



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**MODELAMIENTO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL
PRE DIMENSIONAMIENTO DE DEFENSAS RIBEREÑAS EN
EL TRAMO 8+000 A 14+080 KM. DEL RÍO CHANCAY -
PROVINCIA DE HUARAL - DEPARTAMENTO DE LIMA**

**PRESENTADA POR
LEIDY CABRERA PEDROZA
GIANCARLO OCTAVIO GUZMAN AGURTO**

**ASESORES
ERNESTO ANTONIO VILLAR GALLARDO
JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA**

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

LIMA – PERÚ

2021



CC BY-NC

Reconocimiento – No comercial

El autor permite transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, y aunque en las nuevas creaciones deban reconocerse la autoría y no puedan ser utilizadas de manera comercial, no tienen que estar bajo una licencia con los mismos términos.

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



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTIN DE PORRES

**FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**MODELAMIENTO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO
PARA EL PRE DIMENSIONAMIENTO DE DEFENSAS
RIBEREÑAS EN EL TRAMO 8+000 A 14+080 KM. DEL RÍO
CHANCAY - PROVINCIA DE HUARAL - DEPARTAMENTO
DE LIMA**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR

**CABRERA PEDROZA, LEIDY
GUZMAN AGURTO, GIANCARLO OCTAVIO**

ASESORES

**Mg. VILLAR GALLARDO, ERNESTO ANTONIO
Mg. OBLITAS SANTA MARÍA, JUAN MANUEL**

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Consagro esta tesis a mi increíble esposo Carlos Cisneros, que sin duda ha sabido estar conmigo en cada paso de mi vida, creíste en mí, de igual manera me apoyaste, guiaste, sostuviste y has estado junto a mí cuando más te he necesitado. Te agradezco por todo ello y anhelo compartir contigo mis logros y todos los momentos más importantes de mi vida. Sé que este logro es de los dos. Eres, sin duda, la mejor persona que podría haberse cruzado en mi camino. También para mis amadas sobrinas, Analy Cabrera y Ania Cabrera que son mi inspiración, porque deseo ser un ejemplo a seguir para ellas.

Cabrera Pedroza, Leidy

DEDICATORIA

Esta investigación se lo dedico a Dios por siempre darme fe y fuerzas para lograr mis objetivos. Luego en memoria de mi hermana Lizbeth Yanira que fue la que me motivo de seguir en este arduo camino y a mis padres que son la inspiración que me motiva a salir adelante.

Guzmán Agurto, Giancarlo Octavio

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme vida, salud, por guiarme por el camino idóneo, como también a las personas que influyen en mí de manera fundamental a realizar mis sueños y crecer como persona, sin ello no hubiera sido posible. A mi esposo Carlos Cisneros por el apoyo y confianza incondicional a lo largo de este camino y a mis Padres Virgilio y Georgina por estar siempre conmigo.

De igual manera, a mis mentores del taller de tesis, el Mg. Ernesto Antonio Villar Gallardo y el Mg. Juan Manuel Oblitas Santa María por compartirme sus enseñanzas. De la misma manera, a todos los maestros que siempre me ayudaron en cada paso de mi carrera. También a mi alma mater, la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad San Martín de Porres por las enseñanzas que me han brindado en ella y que han llevado a convertirme en la profesional que soy ahora.

Cabrera Pedroza, Leidy

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios, a los asesores Mg. Ernesto Antonio Villar Gallardo y Mg. Juan Manuel Oblitas Santa María por guiarnos en esta investigación con sus experiencias y conocimientos y mi alma mater la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad San Martín de Porres por los años de estudios y formación académica y de valores

Guzmán Agurto, Giancarlo Octavio

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Formulación del problema	10
1.3 Objetivos	12
1.4 Impacto potencial	13
1.5. Justificación e importancia de la investigación	14
1.6 Limitaciones	14
1.7 Viabilidad	14
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de la investigación	15
2.2 Bases teóricas	35
2.3 Definición de términos	79
2.4 Hipótesis	82
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1 Diseño	84
3.2 Muestra	85
3.3 Instrumentos y técnicas	90
3.4 Procedimiento	92
3.5 Variables	93
CAPÍTULO IV. DESARROLLO	
4.1 Ubicación	95

	Página
4.2 Procesamiento de la topografía de la cuenca Chancay	96
4.3 Análisis de frecuencia de precipitaciones	106
4.4 Modelamiento hidrológico	124
4.5 Estudio de mecánica de suelos	146
4.6 Levantamiento topográfico del cauce	150
4.7 Modelamiento hidráulico	160
CAPÍTULO V. RESULTADOS	
5.1 Procesamiento topográfico de la cuenca Chancay	201
5.2 Análisis de frecuencia de precipitaciones	203
5.3 Modelamiento hidrológico	206
5.4 Mecánica de suelos	209
5.5 Levantamiento topográfico	213
5.6 Modelamiento hidráulico	217
CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN	
6.1 Contrastación de la hipótesis	230
6.2 Contrastación de hipótesis con antecedentes	237
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1: Anomalías de Caudales	8
Tabla 2: Caudal Máximo	28
Tabla 3: Áreas de Peligro de inundaciones de la quebrada Lupín	35
Tabla 4: (TR) Periodo de retorno en años	47
Tabla 5: Valores recomendados en riesgo admisible de obras	48
Tabla 6: Distribución de lluvias para un tiempo de tormenta de 24 horas	51
Tabla 7: Tabla Granulométrica	60
Tabla 8: Valores de coeficiente de rugosidad de Manning	65
Tabla 9: Coeficientes de contrastación y expansión	66
Tabla 10: Coeficiente en función del tiempo	70
Tabla 11: Valor de contrastación del cauce	71
Tabla 12: Ubicación Cuenca Chancay - Huaral	85
Tabla 13: Tramo del río Chancay – Huaral	87
Tabla 14: Operacionalización de las variables	94
Tabla 15: Precipitaciones máximas en 24 horas de la cuenca Chancay	106
Tabla 16: Número de subcuenca	129
Tabla 17: Coordenadas de estación	130
Tabla 18: Pesos de influencia para subcuencas	132
Tabla 19: Precipitaciones a diferentes tiempos de retorno	133
Tabla 20: Precipitaciones ponderados	134
Tabla 21: Longitud y pendiente de cuenca y subcuencas	137
Tabla 22: Tiempo de concentración	140
Tabla 23: Tiempo de concentración de promedio de las cuencas	141
Tabla 24: Levantamiento topográfico	152
Tabla 25: Caudales de diseño para el HEC – RAS	162
Tabla 26: Sección transversal I	163
Tabla 27: Valor de coeficiente de rugosidad	164
Tabla 28: Parámetros hidráulicos tramo I	168
Tabla 29: Velocidad media	179
Tabla 30: Coeficiente de borde libre	179
Tabla 31: Promedio de la altura de inundación	181

	Página
Tabla 32: Parámetro hidráulico tramo I	183
Tabla 33: Velocidad media	198
Tabla 34: Coeficiente de borde libre	199
Tabla 35: Promedio de la altura de inundación	200
Tabla 36: Subcuencas de Chancay	202
Tabla 37: Análisis de frecuencias de las precipitaciones	203
Tabla 38: Caudales de diseño	208
Tabla 39: Secciones transversales	215
Tabla 40: Caudal de diseño para 100 años	221
Tabla 41: Profundidad de socavación (Hs)	227

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Comparación de inundación en el río Arkansas en EE. UU.	2
Figura 2: Afectados por inundación en el salvador	3
Figura 3: Vista de la ciudad de concordia en Paraguay	4
Figura 4: Población riesgo alto por inundación	6
Figura 5: Mapa de la Defensoría	7
Figura 6: Histograma de caudales del río Chancay	9
Figura 7: Restaurante campestre San Blas bajo el agua	9
Figura 8: Diagrama de Ishikawa	10
Figura 9: Río Nuevo - Hidrométrica	17
Figura 10: Río Nuevo- zona inundada	18
Figura 11: Gavión colchón en la sección más crítica	24
Figura 12: Caja en la sección más crítica de gavión	24
Figura 13: Muro de contención en la sección más crítica	25
Figura 14: Precipitación máxima de 24 horas completada con PISCO	27
Figura 15: Hidrograma de avenidas para TR = 100 años	28
Figura 16: Nivel alcanzado en 2017	29
Figura 17: Mapa de simulación para un tiempo de retorno de 100 años	29
Figura 18: Diseño de muro de gravedad	31
Figura 19: Diseño de muro de gravedad	32
Figura 20: Diseño Enrocado	33
Figura 21: Cuenca Hidrográfica	36
Figura 22: Partes de la cuenca Hidrográfica	40
Figura 23: Ciclo hidrológico	42
Figura 24: Modelo digital de elevación con vista en perspectiva	43
Figura 25: Modelo digital de elevación con vista en perspectiva	44
Figura 26: Polígonos de Thiessen	45
Figura 27: Curva de intensidad	49
Figura 28: Mapa Numero de Curva – Condiciones normales	53
Figura 29: Mapa Numero de Curva – Condiciones Secas	54
Figura 30: Mapa Numero de Curva – Condiciones Húmedas	55

	Página
Figura 31: Curva granulométrica	61
Figura 32: Modelamiento hidrológicos de la cuenca de Chancay	63
Figura 33: sección transversal de un cauce afectado por la socavación	66
Figura 34: Muro de pantallas	74
Figura 35: Dique enrocado	76
Figura 36: Consideraciones del dique enrocado	77
Figura 37: Parámetros para medidas de dique enrocado	78
Figura 38: Cuenca del río Chancay	86
Figura 39: Tramo de 6+080 km del río Chancay	87
Figura 40: Inicio del tramo del río Chancay	88
Figura 41: Final del tramo del río Chancay	88
Figura 42: Puente Rojo en Aucallama	89
Figura 43: Cauce del río Chancay - Huaral	89
Figura 44: Cauce del río Chancay - Huaral	90
Figura 45: Software para el desarrollo de la investigación	91
Figura 46: Mapa de cobertura de imágenes Aster	97
Figura 47: DEM de la cuenca Chancay	98
Figura 48: Modelo básico del DEM cuenca Chancay – Huaral	99
Figura 49: Delimitación parcial	100
Figura 50: Resultado del Coordinate System	101
Figura 51: Resultado del preprocess sinks	102
Figura 52: Opción de preprocess drainage	103
Figura 53: Identificación de corrientes	104
Figura 54 Sub cuencas y ríos delimitados	105
Figura 55: Precipitaciones de las estaciones meteorológicas	110
Figura 56: Precipitaciones máximas anuales de Carac	111
Figura 57: Precipitaciones máximas anuales de Carampoma	112
Figura 58: Precipitaciones máximas anuales de Hipólito Unanue	112
Figura 59: Precipitaciones máximas anuales de Huamantanga	113
Figura 60: Precipitaciones máximas anuales de Huaros	113
Figura 61: Precipitaciones máximas anuales de Huayan	114
Figura 62: Precipitaciones máximas anuales de Lachaqui	114
Figura 63: Precipitaciones máximas anuales de Lomas Lachay	115

	Página
Figura 64: Precipitaciones máximas anuales de Pachamachay	115
Figura 65: Precipitaciones máximas anuales de Pirca	116
Figura 66: Distribución Gamma estación Andahuasi	117
Figura 67: Distribución log Pearson III estación Carac	117
Figura 68: Distribución log Pearson III estación Carampoma	118
Figura 69: Distribución log Pearson III estación Carampoma	118
Figura 70: Distribución log Normal estación Hipólito Unanue	119
Figura 71: Distribución Pearson III estación Huaros	119
Figura 72: Distribución Log Pearson III estación Huayan	120
Figura 73: Distribución Log Pearson III estación Lachaqui	120
Figura 74: Distribución Gambel máx. estación Lomas de Lachay	121
Figura 75: Distribución Gambel máx. estación Pachamachay	121
Figura 76: Distribución Gambel máx. estación Parquin	122
Figura 77: Distribución Gambel máx. estación Pirca	123
Figura 78: Precipitaciones a diferentes tiempos de retorno	124
Figura 79: Mapa de distribución de curvas número	125
Figura 80: Ingreso de modelos hidrológicos	126
Figura 81: Intersección de la curva número para área de estudio	127
Figura 82: Tabla de curva número de las subcuencas	128
Figura 83: Polígono de Thiessen de cuenca Huaral	131
Figura 84: Hietograma de tormenta de diseño de Carac	135
Figura 85: Tiempo de concentración	136
Figura 86: Parámetros hidrológicos del HEC - HMS	141
Figura 87: Ingreso de datos al HEC - HMS	142
Figura 88: Creación de times serie data	143
Figura 89: Ingreso de datos de hietograma de las tormentas de diseño	144
Figura 90: Ejecución del modelo hidrológico con HEC - HMS	145
Figura 91: Delimitación de las calicatas	146
Figura 92: Calicata I	147
Figura 93: Calicata II	148
Figura 94: Calicata III	148
Figura 95: Tomas de muestras	149
Figura 96: Área del levantamiento topográfico	150

	Página
Figura 97: Área del levantamiento topográfico	150
Figura 98: Estación total	151
Figura 99: Integrantes del levantamiento topográfico	152
Figura 100: Panel fotográfico del trabajo en campo	159
Figura 101: Generación de proyecto en HEC - RAS	161
Figura 102: Modelamiento hidráulico para 25 años de retorno	162
Figura 103: Secciones transversales en HEC – RAS	165
Figura 104: Procesamiento del modelo hidrológico	166
Figura 105: Simulación del HEC – RAS del tramo I	167
Figura 106: Medidas Dique enrocado	181
Figura 107: Tramo critico II	182
Figura 108: Delimitación de la cuenca Chancay – Huaral	201
Figura 109: Precipitación máximas I	205
Figura 110: Precipitación máximas I	205
Figura 111: Caudal de diseño para 100 años	206
Figura 112: Caudal de diseño para 25 años	207
Figura 113: Caudal de diseño para 50 años	207
Figura 114: Caudal de diseño para 500años	208
Figura 115: Resultados de la primera calicata Caudal de diseño	210
Figura 116: Resultados de la segunda calicata	211
Figura 117: Resultados de la tercera calicata	212
Figura 118: Curvas de nivel	213
Figura 119: Sección transversal	214
Figura 120: Perfil transversal	216
Figura 121: Modelamiento hidráulico 25 años	217
Figura 122: Modelamiento hidráulico 50 años	218
Figura 123: Modelamiento hidráulico 100 años	219
Figura 124: Modelamiento hidráulico 500 años	220
Figura 125: Simulación de inundación de 100 años de tiempo de retorno	222
Figura 126: Simulación de inundación de un caudal de estiaje de 15 m ³	223
Figura 127: Inundación del tramo I	224
Figura 128: Inundación del tramo II	225
Figura 129: Inundación en los tramos críticos del río Chancay - Huaral	226

	Página
Figura 130: Detalle Dique tramo I	228
Figura 131: Detalle Dique tramo II	229
Figura 132: contrastación de la hipótesis general	231
Figura 133: contrastación de la hipótesis H1	232
Figura 134: contrastación de la hipótesis H2	233
Figura 135: contrastación de la hipótesis H3	234
Figura 136: contrastación de la hipótesis H4	235
Figura 137: contrastación de la hipótesis H5	236
Figura 138: contrastación de la hipótesis H6	237

RESUMEN

La planificación urbana inadecuada, en nuestro país, ha ocasionado que muchas edificaciones se ubiquen cerca de las fajas marginales de los ríos exponiéndose a grandes riesgos como son las inundaciones, causadas por los desbordes de los ríos, que afectan no solo a las viviendas, sino también, a los cultivos agrícolas, etc. y que ocasionan grandes pérdidas. Por ello, es sumamente importante la necesidad de construir defensas ribereñas que mitiguen los daños. En la presente investigación, se diseñó un modelamiento hidrológico e hidráulico para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el tramo 8+000 al 14+080 km del río Chancay – provincia de Huaral, departamento de Lima. La metodología empleada fue de tipo aplicada no experimental de nivel cuantitativo. La muestra tiene una longitud de 6.080 km. divididos en dos tramos del río Chancay, cuya información se recopiló de la base de datos del ANA y del SENAMHI, el estudio de mecánica de suelos y el levantamiento topográfico. Asimismo, se realizó el modelamiento hidrológico e hidráulico con el software HEC - HMS y HEC – RAS, respectivamente. Como resultado se obtienen caudales máximos de diseño para diferentes tiempos de retorno: 25, 50, 100 y 500 años. Estos fueron $60 m^3$, $85.5m^3$, $114.9 m^3$ y $195.5 m^3$, respectivamente. La altura del dique enrocado para el tramo I es de 3.15 m y para el tramo II de 2.84 m.

Palabras clave: Modelamiento hidrológico e hidráulico, análisis de precipitaciones, altura de socavación.

ABSTRACT

Inadequate urban planning in our country has caused many buildings to be located near riverbanks, exposing themselves to great risks such as floods, caused by overflowing rivers, which affect not only homes, but also to agricultural crops, etc. and causing huge losses. Therefore, is very important the need to build riverside defenses to mitigate damage. In the present investigation, a hydrological and hydraulic modeling was designed for the pre-dimensioning of riverside defenses, in the section 8+000 to 14+080 km of the Chancay River - Huaral province, Lima department. The methodology used was non-experimental applied quantitative level. The sample has a length of 6,080 km. divided into two sections of the Chancay River, whose information was collected from the ANA and SENAMHI databases, the soil mechanics study and the topographic survey. Likewise, the hydrological and hydraulic modeling was carried out with the HEC - HMS and HEC - RAS software, respectively. As a result, maximum design flows are obtained for different return times: 25, 50, 100 and 500 years. These were 60 m³, 85.5m³, 114.9 m³ and 195.5 m³, respectively. The height of the dike for section I is 3.15 m and for section II it is 2.84 m.

Keywords: Hydrological and hydraulic modeling, rainfall analysis, scour height.

INTRODUCCIÓN

En el Perú, en la actualidad, se construyen muchas defensas ribereñas sin ningún tipo de estudio, simplemente se realizan de forma empírica o precaria. Según la Autoridad Nacional del Agua (ANA) se ha identificado más de 400 zonas que son vulnerables ante posibles inundaciones a nivel nacional, esto se debe a las constantes lluvias que se presentan a lo largo de todo el territorio nacional. En el periodo de 1970 – 2009 se vio afectado por 105 desastres que afectaron a 4.2 millones de peruanos. (MIDAGRE, 2013) Dentro de estas zonas vulnerables se encuentran las aledañas a la cuenca del río Chancay - Huaral que se han visto afectadas en numerosas oportunidades, siendo los casos más recientes los ocurridos en los años 2009, 2012 y 2017, y cada uno de ellos produjo daños a las viviendas, la agricultura, la ganadería, las vías de comunicación, la integridad física de las personas, etc.

Por esta razón, al estudiar los ríos y sus fajas marginales ha permitido la implementación de sistemas de prevención para evitar o reducir los daños ocasionados por estos desastres naturales, que suelen ser periódicos, aunque no predecibles por completo.

En el presente trabajo de investigación se tienen como objetivos específicos: El levantamiento topográfico, el análisis de la frecuencia de las precipitaciones máximas en 24 horas, el modelamiento hidrológico, el procesamiento de la topografía de la cuenca, el estudio de mecánica de suelos y por último, una modelación hidráulica, permitiendo de esta manera el modelamiento hidrológico e hidráulico para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay provincia Huaral, departamento Lima.

El presente estudio aborda esta problemática en el río Chancay, en un tramo específico del mismo, tratando de determinar cuáles serían las estructuras más idóneas como defensas ribereñas para tratar de prevenir o en última instancia, amenguar el impacto que un aumento súbito de su caudal

podría ocasionar en todas las zonas aledañas, tanto en los campos de cultivo, casas, ganado, etc., como en la integridad física y vida de las personas que allí se encuentren. Para esto se realizó los estudios respectivos de topografía, de suelos, etc., con el fin de establecer las mejores defensas ribereñas que se deberían de construir en la zona para la protección de la ciudadanía y sus bienes materiales.

Para realizar este trabajo de investigación se tuvo una capacitación rápida sobre el manejo del software HEC - HMS, HEC - RAS y el sistema de información de ArcGIS entre otros.

La presente investigación está estructurada en seis capítulos. El primero, trata sobre la descripción del problema, planteamiento del problema, importancia, justificación, limitaciones y viabilidad. En el segundo, se aborda los antecedentes internacionales y antecedentes nacionales, ambos en número de cinco, las bases teóricas y las hipótesis. En el tercero, se desarrolla el diseño, muestra, instrumentos, técnicas, procedimiento y variables. En el cuarto, se describen los objetivos específicos, se detalla cada uno de ellos y también se realiza el modelamiento hidrológico e hidráulico con el software HMS – RAS y el ArcGIS, llegando al pre dimensionamiento de las defensas ribereñas del río Chancay. En el quinto se analizan los resultados de la investigación. Y, en el sexto capítulo se reporta la contrastación de las hipótesis generales y específicas.

Finalmente se concluye con las recomendaciones, conclusiones, referencias bibliográficas y anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

Las civilizaciones, desde muchos siglos atrás, se sitúan comúnmente en lugares cercanos o sobre la misma faja marginal de los ríos para poder aprovechar el agua en sus actividades agrícolas, ganaderas o de consumo; sin embargo, situarse en la faja marginal lo expone a inundaciones cuando el caudal del río aumenta en cierto periodo de tiempo.

A nivel mundial, según la organización meteorológica mundial (OMM), las inundaciones han acabado con la vida de millones de seres humanos alrededor del mundo. Muestra también que alrededor del 79% de estos desastres naturales son causados por fenómenos hidrológicos o meteorológicos de grado extremo, los cuales ocasionan a su vez fuertes tormentas y la crecida de los ríos o cañones. Todo esto provocó cerca del 55% de los fallecimientos y alrededor del 86% del total de pérdidas del tipo económicas más significativas entre los años 1970 y 2012 (Meteored, 2019)

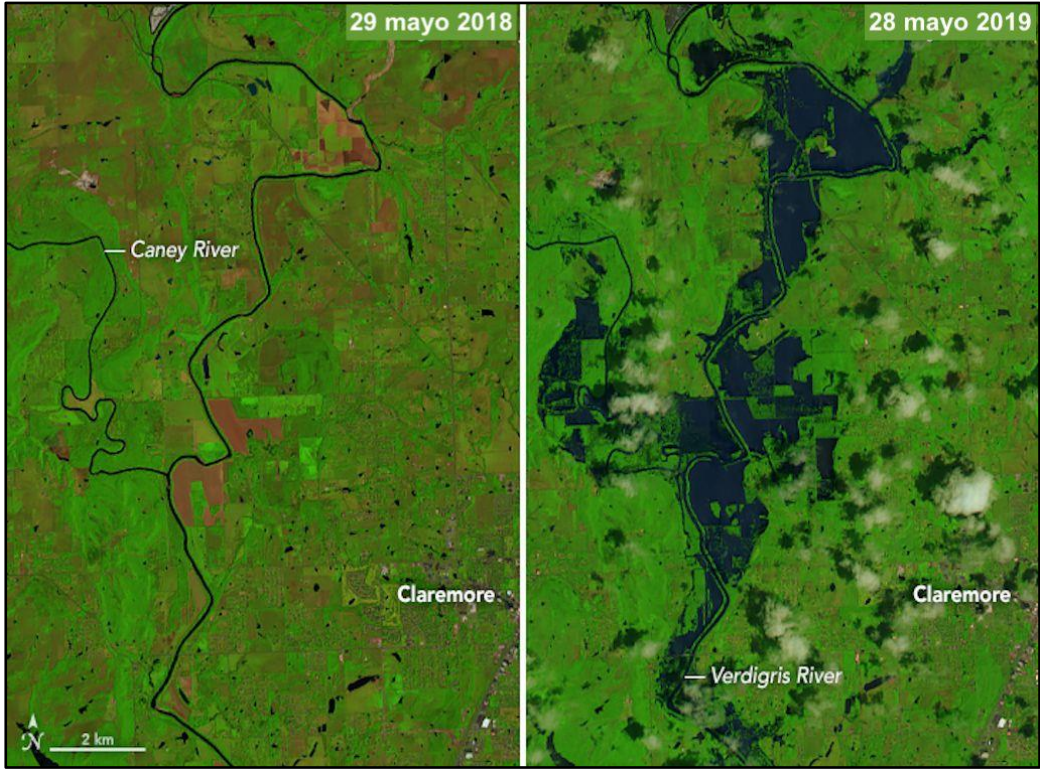


Figura 1: Comparación de inundación en el río Arkansas en EE. UU.

Fuente: Meterored (2019)

En lo que concierne a nivel regional, el tema de las inundaciones en los últimos 20 años tiene un registro aproximado de 548 de estos fenómenos, con unos 1000 millones de dólares en pérdidas y alrededor de 53 millones de personas fueron afectadas debido a estos fenómenos como se muestra en la imagen. (ONU, 2020)



Figura 2: Afectados por inundación en el salvador
Fuente: Morenos (2020)

En los últimos años registrados, las devastaciones causadas por los fenómenos de la naturaleza han ocasionado en el Caribe y Latinoamérica casi 160 millones de afectados. Entre los años 1970 - 2009, alrededor de unas 130,000 o más personas perdieron la vida como resultado de estos desastres y las pérdidas económicas ascendieron a casi 356,000 millones de dólares estadounidenses. De todos ellos, más del 60% fueron hechos que se relacionan con causas climáticas, debido en parte al cambio que ha experimentado el mismo. Además, el 80% de perdidas por estos desastres tuvieron lugar en zonas urbanizadas. En Latinoamérica se ha observado que existen principalmente dos condiciones que incrementan el riesgo: Los desastres de la naturaleza y la mala gestión urbanística. (Watanabe, 2015)



Figura 3: Vista de la ciudad de Concordia en Paraguay
Fuente: Diario las Américas (2015)

El Perú no es ajeno a estos desastres, tal es así, que en los últimos años las fuertes lluvias han provocado graves inundaciones en varios puntos de nuestro país. En contraposición, nuestro país sufre también de muchas sequías, las mismas que han ocasionado cuantiosas pérdidas, sobre todo en el ámbito de la agricultura y provocado una crisis en la población por falta de agua. (Senamhi, 2019)

El Perú estuvo en estado de emergencia entre finales de marzo e inicios del mes de abril, las fuertes lluvias provocaron más de 100 muertos y al menos 236.000 damnificados, principalmente en el norte y centro del país. El sistema educativo también se vio afectado: se destruyeron 253 instituciones educativas y 2.617 se vieron afectadas, lo que dejó a casi 200.000 niños sin poder regresar a la escuela. Todas las regiones del país se han visto afectadas por el fenómeno climatológico conocido como "El Niño costero". Debido al inusual calentamiento del Océano Pacífico, la costa del Perú está bañada por el mismo, el agua se evapora en grandes cantidades y cuando llega a la montaña el vapor de agua, este se condensa, provocando fuertes e inhabituales lluvias en la costa que provocan inundaciones, desbordes de ríos y deslizamientos de tierra, que en el Perú se les denomina "huaicos" en quechua. (Vega, 2017)

Según el CENEPRED, (2020) Centro Nacional de estimación Prevención y Reducción de Riesgos de Desastre, basado en el informe técnico del SENAMHI, pronosticaba para los meses de enero – marzo del 2021 una intensidad de lluvias por encima del promedio normal, con lo cual, la población expuesta a un riesgo muy alto de inundaciones eran aproximadamente 1'218,018 personas, siendo los departamentos de Loreto, San Martín, Ucayali y Madre de Dios los mas afectados, representando en su conjunto el 77% del total (934,853 habitantes) y el 23% restante (283,165 habitantes) la suma de otros 9 departamentos con mayor riesgo.

Asimismo, la población expuesta a un riesgo alto por inundaciones era alrededor de 8'160,689 personas, quienes se encontraban en mayor número en los departamentos de Lima, Puno, Cusco, Arequipa, Ancash, Ica, Junín, Cajamarca y Callao, que sumados eran el 82% (6'718,497 habitantes) del total y el 18% de la población restante (1'442,192 habitantes) se encontraban en los otros 12 departamentos que compartían similar riesgo.

Este pronóstico de lluvias fue para enero – marzo del 2021, con lo cual se estimó un riesgo muy alto de inundaciones para 56 distritos en 13 departamentos del Perú, estando expuestas un total de 3'768,175 personas; 306,389 viviendas; 754 establecimientos de salud; 4,149 instituciones educativas; 465,164 áreas de cultivo y 655,772 cabezas de ganado.

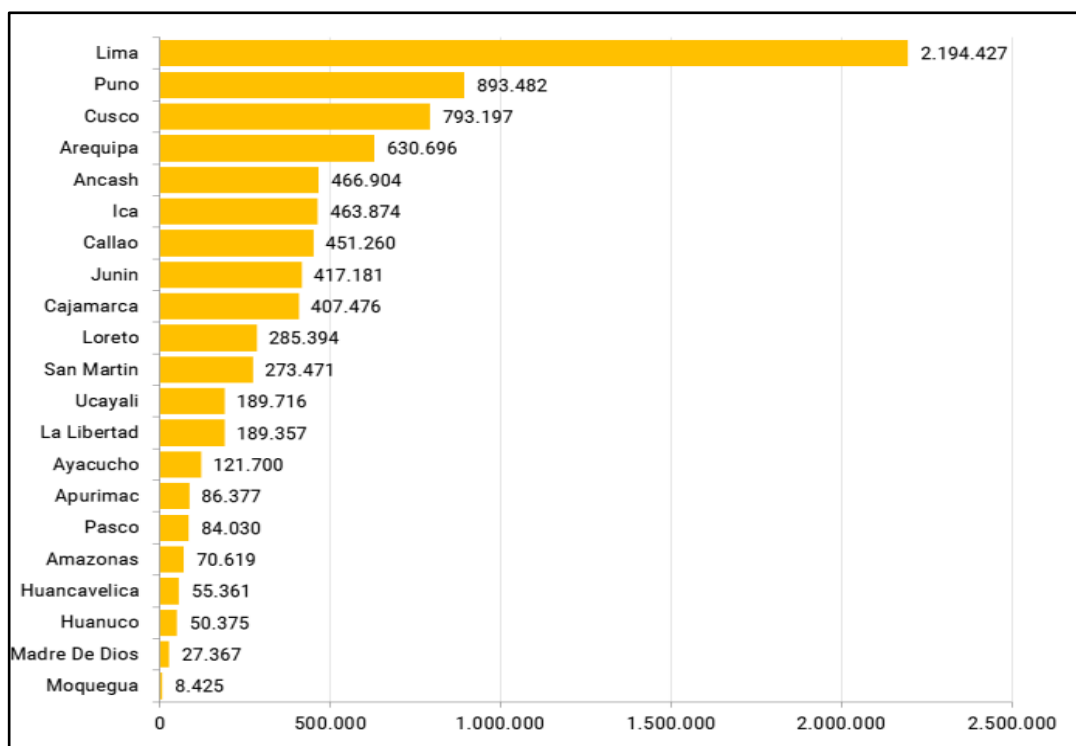


Figura 4: Población riesgo alto por inundación

Fuente: CENEPRED (2020)

Los ríos costeros se caracterizan por sus cuencas irregulares, aparecen durante las inundaciones y reducen su caudal durante la estación seca. Debido al continuo deterioro y evacuación, los cursos de los ríos son sinuosos e indefinidos en algunas partes. Este problema de los ríos es particularmente prominente en áreas donde se reduce la pendiente longitudinal, aumentando así el proceso natural de la sedimentación causado por una reducción de la velocidad de su flujo. Y debido a este fenómeno, se reduce el desnivel entre el lecho del río, la infraestructura urbana y la tierra agrícola, provocando inundaciones y / o erosión de la tierra cultivada. (Mayhuire, 2018)

Según (López, 2017) menciona "Del Océano Atlántico, gran parte de las lluvias provienen a través del Amazonas y eventualmente llueve en los Andes y en sus bordes occidentales hasta la costa. Toda la humedad se incrementa por la evaporación del agua de mar". De acuerdo con la información del "Informe de Intervención de Prevención de Emergencias y Desastres 2017" actualizado por la Defensoría del Pueblo al 11 de febrero, se han tomado 26 medidas de intervención reactiva ante diversos incidentes de lluvias

torrenciales, a lo largo de la ruta de la costa peruana, las crecidas del río e inundaciones como se ve en la imagen 6, lo cual se describe con el color o tono morado las intervenciones o interacciones reactivas contra las devastaciones de origen natural provocados por el “Niño costero” y con la coloración amarilla se aprecian los trabajos preventivos.



Figura 5: Mapa de la Defensoría

Fuente: López (2017)

Según (Davila & Celi, 1994), esta cuenca del río Chancay, en Huaral, se encuentra en la provincia de Lima en la costa central del Perú, cubre parte de la provincia de Chancay y descarga una cuenca hidrológica de 3.281 kilómetros cuadrados. Los estratos de la cuenca van desde el Cretácico Inferior hasta el Cuaternario Próximo, y se ven constituidos por muchas formaciones geológicas como una unidad del valle fluvial de la cuenca y son los estratos exógenos en donde los fenómenos geológicos ocurren con mayor frecuencia. De enero a marzo (verano costero), debido a las fuertes lluvias, el río se torna turbulento, provocando la erosión, el desborde e inundaciones del mismo, especialmente en el tramo medio y bajo de la cuenca, poniendo en peligro la seguridad de los proyectos viales, viviendas y tierras agrícolas circundantes.

Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), las fuertes lluvias provocaron que el caudal de los ríos de la capital y de sus provincias, como los ríos Rímac, Lurín, Chancay – Huaral,

Chillón y Mala, se encontraran en estado de alerta de tres niveles por aumento del caudal de sus aguas. Como la lluvia se produjo en la parte superior de estas cuencas, se superó el nivel de caudal promedio.

Por lo tanto, los pobladores se deben mantener alerta y abstenerse a realizar actividades cerca de las fajas marginales. (Inundaciones, 2017)

Tabla 1
Anomalías de Caudales

Río	Estación de Control	Caudal Promedio (m³/2)	Promedio Histórico (m³/s)	Anomalía %
Chancay	Santo Domingo	63.69	23.32	173
Huaral	Domingo			
Chillón	Obrajillo	18.73	8.08	132
Rímac	Chosica	60.66	41.06	46
Lurín	Antopucro	19.45	6.63	193
Mala	La Capilla	68.71	38.71	77

Fuente: SENAMHI Inundaciones (2017)

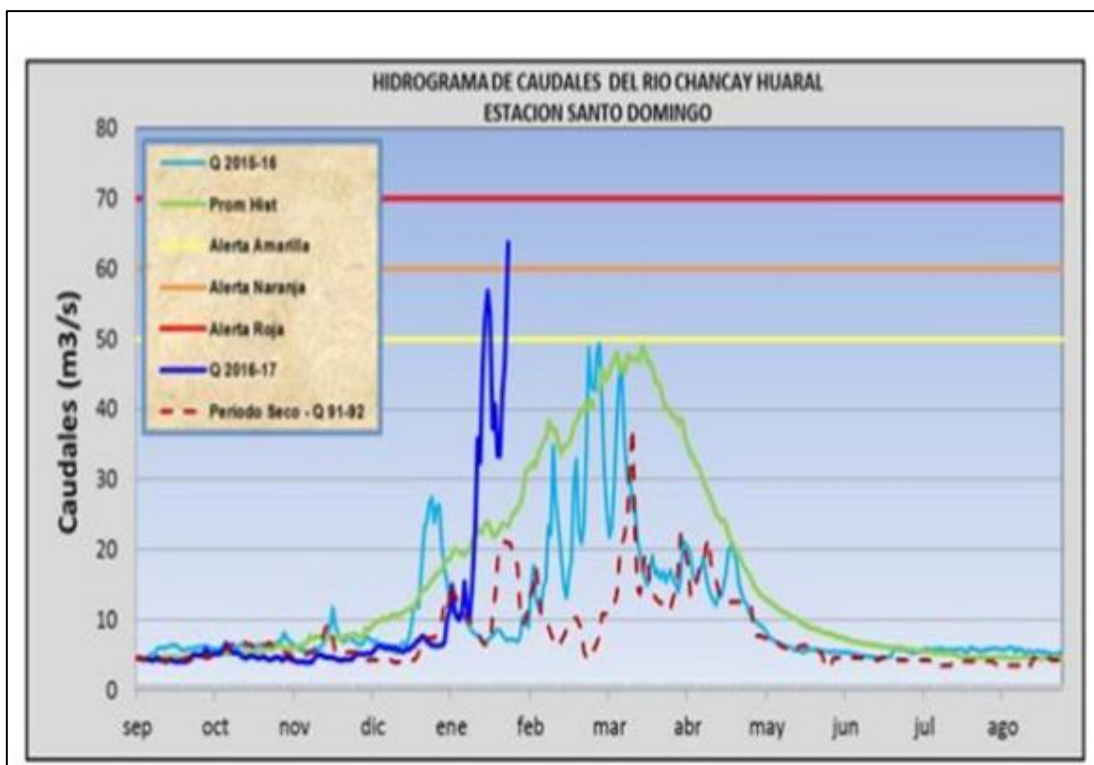


Figura 6: Histograma de caudales del río Chancay

Fuente: SENAMHI Inundaciones (2017)

El desborde del río Chancay se dio en el 2017, inundando varias casas de material noble y de adobe en las zonas urbanas del distrito de Huaral, como también en la carretera principal que conecta la sierra en ambos sentidos. (RPP, 2017)



Figura 7: Restaurante campestre San Blas bajo el agua

Fuente: RPP (2017)

A causa de estos hechos, las autoridades llegaron a coordinar entre sí para poner en marcha los planes de contingencia, que serán verificados con las fechas planificadas por las Autoridades Locales del Agua (ALA) de Chancay, con el objetivo de tomar acciones de prevención, como también ver la disponibilidad de la maquinaria pesada que será utilizada. (ANA, 2019)

1.2 Formulación del problema

Para llevar a cabo la presente investigación se consultó previamente a diez peritos de hidráulica e hidrología para un correcto análisis de la situación problemática con la finalidad de recabar sus experiencias sobre el tema, plasmando los resultados obtenidos en el diagrama de Ishikawa.

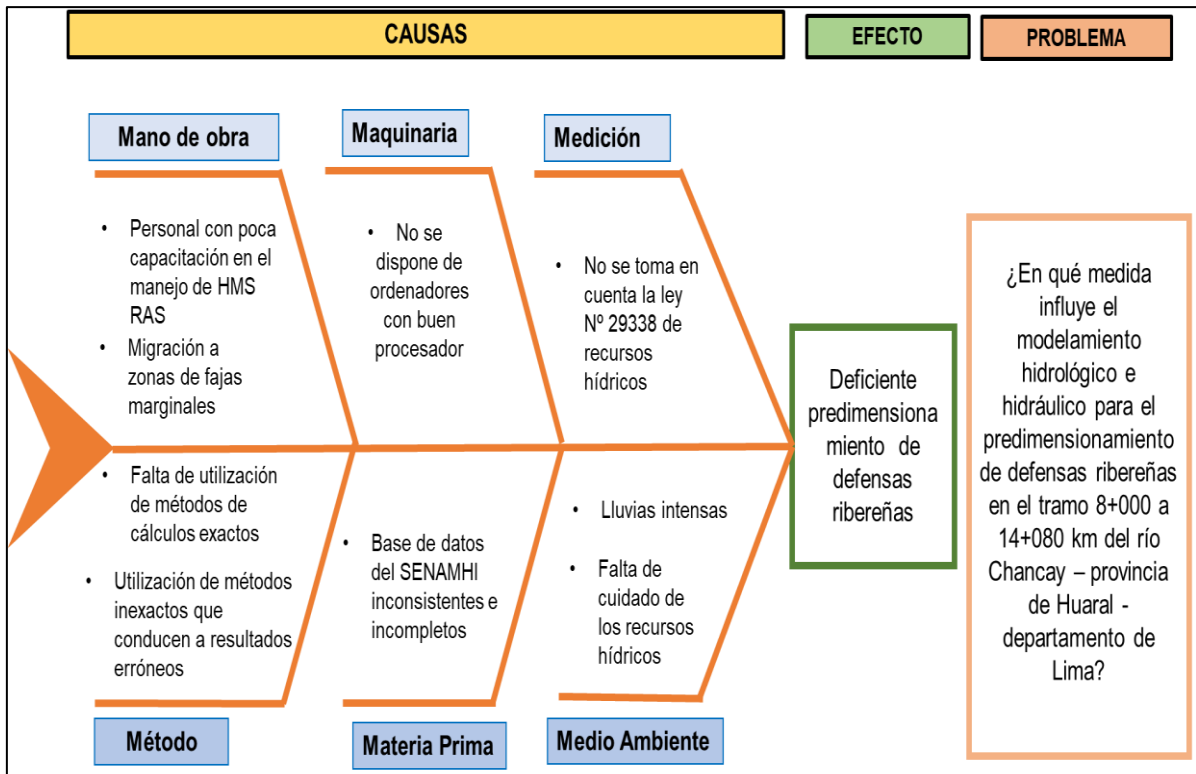


Figura 8: Diagrama de Ishikawa

Elaboración: Los autores

1.2.1 Problema general:

¿En qué medida influye el modelamiento hidrológico e hidráulico en el pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay – provincia Huaral – departamento de Lima?

1.1.2 Problemas específicos:

¿En qué medida influye el procesamiento de la topografía de la cuenca para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas del tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay – provincia Huaral – departamento de Lima?

¿En qué medida influye el análisis de frecuencia de las precipitaciones máximas en 24 horas para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas del tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay – provincia Huaral – departamento de Lima?

¿En qué medida influye el modelamiento hidrológico para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas del tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay – provincia Huaral – departamento de Lima?

¿En qué medida influye el levantamiento topográfico del cauce para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay – provincia Huaral – departamento de Lima?

¿En qué medida influye el estudio de mecánica de suelos para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay – provincia Huaral – departamento de Lima?

