 Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información

Para la elaboración del presente trabajo se realizará la siguiente secuencia:

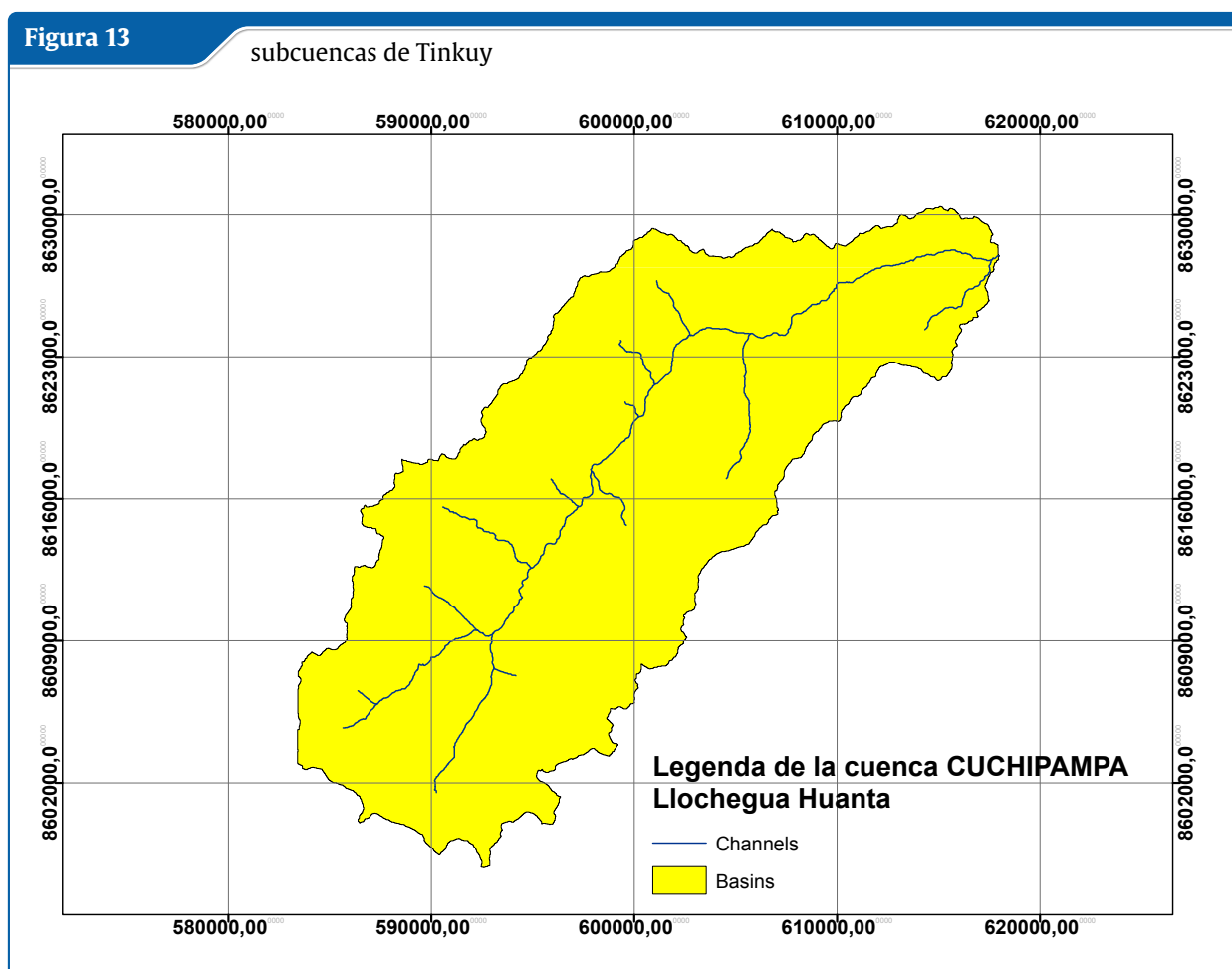
- Se contarán las mediciones topográficas de la sección de estudio, y luego se utilizará el software Civil 3D AutoCAD para crear curvas de nivel para los corte longitudinal, transversal y planimétricos de la sección de estudio..
- Para completar la información planimétrica faltante de la zona se recurrirá al programa Google Earth con lo que se podrá identificar las zonas de cultivo, vías principales, y cauce del río.
- Se realizara secciones transversales del tramo de estudio con una variación de 20 m entre progresivas.
- Para el estudio geológico, consultamos las cartas nacionales de la INGEMMET y también los boletines de estudio realizados por la misma institución; utilizando esta información, pudimos determinar las características geológicas y litológicas de la cuenca de Tinkuy, así como las características geológicas y litológicas de la sección de estudio.
- En la sección geomorfológica, utilizaremos el software ArcGIS v10.5 para procesar datos basados en mapas nacionales y obtener los parámetros morfométricos de las subcuencas que componen la cuenca del río Tinkuy a través de capas.
- Se realizará una tabla comparativa con los parámetros geomorfológicos de la cuenca donde se demuestra que al tener parámetros similares dentro de una misma cuenca se pueden usar para trasladar información faltante con los métodos de Tucci y cuencas vecinas.
- A continuación, a través de las instituciones SEHNAMI y ANA, se recogerán datos de las estaciones hidrométricas para determinar las cuencas de las estaciones dentro de la cuenca de Tinkuy.
- Para determinar las llanuras de inundación de los instantes máximos, se utilizará el método Tucci y las cuencas vecinas para cubrir las lagunas de datos de determinadas estaciones en determinados años.
- Se seleccionarán datos desde los años 2002 al 2020 para procesar la información para el cálculo de una defensa ribereña.
- Se calculará el periodo de retorno para obras de defensa ribereña de 175 años. Se realizará el cálculo estadístico en el software Hidroesta 2 con lo se logró obtener el ajuste de bondad para periodos de 10, 50, 175, 200 y 500 años.
- Se exportará las secciones transversales del tramo de estudio al HEC RAS v4.1.0 para poder obtener los márgenes del río.
- Se calculará el número de manning según la visita técnica y delimitando con ayuda del programa Google Earth.

- La sección de estudio se modelará entonces utilizando el software HEC-RAS v4.1.0 durante un período de 175 años con el fin de obtener secciones de la sección de estudio con ellos para poder observar dónde las inundaciones del río y, por tanto, determinar la ubicación más adecuada para la defensa del río.
- Contrastación de hipótesis t-student.
- Presentación y publicación de los resultados.

3.9 Desarrollo del trabajo de tesis

3.9.1 Área de estudio

El área de estudio del desarrollo de la investigación se realizó en el río Tinkuy en el sector Cuchipampa Distrito de Llochegua provincia de Huanta para el control de la inundación .



Fuente: Propia elaborado con ArcGIS

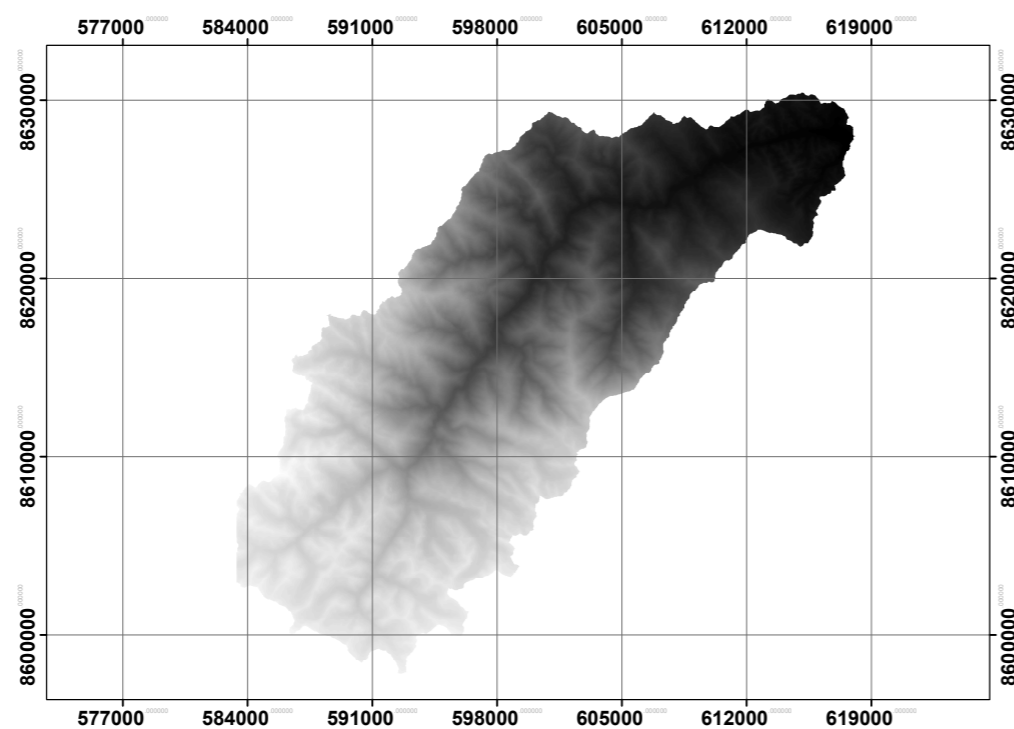
Tabla 2: Parámetros morfométricos y características físicas para la cuenca de Tinkuy

Parámetros Morfométricos y características físicas	
Características Físicas	
Área de la Cuenca(Km)	505.102
Perímetro de la Cuenca(Km)	147.384
Máxima Elevación(m.s.l.m)	4495.554
Mínima Elevación(m.s.l.m)	520.345
Elevación Media(m.s.l.m)	2555.488
Parámetros de forma	
Coefficiente de compacidad (Ic)	5.811
Factor de Forma (Ff)	9.328
Relación de Elongación (Re)	0.468
Relación de circularidad (Rci)	0.292
Parámetros de relieve	
Pendiente media(%)	26.82
Tiempo de concentración(Giandotti)(Hr)	3.392
Relación de Pendiente(Horton)	1.402
Longitud media de la colina o ladera(m)	991.247
Diámetro topológico	139
Longitud del vector de dirección (km)	23.040
Parámetros de la Red Hídrica	
Densidad de drenaje(Km/Km2)	1.061
Relación de bifurcación (Horton)(Rb)	4.345
Relación de Longitud(Horton) (Rl)	2.418
Relación de Área(Horton) (Ra)	4.642
Frecuencia de flujo de primer orden	0.623
Longitud total de la corriente(Km)	536.358
Longitud del canal principal(Km)	54.145
Pendiente media del canal principal(%)	7.750
Orden Máxima(Strahler)	5
Cantidad de corrientes	455

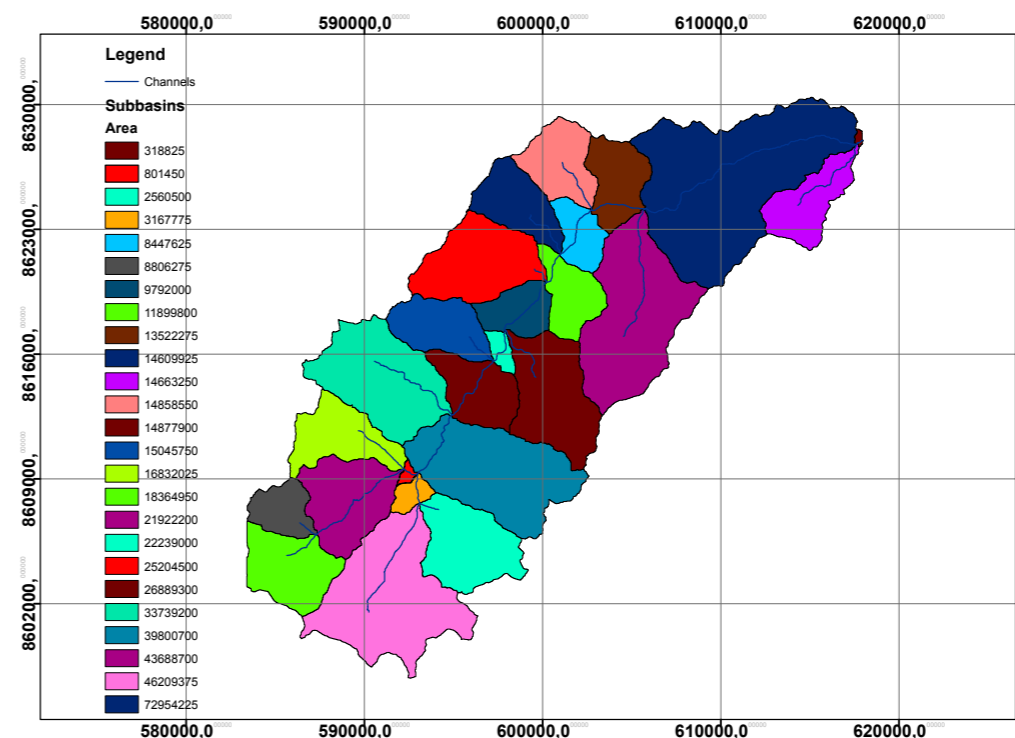
Fuente: Elaboración Propia tomado de GRASS GIS RBASIN wikipedia

Figura 14

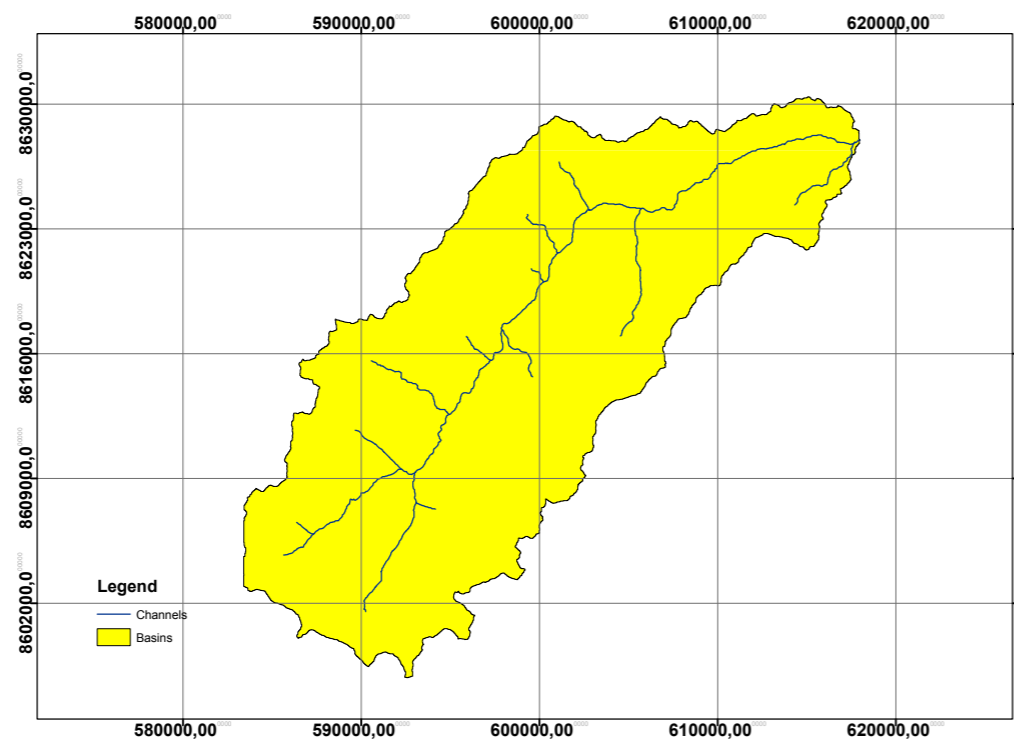
Formato ráster, formato shapefile , subcuencas y red hídrica de la cuenca delimitada de Tinkuy llohegua.



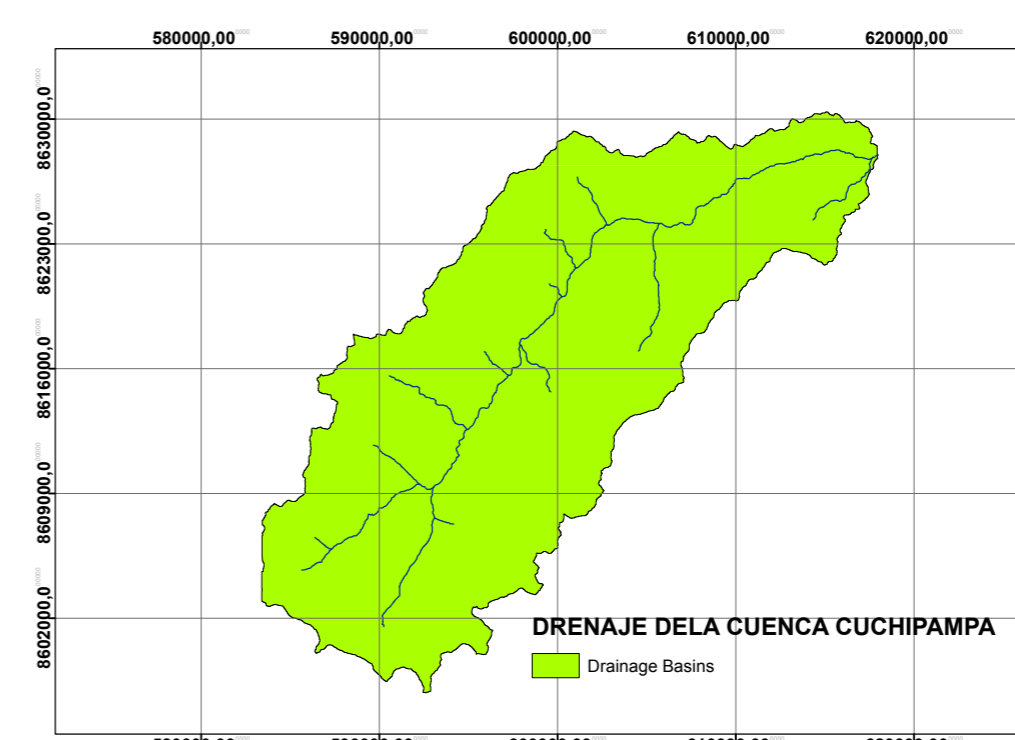
(a) Formato ráster



(b) subcuencas de Tinkuy



(c) Cuenca delimitada en formato shapefile



(d) Red hídrica de la cuenca Tinkuy

Fuente: fuente a.

Tabla 3: Precipitación diaria para cada celda de 0.5° de resolución obtenido del proyecto grillado PISCO-SENAMHI desde el primero de enero de 1981 al 31 de diciembre del 2016

cell	71702	71703	71704	71705	71968	71969	71970	72234	72235	72236	72237	72501	72502	72503	72767	72768	72769
X0	95.453331	71.0923462	51.2015228	41.9844284	76.3359222	78.5177155	57.811264	5.98396874	23.8441143	25.819767	29.2722073	1.86533916	6.65854931	8.42463303	0.96875829	0.85988337	1.61620247
X1	0.56431997	0.60697097	0.67460632	0.69669372	0.25000081	0.30904603	0.378317	0	0	0.01418581	0.13398229	0	0	0	0	0	0
X2	66.9386444	51.924839	39.9280586	32.8501892	60.293808	58.0848236	44.289402	21.4312325	27.679184	27.5999889	27.6540012	7.94268084	11.7078018	12.3842859	4.3770709	3.95434809	3.78077412
X3	7.30238199	6.48568201	9.18514538	7.73241472	7.82380486	6.87482882	5.86164951	4.90520287	5.34358597	5.19227505	4.78435135	1.91297472	2.64088583	2.70808983	0.94801027	0.88411349	0.84012383
X4	103.613403	78.7229309	58.7328224	47.9498406	90.4293366	88.2780609	66.0411911	50.8476524	37.398407	37.5398674	38.5114937	14.1832552	14.5450621	15.6255055	6.77927637	6.09622574	4.50300932
X5	110.305191	85.3596649	61.7083359	54.9057198	105.132278	95.2765884	71.7393646	44.8135834	68.0742416	60.7449265	63.967411	14.1426563	23.6173439	23.8724613	8.07804775	7.28082275	6.37885761
X6	3.70036054	3.22537303	2.88353705	2.41445589	4.17214537	3.58594799	2.9954474	2.76313925	2.93064523	2.78246617	2.50905681	1.10476673	1.4855957	1.48839545	0.57565522	0.52162242	0.48372361
X7	8.31529713	7.70105648	7.31045055	6.4975214	8.39447308	7.7210145	6.89234304	4.87871981	5.58589268	5.71837807	5.55109549	1.80615246	2.64940524	2.897789	0.76012355	0.75540817	0.78521991
X8	22.7400188	17.7296543	17.4656582	11.7238026	28.6791897	19.2278118	14.633132	4.96946716	2.90177608	2.92755723	2.78724241	1.46737278	1.42214215	1.51746118	0.4568567	0.45007452	0.44866025
X9	11.5630274	9.95055103	8.85232449	7.42692423	13.0001001	10.9372921	9.03179836	8.6267786	8.86219692	8.25220776	7.3728838	3.31628227	4.33539391	4.27505684	1.70905721	1.49371934	1.35498452
X10	28.6913109	22.8445625	18.4782944	12.3330193	28.3005104	18.3647709	14.5111961	8.99165344	11.316639	10.6654005	11.4066429	2.54988504	3.93668175	4.24445581	1.02414334	1.00307143	0.98292154
X11	167.061997	128.683243	99.8768692	83.1085434	170.545288	141.700317	106.277901	46.1043129	61.1667595	54.9417496	56.6852989	15.6003857	23.5395775	23.4480267	8.24384785	7.77866697	6.83726597
X12	82.9017716	64.8844757	51.4635353	49.6989822	71.4147492	71.1654968	54.1602097	29.3719196	33.3897629	34.0603638	34.2708855	10.0507193	13.8057699	14.7890282	5.28854132	4.72982073	4.18888664
X13	29.5681858	22.6498165	33.5174866	14.7629366	1.38493037	24.2793655	18.1534176	0.82217425	1.02504623	1.12016642	1.14505959	0.3503398	0.54620212	0.62399417	0.5670619	0.55304658	0.52171707
X14	15.9227638	14.0941534	12.8312511	10.9682579	17.3015175	15.0695524	12.797575	11.110899	11.9104338	11.4669256	10.5162849	4.38367653	5.96235561	6.05152702	2.26206446	2.07882118	1.97750497
X15	37.4223824	31.2055168	26.7694912	21.5716381	43.8567734	35.9522972	28.7080154	30.4838791	30.821043	27.8885517	23.9773159	12.4001188	15.9053822	15.1157951	7.05947542	6.19891453	5.43660641
X16	1.13304675	1.13024318	1.14356601	10.0232811	17.2240067	17.5427151	13.2169275	3.72689819	5.23330784	4.94359875	5.6907711	0.83874768	1.44178426	1.63487625	0.32666427	0.3831712	0.28814274
X17	52.9887657	40.8407059	34.5796471	12.3293228	21.4910793	20.9170742	16.0937653	7.11919308	8.70239449	4.4361639	4.06065369	2.20852566	3.25764084	2.33080363	1.02169681	0.76072806	0.88248563
X18	10.9843864	9.67144489	8.73151875	7.38710308	12.2862797	10.6804752	9.00334549	8.16562748	8.79302406	8.42138481	7.63382006	3.41670466	4.64460039	4.65551662	1.89978278	1.76562715	1.62900853
X19	114.397827	87.0457687	73.3238525	80.6284561	143.641464	110.338799	82.0736084	28.3354282	40.5236626	46.4913864	54.4518852	5.56734562	9.85687637	13.7631483	1.54992104	1.88811231	1.59611297
X20	71.9598618	56.030262	54.2520371	45.732029	80.5696945	75.3341904	56.900135	6.745502	28.5734215	28.891798	32.1352043	2.70071864	9.00715065	10.333683	1.44090724	1.32493401	2.11600685
X21	59.4910164	46.1576881	44.872406	37.8757935	66.7780151	62.6266861	47.1692658	4.43384838	23.0491219	23.3948669	26.3159485	1.83940876	7.07051992	8.19985485	1.02820444	0.94300675	1.63025034
X22	134.600815	104.105461	99.9407578	83.6493607	153.147263	141.591965	106.274597	67.1417999	57.0036964	56.3542519	61.1168823	17.5189591	19.4031239	21.2324543	7.52083778	6.88846111	5.08654356
X23	7.55943346	6.18743706	5.24396229	4.19777203	9.09264469	7.24509955	5.67557526	20.2383251	6.29317474	5.53763485	4.68013907	5.32163477	3.13580775	2.91258836	2.25252271	1.99327052	1.00968313
X24	3.21879959	2.85868812	2.60062575	2.21493721	3.49038196	3.06878567	2.61466193	2.21772194	2.4192493	2.34977961	2.16166186	0.88033587	1.21507633	1.24383235	0.44499186	0.41481987	0.39330444
X25	38.8008423	30.1262264	24.0397644	20.5800152	23.486927	33.4006882	25.327198	8.05540562	9.88409901	9.27953339	9.75845623	2.43992496	3.6577208	3.88684368	1.07204998	1.00978005	0.75384957
X26	64.7117157	48.979332	37.9588699	32.503376	66.1882858	54.3813133	40.205368	11.4991036	20.6368713	22.9909096	26.7476902	2.21785688	5.10602188	7.00590229	0.59469485	1.03296304	0.96053994
X27	10.8124781	9.82426167	9.13422489	7.94214726	11.3250523	10.2212048	8.92863655	6.90743971	7.76839256	7.76623678	7.34129953	2.70765138	3.86628318	4.08472729	1.30025911	1.26297236	1.57028592
X28	12.5883255	11.2226496	10.2424383	8.74626255	13.5615416	11.98417	10.2525091	8.59082508	9.43938255	9.21469116	8.50445366	3.46143985	4.81243086	4.93897104	1.78843415	1.69523776	1.60976696
X29	67.3102417	57.4694901	50.3442078	41.3538132	79.0264282	66.4844666	54.2452583	55.3196564	57.6347694	53.3361473	46.6777802	23.714119	31.1636772	30.0877285	14.0388374	12.696168	11.2757387
X30	153.682022	117.626663	92.2979126	65.2565537	159.026947	130.918716	97.7777252	37.6331825	56.1304245	50.6866455	55.8498879	9.80103588	17.1476212	18.0811863	4.11397314	3.75279737	3.78666139
X31	22.2018356	18.7466717	15.3705845	12.8551693	28.6171227	20.3335247	18.2308235	9.1992569	9.40588093	8.43836117	7.42289496	4.24475241	7.24937677	5.91862631	3.69334602	3.1617651	2.58642983
X32	3.60023475	3.33228397	3.01219273	2.60822964	3.89982796	3.52124405	3.16840625	3.6533773	3.81459189	3.51324272	3.18257904	1.60153019	2.80489826	2.36946726	1.26151991	1.09399903	0.93054336
X33	203.890533	165.050842	96.7173767	106.706039	211.183395	132.898712	120.966476	74.2312622	46.6867065	39.2685318	54.4981041	13.713233	27.4958649	20.0061188	0.08527553	0.09576328	7.59525585
X34	24.5868378	21.820612	18.8546143	15.9822016	29.4487	23.9287796	21.3844147	19.907608	26.8813801	24.0367241	23.9315739	9.50010109	20.1119041	16.2378368	8.44432449	7.4222908	6.15039206
X35	6.59406948	6.22777462	5.71329498	5.00127554	6.99742127	6.50114012	5.96710205	6.40560198	6.96711206	6.59011793	6.07449532	2.91402292	5.28792763	4.55986738	2.33125496	2.12114358	1.84414446
X36	20.6824989	18.0032768	20.0958862	13.8134413	10.6574497	9.78091717	8.8830061	10.2657023	10.9759293	10.2235441	9.2903595	4.87757301	8.68135262	7.33827782	4.20959187	3.76509619	3.1932807
X37	31.1796436	27.2513561	30.6729069	21.140976	47.408905	46.4151344	42.4779511	13.4967928	14.6902914	13.956974	12.9488449	6.04252291	11.0015745	9.55698013	4.71179056	4.28913403	3.76361704

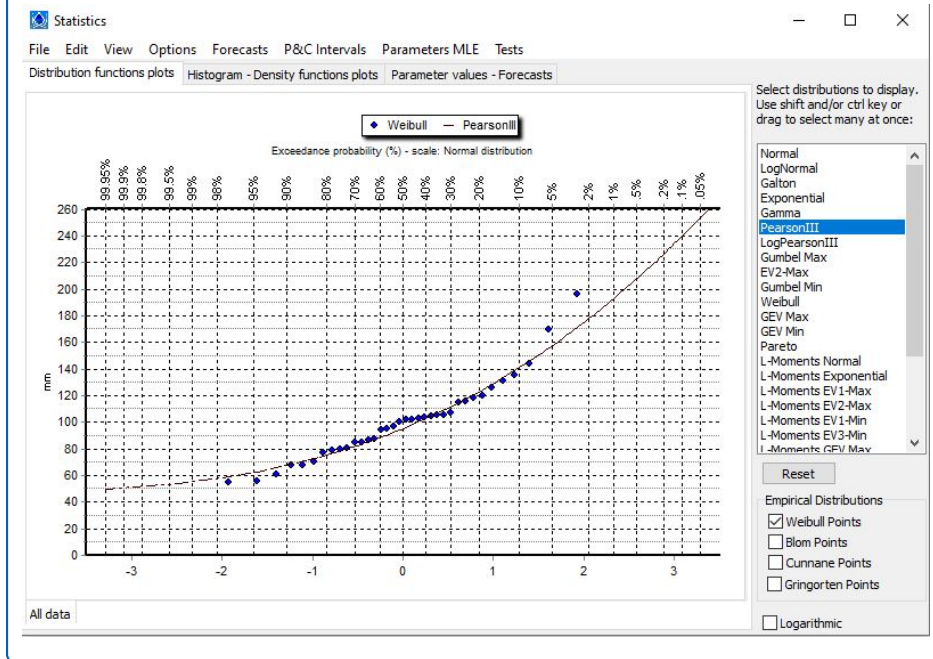
Fuente: Elaboración Propia tomado de PISCO-SENAMHI

Tabla 4: Precipitación máxima diaria anual ordenado por mes y por año obtenido del producto PISCO-SENAMHI

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Max Prec.24Hrs
1981	70.68235585	77.71114658	104.307067	39.04552934	30.16146946	0.742071846	0.84244598	11.46118303	28.89320282	60.75987948	143.6520363	48.88581	143.6520363
1982	95.32698058	99.03348642	105.8658572	40.64043132	18.34061503	5.259684843	3.86902184	3.750850544	46.95626445	22.248051	90.21062858	40.53961	105.8658572
1983	70.39813162	135.8998942	30.65374725	24.69565728	11.42498608	9.046512912	1.211603068	3.961629699	67.33487923	37.4171988	87.51665527	43.78186	135.8998942
1984	101.6263914	61.41374486	50.34034056	26.12646933	88.99375614	40.41363659	8.784160565	7.591103014	49.43591965	22.05166425	90.60684924	46.94455	101.6263914
1985	88.0021233	52.86818134	55.60868869	28.03541848	79.84433442	12.78236238	8.797636937	5.166590102	18.99706467	39.49161118	94.29745683	71.29707	94.29745683
1986	65.42402941	84.90624832	102.3343868	24.98412155	27.33074192	0.336575246	1.217831384	18.16038346	34.83046287	38.18849261	106.8509384	22.08399	106.8509384
1987	67.42524635	95.5086652	118.6008848	30.16619208	7.919359025	5.497772034	15.85877308	1.215321187	43.07643175	18.09760687	44.88777497	49.19962	118.6008848
1988	83.48906882	105.3266949	58.36325502	12.80630035	44.19007654	7.83010217	6.706395268	2.412186823	78.11251803	35.65630081	44.1462168	50.57177	105.3266949
1989	99.76082774	33.00276122	60.28520478	39.4357674	23.45450658	74.23109618	10.53628922	7.263659379	43.09772579	117.9366584	111.9279577	125.907	125.9070306
1990	83.80492286	169.3957325	62.49036744	24.9123897	31.68119383	66.32568682	12.72715519	13.19439156	35.92870572	42.46154659	31.12832491	29.705	169.3957325
1991	60.81992388	104.8416586	68.84977921	30.72148828	72.14966524	36.84208586	5.615615924	12.85737036	53.03208519	41.18328198	32.84551727	59.38719	104.8416586
1992	46.1072765	60.37620429	42.60390468	47.92688928	31.09686568	34.52944422	30.61780758	28.81799204	55.54474079	19.42350869	102.684944	58.52129	102.684944
1993	58.29960921	59.08979705	30.02086392	25.92830878	26.12806016	13.88834368	20.21470519	13.14130665	70.27122845	40.45839246	62.86575317	42.79789	70.27122845
1994	79.3572618	52.69270005	62.47664356	24.43129849	48.12062749	11.43281418	1.85433109	6.492310538	24.96917232	32.14684447	40.65355511	41.23842	79.3572618
1995	54.00711233	73.87119753	85.85117699	13.22393602	33.82247748	7.312010457	9.850056108	3.517233916	13.79223734	18.79640312	102.4045806	39.37772	102.4045806
1996	87.55743095	45.98932872	65.04940611	54.17601344	28.59081605	5.29486354	2.182920861	9.796862107	20.36519721	48.86352438	67.09582512	72.92455	87.55743095
1997	57.01409497	63.76074637	119.6120122	25.18908694	27.6707265	3.238560861	0.852460303	7.817273757	46.82186811	17.94257871	80.51257408	27.86617	119.6120122
1998	20.88948014	60.21864425	30.66328419	25.99774626	4.719872094	10.22644004	0.165028898	6.548611466	36.65700803	28.96694843	84.64382371	55.40425	84.64382371
1999	67.89091213	33.75448272	54.97322579	23.07508968	21.61213606	7.88383824	14.6734159	0.739602078	36.26596994	17.73045968	67.54255516	50.79615	67.89091213
2000	77.41876511	83.067259	86.55468413	20.61495715	19.04971342	5.977842222	3.380716138	3.275156594	68.64907757	16.36991546	51.75892074	39.32946	86.55468413
2001	45.71811415	60.15309342	24.25210128	16.05702267	96.61815447	2.731505506	9.286285541	4.511638473	69.00673698	55.96228259	88.20611314	40.97586	96.61815447
2002	61.78537715	53.96401271	24.00811678	55.75061128	18.38237057	7.710743848	8.968903617	3.771568617	30.52656324	49.58921735	80.50411309	67.47976	80.50411309
2003	39.52708637	74.02894615	63.33665197	21.47312396	53.36294466	4.583826914	2.498518756	10.68450783	55.00198706	78.57294045	55.0913551	48.26928	78.57294045
2004	51.40993674	113.3622309	68.37216865	34.7549419	39.59776277	4.625093926	49.38051386	8.797017288	96.13983788	44.8020998	195.9822285	44.09165	195.9822285
2005	64.57632671	103.414395	95.13552753	22.55029658	17.90784746	0.59505239	7.204205443	2.458956133	48.65049003	52.5941253	57.5869243	86.7306	103.414395
2006	65.10192675	31.61636919	44.35767325	30.90649033	8.287671319	29.78216728	6.59744655	6.857657334	42.22657051	61.25568595	76.95358114	53.80758	76.95358114
2007	57.12453573	70.77932352	30.95968743	45.09287764	70.07957209	2.114645341	24.36785162	7.363421125	44.57161794	53.84264977	115.6504683	97.2097	115.6504683
2008	59.09183004	44.62796716	47.32010746	19.37801109	34.28501232	7.247201429	3.265516279	4.874732579	28.24949557	60.78580938	95.05475232	53.46836	95.05475232
2009	49.70212246	45.9959581	47.39413877	49.98741161	36.56087149	29.00296091	13.28198533	6.219569374	48.09052921	28.3836142	61.78240901	67.78858	67.78858276
2010	64.15105607	61.16036898	61.665245	55.88747241	45.6094543	13.30409593	5.806974925	11.62266256	37.76233905	43.28200009	114.5832953	58.59546	114.5832953
2011	54.37748009	85.28038575	79.82588364	23.33171152	48.68763976	10.8349222	27.78978911	4.44439212	49.65365369	72.02008421	82.73977835	44.6825	85.28038575
2012	50.84361003	61.28398048	37.75034809	29.63765435	45.04510298	35.55881267	5.839060982	5.482419393	16.39187156	58.11136508	44.94148389	48.08165	61.28398048
2013	45.96727032	55.29083617	35.86526879	18.6640418	38.43207299	3.99200968	11.4758652	13.9469266	14.77893404	30.95472905	22.07167411	38.85811	55.29083617
2014	56.1693882	45.79841286	32.50790585	14.04686847	25.34797605	5.815102287	4.134900214	11.9813315	18.42034631	35.92304777	51.20302787	33.25962	56.1693882
2015	60.50480153	37.23079721	34.61990833	34.10528525	41.89768922	16.16376374	6.625814803	6.962495609	12.03421354	14.68890455	131.0911761	40.72105	131.0911761
2016	56.05676617	100.1257834	60.41044953	14.73627904	13.18161325	4.616782556	23.15984877	4.035475787	32.97458974	35.5774558	26.95363335	45.71478	100.1257834

Fuente: Elaboración Propia procesado del producto PISCO-SENAMHI

Figura 15 Pearson III la que mejor se ajusta a los datos

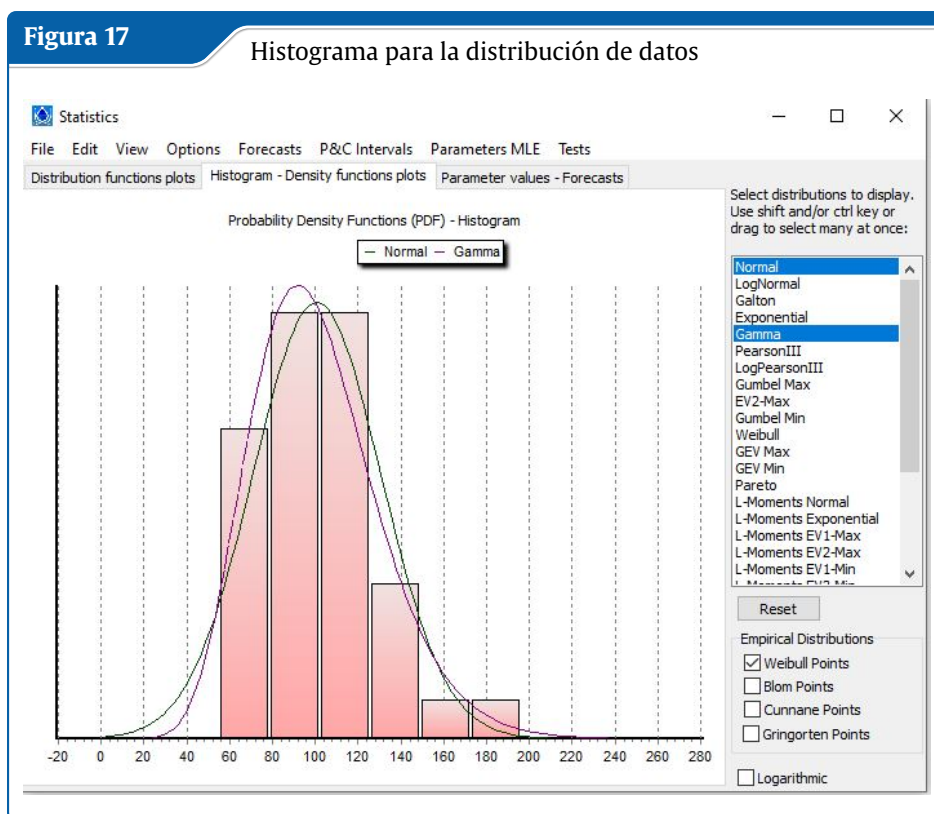


Fuente: Elaboración Propia

Figura 16 Prueba estadística de smirnov kolmogorov aceptado para la distribución de Pearson III

Kolmogorov-Smirnov test for: All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	61.0940%	0.12194
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	64.1095%	0.11896
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.2736%	0.06691
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.1866%	0.07292
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	45.8457%	0.13776
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	39.0684%	0.14558
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	93.2075%	0.08541
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	96.2840%	0.07895
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.2238%	0.06730
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.5913%	0.07513
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	55.4563%	0.12760
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	14.9887%	0.18502
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	53.2476%	0.12987
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.3408%	0.07596
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	91.8113%	0.08777
Pareto	ACCEPT	REJECT	REJECT	1.20588%	0.26177
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.9442%	0.06918
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.7911%	0.07006
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.5763%	0.07518
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	47.2621%	0.13620
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	14.7738%	0.18555
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	54.1076%	0.12898
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	48.7510%	0.13459
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	67.2578%	0.11584
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	32.8467%	0.15353
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	66.4048%	0.11669
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	34.9054%	0.15080

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5: Duración de Precipitación máxima anual en 24 horas en minutos(mm)

Duración de Precipitación máxima anual en 24 horas en minutos(mm)							
Año	P24h (mm)	20	30	60	120	180	240
1981	143.65	49.31	54.58	64.90	77.18	85.41	91.78
1982	105.87	36.34	40.22	47.83	56.88	62.95	67.64
1983	135.9	46.65	51.63	61.40	73.02	80.81	86.83
1984	101.63	34.89	38.61	45.92	54.60	60.43	64.94
1985	94.3	32.37	35.83	42.60	50.67	56.07	60.25
1986	106.85	36.68	40.59	48.27	57.41	63.53	68.27
1987	118.6	40.71	45.06	53.58	63.72	70.52	75.78
1988	105.32	36.16	40.01	47.58	56.59	62.62	67.29
1989	125.91	43.22	47.84	56.89	67.65	74.87	80.45
1990	169.4	58.15	64.36	76.54	91.02	100.73	108.24
1991	104.84	35.99	39.83	47.37	56.33	62.34	66.99
1992	102.68	35.25	39.01	46.39	55.17	61.05	65.61
1993	70.27	24.12	26.70	31.75	37.76	41.78	44.90
1994	79.36	27.24	30.15	35.85	42.64	47.19	50.71
1995	102.4	35.15	38.90	46.26	55.02	60.89	65.43
1996	87.56	30.06	33.27	39.56	47.04	52.06	55.95
1997	119.61	41.06	45.44	54.04	64.26	71.12	76.42

1998	84.64	29.06	32.16	38.24	45.48	50.33	54.08
1999	67.89	23.31	25.79	30.67	36.48	40.37	43.38
2000	86.55	29.71	32.88	39.10	46.50	51.46	55.30
2001	96.62	33.17	36.71	43.65	51.91	57.45	61.73
2002	80.5	27.64	30.58	36.37	43.25	47.87	51.43
2003	78.57	26.97	29.85	35.50	42.21	46.72	50.20
2004	195.98	67.28	74.46	88.54	105.30	116.53	125.22
2005	103.41	35.50	39.29	46.72	55.56	61.49	66.07
2006	76.95	26.42	29.23	34.77	41.34	45.75	49.17
2007	115.65	39.70	43.94	52.25	62.14	68.77	73.89
2008	95.05	32.63	36.11	42.94	51.07	56.52	60.73
2009	67.79	23.27	25.75	30.63	36.42	40.31	43.31
2010	114.58	39.33	43.53	51.77	61.56	68.13	73.21
2011	85.28	29.28	32.40	38.53	45.82	50.71	54.49
2012	61.28	21.04	23.28	27.69	32.92	36.44	39.15
2013	55.29	18.98	21.01	24.98	29.71	32.88	35.33
2014	56.17	19.28	21.34	25.38	30.18	33.40	35.89
2015	131.09	45.00	49.80	59.23	70.43	77.95	83.76
2016	100.13	34.37	38.04	45.24	53.80	59.54	63.98

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6: Intensidad de precipitación para las duraciones en minutos(mm)del producto PISCO-SENAMHI

Intensidad de precipitación para las duraciones en minutos(mm)							
Año	P24h(mm)	20	30	60	120	180	240
1981	143.65	147.94	109.15	64.90	38.59	28.47	22.95
1982	105.87	109.03	80.44	47.83	28.44	20.98	16.91
1983	135.9	139.96	103.26	61.40	36.51	26.94	21.71
1984	101.63	104.67	77.22	45.92	27.30	20.14	16.23
1985	94.3	97.12	71.65	42.60	25.33	18.69	15.06
1986	106.85	110.04	81.19	48.27	28.70	21.18	17.07
1987	118.6	122.14	90.12	53.58	31.86	23.51	18.94
1988	105.32	108.47	80.03	47.58	28.29	20.87	16.82
1989	125.91	129.67	95.67	56.89	33.82	24.96	20.11
1990	169.4	174.46	128.72	76.54	45.51	33.58	27.06
1991	104.84	107.97	79.66	47.37	28.16	20.78	16.75
1992	102.68	105.75	78.02	46.39	27.58	20.35	16.40
1993	70.27	72.37	53.39	31.75	18.88	13.93	11.22
1994	79.36	81.73	60.30	35.85	21.32	15.73	12.68
1995	102.4	105.46	77.81	46.26	27.51	20.30	16.36
1996	87.56	90.18	66.53	39.56	23.52	17.35	13.99
1997	119.61	123.18	90.88	54.04	32.13	23.71	19.11
1998	84.64	87.17	64.31	38.24	22.74	16.78	13.52

1999	67.89	69.92	51.59	30.67	18.24	13.46	10.84
2000	86.55	89.14	65.76	39.10	23.25	17.15	13.83
2001	96.62	99.51	73.42	43.65	25.96	19.15	15.43
2002	80.5	82.91	61.17	36.37	21.63	15.96	12.86
2003	78.57	80.92	59.70	35.50	21.11	15.57	12.55
2004	195.98	201.84	148.91	88.54	52.65	38.84	31.31
2005	103.41	106.50	78.57	46.72	27.78	20.50	16.52
2006	76.95	79.25	58.47	34.77	20.67	15.25	12.29
2007	115.65	119.11	87.87	52.25	31.07	22.92	18.47
2008	95.05	97.89	72.22	42.94	25.53	18.84	15.18
2009	67.79	69.82	51.51	30.63	18.21	13.44	10.83
2010	114.58	118.00	87.06	51.77	30.78	22.71	18.30
2011	85.28	87.83	64.80	38.53	22.91	16.90	13.62
2012	61.28	63.11	46.56	27.69	16.46	12.15	9.79
2013	55.29	56.94	42.01	24.98	14.85	10.96	8.83
2014	56.17	57.85	42.68	25.38	15.09	11.13	8.97
2015	131.09	135.01	99.61	59.23	35.22	25.98	20.94
2016	100.13	103.12	76.08	45.24	26.90	19.85	15.99

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7: Intensidad de precipitación para las duraciones en minutos(mm)

Intensidad de precipitación y duración ordenado de mayor a menor							
N° de orden	Tiempo de retorno	20	30	60	120	180	240
1	37.00	201.84	148.91	88.54	52.65	38.84	31.31
2	18.50	174.46	128.72	76.54	45.51	33.58	27.06
3	12.33	147.94	109.15	64.90	38.59	28.47	22.95
4	9.25	139.96	103.26	61.40	36.51	26.94	21.71
5	7.40	135.01	99.61	59.23	35.22	25.98	20.94
6	6.17	129.67	95.67	56.89	33.82	24.96	20.11
7	5.29	123.18	90.88	54.04	32.13	23.71	19.11
8	4.63	122.14	90.12	53.58	31.86	23.51	18.94
9	4.11	119.11	87.87	52.25	31.07	22.92	18.47
10	3.70	118.00	87.06	51.77	30.78	22.71	18.30
11	3.36	110.04	81.19	48.27	28.70	21.18	17.07
12	3.08	109.03	80.44	47.83	28.44	20.98	16.91
13	2.85	108.47	80.03	47.58	28.29	20.87	16.82
14	2.64	107.97	79.66	47.37	28.16	20.78	16.75
15	2.47	106.50	78.57	46.72	27.78	20.50	16.52
16	2.31	105.75	78.02	46.39	27.58	20.35	16.40
17	2.18	105.46	77.81	46.26	27.51	20.30	16.36
18	2.06	104.67	77.22	45.92	27.30	20.14	16.23
19	1.95	103.12	76.08	45.24	26.90	19.85	15.99

20	1.85	99.51	73.42	43.65	25.96	19.15	15.43
21	1.76	97.89	72.22	42.94	25.53	18.84	15.18
22	1.68	97.12	71.65	42.60	25.33	18.69	15.06
23	1.61	90.18	66.53	39.56	23.52	17.35	13.99
24	1.54	89.14	65.76	39.10	23.25	17.15	13.83
25	1.48	87.83	64.80	38.53	22.91	16.90	13.62
26	1.42	87.17	64.31	38.24	22.74	16.78	13.52
27	1.37	82.91	61.17	36.37	21.63	15.96	12.86
28	1.32	81.73	60.30	35.85	21.32	15.73	12.68
29	1.28	80.92	59.70	35.50	21.11	15.57	12.55
30	1.23	79.25	58.47	34.77	20.67	15.25	12.29
31	1.19	72.37	53.39	31.75	18.88	13.93	11.22
32	1.16	69.92	51.59	30.67	18.24	13.46	10.84
33	1.12	69.82	51.51	30.63	18.21	13.44	10.83
34	1.09	63.11	46.56	27.69	16.46	12.15	9.79
35	1.06	57.85	42.68	25.38	15.09	11.13	8.97
36	1.03	56.94	42.01	24.98	14.85	10.96	8.83

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8: Curvas IDF (Intensidad, duración y periodo de retorno)

N°	Imáx(mm/hr)	T(años)	D(min)	N°	Imáx(mm/hr)	T(años)	D(min)	N°	Imáx(mm/hr)	T(años)	D(min)	N°	Imáx(mm/hr)	T(años)	D(min)	N°	Imáx(mm/hr)	T(años)	D(min)	N°	Imáx(mm/hr)	T(años)	D(min)
1	201.84	37.00	20.00	37	123.18	5.29	20.00	73	108.47	2.85	20.00	109	103.12	1.95	20.00	145	87.83	1.48	20.00	181	72.37	1.19	20.00
2	148.91	37.00	30.00	38	90.88	5.29	30.00	74	80.03	2.85	30.00	110	76.08	1.95	30.00	146	64.80	1.48	30.00	182	53.39	1.19	30.00
3	88.54	37.00	60.00	39	54.04	5.29	60.00	75	47.58	2.85	60.00	111	45.24	1.95	60.00	147	38.53	1.48	60.00	183	31.75	1.19	60.00
4	52.65	37.00	120.00	40	32.13	5.29	120.00	76	28.29	2.85	120.00	112	26.90	1.95	120.00	148	22.91	1.48	120.00	184	18.88	1.19	120.00
5	38.84	37.00	180.00	41	23.71	5.29	180.00	77	20.87	2.85	180.00	113	19.85	1.95	180.00	149	16.90	1.48	180.00	185	13.93	1.19	180.00
6	31.31	37.00	240.00	42	19.11	5.29	240.00	78	16.82	2.85	240.00	114	15.99	1.95	240.00	150	13.62	1.48	240.00	186	11.22	1.19	240.00
7	174.46	18.50	20.00	43	122.14	4.63	20.00	79	107.97	2.64	20.00	115	99.51	1.85	20.00	151	87.17	1.42	20.00	187	69.92	1.16	20.00
8	128.72	18.50	30.00	44	90.12	4.63	30.00	80	79.66	2.64	30.00	116	73.42	1.85	30.00	152	64.31	1.42	30.00	188	51.59	1.16	30.00
9	76.54	18.50	60.00	45	53.58	4.63	60.00	81	47.37	2.64	60.00	117	43.65	1.85	60.00	153	38.24	1.42	60.00	189	30.67	1.16	60.00
10	45.51	18.50	120.00	46	31.86	4.63	120.00	82	28.16	2.64	120.00	118	25.96	1.85	120.00	154	22.74	1.42	120.00	190	18.24	1.16	120.00
11	33.58	18.50	180.00	47	23.51	4.63	180.00	83	20.78	2.64	180.00	119	19.15	1.85	180.00	155	16.78	1.42	180.00	191	13.46	1.16	180.00
12	27.06	18.50	240.00	48	18.94	4.63	240.00	84	16.75	2.64	240.00	120	15.43	1.85	240.00	156	13.52	1.42	240.00	192	10.84	1.16	240.00
13	147.94	12.33	20.00	49	119.11	4.11	20.00	85	106.50	2.47	20.00	121	97.89	1.76	20.00	157	82.91	1.37	20.00	193	69.82	1.12	20.00
14	109.15	12.33	30.00	50	87.87	4.11	30.00	86	78.57	2.47	30.00	122	72.22	1.76	30.00	158	61.17	1.37	30.00	194	51.51	1.12	30.00
15	64.90	12.33	60.00	51	52.25	4.11	60.00	87	46.72	2.47	60.00	123	42.94	1.76	60.00	159	36.37	1.37	60.00	195	30.63	1.12	60.00
16	38.59	12.33	120.00	52	31.07	4.11	120.00	88	27.78	2.47	120.00	124	25.53	1.76	120.00	160	21.63	1.37	120.00	196	18.21	1.12	120.00
17	28.47	12.33	180.00	53	22.92	4.11	180.00	89	20.50	2.47	180.00	125	18.84	1.76	180.00	161	15.96	1.37	180.00	197	13.44	1.12	180.00
18	22.95	12.33	240.00	54	18.47	4.11	240.00	90	16.52	2.47	240.00	126	15.18	1.76	240.00	162	12.86	1.37	240.00	198	10.83	1.12	240.00
19	139.96	9.25	20.00	55	118.00	3.70	20.00	91	105.75	2.31	20.00	127	97.12	1.68	20.00	163	81.73	1.32	20.00	199	63.11	1.09	20.00
20	103.26	9.25	30.00	56	87.06	3.70	30.00	92	78.02	2.31	30.00	128	71.65	1.68	30.00	164	60.30	1.32	30.00	200	46.56	1.09	30.00
21	61.40	9.25	60.00	57	51.77	3.70	60.00	93	46.39	2.31	60.00	129	42.60	1.68	60.00	165	35.85	1.32	60.00	201	27.69	1.09	60.00
22	36.51	9.25	120.00	58	30.78	3.70	120.00	94	27.58	2.31	120.00	130	25.33	1.68	120.00	166	21.32	1.32	120.00	202	16.46	1.09	120.00
23	26.94	9.25	180.00	59	22.71	3.70	180.00	95	20.35	2.31	180.00	131	18.69	1.68	180.00	167	15.73	1.32	180.00	203	12.15	1.09	180.00
24	21.71	9.25	240.00	60	18.30	3.70	240.00	96	16.40	2.31	240.00	132	15.06	1.68	240.00	168	12.68	1.32	240.00	204	9.79	1.09	240.00
25	135.01	7.40	20.00	61	110.04	3.36	20.00	97	105.46	2.18	20.00	133	90.18	1.61	20.00	169	80.92	1.28	20.00	205	57.85	1.06	20.00
26	99.61	7.40	30.00	62	81.19	3.36	30.00	98	77.81	2.18	30.00	134	66.53	1.61	30.00	170	59.70	1.28	30.00	206	42.68	1.06	30.00
27	59.23	7.40	60.00	63	48.27	3.36	60.00	99	46.26	2.18	60.00	135	39.56	1.61	60.00	171	35.50	1.28	60.00	207	25.38	1.06	60.00
28	35.22	7.40	120.00	64	28.70	3.36	120.00	100	27.51	2.18	120.00	136	23.52	1.61	120.00	172	21.11	1.28	120.00	208	15.09	1.06	120.00
29	25.98	7.40	180.00	65	21.18	3.36	180.00	101	20.30	2.18	180.00	137	17.35	1.61	180.00	173	15.57	1.28	180.00	209	11.13	1.06	180.00
30	20.94	7.40	240.00	66	17.07	3.36	240.00	102	16.36	2.18	240.00	138	13.99	1.61	240.00	174	12.55	1.28	240.00	210	8.97	1.06	240.00
31	129.67	6.17	20.00	67	109.03	3.08	20.00	103	104.67	2.06	20.00	139	89.14	1.54	20.00	175	79.25	1.23	20.00	211	56.94	1.03	20.00
32	95.67	6.17	30.00	68	80.44	3.08	30.00	104	77.22	2.06	30.00	140	65.76	1.54	30.00	176	58.47	1.23	30.00	212	42.01	1.03	30.00
33	56.89	6.17	60.00	69	47.83	3.08	60.00	105	45.92	2.06	60.00	141	39.10	1.54	60.00	177	34.77	1.23	60.00	213	24.98	1.03	60.00
34	33.82	6.17	120.00	70	28.44	3.08	120.00	106	27.30	2.06	120.00	142	23.25	1.54	120.00	178	20.67	1.23	120.00	214	14.85	1.03	120.00
35	24.96	6.17	180.00	71	20.98	3.08	180.00	107	20.14	2.06	180.00	143	17.15	1.54	180.00	179	15.25	1.23	180.00	215	10.96	1.03	180.00
36	20.11	6.17	240.00	72	16.91	3.08	240.00	108	16.23	2.06	240.00	144	13.83	1.54	240.00	180	12.29	1.23	240.00	216	8.83	1.03	240.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9: Curvas IDF (Intensidad, duración y periodo de retorno)

N°	log(I)	log(T)	log(D)	N°	log(I)	log(T)	log(D)	N°	log(I)	log(T)	log(D)	N°	log(I)	log(T)	log(D)	N°	log(I)	log(T)	log(D)	N°	log(I)	log(T)	log(D)	N°	log(I)	log(T)	log(D)
1	2.30	1.57	1.30	37	2.09	0.72	1.30	73	2.04	0.45	1.30	109	2.01	0.29	1.30	145	1.94	0.17	1.30	181	1.86	0.08	1.30				
2	2.17	1.57	1.48	38	1.96	0.72	1.48	74	1.90	0.45	1.48	110	1.88	0.29	1.48	146	1.81	0.17	1.48	182	1.73	0.08	1.48				
3	1.95	1.57	1.78	39	1.73	0.72	1.78	75	1.68	0.45	1.78	111	1.66	0.29	1.78	147	1.59	0.17	1.78	183	1.50	0.08	1.78				
4	1.72	1.57	2.08	40	1.51	0.72	2.08	76	1.45	0.45	2.08	112	1.43	0.29	2.08	148	1.36	0.17	2.08	184	1.28	0.08	2.08				
5	1.59	1.57	2.26	41	1.37	0.72	2.26	77	1.32	0.45	2.26	113	1.30	0.29	2.26	149	1.23	0.17	2.26	185	1.14	0.08	2.26				
6	1.50	1.57	2.38	42	1.28	0.72	2.38	78	1.23	0.45	2.38	114	1.20	0.29	2.38	150	1.13	0.17	2.38	186	1.05	0.08	2.38				
7	2.24	1.27	1.30	43	2.09	0.67	1.30	79	2.03	0.42	1.30	115	2.00	0.27	1.30	151	1.94	0.15	1.30	187	1.84	0.06	1.30				
8	2.11	1.27	1.48	44	1.95	0.67	1.48	80	1.90	0.42	1.48	116	1.87	0.27	1.48	152	1.81	0.15	1.48	188	1.71	0.06	1.48				
9	1.88	1.27	1.78	45	1.73	0.67	1.78	81	1.68	0.42	1.78	117	1.64	0.27	1.78	153	1.58	0.15	1.78	189	1.49	0.06	1.78				
10	1.66	1.27	2.08	46	1.50	0.67	2.08	82	1.45	0.42	2.08	118	1.41	0.27	2.08	154	1.36	0.15	2.08	190	1.26	0.06	2.08				
11	1.53	1.27	2.26	47	1.37	0.67	2.26	83	1.32	0.42	2.26	119	1.28	0.27	2.26	155	1.22	0.15	2.26	191	1.13	0.06	2.26				
12	1.43	1.27	2.38	48	1.28	0.67	2.38	84	1.22	0.42	2.38	120	1.19	0.27	2.38	156	1.13	0.15	2.38	192	1.04	0.06	2.38				
13	2.17	1.09	1.30	49	2.08	0.61	1.30	85	2.03	0.39	1.30	121	1.99	0.25	1.30	157	1.92	0.14	1.30	193	1.84	0.05	1.30				
14	2.04	1.09	1.48	50	1.94	0.61	1.48	86	1.90	0.39	1.48	122	1.86	0.25	1.48	158	1.79	0.14	1.48	194	1.71	0.05	1.48				
15	1.81	1.09	1.78	51	1.72	0.61	1.78	87	1.67	0.39	1.78	123	1.63	0.25	1.78	159	1.56	0.14	1.78	195	1.49	0.05	1.78				
16	1.59	1.09	2.08	52	1.49	0.61	2.08	88	1.44	0.39	2.08	124	1.41	0.25	2.08	160	1.33	0.14	2.08	196	1.26	0.05	2.08				
17	1.45	1.09	2.26	53	1.36	0.61	2.26	89	1.31	0.39	2.26	125	1.28	0.25	2.26	161	1.20	0.14	2.26	197	1.13	0.05	2.26				
18	1.36	1.09	2.38	54	1.27	0.61	2.38	90	1.22	0.39	2.38	126	1.18	0.25	2.38	162	1.11	0.14	2.38	198	1.03	0.05	2.38				
19	2.15	0.97	1.30	55	2.07	0.57	1.30	91	2.02	0.36	1.30	127	1.99	0.23	1.30	163	1.91	0.12	1.30	199	1.80	0.04	1.30				
20	2.01	0.97	1.48	56	1.94	0.57	1.48	92	1.89	0.36	1.48	128	1.86	0.23	1.48	164	1.78	0.12	1.48	200	1.67	0.04	1.48				
21	1.79	0.97	1.78	57	1.71	0.57	1.78	93	1.67	0.36	1.78	129	1.63	0.23	1.78	165	1.55	0.12	1.78	201	1.44	0.04	1.78				
22	1.56	0.97	2.08	58	1.49	0.57	2.08	94	1.44	0.36	2.08	130	1.40	0.23	2.08	166	1.33	0.12	2.08	202	1.22	0.04	2.08				
23	1.43	0.97	2.26	59	1.36	0.57	2.26	95	1.31	0.36	2.26	131	1.27	0.23	2.26	167	1.20	0.12	2.26	203	1.08	0.04	2.26				
24	1.34	0.97	2.38	60	1.26	0.57	2.38	96	1.21	0.36	2.38	132	1.18	0.23	2.38	168	1.10	0.12	2.38	204	0.99	0.04	2.38				
25	2.13	0.87	1.30	61	2.04	0.53	1.30	97	2.02	0.34	1.30	133	1.96	0.21	1.30	169	1.91	0.11	1.30	205	1.76	0.02	1.30				
26	2.00	0.87	1.48	62	1.91	0.53	1.48	98	1.89	0.34	1.48	134	1.82	0.21	1.48	170	1.78	0.11	1.48	206	1.63	0.02	1.48				
27	1.77	0.87	1.78	63	1.68	0.53	1.78	99	1.67	0.34	1.78	135	1.60	0.21	1.78	171	1.55	0.11	1.78	207	1.40	0.02	1.78				
28	1.55	0.87	2.08	64	1.46	0.53	2.08	100	1.44	0.34	2.08	136	1.37	0.21	2.08	172	1.32	0.11	2.08	208	1.18	0.02	2.08				
29	1.41	0.87	2.26	65	1.33	0.53	2.26	101	1.31	0.34	2.26	137	1.24	0.21	2.26	173	1.19	0.11	2.26	209	1.05	0.02	2.26				
30	1.32	0.87	2.38	66	1.23	0.53	2.38	102	1.21	0.34	2.38	138	1.15	0.21	2.38	174	1.10	0.11	2.38	210	0.95	0.02	2.38				
31	2.11	0.79	1.30	67	2.04	0.49	1.30	103	2.02	0.31	1.30	139	1.95	0.19	1.30	175	1.90	0.09	1.30	211	1.76	0.01	1.30				
32	1.98	0.79	1.48	68	1.91	0.49	1.48	104	1.89	0.31	1.48	140	1.82	0.19	1.48	176	1.77	0.09	1.48	212	1.62	0.01	1.48				
33	1.76	0.79	1.78	69	1.68	0.49	1.78	105	1.66	0.31	1.78	141	1.59	0.19	1.78	177	1.54	0.09	1.78	213	1.40	0.01	1.78				
34	1.53	0.79	2.08	70	1.45	0.49	2.08	106	1.44	0.31	2.08	142	1.37	0.19	2.08	178	1.32	0.09	2.08	214	1.17	0.01	2.08				
35	1.40	0.79	2.26	71	1.32	0.49	2.26	107	1.30	0.31	2.26	143	1.23	0.19	2.26	179	1.18	0.09	2.26	215	1.04	0.01	2.26				
36	1.30	0.79	2.38	72	1.23	0.49	2.38	108	1.21	0.31	2.38	144	1.14	0.19	2.38	180	1.09	0.09	2.38	216	0.95	0.01	2.38				

Fuente: Elaboración Propia

$$I_{\max} = KT^a D^b$$

$$\log(I_{\max}) = \log(K) + a \log(T) + b \log(D)$$

$$K = 1088.1592$$

$$a = 0.1392$$

$$b = 0.75$$

$$I_{\max} = 1088.15T^{0.139}D^{0.75}$$

Hallando curvas IDF completamos la tabla para calcular el tiempo de retorno la intensidad y la duración para poder analizar nuestro estudio hidrológico de esa manera obtener el hietograma para calcular nuestros caudales de diseño sobre la cuenca de cuchipampa en el distrito de Llochegua.

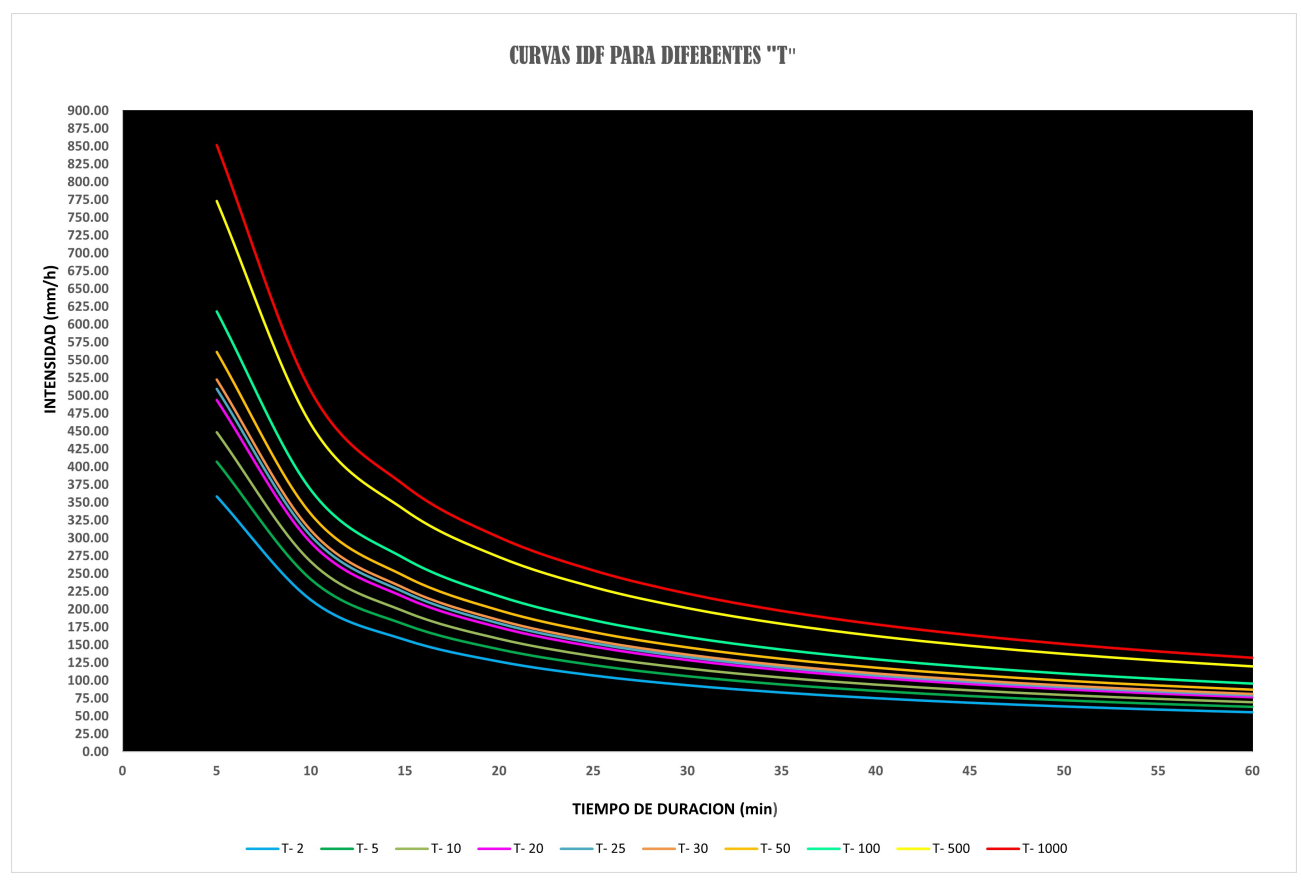
Tabla 10: Calculo de las Curvas IDF (Intensidad, duración y periodo de retorno)

T(PERODO)	DURACIÓN								
	20	30	60	90	120	150	180	210	240
5	122.49	90.37	53.74	39.65	31.95	27.03	23.57	21.00	19.00
10	151.86	112.04	66.62	49.15	39.61	33.51	29.22	26.03	23.55
25	201.74	148.84	88.50	65.30	52.62	44.51	38.82	34.59	31.29
50	250.10	184.52	109.72	80.95	65.24	55.18	48.13	42.88	38.79
100	310.05	228.75	136.02	100.35	80.88	68.41	59.67	53.15	48.09
200	384.37	283.58	168.62	124.41	100.26	84.81	73.97	65.90	59.62
500	510.63	376.74	224.01	165.27	133.20	112.67	98.27	87.54	79.20

Fuente: Elaboración Propia

Figura 18

Curvas IDF de intensidad, duración y frecuencia



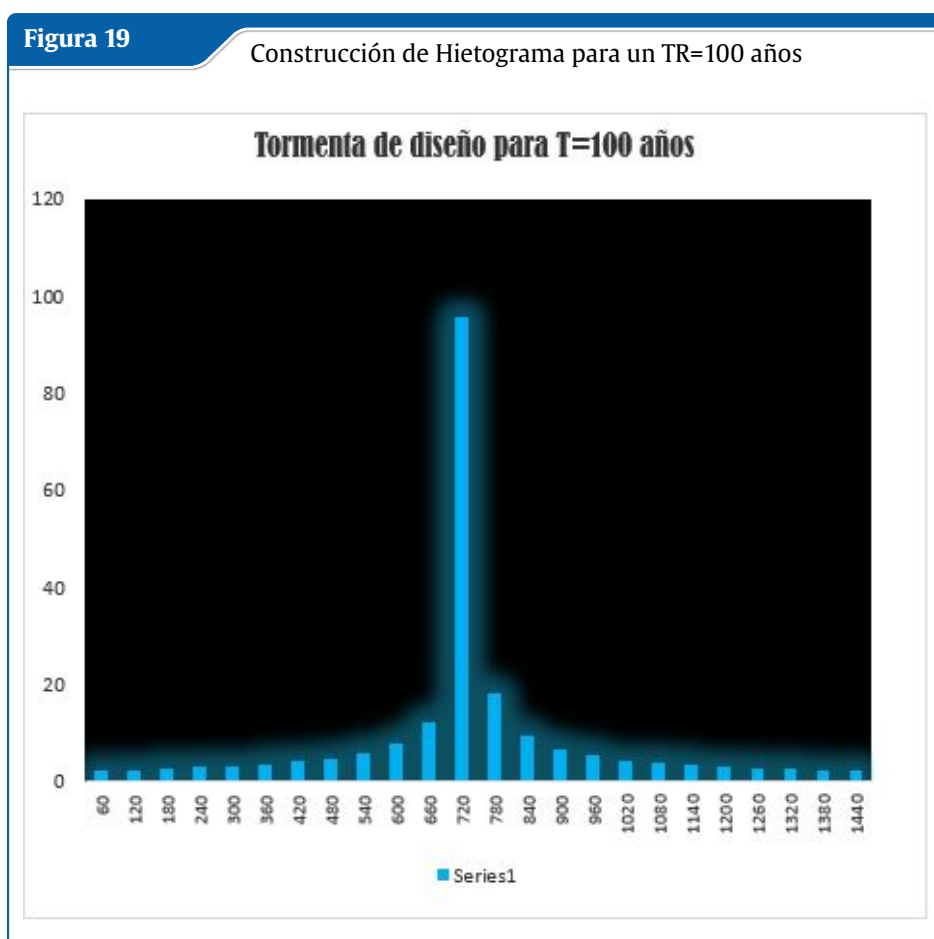
Fuente: Propia elaborado con ArcGIS

Tabla 11: Construcción de Hietograma para un TR=100 años

Durac. (min)	Intens. (mm/h)	P.acum. (mm)	ΔP (mm)	Intens. parcial (mm/h)	P. Alternada (mm)
60	95.9	95.9	95.9	95.9	2.3
120	57.0	114.0	18.1	18.1	2.5
180	42.0	126.1	12.2	12.2	2.7
240	33.9	135.6	9.4	9.4	2.9
300	28.7	143.3	7.8	7.8	3.2
360	25.0	150.0	6.7	6.7	3.6
420	22.3	155.9	5.9	5.9	4.1
480	20.2	161.2	5.3	5.3	4.8
540	18.4	166.0	4.8	4.8	5.9
600	17.0	170.5	4.4	4.4	7.8
660	15.9	174.6	4.1	4.1	12.2
720	14.9	178.4	3.8	3.8	95.9

780	14.0	182.0	3.6	3.6	18.1
840	13.2	185.4	3.4	3.4	9.4
900	12.6	188.6	3.2	3.2	6.7
960	12.0	191.7	3.1	3.1	5.3
1020	11.4	194.6	2.9	2.9	4.4
1080	11.0	197.4	2.8	2.8	3.8
1140	10.5	200.1	2.7	2.7	3.4
1200	10.1	202.7	2.6	2.6	3.1
1260	9.8	205.2	2.5	2.5	2.8
1320	9.4	207.6	2.4	2.4	2.6
1380	9.1	209.9	2.3	2.3	2.4
1440	8.8	212.2	2.2	2.2	2.2

Fuente: Elaboración Propia

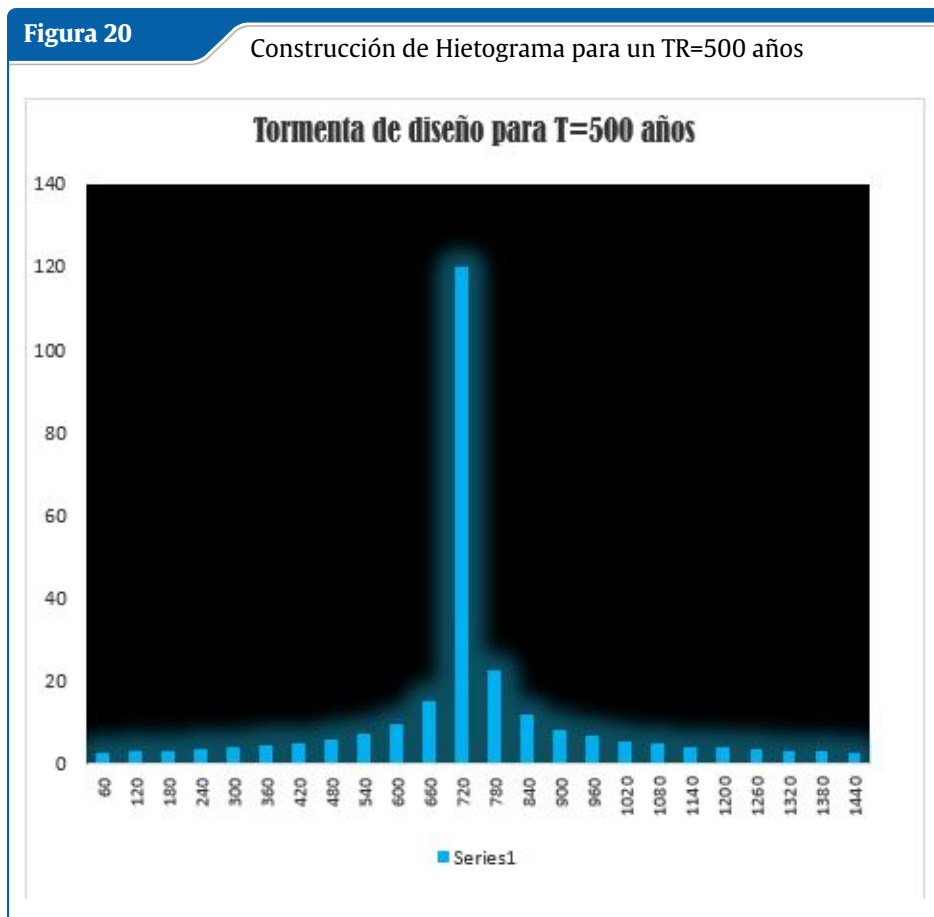


Fuente: Propia elaborado con ArcGIS

Tabla 12: Construcción de Hietograma para un TR=500 años

Durac. (min)	Intens.(mm/h)	P.acum. (mm)	ΔP (mm)	Intens. parcial (mm/h)	P. Alternada (mm)
60	119.932	119.932	119.932	119.932	2.903
120	71.312	142.624	22.692	22.692	3.113
180	52.613	157.839	15.215	15.215	3.362
240	42.402	169.609	11.77	11.77	3.663
300	35.868	179.34	9.731	9.731	4.036
360	31.284	187.703	8.364	8.364	4.512
420	27.868	195.078	7.375	7.375	5.143
480	25.213	201.7	6.622	6.622	6.028
540	23.081	207.728	6.028	6.028	7.375
600	21.327	213.272	5.544	5.544	9.731
660	19.856	218.415	5.143	5.143	15.215
720	18.602	223.218	4.803	4.803	119.932
780	17.518	227.73	4.512	4.512	22.692
840	16.571	231.988	4.258	4.258	11.77
900	15.735	236.024	4.036	4.036	8.364
960	14.991	239.863	3.839	3.839	6.622
1020	14.325	243.527	3.663	3.663	5.544
1080	13.724	247.031	3.505	3.505	4.803
1140	13.179	250.393	3.362	3.362	4.258
1200	12.681	253.625	3.232	3.232	3.839
1260	12.226	256.737	3.113	3.113	3.505
1320	11.806	259.741	3.003	3.003	3.232
1380	11.419	262.643	2.903	2.903	3.003
1440	11.061	265.453	2.809	2.809	2.809

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

3.9.2 Métodos de las abstracciones SCS

Soil conservation service (SCS) desarrollado en la década de los setenta método empírico para el cálculo de la transformación del modelo de lluvia escorrentia que surgió de la observación del fenómeno hidrológico en distintos tipos de suelos en varios estados y para distintas condiciones de humedad antecedentes

3.9.2.1 Abstracciones de precipitaciones

El método SCS desarrolló un método para calcular las abstracciones de las precipitación de una tormenta .

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a} \quad (3.1)$$

$$P = P_e + I_a + F_a \quad (3.2)$$

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (3.3)$$

$$Ia = 0.2S \quad (3.4)$$

$$Ia = 0.2S \quad (3.5)$$

$$Pe = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (3.6)$$

3.9.2.2 Número de curva (CN)

La calibración del parámetro de número de curva (CN) se realiza con información de campo de la cobertura de suelos y usos de suelos que se tiene en la cuenca para poder obtener un número de curvas y con esa información obtener la retención potencial máxima para posteriormente obtener la precipitación efectiva el cual escurre sobre los ríos de la cuenca para posteriormente realizar el modelamiento hidrológico y obtener el caudal de diseño.

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad (3.7)$$

Donde S esta expresado en pulgadas los números de curvas se aplican para las condiciones antecedentes de humedad normales (AMCII), para condiciones secas (AMCI) y para condiciones húmedas (AMCIII), los números de curvas equivalentes pueden calcularse por:

Figura 21

Indice de vegetación NDVI para la cuenca de Tinkuy



Fuente: Propia elaborado con Rstudio

3.9.2.3 Obtención de Land use y Land Cover

Calculando la coberturas y usos de suelos para determinar en la cuenca de Tinkuy cuales son las coberturas de suelos como cobertura de vegetación, cobertura de cuerpos de agua, coberturas de suelos áridos, coberturas de áreas construidas, forestación desforestación ,etc y en los usos de suelos para determinar los suelos para agricultura, suelos áridos arena.grava, arcillas limos ,etc. Para determinar el número de curva de la cuenca obtendremos las mapas de usos de suelos y coberturas de suelos para poder determinar es por ello que primero tenemos que clasificar los objetos y clases y aplicando el programa de google earth engine con código de distribución libre y almacenado en la nube del google utilizando el lenguaje de programación de JAVA SCRIPT para poder determinar los índices espectrales para cada objeto o clase que es parte de la cuenca TINKUY en el distrito de Llochegua provincia de Huanta departamento de Ayacucho para local se utilizó la teledetección satelital mas conocido como sensing remote satelital el cual utilizando los sensores satelitales podemos descargar los productos satelitales como rásteres para su proximo procesamiento y extracción de datos para determinar las clases que contienen los raster utilizando las bandas que contienen estos productos satelitales.

Luego de realizar la transformación del formato ráster TIFF al formato shapefile se puede determinar el área de cada clase de la cobertura de suelos luego de realizar la suma de todas las áreas de todas las clases resumiendo en la tabla N°09 el área para cada clase para que posteriormente se pueda calcular el número de curva de la cuenca de Tinkuy y de esa manera poder realizar el estudio hidrológico.

Tabla 13: Coberturas de suelos

N° DE CLASES	COBERTURA DE SUELOS	SUMA DE ÁREAS EN Km2
1	Vegetación alta o densa	72.99831
2	Cuerpos de agua	92.491755
3	Suelo	115.879407
4	Vegetación media	96.817167
5	Vegetación pobre	91.511043
6	Sombra	25.115821
7	Nubosidad	5.859395

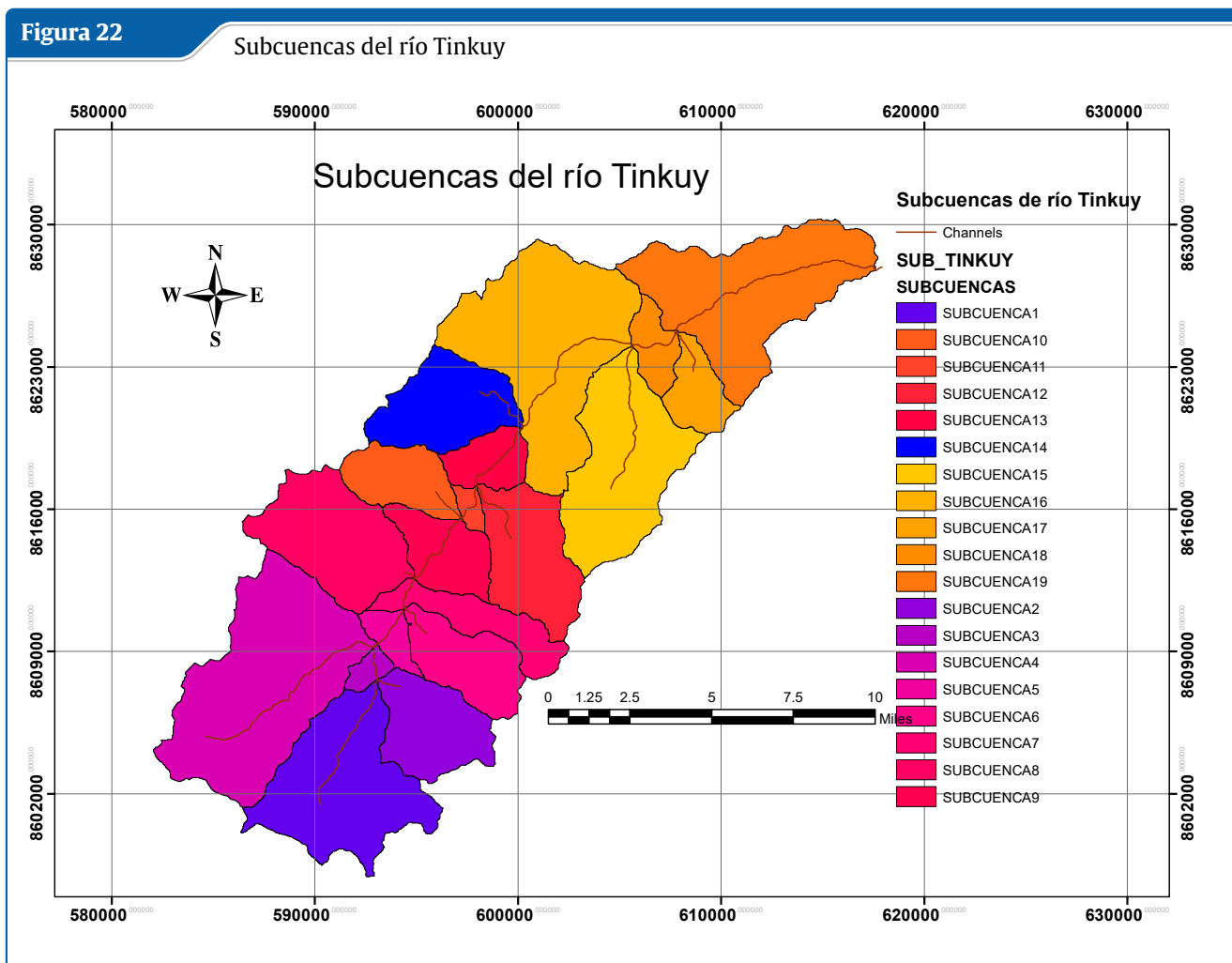
Fuente: Elaboración Propia

3.9.2.4 Área de estudio

La cuenca de Tinkuy esta constituido principalmente por 2 ríos principales que desembocan en el punto de interés para esta investigación:

1. El río Tinkuy
2. El río Sabogato

estos dos ríos son los que ingresan al punto de interés para la evaluación de la inundación en el tramo de Cuchipampa Llochegua delimitado por el plano de la ubicación de las progresivas del río en la figura N°95 del anexo.



Fuente: Elaboración Propia con ARCGUIS

Tabla 14: Características de la cuenca del río Tinkuy

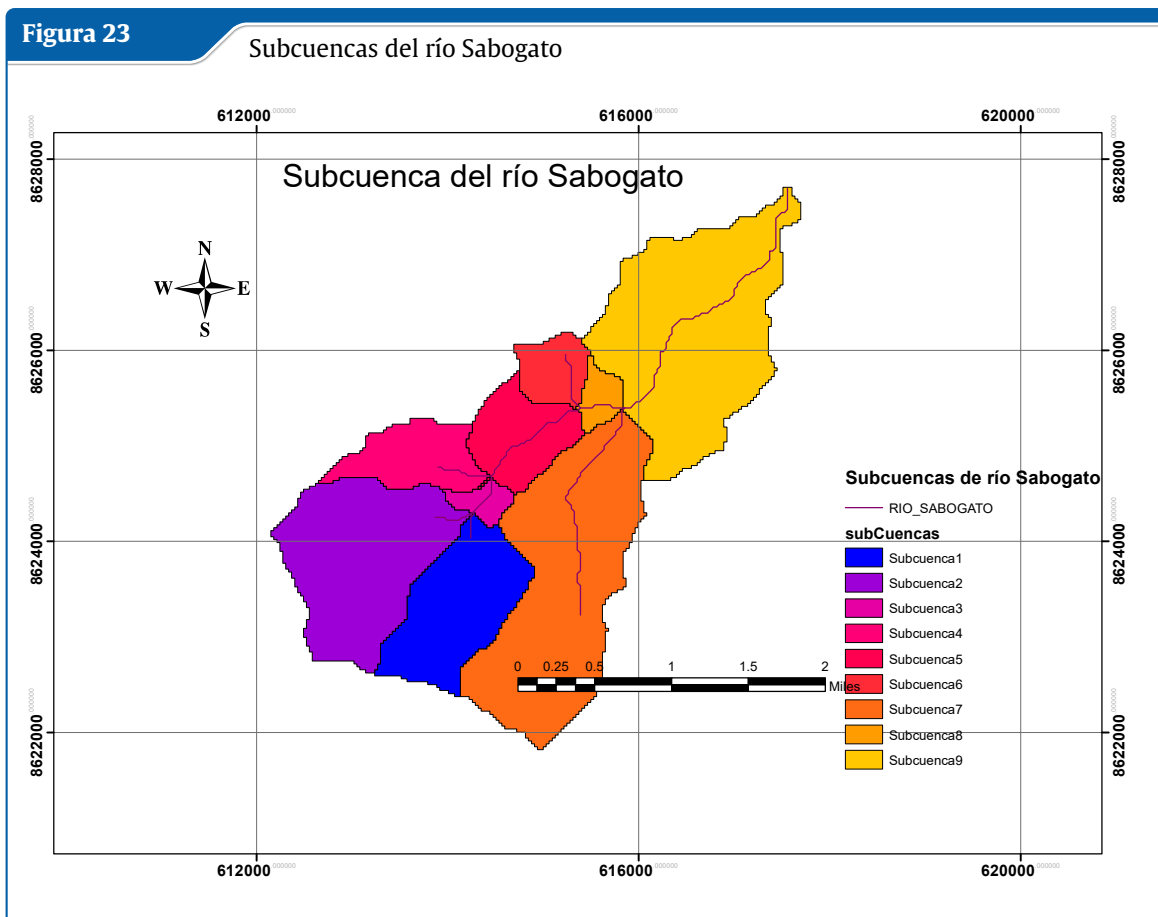
parámetros de cuenca tinkuy			
Perimeter(km)	Area(km2)	Mean Eleva	Concentrat
144.61	485.091658	2623.89491	3.240457

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15: Características de las subcuencas del río Tinkuy

SUBCUENCAS	Área(km ²)	Perímetro(km)	Elevación Media(m.s.n.m)	Tiempo Concentrac.(Hrs)
N°01	45.69	46.07	3904.64	1.09
N°02	21.93	25.98	3747.90	0.79
N°03	3.02	9.92	3268.86	0.27
N°04	69.16	50.72	3897.96	1.13
N°05	5.26	14.82	2910.63	0.32
N°06	19.15	25.67	3418.15	0.61
N°07	15.04	33.11	3213.25	0.75
N°08	33.70	33.11	3341.32	0.76
N°09	15.24	22.20	2383.42	0.41
N°10	15.16	21.33	2817.50	0.37
N°11	2.41	8.68	1789.77	0.25
N°12	26.56	30.01	2778.03	0.59
N°13	9.86	16.99	1777.52	0.45
N°14	24.96	28.40	2416.14	0.55
N°15	43.12	40.92	1900.58	0.72
N°16	62.86	50.96	1636.89	0.76
N°17	10.49	19.59	1346.48	0.50
N°18	7.69	16.93	1109.27	0.38
N°19	53.78	49.79	903.45	1.53

Fuente: Elaboración Propia con SAGAGIS



Fuente: Elaboración Propia con ARCGUIS

Tabla 16: Parámetros de la cuenca del río sabogato

Parametros del río Sabogato			
Perimetro(km)	Área(km ²)	Elevación media(m.s.n.m)	Tiempo de concentración(Hr)
24.18	14.240098	867.422664	0.792935

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17: Características de las subcuencas del río Sabogato

Subcuenca	Área(km ²)	Perímetro(km)	Elevación Media(m.s.n.m)	Tiemp. Concentración(Hrs)
N°01	1.626	7.254	992.071	0.202
N°02	2.543	8.556	1068.051	0.229
N°03	0.197	2.604	814.834	0.110
N°04	0.843	5.518	921.830	0.221
N°05	0.892	5.580	767.850	0.191
N°06	0.466	3.224	769.954	0.133
N°07	3.663	12.214	885.500	0.430
N°08	0.235	2.604	705.080	0.098

N°09	3.775	11.408	697.320	0.510
------	-------	--------	---------	-------

Fuente: Elaboración Propia con SAGA GIS

3.9.2.5 Modelamiento hidrológico con HEC-HMS

El modelamiento para calcular el caudal de diseño para el estudio hidrológico realizado en la cuenca del río Tinkuy en el distrito de Llochegua se realizó utilizando el programa del HEC-HMS para determinar los caudales de diseño en dicha cuenca para determinar se realizó el método del CSC con número de curvas para determinar la escorrentía efectiva. El cálculo de caudales con HEC HMS cuentan los siguientes pasos:

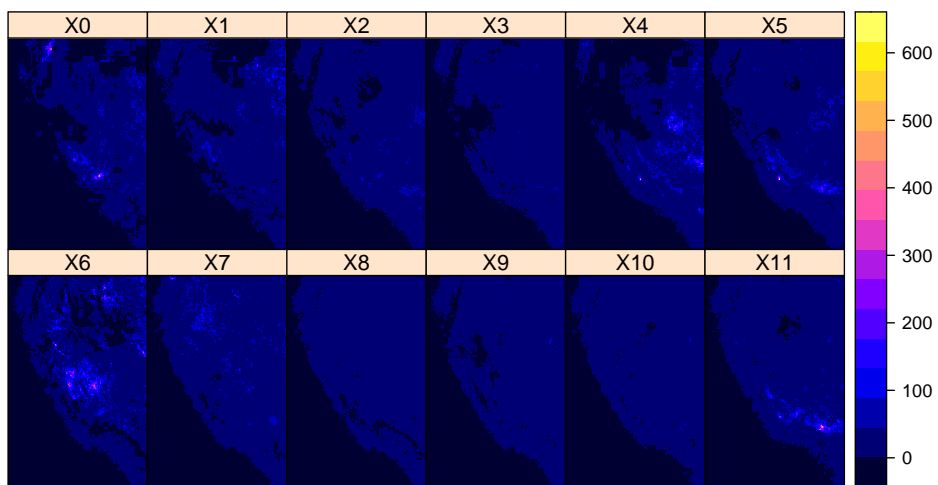
1. Creación de los datos de la cuenca
2. Datos de ingreso de series de tiempo de las precipitaciones e ingreso de los hietogramas.
3. Control de las salidas de los caudales en función al tiempo , generación del hidrograma.
4. Obtención de los resultados luego del procesamiento y corrida de los datos.

Obtención de la precipitación para el río tinkuy

Para la obtención de la precipitación de río Tinkuy se obtuvo como fuente el PISCO-SENAMHI para procesar y ordenar los registros históricos de precipitaciones de máximas diarias anuales, para poder analizarlos en una distribución estadística probabilística para diferentes tiempos de retorno y para determinar la consistencia de los datos donde se muestra en la figura N°24 , para construir las curvas de intensidad duración y frecuencia (IDF) para el río Tinkuy , una vez calculado y realizado las curvas IDF se paso a construir los hietogramas de diseños para diferentes tiempos de retorno, en el caso esta investigación se desarrollo el tiempo de retorno para TR=100 años donde se analizará el modelamiento de la inundación con Iber y HEC-RAS para este evento extraordinario

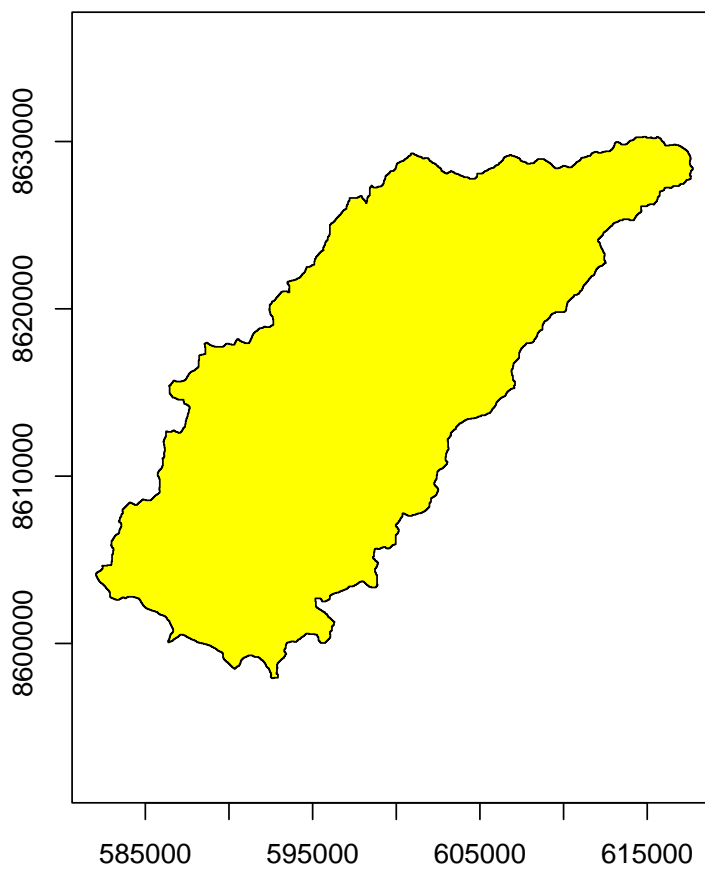
Figura 24

Obtención de la precipitación del producto PISCO-SENAMHI para la subcuenca del río Tinkuy.