¿En qué medida influye la modelación hidráulica para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay – provincia Huaral – departamento de Lima?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general:

Elaborar el modelamiento hidrológico e hidráulico para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay – provincia Huaral – departamento de Lima.

1.3.2 Objetivos específicos:

Realizar el procesamiento de la topografía de la cuenca para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas del tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay – provincia Huaral – departamento de Lima.

Realizar el análisis de frecuencia de las precipitaciones máximas en 24 horas para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas del tramo

8+000 a 14+080 km del río Chancay – provincia Huaral – departamento de Lima.

Realizar el modelamiento hidrológico para el pre dimensionamiento de defensas ribereña del tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay – provincia Huaral – departamento de Lima.

Realizar el levantamiento topográfico del cauce para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el del tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay – provincia Huaral – departamento de Lima.

Realizar el estudio de mecánica de suelos para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay – provincia Huaral – departamento de Lima.

Realizar una modelación hidráulica para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay – provincia Huaral – departamento de Lima.

1.4 Impacto potencial

1.4.1 Impacto teórico

Aportará beneficios a futuro para la población en general del área de influencia del río Chancay, sobre todo a los agricultores, al mitigar o disminuir los efectos de una posible inundación, mediante el pre dimensionamiento de las defensas ribereñas.

Brindará conocimientos nuevos y actuales, permitiendo determinar nuevos mecanismos de mejoramiento y un mayor conocimiento sobre los caudales del río, para así llegar al modelamiento hidráulico e hidrológico. (HMS - RAS)

Es adaptable a nuestra realidad, que tiene un enfoque del pre dimensionamiento de defensas ribereñas para mitigar el desborde de los ríos en temporadas de lluvia excesivas, con posteriores inundaciones de las zonas

de influencia, como se da alrededor del mundo, por lo que el enfoque teórico se puede aplicar a diferentes realidades.

1.4.2 Impacto práctico

Beneficia a los investigadores y a los agricultores de la zona, porque mediante este trabajo de investigación se logrará un menor impacto en una posible inundación futura, ya que se conocerán los caudales máximos para así pre dimensionar y ver las alturas de ellas.

Servirá para la población aledaña al río Chancay que se ve afectada por los daños ocasionados por las inundaciones y para eso se logrará el pre dimensionamiento de defensas ribereñas.

La utilidad que tendrá es la de brindar conocimientos y también mayor facilidad para los ingenieros encargados de elaborar los expedientes técnicos de las defensas ribereñas de esta zona de estudio.

Resolverá o dará una solución al problema de inundaciones, permitiendo controlar o en su defecto mitigar los daños ocasionados por las inundaciones a los terrenos de cultivo, entre otros, en las épocas de lluvias máximas.

1.5 Justificación e importancia de la investigación

Este trabajo pretende encontrar el potencial de riesgo por inundación del río Chancay mediante la metodología HMS – RAS para así poder estudiar su comportamiento ante crecidas extremas y conocer las alturas de los caudales del río antes de que se desborde, de esta forma se podrá proponer soluciones preliminares ante esta problemática, como son las defensas ribereñas que ayudarán a la población de la provincia de Huaral departamento de Lima a tener una mayor seguridad y tranquilidad ante una crecida súbita del caudal del río.

Por eso esta tesis se justifica, debido a que permitirá conocer las áreas más expuestas o vulnerables a inundaciones con el fin de que los pobladores que viven en las fajas marginales del río Chancay tengan conocimiento de las consecuencias que provocan los desbordes, así podrán tomar las medidas

necesarias mediante una correcta planificación de prevención para mitigar los posibles daños.

1.6 Limitaciones

La existencia de limitaciones son pocas, porque la mayoría de esta información se halla registrada en el SENAMHI, ANA y la ley de recursos hídricos. De igual manera, se realizará diversos estudios, tales como el estudio de la mecánica de los suelos, el levantamiento topográfico, estudios geológicos y las modelaciones con el software del HEC - HMS y HEC - RAS y con los datos obtenidos poder definir el tipo más adecuado u óptimo de defensas ribereñas que se puedan implementar en esta área de estudio.

1.7 Viabilidad

Esta investigación estará a disposición de cualquier persona e institución que esté interesada en el tema o autoridades municipales o regionales que quieran ampliar al conocimiento sobre el mismo para tener un mejor manejo de gestión de riesgos.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

En esta tesis, se ha tomado en cuenta investigaciones internacionales, nacionales y también locales, que vayan en concordancia con la elaboración del proyecto de este trabajo de investigación.

2.1.1 Antecedentes internacionales

De acuerdo con (Kastridis & Stathis, 2020) “Evaluación de modelos hidrológicos e hidráulicos aplicados en cuencas hidrográficas no calibradas típicas del Mediterráneo mediante mediciones posteriores a crecidas repentinas” de la Universidad Aristóteles de Tesalónica, 54124 Salónica - Grecia.

La presente investigación tiene por objetivos: la simulación de episodios de inundación utilizando modelos hidrológicos e hidráulicos, la evaluación de la precisión de los modelos hidrológicos e hidráulicos comparados con un evento de inundación posterior, la calibración de los modelos en condiciones típicas y la interferencia humana en torrentes efímeros en el área de estudio.

Para eso se hizo una descripción de las cuencas hidrográficas típicas del Mediterráneo Vatonias, Kryoneri, Samara y Paliokastro (Grecia), luego se procedió a delinear las llanuras aluviales, posteriormente recopilaron información de inundaciones repentinas de los años 2006, 2010 y 2018 con todo esto se implementó un modelo hidrológico e hidráulico en las cuatro cuencas ya mencionadas, realizando procesos de validación utilizando mediciones posteriores a crecidas repentinas, se realizó un modelamiento hidráulico usando los valores de descarga de agua que fueron calculados y lo utilizaron para simular los eventos de inundaciones futuras.

Los resultados mostraron que la cubierta vegetal no fue suficiente para prevenir la generación de inundaciones repentinas, especialmente en cuencas pequeñas y con tiempos de concentración cortos, a pesar de la casi cobertura total del área de las cuencas hidrográficas (Kryoneri, Samara, Paliokastro) con densos bosques. Además, se demostró que la interferencia humana que influye en las características hidráulicas de las llanuras aluviales,

como la alternancia de la ruta física y las dimensiones de las corrientes principales, de generación de crecidas repentinas en el área de investigación.

Este trabajo de investigación termina confirmando que la evaluación revisada de los parámetros es un instrumento apropiado para la estimación mejorada y detallada y de la distribución espacial en toda el área de la cuenca.

Los resultados de los modelos hidrológico e hidráulico se validaron mediante mediciones posteriores a la inundación y este proceso reveló que la metodología era precisa, bastante sencilla de aplicar y también de repetir.

Según (Salazar, Hallack, Lopez, & Magaray, 2018) en su artículo de investigación “Modelación hidrológica e hidráulica de un río interurbano en una cuenca trasfronteriza con el apoyo del análisis regional de frecuencias” de la Universidad de baja California, México.

Plantea como objetivo principal el estimar la tormenta de diseño para los periodos de retorno de 20, 50, 100 y 500 años en la región semiárida de la subcuenca del Río Nuevo.

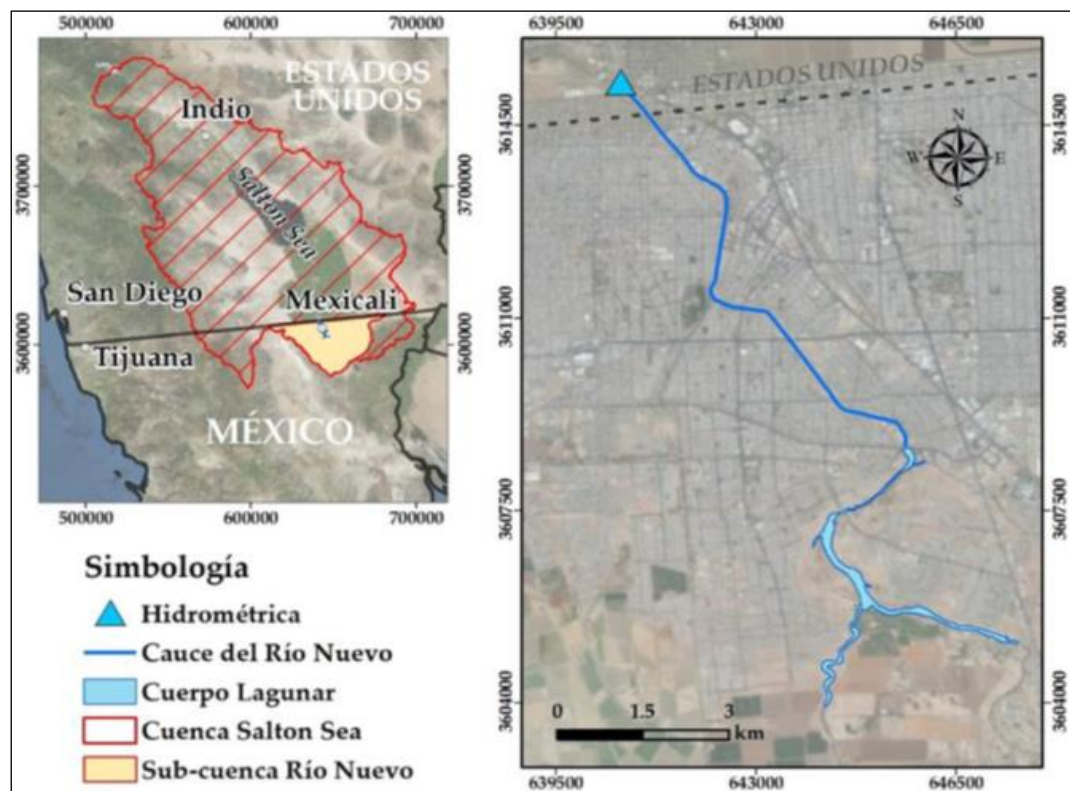


Figura 9: Río Nuevo - Hidrométrica

Fuente: Salazar, Hallack, López & Magaray (2018)

El mismo que se propone a través de un modelo que se basa en el desarrollo de un patrón o modelo hidráulico e hidrológico para diferentes tiempos del retorno con el estudio o análisis registrado de regularidad o frecuencia empleado por el HMS y RAS para determinar zonas vulnerables a inundaciones.

La investigación obtuvo como resultados que la zona inundada es 190.55 a 237.83 con una profundidad desde 0.10 hasta 6.0 m. y con ello se está arriesgando la infraestructura de la ciudad.

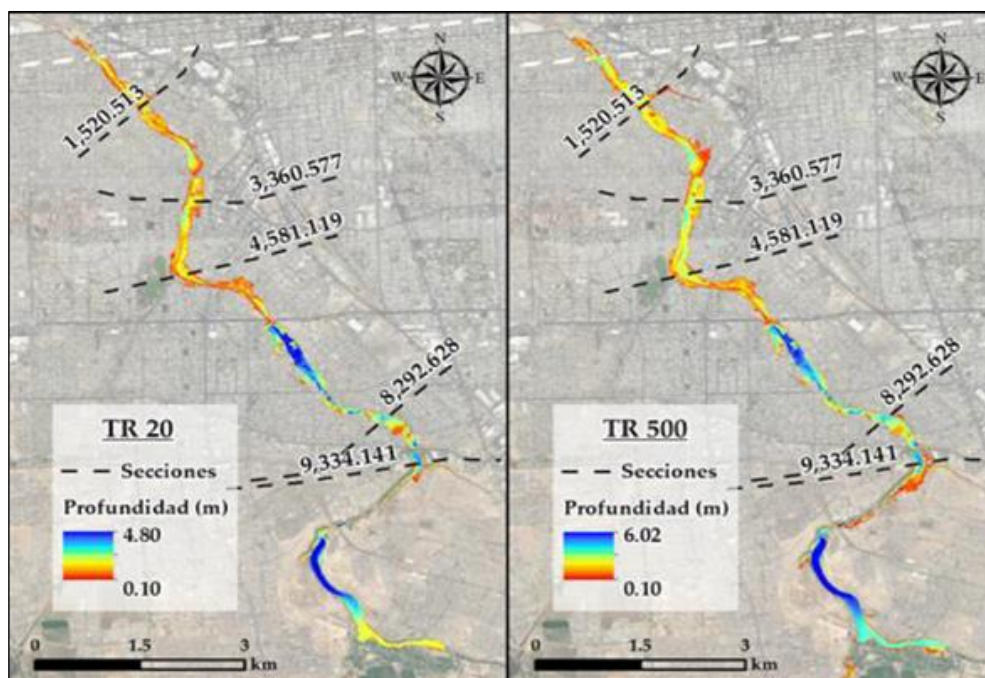


Figura 10: Río Nuevo – zona inundada

Fuente: Salazar, Hallack, López & Magaray (2018)

Dicho artículo de investigación concluyó que el apoyo de un ARF (Análisis regional de frecuencia). Permite sustentar el modelo hidrológico e hidráulica en el área que cuentan con pocas estaciones climatológicas del registro esto se llega con la herramienta HMS y RAS con el acoplamiento del modelamiento.

De acuerdo con (Pérez & Barbosa, 2018) en esta tesis, “Aplicación de modelo de simulación hidrológico é hidráulico Hec - Hms y Hec - Ras para la estimación de manchas de inundación a una escala de 1:25.000 en la cuenca del río Chicú” de la Universidad Santo Tomas Primer Claustro Universitario de Colombia.

Los autores plantearon el objetivo de la aplicación del modelo de simulación hidrológica e hidráulica HEC – HMS y HEC – RAS para la estimación de manchas de inundación a una escala de 1:25.000 en la cuenca del río Chicú, Bogotá - Colombia

En el periodo comprendido entre los años 2010 al 2011 se presentó una extrema precipitación en los afluyentes del río Bogotá que presentó un incremento del caudal de sus aguas, desbordándose e inundando la planicie, con lo cual sufrieron pérdidas económicas importantes.

El informe emitido el 30 de agosto de 2011 por IGAR, IDEAM y DANE en la provincia de Cundinamarca, con una superficie de 2'415,600 hectáreas, de las cuales el 8% son zonas de inundación periódica y el 69,2% son cambios importantes en la zona de inundación de la cuenca, los cuales están en línea

con los modelos hidrológicos e hidráulicos y esforzarse por representar el comportamiento hidrológico de la cuenca cuando exista evidencia de que se ve afectada por eventos climáticos extremos, a fin de evitar las pérdidas económicas y las pérdidas de vidas del municipio y complementar el software HEC – RAS al proporcionar una herramienta que pueda ser formulada para el plan de emergencia de estos eventos de cambio climático.

Esta cuenta tiene las características de sensibilidad a altibajos y parámetros de forma del lecho del río. De acuerdo con la curva de nivel de agua que la caracteriza como cuenca madura, la cuenca tiene un pendiente promedio baja y una variabilidad de altura baja, lo cual nos indica problemas sedimentarios.

El suelo y la cobertura de la cuenca son muy extensos porque se ubican en una zona baja, restringida por importantes cadenas montañosas como la Cordillera Oriental. Además, el suelo permite un buen drenaje a la capa subterránea y es un área importante para reponer agua al acuífero. Se puede concluir que, aunque el programa está diseñado para eventos de tormenta específicos, también es una buena herramienta para analizar e interpretar eventos extremos durante eventos consecutivos.

La altura máxima del lecho de agua de los diferentes tramos durante el período de retorno de 25 años alcanzó 1,40 m, y el nivel de inundación del segundo tramo alcanzó una altura de 1,60 m sobre el tramo hidráulico del río y finalmente sobre la ciudad. Se determina una altura de 0,80 m sobre la parte inferior de la cuenca. El dique es la estructura recomendada para controlar el máximo evento de precipitación, porque aumenta el caudal en el cauce, se recomienda también utilizarlo por el poco impacto en el ecosistema, bajo costo y fácil construcción.

De acuerdo con (Medina, 2018) en su tesis, “Evaluación hidráulica del río La Paz; tramo puente encuentro de los ríos Choqueyapu e Irpavi hasta la confluencia con el río Huayñajhuira, para una avenida máxima de 50 años de retorno” de la Universidad Mayor de San Andrés – Bolivia.

Su objetivo es Realizar la evaluación hidráulica del curso del río La Paz (Norte); sector puente de encuentro de los ríos Choqueyapu e Irpavi hasta la confluencia con el río Huayñajahuira, para una avenida máxima de 50 años de retorno y propuesta de medidas de prevención de desbordes e inundaciones.

En la metodología que han utilizado se describen las actividades a ser ejecutadas y los resultados que se generarán en el transcurso del estudio utilizando los materiales y con todos los datos recolectados se lleva a cabo una contrastación para someter a prueba las hipótesis planteadas y ver si se ajustan a la realidad.

Como también se ha usado con los valores de la lluvia del proyecto, parámetros morfométricos de las subcuencas y el número de curva ponderada del área de las subcuencas, se realiza el modelamiento para el cambio en diferentes climas sobre la escorrentía de la superficie (llamado también caudal) para efectos de determinar el hidrograma de la cuenca para un tiempo de retorno de 50 años. Es decir, obtener la máxima crecida del agua en la zona de estudio del puente, llamado encuentro entre los ríos Choqueyapu e Irpavi aguas abajo hasta el encuentro con el río Huayñajahuira a efectos de probar el mayor tamaño posible de la hidráulica del curso del río.

Los resultados son para la demarcación de la zona de la cuenca y subcuencas del río La Paz (Norte), se ha realizado con el modelo digital de terreno (MDT) SRTM de 30 m. de resolución espacial y el Software SWAT en la plataforma ArcGis (10.4) de forma automática, apoyado con la información del mapa de jurisdicción municipal (COMLIT) y la información toponímica de la cartografía nacional existente a escala 1:50000, que cubre el área de la cuenca y subcuencas de todo el río La Paz (Norte).

Concluyeron que más del 50% de los espacios geográficos de las cuencas de los ríos Irpavi, Achumani y Huayñajahuira se encuentran en zonas geológicas que resultan de procesos geomorfológicos recientes Silúricos y Triásicos en la que los suelos son de diversos grados de consolidación y diagénesis, donde el material predominante es suelto y frágil a la acción erosiva de la precipitación pluvial como son los suelos compuestos en su

generalidad de arenisca, arcillitas, lutitas y lavas poco resistentes a la erosión pluvial. Por estas características las cuencas de los ríos Irpavi y Achumani anualmente en época de lluvia arrastran gran cantidad de material como; piedras, clastro, arena gruesa y otros áridos.

Según (Moya & Alexander, 2018) en su investigación “Modelación hidráulica de un canal urbano en la ciudad de Bogotá, caso de estudio: canal río Negro” de la Universidad Católica de Colombia.

Se plantearon como objetivo realizar una modelación hidráulica sobre el canal urbano con el fin de establecer los niveles y caudales máximos que generan desbordamiento en su estructura para la evaluación del riesgo de inundación en su zona de influencia.

La metodología fue seguir los pasos de búsqueda de información, para lo cual es necesario procesar y analizar el plan del área de investigación generado por instituciones como (IGAC, IDECA). Asimismo, establecer los parámetros de las comunidades y canales más afectados, como su longitud, punto de partida y punto de descarga.

Asimismo, visitaron, relevaron, observaron y analizaron la sección transversal (pendiente y estructura) del canal, donde se necesita información, si el canal se ha expandido y el punto de transición del canal en términos de plano, sección o intersección. Continuando con el estudio topográfico, en la sucesión se resolverá el número de sondeos de la sección transversal con el fin de obtener su pendiente y realizar el corte, el cual se completará en la visita de relevamiento técnico, donde se ubicará el área de expansión y el cruce. Se conocerá el área seccional. Avenidas, planos de plantas y terrenos, se implementarán las dimensiones correspondientes del área afectada también estrecho, así como las alturas máximas y los límites de desbordamientos.

Se va a cumplir con un objetivo, específicamente el dos, “ejecutar un modelo de computación en el cauce del río Negro para saber con detalle su comportamiento hidráulico” se harán las actividades siguientes: llevar el modelo al programa HEC – RAS, establecer la topografía del canal en el guía

de computación HEC – RAS modelación hidráulica. Esta modelación se refiere en establecer caudales y niveles de desborde. Para la realización del siguiente objetivo, específicamente el tres: “Estudiar las alturas y flujos máximos que originarían desbordes en el canal y pudieran afectar su área de influencia”. Se harán las actividades siguientes:

Se examinarán las áreas de afectación, así como también un análisis topográfico, las áreas más vulnerables del canal y también las áreas de mayores inundaciones.

Estudio de la modelación, así como un pre diseño del canal en un papel con distintos flujos hasta una altura máxima previo al desborde.

Se concluye, que la formación del canal mantiene una figura trapezoidal en todo su recorrido con un recubrimiento de concreto, también tiene un nivel mínimo útil de dos metros y un nivel máximo útil de 4 metros, los cuales son medidos desde su fondo hasta el lugar o punto más alto en donde está su superficie cubierta con concreto.

Asimismo, con el uso de HEC – RAS pudimos determinar el comportamiento de las diversas secciones que se correspondan con el nivel de la lámina de agua y así poder determinar los flujos de rebasamiento en cada uno de los tramos, concluyendo finalmente que el punto más crítico y en donde se podrían producir los primeros desbordes está entre los kilómetros 1 + 127 de la sección 15 hasta el kilómetro 1 + 247 de la sección 18, en este segmento se comienzan a presentar desbordes con flujos de 7,3 m³/s lo que puede ser alarmante, al considerar que el caudal encontrado por precipitaciones durante el periodo de retorno de 50 años y con una duración de 20 minutos dio como resultado 8,65 m³/s.

2.1.2 Antecedentes nacionales

De acuerdo con (Maravi & Melchor, 2020) en su tesis “Análisis comparativo de defensas ribereñas para la mitigación de inundaciones del río Ica” de la Universidad Ricardo Palma.

Sostienen que, debido a las lluvias torrenciales, que vienen de Huancavelica y el fenómeno del niño, está propenso al desborde y por ende

a las inundaciones alrededor del cauce del río afectando pobladores viviendas y campos de cultivo, es por eso que el objetivo de su investigación se centra en efectuar el análisis comparativo de defensas ribereñas con la mitigación de la cuenca del río Ica.

La metodología que utilizaron los autores fue básicamente tomando como base el expediente técnico de “Control de desbordes e inundaciones en el río Ica y quebrada Cansas/Chancha Jalla”, por lo que usaron el criterio empírico, hojas de cálculo, normas técnicas vigentes nacionales y softwares profesionales.

La tesis tuvo como resultados un caudal de diseño de 771.91m³/s para un determinado tiempo de retorno de 140 años, así también la velocidad máxima de 5.05 m/s hallada con el HEC – RAS y un tirante de 4,82 m. de altura y en el análisis de los 3 sistemas mediante aspectos técnicos y económicos los cuales son:

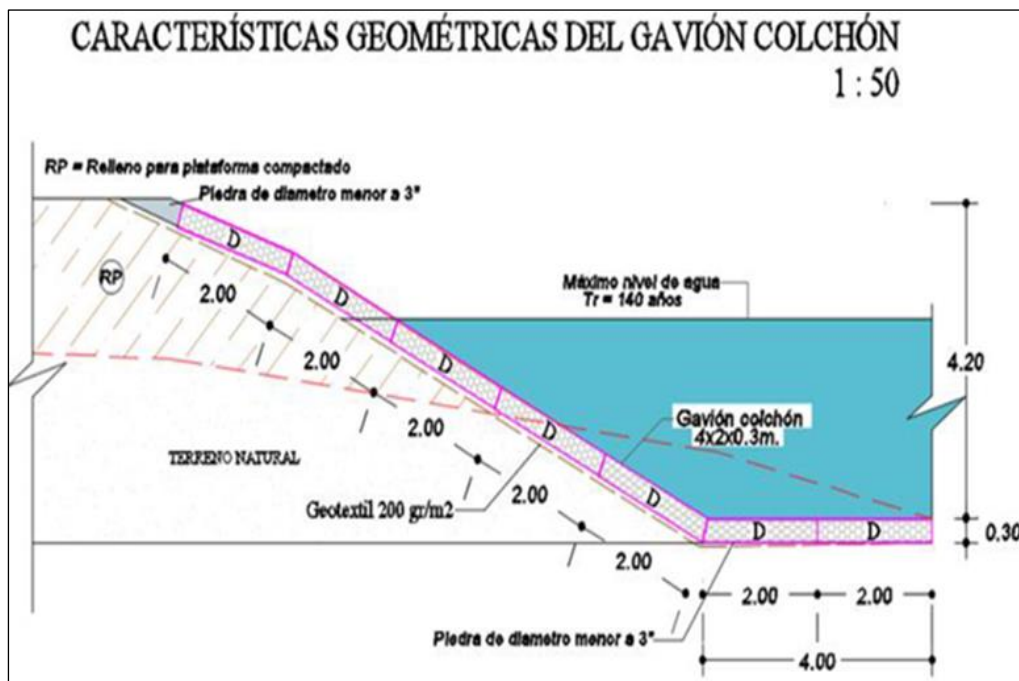


Figura 11: Gavión colchón en la sección más crítica

Fuente: Maravi & Melchor (2020)

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL GAVIÓN CAJA

1 : 50

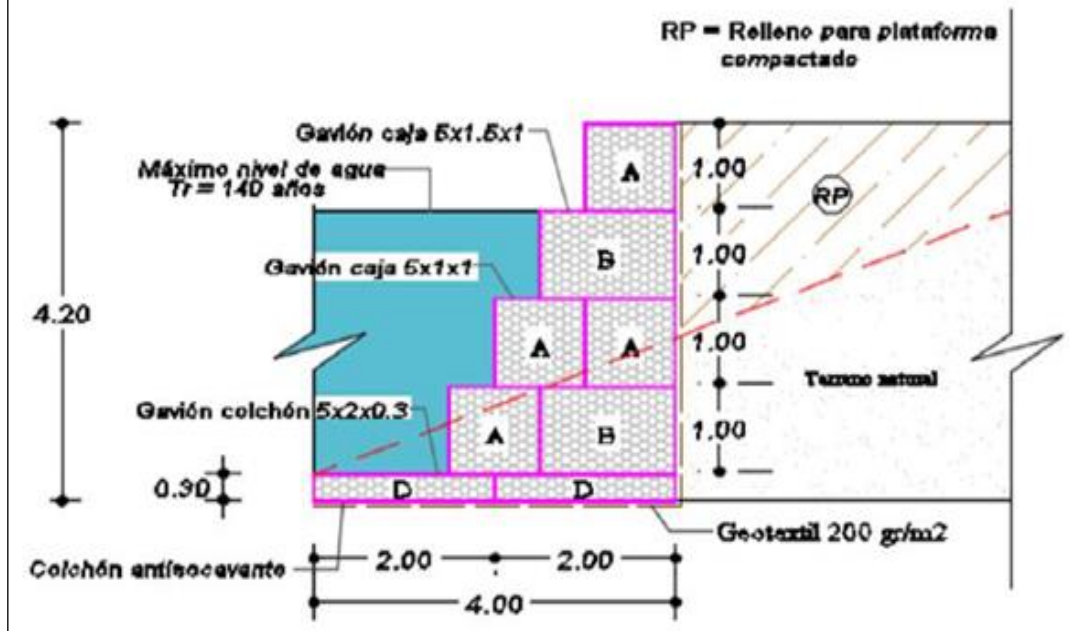


Figura 12: Caja en la sección más crítica de gavión

Fuente: Maravi & Melchor (2020)

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL MURO DE CONTENCIÓN DE CONCRETO

1 : 50

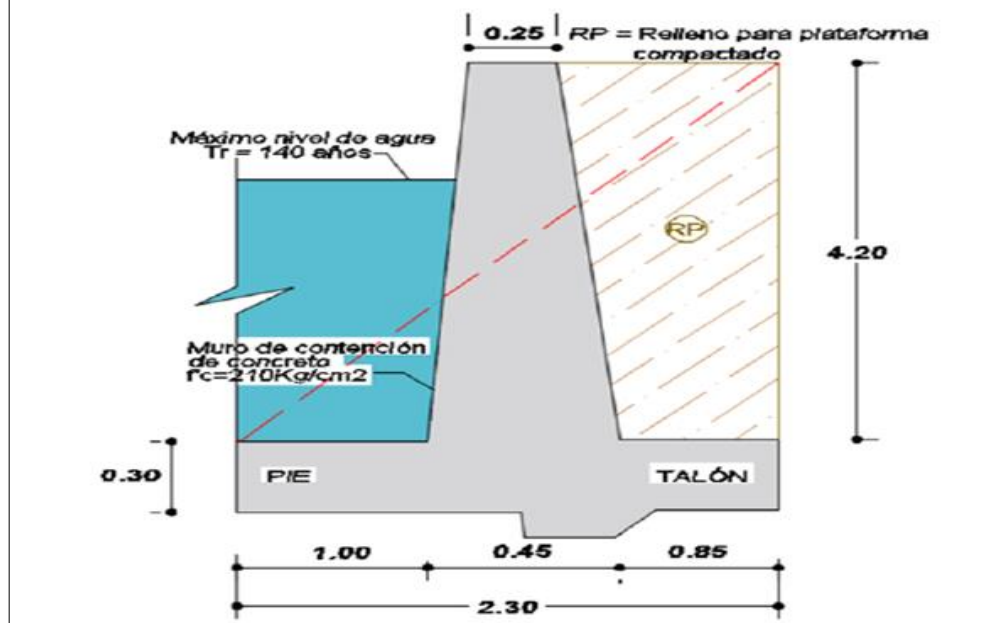


Figura 13: Muro de contención en la sección más crítica

Fuente: Maravi & Melchor (2020)

El presupuesto del gavión colchón asciende a un monto de S/59'038,279.68, el del muro de gavión caja asciende a un monto de S/52'040,849.04 y el de muro de contención asciende a un monto de S/79'118,212.47.

Es así como la investigación concluyó que la mejor propuesta tanto económica como técnica y analizando todos los estudios previos realizados y analizados es la defensa ribereña de muro de gavión caja por lo descrito líneas arriba.

Según Orellana, (2021) en su tesis denominado “Modelamiento hidrológico e hidráulico para el análisis de las inundaciones en la ciudad de Piura utilizando HEC – HMS y HEC – RAS” de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Plantea generar un análisis hidrológico de la cuenca del río Piura, así como en la zona urbana que colinda con la cuenca y un modelo hidráulico, que a partir del análisis de los hidrogramas de avenida en diferentes tiempos de retorno permitirá identificar las áreas propensas a inundaciones que de no realizar las correcciones que se indican causarían mucho daño.

Para lo cual el autor trabajó en 3 etapas, el análisis de precipitaciones, el modelamiento hidrológico y el modelamiento hidráulico, para ello, primero recopiló todas las precipitaciones de 24 horas ubicada en las estaciones que pertenecen a la cuenca del río Piura, el cual fue complementando la información de las precipitaciones con la ayuda de base de datos de PISCO, con eso se seleccionó las máximas precipitaciones anuales para la prueba de datos dudosos, para finalmente determinar la lluvia de diseño para los diferentes tiempos de retorno.

Luego procesó el modelo de cálculo digital con el HEC – GeoHMS en ArcGIS para delimitar las subcuencas para poder ingresar los datos en el HEC – HMS. Luego se procesaron los hietogramas de precipitaciones, se calibró el modelo sobre la base de eventos puntuales en donde ocurrieron avenidas extremas y, con el modelo ya calibrado, se calcularon los hidrogramas de crecida para distintos tiempos de retorno.

Para culminar se procesaron los terrenos que estaban aledaños al río Piura para poder exportar la data a el HEC – RAS. Luego se evaluó la data importada y se estimó el coeficiente de rugosidad de Manning, para luego calibrar el modelo hidráulico y para que finalmente se tuvieran los planos de inundaciones para diversos tiempos de retorno para proponer medidas de control.

Los resultados que obtuvo el autor con respecto a las precipitaciones complementados con la base de datos PISCO.

EST. AÑO	Barrios	Chignia	Canchaque	Chalaco	Chulucanas	Chusis	Frias	Hacienda Bucata	Huarmaca	Malacasi	Miraflores	Morropón	Pasapampa	San Joaquín	San Pedro	Santo Domingo	Tejedores	Virrey
1981	75	107	81	32	75	5	67	126	83	167	18	171	54	24	104	66	30	141
1982	73	39	117	73	32	4	68	75	90	69	7	59	97	22	57	71	16	75
1983	120	76	122	85	203	136	121	75	111	88	151	153	51	176	168	118	53	224
1984	70	53	81	50	31	9	52	6	62	26	13	41	53	32	37	60	17	37
1985	45	31	45	22	30	0	67	30	54	15	16	32	31	11	69	34	7	25
1986	63	19	33	36	11	2	41	21	55	13	6	21	42	23	24	50	5	3
1987	106	74	137	34	75	30	78	101	51	90	35	86	42	94	101	73	34	104
1988	28	27	39	41	8	5	38	20	42	15	5	12	43	5	14	37	12	3
1989	73	68	122	81	110	6	67	31	84	38	10	71	54	68	109	97	33	42
1990	26	10	24	35	20	1	41	9	37	6	2	6	25	1	18	34	3	2
1991	64	32	35	48	12	2	164	12	52	7	4	15	86	4	25	53	13	1
1992	106	131	124	65	85	30	82	77	78	100	107	90	58	107	99	126	40	119
1993	136	58	76	38	79	17	94	100	44	69	35	47	83	58	133	82	34	56
1994	76	54	85	55	46	11	122	88	45	37	25	77	92	36	72	70	24	89
1995	51	18	66	56	29	3	40	40	77	30	7	66	63	11	35	59	9	41
1996	32	13	36	26	23	1	42	20	26	27	2	60	48	2	37	31	7	6
1997	67	39	108	56	40	17	60	54	72	31	50	61	49	25	54	33	23	47
1998	206	169	207	65	122	116	91	240	92	251	174	151	68	167	142	118	60	231
1999	110	69	113	61	96	13	128	50	130	72	16	73	101	38	75	71	33	43
2000	158	84	165	56	51	11	92	94	99	96	13	78	70	20	76	87	17	54
2001	102	89	126	78	85	15	92	67	69	94	62	74	54	150	81	49	59	97
2002	150	111	172	73	99	45	147	90	111	89	92	130	147	185	199	61	67	113
2003	92	27	76	53	27	7	75	70	40	51	16	33	55	17	65	46	10	21
2004	38	15	41	36	26	2	45	41	38	25	4	47	64	6	21	63	6	8
2005	114	80	137	37	47	4	74	55	48	71	10	57	68	26	65	81	9	56
2006	142	85	153	48	44	21	120	91	81	74	13	75	86	38	107	103	28	143
2007	110	44	141	52	24	3	46	37	39	29	6	58	61	8	55	61	12	19
2008	157	113	179	55	135	14	104	79	114	87	33	108	119	87	110	96	38	95
2009	85	167	124	66	74	11	165	58	56	44	18	95	85	33	95	110	31	148
2010	154	110	163	103	58	7	138	74	145	75	35	81	139	70	56	80	37	76
2011	145	45	145	51	45	6	117	72	48	77	9	101	108	12	140	55	16	69
2012	130	148	163	57	152	17	113	108	72	86	25	120	93	65	110	83	31	219
2013	44	35	34	39	52	43	61	22	41	43	23	55	40	35	95	44	16	54
2014	59	32	72	64	10	1	52	34	37	35	15	14	53	6	21	66	3	17
2015	105	74	115	48	76	4	78	66	81	90	34	104	56	69	107	93	38	139
2016	99	77	145	67	60	13	121	96	83	55	107	71	53	70	99	104	31	40

Figura 14: Precipitación máxima de 24 horas completada con PISCO

Fuente: Orellana (2021)

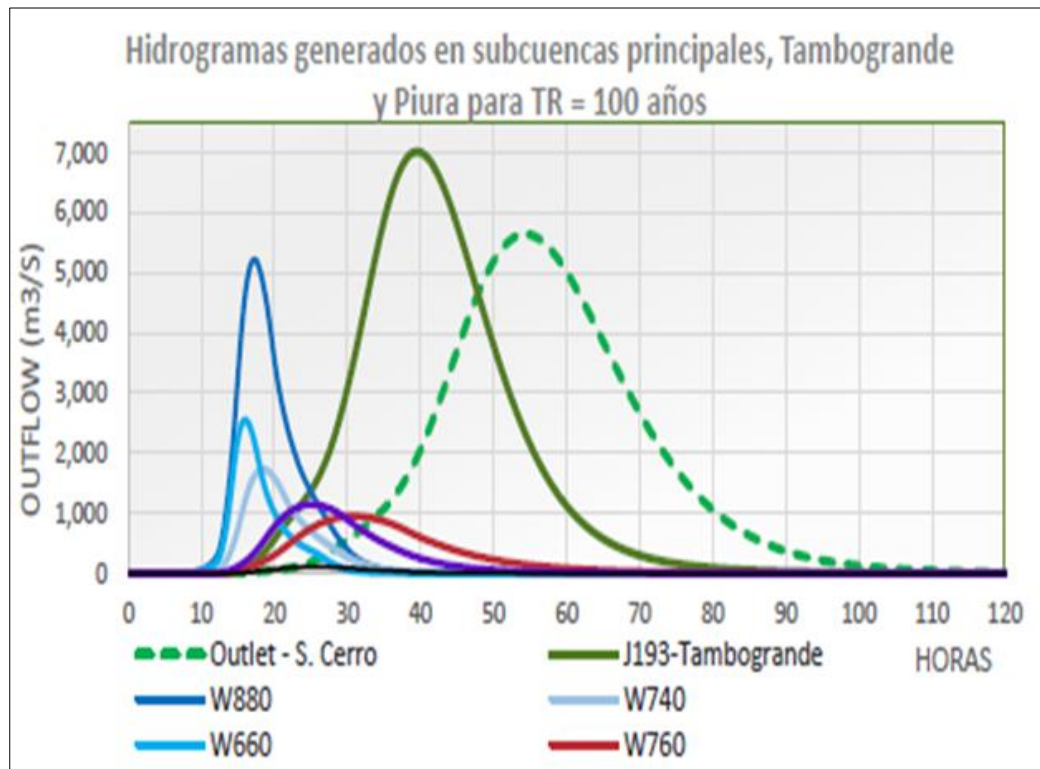


Figura 15: Hidrograma de avenidas para TR = 100 años
Fuente: Orellana (2021)

La figura muestra los caudales máximos instantáneos para diferentes periodos de retorno que presentaría el río Piura en la estación Sánchez Cerro.

Tabla 2
Caudal Máximo

TR (años)	Q máx. (m ³ /s)
25	3,202
50	4,091
100	5,477
500	9,754

Fuente: Orellana (2021)

Es así como el autor sostuvo en su investigación para diferentes tiempos de retorno y simuló el evento del 27 de marzo del año 2017, en donde el río Piura alcanzó un caudal máximo de 3,468 m³/s el cual provocó la inundación de los distritos de Piura y Castilla.

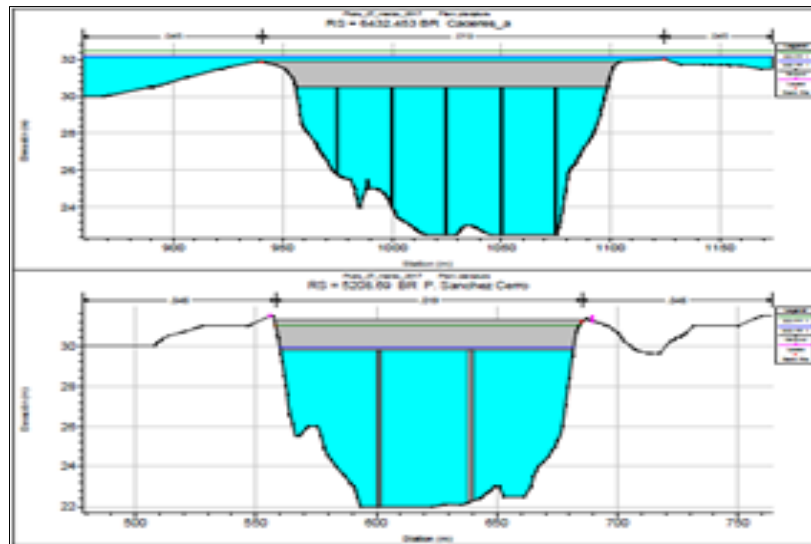


Figura 16: Nivel alcanzado en 2017

Fuente: Orellana (2021)

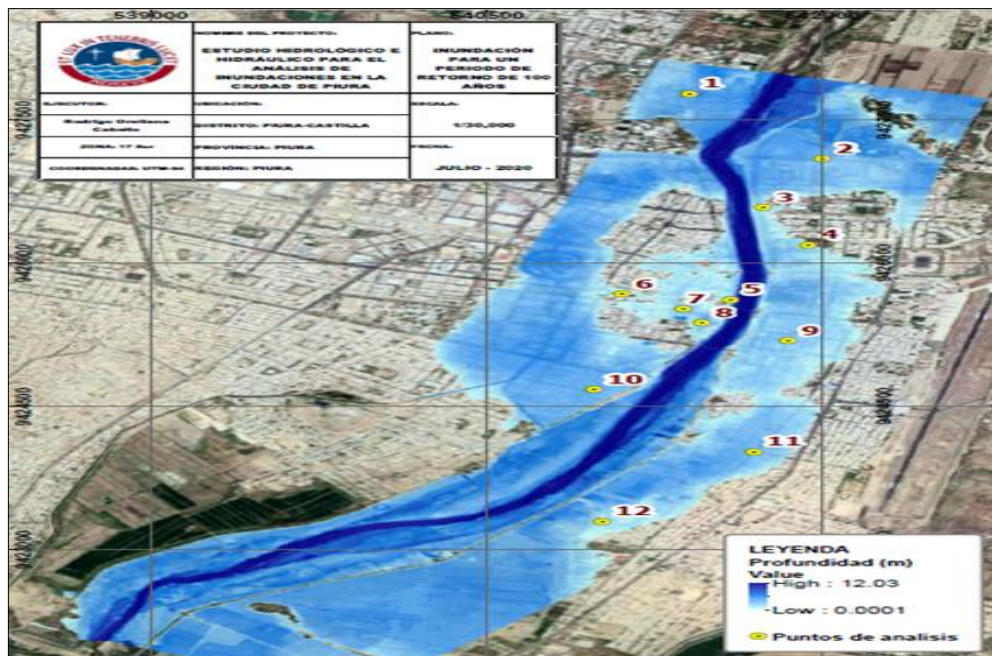


Figura 17: Mapa de simulación para un tiempo de retorno de 100 años

Fuente: Orellana (2021)

Las conclusiones que detallaron el modelamiento hidrológico e hidráulico llevado a cabo indican que la capacidad del río en el tema hidráulico, en los cuales también están inmersos obras como muros de encauzamiento en el tramo urbano y los diques de tierra en el suburbano, no satisface la demanda asociada a caudales mayores a un TR de 25 años.