(a) Ráster Brick precipitación interpolada guardada para el Perú

TINKUY



(b) Máscara para la extracción de la precipitación del producto PISCO-SENAMHI para el río Tinkuy

Fuente: fuente a.

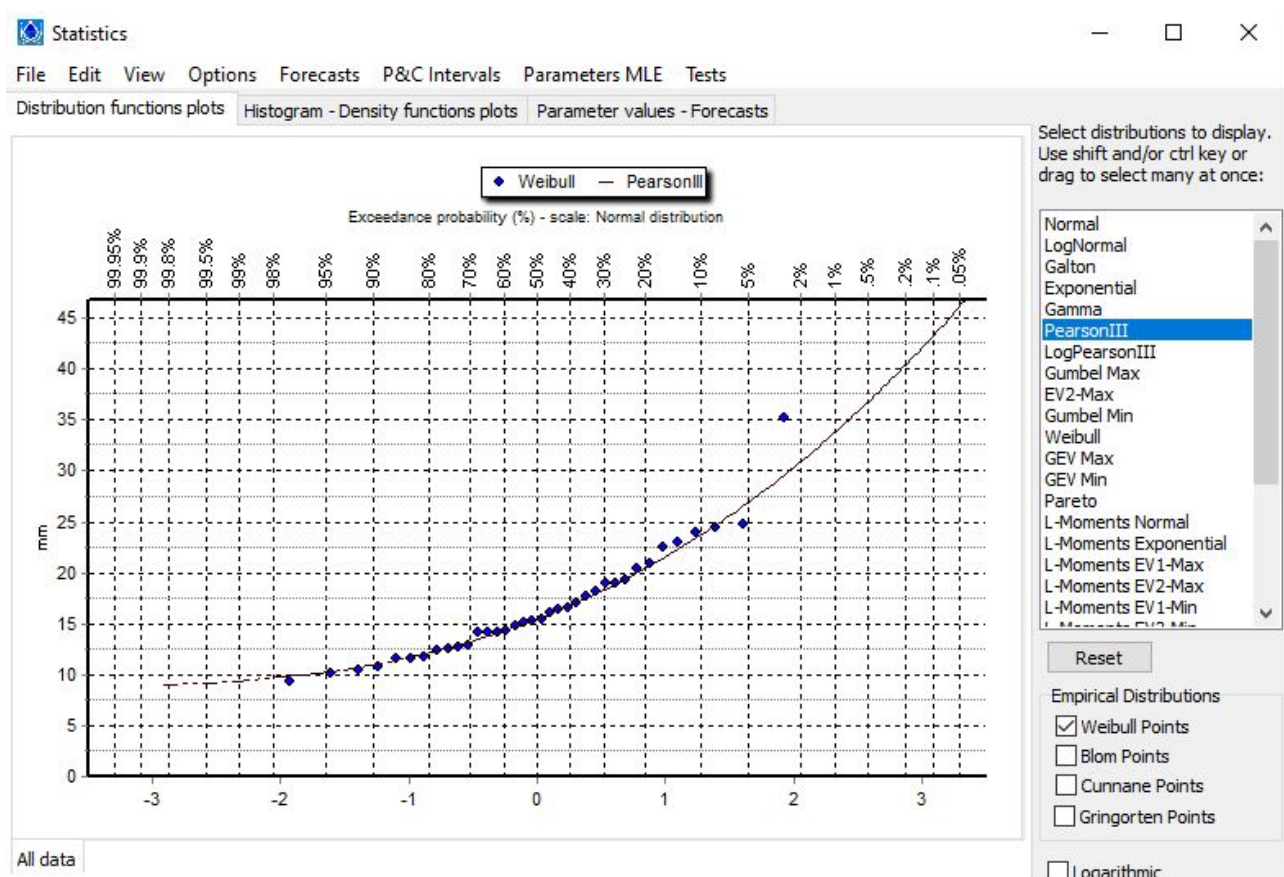
Tabla 18: Precipitación máxima diario anual en milímetros (mm) para el río Tinkuy

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Máx. anual
1981	69.9	75.9	105.9	38.6	32.0	0.7	0.8	11.1	28.7	58.2	144.5	49.3	144.5
1982	94.2	98.6	106.3	40.7	19.5	5.6	4.1	3.9	47.2	21.3	90.6	40.6	106.3
1983	67.7	131.8	30.6	24.4	11.1	9.1	1.3	4.2	67.0	35.1	89.7	42.9	131.8
1984	101.4	62.2	50.3	26.2	90.5	42.9	9.3	7.3	49.7	20.5	91.1	47.6	101.4
1985	85.0	50.9	55.6	27.1	82.1	13.6	9.0	5.0	20.2	37.2	94.4	75.4	94.4
1986	64.0	84.3	102.4	25.0	28.2	0.3	1.2	17.4	37.0	34.1	106.7	22.2	106.7
1987	67.1	100.4	119.5	30.1	7.3	5.2	13.8	1.2	45.7	16.8	45.4	50.0	119.5
1988	83.1	105.7	58.2	12.6	46.9	7.9	7.1	2.6	78.5	33.8	44.5	50.7	105.7
1989	100.3	32.7	60.2	38.6	23.8	74.7	10.0	7.4	42.5	110.8	112.4	127.1	127.1
1990	80.6	168.8	62.4	26.5	32.2	65.5	11.6	12.6	36.1	40.7	32.8	29.9	168.8
1991	59.2	103.8	69.2	31.4	73.4	38.9	5.0	12.3	50.4	39.1	32.9	59.3	103.8
1992	45.9	61.3	41.6	50.6	30.3	36.2	29.9	27.6	55.4	18.9	106.3	58.6	106.3
1993	59.1	58.7	29.8	26.3	27.8	14.0	20.1	13.2	69.3	37.9	63.6	42.7	69.3
1994	78.8	53.5	61.8	24.2	50.3	11.8	1.8	6.3	25.0	31.2	40.6	41.1	78.8
1995	54.1	73.8	88.1	13.4	34.8	7.4	9.6	3.7	12.8	16.7	104.0	39.2	104.0
1996	85.2	46.9	64.4	55.4	29.7	5.3	2.1	9.3	18.6	46.7	68.6	74.1	85.2
1997	56.2	62.2	118.4	26.4	29.1	3.2	0.8	7.6	48.8	17.1	81.7	27.7	118.4
1998	20.7	58.9	30.4	26.1	5.0	10.3	0.2	6.6	38.5	28.9	84.9	57.0	84.9
1999	66.5	34.0	54.8	22.8	22.9	7.9	14.1	0.7	34.9	16.8	70.1	51.3	70.1
2000	75.7	87.3	87.3	20.1	18.3	5.9	3.3	2.9	68.1	15.4	52.7	39.6	87.3
2001	45.4	60.0	24.2	16.0	97.6	2.8	8.9	4.6	70.3	52.6	89.1	41.6	97.6
2002	61.3	54.4	23.8	56.0	17.3	8.2	8.9	3.6	30.8	47.8	79.6	67.3	79.6
2003	39.3	73.3	60.7	21.6	56.7	4.5	2.4	10.2	54.5	70.6	56.3	48.2	73.3
2004	51.0	113.1	68.1	36.7	39.6	4.6	49.0	7.1	95.0	41.1	198.8	44.6	198.8
2005	63.4	102.9	97.1	22.6	17.4	0.6	7.1	2.4	45.4	51.0	58.5	87.4	102.9
2006	63.7	32.2	44.7	31.6	7.9	29.2	6.4	7.2	41.1	59.1	76.7	53.1	76.7
2007	56.5	70.1	31.0	45.5	72.6	2.1	25.3	6.6	45.7	52.6	118.8	98.4	118.8
2008	57.8	44.6	47.2	19.1	35.3	7.3	3.4	4.6	29.9	55.6	97.6	54.0	97.6
2009	48.8	45.1	46.8	52.3	35.1	29.6	13.6	5.4	46.9	26.3	61.0	68.9	68.9
2010	64.3	61.8	61.8	56.2	48.5	13.6	5.5	11.2	37.6	41.0	115.2	59.3	115.2
2011	53.4	85.8	79.5	23.4	48.8	10.6	26.1	4.2	50.5	70.8	82.7	44.7	85.8
2012	49.6	61.7	37.7	29.5	46.2	37.8	6.1	5.5	16.8	54.6	46.0	48.7	61.7
2013	45.6	55.2	35.6	19.1	40.0	4.2	10.2	12.7	15.3	30.0	22.3	39.0	55.2
2014	55.2	46.4	32.6	14.9	26.6	5.8	4.1	12.6	19.6	34.4	52.4	33.5	55.2
2015	59.6	37.5	34.5	34.0	42.3	15.6	6.5	6.2	12.0	14.1	131.1	41.0	131.1
2016	56.0	102.4	59.9	14.7	14.0	4.5	22.5	4.1	32.6	34.0	27.0	46.4	102.4

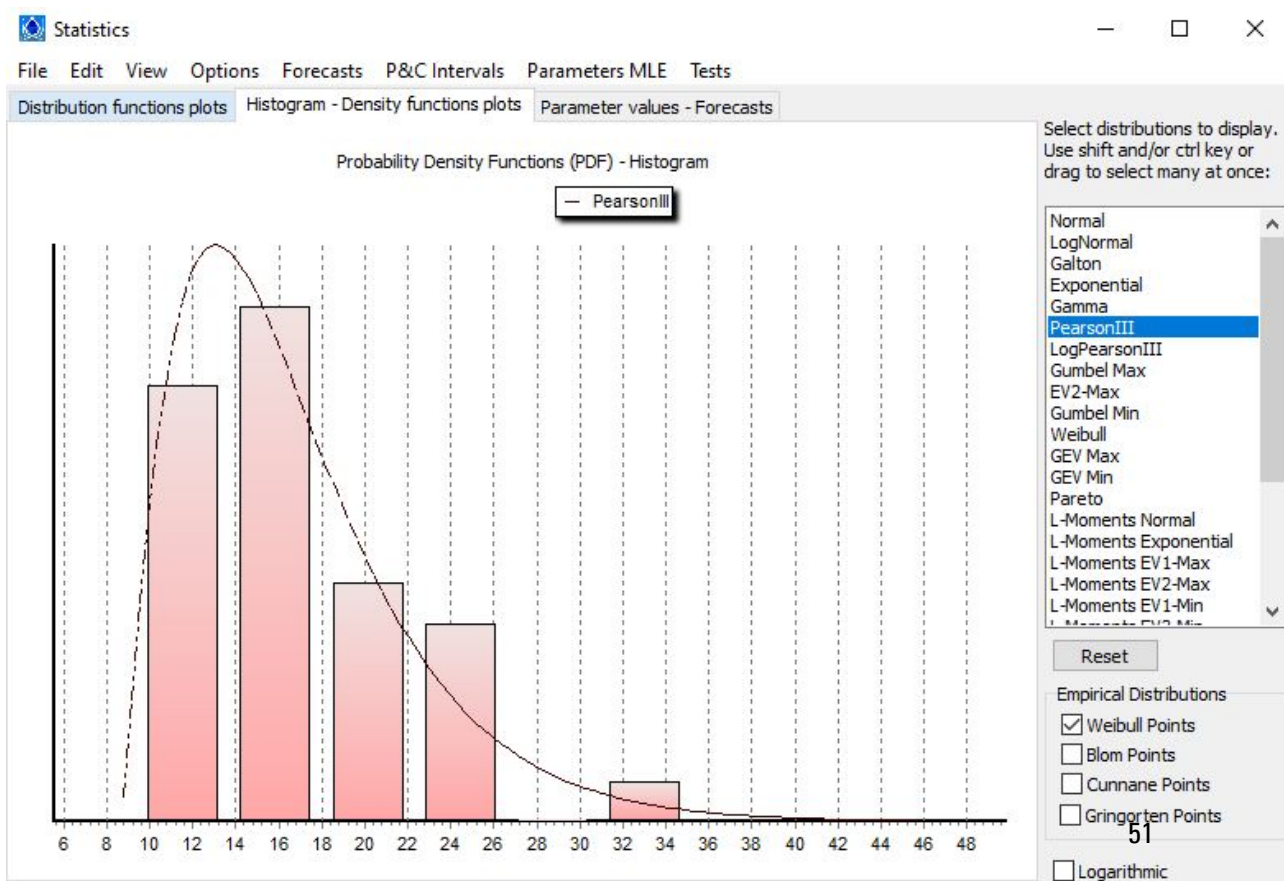
Fuente: Elaboración Propia con SAGA GIS

Figura 25

Formato ráster, formato shapefile , subcuencas y red hídrica de la cuenca delimitada de Tinkuy llochegua.



(a) Formato ráster



(b) subcuencas de Tinkuy

Figura 26

Utilización para ajuste de datos a las distribución Person III

File Edit View Options Forecasts P&C Intervals Parameters MLE Tests

Distribution functions plots Histogram - Density functions plots Parameter values - Forecasts

	All data
Data count	36
Non zero percent (%)	100.000
Mean value	16.6244
Standard deviation	5.33006
Third central moment	202.188
Skewness	1.33524
Kurtosis	2.75884
Mean value of $y=\ln(x)$	2.76631
Std. dev. of $y=\ln(x)$	0.29703
Third c. moment -//-	0.01130
Skewness r -//-	0.43118
LogNormal my	2.76195
LogNormal sy	0.31281
Galton my	2.45874
Galton sy	0.40335
Galton c	3.94367
Exponential c	11.2944
Exponential Lambda	0.18762
Gamma Kappa	9.72814
Gamma Lambda	0.58517
Pearson III Kappa	2.24358
Pearson III Lambda	0.28102
Pearson III c	8.64076

Select distributions to display. Use shift and/or ctrl key or drag to select many at once:

- Normal
- LogNormal
- Galton
- Exponential
- Gamma
- PearsonIII**
- LogPearsonIII
- Gumbel Max
- EV2-Max
- Gumbel Min
- Weibull
- GEV Max
- GEV Min
- Pareto
- L-Moments Normal
- L-Moments Exponential
- L-Moments EV1-Max
- L-Moments EV2-Max
- L-Moments EV1-Min
- L-Moments EV2-Min

Reset

Empirical Distributions

- Weibull Points
- Blom Points
- Cunnane Points
- Gringorten Points

Logarithmic

(a) Formato ráster

File Edit View Options Forecasts P&C Intervals Parameters MLE Tests

Distribution functions plots Histogram - Density functions plots Parameter values - Forecasts

Kolmogorov-Smirnov test for:	All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal		ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	85.5500%	0.09642
Normal (L-Moments)		ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	83.3904%	0.09900
LogNormal		ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	100.000%	0.04169
Galton		ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	100.000%	0.04483
Exponential		ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	76.5839%	0.10644
Exponential (L-Moments)		ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	71.2966%	0.11183
Gamma		ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.9533%	0.05503
Pearson III		ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.7561%	0.06136
Log Pearson III		ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.9980%	0.04684
EV1-Max (Gumbel)		ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.9991%	0.04536
EV2-Max		ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	73.6206%	0.10948
EV1-Min (Gumbel)		ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	24.0126%	0.16685
EV3-Min (Weibull)		ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	85.2939%	0.09674
GEV-Max		ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.9956%	0.04860
GEV-Min		ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.2943%	0.07246
Pareto		ACCEPT	ACCEPT	REJECT	8.55356%	0.20456
GEV-Max (L-Moments)		ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.9938%	0.04936
GEV-Min (L-Moments)		ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.1775%	0.06764
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)		ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	100.000%	0.04495
EV2-Max (L-Moments)		ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	96.0935%	0.07943
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)		ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	24.0141%	0.16684
EV3-Min (Weibull, L-Moments)		ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	82.5615%	0.09995
Pareto (L-Moments)		ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	82.2768%	0.10027

Select distributions to display. Use shift and/or ctrl key or drag to select many at once:

- Normal
- LogNormal
- Galton
- Exponential
- Gamma
- PearsonIII**
- LogPearsonIII
- Gumbel Max
- EV2-Max
- Gumbel Min
- Weibull
- GEV Max
- GEV Min
- Pareto
- L-Moments Normal
- L-Moments Exponential
- L-Moments EV1-Max
- L-Moments EV2-Max
- L-Moments EV1-Min
- L-Moments EV2-Min

Reset

Empirical Distributions

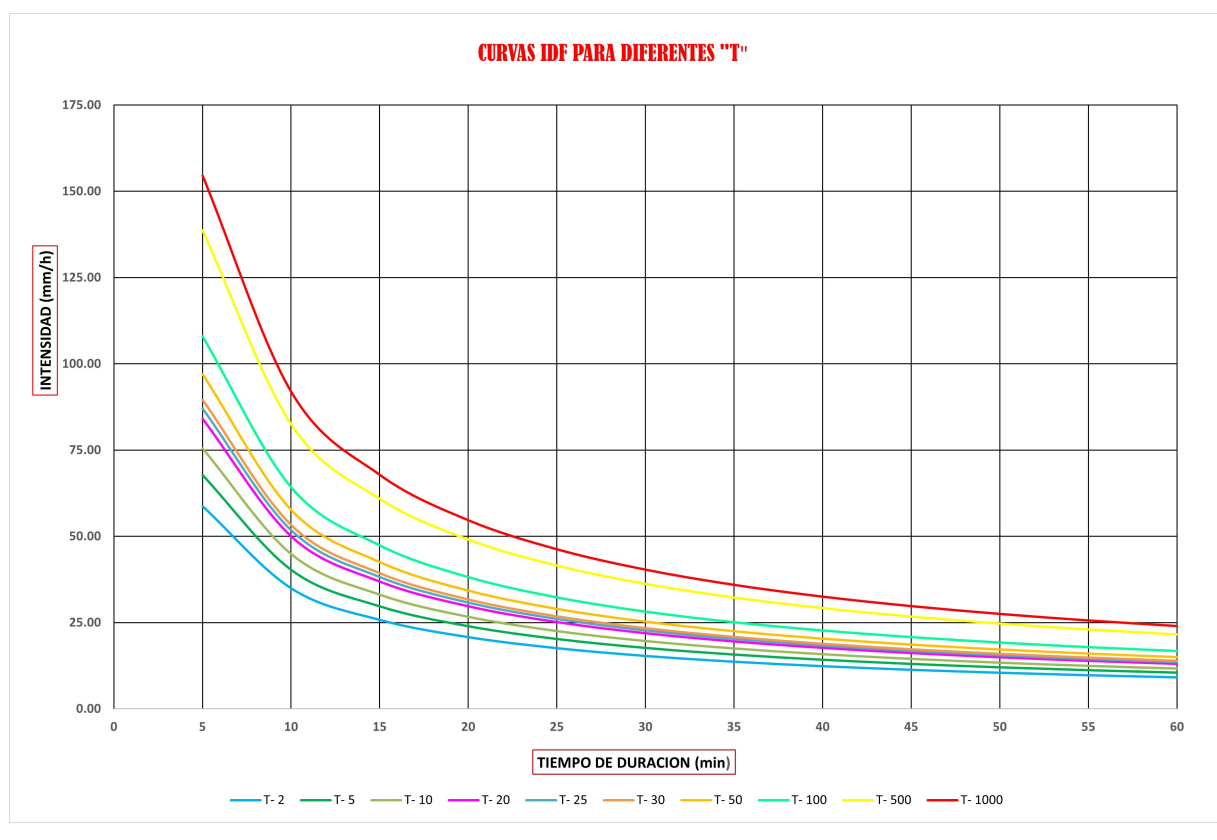
- Weibull Points
- Blom Points
- Cunnane Points
- Gringorten Points

Logarithmic

(b) Datos ajustados a la función de distribución Person III

Figura 27

Curvas de intensidad, duración y Frecuencia IDF



Fuente: Elaboración Propia

La curva de intensidad, duración y frecuencia (IDF) se observa en la Figura N°27 donde podemos apreciar la ecuación generada por:

$$I = \frac{KT^m}{t^n} \quad (3.8)$$

$$I = \frac{1070.92T^{0.1495}}{t^{0.75}} \quad (3.9)$$

Hietograma de diseño para el río Tinkuy

El método utilizado para la creación de los hietogramas es el de hietogramas de bloques alternos generados a partir de las curvas IDF para un tiempo de retorno TR=100 años para una duración de 1440 minutos equivalente a 24 horas como podemos observar en la Tabla N°21 las columnas para la construcción de los hietogramas a través de la columna de precipitación alternada.

Tabla 19: Hietograma para la subcuenca15 de Tinkuy

Instante (min)	Intensidad (mm/h)	P.acumulada (mm)	ΔP(mm)	Intensidad parcial (mm/h)	P. Alternada (mm)	InPa Alternada (mm)	P. Acum (mm)
60	16.754	16.754	16.754	16.754	0.405	0.405	0.405
120	9.962	19.924	3.17	3.17	0.435	0.435	0.84
180	7.35	22.049	2.126	2.126	0.47	0.47	1.31
240	5.923	23.694	1.644	1.644	0.512	0.512	1.822
300	5.011	25.053	1.359	1.359	0.564	0.564	2.385
360	4.37	26.221	1.168	1.168	0.63	0.63	3.016
420	3.893	27.251	1.03	1.03	0.718	0.718	3.734
480	3.522	28.177	0.925	0.925	0.842	0.842	4.576
540	3.224	29.019	0.842	0.842	1.03	1.03	5.606
600	2.979	29.793	0.775	0.775	1.359	1.359	6.966
660	2.774	30.512	0.718	0.718	2.126	2.126	9.091
720	2.599	31.183	0.671	0.671	16.754	16.754	25.845
780	2.447	31.813	0.63	0.63	3.17	3.17	29.015
840	2.315	32.408	0.595	0.595	1.644	1.644	30.659
900	2.198	32.971	0.564	0.564	1.168	1.168	31.828
960	2.094	33.508	0.536	0.536	0.925	0.925	32.753
1020	2.001	34.02	0.512	0.512	0.775	0.775	33.527
1080	1.917	34.509	0.49	0.49	0.671	0.671	34.198
1140	1.841	34.979	0.47	0.47	0.595	0.595	34.793
1200	1.772	35.43	0.451	0.451	0.536	0.536	35.329
1260	1.708	35.865	0.435	0.435	0.49	0.49	35.819
1320	1.649	36.285	0.42	0.42	0.451	0.451	36.27
1380	1.595	36.69	0.405	0.405	0.42	0.42	36.69
1440	1.545	37.082	0.392	0.392	0.392	0.392	37.082

Fuente: Elaboración Propia

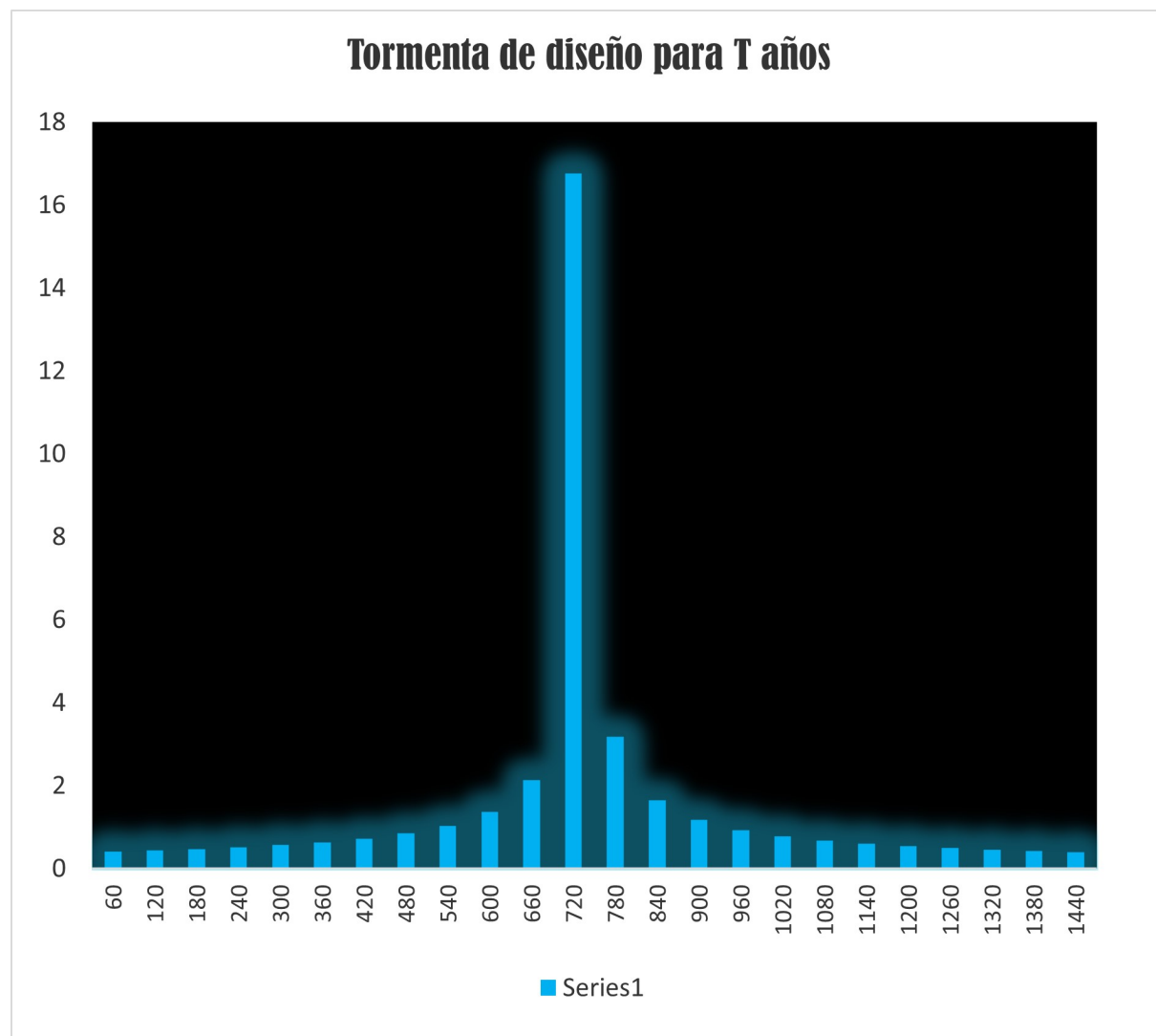
Construcción de Hietograma

La construcción de hietogramas a partir de las precipitaciones máximas diarias anuales evaluadas con la distribución Pearson III la que mas se ajusta a los datos de las precipitaciones , para posteriormente hallar las curvas de intensidad duración y frecuencias con diferentes tiempos de retorno utilizando el método de Dick Pesche para las curvas IDF. Finalmente para determinar los hietogramas de diseño utilizando el método de Iso hietogramas alternos para el ingreso al program HEC-HMS.

Figura 28

Ingreso de las precipitaciones para un TR=100 años para la Cuenca de Cuchipampa en el rio

Tinkuy



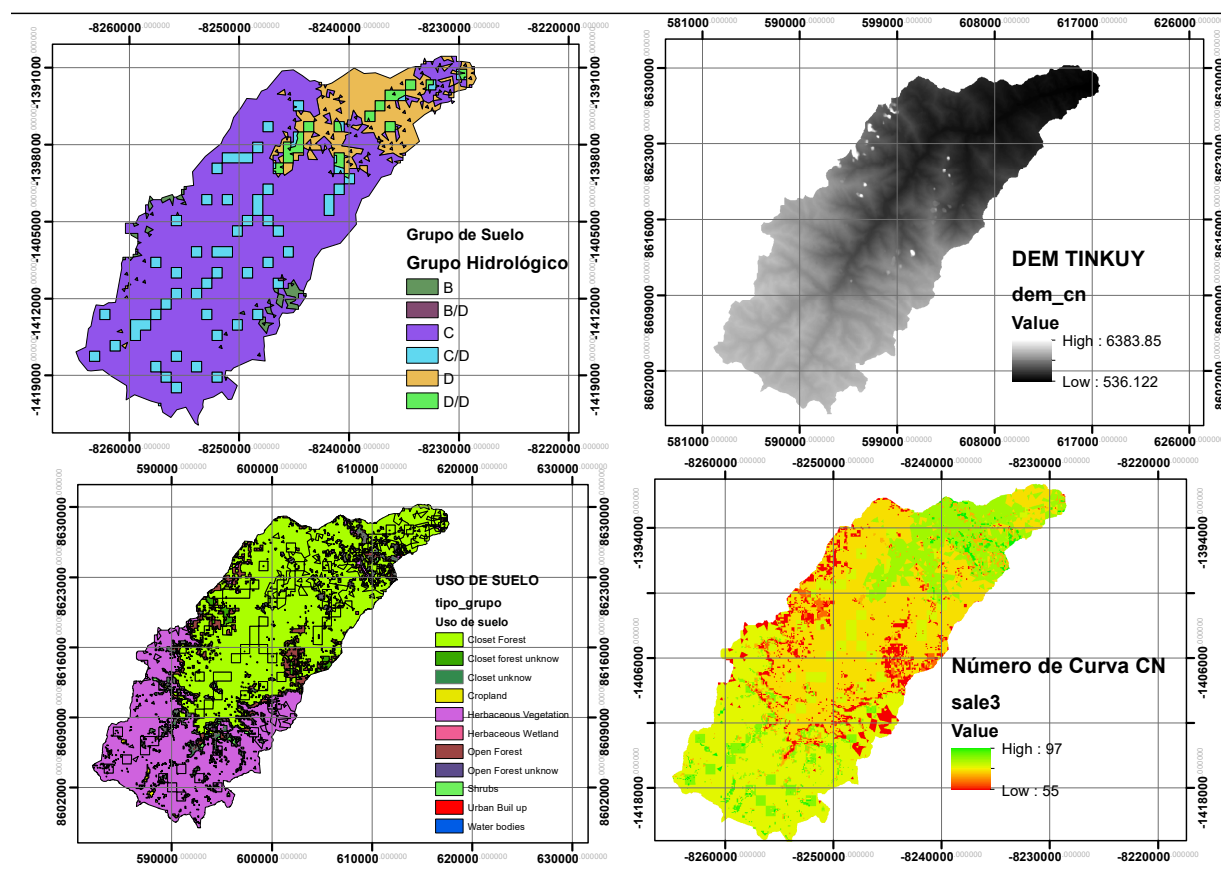
Fuente: Propia elaborado con HEC HMS V4.11 Beta8

Cálculo del número de Curva (CN)

Para calcular los caudales y el hidrograma de diseño para el modelamiento hidrológico con IBER V.3.2 se necesito ingresar los datos del Hietograma de la Tabla N°12 para un tiempo de retorno de 100 años donde ingresamos el área de la cuenca de aproximadamente 505.102 km² de extensión y el método del SCS para abstracción y precipitación efectiva para el modelamiento utilizando hidrograma unitario del SCS para calcular los caudales de diseño.

Figura 29

Hietograma de diseño para la subcuenca Tinkuy en el río Tinkuy



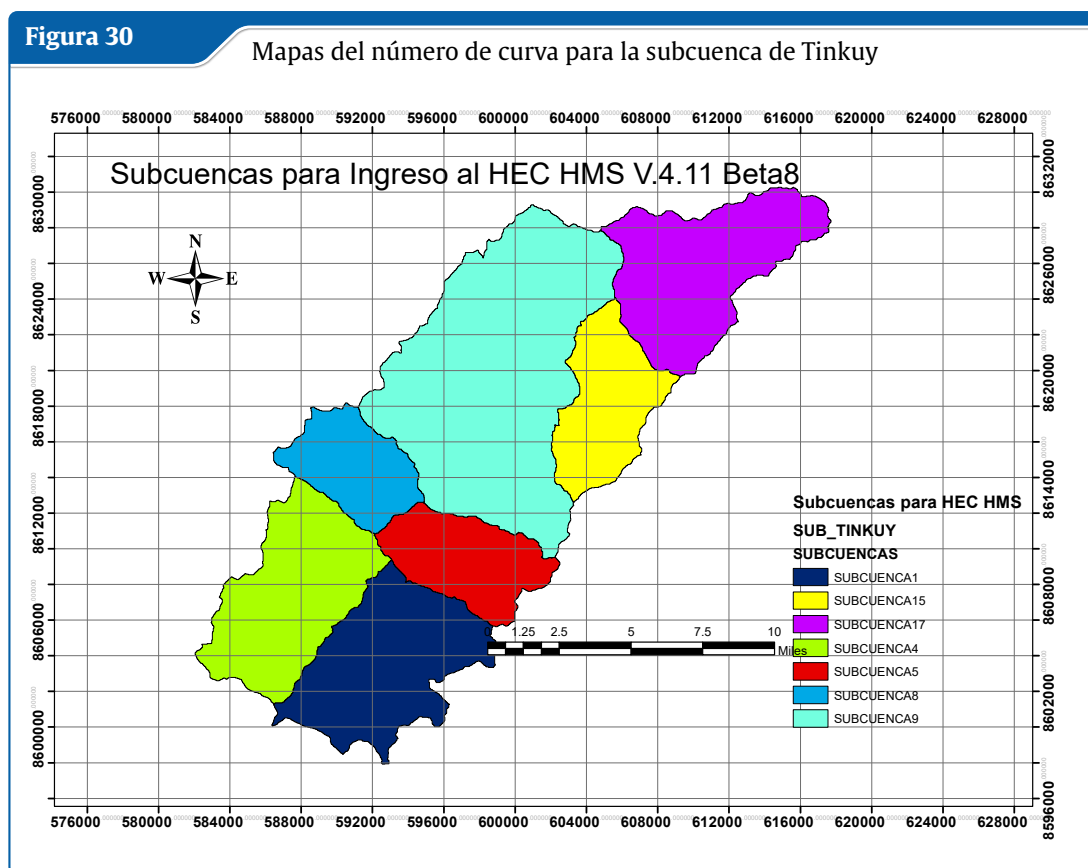
Fuente: Elaboración Propia

Subcuencas del río Tinkuy para ingreso al HEC-HMS

Para el ingreso al HEC-HMS se necesita dividir en subcuencas la cuenca del río Tinkuy y determinar los valores de ingreso como son:

- Número de curvas de cada subcuenca
- precipitación de cada subcuenca
- Ingreso de Hietograma para cada subcuenca
- Abstracción inicial para cada subcuenca.

Como se observa en la figura N°30 se ha dividido en 7 subcuencas para el ingreso al HEC-HMS



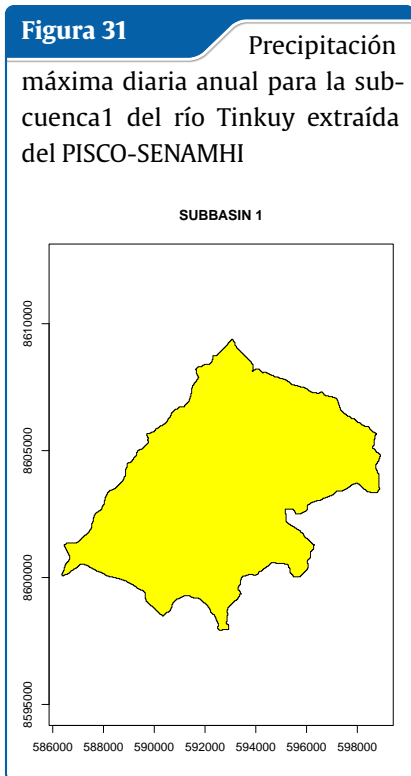
Fuente: Elaboración Propia

Para el ingreso de datos de la precipitación máxima diaria anual convertidos en hietograma a través de las curvas de intensidad duración y frecuencia (IDF) se utilizó el método de bloques alternos para la construcción del hietograma y la subcuenca del río Tinkuy se ha subdividido en varias subcuencas para el ingreso al HEC-HMS para poder calcular los caudales máximos de diseños, ya que para el modelamiento de la zona de influencia se necesita el caudal del río Tinkuy y del río Sabogato ya que los dos ríos se intersectan en la zona de interés donde se analizará la inundación para un TR=100 años por los que hallaremos primo el hidrograma del río tinkuy con los inusmo que serán ingresados al HEC-HMS como son:

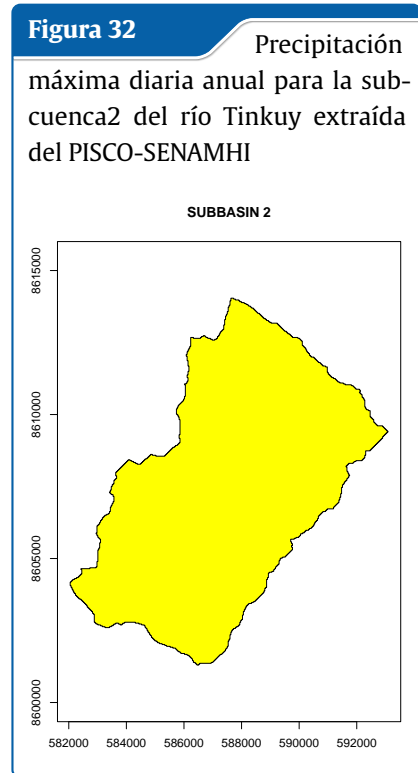
- El modelo de la cuenca con el establecimiento de las subcuencas del río Tinkuy
- Series de tiempo para el hietograma de la precipitación.
- El número de curva (CN) para las subcuencas de donde tenemos los mapas del número de curvas para toda la cuenca donde el número de curva promedio (CN=80)
- El método de pérdida o abstracciones es el método del soil conservation service (SCS)

Precipitación de la subcuencas del río Tinkuy

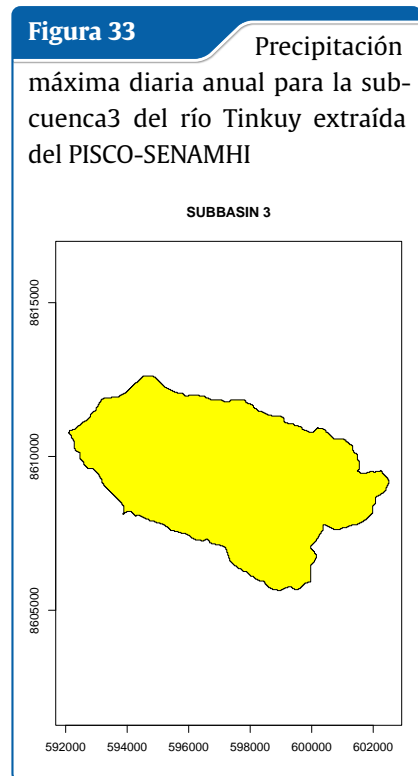
Precipitaciones extraídas del PISCO-SENAMHI Las precipitaciones obtenidas para las subcuencas de río Tinkuy son obtenidas del Producto PISCO-SENAMHI producto grillado por el SENAMHI para todo el territorio peruano interpolado por todas las estaciones pluviométricas del territorio peruano las cuales nos generan las precipitaciones para cada subcuenca , utilizando el programa Rstudio se extrajo para nuestras subcuencas de interés.



Fuente: Elaboración Propia

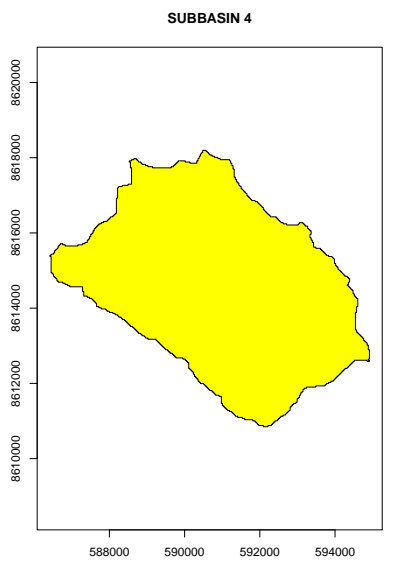


Fuente: Elaboración Propia



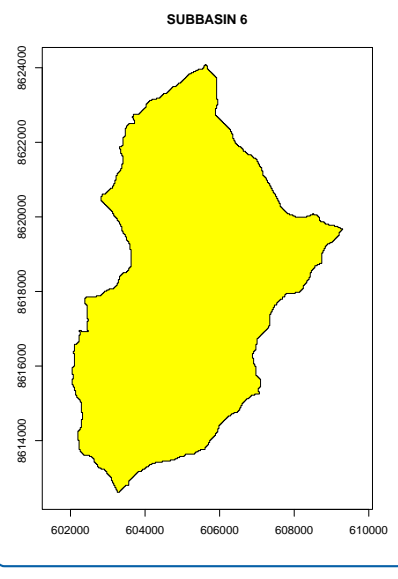
Fuente: Elaboración Propia

Figura 34 Precipitación máxima diaria anual para la sub-cuenca4 del río Tinkuy extraída del PISCO-SENAMHI



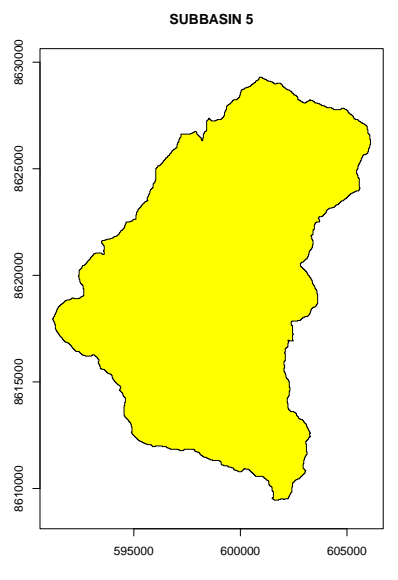
Fuente: Elaboración Propia

Figura 36 Precipitación máxima diaria anual para la sub-cuenca6 del río Tinkuy extraída del PISCO-SENAMHI



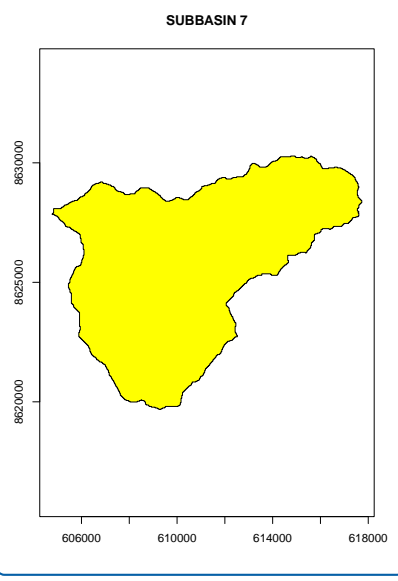
Fuente: Elaboración Propia

Figura 35 Precipitación máxima diaria anual para la sub-cuenca5 del río Tinkuy extraída del PISCO-SENAMHI



Fuente: Elaboración Propia

Figura 37 Precipitación máxima diaria anual para la sub-cuenca7 del río Tinkuy extraída del PISCO-SENAMHI



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20: Parámetros de las subcuencas para ingreso al programa HEC-HMS

ID	Subcuencas	Tiempo de concentración (hrs)	ÁREAS (km ²)	PERÍMETRO (km)	SCS-CN
1	Subbasin1	2.13	62.76	75.64	90
2	Subbasin2	0.79	21.92	26.04	80
3	Subbasin3	2.07	93.60	90.71	75
4	Subbasin4	0.76	33.71	33.05	80
5	Subbasin5	2.68	157.11	142.72	60
6	Subbasin6	0.72	43.14	40.86	70
7	Subbasin7	1.67	87.32	56.11	90

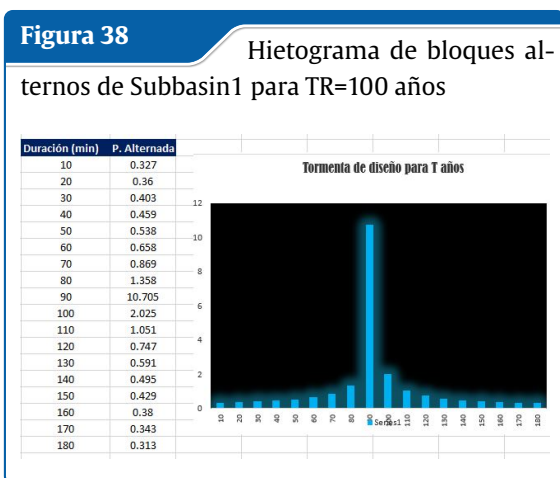
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21: precipitaciones máximas diarias anuales de todas las subcuencas dividas del río Tinkuy para ingresar al program HEC-HMS

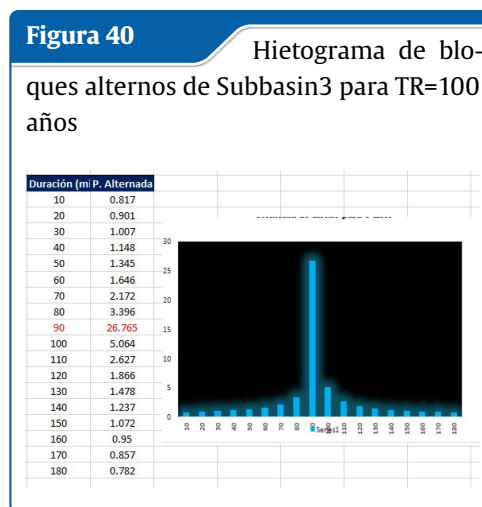
Registros históricos de precipitaciones máximas diarias anuales para las subcuencas del río Tinkuy							
Año	Subbasin1	Subbasin2	Subbasin3	Subbasin4	Subbasin5	Subbasin6	Subbasin7
1981	35.2	43.4	63.8	76.9	265.3	268.8	133.8
1982	24.8	30.9	58.0	92.5	160.0	170.5	162.9
1983	14.2	16.5	62.8	85.6	211.2	184.2	229.5
1984	23.9	29.6	52.3	67.0	188.1	151.6	146.1
1985	19.0	23.8	46.7	55.2	165.8	158.6	200.9
1986	19.4	24.6	53.3	87.4	202.4	185.7	112.0
1987	22.6	29.1	52.1	85.3	184.0	209.7	170.1
1988	16.4	21.4	59.3	111.2	167.0	138.0	120.4
1989	20.4	31.2	58.9	127.0	197.8	255.2	226.6
1990	15.3	20.1	86.4	115.3	278.2	240.3	206.9
1991	23.0	29.5	55.1	88.4	168.6	131.5	134.3
1992	9.4	12.5	32.2	61.6	182.7	181.8	99.7
1993	12.3	17.0	32.2	48.6	117.3	120.1	98.0
1994	12.7	19.5	35.8	66.7	144.3	110.2	109.0
1995	18.1	28.5	46.8	81.7	190.4	175.9	138.6
1996	11.6	19.5	32.4	55.9	157.6	153.0	147.7
1997	15.5	20.1	42.1	52.5	192.7	194.8	141.1
1998	10.2	13.3	36.1	55.5	145.5	177.7	94.1
1999	12.5	15.9	29.6	45.6	127.3	135.0	111.2
2000	20.9	24.0	47.9	78.2	147.3	144.3	124.8
2001	14.2	19.8	57.7	112.3	160.2	149.2	119.3
2002	14.7	18.2	36.2	68.5	136.7	145.6	89.8
2003	14.2	20.7	49.5	78.1	114.6	112.0	202.2
2004	10.4	14.9	56.7	102.1	372.4	311.4	188.5
2005	15.2	18.3	63.3	68.7	165.8	182.0	133.1
2006	17.1	21.5	33.8	59.8	135.5	140.3	134.9
2007	14.3	18.6	38.3	61.5	214.0	230.0	114.6

2008	24.4	29.2	35.8	52.9	164.3	178.4	120.9
2009	16.6	21.9	33.8	68.0	122.6	129.2	105.7
2010	16.2	19.9	43.6	75.8	211.1	193.2	102.0
2011	17.7	22.0	46.6	86.4	145.4	169.8	154.1
2012	12.9	16.3	38.8	60.9	99.6	92.7	131.4
2013	11.8	14.5	27.1	55.1	90.0	80.7	62.8
2014	19.0	22.3	31.5	42.0	99.4	85.2	83.6
2015	10.8	14.0	39.6	54.0	219.2	241.3	126.9
2016	11.5	15.4	63.7	99.3	162.9	133.5	115.6

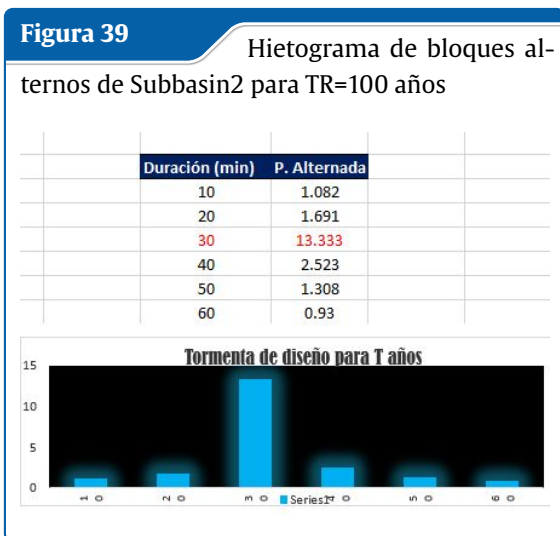
Fuente: Elaboración Propia de datos procesados



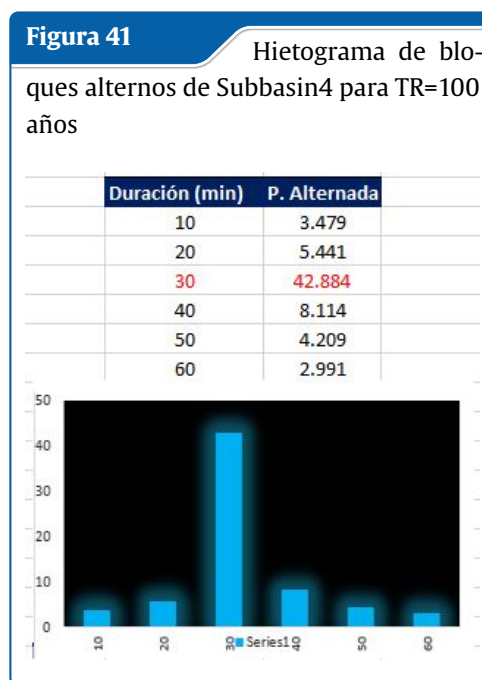
Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

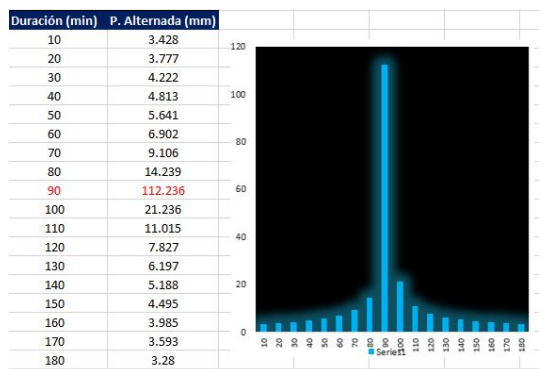


Fuente: Elaboración Propia



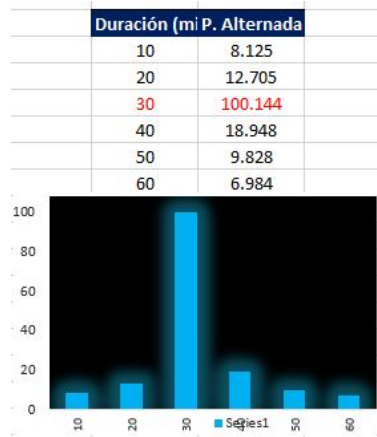
Fuente: Elaboración Propia

Figura 42 Hietograma de bloques alternos de Subbasin5 para TR=100 años



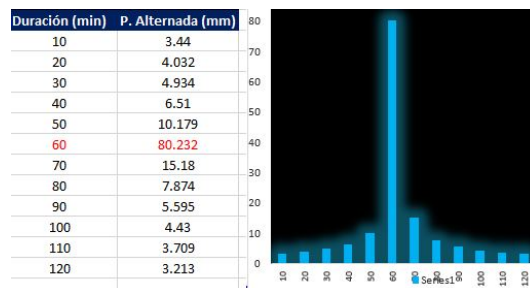
Fuente: Elaboración Propia

Figura 43 Hietograma de bloques alternos de Subbasin6 para TR=100 años



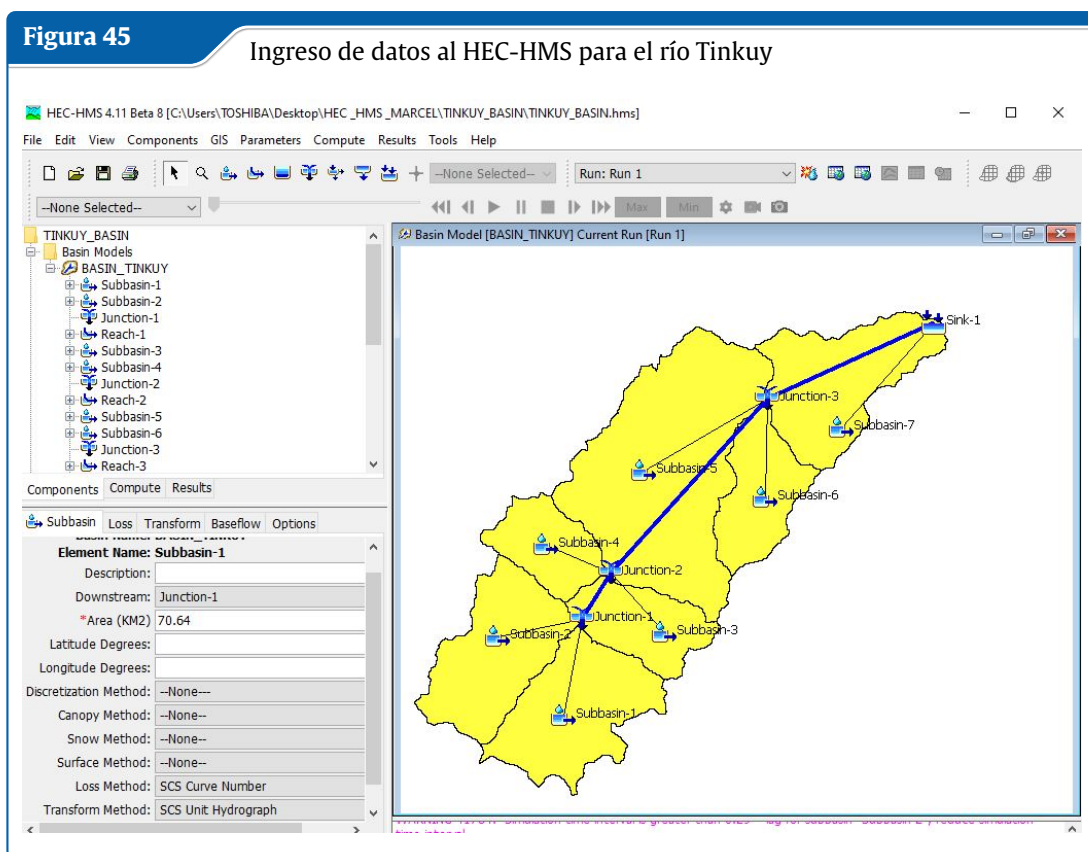
Fuente: Elaboración Propia

Figura 44 Hietograma de bloques alternos de Subbasin7 para TR=100 años



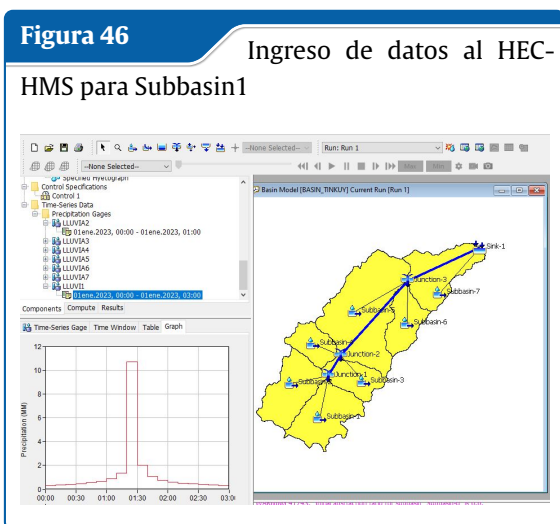
Fuente: Elaboración Propia

Modelamiento en HEC-HMS para el río Tinkuy

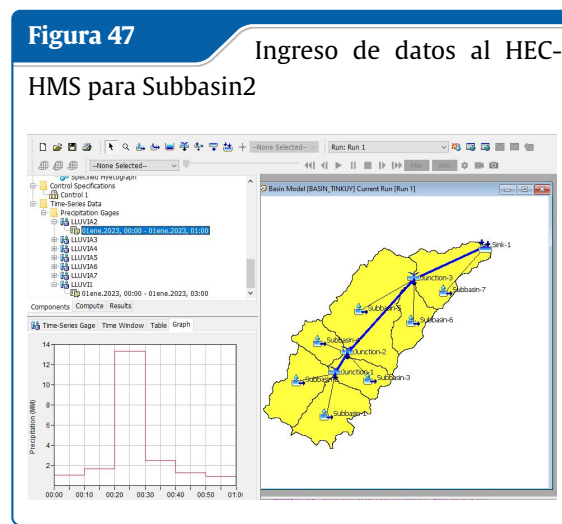


Fuente: Elaboración Propia

Ingreso de datos de las subcuencas del río Tinkuy

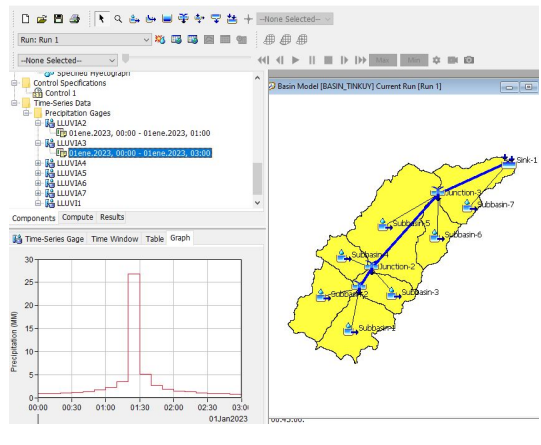


Fuente: Elaboración Propia



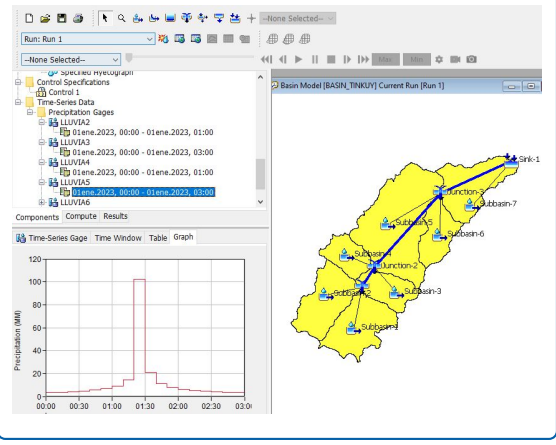
Fuente: Elaboración Propia

Figura 48 Ingreso de datos al HEC-HMS para Subbasin3



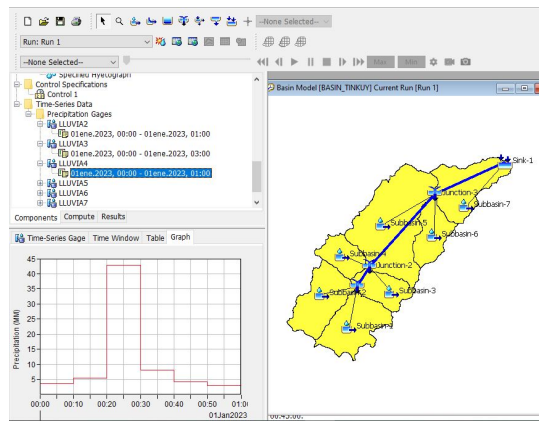
Fuente: Elaboración Propia

Figura 50 Ingreso de datos al HEC-HMS para Subbasin5



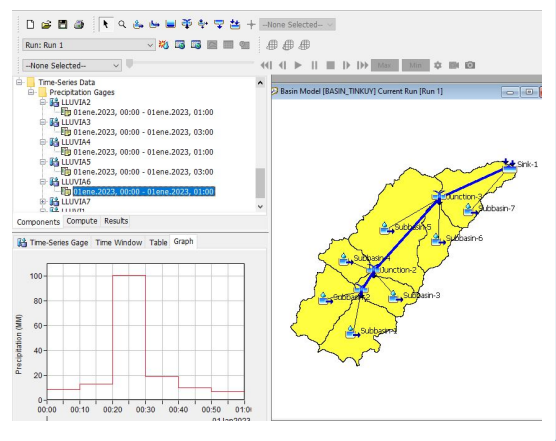
Fuente: Elaboración Propia

Figura 49 Ingreso de datos al HEC-HMS para Subbasin4



Fuente: Elaboración Propia

Figura 51 Ingreso de datos al HEC-HMS para Subbasin6

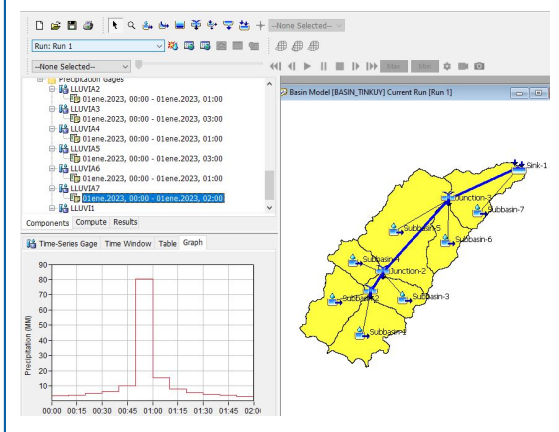


Fuente: Elaboración Propia

Figura 52

Ingreso de datos al HEC-

HMS para Subbasin6



Fuente: Elaboración Propia

Precipitación para el río Sabogato

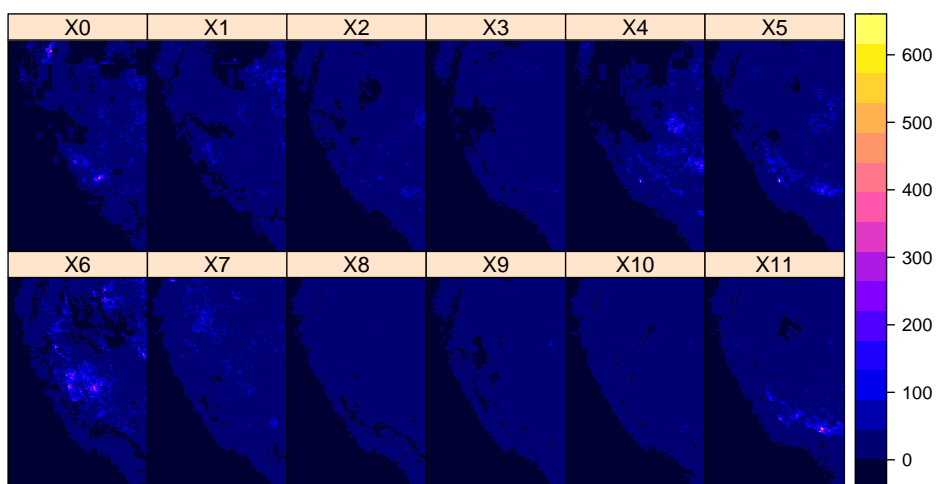
Ingreso de las mapas del grupo Hidrológico C,D,C/D Y D/D para el la cuenca del río Sabogato ,uso de usos(Landuse),DEM FILL corregido para la generación del número de curvas utilizando el programa HEC GEO HMS para la cuenca de sabogato y finalmente la generación del número de curvas para toda la cuenca de Sabogato entre cero y 95 donde el cero nos indica nos indica suelo altamente infiltrados y 100 alto drenaje de la escorrentia superficial donde para el ingreso del número de curva al HEC HMS se utiliza el número de curva promedio donde el Grid del número de curca y los shapefiles del número de cuenca nos indica CN=80 con lo cual se trabaja pra calcular los caudales de diseño a partir de los hietogramas de precipitación efectiva.

Extracción del producto PISCO-SENAMHI

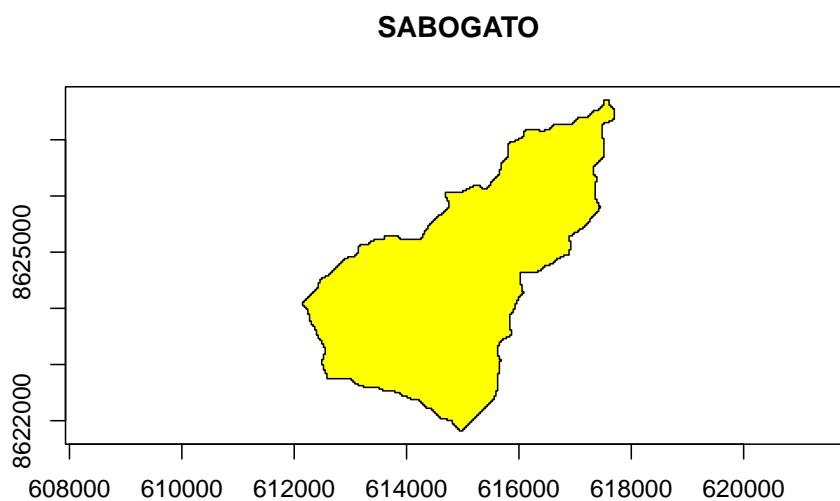
Extracción del producto grillado PISCO SENAMHI a partir del formato Ráster brick almacenado la precipitación Pd desde el año 1 de enero de 1981 al 31 de diciembre del año 2016 extracción utilizada por el programa Rstudio 2022.12 para su extracción y tablas dinámicas de excel para su procesamiento y ordenamiento para las precipitaciones obteniendo precipitaciones máxima diarias mensuales y por ende maximas diarias anuales del registro histórico de precipitacione para la cuenca del rio sabogato con aforo en la unión al rio Tinkuy.

Figura 53

Obtención de la precipitación del producto PISCO-SENAMHI para la subcuenca del río Sabogato.



(a) Ráster Brick precipitación interpolada guardada para el Perú



(b) Máscara para la extracción de la precipitación del producto PISCO-SENAMHI

Fuente: fuente a.

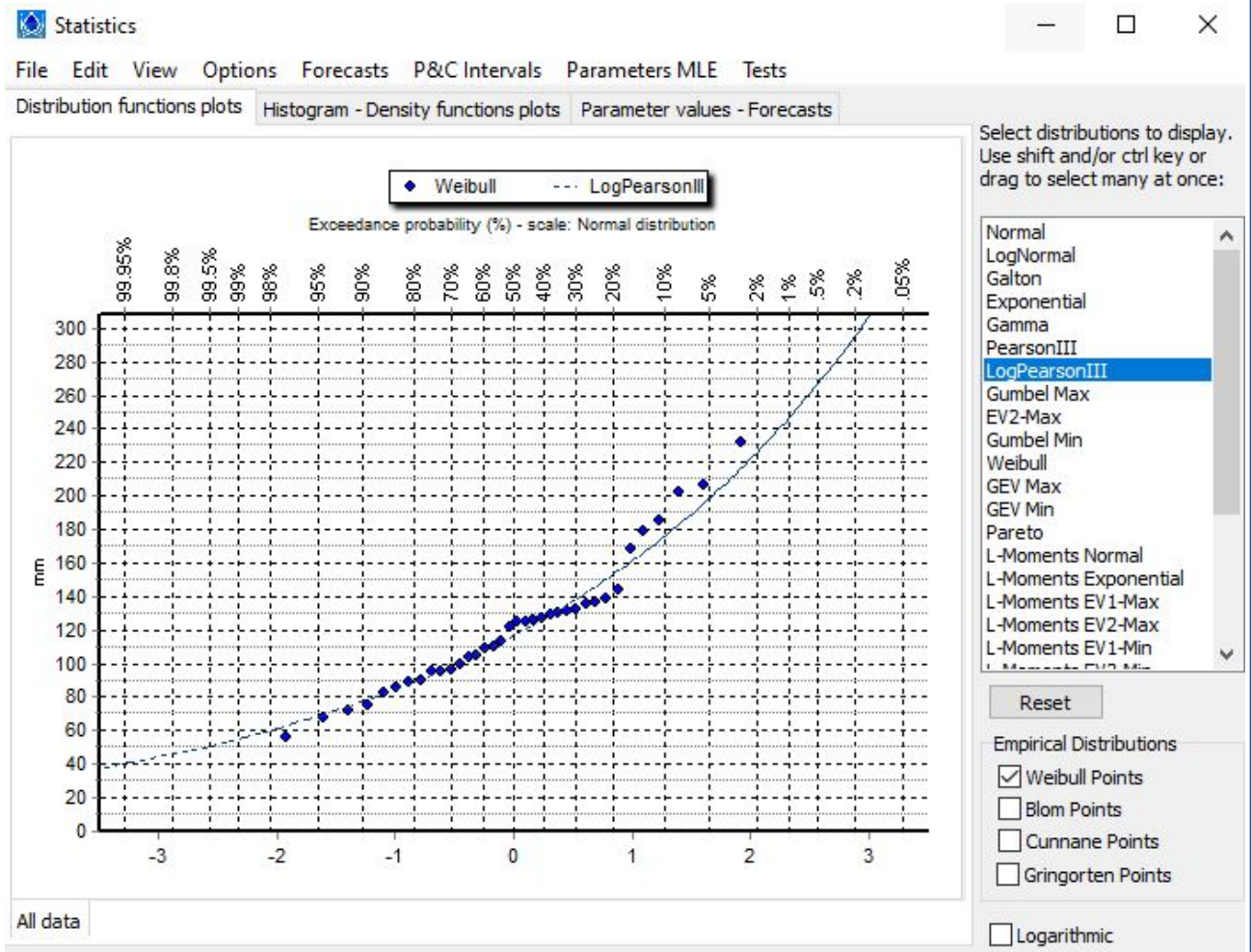
Tabla 22: Precipitación máxima diario anual en mm para la subcuenca15 de Tinkuy

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Máx. diario anual
1981	83.6	106.7	78.7	46.7	28.9	0.7	1.6	17.9	32.1	101.8	129.4	42.7	129.4
1982	125.4	106.3	103.8	39.4	5.7	13.6	26.5	19.7	42.8	37.4	85.1	40.1	125.4
1983	113.1	202.1	38.2	30.2	16.1	8.2	13.4	11.7	72.1	74.5	74.0	57.7	202.1
1984	136.4	52.3	51.7	40.4	64.7	64.8	33.1	12.9	46.7	47.2	81.9	36.6	136.4
1985	135.5	84.5	55.2	43.3	43.4	6.1	5.7	12.2	37.4	76.3	92.9	39.3	135.5
1986	87.6	94.5	101.0	28.1	29.4	0.3	2.3	31.1	51.5	103.7	109.6	20.1	109.6
1987	75.3	87.5	104.3	31.1	33.7	10.9	48.5	2.1	168.9	40.3	37.3	75.7	168.9
1988	90.8	99.1	66.6	15.6	93.2	7.3	6.5	3.6	72.2	65.5	38.7	48.6	99.1
1989	174.1	37.4	62.0	53.4	18.7	67.2	19.4	35.4	52.9	231.8	105.1	107.6	231.8
1990	135.6	179.2	64.1	30.9	23.6	79.3	31.2	23.3	33.6	70.6	37.2	28.0	179.2
1991	86.1	121.4	75.0	69.3	52.2	39.6	15.4	22.1	95.8	74.0	31.3	61.4	121.4
1992	52.1	64.3	58.7	22.5	44.4	36.4	42.9	48.7	96.4	28.5	84.5	56.7	96.4
1993	79.1	66.0	34.1	22.8	32.7	11.8	22.6	17.8	85.4	81.4	51.8	43.8	85.4
1994	88.9	42.1	72.5	28.6	36.5	31.3	4.3	9.9	48.0	46.5	41.3	45.5	88.9
1995	59.4	83.8	80.5	16.5	24.3	7.5	14.6	13.0	29.6	51.8	132.9	42.3	132.9
1996	125.7	35.8	76.0	34.2	46.5	5.4	3.8	17.2	48.6	83.6	68.5	53.9	125.7
1997	70.1	88.3	138.5	31.4	41.3	3.6	1.5	10.9	120.1	30.9	61.2	29.9	138.5
1998	34.6	81.1	35.2	24.3	3.3	9.4	0.3	11.0	25.7	60.9	82.8	40.7	82.8
1999	90.1	29.7	57.9	26.7	22.5	8.0	23.6	1.0	58.3	35.4	52.0	43.2	90.1
2000	104.9	63.3	73.8	31.2	30.3	7.3	5.2	9.4	77.7	32.5	40.2	35.4	104.9
2001	74.3	62.2	25.4	17.7	80.2	3.1	16.0	18.8	50.4	109.2	74.5	62.6	109.2
2002	74.3	50.5	34.4	51.9	35.9	23.9	73.6	6.3	26.2	78.1	95.5	70.4	95.5
2003	46.6	86.4	105.2	34.9	81.9	6.6	4.5	18.6	63.0	206.3	38.8	49.6	206.3
2004	57.9	117.8	73.0	22.8	38.9	4.9	55.7	36.2	113.9	104.2	185.2	35.7	185.2
2005	83.1	112.4	63.4	22.6	25.5	0.8	9.6	3.5	100.2	125.5	64.1	78.4	125.5
2006	87.5	32.2	43.8	31.7	14.0	38.4	10.2	37.2	59.6	95.8	80.7	65.5	95.8
2007	66.8	81.9	29.6	40.3	38.2	1.7	25.5	18.9	90.2	129.8	81.0	78.4	129.8
2008	79.7	44.7	49.2	24.1	17.4	6.8	9.9	15.4	36.5	144.0	57.2	45.3	144.0
2009	64.1	60.2	56.2	55.4	60.1	19.5	46.3	35.1	67.9	62.1	75.1	50.5	75.1
2010	61.3	50.9	59.8	50.6	43.2	17.9	10.8	18.7	40.8	80.3	104.2	47.4	104.2
2011	69.9	108.9	84.8	22.7	47.5	14.6	55.4	18.5	94.9	127.1	83.8	45.1	127.1
2012	71.4	58.6	44.7	32.2	29.6	10.8	5.1	11.9	58.8	113.8	39.3	42.0	113.8
2013	51.7	56.3	40.6	26.8	37.4	3.8	32.3	34.5	32.8	46.7	22.4	36.9	56.3
2014	71.6	45.0	37.2	28.5	44.7	9.8	5.3	15.4	22.6	60.7	49.5	29.2	71.6
2015	75.3	33.6	36.0	35.7	35.9	24.9	8.3	19.2	13.2	24.4	131.4	35.5	131.4
2016	56.3	63.3	68.3	15.1	11.5	9.0	33.8	10.9	47.1	61.0	28.0	35.1	68.3

Fuente: Elaboración Propia con SAGA GIS

Figura 54

Formato ráster, formato shapefile , subcuencas y red hídrica de la cuenca delimitada de Tinkuy llochegua.



(a) Formato ráster

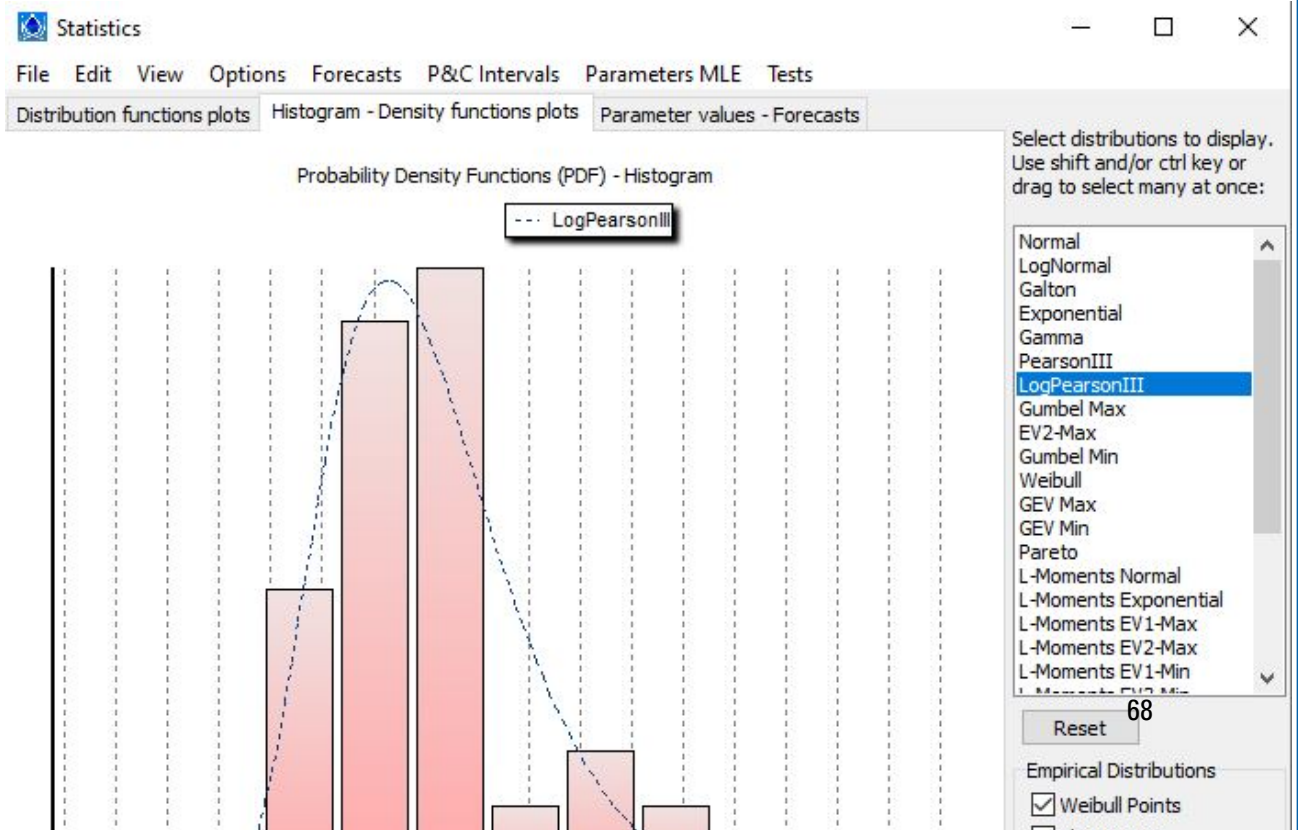


Figura 55

Formato ráster, formato shapefile , subcuencas y red hídricade la cuenca delimitada de Tinkuy llochegua.

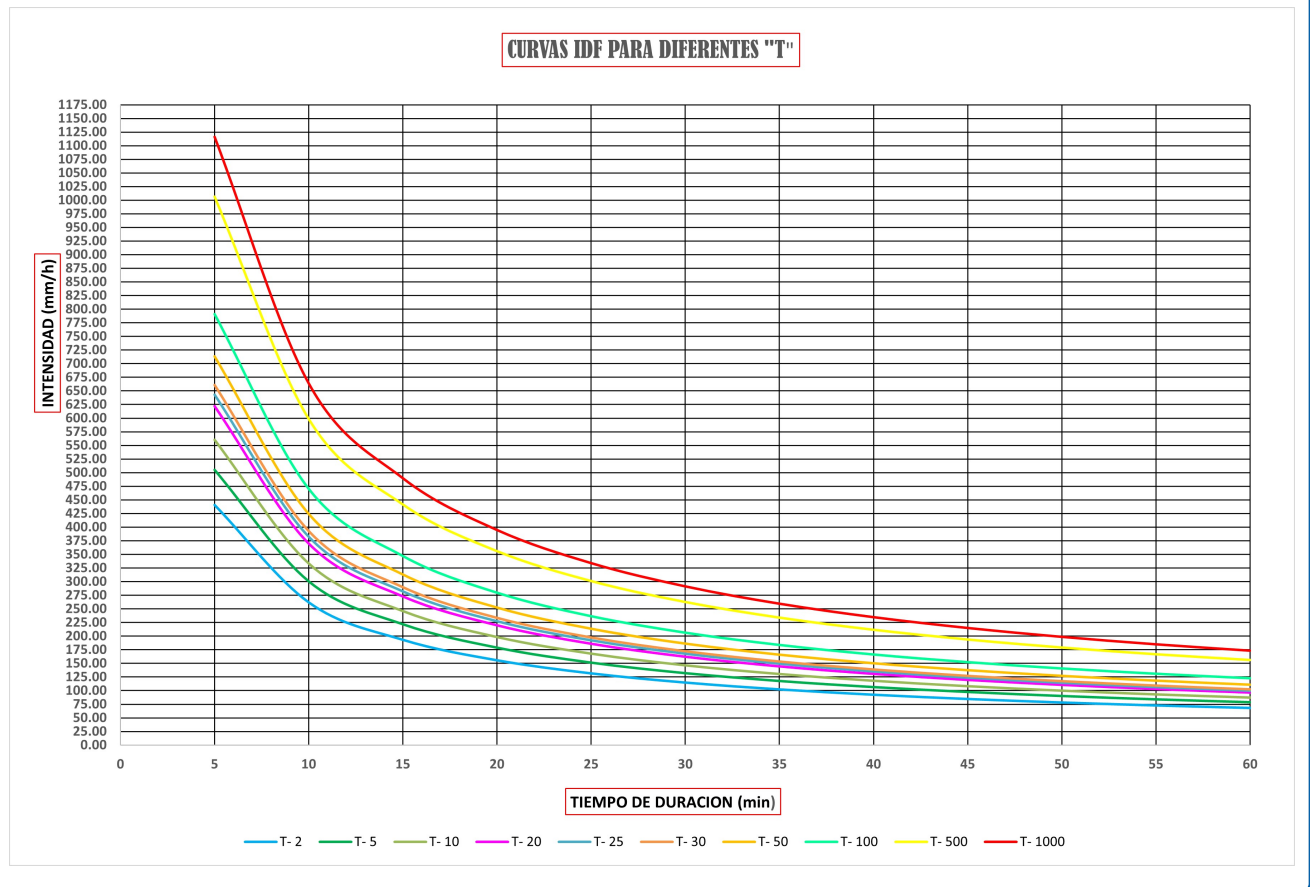
All data - T(Max) = 100.000 y	Value
Normal	216.790
Normal (L-Moments)	214.760
LogNormal	245.853
Galton	242.360
Exponential	268.417
Exponential (L-Moments)	283.552
Gamma	235.684
Pearson III	241.847
Log Pearson III	246.752
EV1-Max (Gumbel)	249.553
EV2-Max	271.699
EV1-Min (Gumbel)	189.138
EV3-Min (Weibull)	215.391
GEV-Max	243.090
GEV-Min	240.252
Pareto	235.388
GEV-Max (L-Moments)	251.479
GEV-Min (L-Moments)	241.888
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	252.210
EV2-Max (L-Momments)	306.199
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	190.528
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	212.351
Pareto (L-Moments)	224.302

(a) Formato ráster

Kolmogorov-Smirnov test for: All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	50.4711%	0.13276
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	53.5090%	0.12960
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	95.8002%	0.08014
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	92.4492%	0.08672
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	42.9493%	0.14101
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	44.7608%	0.13896
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	83.4717%	0.09890
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	92.0156%	0.08744
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	95.0262%	0.08188
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	94.8780%	0.08219
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	41.0745%	0.14319
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	16.7319%	0.18094
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	47.0922%	0.13639
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	93.5966%	0.08471
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	90.2338%	0.09019
Pareto	ACCEPT	REJECT	REJECT	1.27861%	0.26024
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	95.5713%	0.08067
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	91.7541%	0.08786
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	95.1181%	0.08168

Figura 56

Ingreso de las precipitaciones para un TR=100 años para la Cuenca de Cuchipampa en el río Tinkuy



Fuente: Propia elaborado con HEC HMS V4.11 Beta8

La curva de intensidad, duración y frecuencia (IDF) se observa en la Figura N°56 donde podemos apreciar la ecuación generada por:

$$I = \frac{KT^m}{t^n} \tag{3.10}$$

$$I = \frac{1328.34642T^{0.1495}}{t^{0.75}} \tag{3.11}$$

Hietograma de diseño para el río Sabogato

El método utilizado para la creación de los hietogramas es el de hietogramas de bloques alternos generados a partir de las curvas IDF para un tiempo de retorno TR=100 años para una duración de 1440 minutos equivalente a 24 horas como podemos observar en la Tabla N°21 las columnas para la construcción de los hietogramas a través de la columna de precipitación alternada.

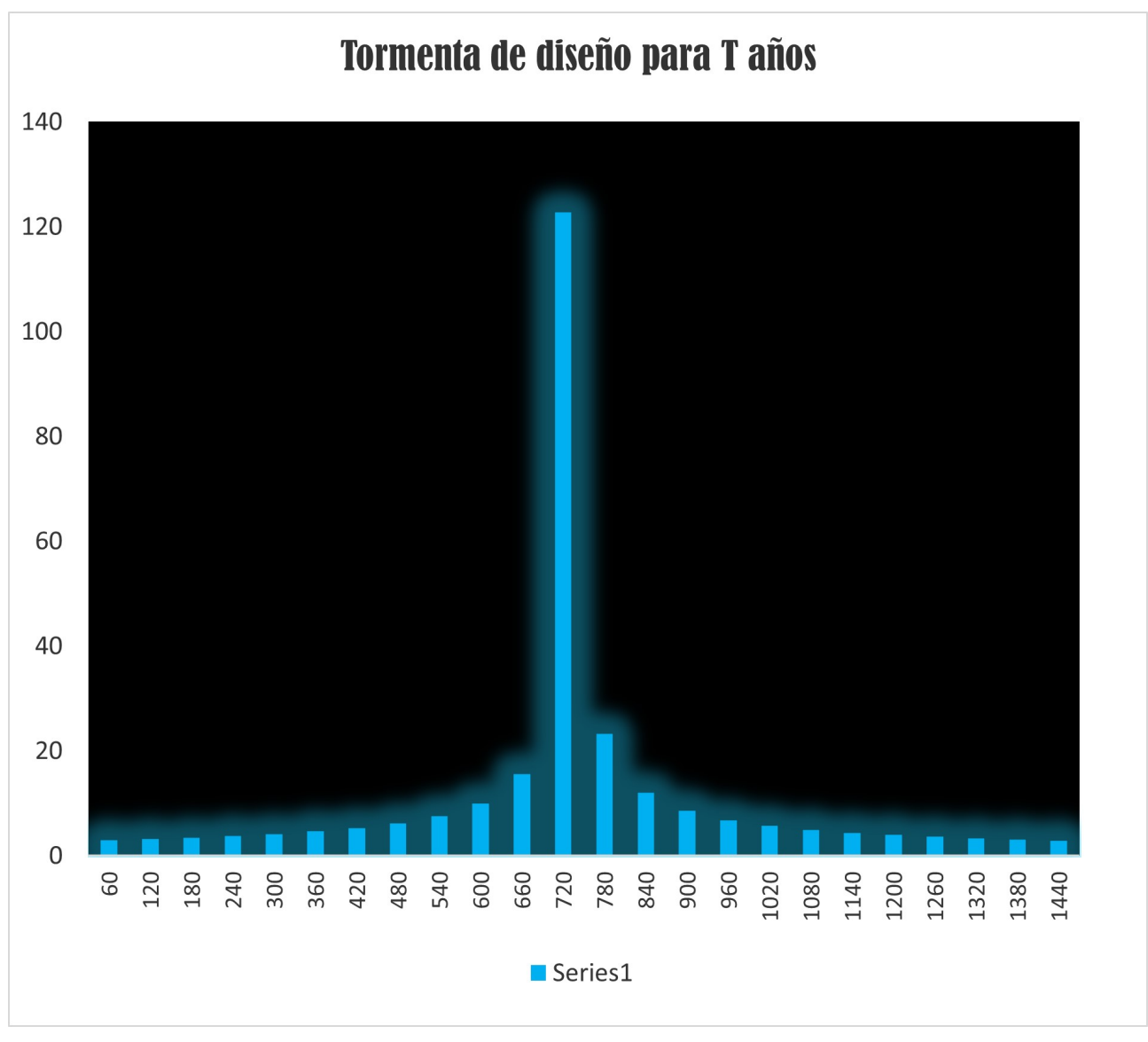
Tabla 23: Hietograma para la subcuenca15 de Tinkuy

Instante (min)	Intensidad (mm/h)	P.acumulada (mm)	ΔP (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	P. Alternada (mm)	InPa Alternada (mm)	P. Acum (mm)
60	122.708	122.708	122.708	122.708	2.97	2.97	2.97
120	72.963	145.925	23.217	23.217	3.185	3.185	6.154
180	53.831	161.493	15.568	15.568	3.44	3.44	9.594
240	43.384	173.535	12.043	12.043	3.748	3.748	13.342
300	36.698	183.491	9.956	9.956	4.13	4.13	17.471
360	32.008	192.049	8.557	8.557	4.616	4.616	22.088
420	28.513	199.594	7.546	7.546	5.262	5.262	27.349
480	25.796	206.37	6.775	6.775	6.167	6.167	33.516
540	23.615	212.537	6.167	6.167	7.546	7.546	41.062
600	21.821	218.209	5.673	5.673	9.956	9.956	51.018
660	20.316	223.471	5.262	5.262	15.568	15.568	66.586
720	19.032	228.386	4.914	4.914	122.708	122.708	189.294
780	17.923	233.002	4.616	4.616	23.217	23.217	212.511
840	16.954	237.359	4.357	4.357	12.043	12.043	224.553
900	16.099	241.488	4.13	4.13	8.557	8.557	233.111
960	15.339	245.416	3.928	3.928	6.775	6.775	239.886
1020	14.657	249.164	3.748	3.748	5.673	5.673	245.559
1080	14.042	252.75	3.586	3.586	4.914	4.914	250.473
1140	13.484	256.19	3.44	3.44	4.357	4.357	254.83
1200	12.975	259.496	3.306	3.306	3.928	3.928	258.758
1260	12.509	262.681	3.185	3.185	3.586	3.586	262.344
1320	12.08	265.753	3.073	3.073	3.306	3.306	265.65
1380	11.684	268.723	2.97	2.97	3.073	3.073	268.723
1440	11.317	271.598	2.874	2.874	2.874	2.874	271.598

Fuente: Elaboración Propia

Figura 57

Ingreso de las precipitaciones para un TR=100 años para la Cuenca de Cuchipampa en el río Tinkuy



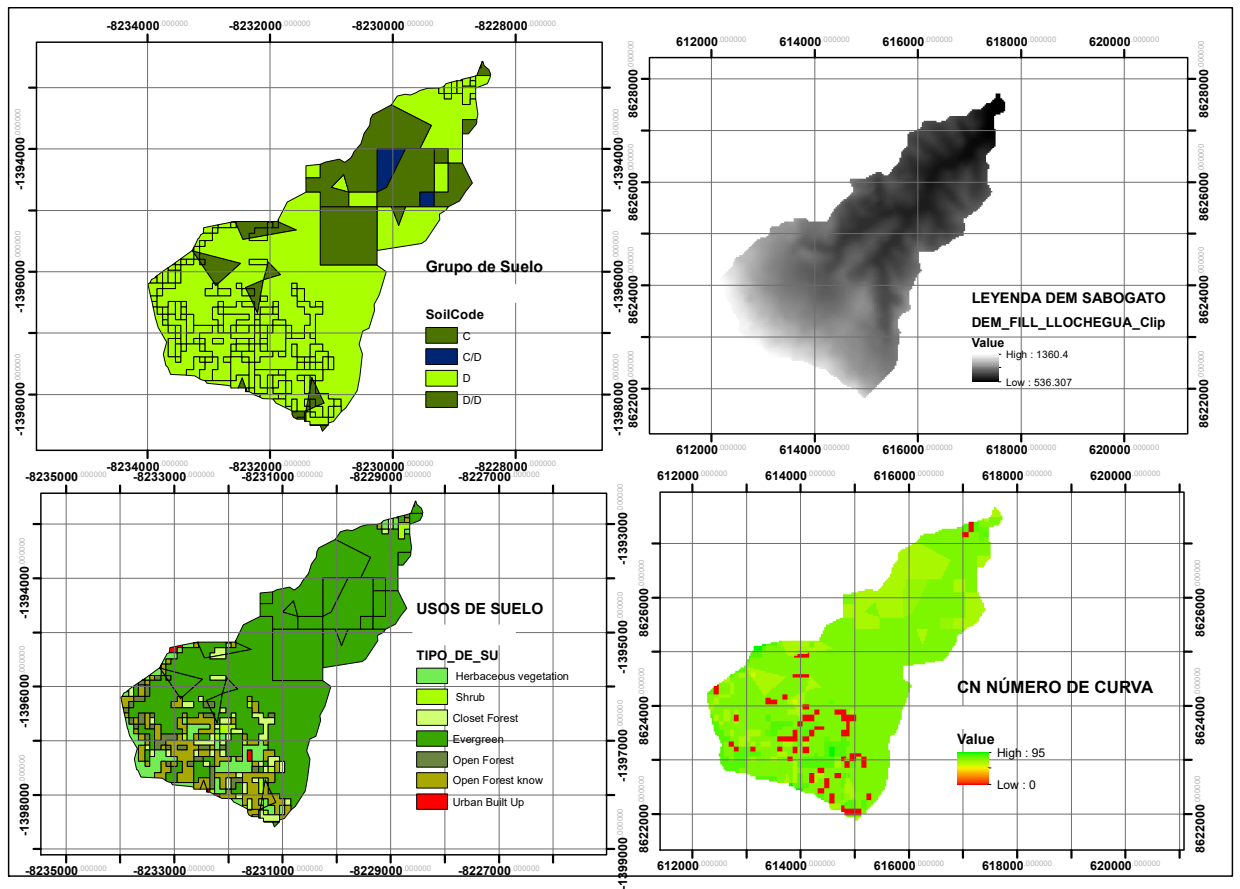
Fuente: Propia elaborado con HEC HMS V4.11 Beta8

Número de curvas para el río Sabagato

El número de curva promedio para la subcuenca del río sabagato es CN=80 es calculado por el programa HEC-geo-HMS aplicativo del programa ARCGUIS donde se ingresan como insumos mapas de usos y tipos de suelos ,DEM de la cuenca

Figura 58

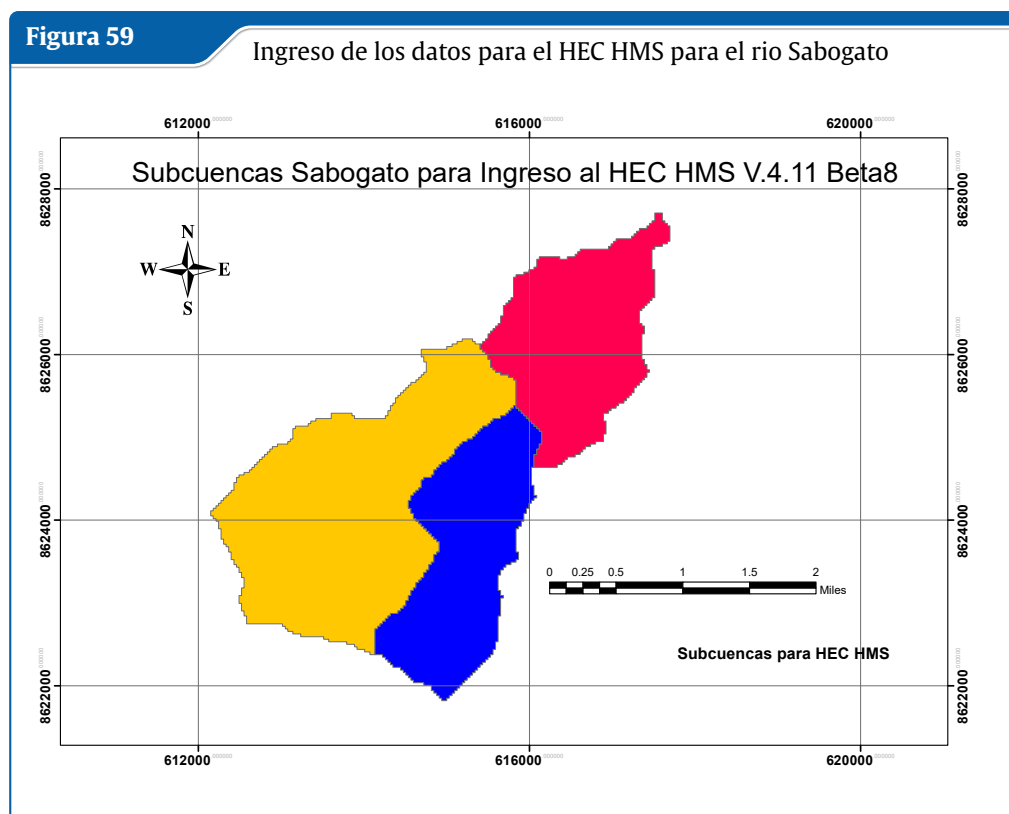
Ingreso de las precipitaciones para un TR=100 años para la Cuenca de Cuchipampa en el río Tinkuy



Fuente: Propia elaborado con HEC HMS V4.11 Beta8

Subcuencas del río Sabogato para el ingreso al HEC-HMS

La subcuenca del río Sabogato es una cuenca pequeña la cual se subdividirá en 3 subcuencas para el ingreso al HEC-HMS para poder calcular los caudales máximos de salida en el punto de aforo también llamado punto de drenaje o salida de la cuenca del río Sabogato pero la figura N°36 muestra a la cuenca del río Sabogato dividido en 3 subcuencas las cuales fueron calculados con el programa SAGAGIS y determinados los parámetros físicos y morfométricos de dicha cuenca para el análisis en el HEC-HMS.