Es por eso que el autor considera que tienen que ser consideradas una variedad de alternativas estructurales y no estructurales dentro de la planificación e incluso se deben ejecutar proyectos de represas, diques, muros de contención, salida del río hacia el mar y control y mantenimiento de riberas.

Con respecto al análisis de las precipitaciones, el autor concluyó que los fenómenos extremos que se originan en toda la cuenca del río Piura presentan una alta variabilidad principalmente en las precipitaciones y los aportes anuales del río, así como también, el modelo hidrológico de la cuenca del río Piura no resulta sencillo, además de presentarse de manera simultánea, es por eso que se consideró las situaciones más críticas.

También el autor concluye de su investigación, que para un periodo de retorno de 100 años la avenida máxima estimada es de 5,477 m³/s es así también que el modelo hidráulico se calibro en función a los niveles de agua que se registraron durante la inundación del 2017, obteniendo muchas

similitudes con zonas de inundación. La zona más crítica y las más afectadas siempre serán las que estén aguas arriba del puente Avelino Cáceres.

El autor cierra las conclusiones aseverando que el controlar las avenidas demanda de estructuras de retención como presas y embalses.

Según (Mesa, 2019) en su tesis “Diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña del río Tarma en el sector de Santo Domingo - Palca - Tarma” de la Universidad Católica sedes Sapientiae.

Tiene por objetivo determinar las zonas con alto riesgo de sufrir inundaciones mediante el modelamiento hidrológico e hidráulico para poder hacer un diseño de defensas ribereñas a lo largo de la cuenca del río Tarma, provincia de Tarma.

Para ello la autora analizó el lugar de estudio para determinar el comportamiento de las avenidas máximas y mínimas del cauce, así como la toma y procesamiento de la información cartográfica y de los estudios de suelos. Luego realizó el estudio hidrológico en el que logra calcular el caudal de diseño para distintos tiempos de retorno y posteriormente determinó las zonas de inundación con la ayuda de la topografía del cauce con el HEC – HMS y HEC – RAS realizó el modelo hidráulico y con todos estos pasos pudo finalmente proponer las defensas ribereñas.

Dando como resultados del estudio topográfico, las curvas de nivel y secciones del cauce, además que del estudio de suelos se determinó que el ángulo de fricción es de 38.6 y clasificación SUCS = gw grava totalmente gradada con respecto al HMS se estructurará que el caudal es de 219.60 m³/s. y la escurritía de 10.92 mm, así también con el modelo hidráulico se determinó que el área en estudio presenta vulnerabilidad de desborde del río con una cobertura de avenida de 5,850.00 m² con una etapa de retorno de 100 años, también sostiene por sus análisis que el muro gavión y muro de gravedad en las progresivas 020 a 0105 dado que ese tramo es el más adecuado y susceptible a inundaciones.

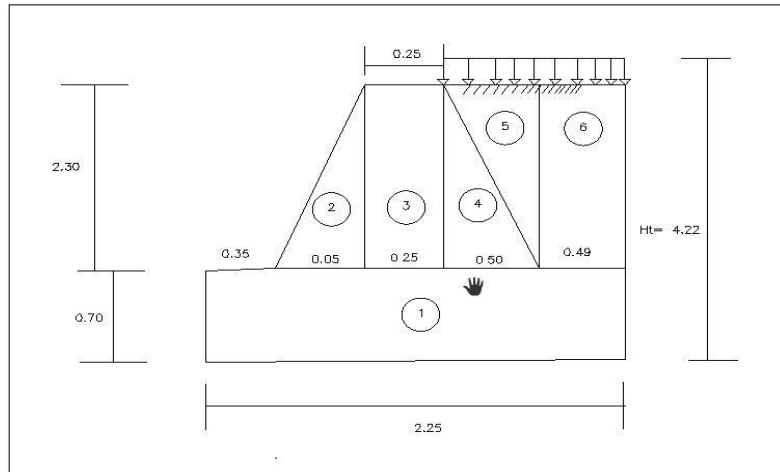


Figura 18: Diseño de muro de gravedad
 Fuente: Mesa (2019)

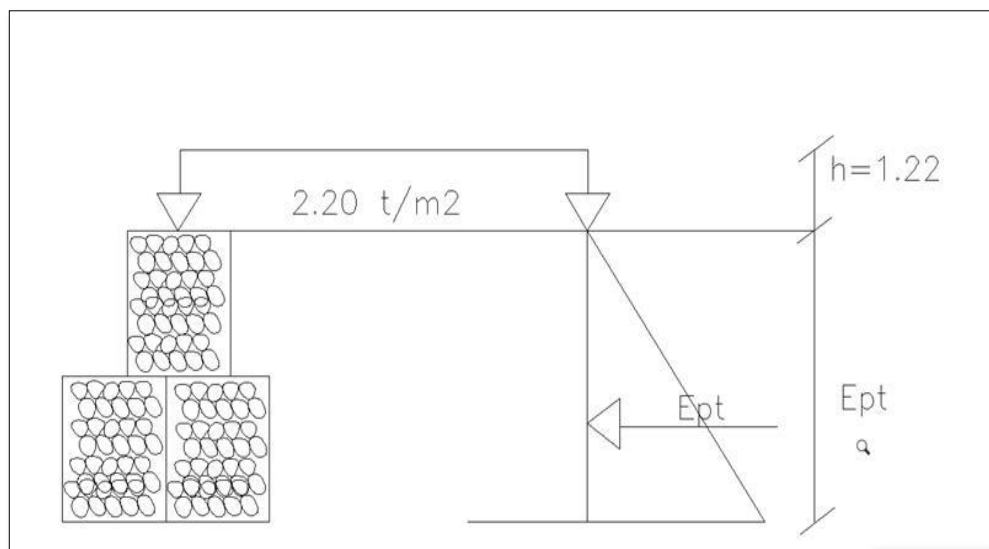


Figura 19: Diseño de muro de gravedad
 Fuente: Mesa (2019)

La investigación tiene sus conclusiones por los estudios de levantamiento topográfico, análisis de suelos y del campo, que influyó en el conocimiento del comportamiento en escenarios normales y en máximas avenidas, también que el HEC – HMS permite simular eventos de inundación,

así como que el modelo hidráulico influyo de manera importante en la identificación de las zonas de riesgo y finalmente que se construya un muro de gavión y muro de contención.

De acuerdo con (Gerónimo, Mesías, Quipe, & Ramos, 2021) en su investigación “Propuesta de defensa ribereña utilizando el programa River para reducir los daños de socavación e inundación en el tramo del puente Los Ángeles del río Rímac” de la Universidad San Ignacio de Loyola.

Plantean como principal objetivo el desarrollar una propuesta de defensa ribereña mediante un programa para mitigar los riesgos causados por inundaciones y socavación en la zona 18 perteneciente al distrito de Chaclacayo - región Lima.

Para esto los autores llevaron a cabo su investigación revisando la normativa vigente correspondiente para poder proponer la mejor defensa ribereña de acuerdo a las peculiaridades identificadas del tramo de investigación, además desarrollaron un análisis hidrológico de los datos de SENAMHI y ANA mediante un método estadístico, así también se hizo las conjeturas de socavación mediante la planificación River para determinar la profundidad de las bases, luego realizaron el análisis y diseño de la defensa ribereña aplicando un programa que reduzca las avenidas máximas el cual es el River, que simula las dimensiones más cercanas posibles de las defensas y la altura de socavación. Y finalmente, con los datos obtenidos diseñaron la defensa ribereña (Enrocado) que garantizará prevenir o amenguar los daños por caudales críticos e intensas lluvias.

Los resultados obtenidos fueron el caudal máximo que fue de 388.805 m³/s, una altura de socavación de 1.60m. El enrocado tendrá unas dimensiones con una altura de 5.80m y finalmente para el tramo de estudio el enrocado diseñado tuvo un costo aproximado de S/ 50,638.31 soles.

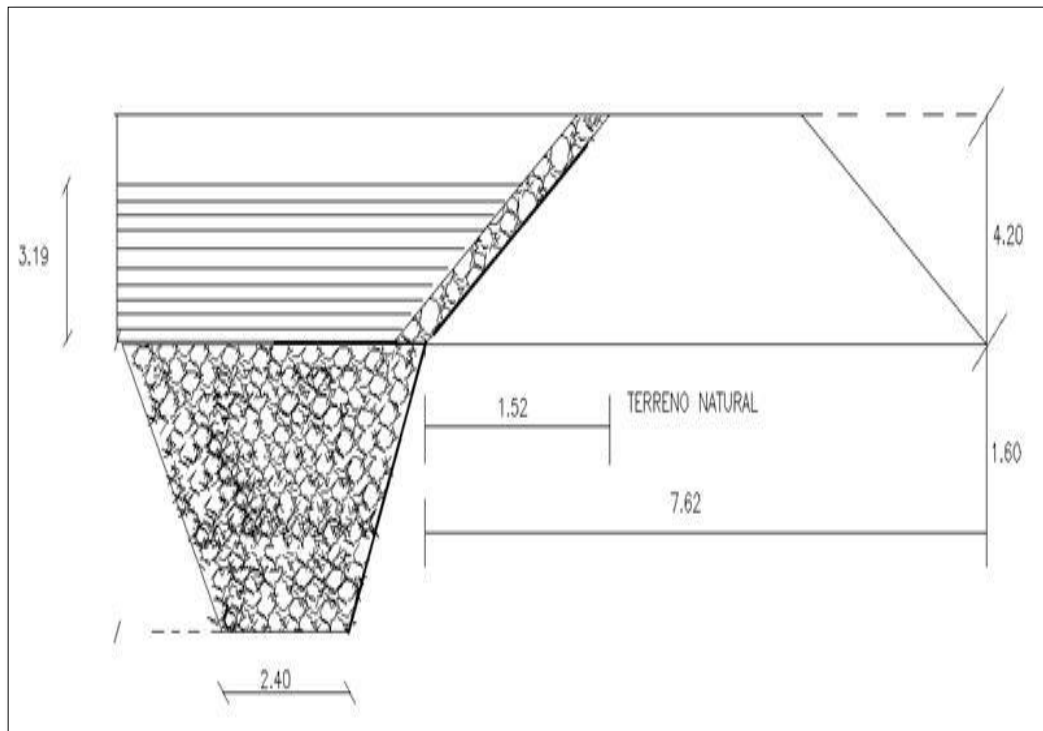


Figura 20: Diseño Enrocado

Fuente: Gerónimo, Masías, Quispe & Ramos (2021)

Los autores concluyeron que la investigación cumplió los objetivos de diseñar la defensa ribereña, en este caso el enrocado, del tramo de estudio y que se cumplió con todos los parámetros basándose en los estudios probabilísticos y del apoyo de la herramienta que resultó de gran ayuda y precisión para la investigación que se plantearon.

Según (Chong & Silva, 2018) en su tesis “Diseño de defensas ribereñas para el encauzamiento en las zonas vulnerables de la quebrada Lupín, Huarmey - Ancash” plantearon como su principal objetivo diseñar defensas ribereñas y analizar su influencia en las zonas vulnerables de la quebrada Lupín.

La metodología que realizaron los autores empezó con la inspección del área de estudio para determinar las zonas de inundaciones y desbordes, también realizaron calicatas para el estudio de los suelos. Estos ensayos les permitieron determinar si se podía usar material del sitio o si se necesitaría material de préstamo para la construcción. De igual manera para su investigación revisaron la topografía de la zona, también reportaron los daños con la ayuda del INDECI y finalmente se analizaron los datos pluviométricos históricos.

Las conclusiones de la modelación hidrológica arrojaron para un distinto tiempo de retorno de 10 años de 4m³/s, de 20 años de 9.7 m³/s, de 50 años de 22.7 m³/s y para 100 años de 26.9m³/s, de igual manera el modelo hidráulico presentó el siguiente cuadro de zonas de riesgo de inundaciones y diseñaron un dique con las características requeridas para las máximas avenidas determinadas.

Tabla 3

Área de Peligro de inundaciones de la quebrada Lupín

PELIGRO A INUNDACIÓN					
Descripción		Área (Ha)			
		TR10	TR25	TR50	TR100
Área futuros de cultivo	Indirectamente	52.6	52.6	52.6	52.6
Áreas vulnerables de cantera	Directamente	104	104	104	104
Área futuros de cultivo	Indirectamente	598	598	598	598

Fuente: Chong & Silva (2018)

La investigación concluyó con diseñar un dique de tierra cuya sección trapezoidal resulto ser lo mejor para esa área de estudio para el encauzamiento de 1'008,000.0 m³, así mismo lograron determinar los factores que generan directamente en la crecida de la quebrada y finalmente lograron con su investigación reducir el área vulnerable en un 90%.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Cuencas hidrográficas

Según (Valdivia, 2014) Es la parte del terreno que drena por un sistema único y natural de drenaje. Una cuenca hidrológica se delimita por la parte de un río a la que se refiere y definida por la línea montañosa (también llamada "cuenca" o "cuenca") en la parte de referencia. A medida que avanza río abajo, terreno que drena por un sistema único y natural de drenaje aumenta. Una cuenca hidrológica y el acuífero son las unidades básicas de hidrología. Desde la perspectiva de su salida o drenaje, existen dos tipos de cuencas: flujo interno (cerrado) y flujo externo (abierto) como se muestras en la imagen.

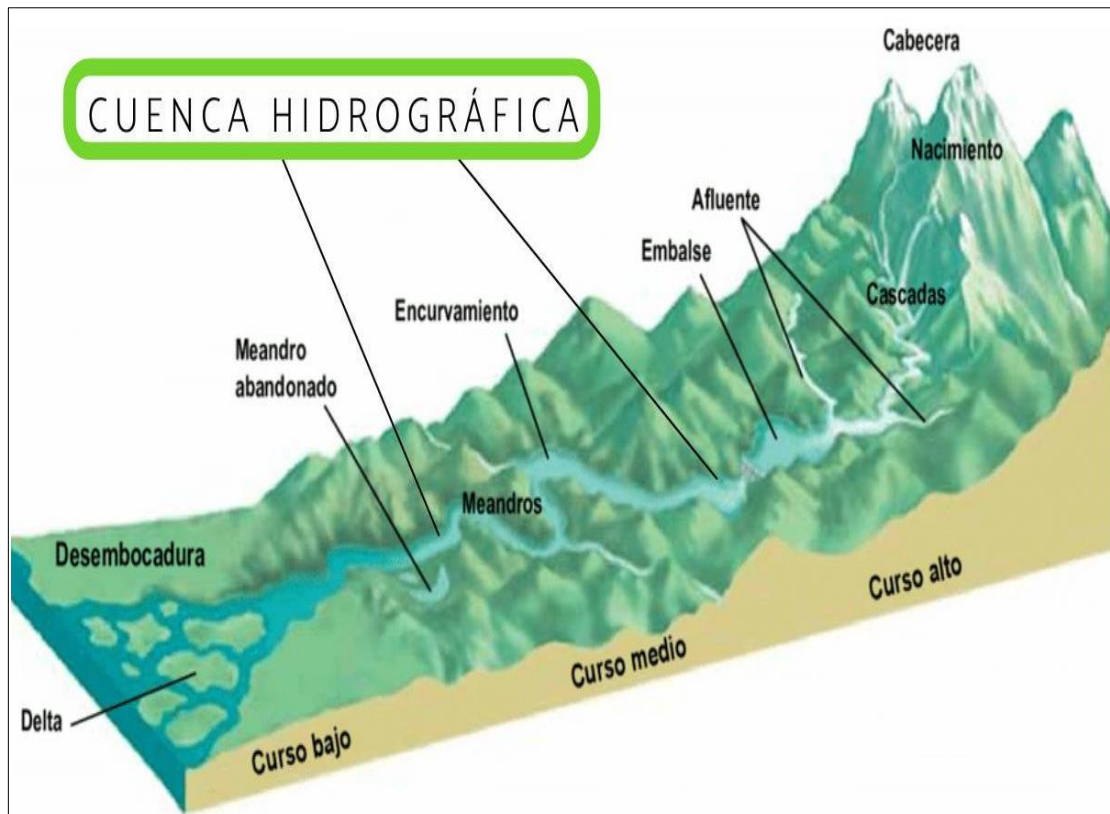


Figura 21: Cuenca Hidrográfica

Fuente: Bordino, (2021)

Elementos de la cuenca

El río principal: Es el único colector de agua por lo tanto es el principal. A menudo la elección del río es arbitraria o sigue diferentes parámetros que conlleva a que sea el elegido (El más caudaloso, el más largo, la cuenca de mayor área, etc.)

Los afluentes: Son todas aquellas corrientes de agua o ríos menores que alimentan al río principal, teniendo cada uno de ellos su respectiva cuenca, la cual recibe la denominación de subcuenca.

El relieve de la cuenca: Conformado por todas las diferentes montañas y los respectivos flancos, por valles, por quebradas y también ser de muy diversa conformación.

Las obras humanas: La intervención realizada por los humanos, se le denomina también andrógena, es aquella que puede apreciarse en forma de terrenos para cultivar, ciudades, casas, pistas, carreteras o medios de transporte en general, etc. Los seres humanos son siempre la raíz de muchos desastres en la cuenca, porque la cuenca está sobre desarrollada eliminar recursos o "despojar" su vegetación y Lleva la inundación a la parte inferior.

2.2.2 Cauces

Según la ley, los cauces son las superficies que es cubierta por agua, en la máxima crecida del régimen de un río (Ley N° 29338, 2010) pág. 36

Pese a que el reglamento no detalla qué debe entender por "aumentar el valor máximo". Este es un tema espinoso, debemos tener en cuenta que no podemos generalizar, pero tampoco podemos ignorarlo. El canal pertenece al río. Por lo tanto, de ser necesario, las autoridades deben establecer un "aumento máximo" en cada tramo de cada río para determinar el ancho del paso, es de mucha importancia desde el reglamento que es "máxima crecida". En otras palabras, poner en funcionamiento el período de retorno, y el aumento que se produce de vez en cuando no es necesariamente el mismo.

Evidentemente, el ancho del canal se puede configurar de varias formas, dependiendo Las características e información disponible de cada río. Este problema debe resolverse en cada río para cada situación, se puede utilizar un cierto período de retorno en cada sección del río para encontrar el caudal correspondiente y luego determinar el ancho del río. En las regiones áridas y semiáridas, no estarán ocupadas por el agua del lecho de los ríos. (Ramos, 2016)

Ríos: Según (Bravo, 2019) el río es frecuente de agua que discurre con constancia, desembocan en el mar, tiene un caudal inundable y se denomina afluyente.

El régimen hidrológico determina las variaciones de los caudales, estas variaciones se dan durante o después de la tormenta. La desembocadura es la parte final de un río esto se produce la crecida excesiva, cuando la capacidad es mayor que el río.

Colmando y cubriendo las zonas más vulnerables de la ribera del río, que circula el agua bajo tierra (caudal basal) se tarda mucho más en eliminarlo días, semanas o meses en su llegada desde que se generó la escorrentía.

Los cauces secos

En el Perú los cauces secos, son muy comunes, ya que se originan por consecuencias de los patrones irregulares de las precipitaciones que se presentan en muchas regiones. Estas cuencas pueden estar inactivas durante muchos años y por eso se les conoce también como "secos" lo cual puede resultar en una definición que puede confundir, pero ocurren descargas fuertes en determinadas circunstancias y de cortas duraciones, es por ello que se les denomina también "ríos locos" a lo que se añade la inestabilidad de su cauce por la irregularidad de su descarga.

También menciona Ochoa, cuando estos cauces permanecen inactivos durante muchos años pueden también ser transportados con arena eólica o en cualquier caso en un momento determinado ser cubiertos por canales de inundación, por lo que el río creará otro canal que sigue siendo un canal potencial de río y, como siempre sucede, muchas veces se reactivará y en cualquier momento. Algunos autores como Martín-Vide se refieren a estos cauces de descarga como "ríos efímeros, no ríos perennes". Son muy comunes en el Perú porque también son característicos de regiones áridas y semiáridas. (pág. 7) (Rocha, 2010)

Las riberas

Tanto los cauces como las riberas se consideran bienes naturales que están relacionados directamente con el agua y se definen como todas las áreas de los arroyos, torrentes, ríos, lagos, etc. Que están situadas entre los niveles mínimos y el que esté en crecientes ordinarias o sus mayores avenidas. (pág. 36) (Ley de recursos Hídricos, 2010)

Dado que las leyes de otros países / regiones tienen algunas pautas, las regulaciones tampoco definen ni especifican qué debe entenderse por crecimiento ordinario o canales más grandes. No utilizaron la expresión "aumento máximo" en las regulaciones, pero las regulaciones dieron algunos estándares para delimitar las riberas de los ríos. (Art. 112°) (pág. 36) (Ley N° 29338, 2010)

Las riberas y su correspondiente delimitación se lleva cabo tomando en cuenta estos parámetros:

a) La altura o nivel más elevado alcanzado por las aguas teniendo como base los máximos históricos que se tengan registrados.

b) Realizando un promedio de las crecientes ordinarias o avenidas máximas, para lo cual se tomarán en cuenta todos aquellos niveles de agua que excedan la altura media del ítem anterior.

2.2.3 Partes de una cuenca hidrográfica

Cuenca Alta: Sitio donde está acentuado el proceso de la socavación de una cuenca hidrográfica, es decir, en donde hay un flujo de materiales desde la parte alta hacia los sitios más bajos de la cuenca y también la presencia de múltiples trozos de erosión. (Valdivia, 2014)

Cuenca Media: Lugar de la cuenca en donde los sólidos materiales arrastrados por la corriente de agua que fluyen hacia el mar de la misma se encuentran en equilibrio y por ende no existe erosión. (Valdivia, 2014)

Cuenca baja: Se denomina así a la parte de una cuenca donde se depositan todos los materiales sólidos que fueron removidos de la parte alta de la misma. (Valdivia, 2014)

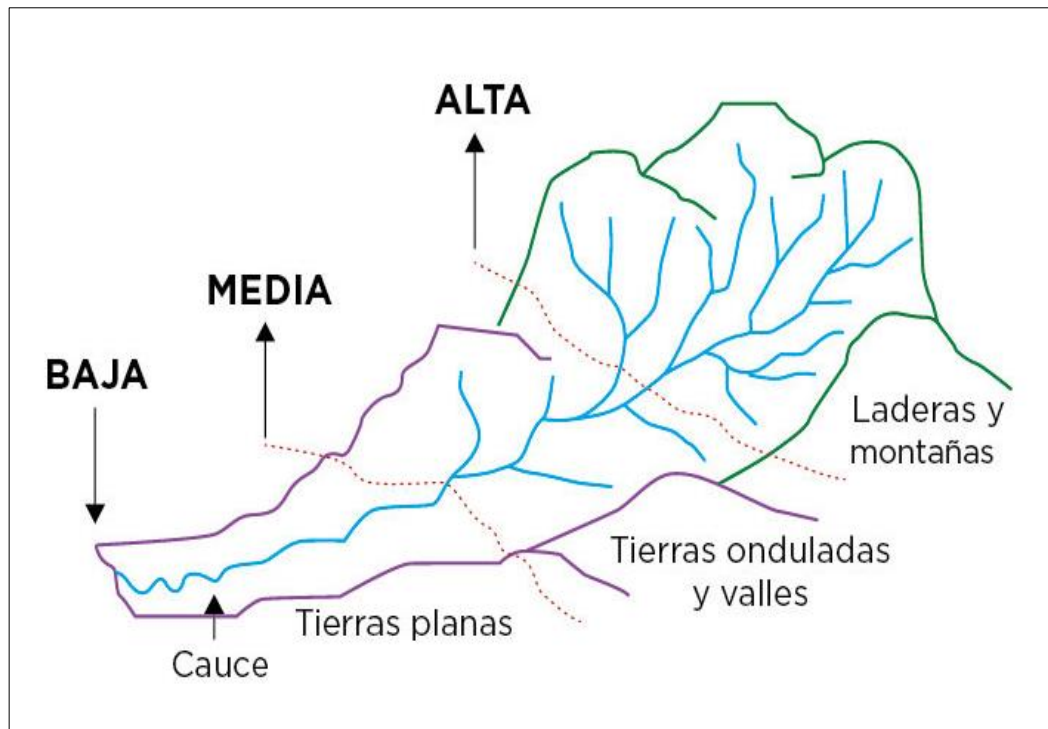


Figura 22: Partes de la cuenca Hidrográfica

Fuente: Mendoza, (2016)

2.2.4 Tipos de cuencas hidrográficas

Se halla tres tipos de cuenca según (Valdivia, 2014)

Exorreicas: Son llamadas así, las que vierten sus aguas en el océano o al mar.

Endorreicas: Se les denomina así a las descargan sus aguas en lagunas y lagos que se encuentran al interior del continente.

Arreicas: Es cuando el agua de las cuencas se difunde en el suelo, se evapora o ambas. Esto se da con los arroyos y puede ocurrir en los barrancos o también en los cañones y quebradas de la meseta central.

Los patagones son de este tipo porque no drenan en cualquier río u otra hidrología importante.

2.2.5 El ciclo hidrológico

Está constituido por diversos elementos, los mismos que interaccionan entre si a través de procesos hidrológicos. (Tarazona, 2016)

Manifiesta que el ciclo hidrológico en las ciencias hídricas está referido a todas las aguas que existen en la naturaleza, su repartición, su desplazamiento, sus características tanto físicas como químicas, sus interacciones con el medio ambiente y todas las criaturas vivas y particularmente con los seres humanos. Podría decirse con certeza, que la hidrología incluye por completo a las ciencias hídricas, porque constituye el eje central de las mismas.

Asimismo, se debe comprender que las diferentes etapas de este ciclo hidrológico no empiezan y terminan, sino, que es un proceso dinámico y constante. Inicia con la evaporación que ocurre en los océanos, lagos, ríos, etc., posteriormente asciende a la atmósfera formando nubes. Luego el agua cae a la tierra en innumerables gotas que forman la lluvia la misma que puede ser captada por las plantas, colectarse para formar flujos como los riachuelos, ríos, etc., en la superficie o de forma subterránea, diseminarse libremente en la superficie o escorrentía, El agua de lluvia puede difundirse o percolar por el suelo hasta llegar a las aguas profundas o subterráneas para reabastecerlas, desde donde emergen nuevamente a la superficie en forma de manantiales, se moviliza hacia los ríos ocasionando escorrentía en la superficie, fluir con dirección a los mares y océanos o evaporarse, dando de esta forma una retroalimentación que mantiene continuo el ciclo hidrológico.

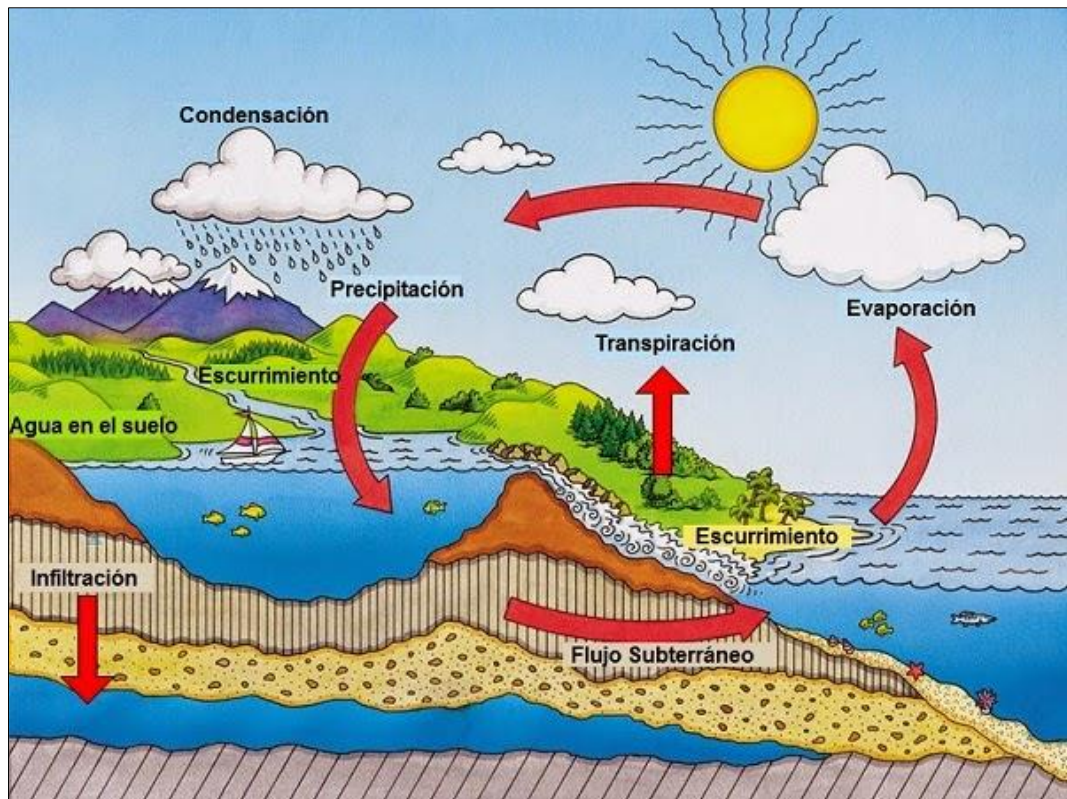


Figura 23: Ciclo hidrológico

Fuente: Blog Ara, (2019)

2.2.6 Precipitación

Las precipitaciones son las que no se retiene en la superficie, ni mucho menos se infiltran estos excesos de precipitaciones o efectiva (P_e) después de fluir por la cae a la tierra en innumerales gotas que forman la lluvia. (Velasquez, 2015)

Las precipitaciones son de los eventos meteorológicos fundamentales en la hidrología y que, junto con la evaporación, constituye el modo en que la atmósfera y las aguas superficiales interactúan en el ciclo hidrológico e hidrológico. La medición de las precipitaciones se realiza en una estación meteorológica a través de un instrumento llamado pluviómetro o pluviómetro, que es uno de los datos importantes para calcular el balance hídrico; los datos de precipitaciones están disponibles con mayor frecuencia, aunque su periodicidad y fiabilidad pueden variar según el método de

medición y la persistencia de los instrumentos de medición y las estaciones meteorológicas a lo largo del tiempo varía. (Tarazona, 2016)

2.2.7 Modelo de elevación digital (DEM)

Es la figura visual o representación, matemáticamente hablando, de los cálculos de altitud tomando como referencia el nivel del mar, lo cual nos facilita el apreciar el contorno o relieve, así como los elementos que lo conforman.

Estas cualidades que son argumentos en un archivo ráster con una distribución permanente, que se producen usando software en equipos informáticos especializados. Existen dos tipos de características en modelos de elevación digital, la precisión manifestada en forma digital y el grado de resolución horizontal o también llamado detalle digital, esto depende del método generarlos de igual manera el método de uso de la tecnología LIDAR para alcanzar alta resolución, modelo de resolución digital (Valor Submétrico) (LearnArcGIS, 2020)

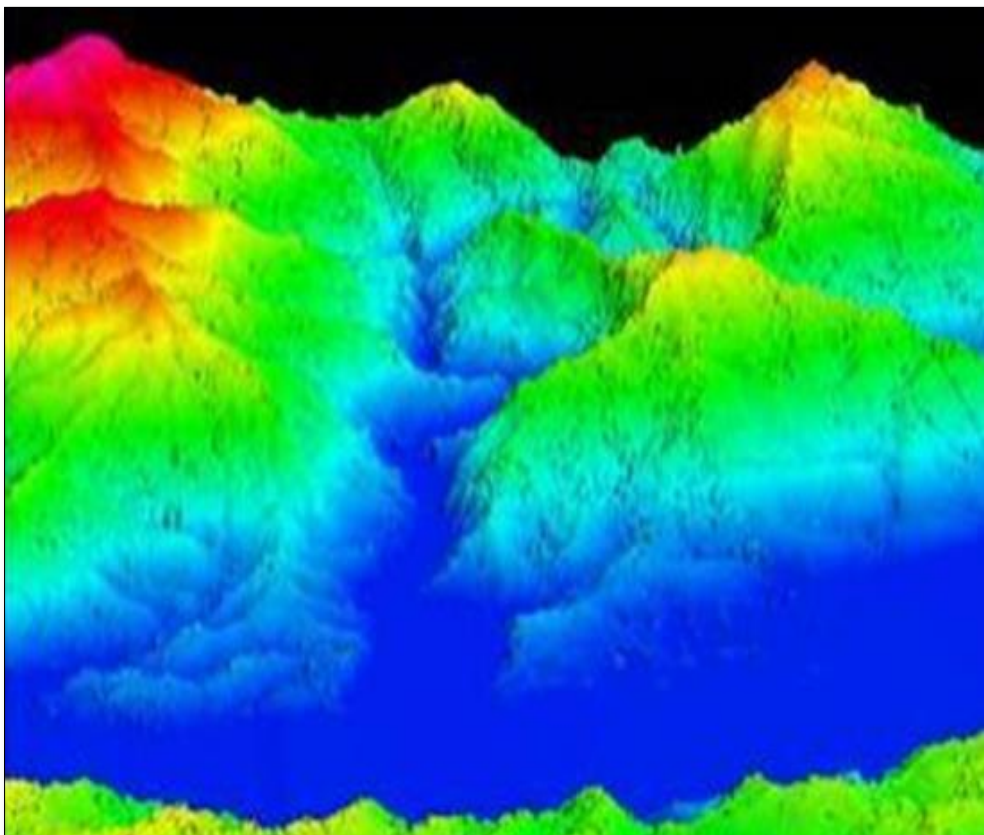
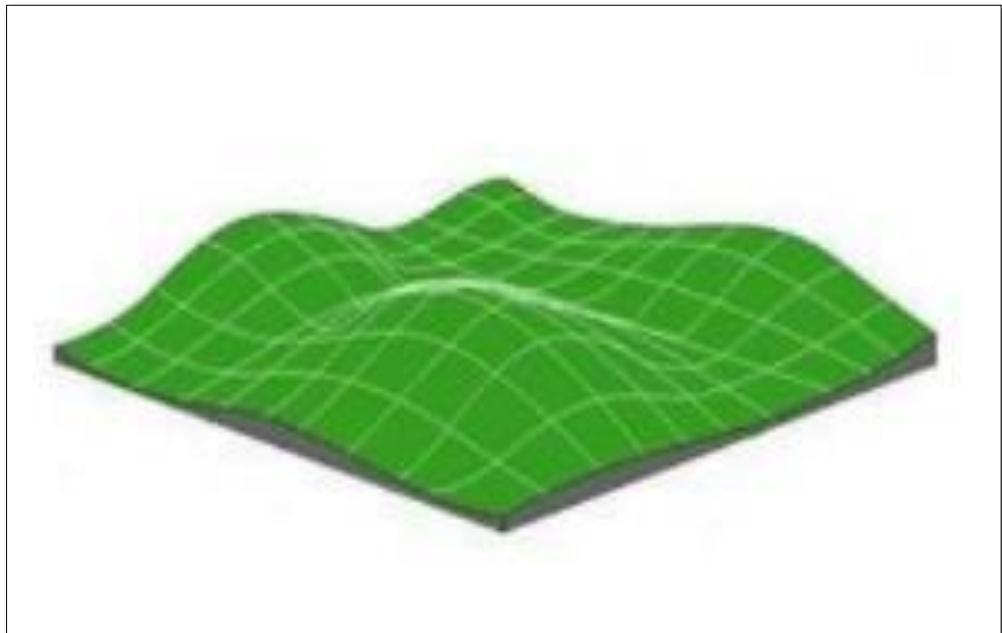


Figura 24: Modelo digital de elevación con vista en perspectiva



Fuente: Learn ArcGIS (2020)

Figura 25: Modelo digital de elevación con vista en perspectiva

Fuente: Learn ArcGIS (2020)

2.2.8 Polígono de Thiessen

El método es semejante al del vecino más cercano tiene el mismo valor que es igual el valor de todos los puntos dentro el polígono, en el practica lo cual este método es dibujando los polígonos rodeando cada uno de estos puntos en cada dato. El método es simple y muy fácil, sin embargo, las limitaciones de este método son más que obvias porque está basado en esta sola medida cada predicción la información de los puntos vecinos se ignoran, no hay ninguna estimación del error. (Buyuña, 2019)

$$P_{Thiessen} = \frac{\sum A_i * P_i}{A}$$

$P_{Thiessen}$: Precipitación promedio sobre la cuenca, en mm.

A_i : Área del polígono de cada una de las estaciones i dentro de la divisoria de aguas de la cuenca, en Km² o m².

A : Área total de la cuenca, en Km² o m² .

P_i : precipitación en estación i para el período de estudio, en mm.

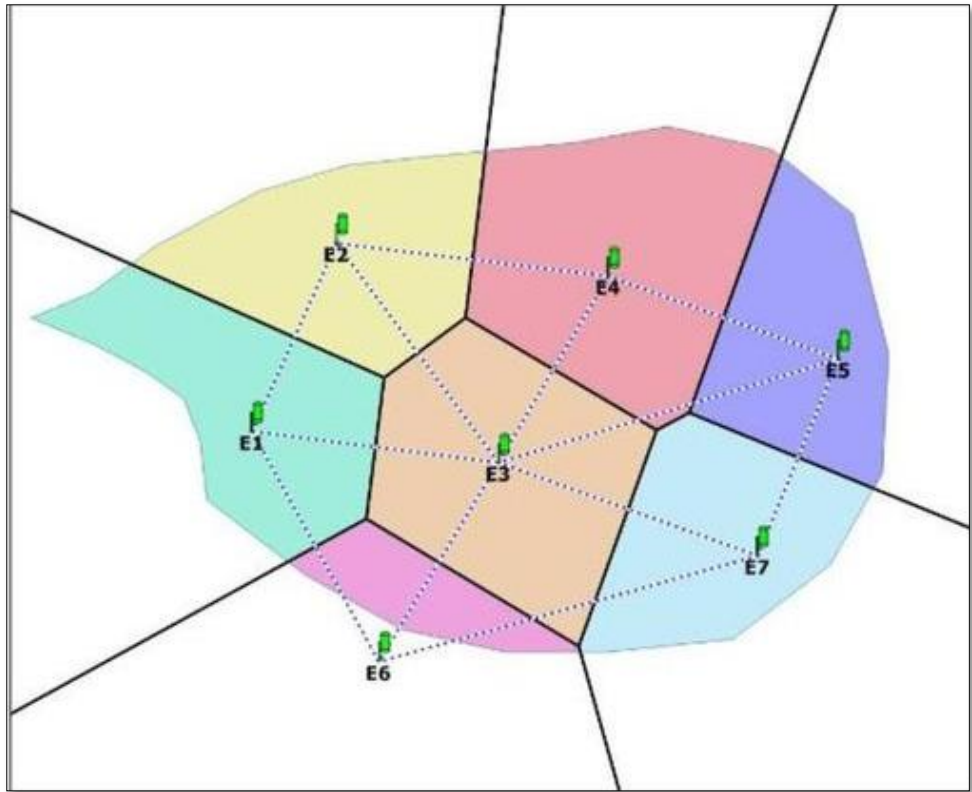


Figura 26: Polígonos de Thiessen

Fuente: Buguña (2019)

2.2.9 Período de retorno

Se conoce así al tiempo en promedio, medido en años, que tendría que pasar para que un suceso o hecho sea repetido o sobrepasado una sola vez. El otro concepto que se desprende del anterior es el de probabilidad de retorno y que consiste en la probabilidad que se encuentra en asociación a el periodo de retorno, en el cual, esta variable aleatoria adquiere el valor de cierto número "X" o en su defecto superior y se puede definir de esta manera: (Tarazona, 2016)

$$P(X) = \frac{1}{T}$$

Al calcular la probabilidad que indique que el valor de una variable aleatoria no será superado, se determina que es la función por la distribución de la probabilidad $F(x)$ y se puede expresar de esta forma:

$$F(x) = \int_0^x f(x)dx = P(x \leq x) = 1 - \frac{1}{T}$$

Del mismo modo, la probabilidad que una variable aleatoria tenga un valor mayor que "X" se puede calcular de esta forma:

$$P(x > X) = 1 - F(x) = \frac{1}{T}$$

Según el (MTC, 2018) señala que la razón más importante de determinar el periodo de retorno es tratar de predecir los años útiles de la obra de defensas ribereñas.

Para eso se apoya de 2 tablas, la tabla 4 representa la vida útil de la obra y el riesgo admisible a la que está expuesta la obra

Para eso se apoya de la tabla 4 representa la vida útil de la obra y el riesgo admisible a la que está expuesta la obra.

Tabla 4
(TR) Periodo de retorno en años

Riesgo Admisible	VIDA ÚTIL DE LAS OBRA (Años)									
	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
0.01	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
0.02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
0.05	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
0.10	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
0.20	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0.25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0.50	2	3	5	8	15	19	37	73	154	289
0.75	1.3	2	2.7	4.1	7.7	15	18	37	73	144
0.99	1	1.11	1.27	1.66	2.7	5	5.9	11	22	44

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicación MTC. (2018)

En la tabla 5, se presentan los valores de riesgo según el tipo de obra que vamos a diseñar.