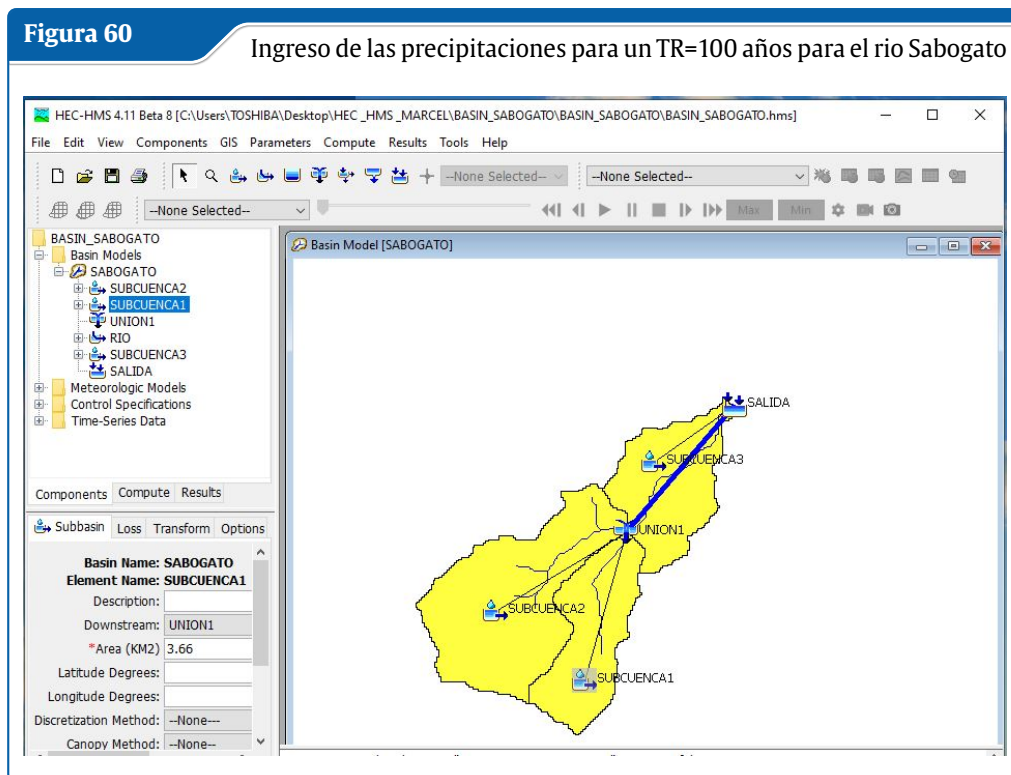
Fuente: Elaboración propia

Ingreso de los datos a la cuenca del río Sabogato en el programa de HEC-HMS nos permite ingresar todos los datos de las 3 subcuencas divididas para la subcuenca del río Sabogato para poder obtener el caudal de salida del río Sabogato para ingresar en el programa de Iber y el programa de HEC-RAS, donde se ingresan los hidrogramas de diseño alternados por un periodo de retorno de $TR=100$ años

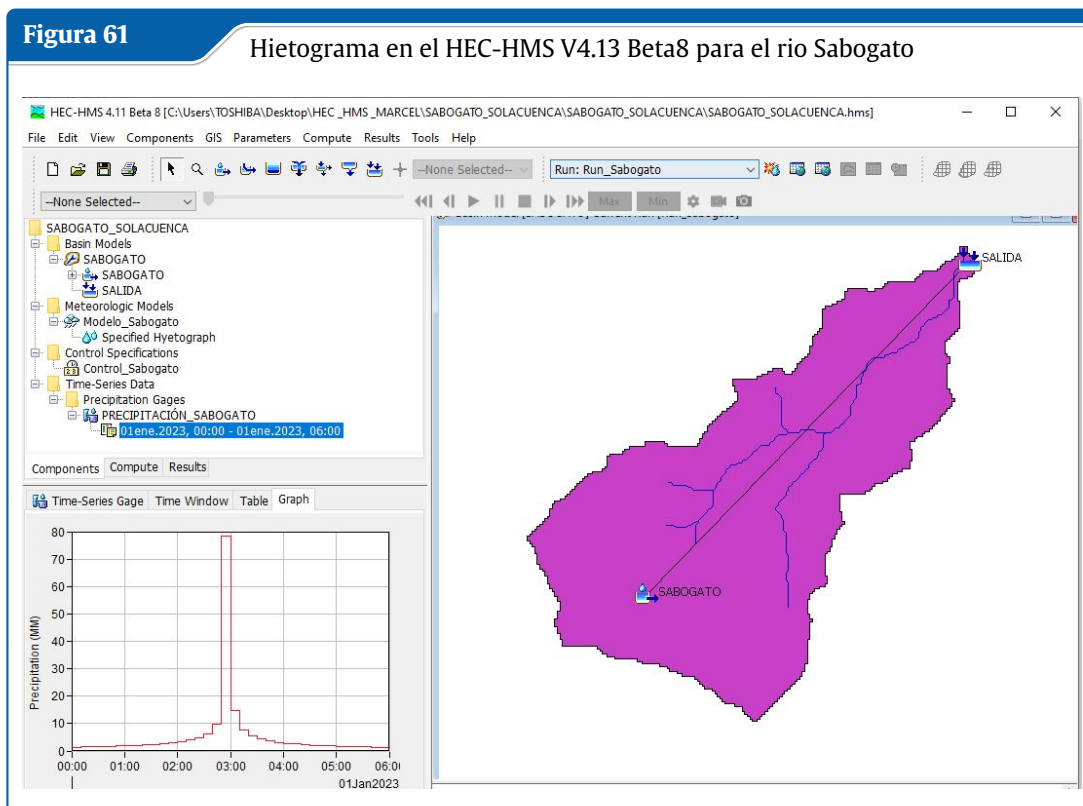
3.9.2.6 Modelamiento hidrológico con HEC-HMS para el río Sabogato

El modelamiento para calcular el caudal de diseño para el estudio hidrológico realizado en la cuenca del río Sabogato en el distrito de Llochegua se realizó utilizando el programa del HEC-HMS para determinar los caudales de diseño en dicha cuenca para determinar se realizó el método del CSC con número de curvas para determinar la escorrentía efectiva.

El caudal de diseño obtenido para un tiempo de retorno de $T=500$ años de retorno es obtenido en el siguiente hidrograma para el hidrograma generado por el programa HEC HMS para obtención del caudal de diseño



Fuente: Propia elaborado con HEC HMS V4.11 Beta8



Fuente: Propia elaborado con HEC HMS V4.11 Beta8

3.9.2.7 Modelamiento bidimensional con IBER

Para el modelamiento bidimensional de la cuenca de interés de Tinkuy Llochegua analizamos el tramo de interés entre la progresiva 0+420 hasta la progresiva 0+720 aguas arriba como considera el sentido del HECRAS para el análisis de las secciones del río podemos considerar que para el modelamiento del río ingresan dos ríos a la zona de interés las cuales son consideradas en el ingreso de datos del modelamiento con IBER, estos ríos son el río Tinkuy y el río Sabogato que contribuyen al caudal de diseño para el análisis de nuestro tramo de interés los cuales serán descritos a continuación:

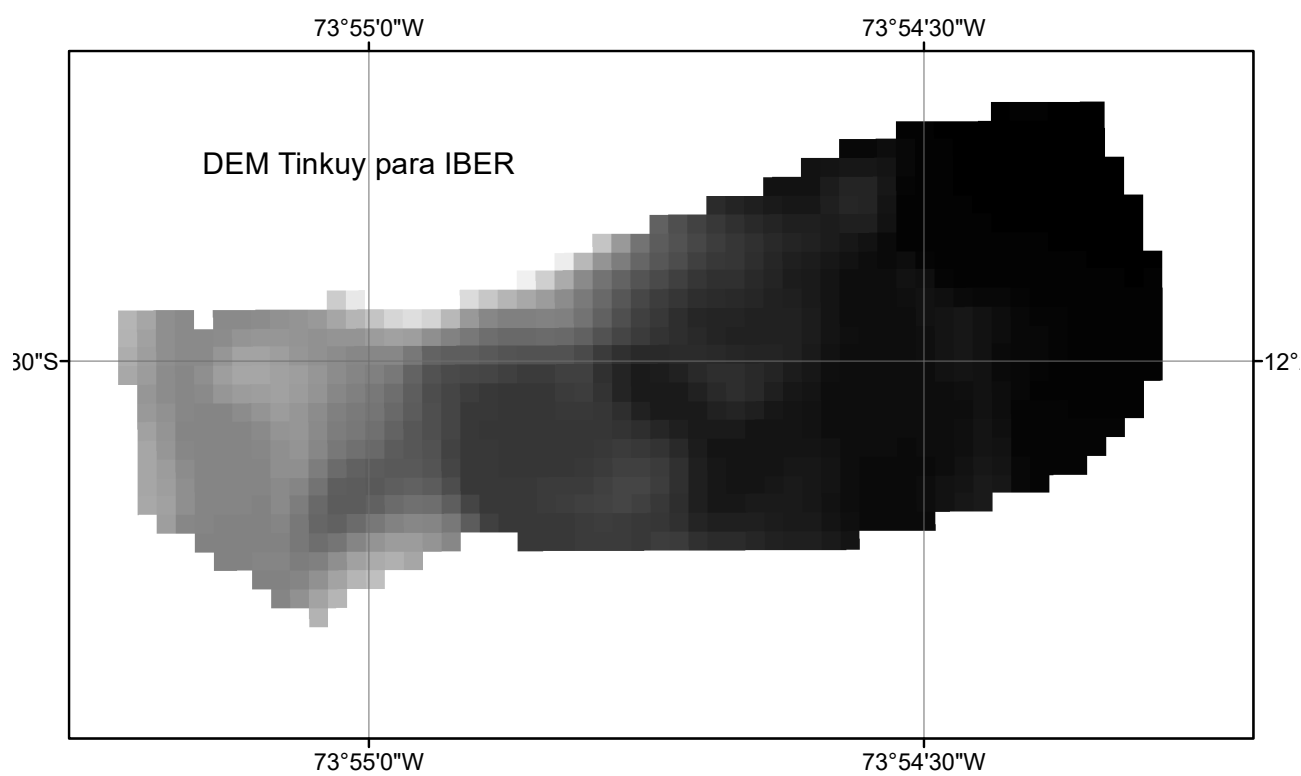
- Después de generar los caudales con el programa HEC-HMS a partir de los datos de precipitaciones máximas diarias anuales para la subcuencas del río Tinkuy y del río Sabogato, los cuales serán ingresados al programa IBER V.3.2 para el modelamiento respectivo de la zona de interés de las progresivas de 0+420 a la progresiva 0+720 río arriba para el análisis de las secciones en el programa HECRAS.
- La colocación de la imagen satelital de la zona de interés con imagen de ortofoto recortado para la zona de interés procesado con el programa SAS PLANET y georeferenciada con el programa ARCGUIS para el ingreso al programa IBER aula.
- Para el modelamiento hidrológico con IBER V3.1 se trabajó con un archivo DEM de Modelamiento digital de terreno de una resolución espacial de 15m para la generación de la malla RTIN. Como se aprecia en la imagen N°27
- La malla RTIN es creada a partir del modelamiento digital de terreno (DEM) utilizando la triangulación a partir de los puntos de DEM configurándose con un error de 0.5 metros con un mínimo de 1 metro y máximo 3 metros para la creación de la malla RTIN es un método de triangulación de nodos interpolados y la utilización de volúmenes finitos para el procesamiento del IBER V3.1 como se mira en la figura N°41
- El ingreso de los caudales en series de tiempos en dos columnas donde la primera columna es el tiempo y la segunda columna es el caudal diagrama conocido como hidrograma de los ríos Tinkuy y Sabogato para el modelamiento con IBER V.3.1 donde la configuración para el régimen de caudal es mixto.
- La figura N°43 muestra las condiciones de frontera en la malla RTIN de ingreso y salida de los caudales para el modelamiento del río con IBER en el tramo de interés entre la progresiva 0+420 a la progresiva 0+720 para su posterior análisis.
- Selección de toda la malla RTIN para la configuración del ingreso para el calado del río, donde nos solicita el programa IBER V3.1 como se puede apreciar en la figura N°63.
- Creación de la mapa de Manning a partir de mapas de tipos de suelos y usos de suelos además de contar con el formato de modelamiento digital de elevación DEM para la zona de interés, donde todos estos productos son insumos para la creación de mapa de Manning para la determinación de la rugosidad de la cuenca de zona de interés como se puede apreciar en la figura N°65 los tipos de usos de suelos para Manning como son los ríos, arbustos, construcciones, vegetación densa, zona rocosa y arcillosa, cuerpos de agua etc.
- Final del procesamiento de los datos ingresados al IBER V.3.2 para el modelamiento del río en el tramo de interés de las progresivas de 0+420 a la progresiva 0+720 como se puede apreciar en la figura N° 30, lo cual posteriormente se apreciarán los resultados del modelamiento de IBER aula V3.2.

Figura 62

Imagen georeferenciada de ortofoto y DEM para la zona de interés



(a) Imagen de ortofoto georeferenciado



(b) Modelamiento digital de terreno (DEM) para zona de interés

Fuente: fuente a.

Como se puede apreciar en la figura N°27 a y b tenemos las imágenes ortofoto satelital georeferenciada

para la observación del tramo de interés para el modelamiento de los ríos y como se puede observar en la Figura N°27b el digital elevation modeling (DEM) para la creación de la malla de Right triangulated irregular networks (RTIN).

Figura 63

Creación de la malla RTIN e ingreso de los caudales



(a) Creación del RTIN

Global Summary Results for Run "Run 1" — □ ×

Project: TINKUY_BASIN Simulation Run: Run 1

Start of Run: 01ene.2023, 00:00 Basin Model: BASIN_TINKUY
 End of Run: 01ene.2023, 16:00 Meteorologic Model: MODELO1
 Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Control 1

Show Elements: Volume Units: MM 1000 M3 Sorting:

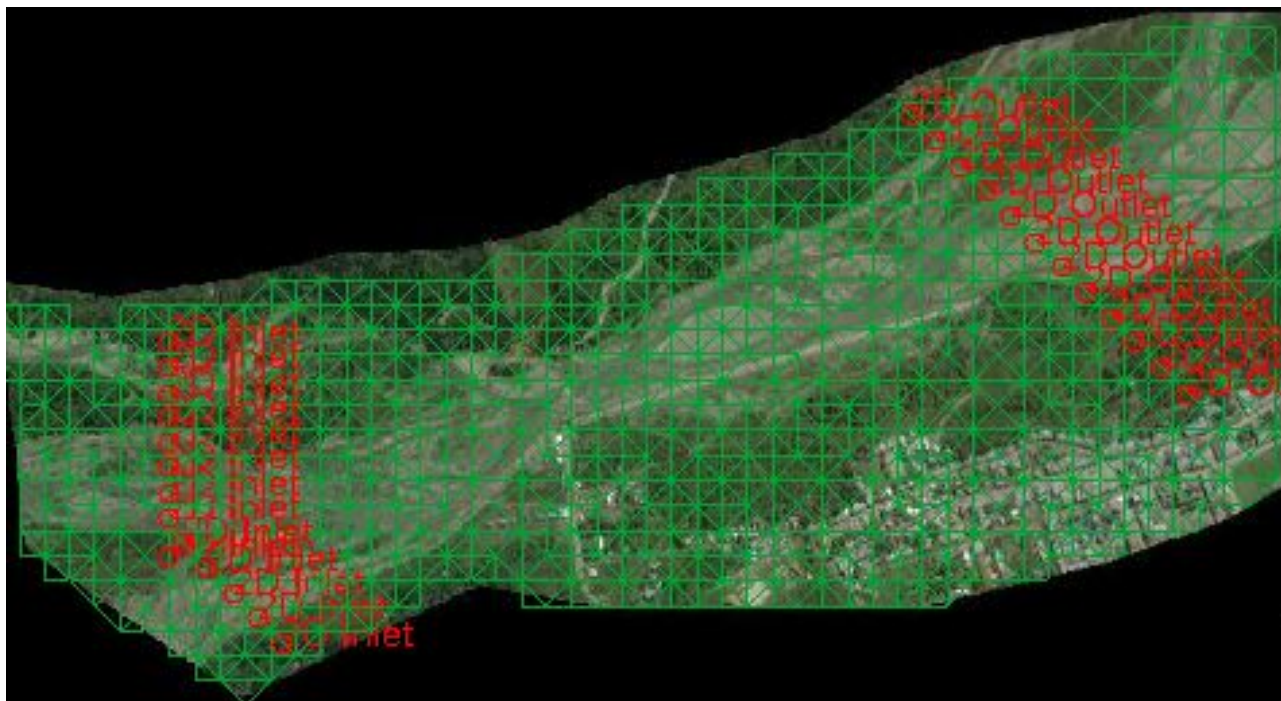
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subbasin-1	62.76	98.1	01ene.2023, 02:50	12.15
Subbasin-2	21.92	35.8	01ene.2023, 01:00	5.16
Junction-1	84.68	98.4	01ene.2023, 02:50	10.34
Subbasin-3	93.60	269.1	01ene.2023, 02:50	21.74
Reach-1	84.68	87.8	01ene.2023, 03:20	10.34
Subbasin-4	33.71	378.6	01ene.2023, 01:00	34.49
Junction-2	211.99	397.1	01ene.2023, 01:00	19.21
Reach-2	211.99	238.1	01ene.2023, 04:00	19.23
Subbasin-5	157.11	2146.8	01ene.2023, 03:10	125.27
Subbasin-6	43.14	1326.8	01ene.2023, 01:00	92.49
Junction-3	412.24	2349.8	01ene.2023, 03:10	67.31
Reach-3	412.24	1721.7	01ene.2023, 04:20	67.30
Subbasin-7	87.32	1864.0	01ene.2023, 02:00	125.59
Sink-1	499.56	2414.4	01ene.2023, 02:00	77.49

(b) Ingreso de los caudales para el modelamiento con Iber V3.1

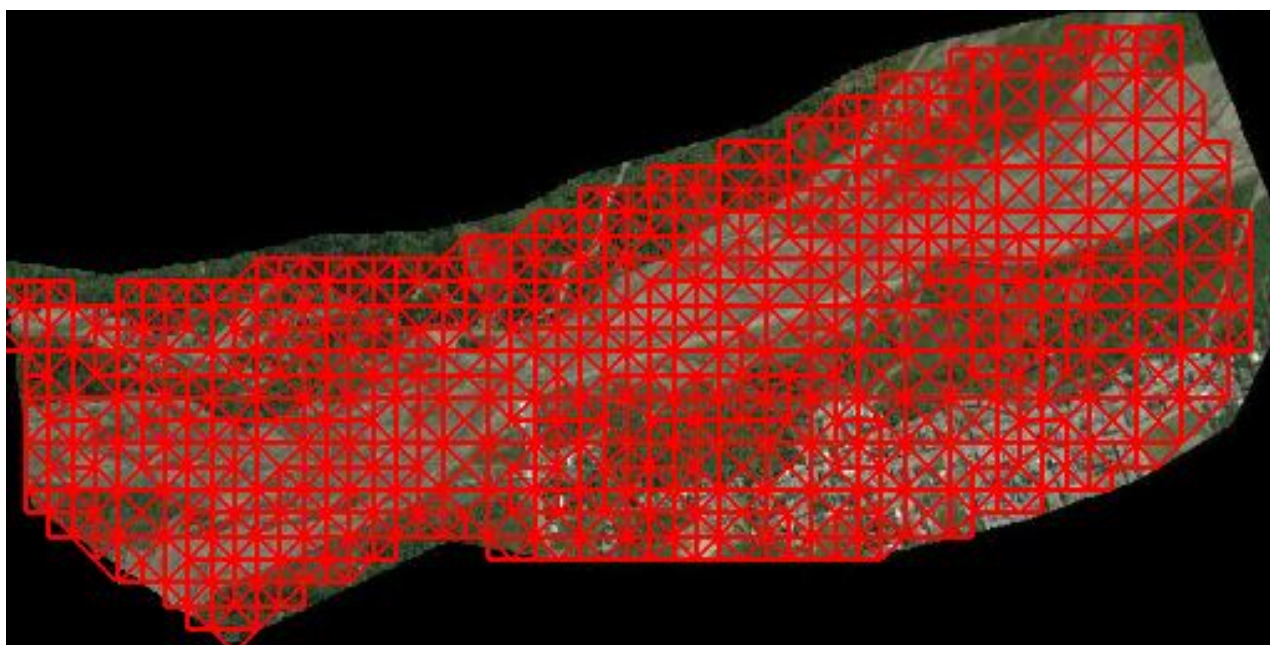
En la figura N°28 se puede apreciar las mallas generadas por el DEM para el ingreso de los caudales.

Figura 64

Establecimiento de las condiciones de frontera y configuración del calado



(a) Ingreso de las condiciones de ingreso y salida de los caudales en la malla RTIN

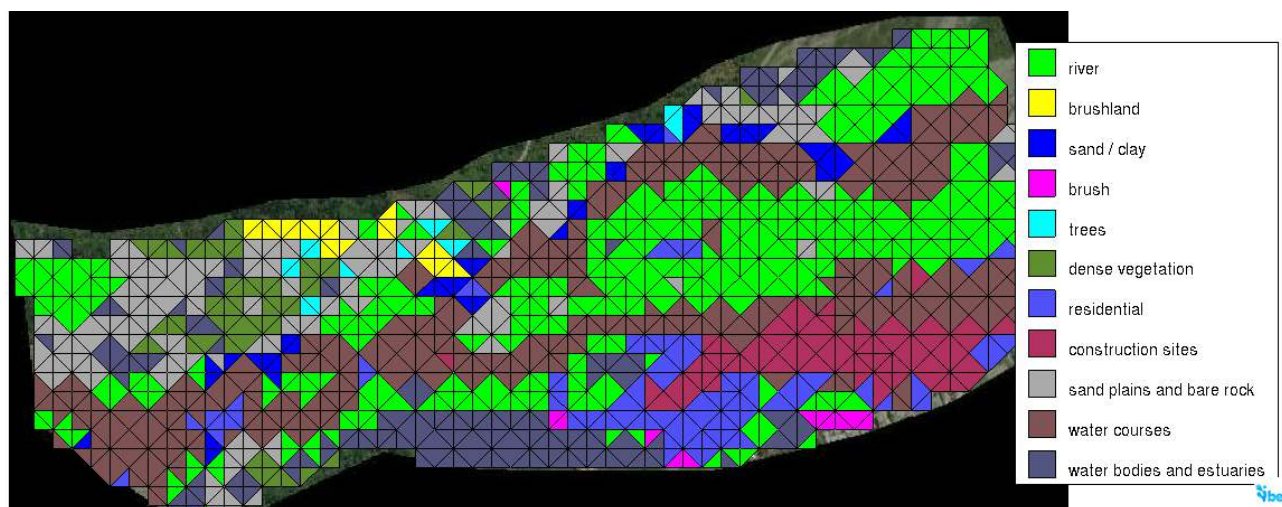


(b) Selección de la malla RTIN para la configuración del calado en el modelamiento

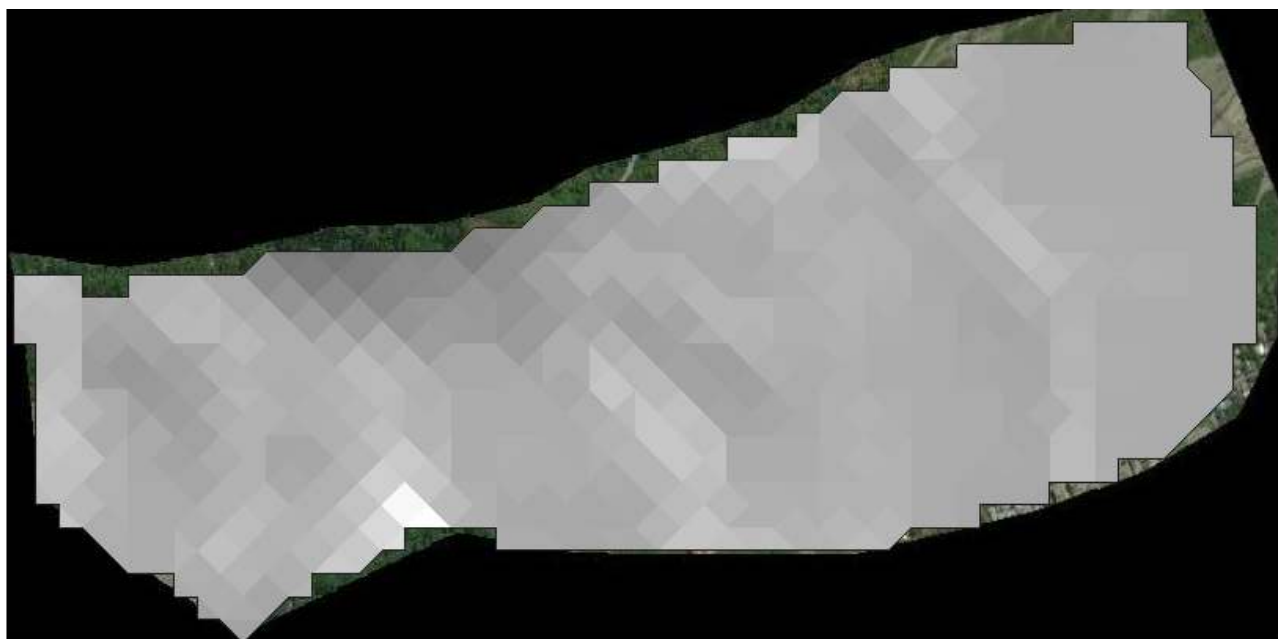
Fuente: fuente a.

Figura 65

Creación de la mapa de rugosidad de manning para la zona de interés para el ingreso al programa IBER V.3.2



(a) Mapa de rugosidad de manning para la zona de interés creado en ARGUIS



(b) Procesamiento de los datos ingresados en el programa IBER V.3.2

Fuente: fuente a.

En la figura N°65b Se puede apreciar los datos ingresados al programa y el formato de color gris nos indica la finalización del procesamiento del IBER con éxito para la visualización de los resultados y en los resultados de la figura N°30a podemos apreciar los datos ingresados para la rugosidad de manning en el tramo de interés para su correcto modelamiento la elaboración de las diferentes mapas como insumos para el ingreso al programa IBER fueron realizados utilizando el programa ARCMAP del ARCGUIS.

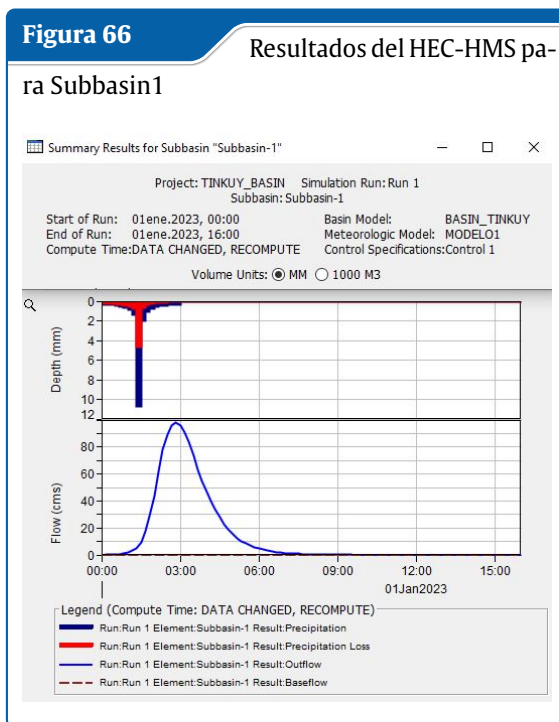
“Debo reconocer que un hombre que concluye que un argumento no tiene realidad, porque se le ha escapado a su investigación, es culpable de imperdonable arrogancia.”

— David Hume

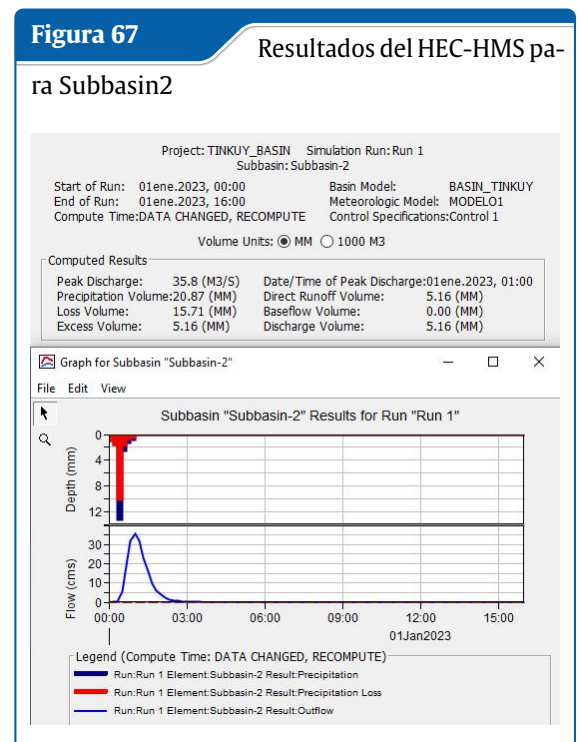
4 Resultados

4.1 Resultados para la generación de caudales utilizando HEC-HMS V.4.11 beta8 para un TR=100 años

Resultados de hietogramas e Hidrograma de las subcuencas del río Tinkuy

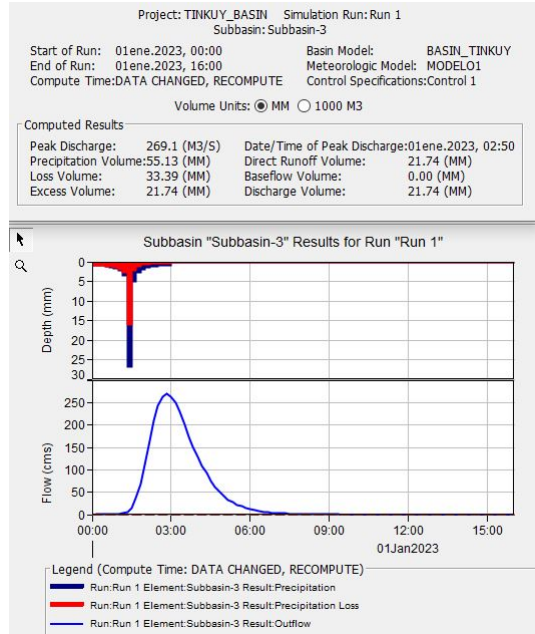


Fuente: Elaboración Propia



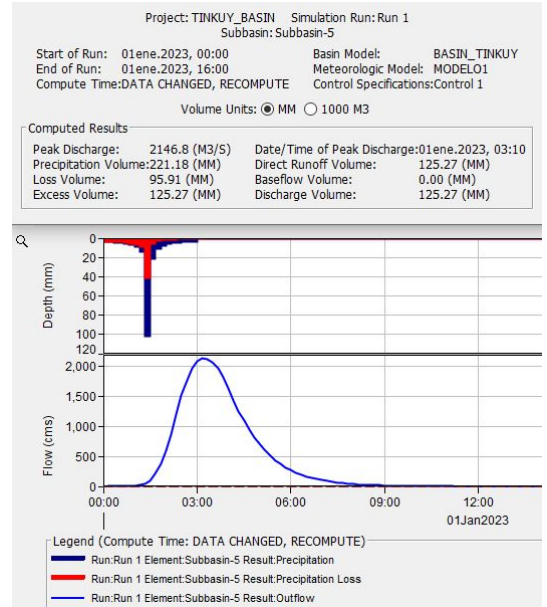
Fuente: Elaboración Propia

Figura 68 Resultados del HEC-HMS para Subbasin3



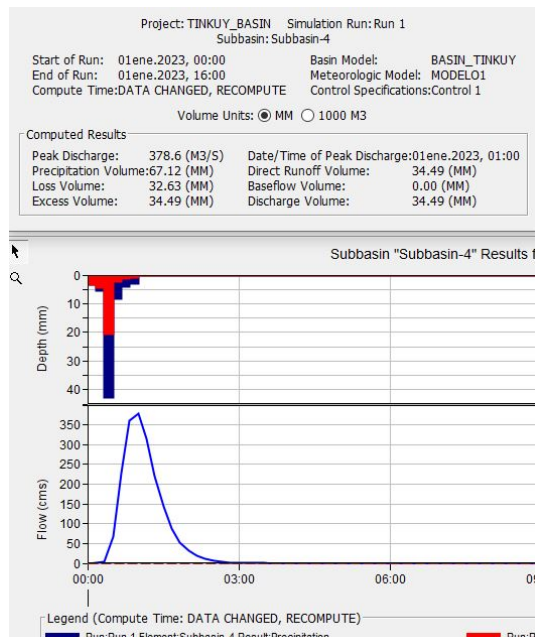
Fuente: Elaboración Propia

Figura 70 Resultados del HEC-HMS para Subbasin5



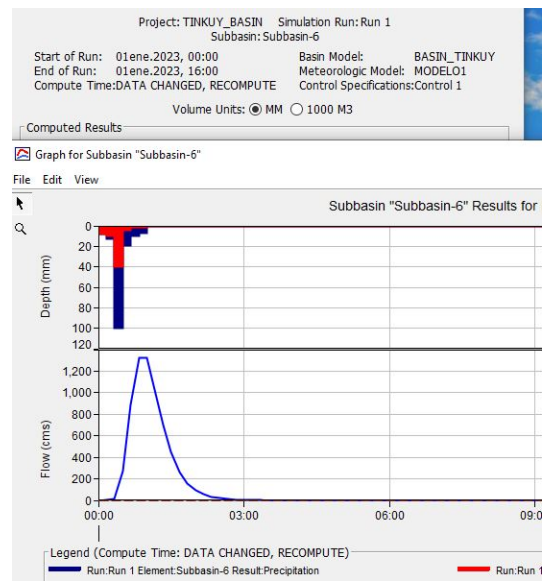
Fuente: Elaboración Propia

Figura 69 Resultados del HEC-HMS para Subbasin4

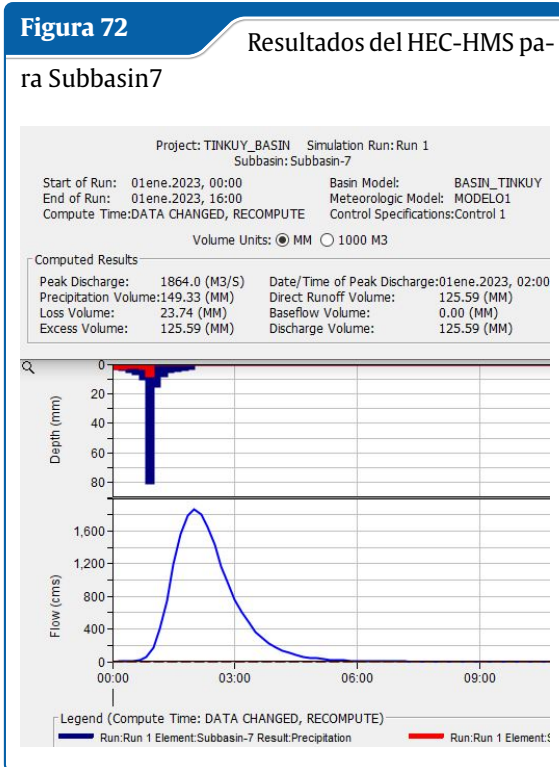


Fuente: Elaboración Propia

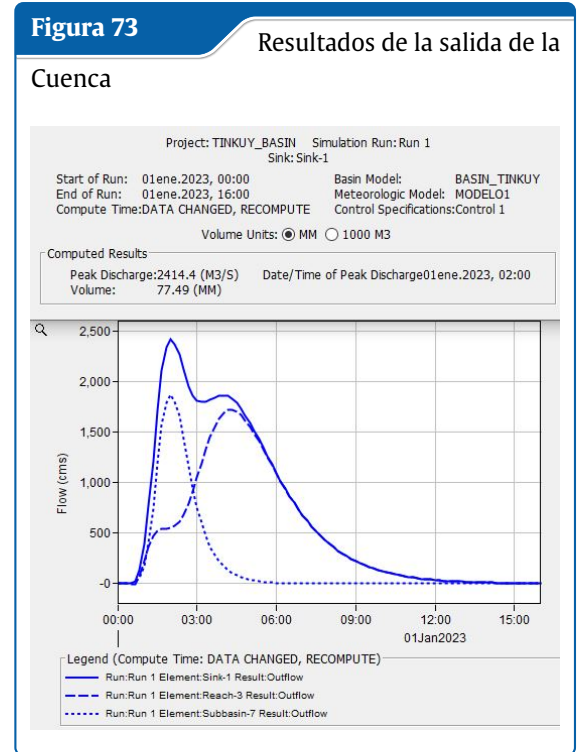
Figura 71 Resultados del HEC-HMS para Subbasin6



Fuente: Elaboración Propia



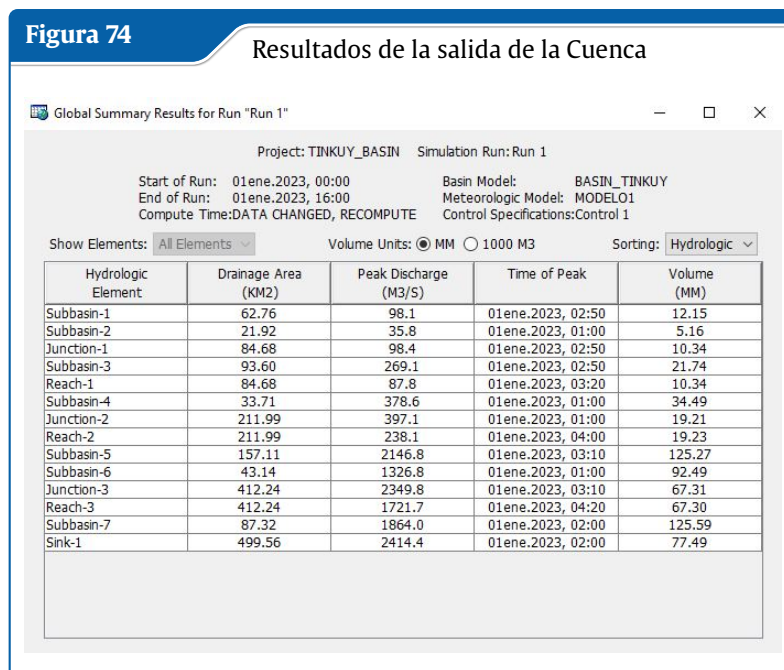
Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

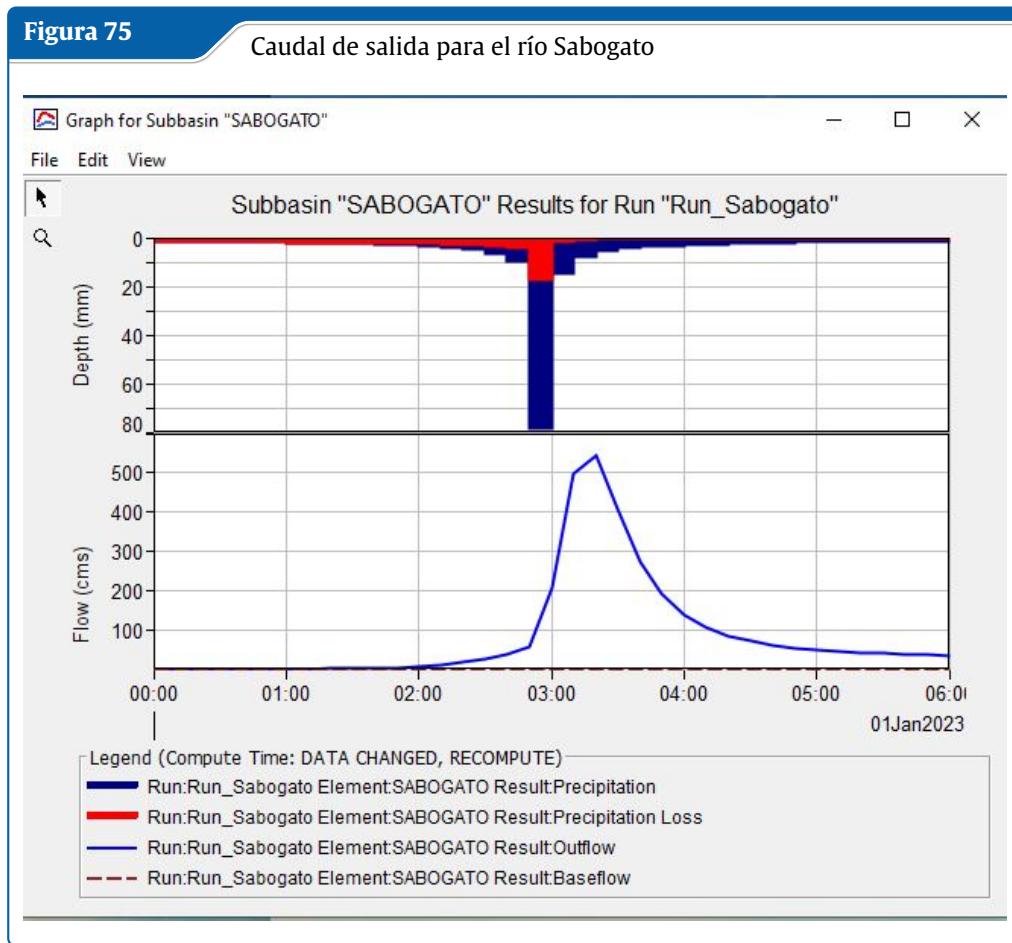
Resultado final de caudal de salida a la cuenca del río Tinkuy

Como se aprecia los resultados en la siguiente tabla el caudal de salida de la cuenca es de 2414.4 m3/s donde se aprecia claramente que las subcuencas tropicales aportan mas al incremento de caudal al igual que la precipitación por ser un clima tropical con abundante lluvia.