Tabla 5

Valores recomendados en riesgo admisible de obras

Tipo de obra	Riesgo Admisible (%)
Puentes	22
Alcantarillas de quebradas importantes y badenes	39
Alcantarillas de quebradas menores y descarga de agua de cunetas	64
Drenaje de plataforma (a nivel longitudinal)	64
Sub drenes	72
Defensas ribereñas	22

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicación. MTC. (2018)

La vida útil de la obra es determinada por los diseñadores según las características de la cuenca y el lugar de ejecución.

2.2.10 Análisis de frecuencia

Este método consiste en utilizar datos dentro del campo de la ingeniería civil específico de tiempo de retorno. Su fiabilidad está determinada por el número de datos disponibles y también por la calidad de estos datos históricos del que se dispongan, así como también, del nivel de incertidumbre que se origina en las probabilidades de la selección. Ahora bien, si se intenta hacer extrapolaciones, es decir, calcular un periodo de retorno de un tamaño mayor del que la serie dispone, esto se asocia a un incremento del error relativo que emana de las probabilidades de distribución y este viene a ser mucho más importante. En cambio, en las interpolaciones, el grado de la incertidumbre se asocia fundamentalmente al nivel de datos disponibles y la cantidad de estos.

En estos dos casos el nivel de incertidumbre es elevado y tiene una directa relación con el número de datos disponibles y también por la calidad de los mismos. (Tarazona, 2016)

2.2.11 Análisis probabilístico con Hydrognomon

Hydrognomon es un programa que se utiliza para hacer el procesamiento y el análisis de la recopilación de los datos hidrológicos. El punto más importante al analizar estos datos hidrológicos es la aplicación del procesamiento de diversos periodos de tiempo, entre los que se encuentran la incorporación y regulación de lapsos de tiempo, análisis de regresión y llenado de valores faltantes, interpretación, tests de consistencia, visualización gráfica y tabulación de periodos de tiempo, filtrado de datos, etc.

El software también admite aplicaciones hidrológicas específicas, incluidos modelos de evapotranspiración, pruebas de homogeneidad, análisis de descarga, métodos de balance de agua, etc. Y el módulo estadístico brinda instrumentos para análisis del muestreo, pronóstico estadístico, funciones de distribución, análisis de eventos extremos, de curvas intensidad - duración-frecuencia y simulación. (Hydrognomon, 2018)

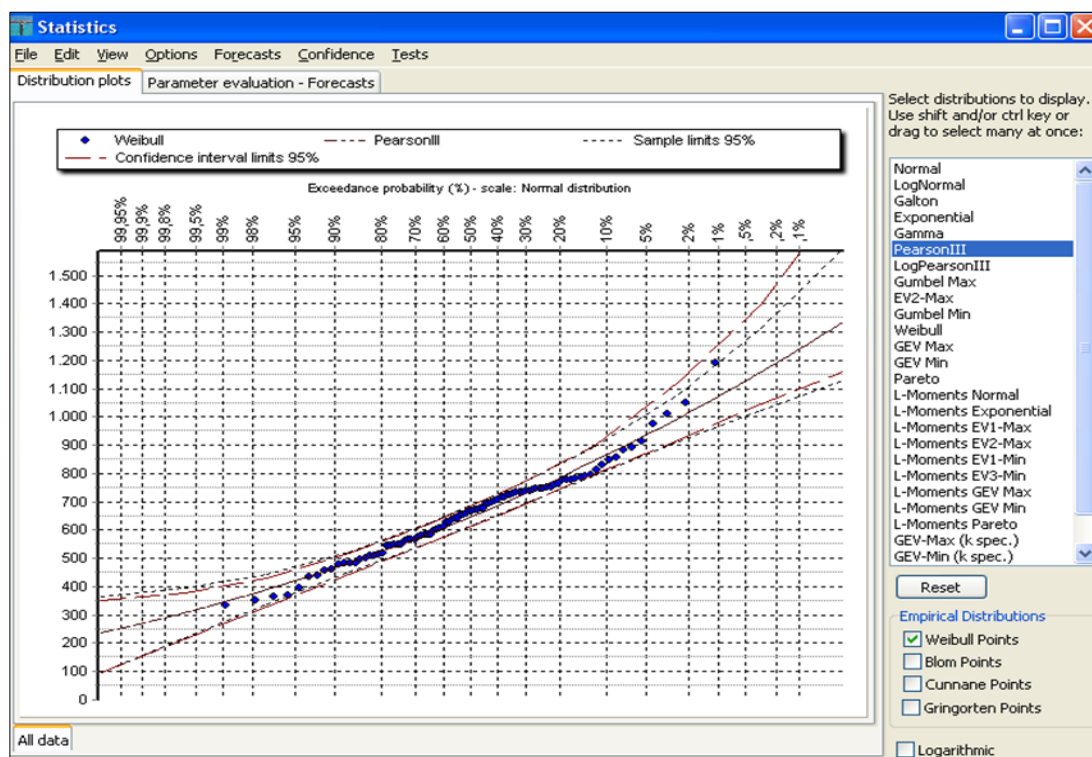


Figura 27: Curva de intensidad

Fuente: Hydrognomon (2018)

2.2.12 Tormenta de diseño

Es un tipo de tormenta que se rige por un patrón de precipitación determinado que se usa en el diseño de un sistema hidrológico el cual se calcula mediante procedimientos de los caudales con sus tránsitos y es definido muchas veces por la profundidad de precipitación. (Chow, 1994)

Para poder introducirla en el modelo hidrológico se evalúa el cómo está distribuida la tormenta en el transcurso del tiempo, es así que con la ayuda de un histograma de la tormenta de diseño que fluctúa entre las 8,12 y 24 horas. (Chow, 1994)

Años atrás las SCS, elaboro un hietograma teniendo como bases las precipitaciones con una duración que varía desde los 6 hasta 24 horas y con esto hicieron una clasificación de acuerdo a la ubicación en EEUU. (Chow, 1994)

El cual presenta estas características:

Los tipos que corresponden a clima del mar dentro del pacifico con veranos secos y con un invierno húmedo hacen referencia al tipo I y al tipo IA.

El golfo de México y las Costa del Atlántico que tiene la particularidad de que se producen precipitaciones por 24 horas esto debido a las tormentas.

tropicales los cuales pertenecen al tipo III.

Los lugares restantes pertenecen al Tipo II

Tabla 6

Distribución de lluvia para un tiempo de tormenta de 24 horas

Pt/P24					
Hora t	t/24	Tipo I	Tipo IA	Tipo II	Tipo III
0	0.083	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.167	0.011	0.500	0.022	0.020
4	0.250	0.022	0.116	0.048	0.043
6	0.292	0.035	0.206	0.080	0.072
7	0.333	0.048	0.268	0.098	0.089
8	0.354	0.064	0.425	0.120	0.115
8.5	0.375	0.080	0.480	0.133	0.130
9	0.396	0.098	0.520	0.147	0.148
9.5	0.406	0.120	0.550	0.163	0.167
9.75	0.417	0.147	0.564	0.172	0.178
10	0.438	0.181	0.577	0.181	0.189
10.5	0.458	0.235	0.601	0.204	0.216
11	0.479	0.663	0.624	0.235	0.250
11.5	0.490	0.772	0.645	0.283	0.298
11.75	0.500	0.820	0.655	0.357	0.339
12	0.521	0.850	0.683	0.663	0.500
12.5	0.542	0.880	0.701	0.735	0.702
13	0.563	0.898	0.719	0.772	0.751
13.5	0.583	0.916	0.736	0.799	0.785
14	0.667	0.934	0.800	0.820	0.811
16	0.833	0.952	0.906	0.880	0.886
20	0.885	0.980	0.950	0.952	0.957
24	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Adaptado de Chow, (1994)

2.2.13 Curva Número (CN)

La curva número (CN) es un dato Hidrológico, donde se puede acceder a las características del potencial de una cuenca hidrográfica y tomar la determinación a partir de algunas características físicas del del terreno estos se dan por tratamientos de las coberturas, por ejemplo, del grupo hidrológico del suelo.

Se denomina parámetro hidrológico, que permite captar la escorrentía de la cuenca hidrológica que se pueda alcanzar, básicamente se explica o determina por las características físicas de la ubicación de la cuenca y el grupo hidrológico del suelo (Díaz & Mercado, 217)

El método del número de curva utiliza la escorrentía de precipitación pluvial (I) en el área como los primeros datos de entrada, por lo que se asume que diferentes precipitaciones en la misma cuenca conducirán a una escorrentía diferente. La forma más conveniente es considerar la precipitación que produce la mayor escorrentía para la estimación, por lo que debemos usar el tiempo de concentración (t_c) como el punto de entrada de nuestra curva IDF regional (intensidad-duración-frecuencia).

Estos métodos para evaluar la escorrentía partiendo de la precipitación de descontar de la lluvia en descenso sobre el balle esto se debe a diversos, como es la infiltración, la evaporación la intercepción y por último el almacenamiento superficial (Ibáñez, Moreno, & Gisbert, 2017)

El programa más común y simple aplicable a cualquier región es el método del número de curva (NC), que es un método desarrollado por el Servicio de Protección de Suelos de los Estados Unidos en 1950 y es un método empírico para calcular la transformación de la lluvia.

Escorrentía, que se produce al observar los fenómenos hidrológicos de diferentes tipos de suelo en diferentes condiciones y diferentes condiciones de pre humedad. Las curvas se observan al graficar la profundidad de precipitación (P) y la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa (Pe). Para estandarizar estas curvas, el número adimensional de la curva CN se define de manera que $0 \leq CN \leq 100$. Para superficie impermeable y acuática $CN = 100$; para superficie natural CN (SNIRH, 2015)

Como se puede observar en las figuras siguientes, el mapa de número a escala nacional para condiciones normales, secas y húmedas respectivamente.

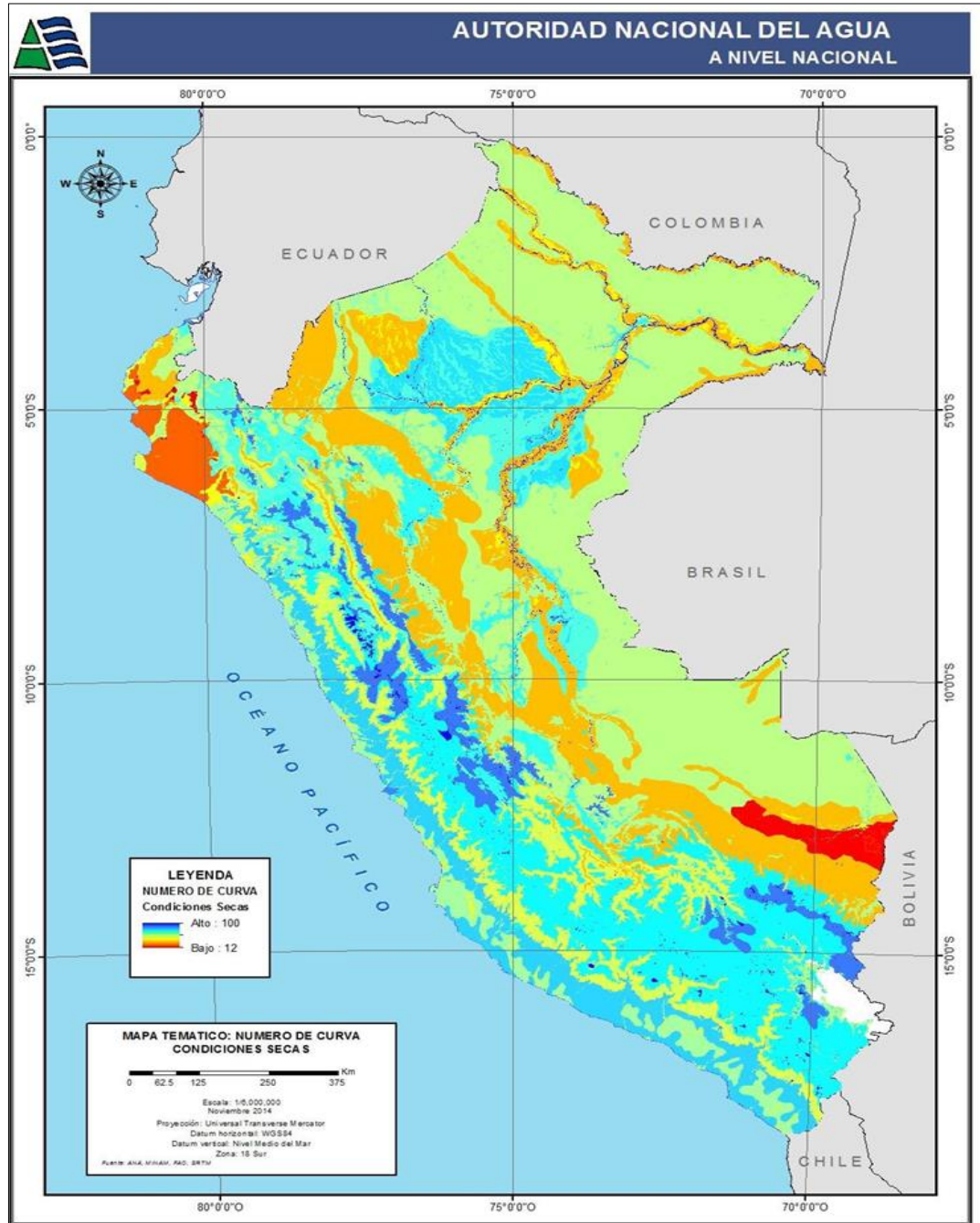


Figura 28: Mapa Numero de Curva – Condiciones normales

Fuente: Ana (2015)

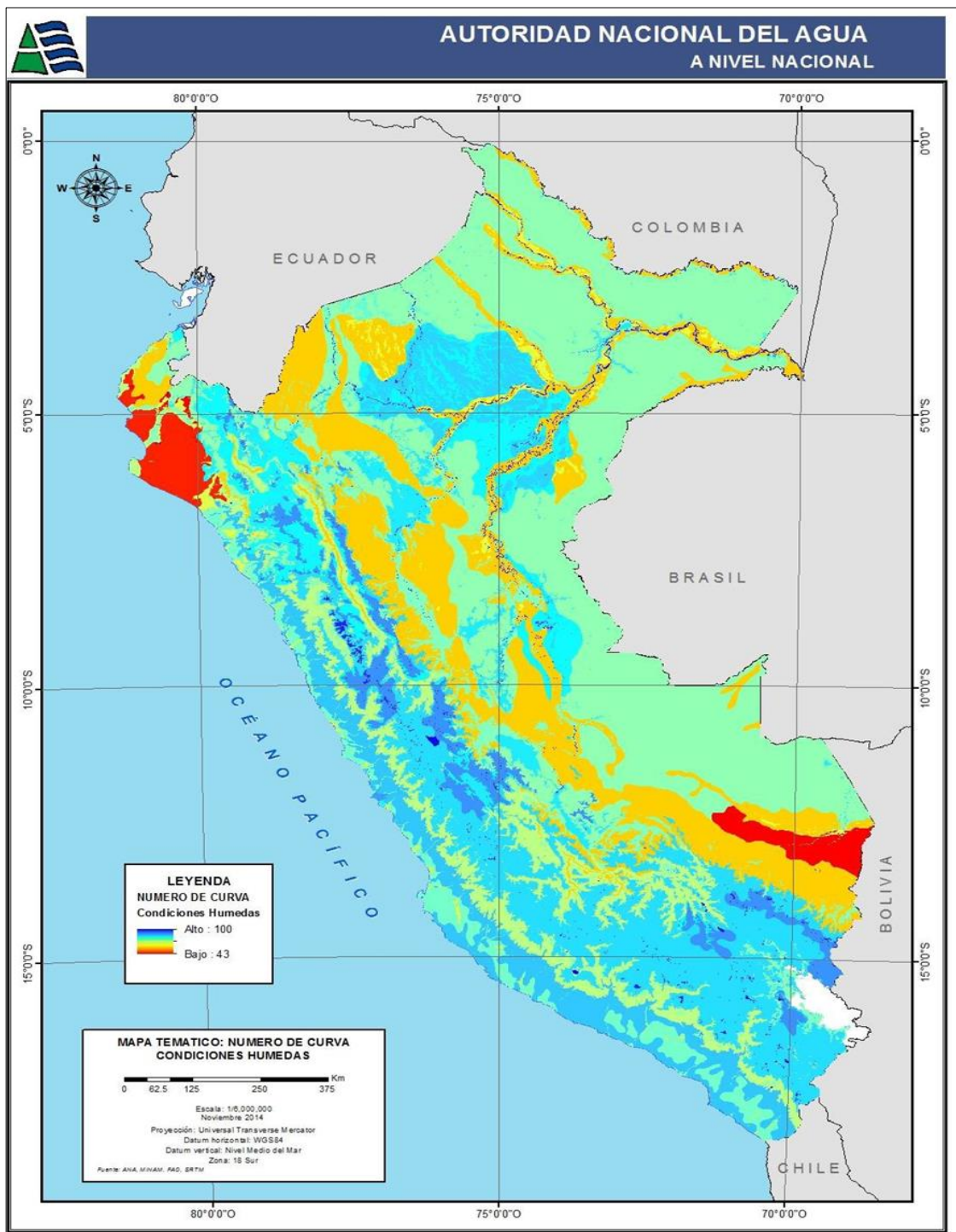


Figura 29: Mapa Numero de Curva – Condiciones Secas

Fuente: Ana (2015)

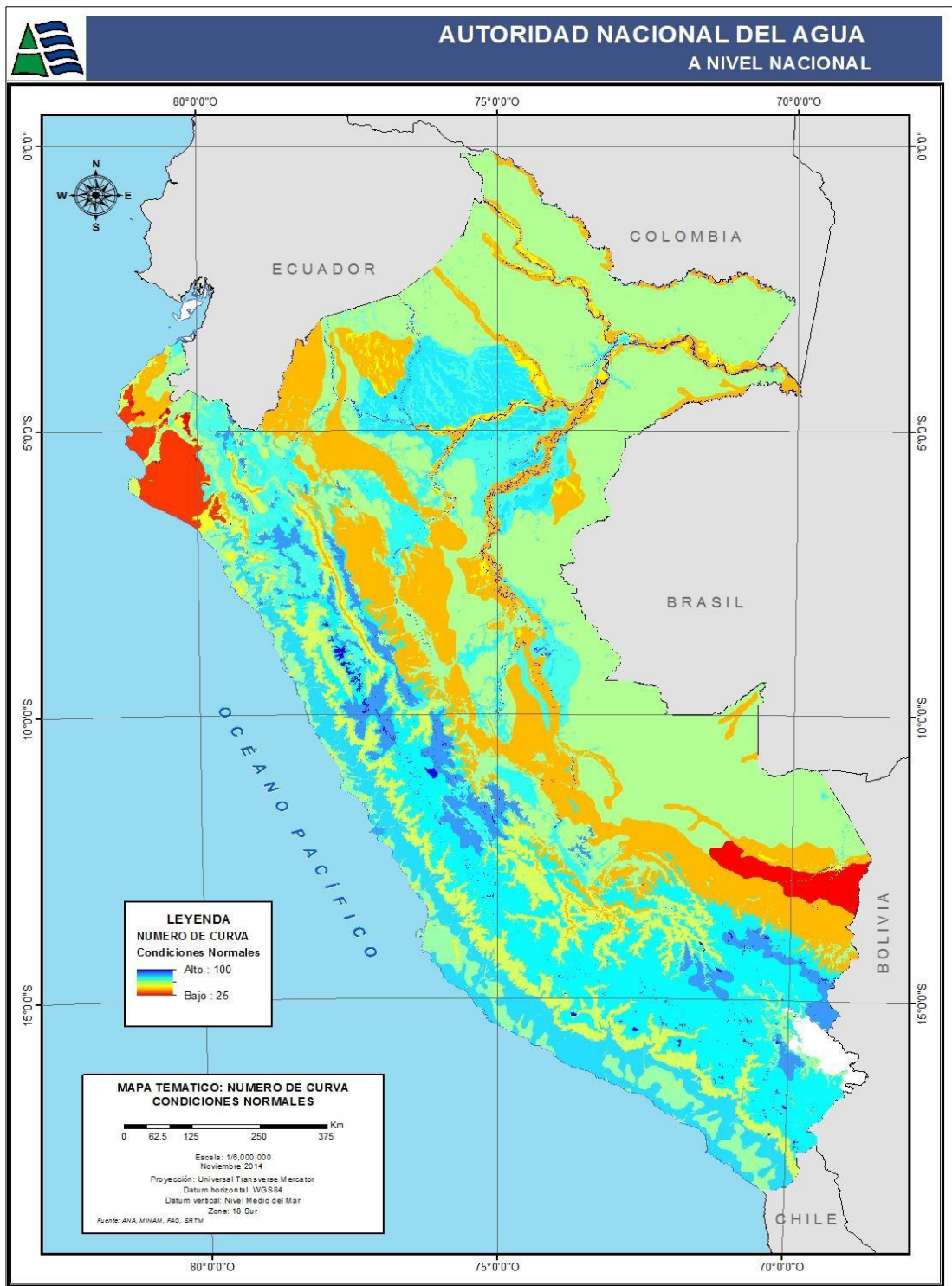


Figura 30: Mapa Numero de Curva – Condiciones Húmedas

Fuente: Ana (2015)

2.2.14 Caudales Máximos

Según (Laura, 2014), el caudal máximo se utiliza el pronóstico de crecida y el diseño de proyectos de conservación de agua, como tuberías, alcantarillado, canales, etc. De manera similar, el caudal máximo se puede estimar por medio de estos métodos: ajuste de la distribución estadística, regionalización del caudal y precipitación. Se definió como la cantidad máxima que pasa por un punto determinado de agua debido a las fuertes precipitaciones o también se definieron la posible inundación máxima como el caudal máximo de agua que se puede esperar asumiendo que complete diversos lo que producen mayor precipitación y flujo que se superponen completamente, considere la disponibilidad de registros hidrometeorológicos.

2.2.15 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración es el periodo o lapso que se demora una gota para recorrer desde un punto específico, hidráulicamente distante hasta la salida de una cuenca. Una vez que el tiempo de enriquecimiento ha transcurrido, se piensa que la cuenca completa colabora a la producción.

Dado que se sabe de antemano de la relación inversamente proporcional que existe entre la intensidad de la lluvia y su duración (Mientras más intensa la lluvia, más corta será su duración y viceversa), se sobreentiende que el tiempo de concentración (TC) será similar a la duración crítica. El TC exacto o real va a estar supeditado a diversos factores, tales como la geometría del plano de una cuenca específica (si la cuenca es alargada, ésta tendrá un tiempo de concentración mucho más prolongado), la pendiente - dado que a una mayor pendiente el flujo será mucho más rápido y por ende el tiempo de concentración será mucho menor - y por último, el área y las múltiples características de los suelos.

Las más comunes fórmulas, como la cobertura de vegetación, incluyen solo la pendiente, la longitud y el canal más grande de la cuenca, Manual Hidrología, hidráulica y drenaje. (MTC, 2018)

Método de Kirpich

De una forma práctica, existen distintas fórmulas planteadas para hallar el tiempo de concentración desde las cuales y serán los más usados para el proyecto de estudio.

Aprovechable en cuencas de tamaño medio y diseñada para suelos dedicados al cultivo. Las cuales son las siguientes fórmulas.

$$T_c = 0.06628 * \frac{L^{0.77}}{i^{0.385}}$$

L: longitud del cauce más largo en Km.

i: pendiente media de la cuenca.

T_c: tiempo de concentración expresado en horas.

Método de Témez

Es el procedimiento en el cual se emplea un volumen variable de las cuencas, que es muy empleado en toda la península Ibérica. Este método es certero para las cuencas que tengan desde 1km² hasta los 3000 km² y que tengan tiempos de concentración de 25 minutos hasta 24 horas. Se utiliza un procedimiento (Nuñez, 2017)

$$T_c = 0.3 * \left(\frac{L}{i^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Siendo:

L: longitud del cauce más largo en Km.

i: la pendiente media de la cuenca.

tc: tiempo de concentración expresado en horas.

2.2. 16 levantamiento topográfico

Se emplea para poder determinar el área total en donde estarán las diversas estructuras que conforman el proyecto, así como también, recabar los datos que serán muy útiles para plasmar en un plano su relieve y su forma, en una escala determinada.

Una vez que se tienen los datos in-situ del área total del proyecto se puede buscar diferentes soluciones que se podrían emplear en el proyecto que se está por ejecutar. Luego de elegir o decidirse por un esquema más apropiado a las condiciones que encontramos, procederemos a localizar los distintos Bench Mark para luego continuar con la nivelación respectiva. Estas tareas se pueden realizar únicamente empleando equipos tales como estación total, que ya cuenta con su distanciómetro, con una calibración a los segundos, con lo cual mediremos los lados y todos los ángulos de la poligonal. También serían necesarios equipos con metro, mira, nivel, etc. Asimismo, requeriremos contar con un GPS estático o estacionario, para poder obtener las coordenadas de la Universal Transversal Mercator (UTM) en los puntos del relato y control. (Frores, 2015)

Según (Chong & Silva, 2018) establece que los diversos procesos que tienen como finalidad el tener una representación gráfica de un relieve se les llama levantamiento topográfico y al resultado final se le denomina plano horizontal, el mismo que consta de todos los datos obtenidos en dicho levantamiento.

2.2.17 Estudio de Mecánica de suelos

Se llama mecánica de los suelos a la estructura que conforma a la ingeniería que se basa en el estudio y la conformidad de la superficie terrestre se aplica las leyes de la mecánica e hidráulica para dar solución a los problemas para conocer sus características de las partículas que componen el sub suelo. En este campo como su estructura, componente depende de los materiales usados, también son las características físicas tanto como teoría

para ver el comportamiento cada uno de estos mediante el soporte definido. (Fasanando, 2018)

La granulometría:

Análisis granulométrico: Este proceso se determina con la proporción de partículas del suelo involucradas según su tamaño. Esta relación se llama gradación del suelo. La clasificación seda por tamices distinta a la geológica, en términos geológicos se refiere a la construcción (deterioro) y destrucción (degradación) del relieve de transformación como la tectónica, vulcanismo, erosión y sedimentación. (Fasanando, 2018)

Métodos de análisis granulométrico: Incluye dos clases de pruebas: la prueba del cribado de las partículas mas gruesas (grava o arena) y la prueba de asentamiento de partículas finas del suelo (limo, arcilla), porque no se pueden distinguir por cribado. (Fasanando, 2018)

Método del tamizado: Cuando la tierra ya ha pasado por una estufa, pasa a ser triturada, para posteriormente continuar su recorrido por varios tamices organizados, que son orificios que disminuyen gradualmente de tamaño, de arriba hacia abajo. El primero de ellos es el de mayor tamaño y es también el comienzo de esta proyección. Una vez que se ha verificado la ausencia de pérdidas, se procede a descender al último tamiz y se coloca en el recipiente de la misma forma que se instalaría cualquier otro tamiz y se colecta todo el material de granulación más fina que no retenga ningún otro tamiz. Mediante impacto horizontal e impacto vertical, de forma mecánica o manual, la muestra pasa por una serie de niveles en seguida la tierra retenida en cada pantalla se pesa por separado. (Fasanando, 2018)

Métodos de la sedimentación: Son de dos tipos: el primero es el del hidrómetro y el segundo el de pipeta. Estos métodos se basan en las características de los sedimentos del suelo acuoso. Se reservan estos métodos para el llamado “suelo fino”, que se refiere a lo que

permanece al fondo del tamiz y se les llama “Pasa - 200”, que está constituido por arcillas y limos. (Fasanando, 2018)

La Curva granulométrica: Todos estos resultados, tanto de la sedimentación como del tamizado se analizan en un gráfico al que se denomina curva granulométrica. Por otro lado, la parte gruesa se sostendrá distintos tamaños de acuerdo con el sistema empleado. (Fasanando, 2018)

4: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

3: American Society for Testing and Materials Official

2: American Association of State Highway and Transportation
Official 1: B S – 5930: 1981 (Británico)

Tabla 7

Tabla Granulométrica

DENOMINACIÓN	BRITANICO 1	AASHTO 2	ASTM 3	SUCS 4
	D en mm	D en mm	D en mm	D en mm
Grava	60 – 2.00	75 – 2.00	> 2	75 - 4.75
Arena	2.00 – 0.06	2.00 – 0.05	2.00 – 0.075	4.75– 0.075
Limo	0.06 – 0.002	0.05 – 0.002	0.0075-0.005	<0.075
Arcilla	< 0.002	< 0.002	<0.005	FINOS

Fuente: Fasanando (2018)

Las curvas se plasman sobre papel semilogarítmico, en una escala aritmética las ordenadas son para los porcentajes correspondientes al peso de las partículas con $D <$ a cada lado de las denominadas abscisas. Por otro lado, cuando estamos en la escala logarítmica o abscisas se colocan los tamaños de las partículas en mm. esto es a causa de que los valores de D cambian de centímetro a milímetro. (Fasanando, 2018)

Esta forma de clasificación es muy importante en la geotecnia, pero nunca será suficiente. Se necesita acompañar a la granulometría siempre con el ensayo de los límites de Atterberg, el mismo que caracteriza las cualidades de la consistencia de los finos y su plasticidad en acorde a la humedad que contengan. (Fasanando, 2018)

- **La curva A:** Suelo bien gradado y de grano grueso.
- **La curva B:** Suelo mal gradado, poco uniforme (curva parada sin extensión).
- **La curva C:** Suelo arcilloso. La Curva C: Suelo arcilloso o limoso (fino) T4 y
- **T200 = Tamices o mallas:** En la Figura se presenta la curva granulométrica.

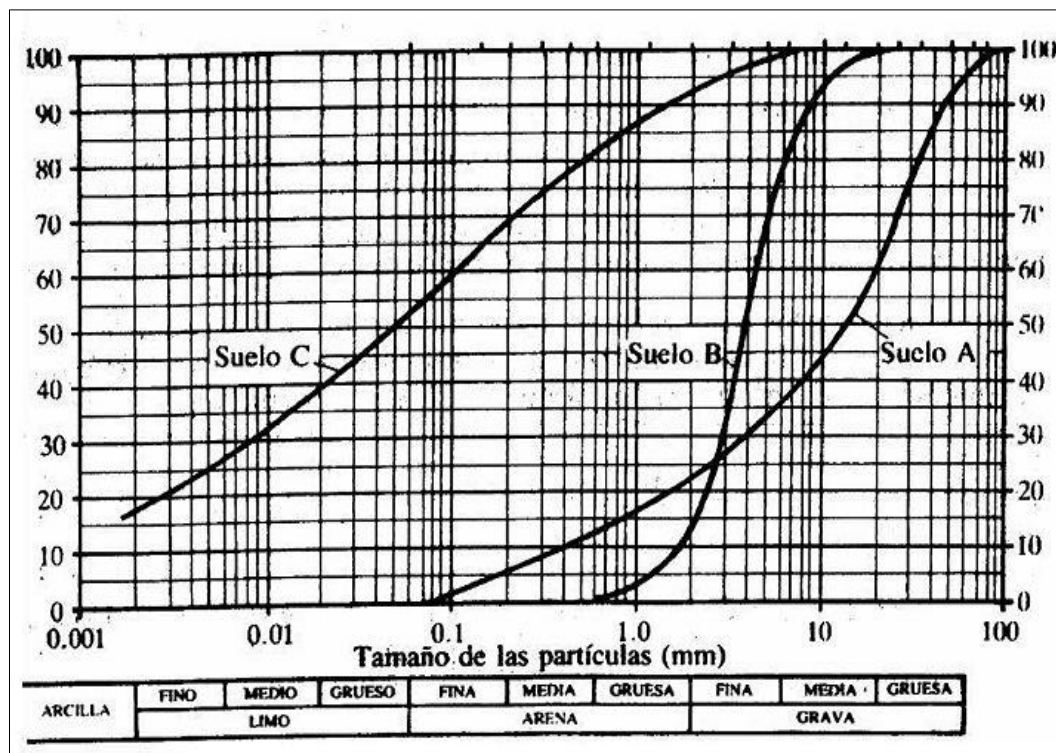


Figura 31: Curva granulométrica

Fuente: Fasanando (2018)

2.2.18 Modelamiento hidrológico con HEC HMS

Se llama así al programa o software de la línea HEC relacionado al tema hidrográfico y que ha sido diseñado por la armada de los EE. UU. en su cuerpo o departamento de ingenieros. Este es el modelo más empleado de todos los que se tienen sobre simulación hidrológica.

El programa del Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC, por sus siglas en inglés) desarrollado por el centro de investigaciones de U Army of Engineers, ubicado en Davis, California.

Por otro lado, el Sistema de Modelación Hidrológica (HMS, por sus siglas en inglés) viene a ser un sistema diseñado y desarrollado para simular precipitaciones y escorrentías, así como el procesador de las cuencas hidrográficas.

Este sistema de modelación hidrológica está pensado o diseñado para tratar de simular la precipitación - escorrentía y el procesado de los sistemas de las cuencas hidrográficas. El programa también puede aplicarse en un grupo amplio de diversas áreas de variadas geografías, para poder solucionar los tipos distintos de problemas hidrológicos tal como podrían ser el suministro del agua de una cuenca o las inundaciones. (Velasquez, 2015)

En la clasificación de los modelos hidrológicos hay dos tipos, que son físicos y matemáticos y estos componentes se dividen en modelos agrupados. Ministrerio del Ambiente, (2014)



Figura 32: Modelamiento hidrológicos de la cuenca de Chancay

Fuente: Ministerio del Ambiente, (2014)

2.2.19 Modelamiento Hidráulico

Según (Velasquez, 2015) Menciona sobre el modelamiento hidráulico que es un modelo que permite la realización de simulaciones hidráulicas del caudal de agua en una lámina libre con un régimen que puede ser de tipo permanente y no permanente, también unidimensionales en una red natural o artificial de canales, que significa el Hydrologic Engineering Center - River Analysis System. (HEC - RAS)

El sistema contiene tres componentes de simulaciones hidráulica unidimensional:

- Cálculo de perfiles de superficie de agua en flujo permanentes.
- Cálculo de perfil de superficial de agua en flujo no permanente.
- Cálculo de transporte de sedimentos.

El objetivo de este software es dar el levantamiento de las superficies del agua en cualquier lugar, los datos de flujo pueden ser para un

conjunto o similares de flujo gracias a los tránsitos de hidrogramas de flujos no constantes. Los perfiles son calculados por secciones dando solución a la ecuación de energía por medio de procedimiento estándar. (Velasquez, 2015)

2.2.20 Coeficiente de rugosidad de Manning

En el coeficiente de rugosidad de Manning el valor de n es un valor que trata de terminar la energía o fuerza del flujo por el canal también pueden representar pérdidas de energías como la turbulencia y el flujo. (Coon, 1998)

El coeficiente de rugosidad (n) determina el grado de resistencia de los parámetros proporcionados por la pared del río y el fondo del cauce del río. Aunque es áspero o áspero, y es más difícil mover el agua en el fondo del canal por ello se ha estudiado mucho estos parámetros por investigadores en el laboratorio (Terán, 2021)

El coeficiente de rugosidad (n) es vulnerables a cambios pues es necesario de diferentes variables como son la rugosidad del cauce, alineamiento, socavación etc.

Es así que conforme a los factores de rugosidad se elaboró bajo el método de ecuación de Cowan los parámetros para poder determinar el valor de n .

Tabla 8

Valores de coeficiente de rugosidad de Manning

	Tierra		0.020
Material involucrado	Corte en roca	No	0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
Grado de irregularidad	Suave		0.000
	Menor	N1	0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la sección transversal	Gradual		0.000
	Ocasionalmente alternante	N2	0.005
	Frecuentemente alternante		0.010-0.015
	Insignificante		0.000
Efecto relativo de las obstrucciones	Menor	N3	0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja		0.005-0.010
	Medio	N4	0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy alta		0.050-0.100
Grado de los efectos por meandros	Menor		1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Fuente: Adaptado de ven Te Chow (1994)

2.2.21 Coeficiente de contracción y expansión

Es un coeficiente que tiene un rango que va desde 0 hasta 0.8 que va determinado por las secciones transversal del río y el flujo crítico de dicha sección.

Tabla 9
Coeficientes de contracción y expansión

Criterios	Contracción	Expansión
Sin pérdida de transición	0	0
Transiciones graduales	0.1	0.3
Secciones típicas de puentes	0.3	0.5
Transiciones abruptas	0.6	0.8

Fuente: Us Army Corps of Engineers Hec – Ras (2016)

2.2.22 Socavación

La socavación puede ser general o normal es la actividad, suspensión o arrastre de los fragmentos solidos propias del río, el flujo que se desplaza por la capacidad que presenta en el lecho. Esto sedade acuerdo a los factores como es la topografía, geología asimismo las partículas de arrastre y propiedades hidráulicas del flujo.

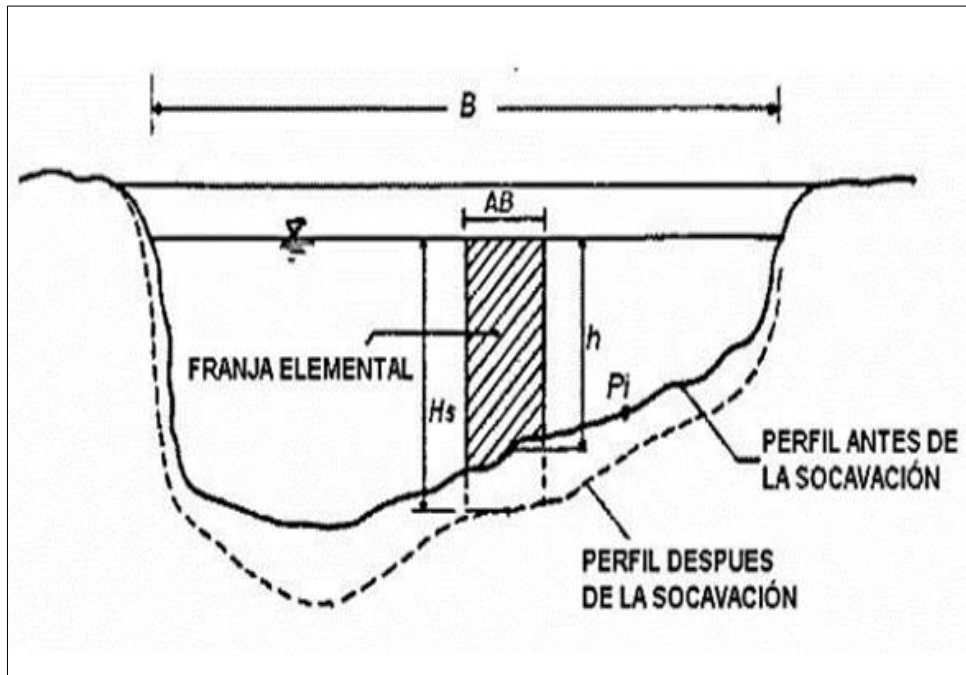


Figura 33: sección transversal de un cauce afectado por la socavación

Fuente: Alvídes & Vela (2021)

La socavación de un cause, se toman datos más próximos, esto se da de acuerdo con la fórmula empírica con los datos reales, materiales, con caudal y la cantidad de sedimentación que transportan. (Alvídés & Vela, 2021)

Profundidad de Socavación

a) Causas de socavación en cauce del río.

En su tesis (Frores, 2015) ha descrito sobre la socavación por su origen.

- Aumento de caudal: Esto sucede en ocasiones en que las avenidas máximas, va aumentando sus fuerzas y la velocidad media.
- Interrupción del transporte sólido: Ocurre cuando el transporte de sedimento a causa de ello se origina una menor capacidad de arrastre de los sedimentos y esto ocasiona la profundidad de socavación y erosión.
- Interrupción del cauce: es donde empieza alguna estructura entre el tramo, el aumento de la velocidad y arrastre de sólido a causa de estos se da la profundidad en la cuenca.
- Caudal en tramos curvos: se producen erosión en las curvas y se tendrá el margen interior para la socavación.
- Confluencia Fluvial: en esto revive el agua de un afluente.
- Pilares y Estribos: sus inicios se dan en las estructuras como pilares de estribos o también puentes, estos dan lugar a una erosión local gracias a la formación de vértices los cuales controlan dichas estructuras.

b) Clases de Socavación

existen dos tipos: Socavación general y socavación local menciona (Frores, 2015) en su tesis.

- **Socavación General:** Se describe a la socavación un proceso de largo plazo que tiene mayor acontecimiento en la parte más alta de una cuenca, donde se ejecutara el thalweg es pronunciado en particularidad de una cuenca donde aumenta la velocidad, donde se produce el arrastre. (Frores, 2015)

La socavación en general será analizada con el método de Lischtván – Levediev esto se debe ya que es el más ajustado a los trabajos del cauce natural. (Silva & Turesta, 2018)

Socavación local: La socavación local ocurre en un lugar específico, ya sea al pie de un talud, muelle de un puente o estribo, o aguas abajo de un embalse, lo que puede provocar la falla de todas estas estructuras, desde su operatividad hasta el colapso de cada una. Este tipo de socavación en el diseño hidráulico o tomas de agua, lo más importante a considerar es evitar que se deterioren a corto plazo, ya que se sabe que es un fenómeno difícil de evitar pero si se toma la medida adecuada el impacto puede reducir y compensar. (Silva & Turesta, 2018)

Metodología para el cálculo de la socavación general

Existe diferentes procedimientos para si determinar la socavación del causes. Lischtván – Levediev.

En este procedimiento, los parámetros como el caudal, la relación, el área hidráulica y las características del material del fondo se consideran en el cálculo. Según Lischtván-Levediev. La expresión matemática de la evaluación de la socavación es la siguiente.