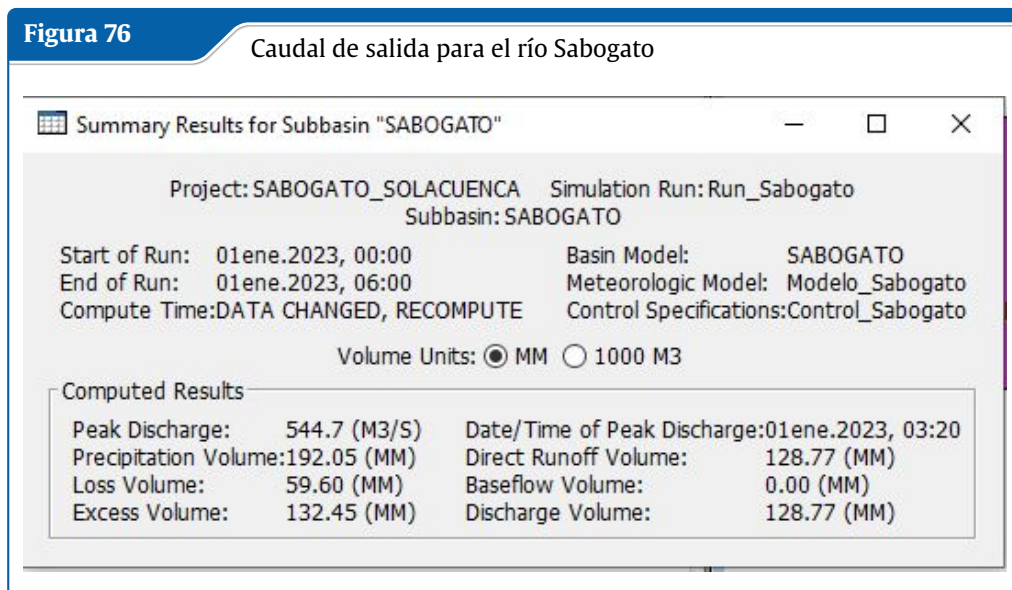


Fuente: Elaboración Propia

Resultados HEC-HMS para el río Sabogato



Fuente: Propia elaborado con HEC-HMS

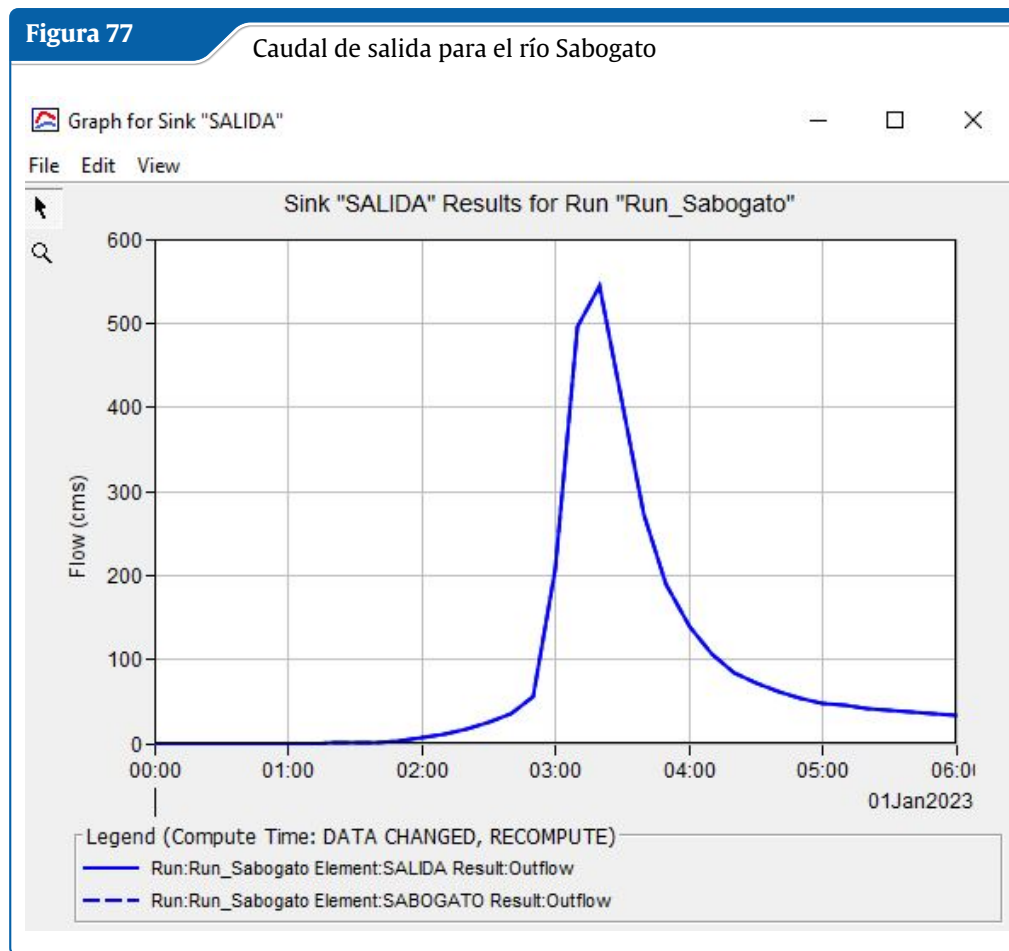


Fuente: Propia elaborado con HEC-HMS

Tabla 24: Caudal obtenido con el programa HEC HMS

Fecha	Tiempo	Precip.(mm)	Prec. Perdido (mm)	Excesomm)	Caudal total (m3/s)
01ene.2023	00:00				0
01ene.2023	00:10	1.38	1.38	0	0
01ene.2023	00:20	1.44	1.44	0	0
01ene.2023	00:30	1.51	1.51	0	0
01ene.2023	00:40	1.59	1.59	0	0
01ene.2023	00:50	1.68	1.68	0	0
01ene.2023	01:00	1.78	1.78	0	0
01ene.2023	01:10	1.9	1.9	0	0
01ene.2023	01:20	2.04	2.03	0.01	0
01ene.2023	01:30	2.2	2.09	0.11	0.3
01ene.2023	01:40	2.39	2.12	0.27	1.4
01ene.2023	01:50	2.64	2.17	0.47	3.6
01ene.2023	02:00	2.95	2.24	0.71	7
01ene.2023	02:10	3.36	2.35	1.01	11.4
01ene.2023	02:20	3.94	2.51	1.43	17.2
01ene.2023	02:30	4.82	2.76	2.06	25
01ene.2023	02:40	6.36	3.2	3.16	36.5
01ene.2023	02:50	9.95	4.21	5.74	56.4
01ene.2023	03:00	78.4	16.99	61.41	208.4
01ene.2023	03:10	14.84	1.69	13.15	495.6
01ene.2023	03:20	7.69	0.78	6.92	544.7
01ene.2023	03:30	5.47	0.52	4.95	407.5
01ene.2023	03:40	4.33	0.39	3.94	272.4
01ene.2023	03:50	3.62	0.32	3.31	189.8
01ene.2023	04:00	3.14	0.26	2.88	138.4
01ene.2023	04:10	2.78	0.23	2.56	105.9
01ene.2023	04:20	2.51	0.2	2.31	85.1
01ene.2023	04:30	2.29	0.18	2.11	71.2
01ene.2023	04:40	2.11	0.16	1.95	61.6
01ene.2023	04:50	1.96	0.15	1.81	54.2
01ene.2023	05:00	1.84	0.14	1.7	48.6
01ene.2023	05:10	1.73	0.13	1.6	44.8
01ene.2023	05:20	1.63	0.12	1.51	41.7
01ene.2023	05:30	1.55	0.11	1.44	39.1
01ene.2023	05:40	1.47	0.1	1.37	36.8
01ene.2023	05:50	1.41	0.1	1.31	34.9
01ene.2023	06:00	1.35	0.09	1.26	33.2

Fuente: Elaboración Propia con HEC-HMS



Fuente: Propia elaborado con HEC-HMS

4.1.1 Resultados Hidráulicos con modelamiento bidimensional de Iber

Acontinuación se muestran los siguientes resultados:

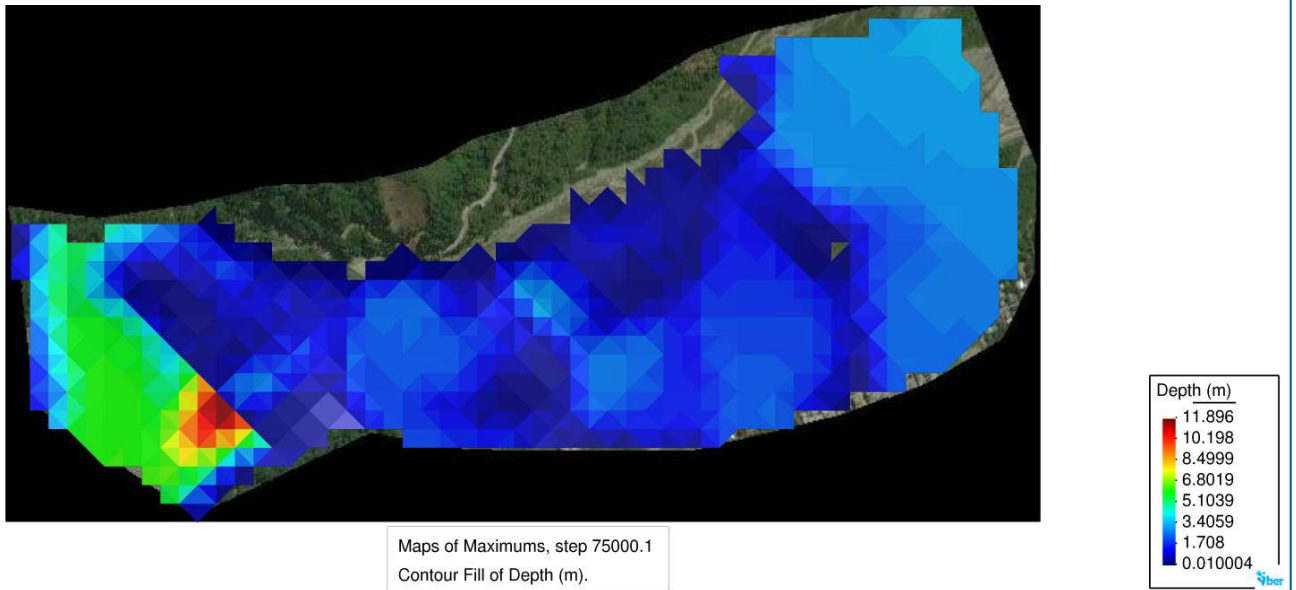
- En la figura N°78 se puede apreciar los resultados del programa IBER aula V.3.2 donde podemos apreciar la mapa de colores de la variación de profundidad en metros entre 0.01m a 11.89m de profundidad donde se puede apreciar que para nuestra zona de interés la profundidad varia entre 0 a 3.5 metros lo cual se tendrá en consideración para el diseño de muro de contención para la protección de la inundación en nuestro tramo de interés como se puede apreciar este modelamiento hidrológico fue diseñado para un tiempo de retorno de TR=100 años el cual es considerado según norma para la sobrevivencia de la vida útil de la estructura hidráulica, en la transparencia de Figura N°32 se puede apreciar que la inundación llega a ingresar el lugar de cuchipampa llochegua llegando una profundida entre 0 a 1.70m de altura de agua para lo cual se piensa diseñar un muro de contención superior a la altura de inundación al lugar.
- En la figura N°79 Se puede apreciar que la descargar específica en nuestro tramo de interés varia entre la clasificación de los colores azul y celeste de 1.58 a 3.16 m²/s y pudiendo observar que la descargar específica en el mismo río se encuentra entre sus valores máximos que se encuentran entre los colores rojo y amarillo que varian entre los valores de 7.9 a 11.084 m²/s.
- En la figura N° 80 se puede apreciar los resultados para la elevación de agua en metros los cuales esta mencionados en metros sobre el nivel del mar el tramo de interés se encuentra entre los 526.99 m.s.n.m donde la elevación se puede apreciar en función a la pendiente que se tiene donde se aprecia en la figura N°80 que la diferencia de niveles baja desde los 543.97 m.s.n.m a los 519.49 m.s.n.m.
- La velocidad en la Figura N°81 podemos apreciar que tiene valor solo en el color azul correspondiente de 0 a 36.48 m/s el valor de la velocidad en el modelamiento bidimensional con IBER aula V.3.2 correspondiente a la resultante en la dos direcciones en la dirección Vx y en la direccion Vy donde la velocidad V es la resultantes de estos componentes.

4.1.2 Resultados Hidráulicos con HEC RAS bidimensional

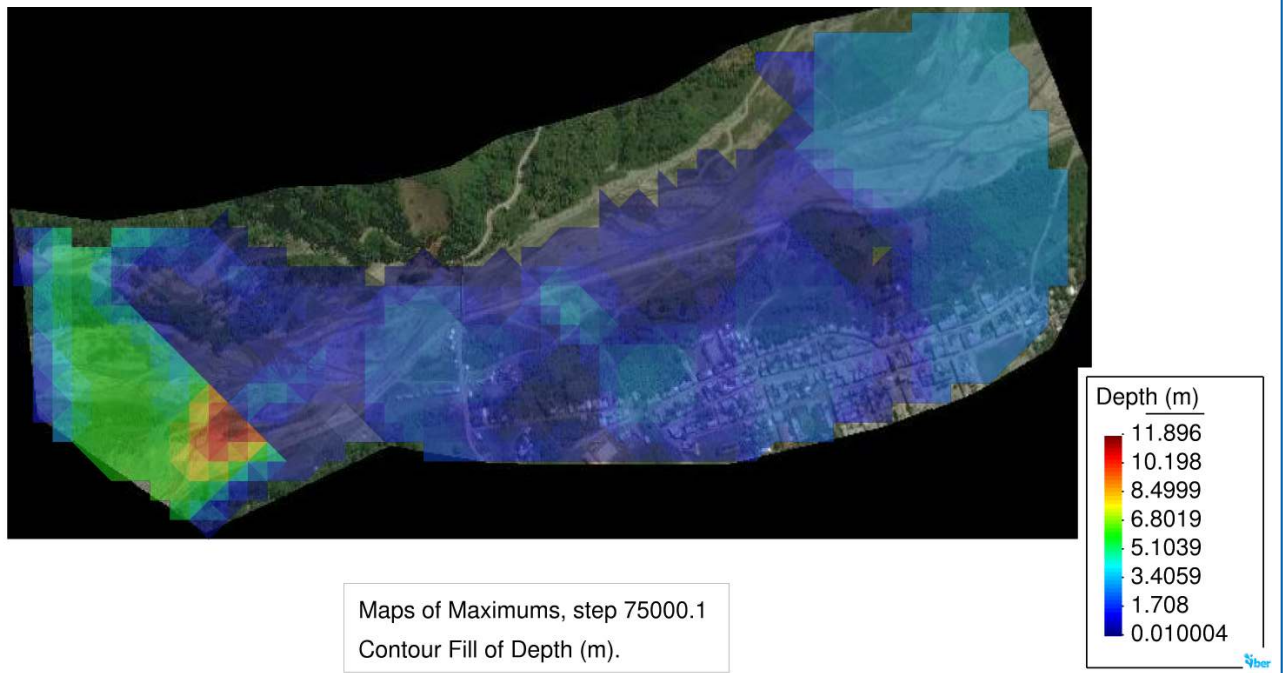
- El análisis de la inundación se realiza entre los tramos 0+420 a 0+720 metros del tramo de interés donde existe un muro de contención antiguo
- Los resultados de los caudales, cota del río, cota de lámina de agua, cotas del caudal crítico, cota de la linea de energia, calados, velocidades , área mojada y el número de Froude se pueden observar al detalle en la Tabla N°23.
- Como se observa en la Tabla N°23 el calado analizado se realiza entre las progresivas 0+420 al 0+720 el cual está directamente relacionado con nuestra tramo de interés para el análisis de inundación donde podemos observar los calados de estas secciones que varían desde un valor mínimo de 1.28 m a un valor máximo de 8.12m con un calado promedio para todo el tramo de 3.66 m el cual es recomendable el diseño de protección ribereña para un diferencia de cotas de 4m incluidos el borde libre y zapatas grandes para evitar la socavación del río.
- El ancho de lámina de agua para el tramo e interés es de 134m promedio de ancho donde la secciones del río son variados en cada progresiva como se puede observar en la Tabla N°23 los detalles de las secciones transversales del río.

Figura 78

Resultados obtenidos con el programa IBER aula V.3.2



(a) Profundidad del calado en (m)

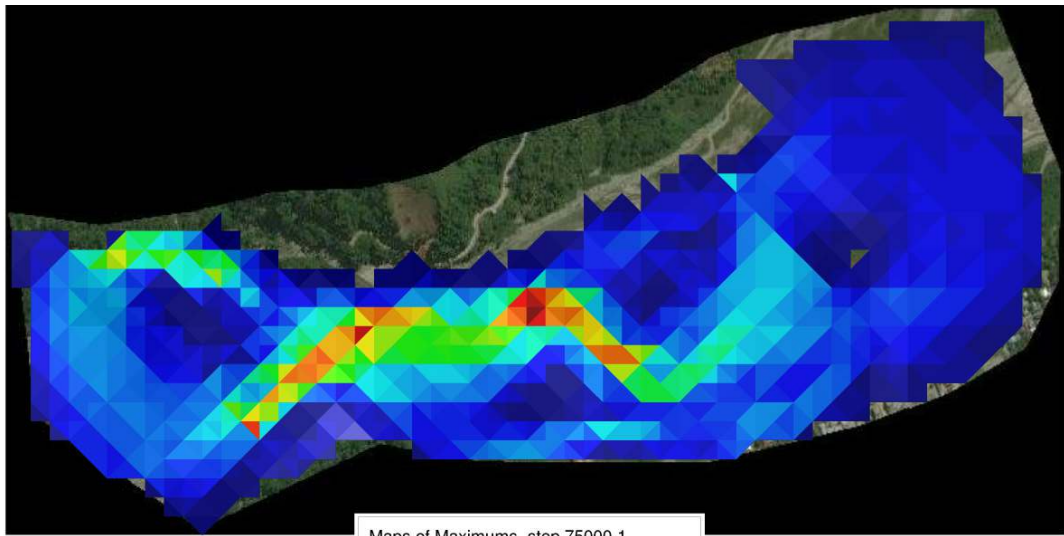


(b) Transparencia de la Profundidad del calado en (m)

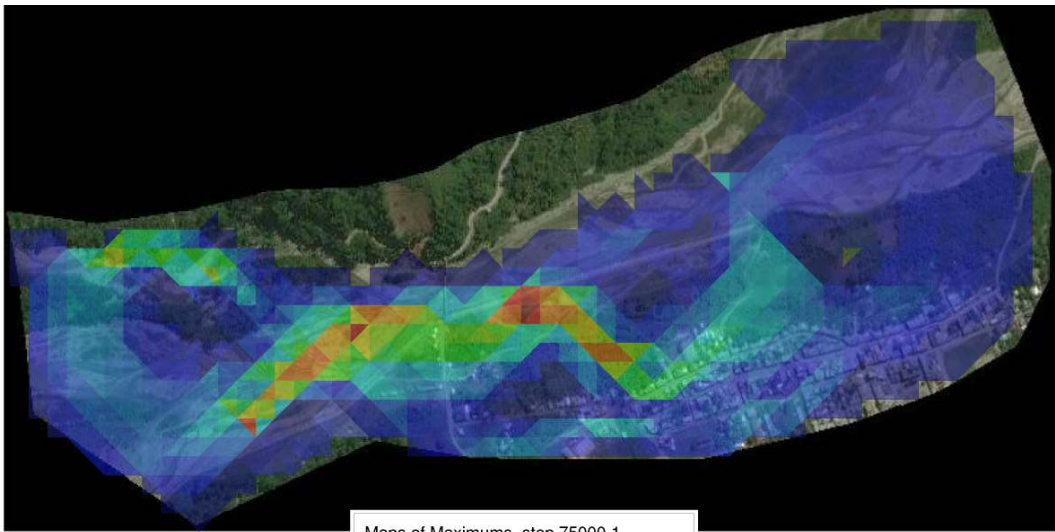
Fuente: fuente a.

Figura 79

Resultados obtenidos con el programa IBER aula V.3.2



(a) Descarga específica (m2/s)

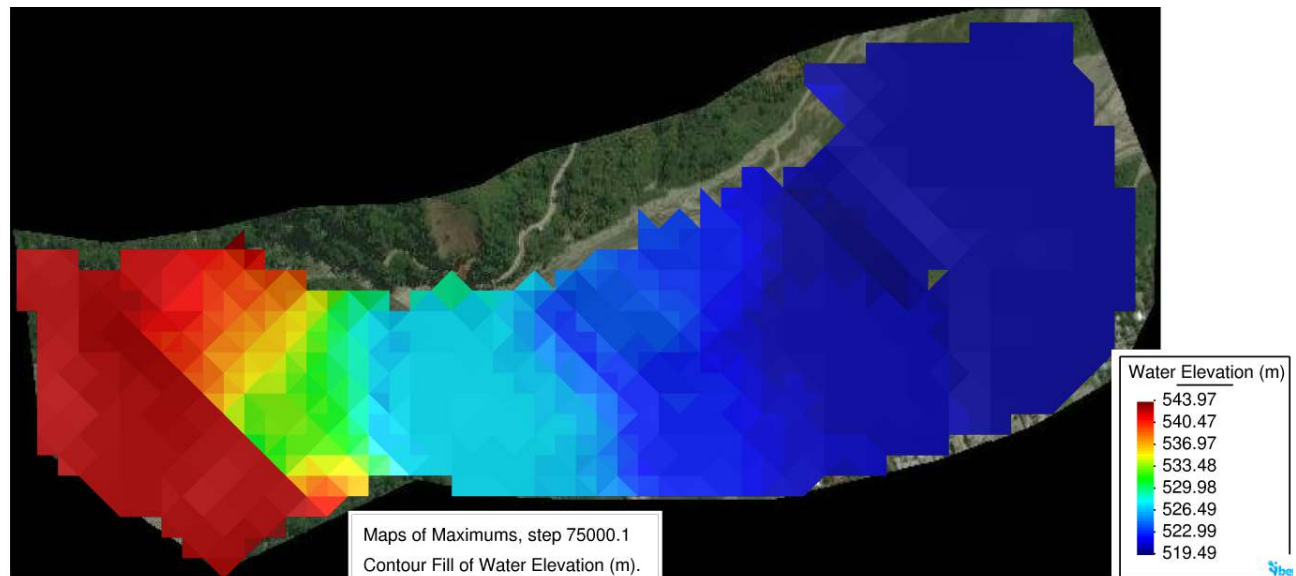


(b) Transparencia de la descarga específica (m2/s)

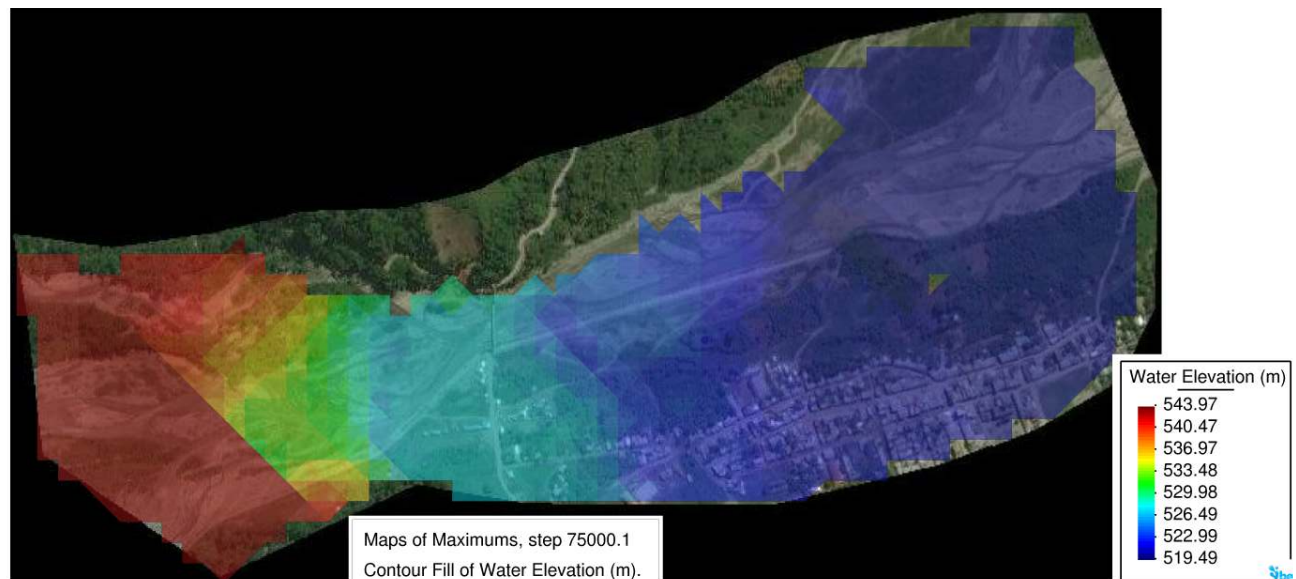
Fuente: fuente a.

Figura 80

Resultados obtenidos con el programa IBER aula V.3.2



(a) Elevación de altura de agua (m)

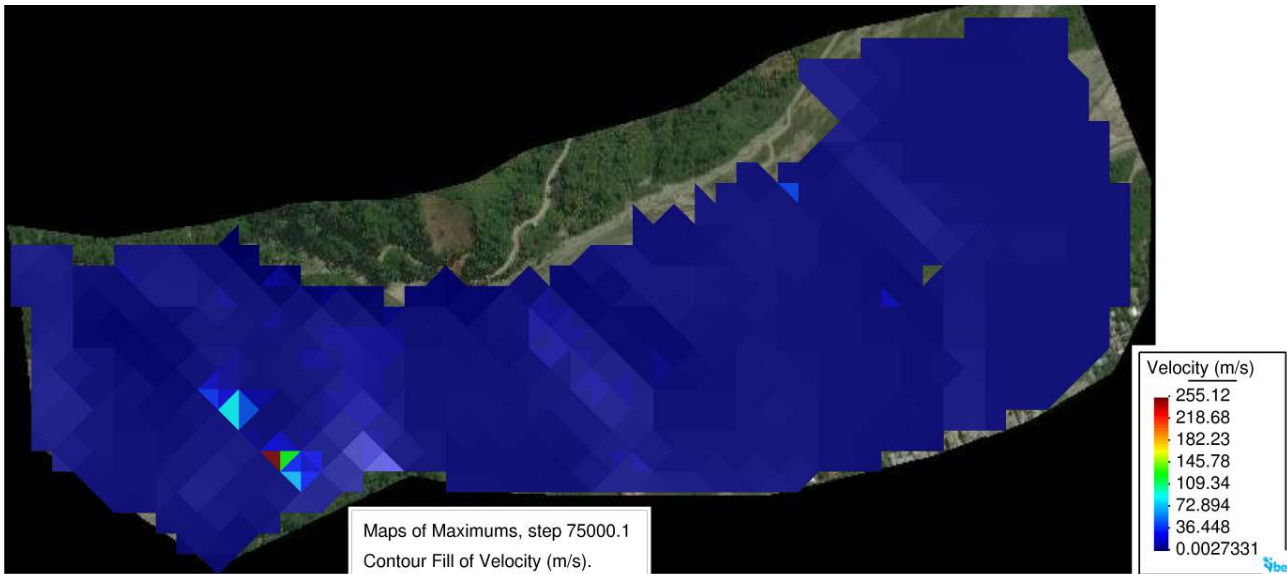


(b) Imagen con transparencia en la Elevación de altura de agua (m)

Fuente: fuente a.

Figura 81

Resultados obtenidos con el programa IBER aula V.3.2



(a) Velocidad (m/s)



(b) Transparencia de Velocidad (m/s)

Fuente: fuente a.

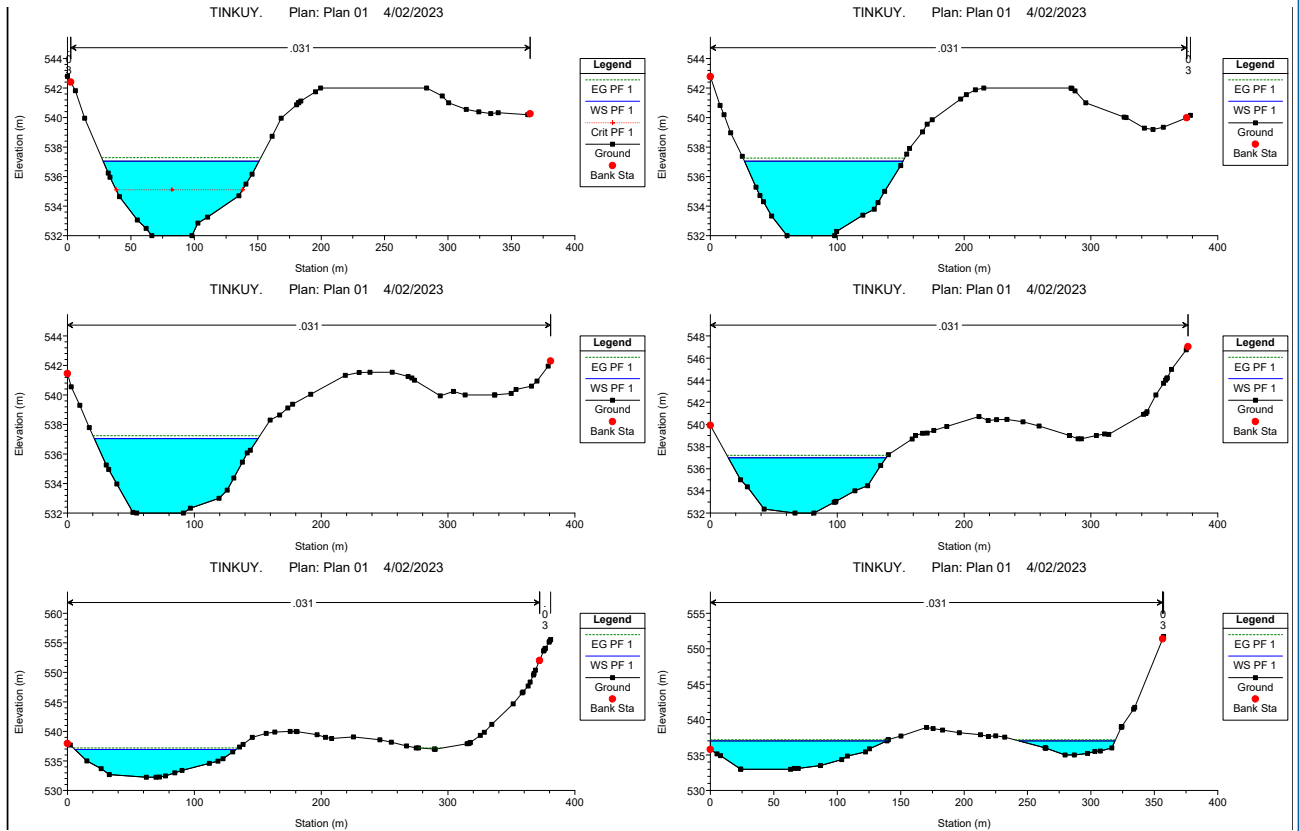
Tabla 25: Resultados del modelamiento con Hec-Ras.V.6.3.1 para todas las secciones del río Tinkuy

Río	Estación del río	Perfil	caudal total	cota del río	cota de lamina de agua	Calado	cota del caudal crítico	cota de la línea de energía	Pendiente	Velocidad del río	Área mojada	Ancho de lamina de agua	N° de Froude
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
Tinkuy	840	PF 1	906.9	532	537.05	5.05	535.11	537.28	0.000883	2.16	418.93	122.8	0.37
Tinkuy	820	PF 1	906.9	532	537.05	5.05		537.26	0.000722	2.02	448.17	124.98	0.34
Tinkuy	800	PF 1	906.9	532	537.05	5.05		537.24	0.000637	1.92	471.53	129.14	0.32
Tinkuy	780	PF 1	906.9	532	537	5		537.22	0.000776	2.07	438.02	124.5	0.35
Tinkuy	760	PF 1	906.9	532.25	536.95	4.7		537.2	0.000992	2.21	410.12	127.13	0.39
Tinkuy	740	PF 1	906.9	533	536.99	3.99		537.16	0.001019	1.8	502.52	214.76	0.38
Tinkuy	720	PF 1	906.9	533.97	536.91	2.93		537.12	0.002175	2.06	440.15	273.25	0.52
Tinkuy	700	PF 1	906.9	534.77	536.75	1.98		537.06	0.004401	2.45	370.98	303.43	0.71
Tinkuy	680	PF 1	906.9	533.9	536.31	2.41	536.31	536.9	0.00914	3.4	266.8	230.15	1.01
Tinkuy	660	PF 1	906.9	533.18	535.34	2.16	535.75	536.59	0.017312	4.96	182.73	144.3	1.41
Tinkuy	640	PF 1	906.9	532.89	534.18	1.28	534.73	536.01	0.043748	6	151.25	179.69	2.09
Tinkuy	620	PF 1	906.9	531.53	533.36	1.83	533.88	535.1	0.044532	5.84	155.42	195	2.09
Tinkuy	600	PF 1	906.9	530.7	532.94	2.24	533.41	534.46	0.020437	5.46	166.17	127.36	1.53
Tinkuy	580	PF 1	906.9	529.72	531.77	2.05	532.49	533.95	0.023659	6.56	139.1	91.4	1.7
Tinkuy	560	PF 1	906.9	527.78	529.9	2.12	530.9	533.25	0.036763	8.1	111.92	73.19	2.09
Tinkuy	540	PF 1	906.9	524.78	532.36	7.57	528.93	532.55	0.000552	1.96	461.62	104.22	0.3
Tinkuy	520	PF 1	906.9	524.24	532.36	8.12		532.54	0.000395	1.87	492.83	96.67	0.27
Tinkuy	500	PF 1	906.9	525.25	532.24	7.07		532.52	0.000689	2.35	394.51	83.62	0.35
Tinkuy	480	PF 1	906.9	526.1	531.98	5.87		532.48	0.001622	3.12	290.94	72.01	0.5
Tinkuy	460	PF 1	906.9	527.06	530.89	3.88	530.89	532.32	0.007046	5.35	172.31	60.93	1.02
Tinkuy	440	PF 1	906.9	526.31	529.86	3.56	530.45	532.06	0.013147	6.58	139.17	58.25	1.36
Tinkuy	420	PF 1	906.9	525.15	528.73	3.58	529.62	531.65	0.021795	7.64	120.3	59.06	1.71
Tinkuy	400	PF 1	906.9	524.88	530.95	6.07	528.42	531.24	0.000767	2.39	385.04	87.63	0.36
Tinkuy	380	PF 1	906.9	524.24	530.98	6.75		531.2	0.000584	2.08	435.88	93.98	0.31
Tinkuy	360	PF 1	906.9	524.65	531.02	6.37		531.17	0.000357	1.73	528.05	109.7	0.25
Tinkuy	340	PF 1	906.9	523.93	531.04	7.11		531.16	0.000259	1.52	599.3	119.15	0.22
Tinkuy	320	PF 1	906.9	523.08	531.04	7.96		531.15	0.000244	1.47	621.02	123.78	0.21
Tinkuy	300	PF 1	906.9	524.92	530.93	6.01		531.13	0.000677	1.98	461.49	126.76	0.33
Tinkuy	280	PF 1	906.9	527.89	530.21	2.32	530.21	531.04	0.008061	4.03	225	136.31	1
Tinkuy	260	PF 1	906.9	527.49	529.51	2.02	529.82	530.77	0.017188	4.97	182.39	141.48	1.4
Tinkuy	240	PF 1	906.9	526.89	528.68	1.79	529.17	530.32	0.025363	5.66	160.34	138.05	1.68
Tinkuy	220	PF 1	906.9	525.92	527.79	1.87	528.4	529.74	0.028849	6.19	146.5	121.66	1.8
Tinkuy	200	PF 1	906.9	524.15	526.05	1.9	526.91	528.94	0.044602	7.53	120.46	103.59	2.23
Tinkuy	180	PF 1	906.9	522.64	527.62	4.98	525.56	527.78	0.000672	1.78	509.02	160.69	0.32
Tinkuy	160	PF 1	906.9	521.81	527.64	5.83		527.76	0.000356	1.49	607.64	154.18	0.24
Tinkuy	140	PF 1	906.9	521	527.65	6.65		527.74	0.000266	1.39	654.69	152.58	0.21
Tinkuy	120	PF 1	906.9	521	527.62	6.62		527.74	0.000357	1.5	606.2	151.71	0.24
Tinkuy	100	PF 1	906.9	521.39	527.58	6.2		527.72	0.0006	1.71	535.47	165.75	0.31
Tinkuy	80	PF 1	906.9	522.68	527.37	4.71		527.69	0.002254	2.48	367.55	179.02	0.55
Tinkuy	60	PF 1	906.9	524	526.83	2.83	526.83	527.57	0.008136	3.83	239.91	162.37	0.99
Tinkuy	40	PF 1	906.9	523.04	525.73	2.69	526.18	527.26	0.01796	5.51	166.74	117.87	1.47
Tinkuy	20	PF 1	906.9	522.14	525.12	2.97	525.67	526.85	0.020115	5.88	155.9	109.91	1.55

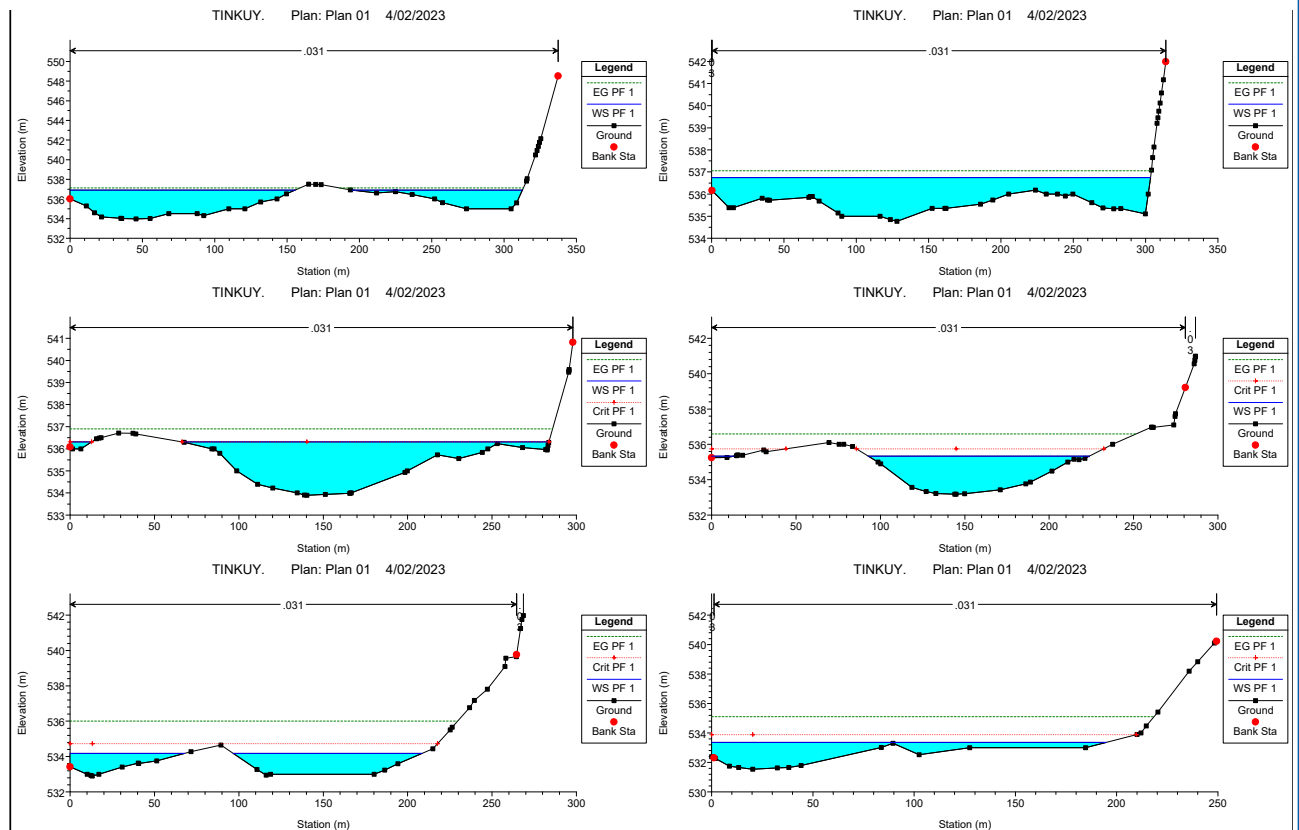
Fuente: Elaboración Propia con HEC-RAS, TEXMAKER and Win edit

Figura 82

Espejos de agua y secciones transversales de los tramos del río Tinkuy de la progresiva 0+840 a la progresiva 0+620



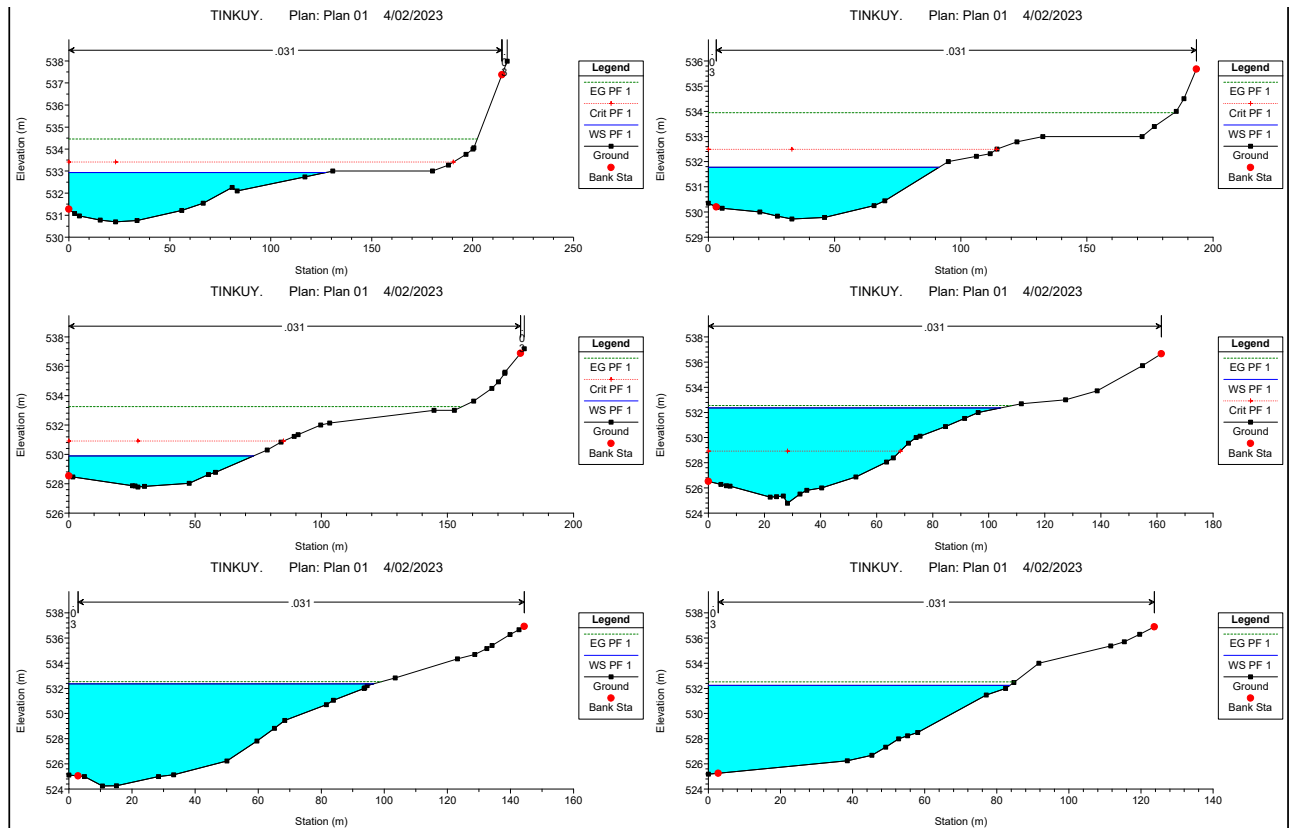
(a) Secciones transversales del río Tinkuy



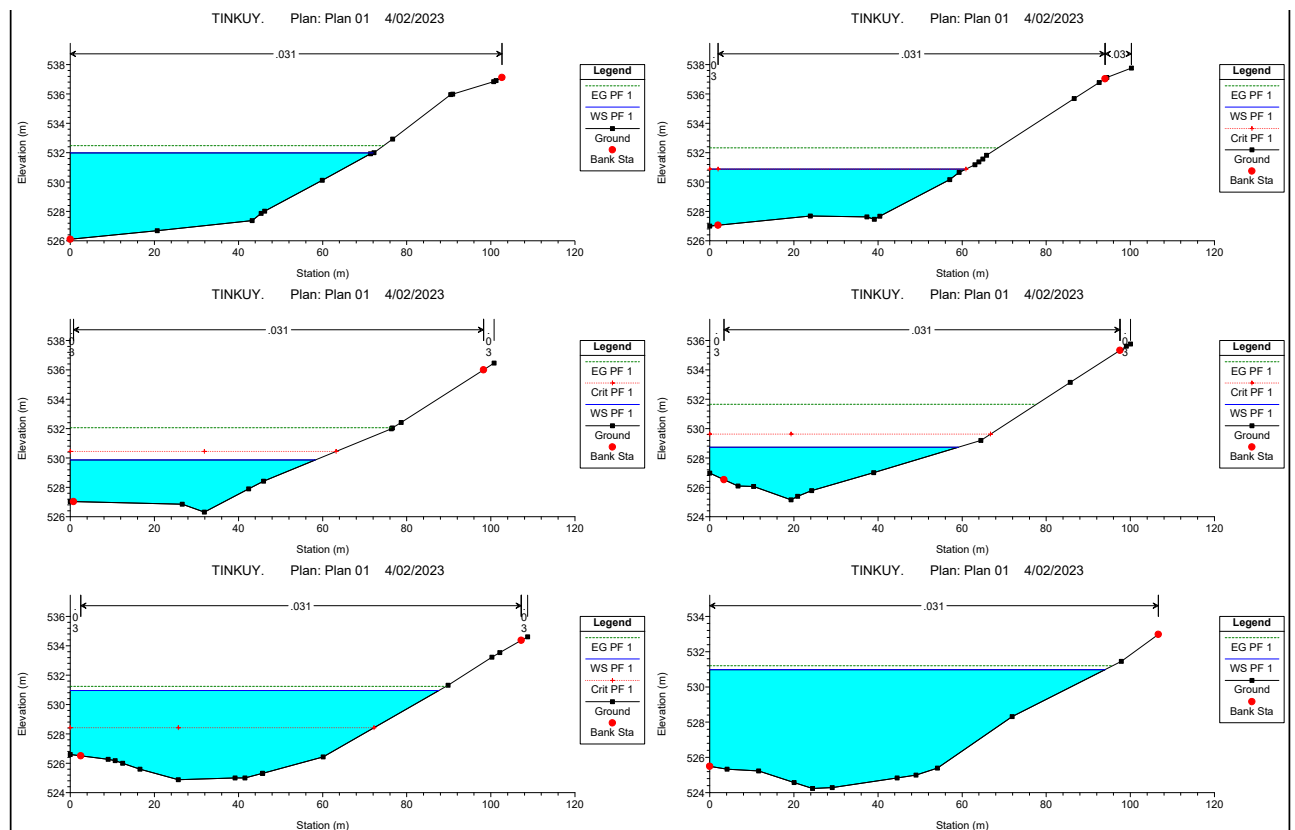
(b) Secciones transversales del río Tinkuy

Figura 83

Espejos de agua y secciones transversales de los tramos del río Tinkuy de la progresiva 0+600 a la progresiva 0+380



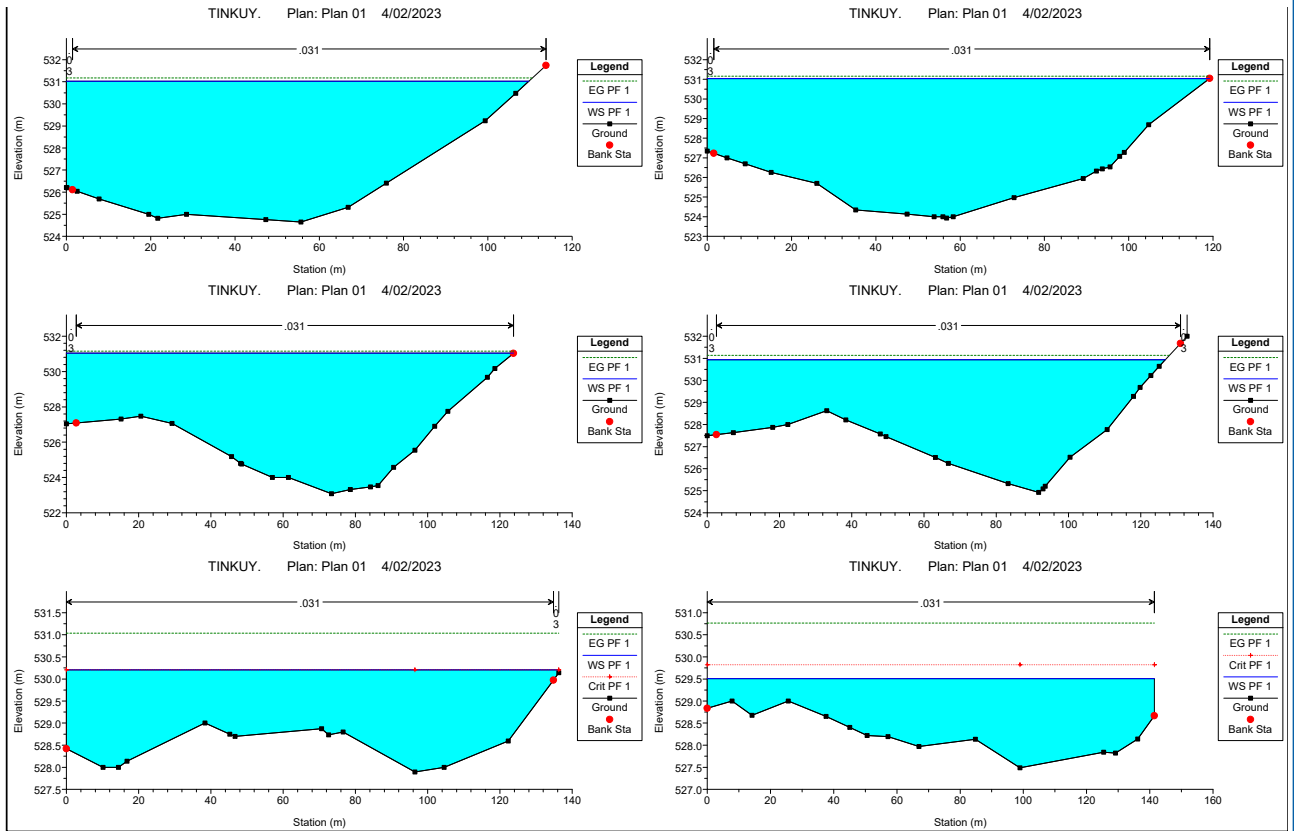
(a) Secciones transversales del río Tinkuy