Para cauces granulares:

$$H_s = \left(\frac{\alpha * y_0^{\frac{5}{3}}}{0.68 * Dm^{0.28} * \beta * \psi} \right)^{\frac{1}{1+Z}}$$

$$Hm = \frac{A(\text{Área hidráulica})}{Be}$$

$$\alpha = \left(\frac{Qd}{(Hm^{\frac{5}{3}} * Be * \mu)} \right)$$

Para cauces cohesivos:

$$Hs = \left(\frac{a * y_0^{\frac{5}{3}}}{0.60 * \gamma * 1.18 * \beta * \psi} \right)^{\frac{1}{1+x}}$$

Se tiene los criterios para la altura de socavación.

Dónde:

Hs: Altura entre el nivel de flujo y el fondo erosionado, tras pasar una avenida.

y0: Altura entre el nivel de flujo tras pasar una avenida y el fondo inicial (medio antes de la avenida).

y0, ys: Altura medida en forma vertical en la sección deseada.

Hm: Tirante medio entre el nivel del flujo al ocurrir una avenida y el fondo inicial. Se determina al dividir el área hidráulica entre el ancho de la superficie libre Be.

Be: Ancho de la superficie libre al ocurrir la avenida.

Qd: Caudal de diseño.

Dm: Diámetro medio en un material del fondo friccionaste.

Z: Exponentes en función de Dm con respecto al tipo de material de fondo.

β: Coeficiente en función del período de retorno del caudal de diseño.

μ: Coeficiente en función a la contracción del cauce.

ψ : Coeficiente en función de la concentración del material transportado en suspensión.

X : Valor de exponente que depende del diámetro del material.

Tabla 10
Coeficientes en función del tiempo

Probabilidad anual (%) de que se presente el gasto de diseño	Coeficiente β	Periodo de retorno en años
100	0.77	1
50	0.82	2
20	0.86	5
10	0.9	10
5	0.94	20
2	0.97	50
1	1	100
0.3	1.03	333
0.2	1.05	500
0.1	1.07	1000

Fuente: Adaptado de Juárez & Rico, (1974)

La tabla 10 muestra el coeficiente en función del tiempo, que será importante para calcular la altura de socavación. (Juárez & Rico, 1974)

Además, se necesita conocer el valor de $\frac{1}{1+z}$ importante para la profundidad de socavación para eso utilizaremos la tabla 11.

Tabla 11

Valores de contracción del cauce $1/(1+Z)$

d (mm)	x	$1/(1+Z)$
0.05	0.43	0.7
0.15	0.42	0.7
0.5	0.41	0.71
1	0.4	0.71
1.5	0.39	0.72
2.5	0.38	0.72
4	0.37	0.73
6	0.36	0.74
8	0.35	0.74
10	0.34	0.75
15	0.33	0.75
20	0.32	0.76
25	0.31	0.76

Fuente: Adaptado de Juárez & Rico, (1974)

2.2.23 Defensas ribereñas

Se denominan así a las obras o proyectos de infraestructura para la conservación del agua y que protegen las áreas cercanas a los ríos de posibles inundaciones durante las fuertes lluvias. Las defensas de la ribera del río son estructuras que tienen un rol fundamental para prevenir las inundaciones, pueden ser de diversos tipos, siendo estructuras para contener y que ayudan a amenguar los daños que el río pudiera producir en todas las zonas aledañas al mismo. Cuando se requiere elaborar e implementar algún proyecto de defensas ribereñas, llamadas también fluviales se necesita disponer de la información adecuada (Tales como el relieve, la hidrología, la topografía) para poder hacer un buen diagnóstico de la situación, sus antecedentes y poder plantear una solución ajustada a la realidad que resuelva el problema. (Alvaro & Henriquez, 2014)

En el Perú existen diversos tipos de defensas ribereñas o fluviales, las cuales se han estado desarrollando a lo largo de los años, tales como terraplenes circulares de tierra, gaviones en forma de caja, gaviones cojín, gaviones de saco, muros de hormigón armado y muros de hormigón tuerto.

2.2.24 Clasificación de los tipos de defensa

Hay diversas clases de trabajos a realizar, de los cuales, los que son del tipo rígido y del tipo que son mas flexibles son los mas utilizados.

Tipos de defensas ribereñas

La forma de reducir parcial o totalmente las erosiones que se producen mayormente en las orillas o bordes exteriores de las curvas de los ríos, así como las erosiones laterales, es mediante la utilización de diques longitudinales indico, muros y espigones. (Mesa, 2019)

- **Obras de tipo flexible**

Se utilizan cuando existen irregularidades muy importantes en los suelos.

Muros de gaviones: Estos son estructuras rectangulares de tipo paralelepípedos fabricados con tejido de alambre de acero, que han sido sometidos a procesos de protección especiales, tales como el plastificado o el galvanizado. Se desmontan y se colocan en obra y luego se fabrican con guijarros o piedras trituradas de cierto tamaño y gravedad específica. Este material permite el uso de sistemas constructivos sencillos, flexibles, multifuncionales y económicos. Visto de forma exclusivamente técnica, estos pueden ser muy eficaces. Por otro lado, la integración terrestre se empleará en la construcción de estructuras de contención (muros) en todo tipo de climas, entorno y estación. Esta estructura es altamente eficiente y no requiere ningún medio o mecanismo sofisticado ni de especialistas de obra y generalmente se pueden encontrar piedras para el relleno cerca.

Una de sus ventajas es que puede soportar altas deformaciones sin disminuir su resistencia. Tiene un mallado con aberturas de tipo hexagonal que están unidos por una torsión triple, lo cual forma un espacio de por si rellenable y que, si hubiera una rotura de un alambre puntual, no comprometería la integridad de este. Asimismo, el enrejado facilita el deslizamiento de las piedras dentro del mismo y en el terreno, lo cual impide caídas bruscas y también hace que permanezcan unidas y sin deslizamientos. (Mesa, 2019)

Principales características de las estructuras de gavión:

- Elasticidad.
- Infiltración.
- Variabilidad.
- Ahorro.
- Decorativo.

Los muros de gaviones tienen diferentes usos, entre ellos tenemos:

Muros de contención: Estas estructuras han sido diseñadas para poder sostener un diferencial en los distintos niveles del suelo y en ambos lados, con lo cual se constituye en un grupo elemental como base y que brinda una adecuada defensa, aunque se colocan antes lechos de los ríos. (Mesa, 2019)

Conservación de suelos: Las diferentes formas de erosiones son dañinas para cualquier tipo de suelo y dentro de ellas la erosión hídrica es de las más nocivas, porque ocasiona que los materiales sólidos desprendidos de los lugares altos y medias de un cauce provoquen que se azolven de los campos de cultivo, infraestructuras eléctricas, hidráulicas o de las vías de comunicación que pudieran existir en la zona baja de la misma. (Mesa, 2019)

Control de ríos: Los gaviones impulsan a que la condición de equilibrio de los cauces de los ríos se alcance más rápido. Asimismo, evitan las erosiones, las caídas de los márgenes, el desplazamiento de materiales sólidos y puede modular las crecientes y de esta manera brindar protección a las poblaciones y valles contra posibles desbordes de los ríos. (Mesa, 2019)

Apoyo y protección de puentes: En la base de los puentes se debería emplear un gavión de tipo caja, saco o colchón, solos o en combinación y se logra con esto obtener alta resistencia a las diversas cargas de agua que se pudieran prever. (Mesa, 2019)

- **Obras de tipo rígido**

Pantalla de concreto armado

Son empleadas usualmente en ingeniería civil en muchas de las edificaciones que construye y son unas estructuras del tipo de contención.

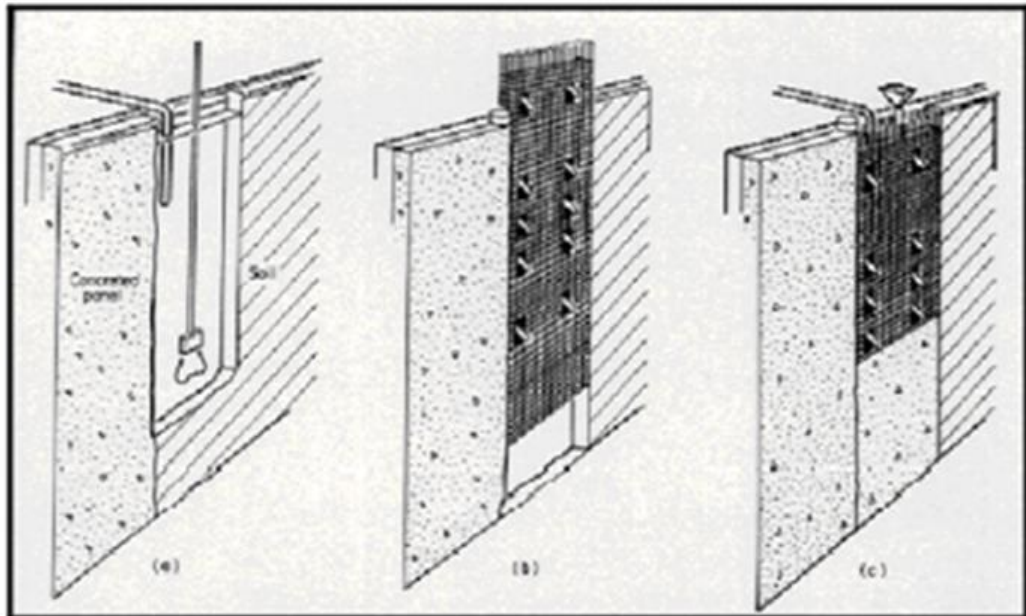


Figura 34: Muro de pantallas

Fuente: Mesa (2019)

Pantallas de paneles prefabricados de hormigón: Son estructuras que están conformadas por divisiones prefabricadas de hormigón y que por lo regular tienen forma rectangular. Para su instalación se debe de excavar una zanja más grande que el panel y posteriormente hay que verter cemento o bentonita en todo su contorno. (Mesa, 2019)

Muro de gravedad: Se denomina como, muro de gravedad a la estructura en la cual se obtiene su resistencia sobre la base de su propio peso, razón por la cual no poseen un asentamiento que se diferencie del resto, sin quitar el hecho de que pudieran poseerlo. Lo más ventajoso que tienen es el hecho de que por lo general no tienen armado y pueden ser muy útiles en alturas medianas y cuando su tamaño es de poca extensión. (Mesa, 2019)

Muros pantalla o pantallas de hormigón “in situ” (diaphragm walls o slurry walls en inglés): Es una clase de estructura que es elaborada en la

obra o en otras palabras, en vez de utilizar prefabricados de hormigón. Estos componentes de esta se realizan “in situ” en la obra. El tamaño de estos paneles que conforman estos muros pantalla varía de 4 a 5 m. de largo y de 0,4 a 1,5 m. de grosor. El largo del panel o pantalla va a depender del tamaño del dimensionamiento que posea el mismo. Se tiene que tener en cuenta que cada uno de los componentes de un muro o pantalla trabaja de forma individual y que presentan entre los mismos estancas (Evitan que el agua difunda por medio de ellos). (Mesa, 2019)

Pantallas de pilotes: Es una clase de panel de contención del tipo flexible o de pantalla, que se utiliza regularmente dentro del campo de la ingeniería civil. Generalmente se utilizan cuando la zanja excavada es muy complicada o difícil.

Cuando el terreno es duro se utilizan las llamadas máquinas piloterías, que son especiales para superficies de roca, en lugares en donde hacerlo de forma diferente podría exponer algún riesgo o porque la zanja tiene un ancho muy angosto.

Se denomina dique al terraplén artificial o natural, conformado generalmente de tierra, que se encuentra de forma paralela al curso de los ríos, Existen diversos tipos de los mismos, entre los que podemos mencionar. (Mesa, 2019)

Diques Enrocados: Empleados para evitar las inundaciones de las tierras cercanas a las corrientes de aguas o ríos, pero, de la misma forma, se pueden emplear en encajonar el flujo de estos para proveerles un tránsito mucho más veloz. También son llamados diques del tipo de contención. Del mismo modo, se les utiliza para resguardar algunas áreas determinadas contra la furia de las mareas y olas. Este tipo de diques generalmente son elaborados haciendo amontonamientos de tierra a las orillas de los ríos, siendo anchos en la base y más estrechos al acercarse a la cúspide, en donde por lo general se coloca arena en bolsas.

En la actualidad, las defensas ribereñas de diques se construyen utilizando parámetros técnicos recientes para este tipo de estructuras, que son de tierra, y que muchas veces tienen una compleja estructura al tener un

núcleo que no es permeable, una parte de base o soporte y algunos drenes que puedan disminuir la posibilidad de rupturas. Hay diversos tipos de diques, llamados también espigones, taludes u otros. (Mesa, 2019)

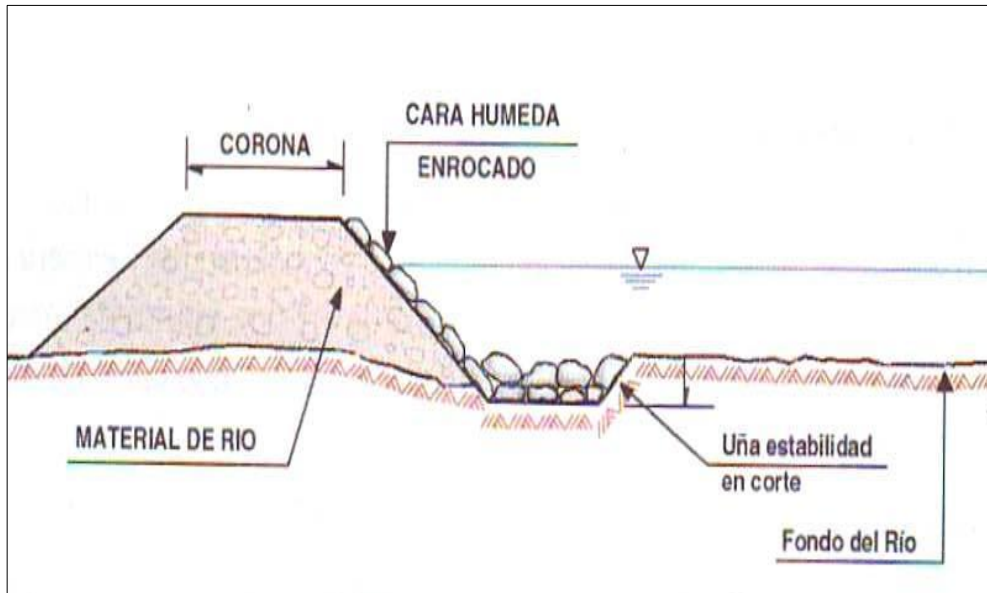


Figura 35: Dique enrocado

Fuente: Puicon, (2021)

Muros de mampostería: Se denominan así a los muros constituidos por mampuestos (Tabiques o piedras) que se superponen uno encima del otro. Estos se elaboran colocando a mano todos sus componentes y que estos se encuentren separados mediante juntas y de esta manera facilitar la dilatación

libre de cada pieza y así poder eliminar o amenguar los agrietamientos o también poder darle un reforzamiento con acero en forma de varillas. En ocasiones, es más adecuado elaborar el mencionado muro sin emplear el mortero en todos los muros que así resultasen. (Mesa, 2019)

Pre dimensionamiento de diques enrocados:

Para el pre dimensionamiento se considera los resultados del modelamiento hidráulico, la altura de socavación y el estudio de suelos.

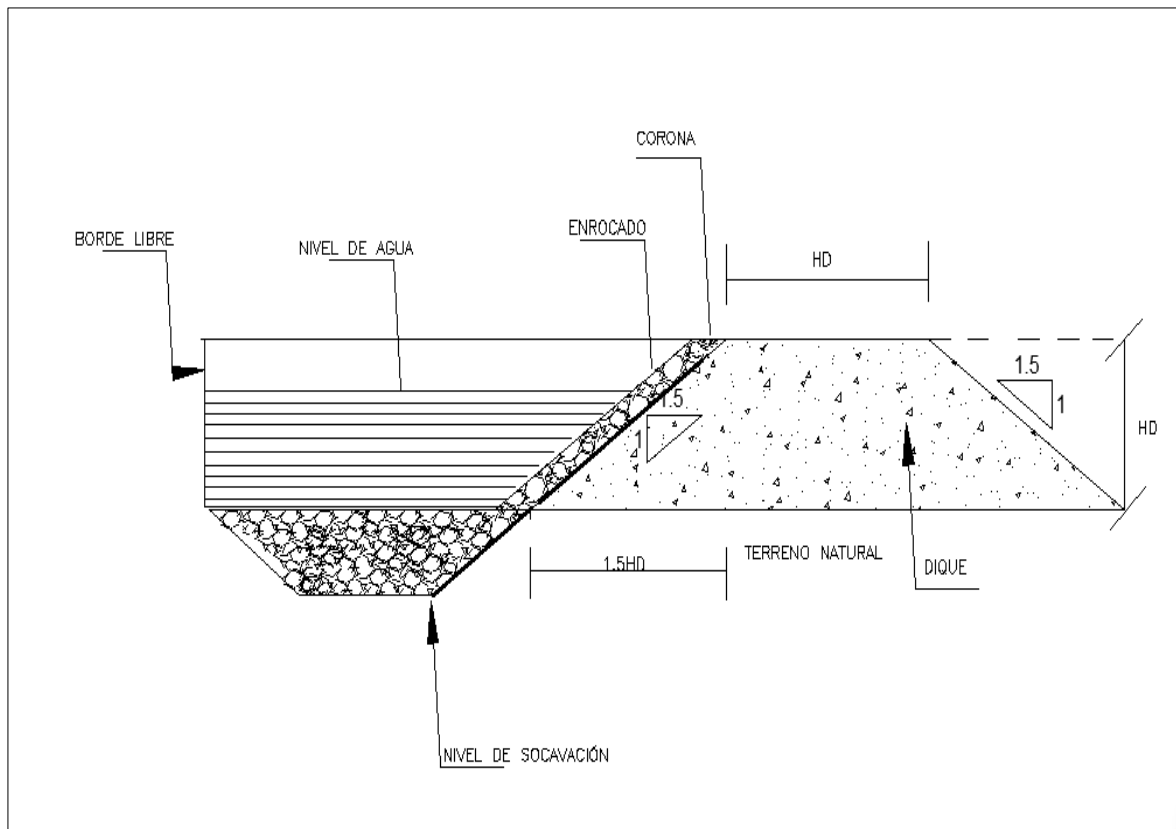


Figura 36: Consideraciones para pre dimensionamiento de dique enrocado

Elaboración: Los autores

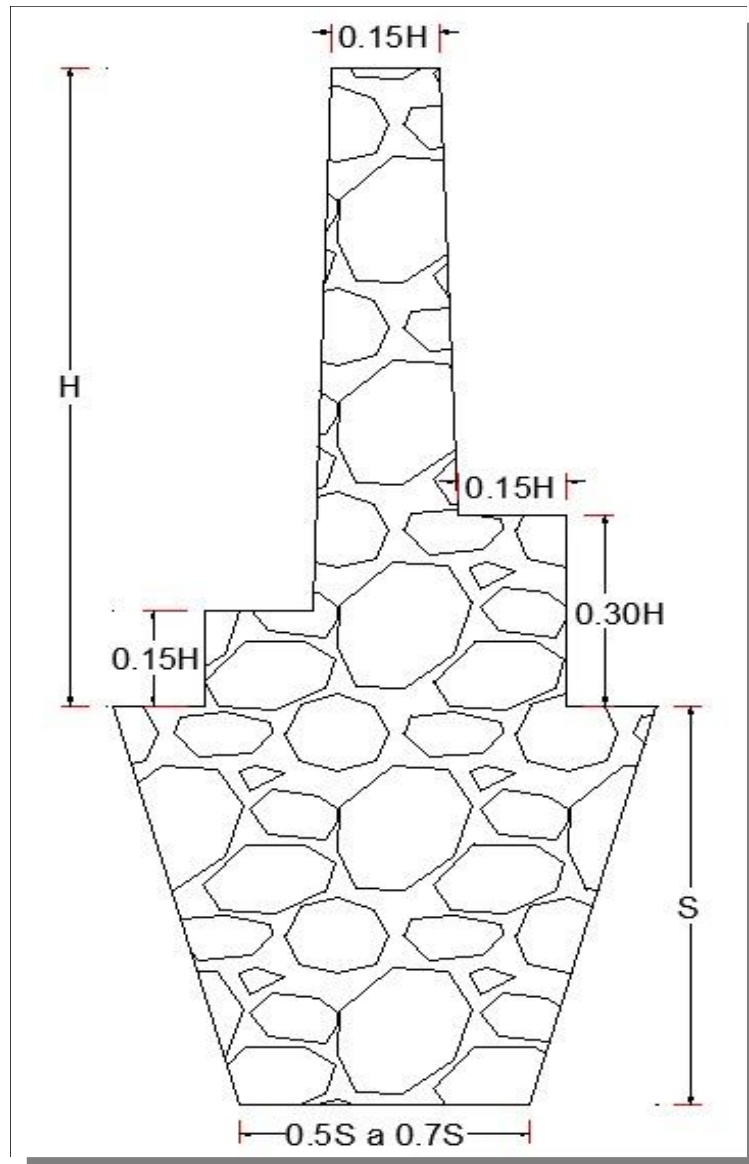


Figura 37: Parámetros para medidas de dique enrocado

Elaboración: Los autores

2.3 Definición de términos

Área de Inundación: Término de una avenida en un área que es causado en diferentes tiempos de retroceso del caudal que causa daño a su alrededor.

Avenida: Se le llama también avenida a un crecimiento súbito y grande de una avenida.

Coefficiente de escorrentía: Que Señala el fragmentó de lluvias que se deslizan en el hábito terrestre.

Coefficiente de fricción: Es el variable que mide la variabilidad en la abundancia en el encausamiento que se halla con el coeficiente de Mannig.

Canal: Canal despejado o cerrado que traslada aguas de las precipitaciones.

Cauce: También llamado lecho que viene a ser el elemento principal del valle y por donde se traslada toda el agua del curso de un río, existiendo los términos laterales de las riberas.

Captación: Es la distribución para acceder el ingreso del agua que son dirigidos Asia el sistema fluvial.

Cuenca: Es un terreno donde drena las precipitaciones pluviométricas donde drenan las aguas hacia un lugar.

Caudal: Porción de agua que discurre por un tramo específico del sistemático hidráulico en un determinado momento o periodo de tiempo.

Caudales máximos: Son corrientes máximos que se presentan en las correítes de flujo, son los que trascienden las corrientes de agua los que trascienden de distintos caracteres de las lluvias y sus propias de una cuenca.

Drenaje: Es separar el terreno excedente del agua no aprovechable.

Defensa Ribereña: Son estructuras construidas para proteger el área alrededor del río de las inundaciones del río.

Diseño: Es a través de la tecnología relacionada con nuestra profesión que creamos la estructura y la condicionamos a lo que queremos en un determinado campo para que podamos lograr buenos resultados.

Dique: Una presa es una estructura que evita el paso del agua. Puede ser natural o artificial, hecho de tierra, piedra u hormigón, y paralelo o perpendicular al borde de un río u océano.

Erosión: Debido a la influencia o accionar de los diversos factores externos, tales como el agua y el viento o también a la constante fricción de numerosos objetos, se origina en la superficie del objeto un desgaste continuo.

Este desgaste o erosión incluye las transformaciones experimentadas por los ciclos geográficos.

Escorrentía: Es toda el agua de las precipitaciones que discurre por la superficie o el subsuelo, que llega al arroyo y finalmente es vertida hacia la cuenca.

Estación pluviométrica: Emporada de registros y mediciones de la cuantía de precipitación de un lugar dado.

Frecuencia de lluvias: Es el valor de cifra, de veces que se repiten una aceleración de precipitación, cantidad de una etapa de retorno determinado en el grado de precipitación fluvial.

Flujo uniforme: También llamado equilibrio dinámico, donde la altura de agua es la misma a lo largo de su trayecto y esto es igual al trayecto de la superficie.

Hidráulica: Se denomina propiedad es mecánicas de las aguas con las fuerzas.

Hidrología: Estos análisis del agua (Hidrológicos) van a determinar los componentes, bases para la denominación y lugar de diseño de las defensas ribereñas de un área determinada.

Intensidad de la lluvia: Es la abundancia de las aceleraciones pluviales de un espacio con una unidad de un tiempo determinado que se pide en milímetros por horas (mm/horas) y litros por segundos por hectárea (l/s/ Ha).

Máximas avenidas: Viene a ser un caudal muchísimo mayor de escorrentía de la superficie y que excede la capacidad de traslado de agua del canal originando el desborde del mismo y la inundación de las tierras aledañas.

Para mantener el cauce libre y prevenir en parte las máximas avenidas se realiza un procedimiento llamado descolmatación, el cual consiste en limpiar el cauce de objetos que hayan sido arrojados al río o arrastrados por este.

Presión: Esto se da cuando se da un impulso o presión sobre un tubo de acumulación de agua que lleva ella, que se pone en kilómetros por centímetros cuadrados.

Pendiente: Es el declive del terreno es la pendiente razón por el cual el horizonte de una fuente.

Pendiente longitudinal: Es el pendiente que tiene como vía del conducto con respecto a su eje general.

Pendiente transversal: Es un distinto que conduce el canal entre dos sucesos, a la idea de retorno sino por donde va su avenida con un sentido de retorno.

Periodo de retorno: Es la tendencia que tiene, el canal entre dos sucesos es una opinión de dos sucesos es una idea hasta qué punto de suceso a considerarse distinta.

Precipitación: Es la manifestación atmosférica que está conformada por toda el agua, se cae a la superficie terrestre y que puede ser como llovizna, nieve o granizo.

Pluviometría: Es la dimensión que se expresa en milímetros de una hoja o lámina de agua imaginaria que queda la superficie terrestre que no existe el flujo ni medida después de haber de los contenidos con el suelo.

Topografía: Es una técnica que representa el relieve del terreno, Es representar en un plano topográfico que sirve para determinar y registrar la categoría ciertos puntos de un terreno en planimetría (X-Y) y en altimetría (Z).

2.4 Hipótesis

2.3.1 Hipótesis general

El modelamiento hidrológico e hidráulico influyen en la precisión del pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral - departamento Lima.

2.3.2 Hipótesis específicas

H1: El procesamiento de la topografía de la cuenca incide en la exactitud para el pre dimensionamiento de defensas ribereña del tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral - departamento Lima.

H2: El análisis de frecuencia de las precipitaciones máximas en 24 horas incide directamente en el pre dimensionamiento de defensas ribereñas del tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral - departamento Lima.

H3: El modelamiento hidrológico influye en la precisión para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas del tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral - departamento Lima.

H4: El levantamiento topográfico del cauce incide en una mayor aproximación para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el del tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral- departamento Lima.

H5: El estudio de mecánica de suelos influye directamente para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral - departamento de Lima.

H6: La modelación hidráulica influye en el pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral - departamento de Lima.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño

3.1.1 Tipo de investigación

El presente proyecto tiene una orientación de tipo aplicada, puesto aborda la resolución del problema del pre dimensionamiento de defensas ribereñas en ríos de costa caso tramo km 8+000 a 14+080 río Chancay provincia Huaral – departamento Lima. Por ende, tiene un propósito práctico y definido, el cual es buscar la solución a la problemática antes mencionada mediante la implementación de un sistema determinado.

3.1.2 Enfoque de investigación

Este proyecto está orientado a un enfoque cuantitativo puesto se obtienen los datos numéricos que son procesados para la elaboración de las redes de distribución, así mismo como comparación de otros diseños disponibles.

3.1.3 Nivel de investigación

Este proyecto tiene nivel descriptivo y explicativo, ya que se detalla los fenómenos a lo largo del tiempo ocurridos describiendo las partes que lo conforman, así como su fuente principal de abastecimiento, no se pretende evaluar la relación entre cada uno de los componentes del sistema o con otro objeto fuera del mismo.

3.1.4 Diseño de Investigación

Este proyecto es de tipo no experimental puesto que no se alteran ni tratan las variables existentes de esta forma, sino que simplemente son observadas en su contexto natural y luego son analizadas.

Además de ello su diseño es transversal – descriptivo, ya que se recolectan datos en un único momento en el tiempo, en el actual, por otra parte, en la presente investigación servirá de precedentes para futuras investigaciones, aunque sus presupuestos deberán ser actualizados de acuerdo con los objetivos que se tracen.

3.2 Muestra

3.2.1 Población

La cuenca del río Chancay – Huaral, cuenta con 18 las estaciones meteorológicas que es administradas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) las cuales son (Huayan, Pallac, Carac, Pirca, San Cruz, Huamantanga, Huaros, Pariacancha, Parquin Alcantarilla, Paccho, Picoy, Santa Rosa, Marcapomacocha, Yantac, Carampoma, Autisha, Matucana)

Tabla 5
Ubicación Cuenca Chancay Huaral

Coordenadas UTM - WGS84		Norte	Este
Zona	Inicio	8753760 m	8 784145 m
18	Final	302168 m	346041 m

Fuente: Los autores (2021)

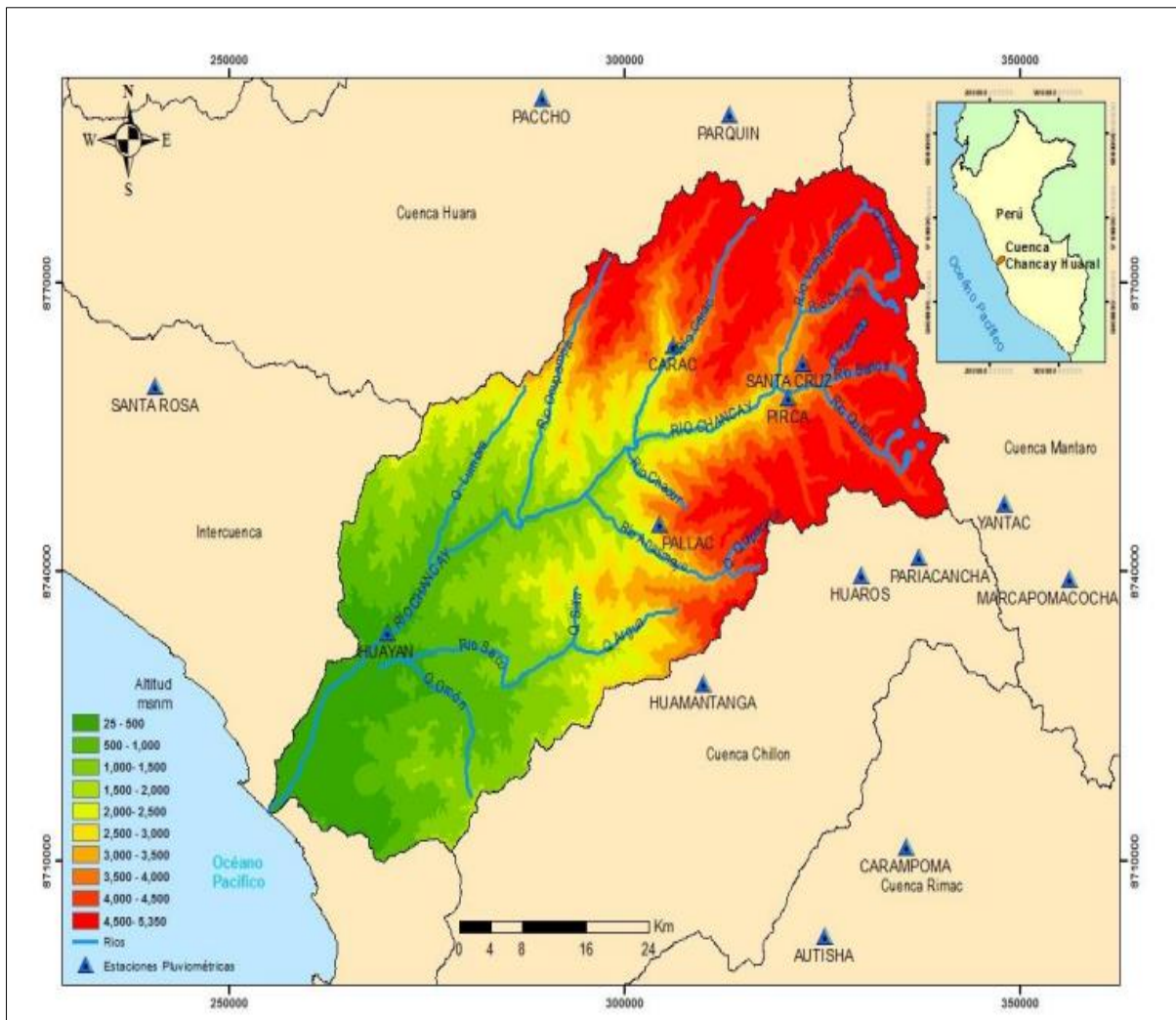


Figura 38: Cuenca del río Chancay

Fuente: ANA (2015)

3.2.2 Muestra

La muestra de nuestra investigación está comprendida por un tramo de 6.080 km del río Chancay provincia Huaral del departamento de Lima. Se tomaron las estaciones mas cercanas a la cuenca que son doce: (Pirca, Andahuasi, Carac, Carampoma, Hipólito Unanue, Huamantanga, Huaros, Huayan, Lachaqui, Loma Lachay, Achamachay y Pirquín) Atraves de estos estaciones se obtendrá el área de estudio y el parámetro fisiográficos, perímetro, longitud del río Chancay, con esas características se sabrá en qué estado se encuentra la cuenca, curva hipsométrica, se obtendrá el grado de división, también su pendiente, tiempo de retorno en 25, 50, 100 y 500 años

con ello se sabrá cuanta área y tramo se inundara en ese lapso de tiempo, con los software HEC – HMS y HEC - RAS para así llegar al pre dimensionar y determinar la altura de la defensa ribereña.

Tabla 13
Tramo del río Chancay - Huaral

Coordenadas UTM -WGS84		Norte	Este
Zona	Inicio del tramo	8720822.14 m	259572.88 m
18	Final	8726157.16 m	262078.96 m

Fuente: Los autores (2021)



Figura 39: Tramo de 6+080 km del río Chancay
Elaboración: Los autores

Inicio de nuestro tramo de estudio que tomamos como referencia el puente Chancay.



Figura 40: Inicio del tramo del río Chancay

Elaboración: Los autores

Final del tramo de estudio se tomó como referencia el puente Rojo en Aucallama.



Figura 41: Final del tramo del río Chancay

Elaboración: Los autores



Figura 42: Puente Rojo en Aucallama
Elaboración: Los autores

Imágenes de nuestra muestra de estudio del puente Chancay.





Figura 43: Cauce del río Chancay - Huaral

Elaboración: Los autores

Figura 44: Cauce del río Chancay - Huaral

Elaboración: Los autores

3.3 Instrumentos y Técnicas

Los instrumentos usados para la elaboración de esta tesis fueron los siguientes.

3.3.1 Instrumentos de recolección de datos

- **Recolección de información:** Se recopiló la información de diferentes tesis como es cinco internacionales cinco nacionales de igual manera del SENAMHI y ANA.

- **Encuesta:** Se realizo encuestas a los peritos de hidrología e hidráulica cada punto tratado que es desglosado respectivamente.
- **La ley de los recursos hídricos** la ley N° 29388

3.3.2 Instrumentos de procesamiento

- Recopilación de Datos
- DEM de la cuenca del Río Chancay
- Mapa Curva Número
- Levantamiento topográfico
- Precipitación máxima anual
- Estudio de suelos
- Procesamiento de datos
- Software ArcGIS 10.8
- Microsoft Excel
- Hydrognomon 4.03
- Software Hec - Hms 4.8
- Software Hec - Ras 5.07

- PowerPoint



Figura 45: Software para el desarrollo de la investigación

Elaboración: Los autores

3.3.3 Técnica

Las técnicas que hemos usado consisten en la observación de nuestra área de estudio del río Chancay – provincia Huaral del departamento de Lima, que es parte del levantamiento topográfico del cauce y también nos permitirá determinar las características del lugar de estudio.

Así mismo utilizamos la técnica de recolección de datos con documentos del SENAMHI, ANA, etc. que nos permitirá conocer las precipitaciones de la cuenca de estudio, así también como otras búsquedas de material bibliográfico referente a nuestra investigación que nos permitirán alcanzar nuestros objetivos planteados.

3.4 Procedimiento

- **Recopilación de datos topográficos, hidrológicos y meteorológicos:** Lo primero que se tuvo que hacer, es de localizar el lugar de estudio, se ubicó usando el Google Earth Pro el río Chancay, provincia Huaral, departamento de Lima. De igual manera se delimito la zona de estudio.
- **Delimitación de zona de estudio:** A si mismo se delimito la zona de estudio que es 6.080 km. con el mismo programa, ya mencionado, también se observó el acceso que tendríamos en el lugar de estudio para hacer los estudios correspondientes especificado en los objetivos.
- **Toma de muestra de suelo:** Se realizo el estudio de suelo, se extrajo tres muestras de calicata con una profundidad de 1.50 m. extraídos del lecho del río Chancay.

Cada calicata fue sustraída con mucho cuidado, para luego ser llevado al laboratorio de la Universidad Agraria la Molina teniendo así la seguridad de reconocer el tipo de suelo que se obtendrá para determinar la socavación.

- **Estudio de topografías:** El estudio topográfico se realizó con la estación total con la marca Leica, modelo TS06 PLUS, de la empresa AYD Topografía, para si lograr la exactitud topográfica y tener una margen de error menor.
- **Formulación de los modelos hidrológicos e hidráulicos:** En esta etapa de modelamiento hidrológico e hidráulico, determinado el cauce de acuerdo con la información analizada el régimen de

precipitaciones, con el análisis de precipitación meteorológica posible, para una determinada duración.

La aplicación de esta modelo Hidrológico e hidráulico con el HEC - HMS para el análisis de la cuenca que se obtendrá de los hidrogramas de caudal máximas para diferentes tiempos de retornos con el complemento del HEC - RAS para la simulación, se presentará el tipo de defensa ribereña será para el río Chancay.

3.5 Variables

Se determinará las variable dependiente e independiente.

3.5.1 Variables independientes

La variable independiente, es el modelamiento hidrológico e hidráulico.

3.5.2 Variable Dependiente

La variable dependiente es, pre dimensionamiento de defensas ribereñas en ríos Chancay.

3.5.3 Operacionalización de las variables

Tabla 14

Operacionalización de las variables

Variable independiente	Dimensión	Indicador
Pre dimensionamiento de defensa ribereña	<ul style="list-style-type: none"> • Delimitación de mas sub cuencas 	<ul style="list-style-type: none"> • Área
	<ul style="list-style-type: none"> • La determinación de las precipitaciones máximas a diferentes tiempos de retorno 	<ul style="list-style-type: none"> • Laminas
	<ul style="list-style-type: none"> • La determinación las descargas máximas en 24 horas para diferente tiempo de retorno 	<ul style="list-style-type: none"> • Caudales

- Secciones transversales
- Planos tipográficos
- Parámetros geotécnicos
- Angulo de fricción
- Nivel del río
- Tirante

Variable dependiente	Dimensión	Indicador	
Modelamiento hidrológico e hidráulico	Modelamiento Hidrológico	<ul style="list-style-type: none"> • Topografía de la cuenca • Frecuencia de las precipitaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Curva de nivel • Láminas de precipitación
	Modelamiento Hidráulico	<ul style="list-style-type: none"> • Modelamiento hidrológico • Topografía del cauce 	<ul style="list-style-type: none"> • HEC - HMC • Secciones transversales
	Modelamiento Hidráulico	<ul style="list-style-type: none"> • Mecánicas de suelos 	<ul style="list-style-type: none"> • Curva granulométrica
	Modelamiento Hidráulico	<ul style="list-style-type: none"> • Modelación hidráulica 	<ul style="list-style-type: none"> • HEC - RAS

Elaborado: Por los autores (2021)

CAPÍTULO IV DESARROLLO

4.1 Ubicación

4.1.1 Ubicación geográfica

La cuenca del río Chancay - Huaral, tiene origen en el nevado de Raura, de las lagunas Verdecocha, Acoscocha, Lishcocha que se ubicado en la costa central del Perú comprendida entre los paralelos 11°00'00" y 11°39'00" de latitud sur y los meridianos 76°26'00" y 77°15'00" de longitud oeste.

4.1.2 Ubicación hidrográfica

Tiene como límite la cuenca del río Chancay - Huaral

- Norte: Cuenca Mantaro y Huaura
- Sur: Cuenca Chillón
- Este: Cuenca Chillón y Mantaro
- Oeste: El Océano Pacífico

El presente capítulo presentamos el desarrollo de nuestra investigación el cual está relacionados a los objetivos que nos hemos planteado para esto se está llevando a cabo el desarrollo de los siguientes estudios.

El procesamiento de la topografía de la cuenca, el análisis de las frecuencias de las precipitaciones máximas en 24 horas, el modelamiento hidrológico, el levantamiento topográfico del cauce, el estudio de mecánica de suelos y finalmente el modelamiento hidráulico.

4.2 Procesamiento de la topografía de la Cuenca

En esta etapa desarrollaremos el procesamiento de la topografía de la cuenca con la ayuda de la herramienta HEC - HMS para poder delimitar la cuenca de nuestro interés, el cual nos permitirá solo trabajar sobre nuestra área de influencia de nuestra muestra.

Para eso se siguió los siguientes pasos que a continuación se detallan:

- a) Para el procesamiento de la topografía nos apoyamos de la información del DEM de la Cuenca Chancay - Huaral que nos brinda el ministerio del ambiente el cual posteriormente procesaremos en el HMS – RAS.

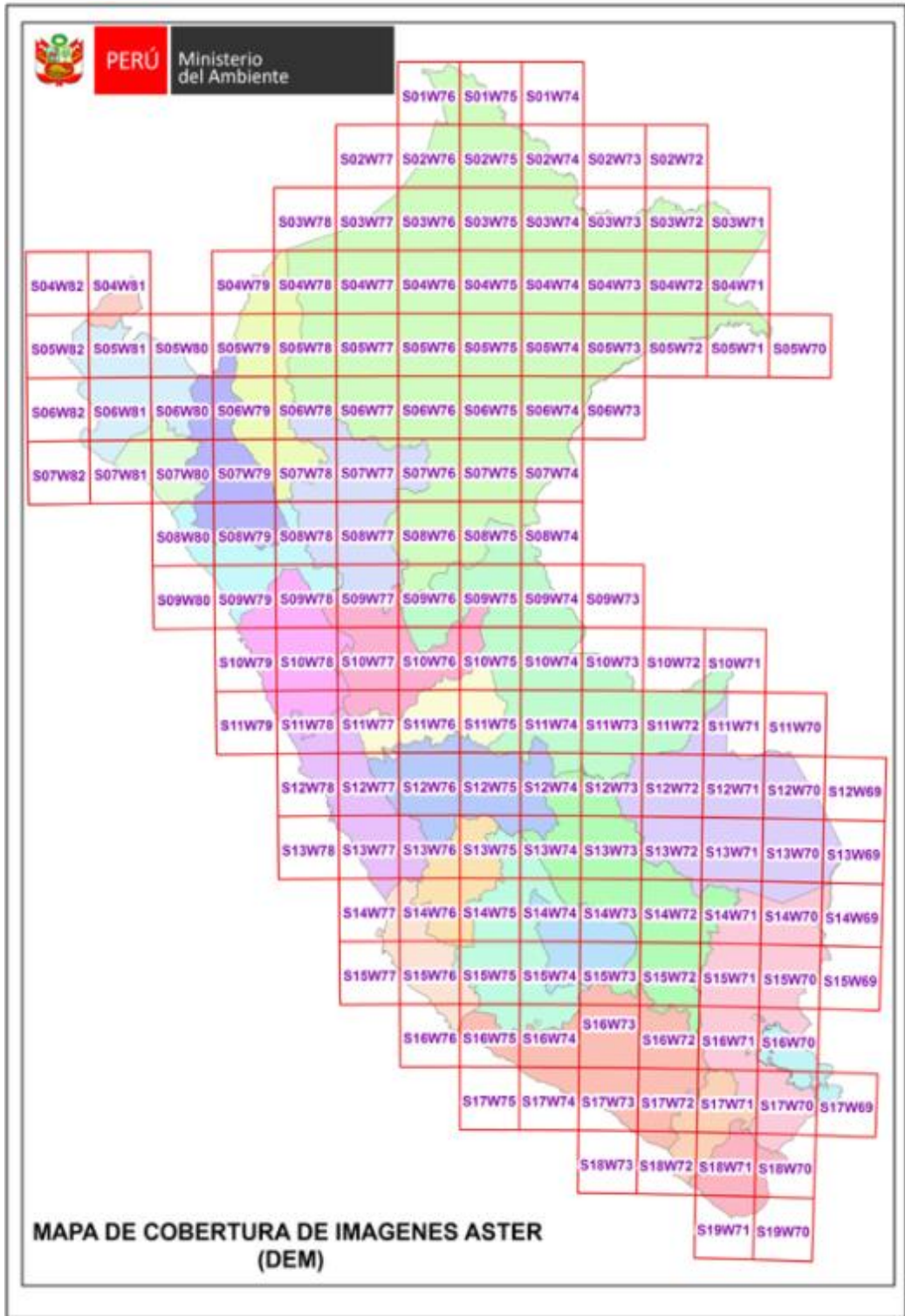


Figura 46: Mapa de cobertura de imágenes Aster

Fuente: Minan, (1999)

b) Luego se abre el archivo DEM en el interfaz del HEC - HMS como se muestra en la figura 48.

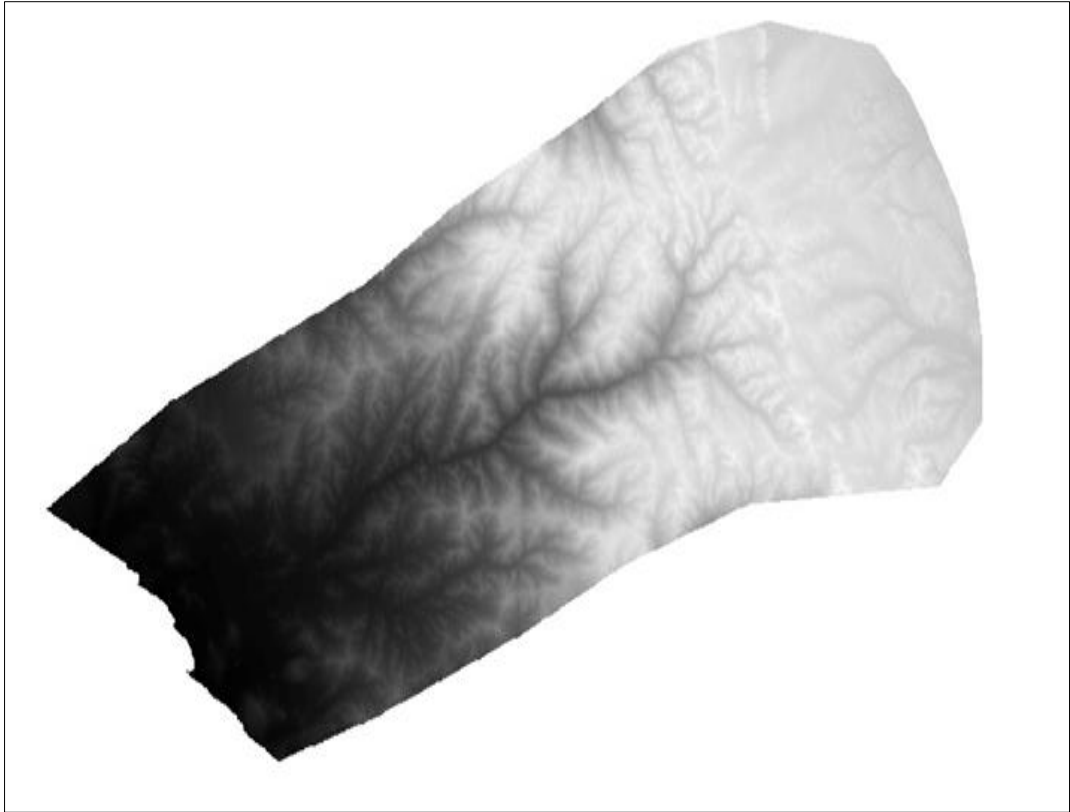


Figura 47: DEM de la cuenca Chancay

Elaboración: Los autores

c) Luego usaremos los componentes que nos presentan la herramienta HEC - HMS y creamos un modelo básico para nuestro DEM, como se muestra en la figura 48.

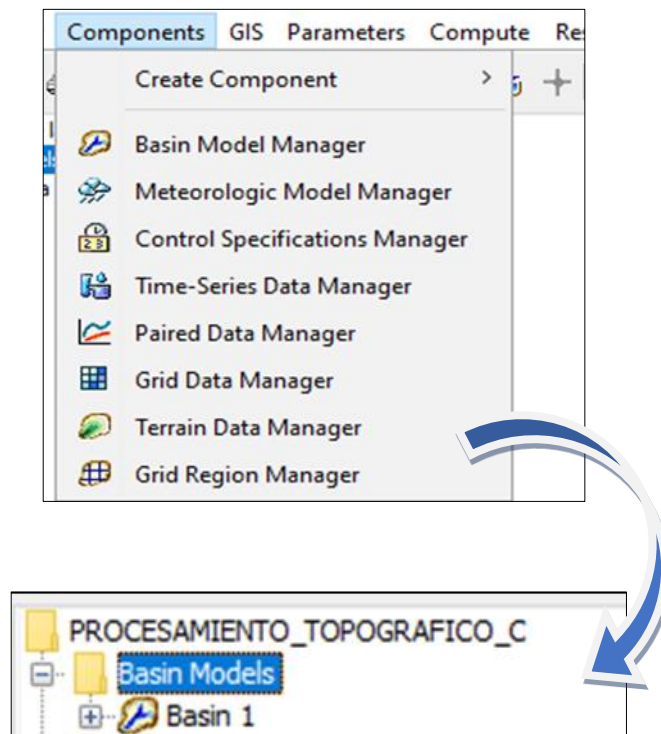


Figura 48: Modelo básico del DEM cuenca Chancay - Huaral

Elaboración: Los autores

d) Luego con la ayuda del componente terrain data manager se integrará el DEM de nuestra cuenca de estudio y se procesa una vez integrado se hace procesar la herramienta de integración y nos da como resultado una cuenca delimitada parcialmente como se observa en la figura 49.

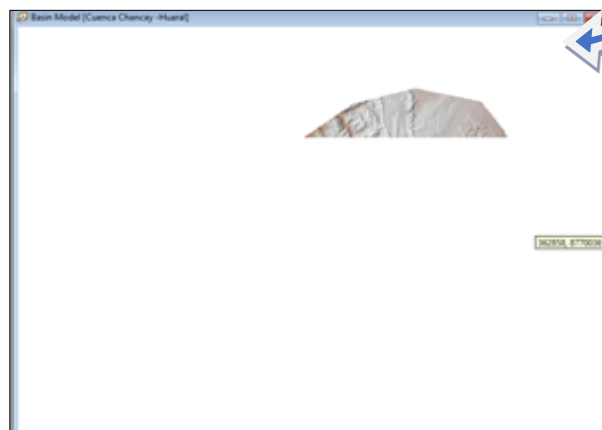
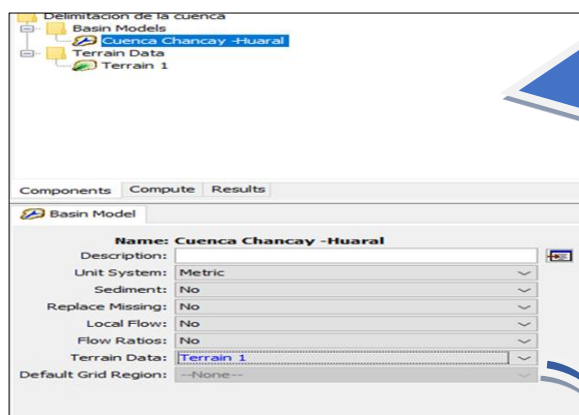
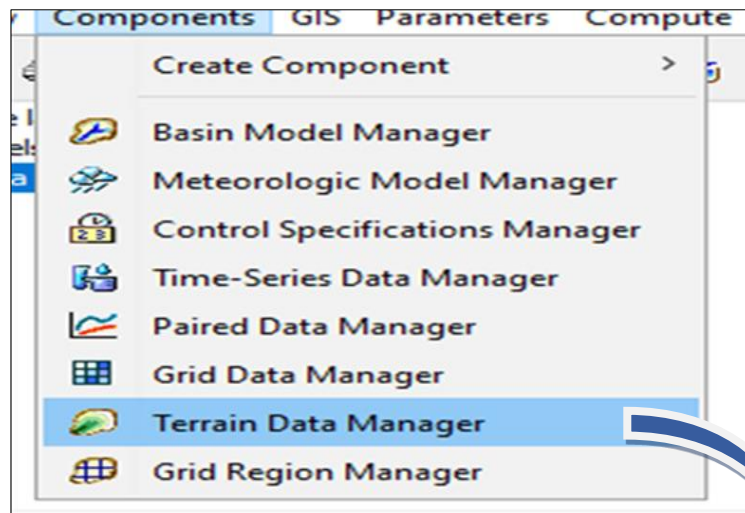


Figura 49: Delimitación parcial

Elaboración: Los autores

e) Para poder terminar de procesar la delimitación de la cuenca utilizamos la herramienta GIS, primero hacemos uso de la coordinate system el cual nos va a ayudar a culminar el proceso de la delimitación.

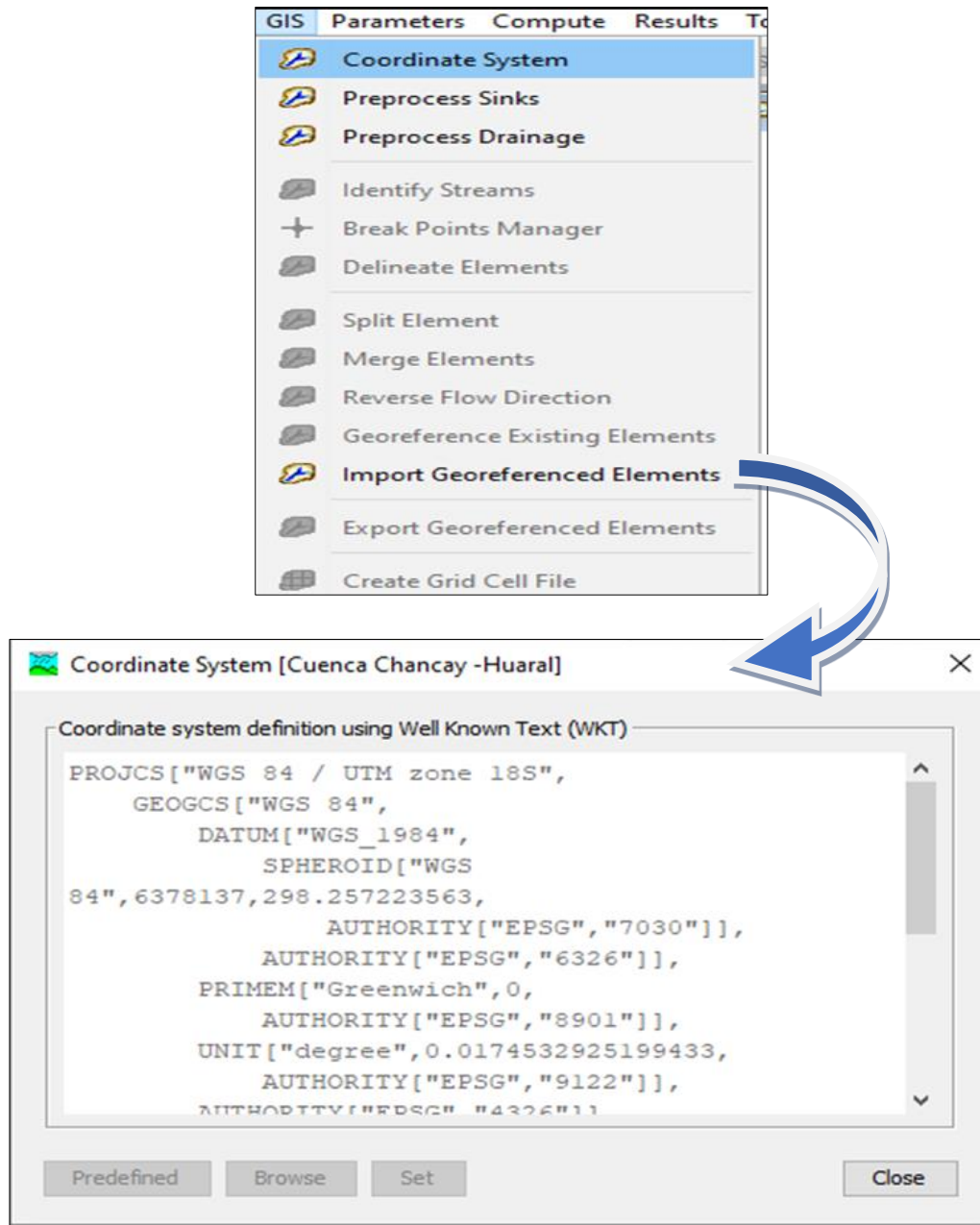


Figura 50: Resultado del Coordinate System

Elaboración: Los autores

f) Continuamos con el proceso de sumideros que nos va a permitir completar datos del DEM de la cuenca.

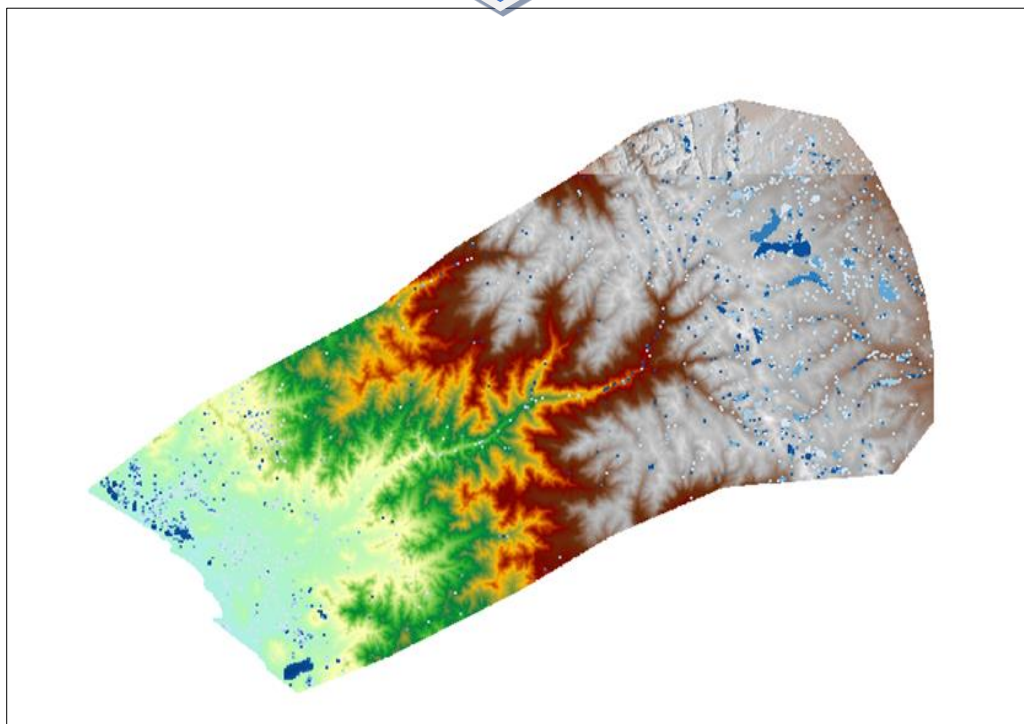
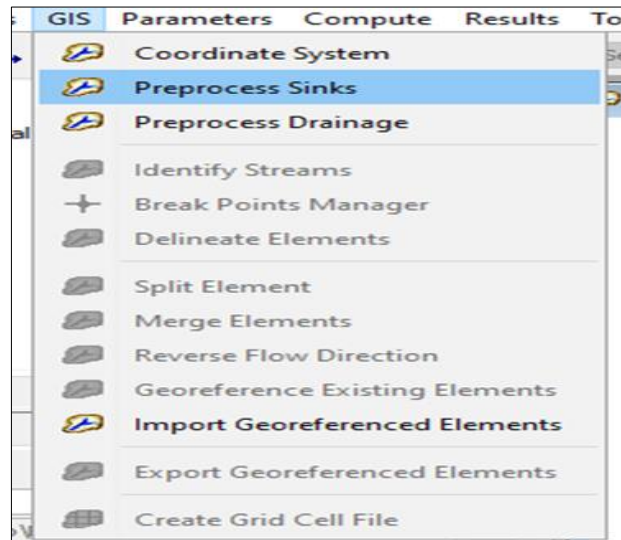


Figura 51: Resultado del preprocess sinks

Elaboración: Los autores

g) Ahora usamos el preprocess drainage que va a permitir al DEM completar los datos faltantes respecto al drenaje de la cuenca.

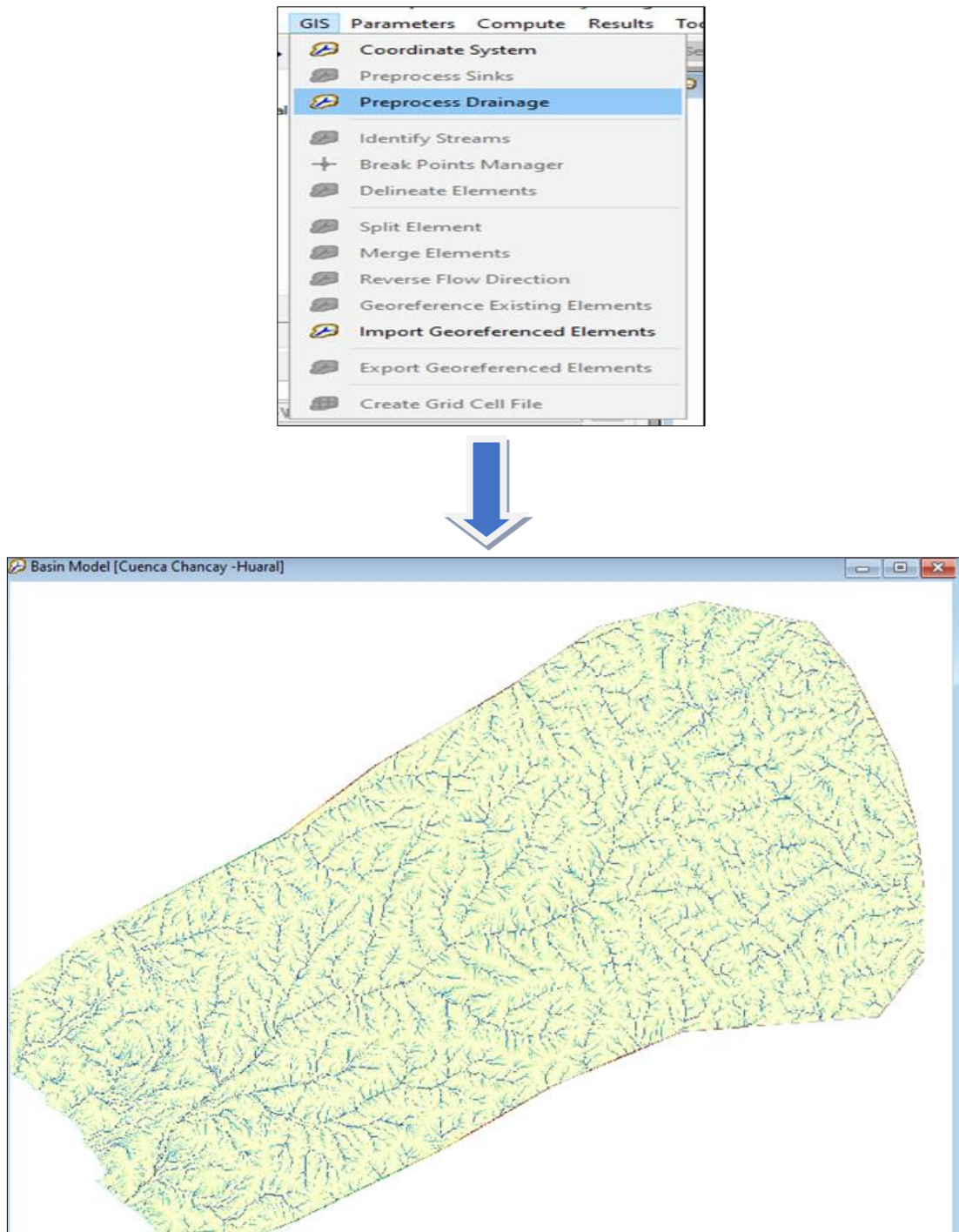


Figura 52: Opción de preprocess drainage

Elaboración: Los autores

h) Se identificará las corrientes de la cuenca concernientes a nuestra área de estudio, para eso usamos la herramienta identify streams.

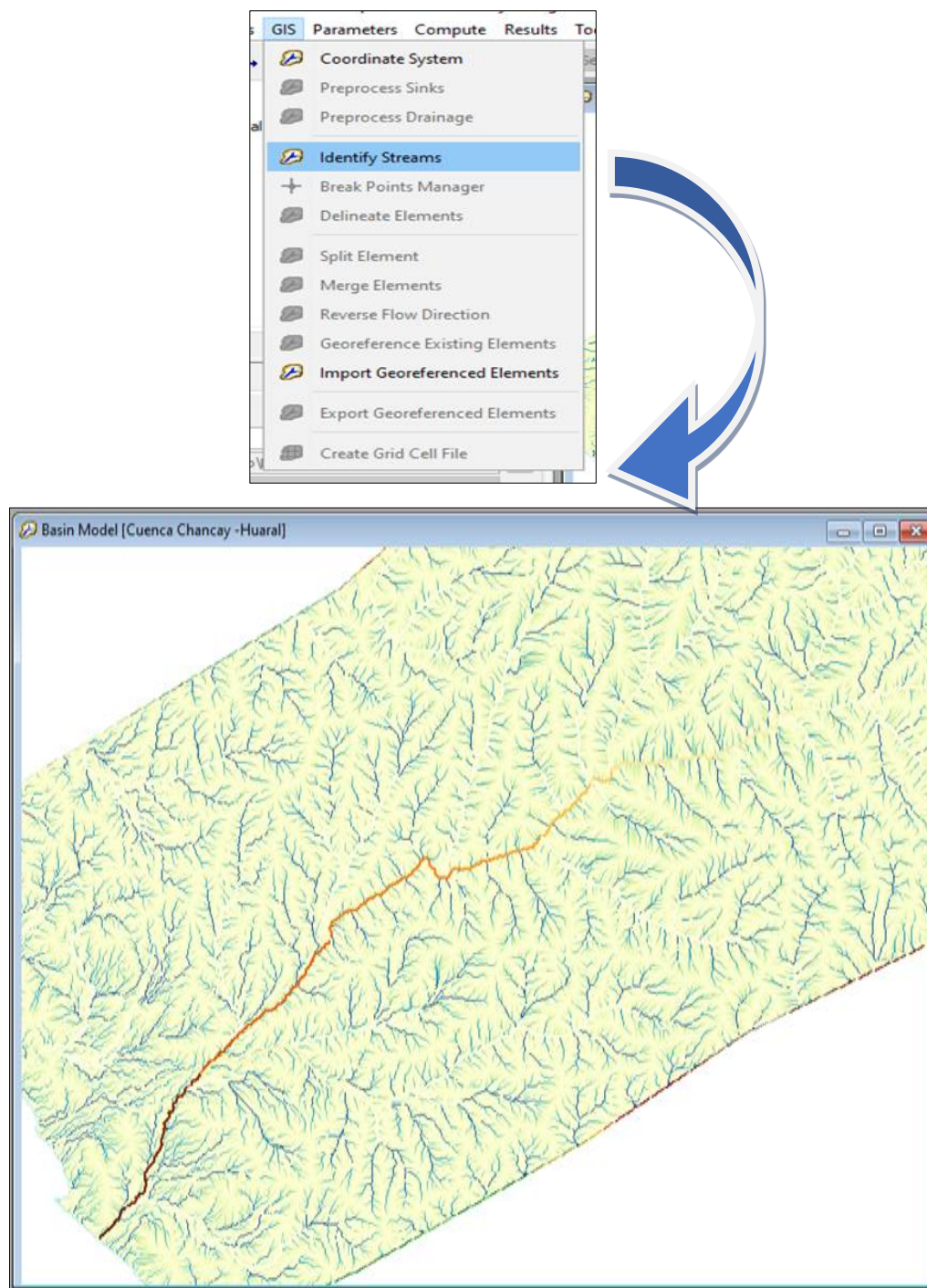


Figura 53: Identificación de corrientes

Elaboración: Los autores

j) Luego procedemos a delinear los elementos que ya fueron procesados anteriormente a la delimitación de la cuenca.

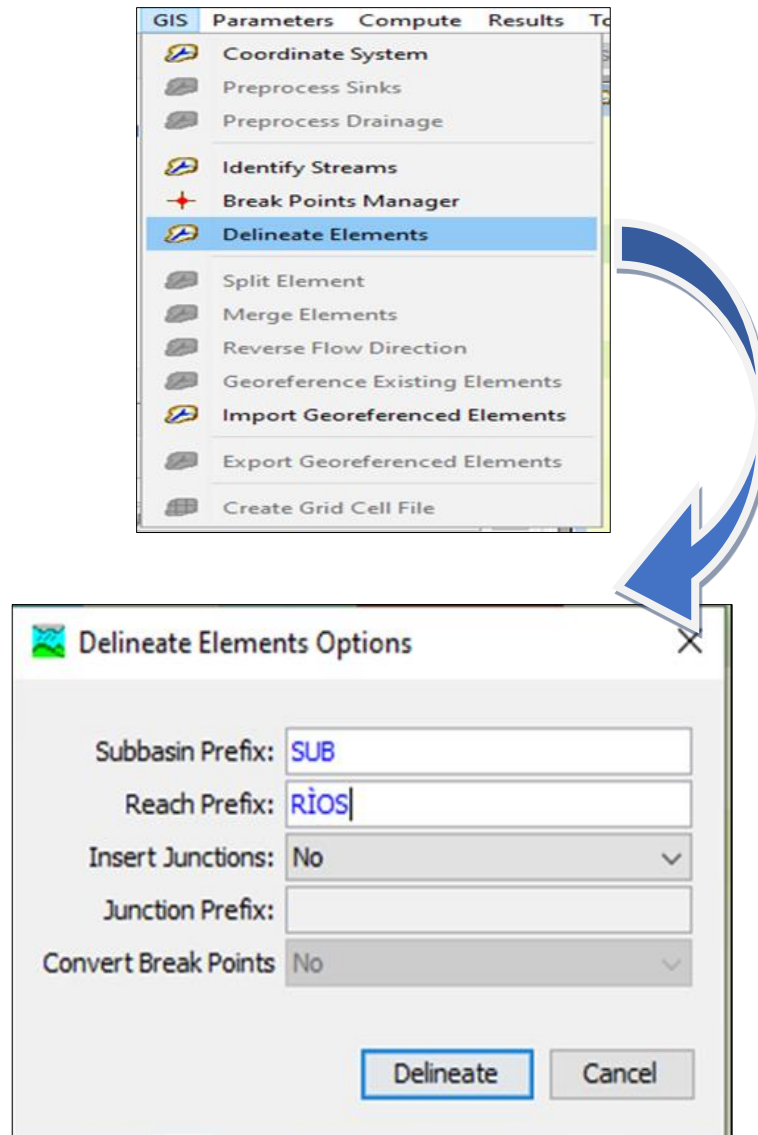


Figura 54: Sub cuencas y ríos delimitados

Elaboración: Los autores

Con esto finalmente culminamos esta etapa del procesamiento de la topografía de la cuenca, el cual nos permite delimitar la cuenca a nuestra área de influencia.

4.3 Análisis de frecuencia de precipitaciones

Para esta etapa recopilamos datos de las estaciones meteorológicas de las máximas precipitaciones de las estaciones de la cuenca Chancay que fueron 12 estaciones meteorológicas, los datos fueron obtenidos del SENAMHI, como se va en la tabla 15 las precipitaciones máximas en 24 horas anuales de las estaciones de nuestra cuenca de estudio.

Tabla 15

Precipitaciones máximas en 24 horas de las estaciones de la cuenca Chancay

Años	Carac	Pirca	Huayan	Pachamachay	Lomas de Lachay	Andahuasi	Huamantanga	Huaros	Parquin	Lachaqui	Carampoma	Hipólito Unanue
1963	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1964	0	0	1.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1965	0	0	2	0	0	0	43.5	31.5	0	34.6	0	0
1966	0	0	15.8	0	0	0	17.6	31.4	31.2	29.7	10.6	0
1967	20.2	0	5.1	0	0	10.3	21.6	27.9	0	0	22.2	0
1968	16	10.4	0	0	1.3	0.7	0	13	0	17.3	15.5	1
1969	25.8	14.8	2.2	0	2.9	2	11.4	20		18.9	21.3	1.7
1970	46.8	17.8	14	0	11.8	1.4	20.2	25	19.5	59.5	30.2	16
1971	15	11.6	10.8	0	6	7.6	10.7	20.5	22.9	18.8	30.4	1.5
1972	29.3	19.8	6	0	6.2	5.8	19.2	19.7	26.2	40.7	27.5	2

Tabla 15

Precipitaciones máximas en 24 horas de las estaciones de la cuenca Chancay

1973	22.5	19.3	3	0	0	7.8	11.4	44.4	23.3	22.4	32.6	0.3
1974	27	12.3	4	0	3.5	5.8	12.3	15.2	23.4	19.4	28.2	0
1975	18.5	11.6	3.6	0	3.2	7.8	12.2	17.1	28.3	19.3	17	0.5
1976	0	16.9	3	0	0	1.4	10.4	18.4	25.5	28.3	0	0
1977	27	16.7	2	0	0	0.6	11.8	31.5	25.8	65	23.8	0.9
1978	11.2	12.1	1.6	0	0	22.2	0	12.1	44.8	18.9	14.8	0
1979	0	17.4	11.9	0	0	2.3	0	18.7	22.4	29.6	0	0
1980	20.2	14.4	0.6	0	0	0.6	0	26.5	16.5	27.1	20.6	1
1981	20	20.8	3	0	0	4	12.6	24.4	21.9	55.9	0	2.3
1982	0	18.2	1.8	0	0	1.2	0	20.5	35.3	31.7	0	0.7
1983	28.6	20.2	2.6	0	0	0	12.1	18	31.7	21.4	31.2	5.8
1984	28	18.6	3.5	0	18.5	0	16.6	31.8	35.5	36.9	20.8	2
1985	24	17.6	0	0	0	0	0	31.5	33.8	40.9	21.4	0.4
1986	23.5	0	5.8	0	0	0	0	18	19	0	33.3	3.3

Tabla 15

Precipitaciones máximas en 24 horas de las estaciones de la cuenca Chancay

1987	18	19.6		0	0	0	0	16.8	24.6	0	22.7	0
1988	27	17.1	4.2	15.4	0	0	0	12	20.9		31.5	1.3
1989	23.5	19.9	10	17.3	0	0	0	18.1	21.3	22.7	19.6	2
1990	16.7	19.1	5.4	15.3	0	0	14.2	14.7	23.4	19.2	25.6	1.6
1991	15.2	12.6	0.6	15.2	0	0	18.4	17.6	17.2		23.3	0
1992	11.6	15.8	0.9	13.8	0	0	19.4	11.7	22.8	20	19.2	0
1993	18.8	20	1	15.5	0.2	0	22.8	21	22	20.3	22.4	0
1994	16.5	17.4	0.5	16.5	11.2	0.2	22	26.4	28.8	30.9	17.9	0
1995	13	15.9	1.3	12.7	3	0	29.6	25	19.2	17.1	15.1	0
1996	18.5	23.5	6.8	15.1	0	0	19.5	23.6	50.2	17.7	17.2	0
1997	19.5	43.8	2	17.8	0	0	17.8	20.9	23.2	24.8	15.7	0
1998	28.3	25.2	4.8	19	15.4	5.8	33.6	20.5	20.3	26.8	24.1	0
1999	0	27.1	5.2	18.2	4.8	0	25.4	23	34.5	22.6	15.5	0
2000	20.7	23.2	1.8	17.4	4.5	4.4	27.5	22.3	21.8	19.5	15.2	0

Tabla 15

Precipitaciones máximas en 24 horas de las estaciones de la cuenca Chancay

2001	0	24.5	4.8	16.8	3.7	0.5	19.4	24.4	24.4	26.2	17.4	0
2002	0	12.5	36.7	17	10	0	47.5	19.2	26	23.3	21.2	0
2003	0	19.7	1.4	0	7.4	0	27.3	19.1		21.5	18.3	0
2004	0	18.1	0	16	0	0	25.1	13.5	22.6	21.2	14.8	0
2005	0	12.4	1.1	15.1	11	0.3	23	20	17.2	16.5	16.3	0
2006	0	29.2	0	19.4	5	1.2	20.6	17.5	30.2	19.4	24.1	0
2007	0	22.3	0	19.3	6.6	1	19.5	19.6	24	23.6	18.6	0
2008	0	16.8	1.7	0	9.8	0	15.3	14.9	23.4	25.7	17.5	0
2009	0	22.7	2.8	19.4	7.3	0	30.9	22.4	28	27.9	18.7	0

Fuente: SENAMHI

Posterior a eso analizamos los datos de las precipitaciones en el software Hydrognomon, el cual nos permitirá hallar las precipitaciones a diferentes tiempos de retorno, comenzamos introduciendo las precipitaciones de las 12 estaciones como en la imagen 56 en la cual se introdujeron los datos de la tabla 15.

	Pirca	ANDAHUASI	CARAC	CARAMPOMA	HIPOLITO.U	UAMANTANGA	HUAROS	HUAYAN	LACHAQUI	MAS DE LACHA	ACHAMACHAY	PARQUIN
1963	18.75	4.13	21.70	21.30	2.46	20.64	21.36	4.93	27.08	6.97	16.61	25.83
1964	18.75	4.13	21.70	21.30	2.46	20.64	21.36	1.90	27.08	6.97	16.61	25.83
1965	18.75	4.13	21.70	21.30	2.46	43.50	31.50	2.00	34.60	6.97	16.61	25.83
1966	18.75	4.13	21.70	10.60	2.46	17.60	31.40	15.80	29.70	6.97	16.61	31.20
1967	18.75	10.30	20.20	22.20	2.46	21.60	27.90	5.10	27.08	6.97	16.61	25.83
1968	10.40	0.70	16.00	15.50	1.00	20.64	13.00	4.93	17.30	1.30	16.61	25.83
1969	14.80	2.00	25.80	21.30	1.70	11.40	20.00	2.20	18.90	2.90	16.61	25.83
1970	17.80	1.40	46.80	30.20	16.00	20.20	25.00	14.00	59.50	11.80	16.61	19.50
1971	11.60	7.60	15.00	30.40	1.50	10.70	20.50	10.80	18.80	6.00	16.61	22.90
1972	19.80	5.80	29.30	27.50	2.00	19.20	19.70	6.00	40.70	6.20	16.61	26.20
1973	19.30	7.80	22.50	32.60	0.30	11.40	44.40	3.00	22.40	6.97	16.61	23.30
1974	12.30	5.80	27.00	28.20	2.46	12.30	15.20	4.00	19.40	3.50	16.61	23.40
1975	11.60	7.80	18.50	17.00	0.50	12.20	17.10	3.60	19.30	3.20	16.61	28.30
1976	16.90	1.40	21.70	21.30	2.46	10.40	18.40	3.00	28.30	6.97	16.61	25.50
1977	16.70	0.60	27.00	23.80	0.90	11.80	31.50	2.00	65.00	6.97	16.61	25.80
1978	12.10	22.20	11.20	14.80	2.46	20.64	12.10	1.60	18.90	6.97	16.61	44.80
1979	17.40	2.30	21.70	21.30	2.46	20.64	18.70	11.90	29.60	6.97	16.61	22.40
1980	14.40	0.60	20.20	20.60	1.00	20.64	26.50	0.60	27.10	6.97	16.61	16.50
1981	20.80	4.00	20.00	21.30	2.30	12.60	24.40	3.00	55.90	6.97	16.61	21.90
1982	18.20	1.20	21.70	21.30	0.70	20.64	20.50	1.80	31.70	6.97	16.61	35.30
1983	20.20	4.13	28.60	31.20	5.80	12.10	18.00	2.60	21.40	6.97	16.61	31.70
1984	18.60	4.13	28.00	20.80	2.00	16.60	31.80	3.50	36.90	18.50	16.61	35.50
1985	17.60	4.13	24.00	21.40	0.40	20.64	31.50	4.93	40.90	6.97	16.61	33.80
1986	18.75	4.13	23.50	33.30	3.30	20.64	18.00	5.80	27.08	6.97	16.61	19.00
1987	19.60	4.13	18.00	22.70	2.46	20.64	16.80	4.93	27.08	6.97	16.61	24.60
1988	17.10	4.13	27.00	31.50	1.30	20.64	12.00	4.20	27.08	6.97	15.40	20.90
1989	19.90	4.13	23.50	19.60	2.00	20.64	18.10	10.00	22.70	6.97	17.30	21.30
1990	19.10	4.13	16.70	25.60	1.60	14.20	14.70	5.40	19.20	6.97	15.30	23.40
1991	12.60	4.13	15.20	23.30	2.46	18.40	17.60	0.60	27.08	6.97	15.20	17.20
1992	15.80	4.13	11.60	19.20	2.46	19.40	11.70	0.90	20.00	6.97	13.80	22.80
1993	20.00	4.13	18.80	22.40	2.46	22.80	21.00	1.00	20.30	0.20	15.50	22.00
1994	17.40	0.20	16.50	17.90	2.46	22.00	26.40	0.50	30.90	11.20	16.50	28.80
1995	15.90	4.13	13.00	15.10	2.46	29.60	25.00	1.30	17.10	3.00	12.70	19.20
1996	23.50	4.13	18.50	17.20	2.46	19.50	23.60	6.80	17.70	6.97	15.10	50.20
1997	43.80	4.13	19.50	15.70	2.46	17.80	20.90	2.00	24.80	6.97	17.80	23.20
1998	25.20	5.80	28.30	24.10	2.46	33.60	20.50	4.80	26.80	15.40	19.00	20.30
1999	27.10	4.13	21.70	15.50	2.46	25.40	23.00	5.20	22.60	4.80	18.20	34.50
2000	23.20	4.40	20.70	15.20	2.46	27.50	22.30	1.80	19.50	4.50	17.40	21.80

Figura 55: Precipitaciones de las estaciones meteorológicas

Elaboración: Los autores

Luego de ingresar los datos de las precipitaciones máximas de 24 horas anuales en el Hydrogonmon, se muestran los gráficos el historial de las precipitaciones máximas a 24 horas anuales de las estaciones que hemos determinado para nuestra área de estudio que son los Parquin, Andahuasi, Carac, Carampoma, Hipólito Unanue, Huamantanga, Huaros, Huayan, Lachaqui, Lomas Lachay, Pachamachay y por último Pirca.

Como se muestra en la figura 56 de la estación Parquin se aprecia que en el año 1995 fue su máxima precipitación de 24 horas anual.