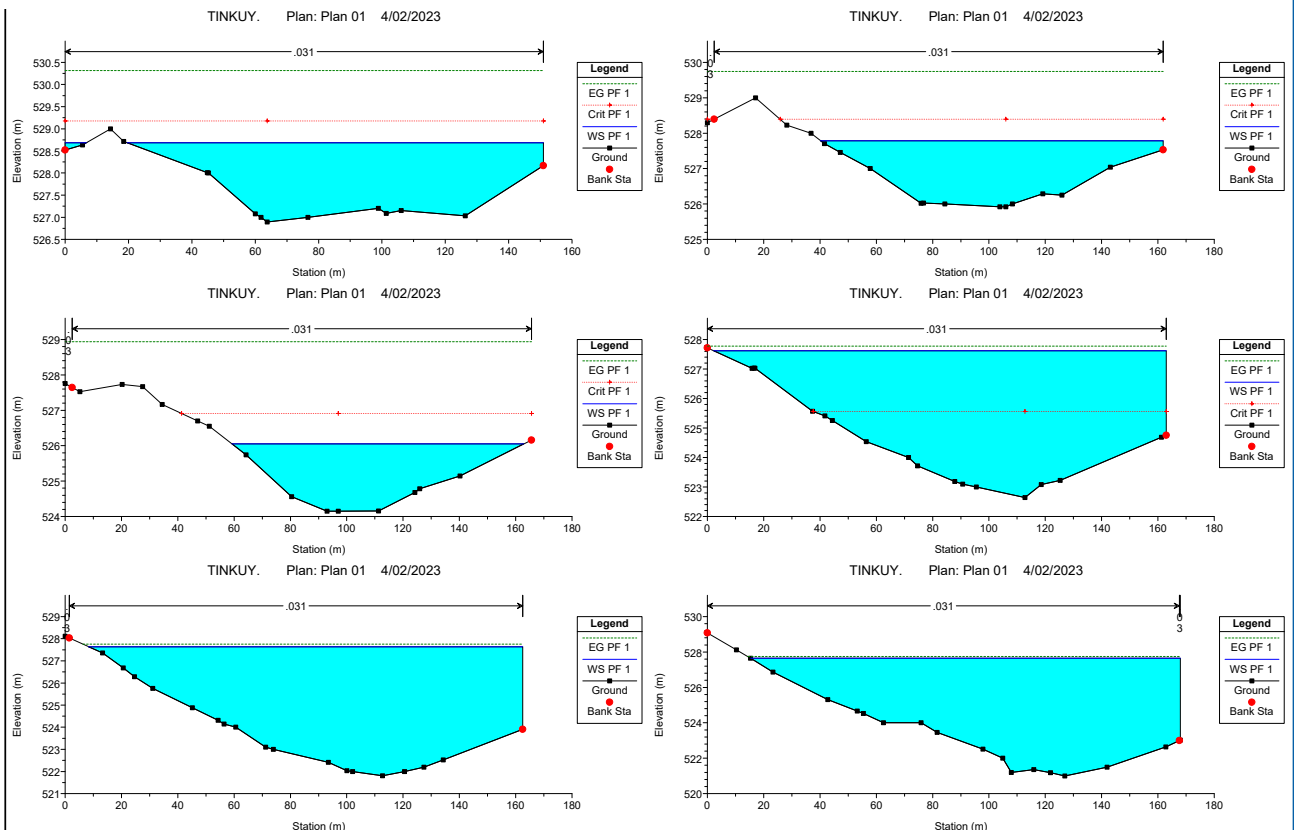
(b) Secciones transversales del río Tinkuy

Figura 84

Espejos de agua y secciones transversales de los tramos del río Tinkuy de la progresiva 0+360 a la progresiva 0+140



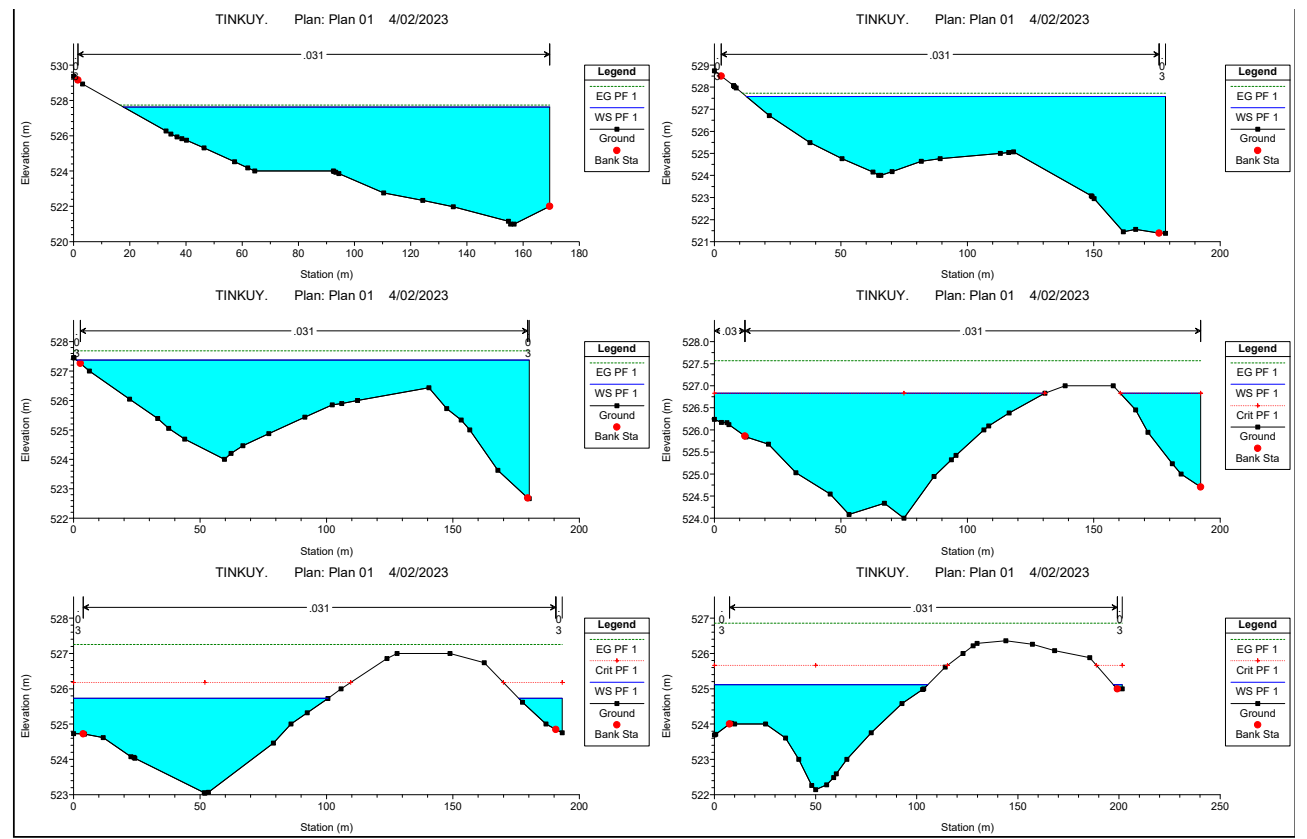
(a) Secciones transversales del río Tinkuy



(b) Secciones transversales del río Tinkuy

Figura 85

Espejos de agua y secciones transversales de los tramos del río Tinkuy de la progresiva 0+120 a la progresiva 0+20



Fuente: Elaboración Propia con HEC-HMS

4.1.3 Propuesta de diseño a nivel conceptual de posibles soluciones

Estudio Hidrológico, hidráulico para diseño de Gavión

De acuerdo al estudio hidrológico hidráulico e hidráulica fluvial se obtiene las dimensiones de la estructura de protección.

Altura de diseño $H_{m\acute{a}x}$ Para la dimensión de la altura de la obra de protección se tomo en cuenta criterios de bordo libre: Terán R. (1998, p. 35), La altura será igual al tirante máximo, incorporando un bordo libre.

Tabla 26: Coeficiente ϕ , en función de máxima descarga

Caudal Máximo m ³ /s	ϕ
3000 - 4000	2
2000 - 3000	1.7
1000 - 2000	1.4
500 - 1000	1.2
100 - 500	1.1

Fuente: Terán R. (1998, p. 35), Defensas ribereñas

Para diseño de obras de Protección o defensas riverseñas se recomienda lo siguiente:

$$B_L = \phi \left(\frac{V^2}{2g} \right) \quad (4.1)$$

Donde :

B_L : Borde libre

V : Velocidad en m/s

G : Aceleración de la gravedad

Longitud del Colchón Antisocavante Determinada la profundidad de socavación, ésta indica hasta donde excavaría el río, profundidad hasta la cual deberán llegar las cimentaciones de las estructuras, para determinar la longitud del colchón antisocavante es necesario conocer la socavación, esta longitud se calcula con la siguiente fórmula:

$$L_{\text{colchon}} = 1.5 - 2(\text{socavacion}) \quad (4.2)$$

Cálculo de espesor del colchón Según tablas está en función de la Velocidad Límite:

Tabla 27: Cálculo de espesor de colchón

PIEDRA DE RELLENO						
Tipo	Espesor(m)	Dimensión(mm)	d50	Vel. Crítica(m/s)	Vel. Límite (m/s)	
Colchón de relleno	0.15 - 0.17	70 - 100	0.085	3.5	4.2	
		70 - 150	0.11	4.2	4.5	
	0.23 - 0.25	70 - 100	0.085	3.6	5.5	
		70 - 150	0.125	4.5	6.1	
		0.3	70 - 120	0.1	4.2	5.5
			100 - 150	0.125	5	6.4
Gavión	0.5	100 - 200	0.15	5.8	7.6	
		120 - 250	0.19	6.4	8	

Fuente: Elaboración Propia

Como se tienen velocidades mayores a 5 m/s se tomará en cuenta un espesor de 0.5 metros del espesor del conchón antisocavante.

De lo explicado anteriormente y tomando resultados del estudio de hidrología, hidráulica e hidráulica Fluvial se tiene lo siguiente:

Figura 86

Altura de Muro y socavacion del Gavion

TRAMO	ALTURA + BORDE LIBRE	SOCAVACION	ALTURA TOTAL	L COLCHÓN
PROGRESIVA KM 0+000 - 0+900	5	3	8	6

Fuente: Elaboración propia

Figura 87

Criterios para la selección del tipo de defensa ribereña

TIPO DE DEFENSA RIBEREÑA	TOPOGRAFIA DEL SITIO DE LA OBRA DE PROTECCIÓN	CARACTERÍSTICAS DE LA FUNDACIÓN	MATERIALES DISPONIBLES	PROCESO CONSTRUCTIVO	OTRAS CARACTERÍSTICAS
GAVIÓN	No limitante, ya que no hay dificultad de movimiento de maquinaria pesada	Se adaptan a cualquier tipo de fundación, si no son aconsejables tampoco lo es ningún otro tipo. Se adaptan bien a los sismos.	Cantidades adecuadas de materiales de enrocado para que funciones como relleno del Gavión.	* Estructura flexible. *No requiere gran profundidad de excavación. *No se necesitan equipos especiales. *Fácil de ejecutar	* Bajo impacto ambiental. *Mano de obra no especializada. *Se generan muchos puestos de trabajo.
ENROCADO	Hay dificultad de movimiento de maquinaria pesada	Requiere de fundaciones con mayor capacidad de soporte que el de gavión, pero puede ser permeable.	No hay cantera de enrocado de diámetro medios de 0.8 - 1.0 m	* Excavación con presencia de agua, se necesita equipo de bombeo. *Gran profundidad de excavación. *Costos elevados *Difícil de ejecutar.	* Alto impacto ambiental. *Mano de obra especializada. *Equipo y maquinaria pesada. *No se generan muchos puestos de trabajo.
CONCRETO	Hay dificultad de movimiento de maquinaria pesada	Requiere de fundaciones con mayor capacidad de soporte que el de enrocado y gavión, por ser estructura rígido no es recomendable ante el peligro de socavación, la socavación es la causante de rotura de concreto.	Prácticamente no son limitantes salvo en sitios dónde no se encuentren cercanos agregados para el concreto.	* Excavación con presencia de agua, se necesita equipo de bombeo. *Gran profundidad de excavación. *Se utiliza cemento especial. *Difícil de ejecutar. *Costos elevados.	* Estructura Rígida. *Alto impacto ambiental. *Mano de obra especializada. *Equipo y maquinaria.

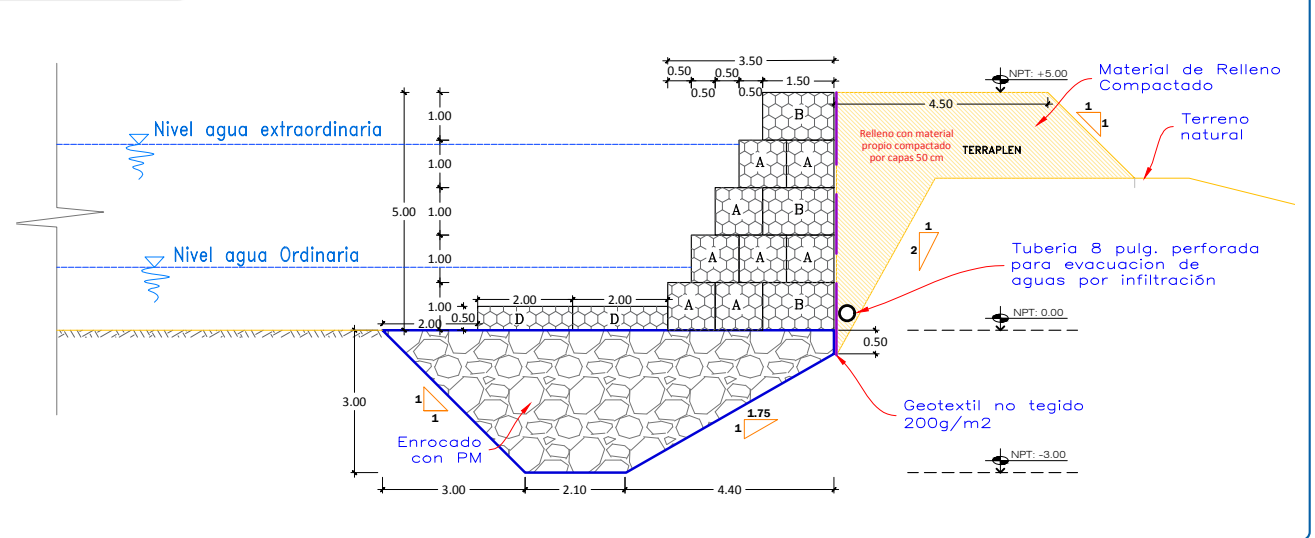
Fuente: Elaboración propia

Elección de la defensa ribereña

Propuesta de gavión Gavión tipo I, cuyos parámetros de diseño son los siguientes:

Figura 88

Propuesta de gavión



Fuente: Elaboración propia

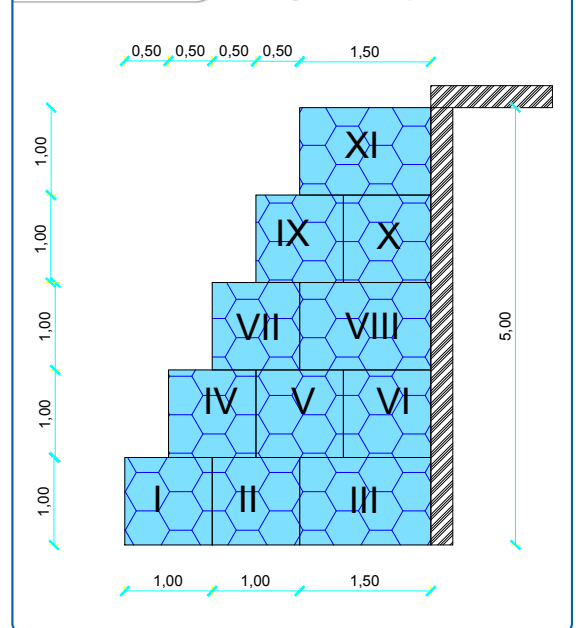
Predimensionamiento A continuación se observa el predimensionamiento del gavión propuesto:

Datos para el diseño:

- Peso del terreno: $\gamma_s = 1.48 \frac{tn}{m^2}$
- Peso de la piedra: $\gamma_r = 1.86 \frac{tn}{m^2}$
- Ángulo de fricción: $\phi = 29.70^\circ$
- Ángulo que forma el relleno: $\sigma_s = 0.98 \frac{kg}{cm^2}$
- Capacidad portante: $\sigma_S = 0.98 \frac{kg}{cm^2}$
- Altura de cada bloque: $h_B = 1.0$ m
- Ancho de cada bloque: $b_B = 1.50$ m
- Altura de total del muro: $H_T = 5.0$ m
- Predimensionamiento de la base: $B = \frac{1}{2} (1 + H_T)$
- Dimensión de la base: $A_B = 3.0$ m
- Adoptamos una base de: $B = 3.50$ m

Figura 89

Propuesta de gavión



Fuente: Elaboración propia

CALCULO DE EMPUJE ACTIVO

EMPUJE ACTIVO :

Coefficiente de empuje activo :

$$K_a = \cos\beta \left(\frac{\cos\beta - \sqrt{\cos\beta^2 - \cos\phi^2}}{\cos\beta + \sqrt{\cos\beta^2 - \cos\phi^2}} \right)$$

$$K_a = 0.34$$

Calculo de empuje activo :

$$E_A = \frac{1}{2} K_a \gamma_s H_T^2$$

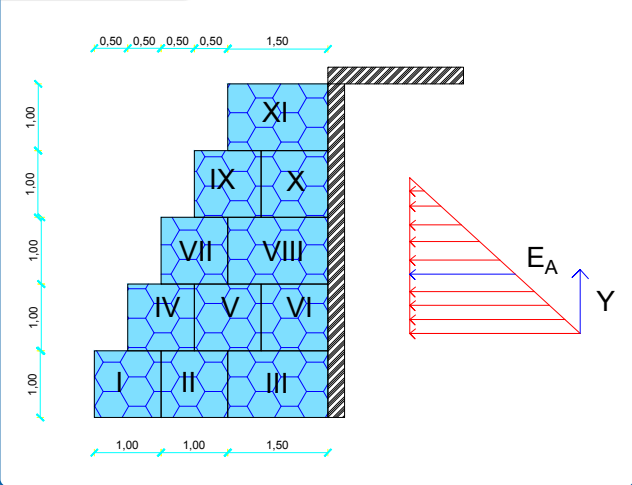
$$E_A = 6.24 \text{ tn}$$

Altura de aplicacion del empuje activo :

$$y = \frac{H_T}{3} = 1.67\text{m}$$

Figura 90

Predimensionamiento de gavión



Fuente: Elaboración propia

Análisis de estabilidad Cálculo de peso total y momento resistente

Figura 91 Cálculo de peso total y momento resistente

CALCULO DE PESO TOTAL Y MOMENTO RESISTENTE

FIG.	TIPO	AREA	PESO UNITARIO (TN/M3)	PESO PARCIAL	BRAZO X (M)	MOMENTO (TN-M)
I	Gavión	1.00	1.86	1.86	0.50	0.9300
II	Gavión	1.00	1.86	1.86	1.50	2.7900
III	Gavión	1.50	1.86	2.79	2.75	7.6725
IV	Gavión	1.00	1.86	1.86	1.00	1.8600
V	Gavión	1.00	1.86	1.86	2.00	3.7200
VI	Gavión	1.00	1.86	1.86	3.00	5.5800
VII	Gavión	1.00	1.86	1.86	1.50	2.7900
VIII	Gavión	1.50	1.86	2.79	2.75	7.6725
IX	Gavión	1.00	1.86	1.86	2.00	3.7200
X	Gavión	1.00	1.86	1.86	2.50	4.6500
XI	Gavión	1.50	1.86	2.79	2.75	7.6725
			Σ =	23.25	Σ =	49.0580
				P = 23.25 TN		M = 49.1 TN-M

Fuente: Elaboración propia

Cálculos de las fuerzas actuantes en el muro de contención Tenemos los momentos producidos por

las fuerzas actuantes en la estructura:

Momento producido por elempujeactivo :

$$M_A = E_A Y$$

$$M_A = 6.242\text{tn} * 1.67\text{m}$$

$$M_A = 10.403 \text{ tn - m}$$

Verificación por deslizamiento

$$\text{FSD}=1.5 \quad \frac{f \cdot P}{E_A} \geq \text{FSD}$$

Donde : $f = \text{tg} \varphi \leq 0.60$ $f = 0.450$

$$\text{FSD} = 1.68 > 1.50 \text{} \textbf{Conforme}$$

Verificación por volteo FSD=2 Verifi-

cando por volteo:

$$\frac{M_T}{M_A} \geq \text{FSV} \quad \text{FSV} = 4.72 > 2 \text{} \textbf{Conforme}$$

Verificación de presiones sobre el te-

rreno Punto de aplicación de la fuerza resul-

tante.

$X_0 = \frac{M_T - M_A}{P} = 1.66 \text{ m}$ Excentricidad de la fuerza resultante:

$$e = \frac{B}{2} - X_0$$

$$e = 0.0874 \text{ m}$$

Veri-

Se debe cumplir que : $e < \frac{B}{6} = 0.58 \text{ m}$
 ficamos las presiones de contacto entre el suelo

y el muro:

$$\sigma = \frac{P}{B} \left[1 \pm \frac{6e}{B} \right]$$

$$\sigma_1 = 0.76 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_s = 0.98 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_1 = 0.56 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_s = 0.98 \text{ kg/cm}^2$$

Conforme

“Debo reconocer que un hombre que concluye que un argumento no tiene realidad, porque se le ha escapado a su investigación, es culpable de imperdonable arrogancia.”

— David Hume

5 Conclusiones

5.1 Conclusiones

Con el estudio Hidrológico realizado por el programa HEC-HMS y el estudio hidráulico realizado con los programas de Iber Aula V.3.2 y el programa HEC-RAS V.6.3.1 Se logró los siguientes objetivos planteados para deliberar los problemas e hipótesis de la siguiente manera:

1. El estudio Hidrológico realizado por el programa HEC-HMS en la cuenca Tinkuy podemos determinar que es importante para la obtención de los caudales de diseño o caudales máximos para el modelamiento del río pero el ingreso de los insumos al HEC-HMS es muy importante y el método utilizado para el estudio hidrológico en la cuenca es el de número de curvas para la abstracción inicial y para generación de la precipitación efectiva la cuales son generados de la precipitación total y éstas a su vez son obtenidas de PISCO-SENAMHI de los registros históricos de precipitación máxima anuales procesados y obtenidos en la Tabla N°18 los cuales son de vital importancia para la obtención del caudal de diseño en esta investigación se llevo a obtener un caudal de aproximadamente 2414.4 m³/s para el río Tinkuy y 544.7 m³/s para el río Sabogato un tiempo de retorno de TR=100 años pudiendose tomar TR=500 años pero se estaria sobredimensionando la estructura además la probabilidad de ocurrencia de máximas avenidas extraordinarias para este tiempo es casi nula y la vida útil de las estructura hidráulica de protección fluvial es de TR=100 años por lo que para esta investigación se obtuvo diseñar la altura de los muros de protección de hasta 4 metros según los tirantes encontrados en nuestro tramo de interés entre las progresivas 0+420 a 0+720 metros como se observa en la Tabla N°23 donde el promedio de los tirantes son de 3 m aproximadamente considerando el borde libre y la socavación se determina realizar un muro de 4 metros, además el número de curvas obtenidos para el estudio hidrológico promedio es CN=80 donde para determinar este valor se tuvo que realizar la mapa de número de curvas utilizando el program HEC-geo-HMS para las subcuencas del río Tinkuy y del río Sabogato determinando el número de curvas igual a CN=80 para cada uno de las subcuencas obteniendo como producto final un ráster con información de número de curvas el cual se tuvo que convertir a un formato shapefile para la determinación de las áreas de cada polígono para que finalmente se pudo obtener el promedio entre los valores mínimos y máximos todo ello utilizando el programa Arcguis y el complemento HEC-geo-HMS para la determinación de este valor; También se pudo determinar los valores de manning con la realización de la mapas de rugosidad de manning utilizando tipos y uso de suelos de la zona de interés de la cuenca de Tinkuy donde el programa de Iber Aula V.3.2 nos pide ingresar este tipo de mapas para la determinación de los valores de manning donde se observa en la Figura N°65 los cuales fueron creadas utilizando un formato DEM y mapa de usos y tipos de suelos de zona de interés de la cuenca.
2. La determinación del análisis geomorfológico influye con los uso y tipos de suelos de la Figura N°97 y la Figura N°98 con la mapa de condiciones de humedad en la Figura N°29a con las mapas de Número de curvas Figura N°29d y figura N°65 donde todas esta mapas nos indican la geomorfología del lugar además de las mapa de manning para el ingreso de la rugosidad a la zona de interés del análisis de nuestro tramo.
3. Las variables de ingreso para el modelamiento hidrológico, hidráulico son de vital importancia ahí tenemos la precipitación, los usos de suelos, los tipos de suelos, condiciones de humedad, número de curvas y sobre todo lo mas importante para la determinación del régimen flujo la mapa de rugosidad del coeficiente de manning es

determinístico para el tipo de régimen de flujo como se aprecia la Figura N°65 se observa en la zona de interés el coeficiente de manning para cada tipo suelo los cuales son ingresados al IBER y como se observa en la Tabla de resultados N°25 podemos observar el número de froude para cada sección donde podemos decir que el modelamiento es de un tipo de régimen mixto para la zona de nuestro interés entre las progradas 0+420 a 0+720.

4. Como se observa en el modelamiento Hidráulico del río con Iber Aula V.3.2 se puede observar que la inundación a la zona de cuchipampa en la cuenca de Tinkuy LLochegua para un tiempo de retorno de TR=100 años es inevitable pero como se observa la imagen de la Figura N°78 al 81 pero la inundación es moderada por lo que se puede apreciar valores moderadamente bajos para cuchipampa los valores mas sobresalientes se encuentran en el río mismo por lo que se plantea la realización de una defensa ribereña de 4 metros de altura muros en banquetas para evitar socavación y respetar el borde libre y prevenir inundaciones para evitar pérdidas económicas, desastres naturales y pérdidas de vidas humanas.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda lo siguiente:

1. Se recomienda la realización de Tipos de suelos y usos de suelos con imágenes satelitales multiespectrales y multitemporales para el análisis de usos de suelos en diferentes periodos de la cuenca para analizar el comportamiento de los usos y tipos de suelos.
2. Se recomienda utilizar datos para precipitaciones de diferentes fuentes como son del PISCO SENAMHI, repositorios de ráster y mapas de información meteorológicas con por ejemplo el servidor NASA-GIOVANNI donde se tienen guardados precipitaciones interpoladas a nivel mundial, la utilización de estaciones de precipitaciones de algunas estaciones relacionadas a la cuenca de interés encontrados en expedientes o estaciones registradas por el SENAMHI y repositorios del ANA sabiendo que en nuestro país no se cuentan con muchos registros de estaciones pluviométricas, hidrométricas y meteorológicas, es necesario analizar muchas fuentes y repositorios a nivel mundial para la obtención de un común denominador de todas las precipitaciones.
3. Deberían conseguirse productos satelitales como ráster, shapefiles, DEM entre otros de mayor precisión como se encuentran en los servidores INPE CBERS-2B del satélite de Brasil donde se tienen productos de hasta 2.6 m de resolución espacial con mayor precisión para la realización de las diferentes mapas.
4. Se recomienda utilizar la mejor distribución estadística con la que mas se ajustan los datos en el caso de la presente investigación se utilizó la distribución de pearson III la que mejor se ajustaba a nuestros datos.
5. Para la construcción de los hietogramas de diseño se recomienda la utilización de muchos métodos para la transformación de precipitación a intensidad y la creación de curvas IDF dependiendo del tamaño de cuenca se pueden utilizar los métodos de Yance tueros, Frederich C. Bell, DICK y PESCHKE, Método ILLA-SENAMHI-UNI, etc.

5.3 Trabajos futuros

Se sugiere realizar investigaciones en :

1. La creación de mapas satelitales de áreas inundables utilizando índices espectrales para la ubicación de zona vulnerables y en peligro de inundación utilizando teledetección satelital.

Referencias Bibliográficas

- Aguilar Aguinaga, D. A. (2016). *Comparación técnica entre el uso de Gaviones y Geoceldas como estructuras de defensa ribereña*. Pontificia Universidad Católica del Perú. https://drive.google.com/file/d/16SSby_xhUic0RLVXd6KdFRDxz9BNUVij/view?usp=sharing. (Vid. págs. 15, 16)
- Álvares, O. J. y Márquez, R. (2020). *Análisis hidráulico e hidrológico de la cuenca del Río Moquegua para el diseño de defensa ribereñas* (Tesis). Universidad Ricardo Palma. https://drive.google.com/file/d/1TjtCXUPSDSbY5IvygT-dM_thSdD0qwF0/view?usp=sharing. (Vid. pág. 7)
- Alvaro Aguilar, L. M. K. y Henriquez Fasanando, L. A. (2014). Diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña del río Chicama tramo puente Punta Moreno–pampas de Jaguey aplicando el programa River. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/683> (vid. págs. 15, 18)
- Alvites Barragán, J. D. y Parco Huaríngá, D. A. (2018). *Propuesta de guía constructiva para la construcción de defensas ribereñas utilizando el sistema de muro enrocado en la planta de CPPQ S.A. en Ñaña*. Universidad de Ciencias Aplicadas (UPC). <https://drive.google.com/file/d/1gtGZ2i3BCaxJo-RUKlorXdBntjnMeT0J/view?usp=sharing>. (Vid. págs. 19, 20)
- ANA. (2021). *Autoridad Nacional del Agua*. (Vid. pág. 24).
- Aparicio Mijares, F. J. (2001). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. (Vid. págs. 10, 12).
- Arreguín Cortéz, F., Rosengaus Moshinsky, M., Acosta Godínez, A., Chávez Guillén, R., López Pérez, M., Hungsberg Engelmann, U., Dávila Capiterucho, A., Mejía Maravilla, E. y Rubio Gutiérrez, H. (2009). Manual para el control de inundaciones. *Magallanes J (com) Comisión Nacional del Agua. México.P*, 338. <https://drive.google.com/file/d/1JU07qudUVO-zJKNxTpcPsovAg6QhOBlu/view?usp=sharing> (vid. pág. 14)
- Borja, M. (2012). *Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros*. (Vid. pág. 22).
- Breña Puyol, A. y Jacobo Villa, M. (2006). *Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial*. Universidad Autónoma Metropolitana. <https://drive.google.com/file/d/16dRjkoSRedZxSxmQakUnk4ncL7CZfYld/view?usp=sharing>. (Vid. págs. 9, 20)
- Brunner, G. (2016). *HEC-RAS, River analysis system hydraulic reference manual* (5.ª ed.). US ARMY CORPS OF ENGINEERS HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER (HEC). (Vid. pág. 21).

- Cahuana, A. y Yugar, M. W. (2009). *MATERIAL DE APOYO DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA DE HIDROLOGIA CIV-233*. (Vid. págs. 10, 11).
- Cahuana, A. y Yugar, W. (2009). *MATERIAL DE APOYO DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA DE HIDROLOGIA CIV-233*. Universidad Mayor de San Simón de Cochabamba Bolivia. (Vid. págs. 11, 12).
- Campos Aranda, D. (1998). *Procesos del Ciclo Hidrológico* (Vol. 1). Universidad Autónoma de San Luis de Potosí. <https://drive.google.com/file/d/1clkrSDEIf3dV8qSH-S034KCADhSCI9cO/view?usp=sharing>. (Vid. pág. 11)
- Cartaya, S. y Mantuano, R. (2016). Identificación de zonas en riesgo de inundación mediante la simulación hidráulica en un segmento del Río Pescadillo, Manabí, Ecuador. *Revista de investigación*, 40(89), 158-170. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-29142016000300009 (vid. pág. 6)
- Cerener. (2012). *Metodología estudio hidrológico*. https://www.cerener.es/?page_id=392. (Vid. pág. 8)
- Chereque Moran, W. (2000). *Hidrología para estudiantes de ingeniería civil. Segunda edición*, Lima-Perú. <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/28689/hidrologia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. (Vid. págs. 8, 9)
- Galanton, E. y Romero, L. (2007). *Descripción de las defensas ribereñas*. Universidad de Oriente Núcleo de Anzoategui. https://drive.google.com/file/d/1PXIOHIXvpsXZ_nF0SjL1ne23eN3aclg/view?usp=sharing. (Vid. págs. 12, 13, 16-18, 23)
- García Celi, A. D. e Infante Arcaya, F. (2018). Determinación del caudal máximo para el diseño de defensa ribereña del sector Tamarindo, Río Tumbes 2018. <https://drive.google.com/file/d/1984csfZoTpBkXL2Y3UumB19YpnK7F4sH/view?usp=sharing> (vid. págs. 20, 21)
- Hidalgo García, A. E. (2019). *Análisis hidrológico para el control de inundaciones mediante la aplicación de sistemas urbano de drenaje sostenibles, en el cantón Mchala* (Tesis de maestría). Universidad Técnica de Machala. <https://drive.google.com/file/d/1PplGzWsxczd0nDjp2F18HHSaH5FIAFPz/view?usp=sharing>. (Vid. pág. 14)
- INDECI. (2019). *Instituto Nacional de Defensa Civil*. (Vid. pág. 1).
- Lozano, D., Jiménez, J., García, V. y Ortiz, A. (2013). *Manual de Apuntes de la Experiencia Educativa de Hidráulica Básica* (C. Commos, Ed.). Universidad Veracruzana. <https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Hidraulica-Basica.pdf>. (Vid. pág. 20)

- Maccaferri. (2010). *Defensa Ribereña con Gaviones y Geosintéticos* (O. de textos (Brasil), Ed.; 1.ª ed.). <http://www.maccaferri.com/mx/download/brochure-mx-defensa-de-rioso-obrastransversales/?wpdmdl=5626>.. (Vid. págs. 16, 17)
- Mejía, F., Mesa, O., Póveda, G., Vélez, J., Hoyos, C., Mantilla, R., Barco, J. y Cuartas, A. (1999). DISTRIBUCION Y CICLOS ANUAL Y SEMIANUAL DE LA PRECIPITACIÓN EN COLOMBIA. *Dyna*, 127. <https://bit.ly/3I3hBBg> (vid. pág. 21)
- Molina, M. y Seminario, E. (1973). Estudio hidrológico de la cuenca del río Santa. https://drive.google.com/file/d/1E9V0EJ-cLEgl6nV1Tv133OQ1_ZJ0pmEB/view?usp=sharing (vid. pág. 8)
- Monsalve Sáenz, G. (1995). *Hidrología en la ingeniería*. <https://drive.google.com/file/d/1cOdsU7XXfRjd1yjtX8So0BpSl/view?usp=sharing>. (Vid. págs. 9, 20, 21)
- Moreno, A. R. y Fontalvo, J. A. P. (2017). Análisis hidrológico e hidráulico de la cuenca del Río Fríon municipios de Ciénaga y zona Bananera, departamento del Magdalena. *Revista Logos, Ciencia and Tecnologia*, 9(1), 156-178. <https://www.redalyc.org/pdf/5177/517754057016.pdf> (vid. pág. 6)
- MTC. (2021). *Manual de Hidrología, Hidraulica y Drenaje*. <https://drive.google.com/file/d/1e0LBJuGMVDcZmIYm9cVjszFTkFVZwrc-/view?usp=sharing>. (Vid. págs. 8, 14, 23)
- Olivos, V. y Contreras, J. (2019). *Diseño de una defensa ribereña mediante roca al volteo en la margen derecha del rio Pativilca tramo: Km 16 Al Km 20* (Tesis Pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. https://drive.google.com/file/d/1prScbZY_-ZOMz6r2B9D_8hqZLqW2xelw/view?usp=sharing. (Vid. pág. 7)
- Pinos, J. y 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, 11-18. <https://drive.google.com/file/d/1yYiW31loJ9o70e6jEPb5dH4RU67PQz3H/view?usp=sharing> (vid. pág. 6)
- Puelles Masa, J. C. (2015). *Estudio hidráulico e hidrológico de la cuenca alto Perú y el Porvenir en el asentamiento humano las Mercedes de Alto Perú para la construcción futura de obras de arte humano las Mercedes de Alto Perú para la construcción futura de obras de arte* (Tesis). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. <https://drive.google.com/file/d/1HI3K5yGK9kuweYjB8xCRnSk9yPWLvRKm/view>. (Vid. pág. 8)
- Rincón Villalba, M. y Cepeda Ariza, L. (2007). Control de Inundación del río Tunjuelito. *Revista de Topografía Azimut*, 1. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/azimut/article/view/4041/5706> (vid. págs. 6, 13)

Sampieri, R. H., Collado, C. F. y Lucio, P. B. (2014). *Metodología de la Investigación* (M. G.-H. / Interamericana, Ed.; 6.ª ed.). (Vid. pág. 22).

SENAMHI. (2021). *Servicio Nacional de Meteorología e HIDROLOGÍA*. (Vid. pág. 24).

Soto Contreras, J. (2018). Presupuesto para muro en gavión a gravedad para protección de la rivera del río Magdalena en el corregimiento de Puerto Bogotá, municipio de Guaduas, Cundinamarca. <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16402/1/TRABAJO%20DE%20GRADO%20GAVIONES%20final.pdf> (vid. pág. 6)

Terán Adriazola, R. (1998). *Diseño y Construcción de Defensas Ribereñas* (1.ª ed.). (Vid. pág. 19).

Zevallos, M. (2015). *Diseño de la defensa ribereña para el balneario turístico Cocalmayo, ubicado en la margen izquierda del Río Urubamba* (Tesis de maestría). Universidad de Piura. (Vid. pág. 7).

“Debo reconocer que un hombre que concluye que un argumento no tiene realidad, porque se le ha escapado a su investigación, es culpable de imperdonable arrogancia.”

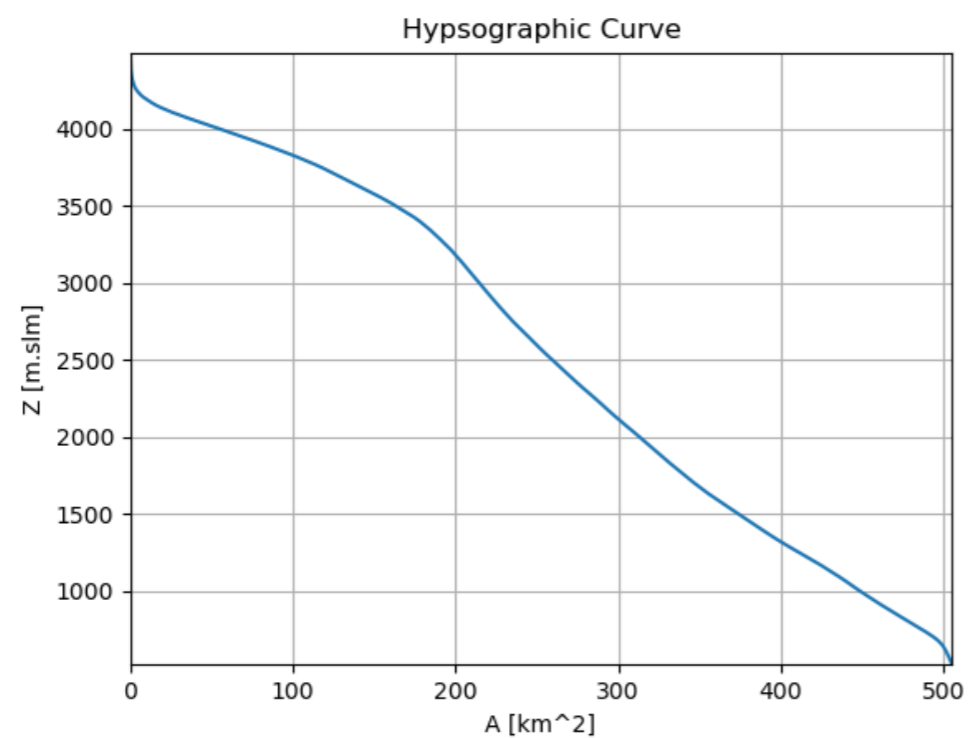
— David Hume

A ANEXOS

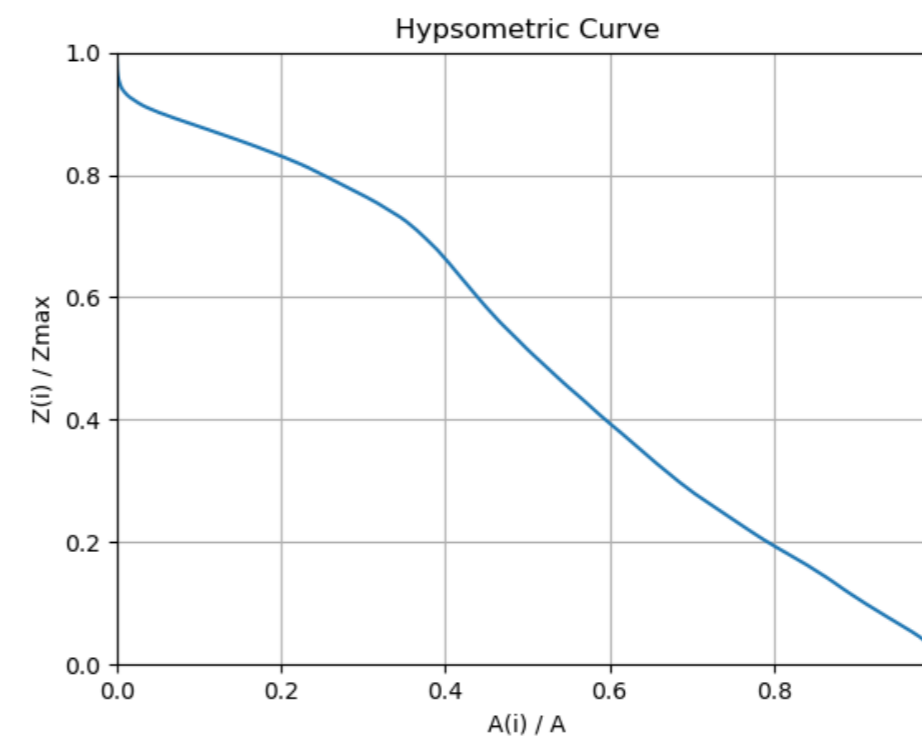
A.1 Curva hipsométrica de las subcuenca de Tinkuy - cuchipampa - Llohegua

Figura 92

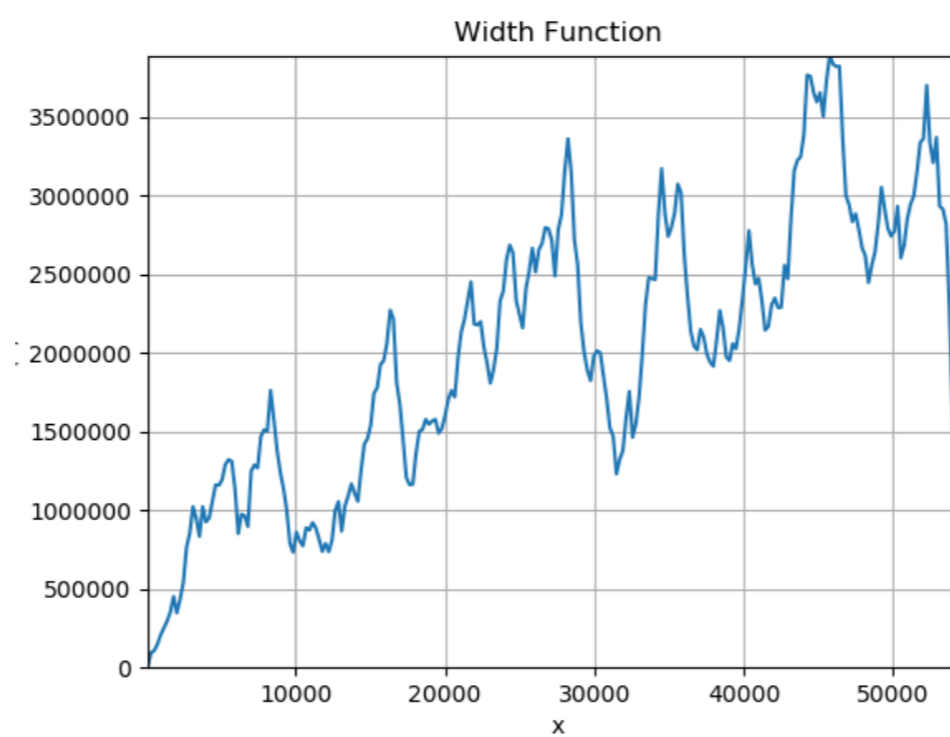
Curva hipsométrica y función de ancho de la cuenca Tinkuy del río cuchipampa



(a) Curva hipsométrica



(b) Curva hipsométrica



(c) Función de ancho

Figura 93

Procedimiento del Cálculo del índice de vegetación de diferencia normalizado NDVI con el lenguaje de programación RSTUDIO a partir del ráster obtenido de Google earth engine para la cuenca delimitada de Tinkuy llohegua.



(a) Formato ráster



(b) shapefile ingresado al RSTUDIO



(c) Cuenca delimitada en formato shapefile



(d) Índice de vegetación de diferencia normalizado NDVI

Fuente: fuente a.