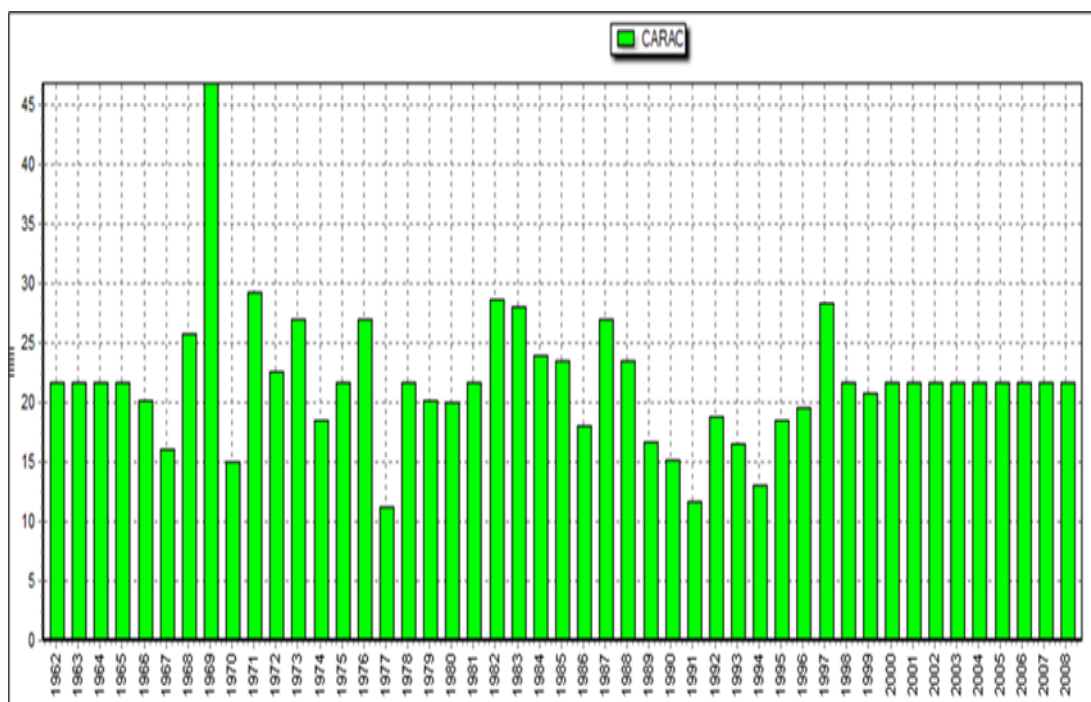


Figura 56: Precipitaciones máximas anuales de Carac

Elaboración: Los autores

Como se muestra en la figura 57 de la estación Carampoma se aprecia que en el año 1985 fue su máxima precipitación de 24 horas anual.

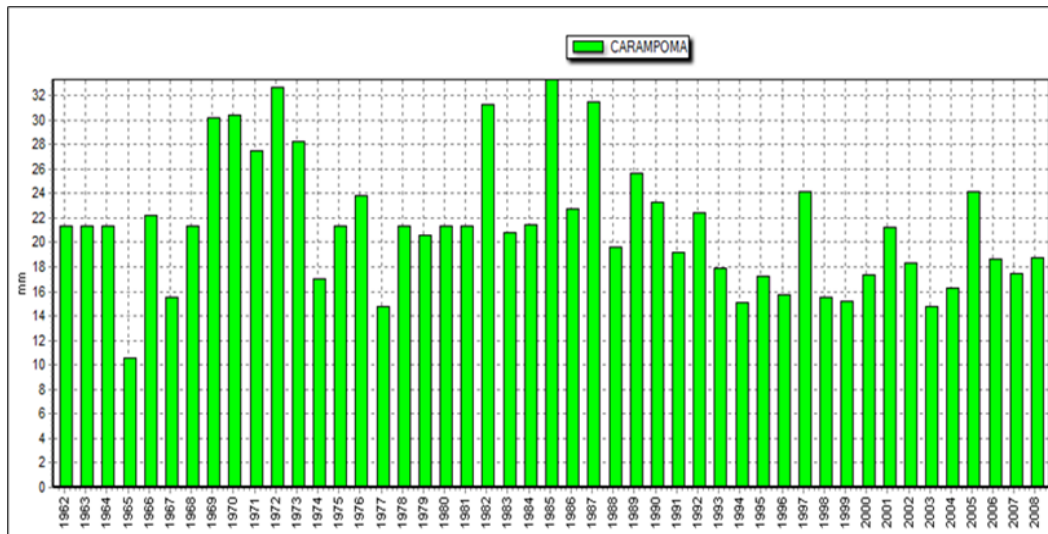


Figura 57: Precipitaciones máximas anuales de Carampoma

Elaboración: Los autores

Como se muestra en la figura 58 de la estación Hipólito Unanue se aprecia que en el año 1969 fue su máxima precipitación de 24 horas anual.

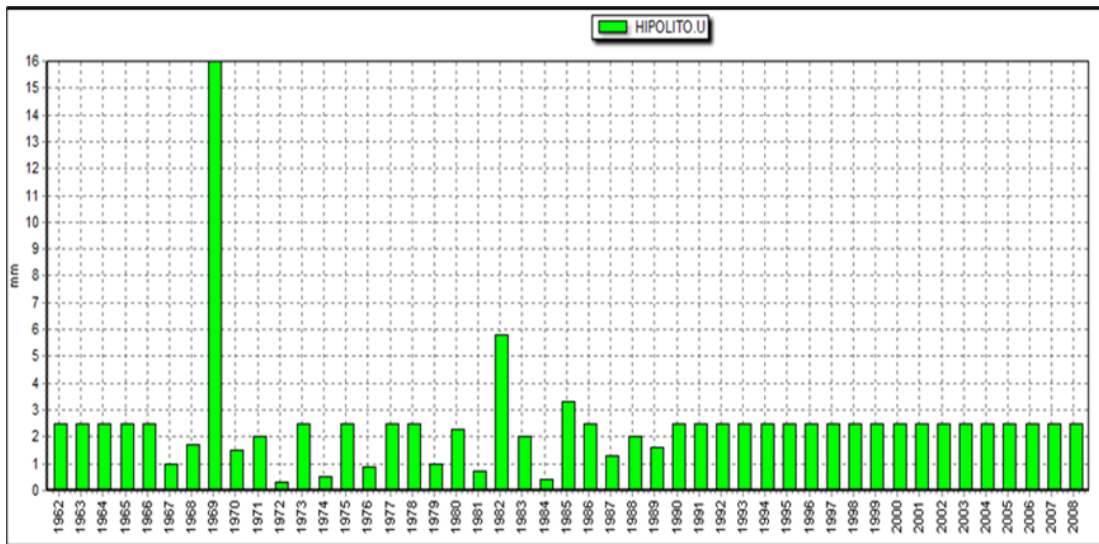


Figura 58: Precipitaciones máximas anuales de Hipólito Unanue

Elaboración: Los autores

Como se muestra en la figura 59 de la estación Huamantanga se aprecia que en el año 2001 fue su máxima precipitación de 24 horas anual.

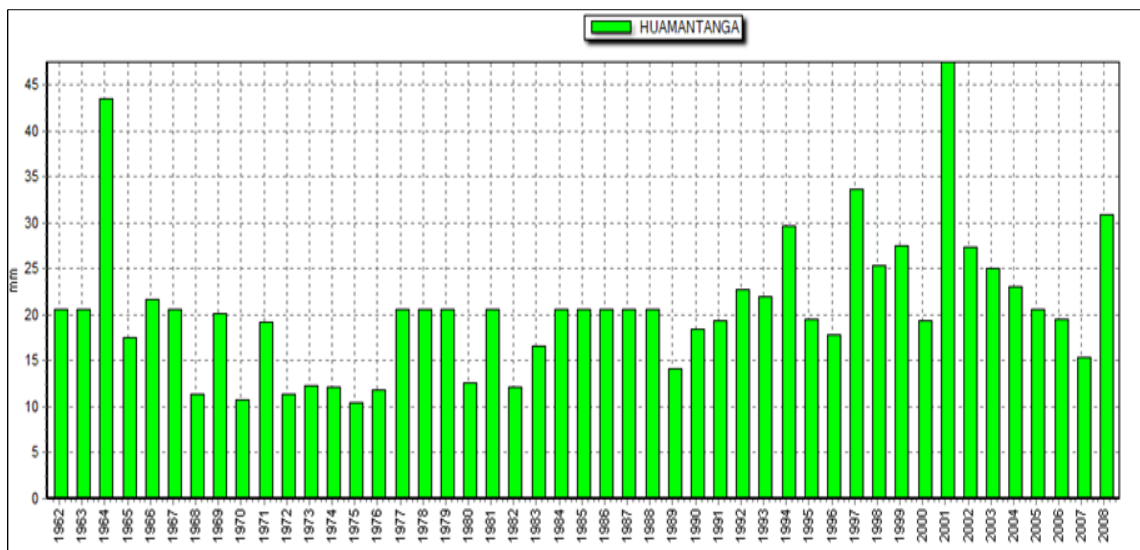


Figura 59: Precipitaciones máximas anuales de Huamantanga

Elaboración: Los autores

Como se muestra en la figura 60 de la estación Huaros se aprecia que en el año 1972 fue su máxima precipitación de 24 horas anual.

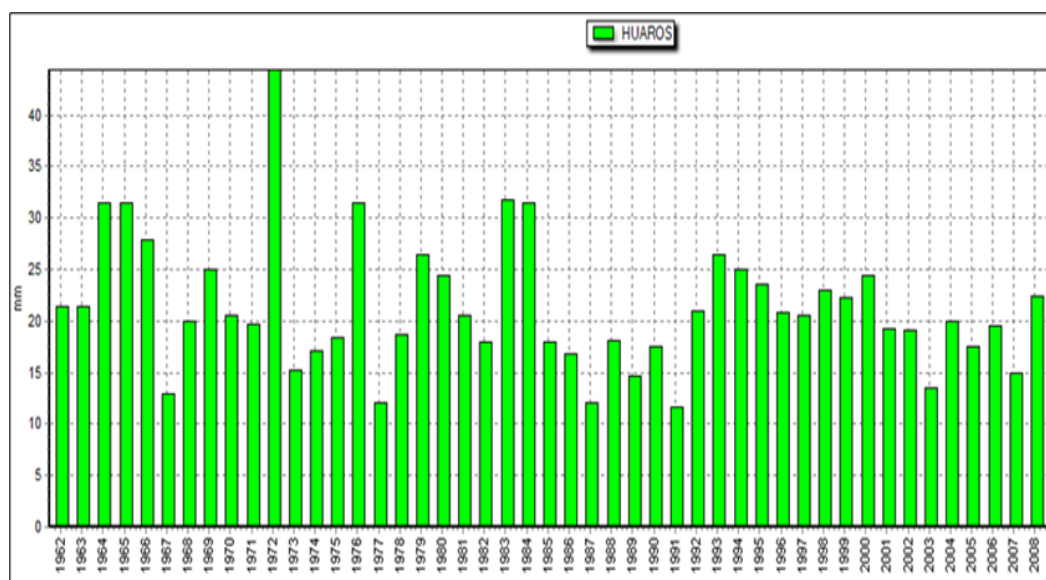


Figura 60: Precipitaciones máximas anuales de Huaros
Elaboración: Los autores

Como se muestra en la figura 61 de la estación Parquin se aprecia que en el año 1977 fue su máxima precipitación de 24 horas anual.

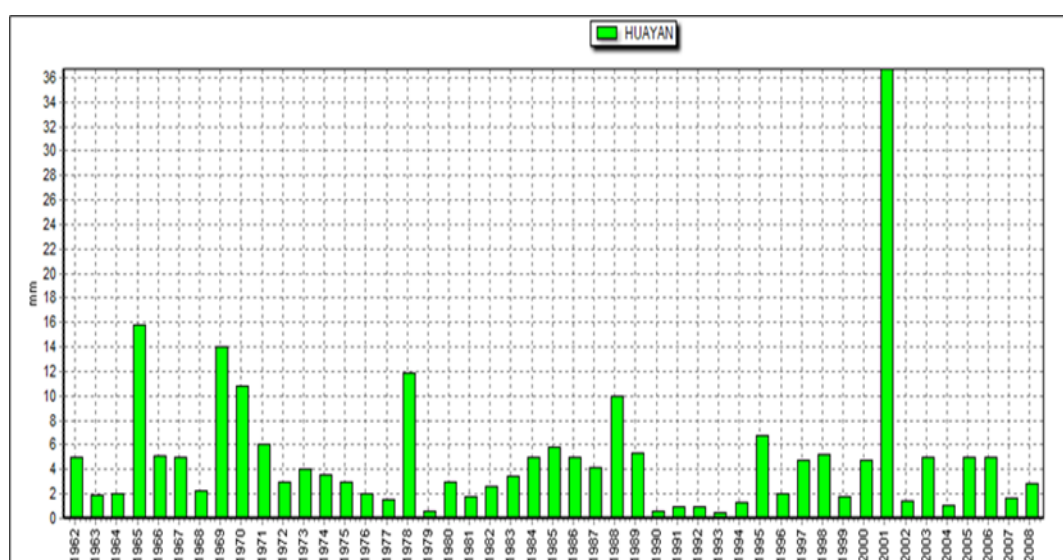


Figura 61: Precipitaciones máximas anuales de Huayan
Elaboración: Los autores

Como se muestra en la figura 62 de la estación Lachaqui se aprecia que en el año 1976 fue su máxima precipitación de 24 horas anual.

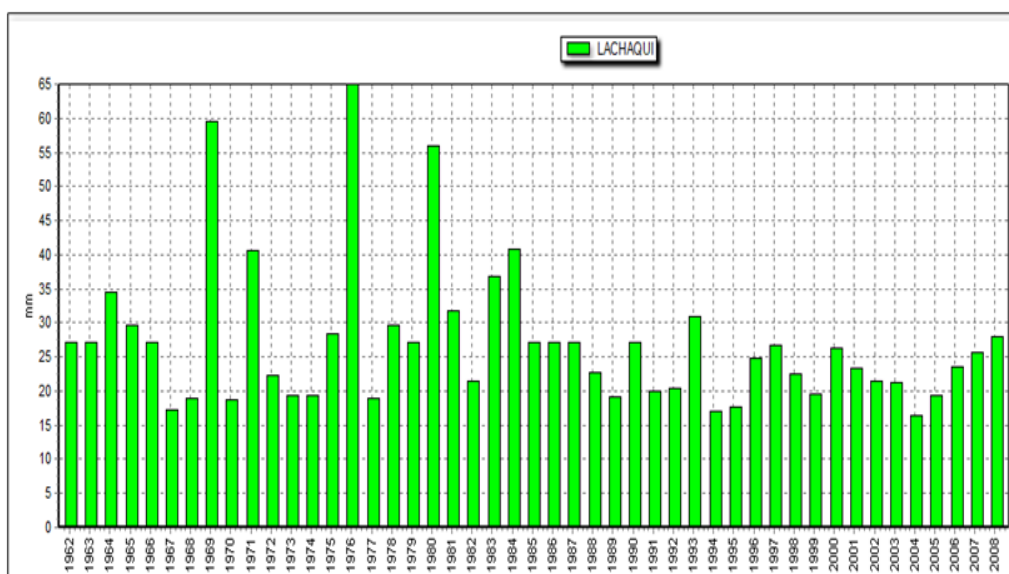


Figura 62: Precipitaciones máximas anuales de Lachaqui

Elaboración: Los autores

Como se muestra en la figura 63 de la estación Lomas de Lachay se aprecia que en el año 1982 fue su máxima precipitación de 24 horas anual.

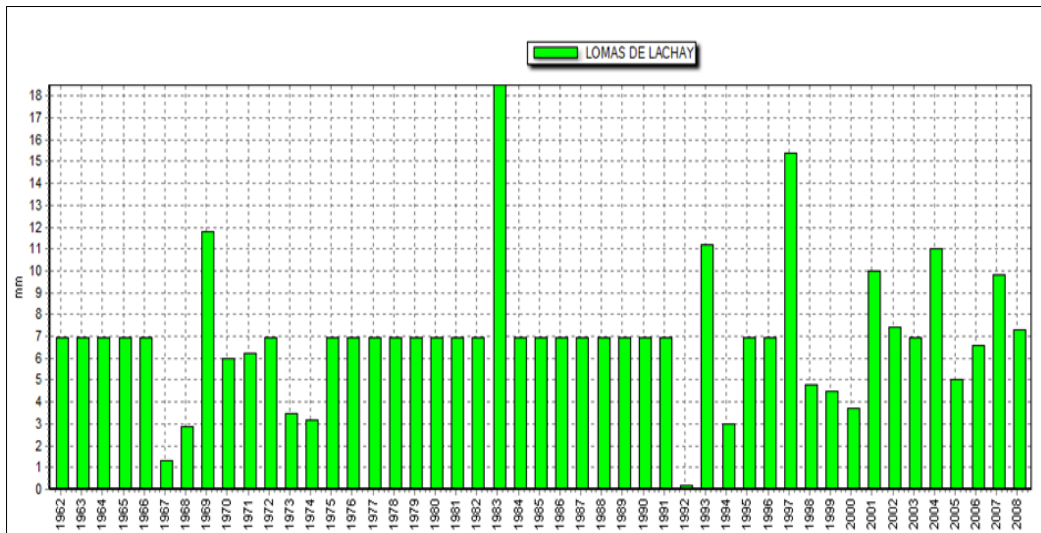


Figura 63: Precipitaciones máximas anuales de Lomas Lachay

Elaboración: Los autores

Como se muestra en la figura 64 de la estación Pachamachay se aprecia que en el año 2005 fue su máxima precipitación de 24 horas anual.

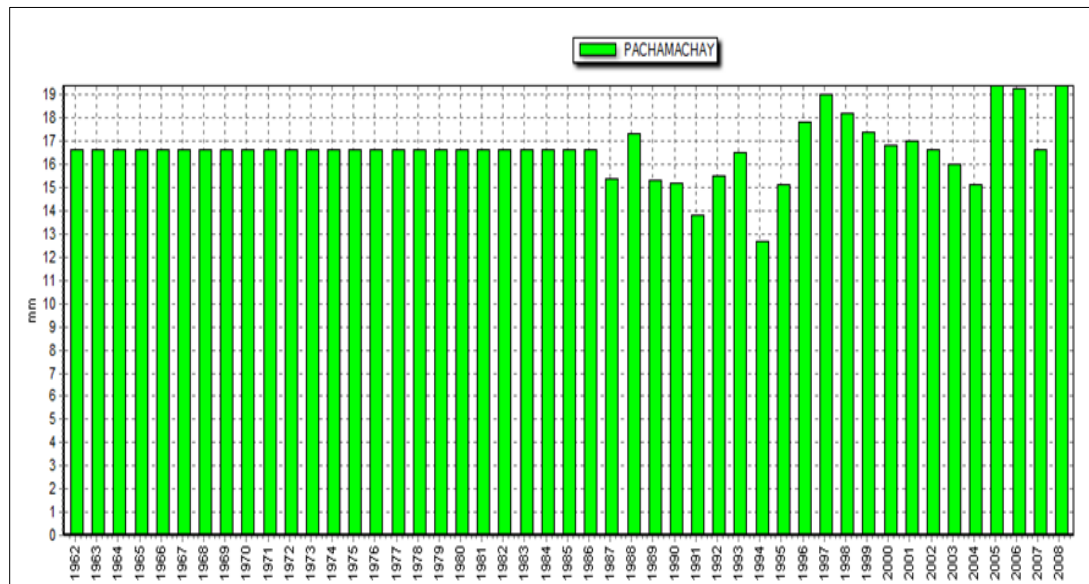


Figura 64: Precipitaciones máximas anuales de Pachamachay

Elaboración: Los autores

Como se muestra en la figura 65 de la estación Pirca se aprecia que en el año 1976 fue su máxima precipitación de 24 horas anual.

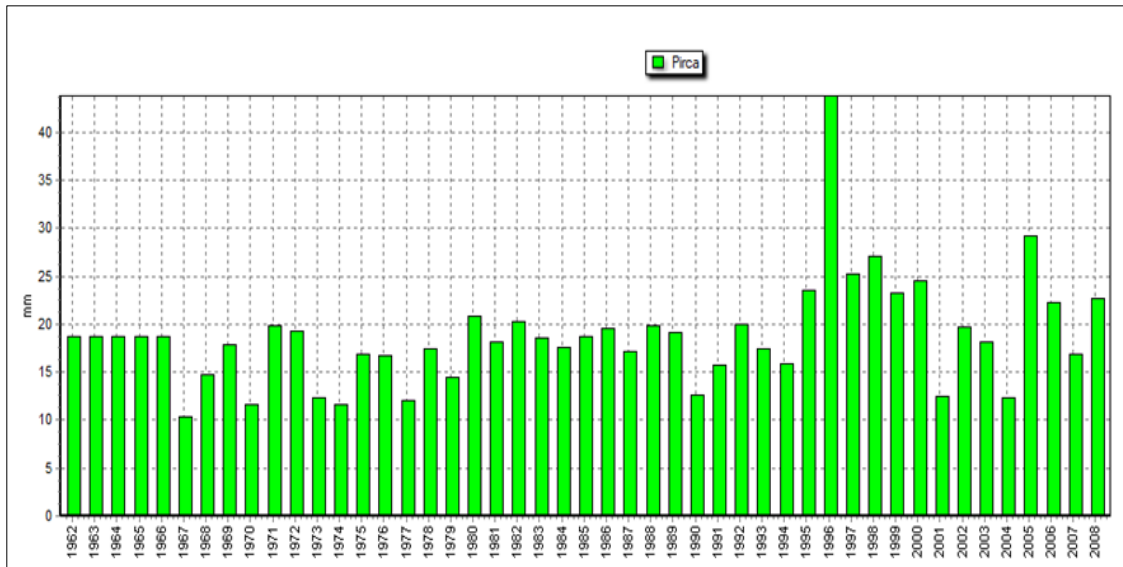


Figura 65: Precipitaciones máximas anuales de Pirca

Elaboración: Los autores

Posterior a eso analizamos la distribución de probabilidad más acorde con los datos que tenemos según los gráficos determinamos la que mejor se acomode a dicha distribución de cada estación eso lo haremos con cada estación, esto es lo que nos permite la herramienta Hydrogonon.

Para la estación Andahuasi determinamos la mejor distribución de probabilidad es el GAMMA, como se aprecia en la figura se ve que la que mas se acerca es ese tipo de distribución.

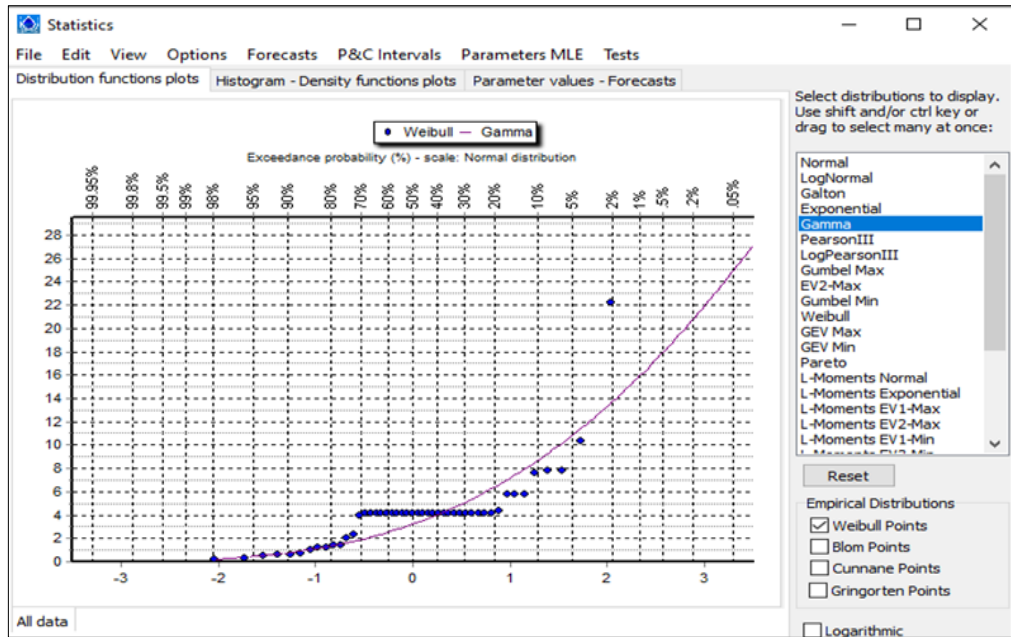


Figura 66: Distribución Gamma estación Andahuasi

Elaboración: Los autores

Para la estación Carac determinamos la mejor distribución de probabilidad el cual resulta el LogPearson III, el cual se perfila mejor para los datos de esta estación.

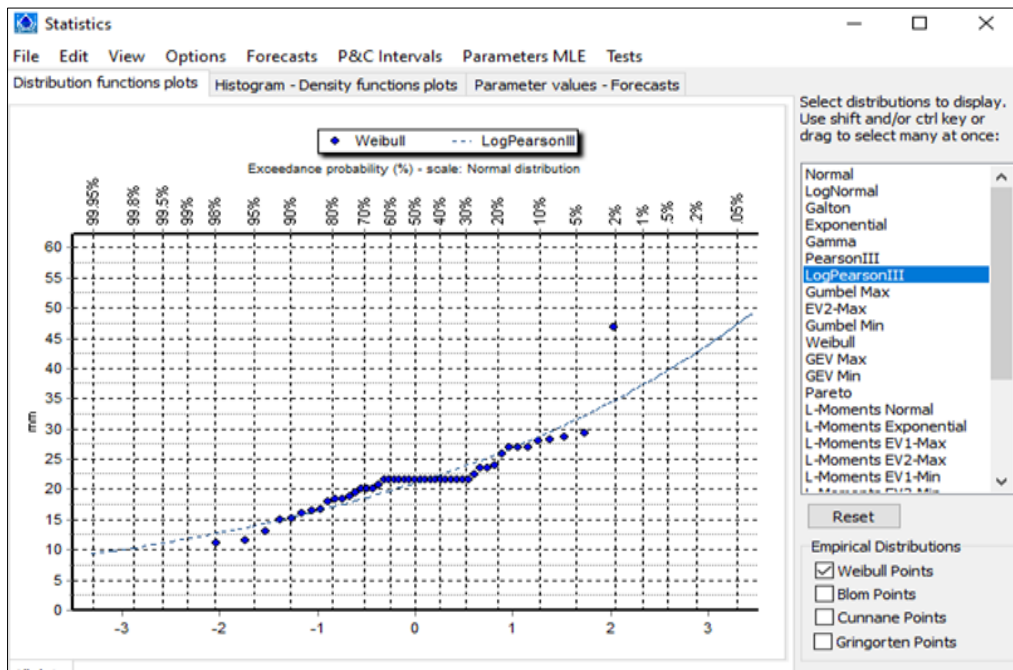


Figura 67: Distribución log Pearson III estación Carac

Elaboración: Los autores

Para la estación Carampoma determinamos la mejor distribución de probabilidad el cual resultado el LogPearsson III.

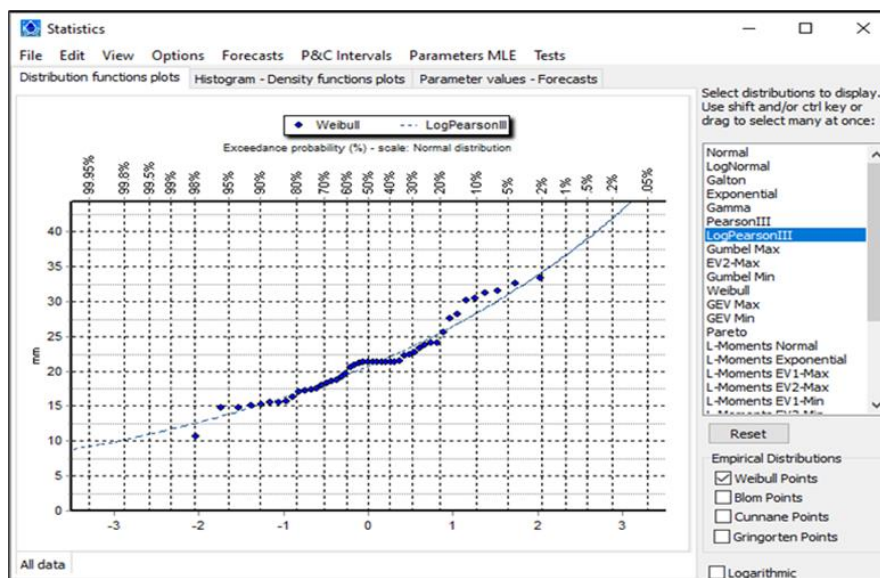


Figura 68: Distribución log Pearson III estación Carampoma
Elaboración: Los autores

Para la estación Hipólito Unanue determinamos la mejor distribución de probabilidad el cual resultado el LogNormal.

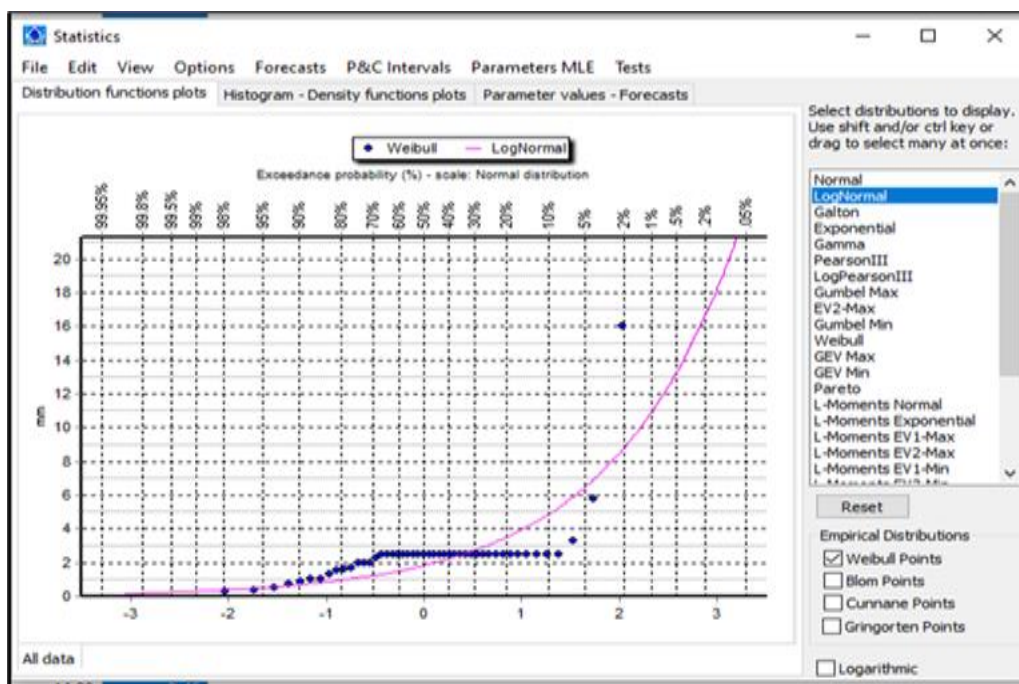


Figura 69: Distribución log Pearson III estación Carampoma
Elaboración: Los autores

Para la estación Huamanga, determinamos la mejor distribución de probabilidad de Gumbel Max.

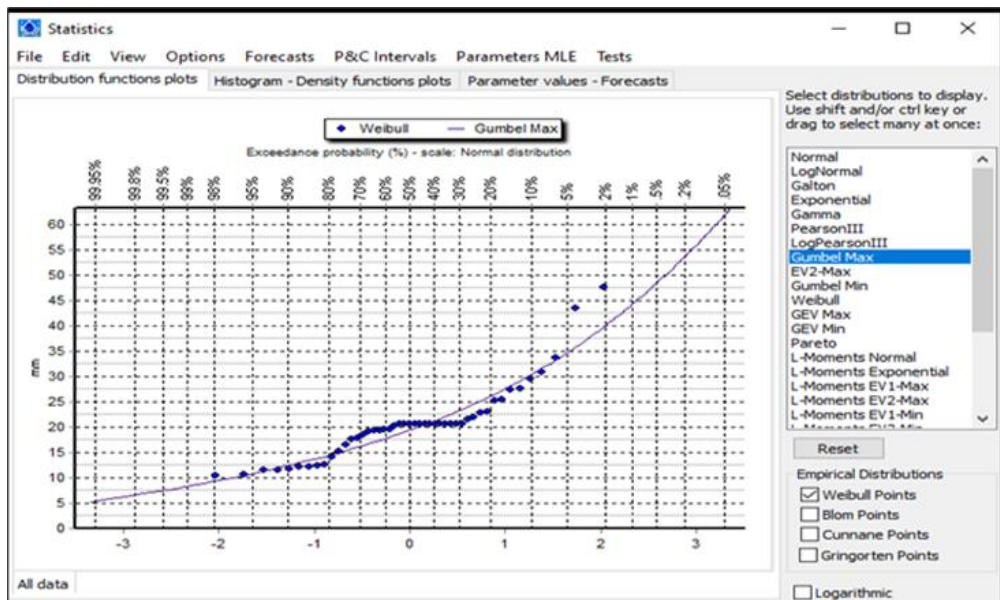


Figura 70: Distribución log Normal estación Hipólito Unanue

Elaboración: Los autores

Para la estación Huaros determinamos la mejor distribución de probabilidad el cual es Pearson III.

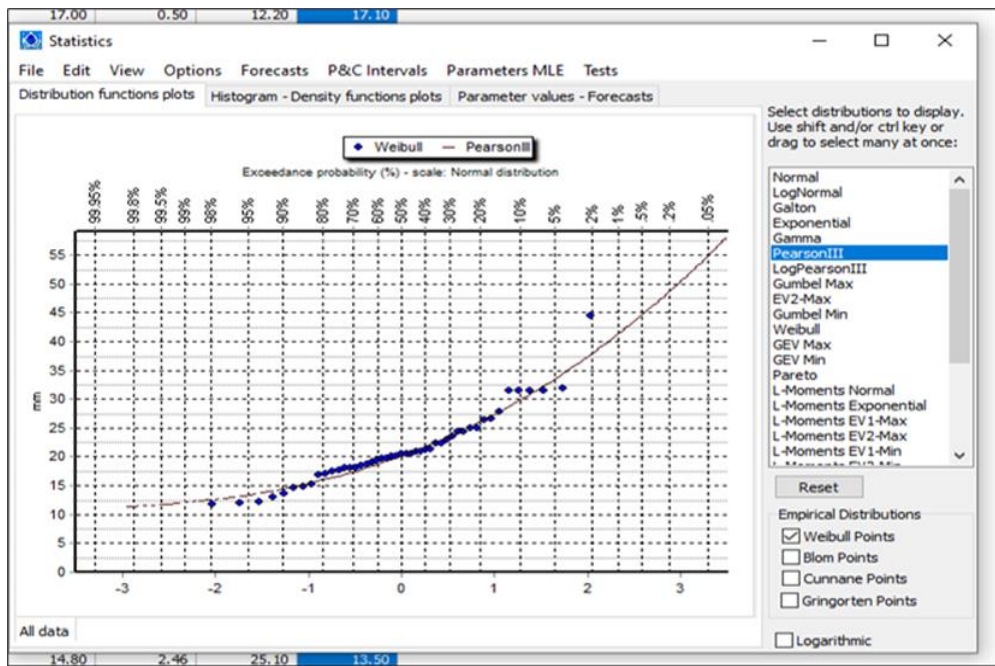


Figura 71: Distribución Pearson III estación Huaros

Elaboración: Los autores

Para la estación Huayán, determinamos la mejor distribución de probabilidad el cual resultó Log Pearson III.

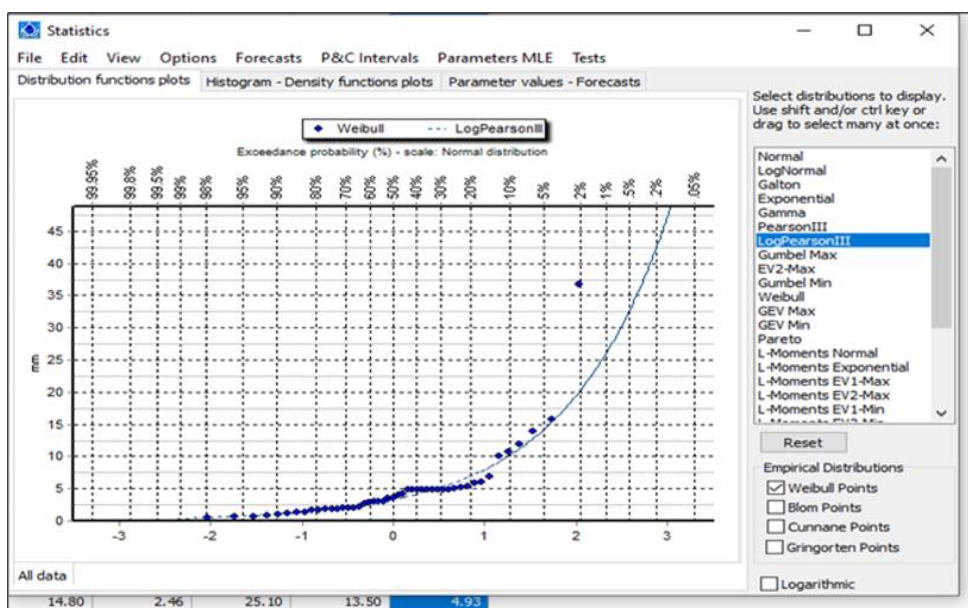


Figura 72: Distribución Log Pearson III estación Huayan

Elaboración: Los autores

Para la estación Lachaqui, determinamos la mejor distribución de probabilidad fue LogPearson III.

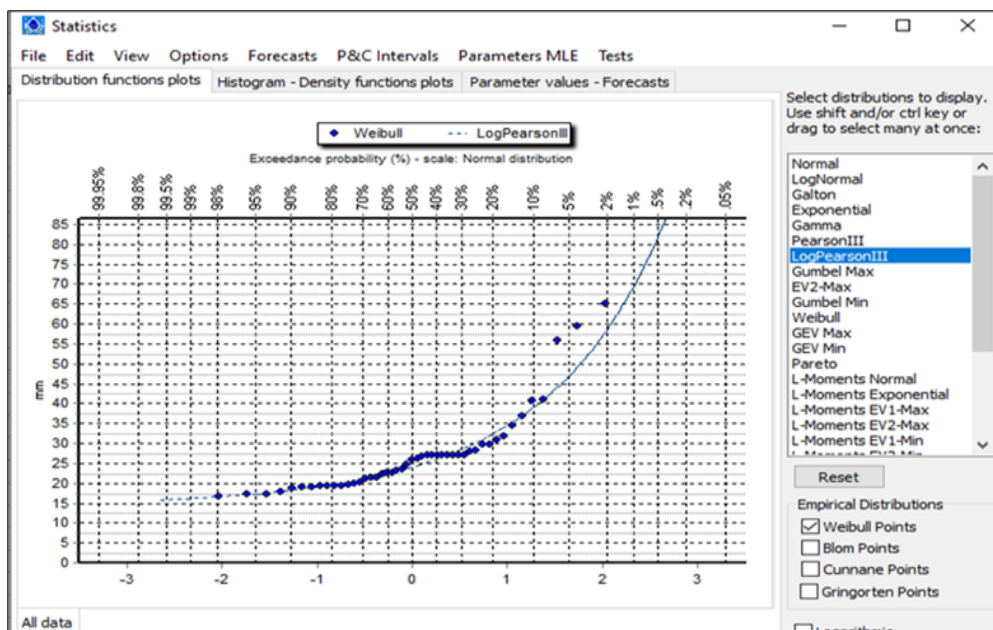


Figura 73: Distribución Log Pearson III estación Lachaqui

Fuente: Los autores (2021)

Para la estación Lomas de Lachay, determinamos la mejor distribución de probabilidad fue GumbelMax.

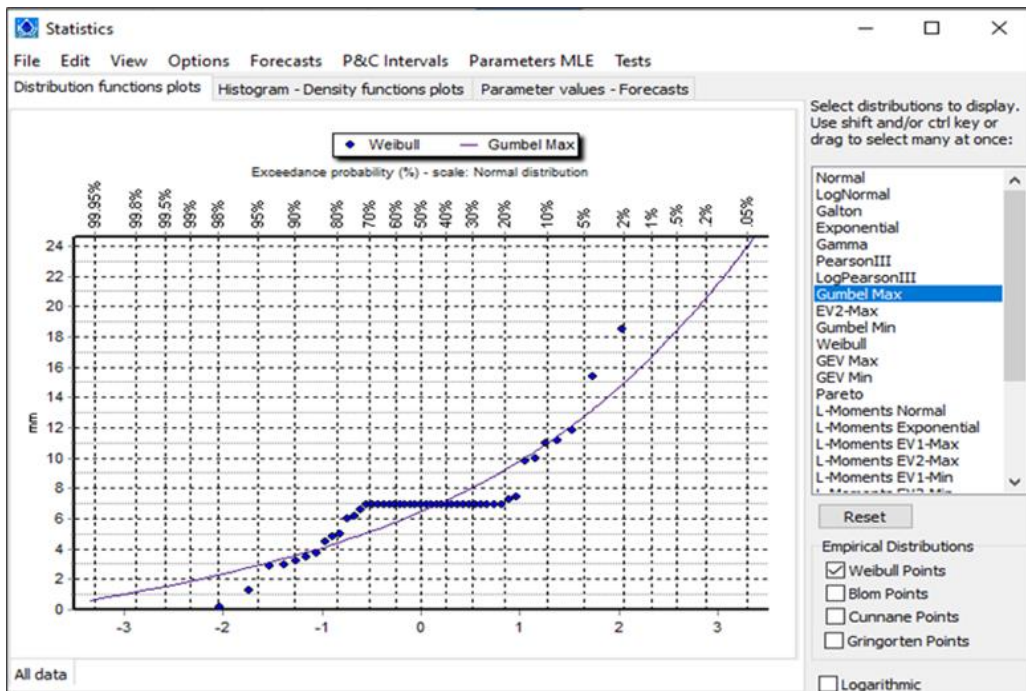


Figura 74: Distribución Gumbel máx. estación Lomas de Lachay

Elaboración: Los autores

La estación Pachamachay determinamos la mejor distribución de probabilidad fue el Gumbel Max.

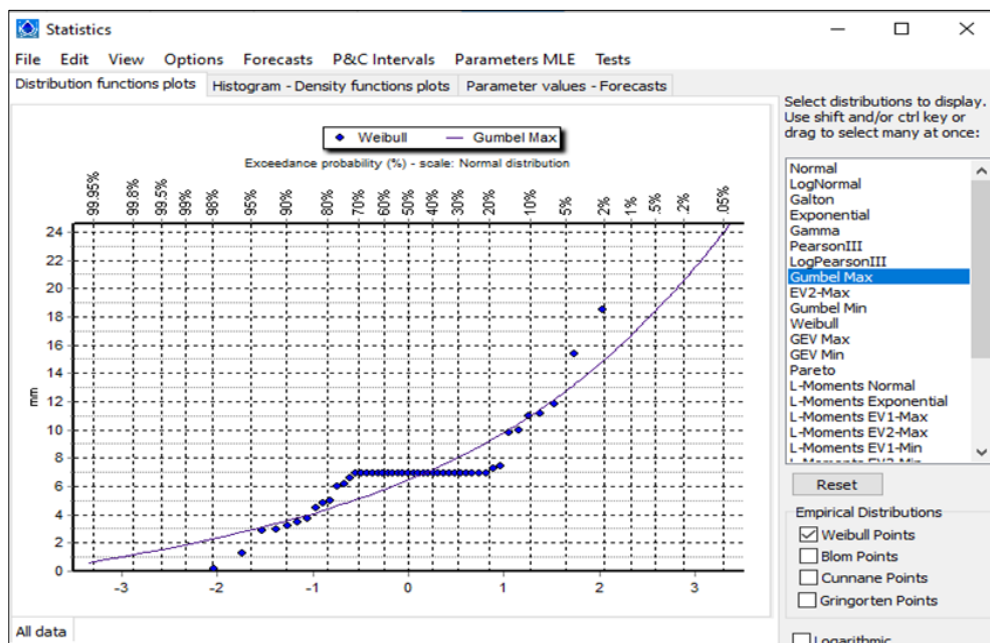


Figura 75: Distribución Gambel máx. estación Pachamachay

Elaboración: Los autores

Para la estación Parquin, determinamos la mejor distribución de probabilidad el cual fue Gumbel Max.

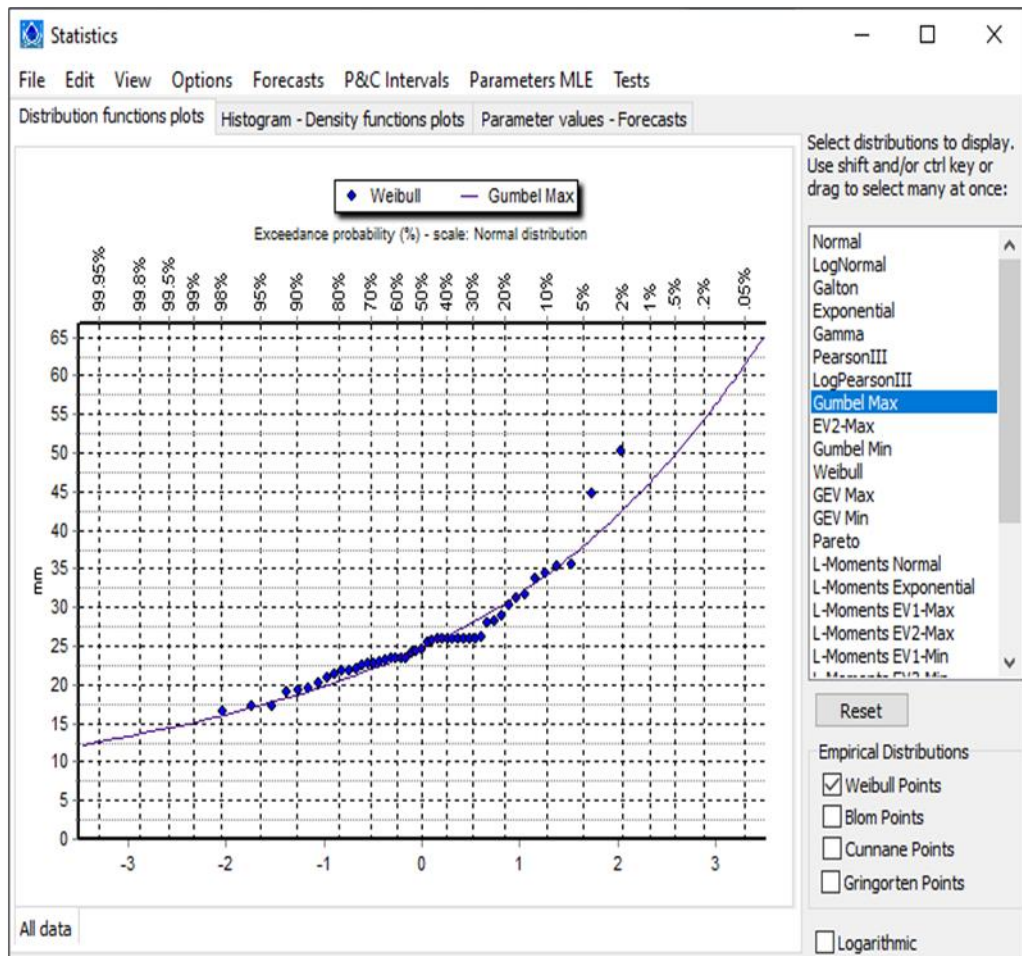


Figura 76: Distribución Gambel máx. estación Parquin

Elaboración: Los autores

Para la estación Pirca, determinamos la mejor distribución de probabilidad el cual fue Gumbel Max.

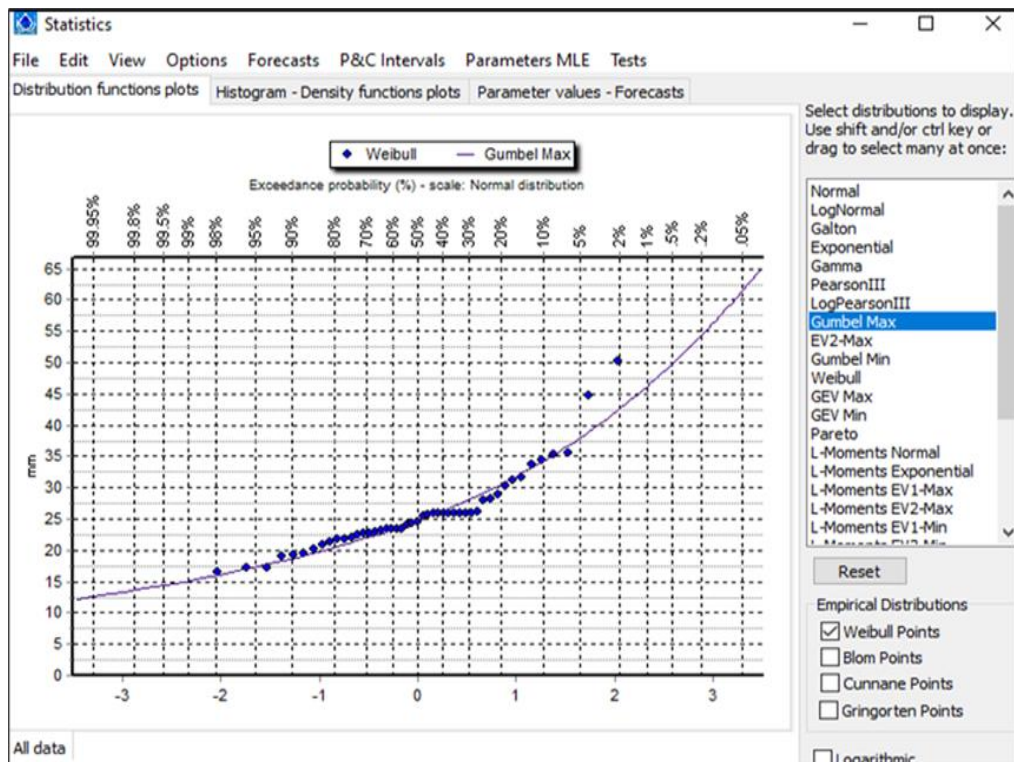


Figura 77: Distribución Gumbel máx. estación Pirca

Elaboración: Los autores

Con el comando “To a return period (Max)” se logra hacer las precipitaciones máximas a diferentes tiempos de retorno para las diferentes estaciones de nuestra investigación, Esto se hará para 25, 50, 100 y 500 años en los que se determinará las precipitaciones máximas a esos tiempos de retorno planteados para nuestra investigación.

En la figura 78, se observa el comando para determinar los diferentes tiempos de retorno planteados.

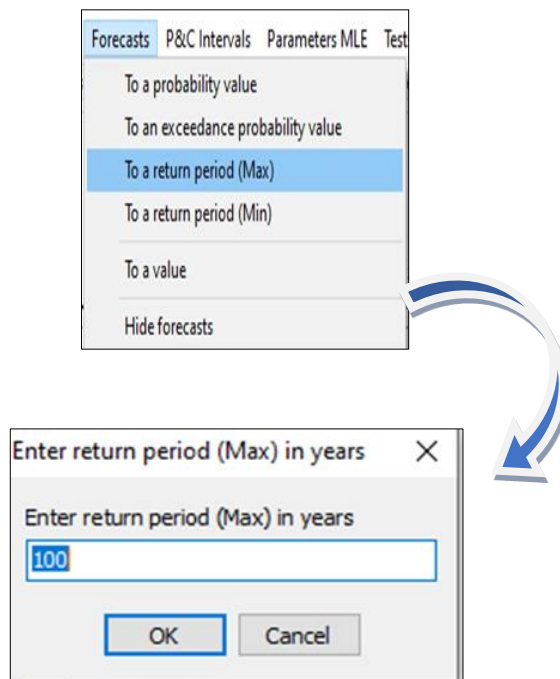


Figura 78: Precipitaciones a diferentes tiempos de retorno

Elaboración: Los autores

4.4 Modelamiento hidrológico

Para esta etapa, con los datos, que ya se desarrollaron en los ápices anteriores como son el análisis de frecuencia de precipitaciones y la delimitación de cuenca se va a hacer el análisis hidrológico para posteriormente hacer el modelamiento hidrológico con la ayuda del ARGIS y el HEC - HMS.

Comenzamos ingresando al ArcGIS el mapa de curvas número que fueron tomadas del ANA, el cual nos permitirá determinar los parámetros de escorrentía de la cuenca delimitada.

En la figura 79, observamos el ingreso de los parámetros de la curva número al ArcGis.

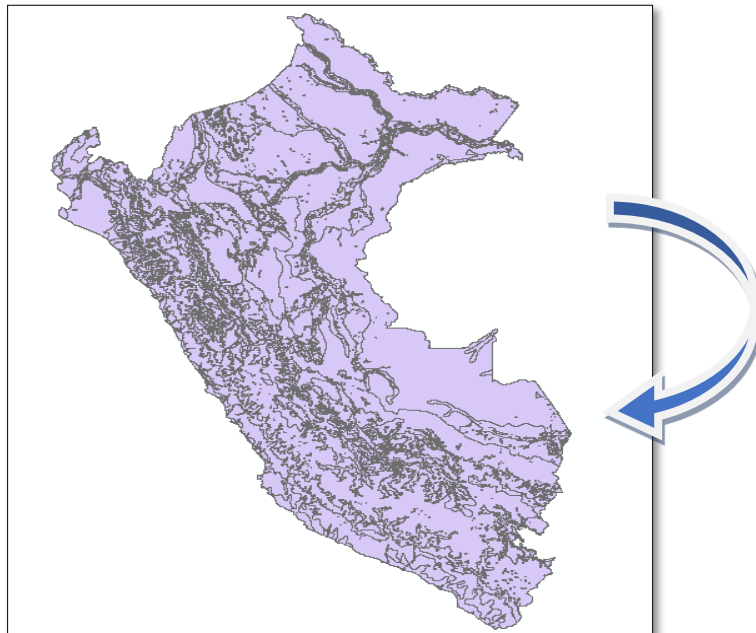
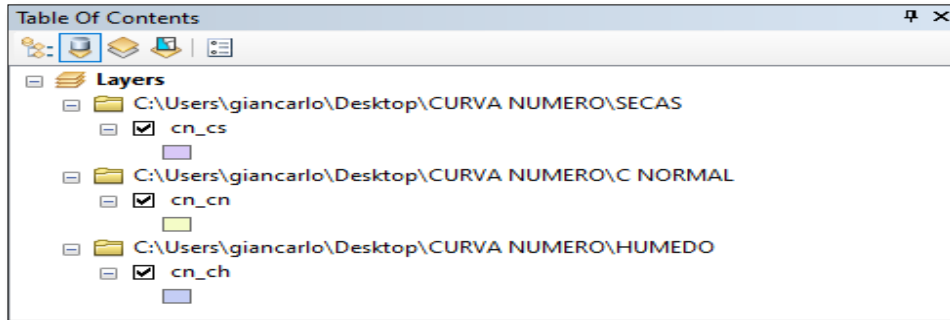


Figura 79: Mapa de distribución de curvas número
Elaboración: Los autores

También se ejecutan los ríos y subcuencas que fueron delimitados en el procesamiento topográfico de la cuenca, junto con el mapa de curva número y delimitación de la cuenca, todo esto se sube al ArcGis como se puede apreciar en la figura 80.

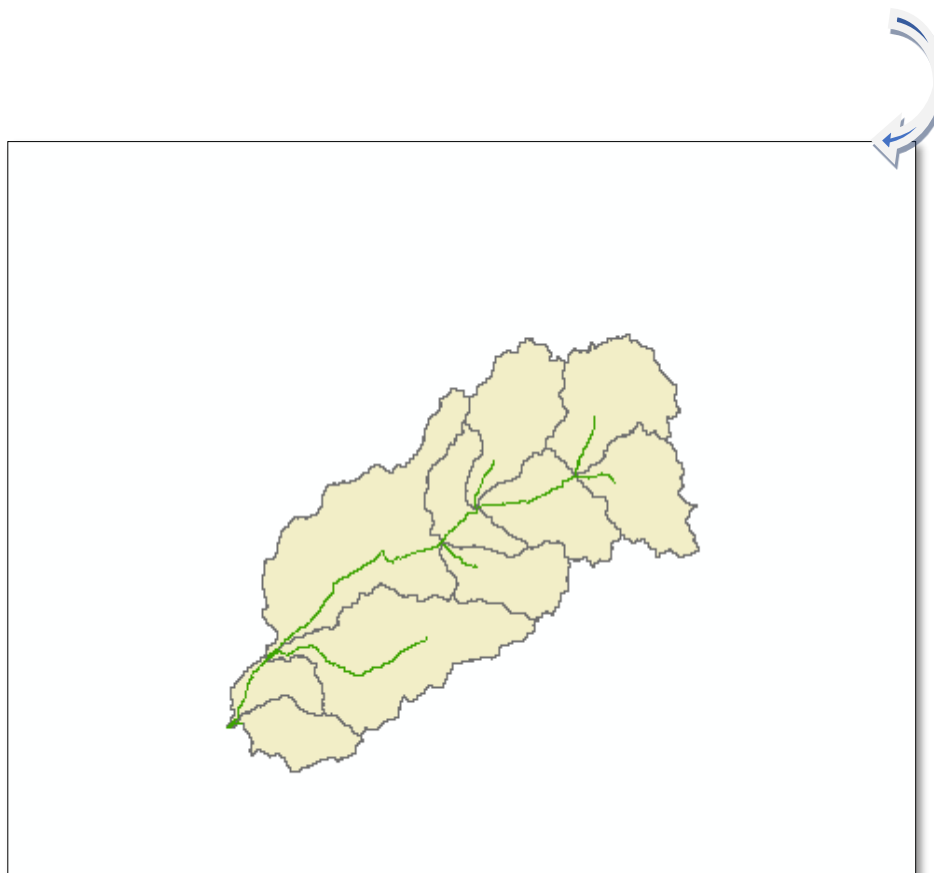
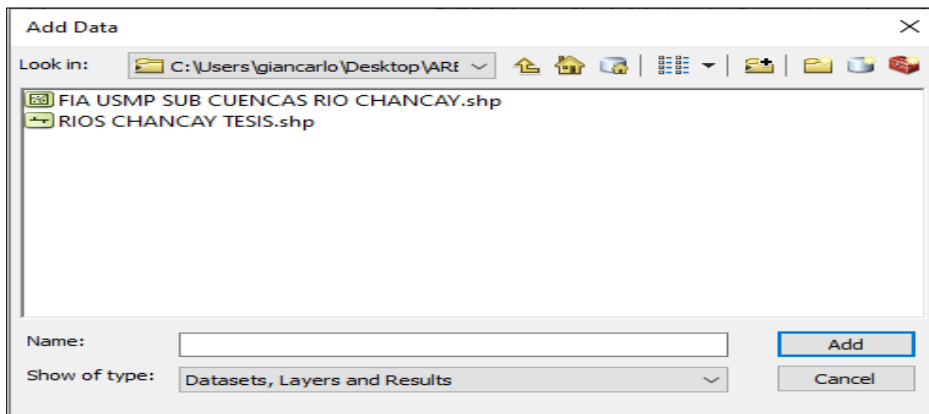
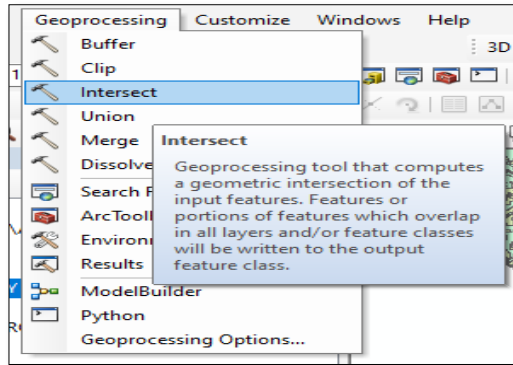


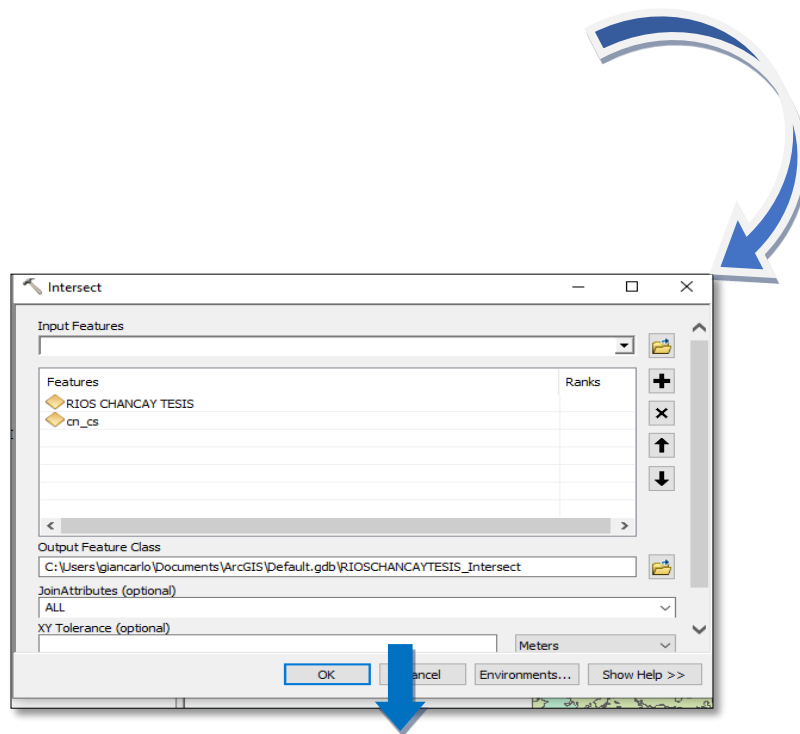
Figura 80: Ingreso de modelos hidrológicos

Fuente: Los autores (2021)

Como las curvas números son parámetros, que son elaborados para todo el territorio peruano se necesita cortar e interceptar con la cuenca delimitada, es por eso que Geoprocessing y posteriormente clip determinaremos la curva número para estudio.



usando Intersect y incidencia de la nuestra zona de



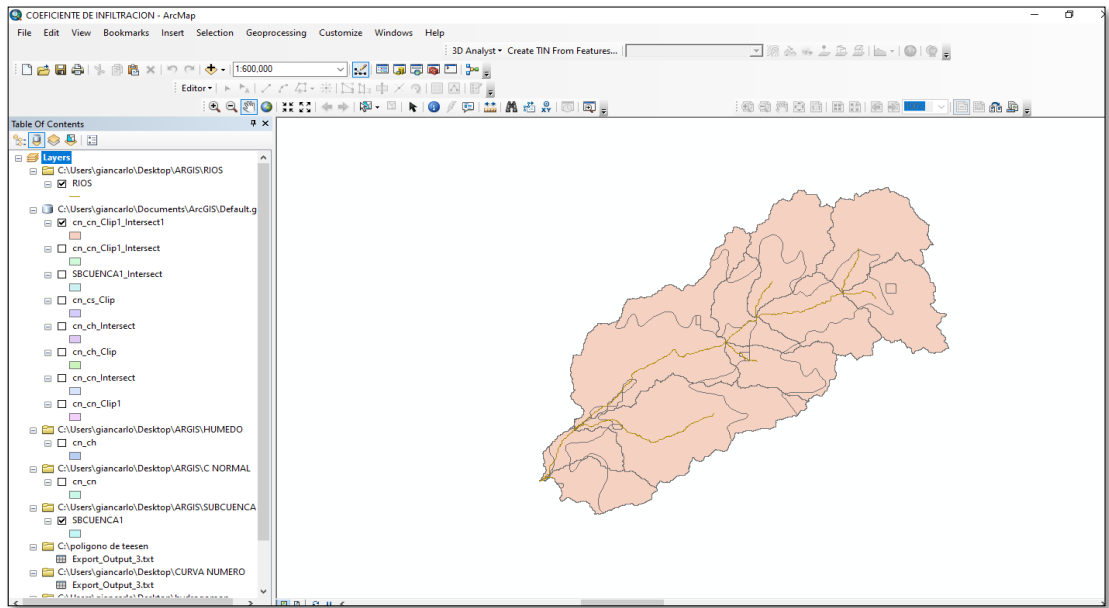


Figura 81: Intersección de la curva número para área de estudio

Elaboración: Los autores

Una vez con la herramienta ArcGIS conseguimos la siguiente tabla de datos en los cuales las curvas números se asociaron a cada subcuenca de nuestra cuenca de estudio como se aprecia en la figura es una tabla que nos permitirá hallar la ponderada curva número asociado a cada subcuenca eso es lo que la figura 82 nos muestra.

OBJECTID	gridcode	Shape_Leng	Rango	CNPROM	FID_SBCUENCA1	name	centroid_x	centroid_y	area_sqkm	latitude	longitude	basinid	Shape_Length	Shape_Area	peso
669	3	9562337.31441	55 - 66	60.5	0	SUB 1	325455.596519	8771235.263712	323.689244	-11.111386	-76.59816	0	33952.758253	47291882.087066	0.146103
2385	5	17119899.4268	74 - 81	77.5	0	SUB 1	325455.596519	8771235.263712	323.689244	-11.111386	-76.59816	0	118443.004753	276397363.101861	0.853897
1311	4	180215.11673	66 - 74	70	9	SUB 10	266491.329498	8724220.236747	114.867444	-11.532934	-77.140977	9	66062.511012	47879793.137353	0.416826
2288	5	25595.54144	74 - 81	77.5	9	SUB 10	266491.329498	8724220.236747	114.867444	-11.532934	-77.140977	9	20526.687793	9931190.304517	0.086458
2786	5	16275633.0919	74 - 81	77.5	9	SUB 10	266491.329498	8724220.236747	114.867444	-11.532934	-77.140977	9	48747.871418	57056459.792197	0.496716
2288	5	25595.54144	74 - 81	77.5	10	SUB 11	257529.72716	8717452.637212	0.06868	-11.593474	-77.223584	10	1482.4852	68680.092538	1
669	3	9562337.31441	55 - 66	60.5	1	SUB 2	308429.719245	8768864.69582	295.684939	-11.131948	-76.754132	1	62404.180732	108016958.729475	0.365311
2385	5	17119899.4268	74 - 81	77.5	1	SUB 2	308429.719245	8768864.69582	295.684939	-11.131948	-76.754132	1	108196.084532	187667980.960112	0.634689
605	3	7765.576902	55 - 66	60.5	2	SUB 3	331422.035078	8756226.968129	268.04979	-11.247355	-76.544263	2	7765.576929	4011132.556095	0.014964
669	3	9562337.31441	55 - 66	60.5	2	SUB 3	331422.035078	8756226.968129	268.04979	-11.247355	-76.544263	2	36474.984619	40903212.289998	0.152596
2385	5	17119899.4268	74 - 81	77.5	2	SUB 3	331422.035078	8756226.968129	268.04979	-11.247355	-76.544263	2	114405.091447	223135445.08013	0.83244
669	3	9562337.31441	55 - 66	60.5	3	SUB 4	307766.191745	8742183.881015	202.872388	-11.373095	-76.761672	3	59949.826634	116686412.211187	0.575171
1316	4	7432.728154	66 - 74	70	3	SUB 4	307766.191745	8742183.881015	202.872388	-11.373095	-76.761672	3	7432.728111	3008007.604554	0.014827
2385	5	17119899.4268	74 - 81	77.5	3	SUB 4	307766.191745	8742183.881015	202.872388	-11.373095	-76.761672	3	69229.31688	68155556.75691	0.335953
2786	5	16275633.0919	74 - 81	77.5	3	SUB 4	307766.191745	8742183.881015	202.872388	-11.373095	-76.761672	3	23227.346689	15022412.210918	0.074049
669	3	9562337.31441	55 - 66	60.5	4	SUB 5	288052.27046	8730063.333052	561.725837	-11.48151	-76.943011	4	79904.815853	123397396.962031	0.219675
1310	4	5465.737291	66 - 74	70	4	SUB 5	288052.27046	8730063.333052	561.725837	-11.48151	-76.943011	4	5465.737229	1919034.751028	0.003416
1311	4	180215.11673	66 - 74	70	4	SUB 5	288052.27046	8730063.333052	561.725837	-11.48151	-76.943011	4	25880.747387	13664065.678157	0.024325
2385	5	17119899.4268	74 - 81	77.5	4	SUB 5	288052.27046	8730063.333052	561.725837	-11.48151	-76.943011	4	18999.130936	12062382.197298	0.021474
2786	5	16275633.0919	74 - 81	77.5	4	SUB 5	288052.27046	8730063.333052	561.725837	-11.48151	-76.943011	4	134839.483533	410682957.621705	0.731109
1311	4	180215.11673	66 - 74	70	5	SUB 6	270010.197843	8716295.181621	159.93875	-11.604792	-77.109265	5	60180.347274	82163168.375607	0.513716
2284	5	6710.527477	74 - 81	77.5	5	SUB 6	270010.197843	8716295.181621	159.93875	-11.604792	-77.109265	5	4582.765374	907691.862843	0.005675
2288	5	25595.54144	74 - 81	77.5	5	SUB 6	270010.197843	8716295.181621	159.93875	-11.604792	-77.109265	5	4710.115286	545145.059934	0.003408
2786	5	16275633.0919	74 - 81	77.5	5	SUB 6	270010.197843	8716295.181621	159.93875	-11.604792	-77.109265	5	54599.916014	76322744.489663	0.4772
669	3	9562337.31441	55 - 66	60.5	6	SUB 7	315161.666463	8753267.652223	266.015142	-11.273297	-76.693329	6	65581.148014	152358866.020269	0.572745
2385	5	17119899.4268	74 - 81	77.5	6	SUB 7	315161.666463	8753267.652223	266.015142	-11.273297	-76.693329	6	86246.302414	113656276.333616	0.427255
669	3	9562337.31441	55 - 66	60.5	7	SUB 8	299425.961028	8754623.547256	167.141574	-11.260184	-76.837359	7	91307.725597	119560234.881723	0.715323
2385	5	17119899.4268	74 - 81	77.5	7	SUB 8	299425.961028	8754623.547256	167.141574	-11.260184	-76.837359	7	34870.251037	22820931.243287	0.136537
2786	5	16275633.0919	74 - 81	77.5	7	SUB 8	299425.961028	8754623.547256	167.141574	-11.260184	-76.837359	7	27084.71556	24760407.406548	0.14814
669	3	9562337.31441	55 - 66	60.5	8	SUB 9	281684.645048	8748188.889501	682.680053	-11.317293	-77.000215	8	127306.244469	168796160.261031	0.247255
1311	4	180215.11673	66 - 74	70	8	SUB 9	281684.645048	8748188.889501	682.680053	-11.317293	-77.000215	8	15192.916485	5508527.712344	0.008069
1312	4	15895.139124	66 - 74	70	8	SUB 9	281684.645048	8748188.889501	682.680053	-11.317293	-77.000215	8	1501.283988	79164.329138	0.000116
1313	4	10276.617279	66 - 74	70	8	SUB 9	281684.645048	8748188.889501	682.680053	-11.317293	-77.000215	8	10276.617316	4932675.671123	0.007225
1314	4	9096.606908	66 - 74	70	8	SUB 9	281684.645048	8748188.889501	682.680053	-11.317293	-77.000215	8	9096.6069	4528076.761473	0.006633
1318	4	5828.886236	66 - 74	70	8	SUB 9	281684.645048	8748188.889501	682.680053	-11.317293	-77.000215	8	5828.886224	2008907.470807	0.002943
2385	5	17119899.4268	74 - 81	77.5	8	SUB 9	281684.645048	8748188.889501	682.680053	-11.317293	-77.000215	8	46509.135097	39841256.014513	0.05836
2786	5	16275633.0919	74 - 81	77.5	8	SUB 9	281684.645048	8748188.889501	682.680053	-11.317293	-77.000215	8	166097.376544	456985283.726998	0.669399

Figura 82: Tabla de curva número de las subcuencas

Elaboración: Los autores

Luego de intersecar información con las curvas números y con las subcuencas, hallamos la curva número ponderado para cada una de las subcuencas de influencia el cual muestra sus resultados en la tabla 16.

Tabla 16

Número de sub cuencas

Sub Cuenca	Curva número ponderado
SUB 1	75.016
SUB 2	71.290
SUB 3	10.137
SUB 4	35.836
SUB 5	13.530
SUB 6	36.400
SUB 7	67.763
SUB 8	53.859
SUB 9	15.524
SUB 10	35.878
SUB 11	99.601

Fuente: Los autores (2021)

Luego de obtener el ponderado de curva número de cada subcuenca de incidencia, se procede a evaluar el método del polígono de Thiessen para eso usamos el ARCGIS el cual nos permitirá determinar los pesos de cada estación, es decir cada estación está asociada a un área de influencia dentro de nuestra cuenca de estudio.

Primero, se ubica con coordenadas las estaciones para poder abrirlo y localizarlas en el ArcGIS como se muestra en la tabla 17.

Tabla 17

Coordenadas de estaciones

Estación	Este	Norte
Carac	305277.50	8763165.00
Pirca	319867.70	8757718.90
Huayan	269072.70	8733416.00
Pachamachay	299725.2	8777877.8
Lomas de Lachay	241709.20	8742422.10
Andahuasi	256078.50	8768363.20
Huamantanga	309125.20	8728153.10
Huaros	329062.80	8739329.80
Parquin	312413.90	8787167.80
Lachaqui	323699.3	8722707.6
Carampoma	334821.20	8711154.00
Hipólito Unanue	275687.10	8664939.60

Fuente: Los autores (2021)

Una vez ubicadas las estaciones juntamente con el polígono de Thiessen, el cual nos permitió asignarle como decíamos un peso a cada subcuenca con respecto a su estación de influencia, esto a su vez también permitió determinar las cuencas que servirán de influencia, pues no todas las estaciones tienen tanta relevancia como para considerarlas en nuestro estudio.

En la figura 83, se muestran las áreas de influencia de nuestra cuenca de estudio.

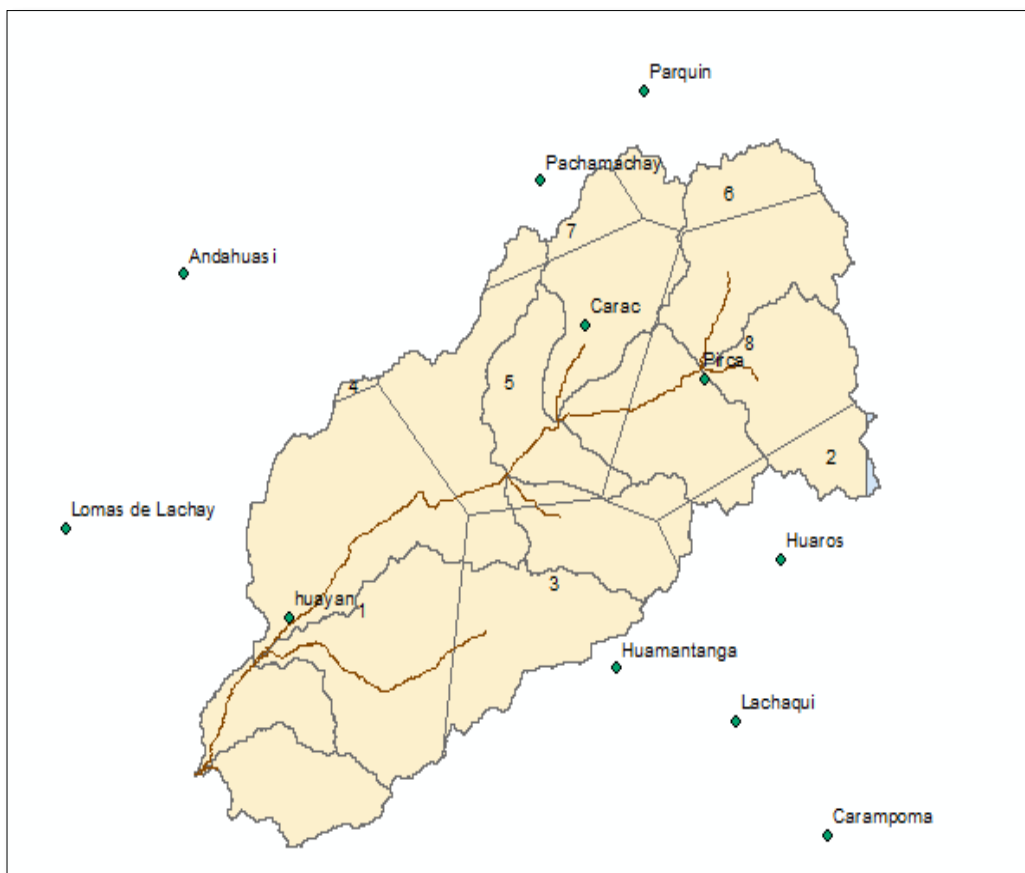


Figura 83: Polígono de Thiessen de cuenca Huaral
Elaboración: Los autores

Luego de determinar la influencia de los pesos, cada estación aporta un peso para cada subcuenca es así como la tabla 18 nos muestra la distribución de los pesos para cada una de ellas, recordando que los pesos son solo una proporción y por lo tanto adimensionales.

Tabla 18

Pesos de Influencia para subcuencas

Estación	Pesos de influencia	Subcuenca
Carac	0.00	SUB 1
Parquin	0.28	SUB 1
Pirca	0.72	SUB 1
Carac	0.65	SUB 2
Parquin	0.15	SUB 2
Pachamachay	0.17	SUB 2
Pirca	0.03	SUB 2
Huaros	0.26	SUB 3
Pirca	0.72	SUB 3
Huaros	0.08	SUB 4
Huamantanga	0.67	SUB 4
Carac	0.11	SUB 4
Pirca	0.14	SUB 4
Huayan	0.58	SUB 5
Huamantanga	0.42	SUB 6
Huayan	1.00	SUB 7
Huaros	0.07	SUB 7
Carac	0.24	SUB 7
Pirca	0.68	SUB 7
Huamantanga	0.00	SUB 8
Carac	0.96	SUB 8
Pirca	0.04	SUB 8
Huayan	0.61	SUB 9
Huamantanga	0.06	SUB 9
Andahuasi	0.01	SUB 9
Carac	0.26	SUB 9
Pachamachay	0.03	SUB 9
Huayan	1.00	SUB 10
Huayan	1.00	SUB 11

Fuente: Elaborado por los autores (2021)

Como mencionamos se determinó las estaciones, con sus áreas de influencia según el polígono de Thiessen en la tabla que se aprecia, son las estaciones con sus precipitaciones máximas en diferentes tiempos de retorno que anteriormente ya habíamos hallado con la ayuda de Hydrogomon.

Tabla 19

Precipitaciones a diferentes tiempos de retorno

Carac	Parquin	Pirca	Huayan	Pachamachay	Huaros	Huamantanga	Andahuasi	tr
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	(Años)
32.38	39.12	39.12	15.62	19.10	34.61	35.99	11.59	25
34.88	42.68	42.68	20.45	19.77	38.01	40.11	13.74	50
37.30	46.23	46.23	26.05	20.43	41.30	44.19	15.88	100
42.72	54.41	54.41	42.54	21.97	48.68	53.64	20.77	500

Fuente: Elaborado por los autores (2021)

Luego con la información de la tabla 18 y la tabla 19 se determinará los pesos en cada subcuenca delimitada para nuestro tramo de estudio con esto se buscará con una ponderación entre los pesos y las precipitaciones máximas de diferentes tiempos de retorno la influencia de pesos para cada subcuenca dando como resultado la precipitación ponderada el cual se muestra en la tabla 20.

Tabla 20

Precipitaciones ponderadas

Sub1	Sub2	Sub3	Sub4	Sub5	Sub6	Sub7	Sub8	Sub9	Sub10	Sub11	tr
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
46.21	39.75	44.08	43.48	33.72	26.05	43.69	37.69	30.06	26.05	26.05	25
39.11	34.22	37.21	35.91	24.23	15.62	37.15	32.67	21.71	15.62	15.62	50
54.39	45.96	51.90	52.14	47.23	42.54	51.14	43.23	42.32	42.54	42.54	100
42.67	37.01	40.66	39.72	28.75	20.45	40.44	35.22	25.66	20.45	20.45	500

Fuente: Elaborado por los autores (2021)

Posteriormente, se procedió a elaborar las tormentas de diseño con los parámetros de tipo I según la tabla 19, con la ayuda de la tabla de precipitaciones a diferentes tiempos de retorno acá con los parámetros para precipitaciones máximas para 24 horas hallaremos de los diferentes tiempos de retorno, como lo son de 25, 50, 100 y 500 años, que posteriormente se usara para ingresar como componente de la modelación hidrológica. A continuación, presentaremos solo el de 25 años y en el anexo se presentará todos los demás hietogramas que se determinaron con la tormenta de diseño.

carac			
Hora	Tipo II	HD 25	HD 25H
0	0	0	0
1	0.011	0.36	0.36
2	0.022	0.71	0.36
3	0.035	1.13	0.42
4	0.048	1.55	0.42
5	0.064	2.07	0.52
6	0.08	2.59	0.52
7	0.098	3.17	0.58
8	0.12	3.89	0.71
9	0.147	4.76	0.87
10	0.181	5.86	1.10
11	0.235	7.61	1.75
12	0.663	21.47	13.86
13	0.772	25.00	3.53
14	0.82	26.55	1.55
15	0.85	27.52	0.97
16	0.88	28.50	0.97
17	0.898	29.08	0.58
18	0.916	29.66	0.58
19	0.934	30.24	0.58
20	0.952	30.83	0.58
21	0.964	31.22	0.39
22	0.976	31.60	0.39
23	0.988	31.99	0.39
24	1	32.38	0.39

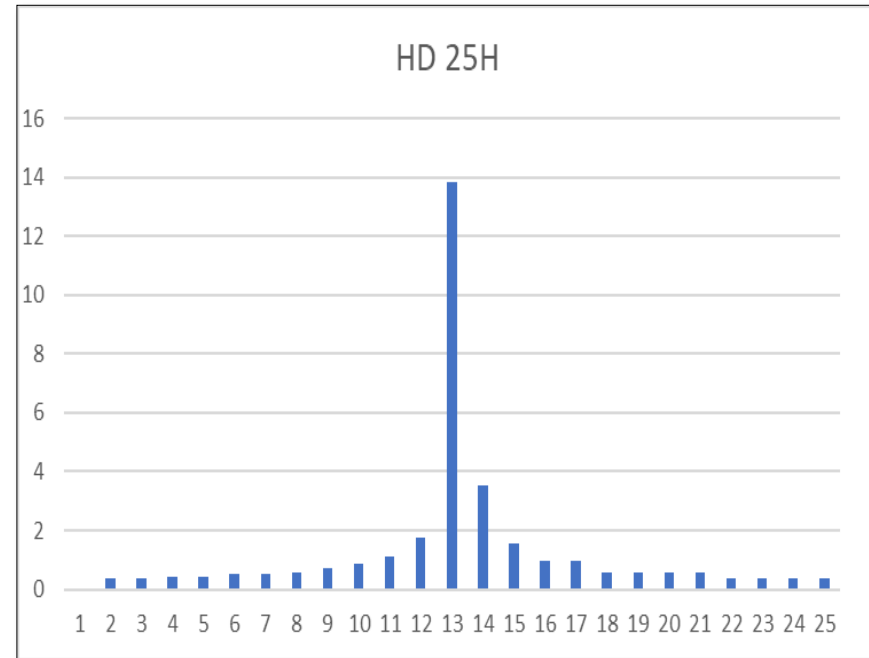


Figura 84: Hietograma de tormenta de diseño de Carac

Elaboración: Los autores

Ahora procedemos a hallar el tiempo de concentración con dos fórmulas que creemos conveniente realizar son la de Temez y Kirpich y posterior a eso realizaremos un promedio de ambos resultados, previo a ello necesitaremos la tabla de longitud y pendiente

que exportamos del ArcGIS de los ríos de nuestra cuenca delimitada ver figura 86 que nos permitirá determinar el tiempo de concentración para nuestra investigación.