Figura 94

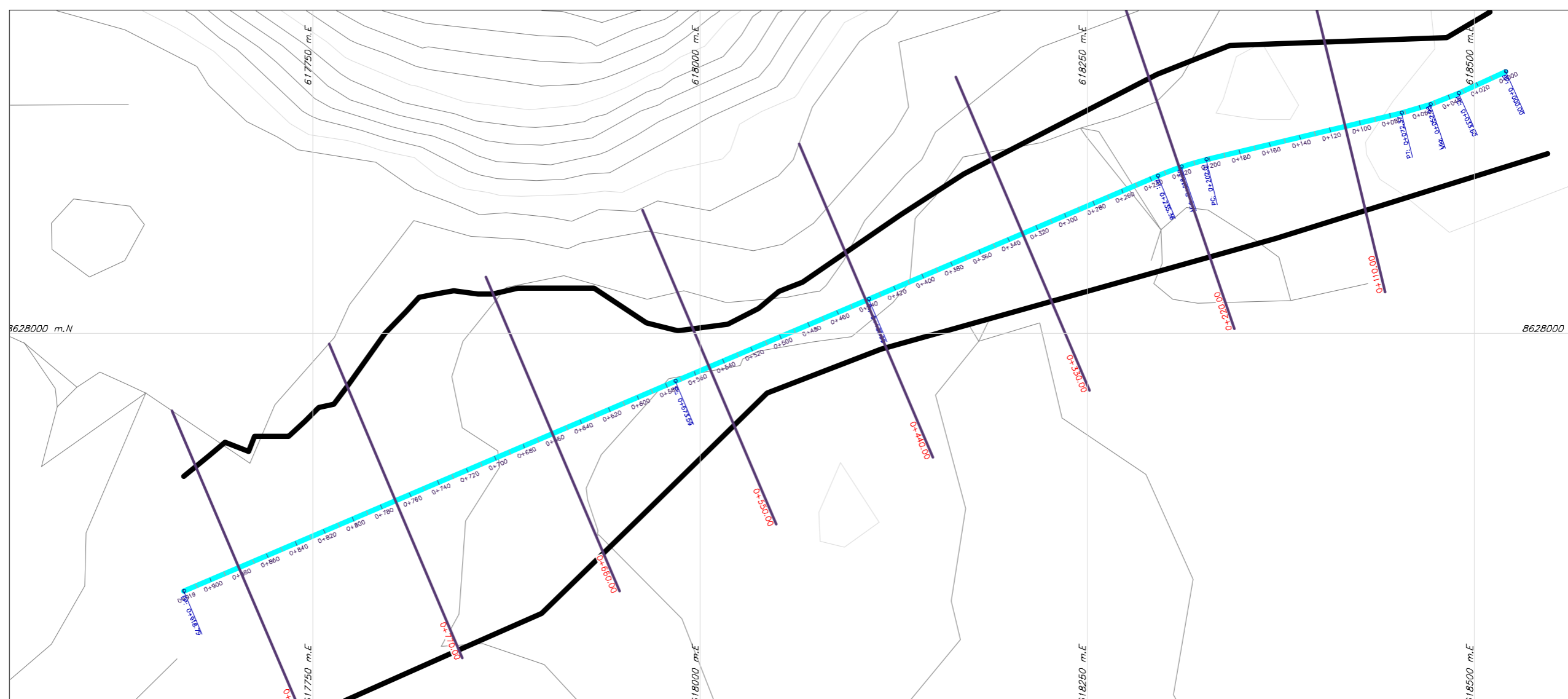
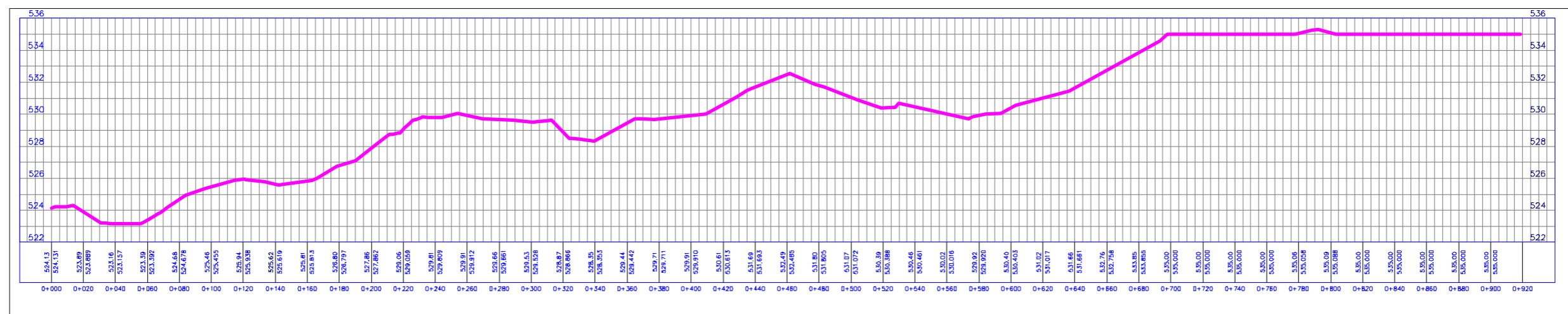
Delimitación del río para el modelamiento bidimensional



Fuente: Propia elaborado con Rstudio

Figura 95

Perfil longitudinal y seccionamiento del rio Cuchipampa



Fuente: Propia elaborado con ARCGUIS

Figura 96

Secciones transversales del Rio

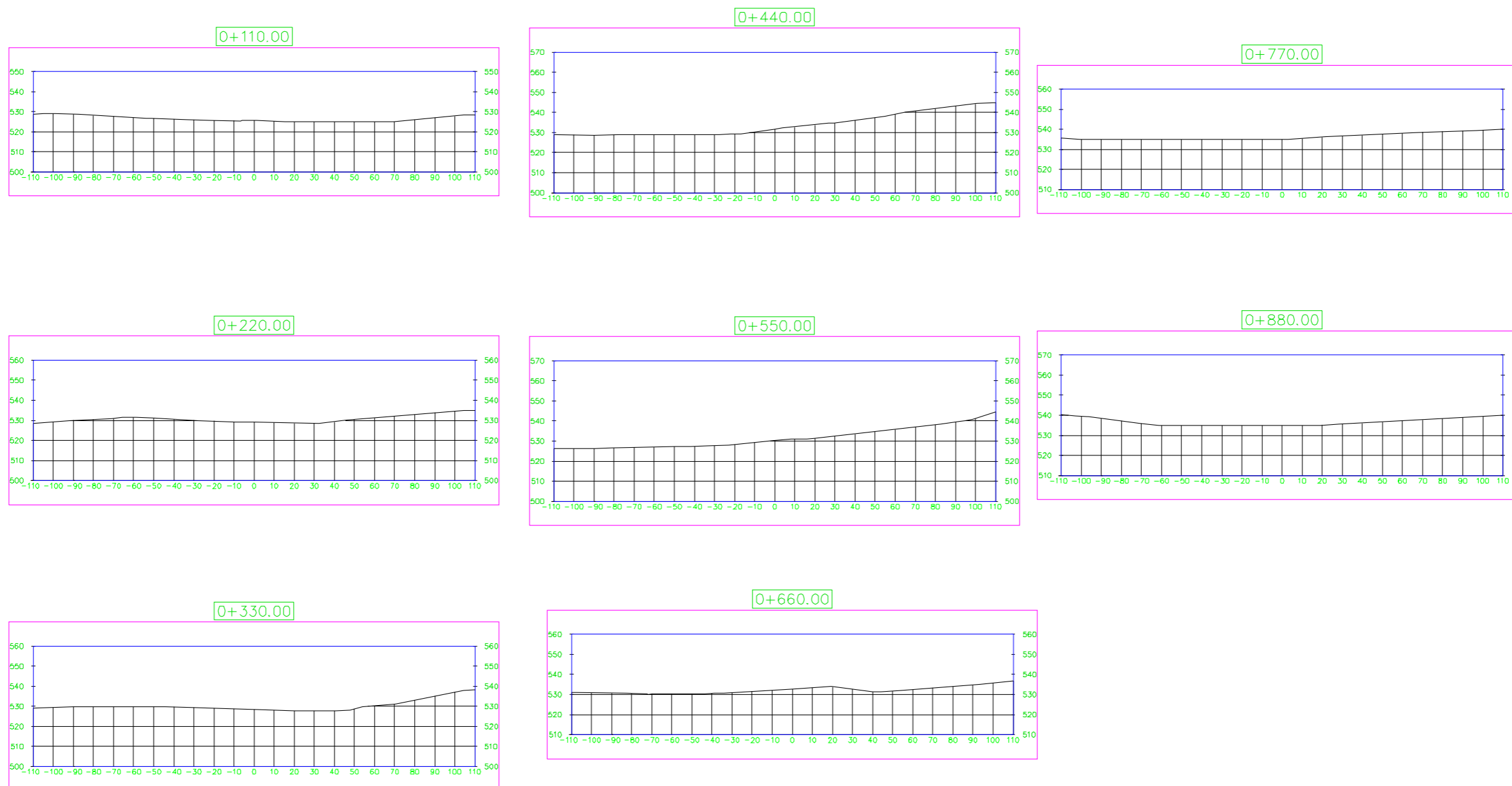


Figura 97

Clasificación de coberturas de suelos en formato Ráster

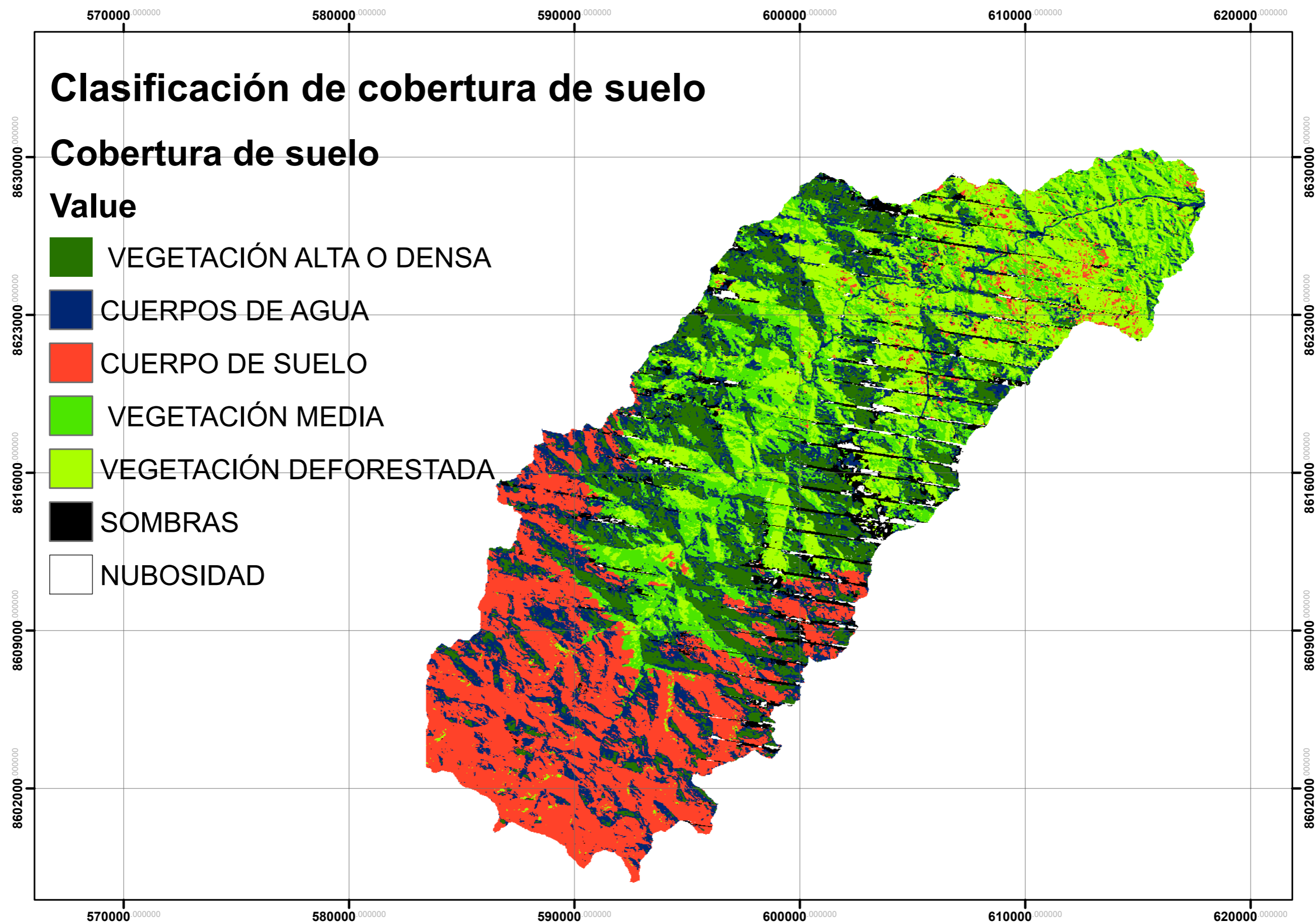
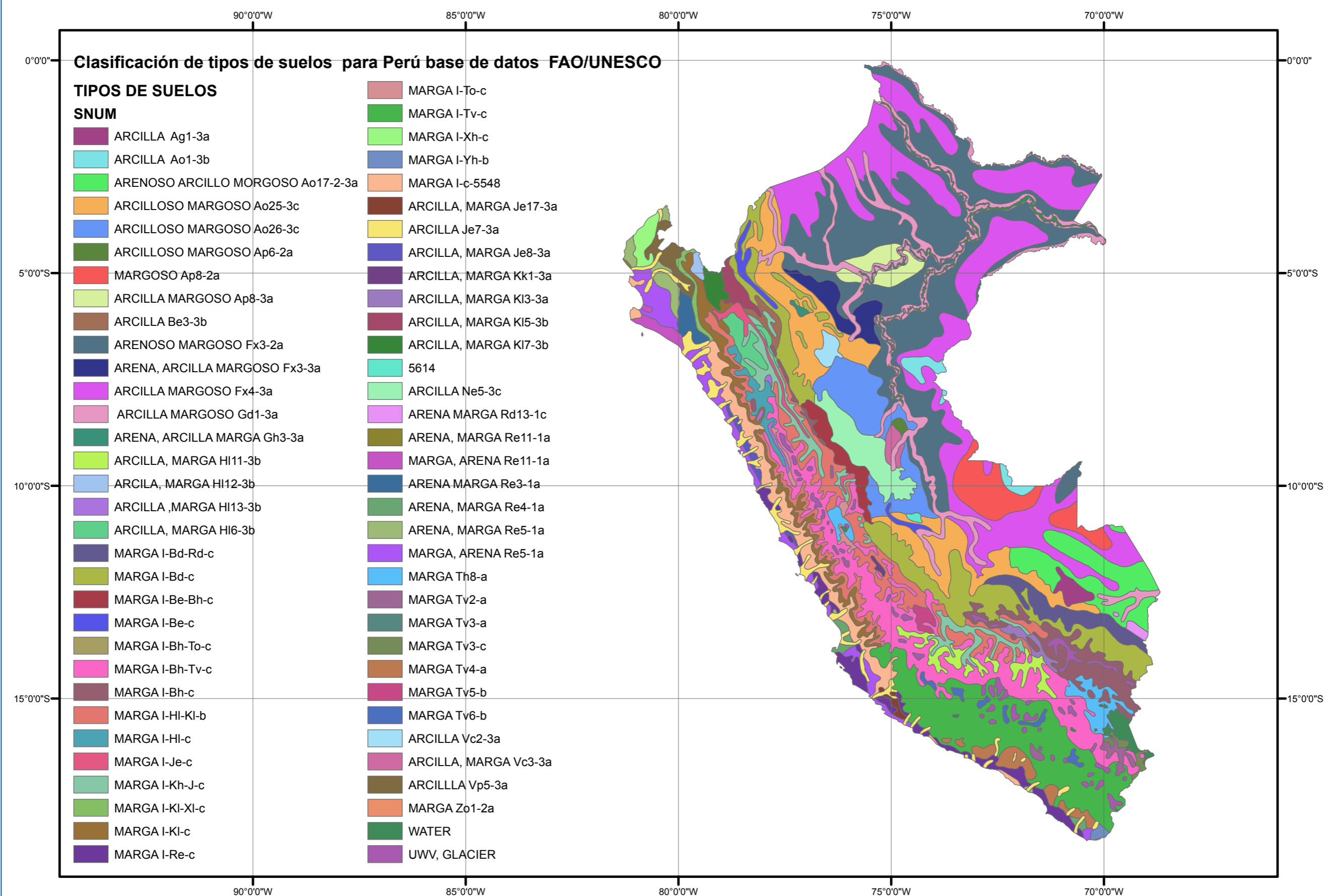


Figura 98

Clasificación de tipos de suelos del Perú

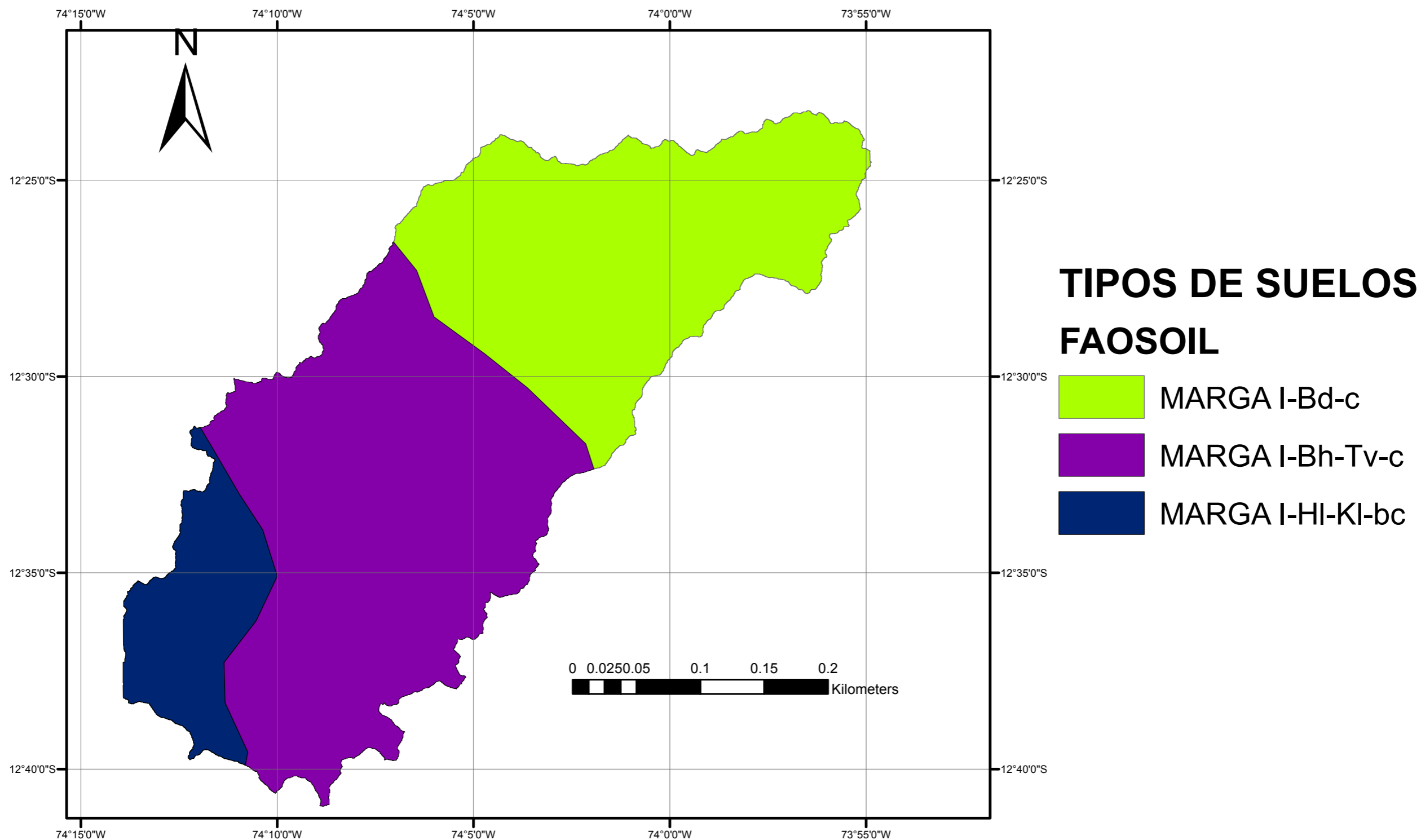


Fuente: Elaboración Propia con ARCGUIS

Figura 99

Clasificación de tipos de suelos para la cuenca de Tinkuy

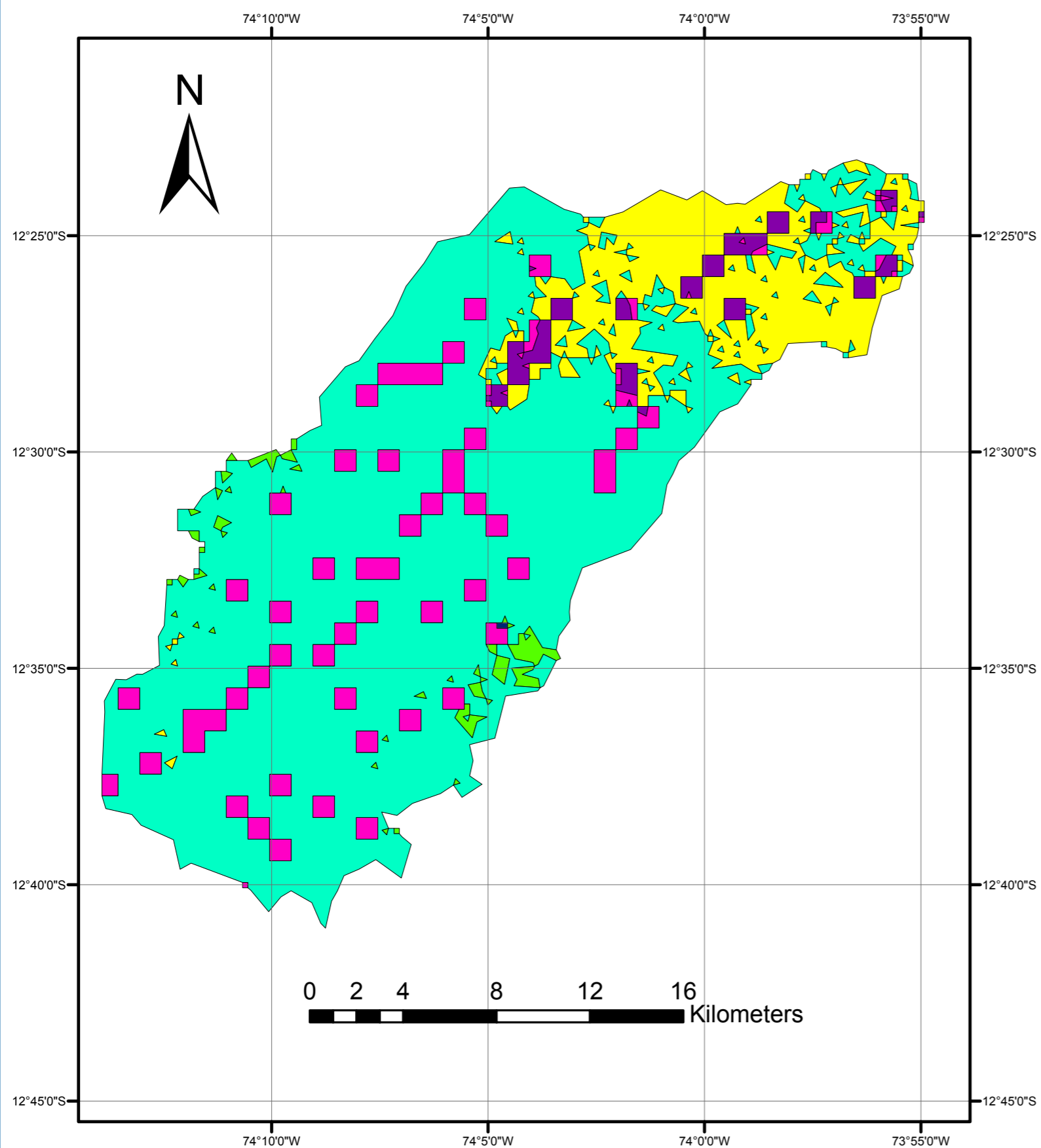
FID*	Shape*	SNUM	FAOSOIL	SQKM	Shape_Length	Shape_Area	AREA_KM2
1	Polygon	5527	I-HI-KI-bc	13347	0.45047	0.004731	47.305458
2	Polygon	5513	I-Bd-c	44377	0.773489	0.016065	160.648974
3	Polygon	5518	I-Bh-Tv-c	1748	0.88779	0.020913	209.130919



Fuente: Elaboración Propia con ARCGUIS

Figura 100

Grupo de suelo Hidrológico para la cuenca de Tinkuy

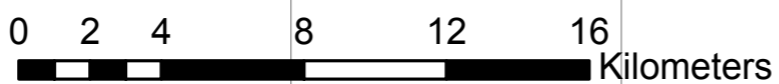


GRUPO DE SUELO HIDROLÓGICO

group_soil

- A/D
- B
- B/D
- C
- D
- D/D

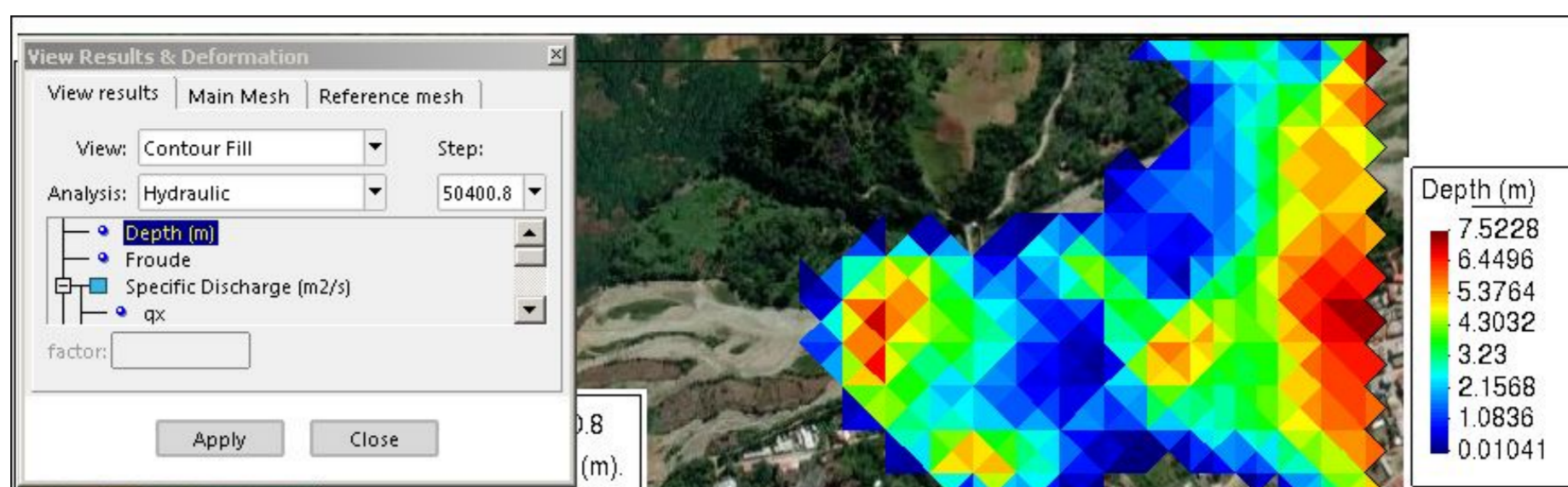
OBJECTID	Shape *	Id	gridcod	Shape_Length	Shape_Area	group_soil
1	Polygon	1	3	0.027358	0.000034	D
2	Polygon	2	3	0.008333	0.000004	D
3	Polygon	3	3	0.007812	0.000003	D
4	Polygon	4	2	0.008333	0.000004	C
5	Polygon	5	3	0.007812	0.000003	D
6	Polygon	6	2	0.00786	0.000003	C
7	Polygon	7	3	0.007812	0.000003	D
8	Polygon	8	3	0.01182	0.000006	D
9	Polygon	9	3	0.023149	0.000021	D
10	Polygon	10	5	0.008333	0.000004	B/D
11	Polygon	11	3	0.00786	0.000003	D
12	Polygon	12	3	0.013909	0.000011	D
13	Polygon	13	6	0.008333	0.000004	D/D
14	Polygon	14	5	0.01199	0.000005	B/D
15	Polygon	15	2	0.021611	0.00002	C
16	Polygon	16	5	0.015075	0.000013	B/D
17	Polygon	17	6	0.035398	0.000038	D/D
18	Polygon	18	5	0.008333	0.000004	B/D
19	Polygon	19	2	0.00786	0.000003	C
20	Polygon	20	3	0.008333	0.000004	D
21	Polygon	21	6	0.008333	0.000004	D/D
22	Polygon	22	3	0.008333	0.000004	D
23	Polygon	23	2	0.00786	0.000003	C
24	Polygon	24	2	0.00786	0.000003	C
25	Polygon	25	5	0.008333	0.000004	B/D
26	Polygon	26	2	0.017618	0.000017	C



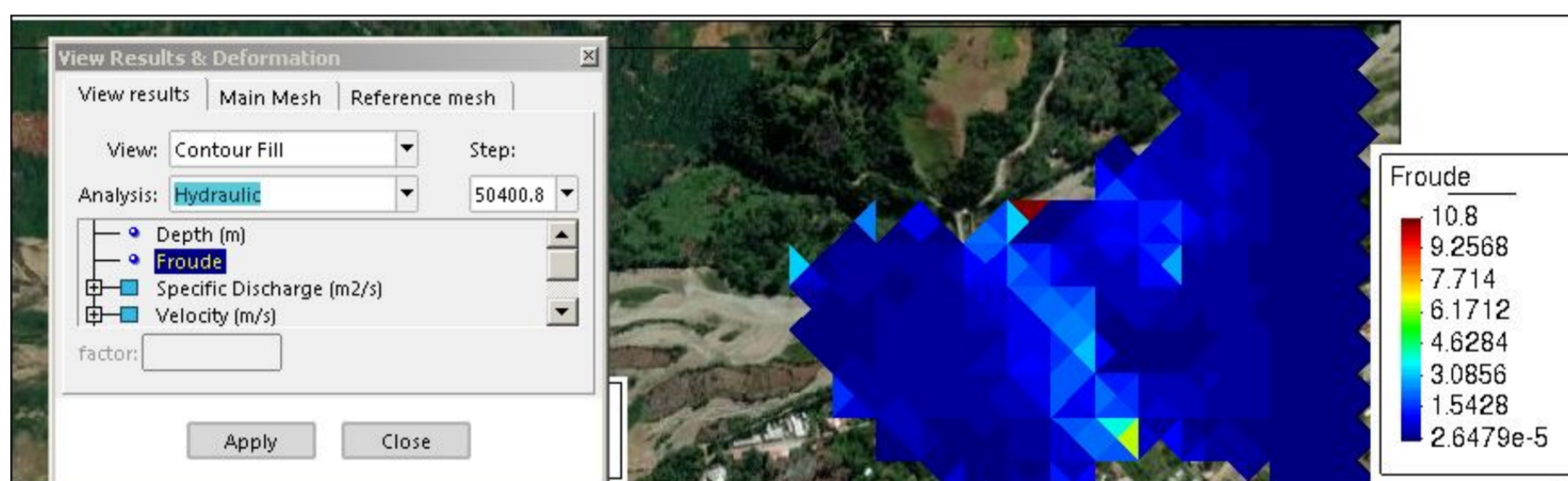
Fuente: Elaboración Propia con ARCGUIS

Figura 101

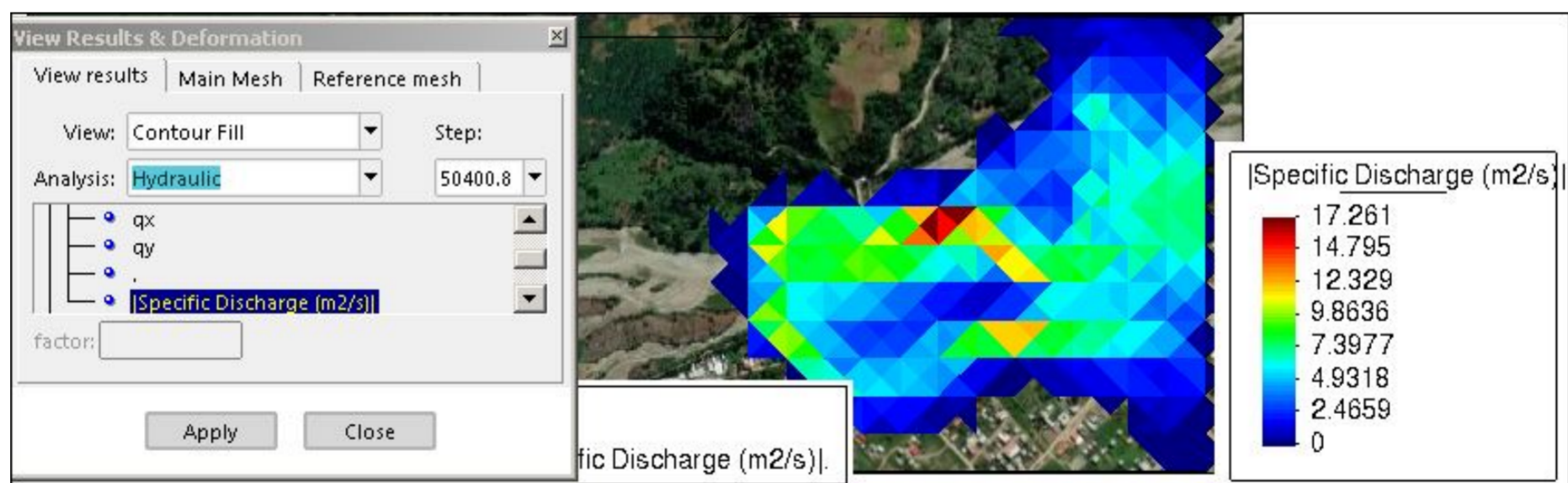
Modelamiento con Iber tramo de llegada a Cuchipampa con unión de los ríos Tinkuy y Sabogato



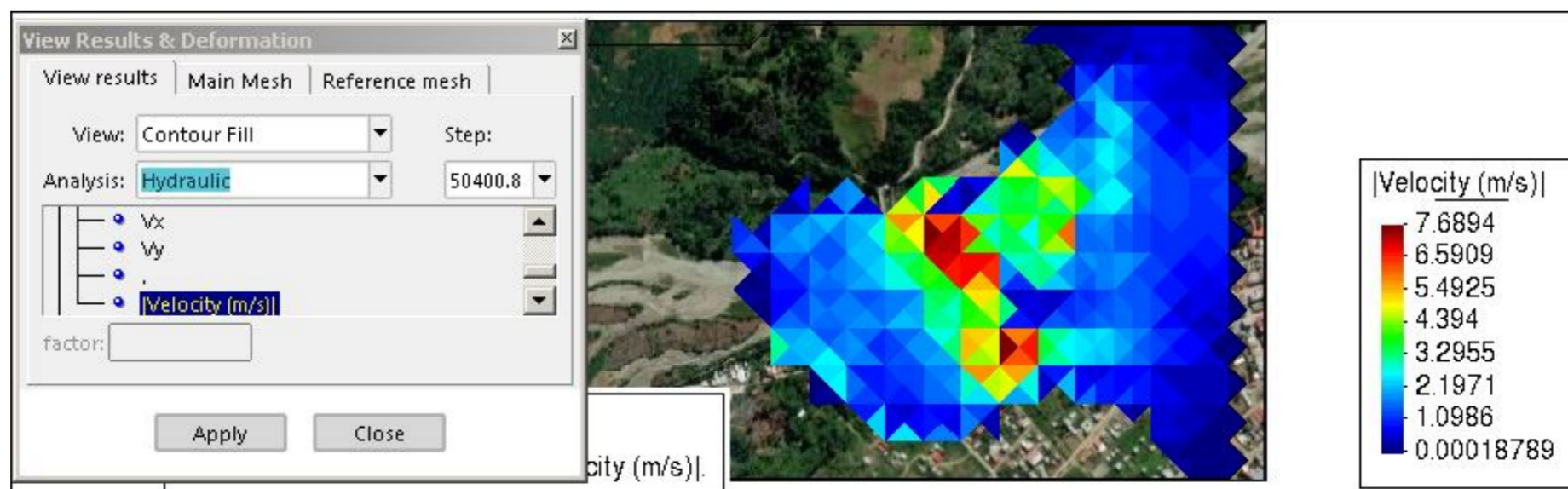
(a) Profundidad o calado



(b) Número de Froude

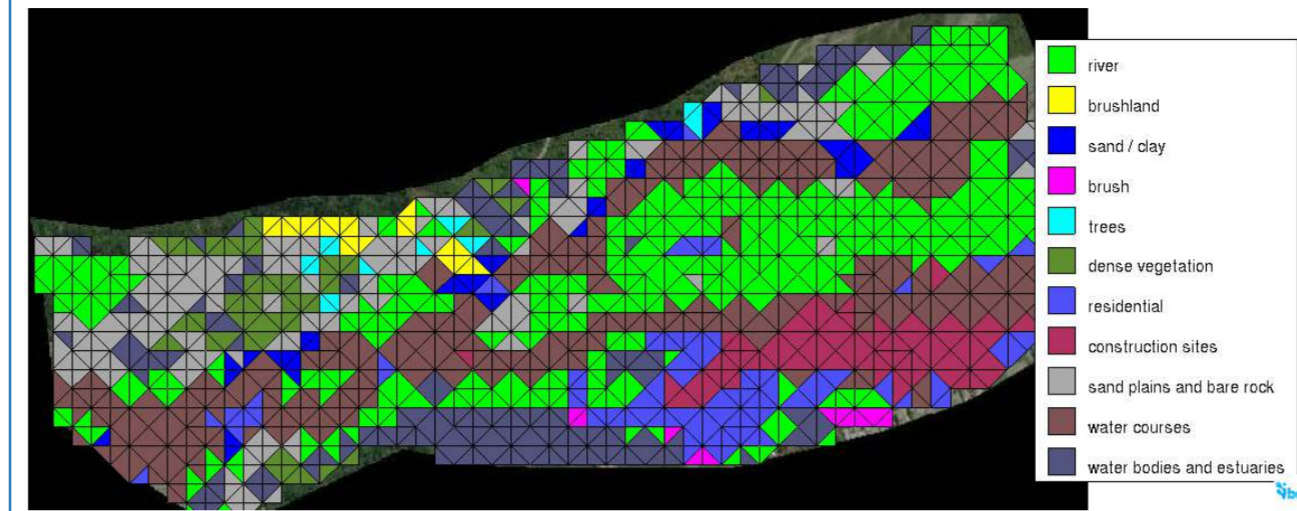


(c) Descarga específica



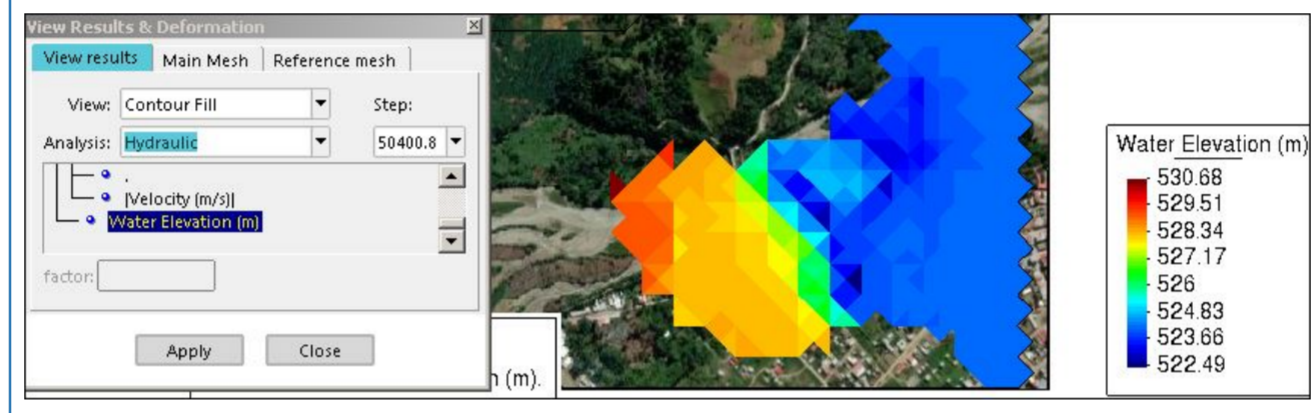
(d) Velocidad de río

Figura 102 Mapa de rugosidad para Manning para diferentes tipos y usos de suelos



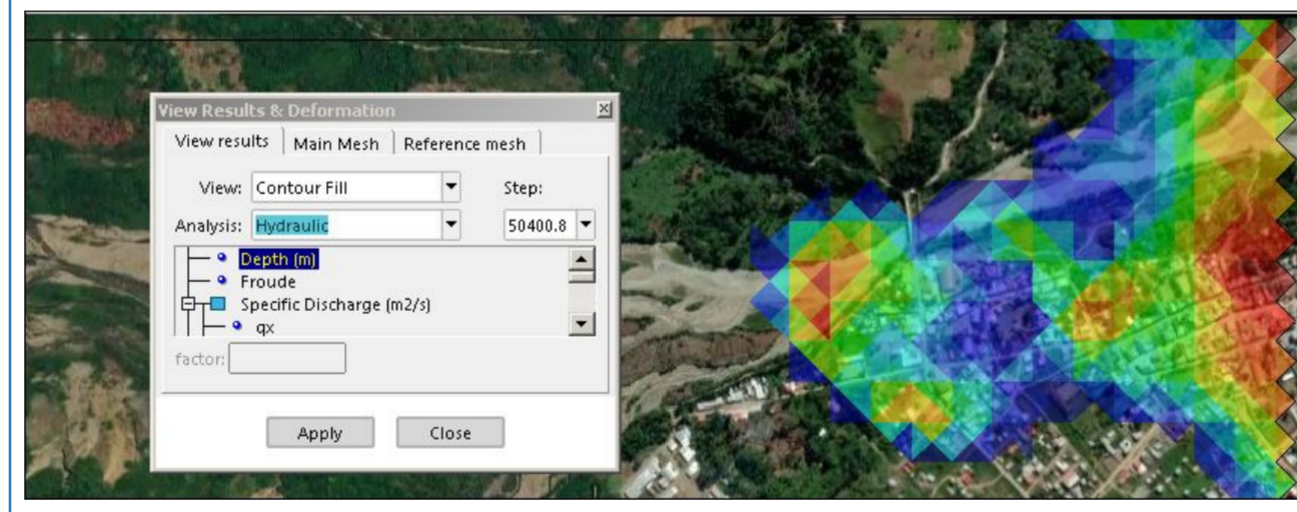
Fuente: Elaboración Propia con HEC-HMS

Figura 103 Elevación de agua



Fuente: Propia elaborado con Rstudio

Figura 104 Transparencia para la visualización de la inundación



Fuente: Propia elaborado con Rstudio

Tabla N 02. Matriz de Consistencia

Título: Descripción del Modelamiento de Inundación Bidimensional, para propuesta de diseño de Defensa Ribereña en la Cuenca Tinkuy, Ayacucho, 2022-2023.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN
<p>PROBLEMA GENERAL ¿Cómo describir el Modelamiento de inundación bidimensional, para propuesta de diseño de defensa ribereña en la cuenca Tinkuy, Ayacucho, 2022-2023.?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS a. ¿De qué manera realizar el estudio hidrológico para propuesta de diseño de defensa ribereña en la cuenca Tinkuy, Ayacucho, 2022-2023? b. ¿De qué manera realizar el estudio hidráulico para propuesta de diseño de defensa ribereña en la cuenca Tinkuy, Ayacucho, 2022-2023?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL Describir el modelo de inundación bidimensional, para propuesta de diseño de defensa ribereña en la cuenca Tinkuy, Ayacucho, 2022-2023.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS a. Desarrollar el estudio hidrológico para propuesta de diseño de defensa ribereña en la cuenca Tinkuy, Ayacucho, 2022-2023. b. Desarrollar el estudio hidráulico para propuesta de diseño de defensa ribereña en la cuenca Tinkuy, Ayacucho, 2022-2023.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL Conociendo la descripción del Modelamiento de inundación bidimensional, se propone el diseño de defensa ribereña en la cuenca Tinkuy, Ayacucho, 2022-2023.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS a. Conociendo el estudio hidrológico se propone el diseño de defensa ribereña en la cuenca Tinkuy, Ayacucho, 2022-2023. b. Conociendo el modelo hidráulico se propone el diseño de defensa ribereña en la cuenca Tinkuy, Ayacucho, 2022-2023.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE X: Inundación bidimensional</p> <p>DIMENSIONES X1: Hidrológico X2: Hidráulica</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE Y: Defensa ribereña</p> <p>DIMENSIONES Y1: Estabilidad Y2: Socavación</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN Observacional, prospectivo, transeccional y analítico NIVEL DE INVESTIGACIÓN Descriptivo DISEÑO No experimental, prospectivo transeccional</p> <p>POBLACIÓN La población según la autoridad nacional del agua (ANA) pertenece a la cuenca Bajo Apurímac de 6,728.00 km² de extensión al cual pertenece la cuenca Tinkuy del distrito de Llochegua, región Ayacucho. MUESTRA No existe muestra, es un censo, porque se estudia los 505.102 km² de la cuenca Tinkuy del distrito de Llochegua, región Ayacucho de los años 2022 a 2023 TÉCNICA Análisis documental INSTRUMENTO Registro</p>



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 029-2023-FIMGC

En la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 150-2023-FIMGC-D**, siendo los tres días del mes de marzo del 2023, a horas 3:00 pm.; se reunieron los jurados del acto de sustentación, en el Auditorium virtual google meet del Campus Universitario de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Siendo el Jurado de la sustentación de tesis compuesto por el presidente el **Dr. Ing. Efraín Elías PORRAS FLORES**, Jurado el **MSc. Ing. Hermes QUISPE CUADROS**, Jurado el **MSc. Ing. Edwin Carlos GARCÍA SAEZ**, Jurado - Asesor el **MSc. Ing. Jaime Leonardo BENDEZÚ PRADO** y secretario del proceso el **Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR**, con el objetivo de recepcionar la sustentación de la tesis denominada "**DESCRIPCIÓN DEL MODELAMIENTO DE INUNDACIÓN BIDIMENSIONAL, PARA PROPUESTA DE DISEÑO DE DEFENSA RIBEREÑA EN LA CUENCA TINKUY, AYACUCHO, 2022-2023**" presentado por el/la Sr./Srta., **José Luis MARCELO GAMBOA**, Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil.

El Jurado luego de haber recepcionado la sustentación de la tesis y realizado las preguntas, el sustentante al haber dado respuesta a las preguntas, y el Jurado haber deliberado; califica con la nota aprobatoria de **16 (dieciséis)**.

En fe de lo cual, se firma la presente acta, por los miembros integrantes del proceso de sustentación.



Firmado digitalmente por
Efraín Elías Porras Flores
Fecha: 2023.03.04
9:31:51 -05'00'

Dr. Ing. Efraín Elías PORRAS FLORES
Presidente

MSc. Ing. Hermes QUISPE CUADROS
Jurado

MSc. Ing. Jaime Leonardo BENDEZÚ PRADO
Jurado Asesor

MSc. Ing. Edwin Carlos GARCÍA SAEZ
Jurado

Firmado digitalmente por
LEZAMA CUELLAR CHRISTIAN

Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR
Secretario del Proceso



UNSCH

FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA N° 029-2023-FIMGC

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajos de tesis de pregrado con el software Turnitin, en segunda instancia para las **Escuelas Profesionales** de la **Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil**; en cumplimiento a la **Resolución de Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU**, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga y **Resolución Decanal N° 281-2022-FIMGC- UNSCH-D**, deja constancia de originalidad de trabajo de investigación, que el/la Sr./Srta.

Apellidos y Nombres : MARCELO GAMBOA, José Luis
Escuela Profesional : INGENIERÍA CIVIL
Título de la Tesis : Descripción del Modelamiento de Inundación Bidimensional, para propuesta de diseño de Defensa Ribereña en la Cuenca Tinkuy, Ayacucho, 2022-2023
Evaluación de la Originalidad : 8 % Índice de Similitud
Identificador de la entrega : 2027916085

Por tanto, según los Artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es **PROCEDENTE** otorgar la **Constancia de Originalidad** para los fines que crea conveniente.

En señal de conformidad y verificación se firma la presente constancia

Ayacucho, 03 de marzo del 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil

Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR

Verificador de Originalidad de Trabajos de Tesis de Pregrado
Departamento Académicos de Matemática y Física

Con depósito para Sustentación y Tramites
Cc. Archivo

Descripción del Modelamiento de Inundación Bidimensional, para propuesta de diseño de Defensa Ribereña en la Cuenca Tinkuy, Ayacucho, 2022-2023

por José Luis Marcelo Gamboa

Fecha de entrega: 03-mar-2023 08:04a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2027916085

Nombre del archivo: Tesis_Jos_Luis_MARCELO_GAMBOA.pdf (27.99M)

Total de palabras: 38259

Total de caracteres: 169180

Descripción del Modelamiento de Inundación Bidimensional, para propuesta de diseño de Defensa Ribereña en la Cuenca Tinkuy, Ayacucho, 2022-2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	4%
2	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1%
4	alfapublicaciones.com Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to The University of the South Pacific Trabajo del estudiante	<1%
7	www.dspace.espol.edu.ec Fuente de Internet	<1%
8	dochero.tips	

Fuente de Internet

<1 %

9

upc.aws.openrepository.com

Fuente de Internet

<1 %

10

xdoc.mx

Fuente de Internet

<1 %

11

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

12

guaiaca.ufpel.edu.br:8080

Fuente de Internet

<1 %

13

livrosdeamor.com.br

Fuente de Internet

<1 %

14

hdl.handle.net

Fuente de Internet

<1 %

15

vbook.pub

Fuente de Internet

<1 %

16

repositorio.upao.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo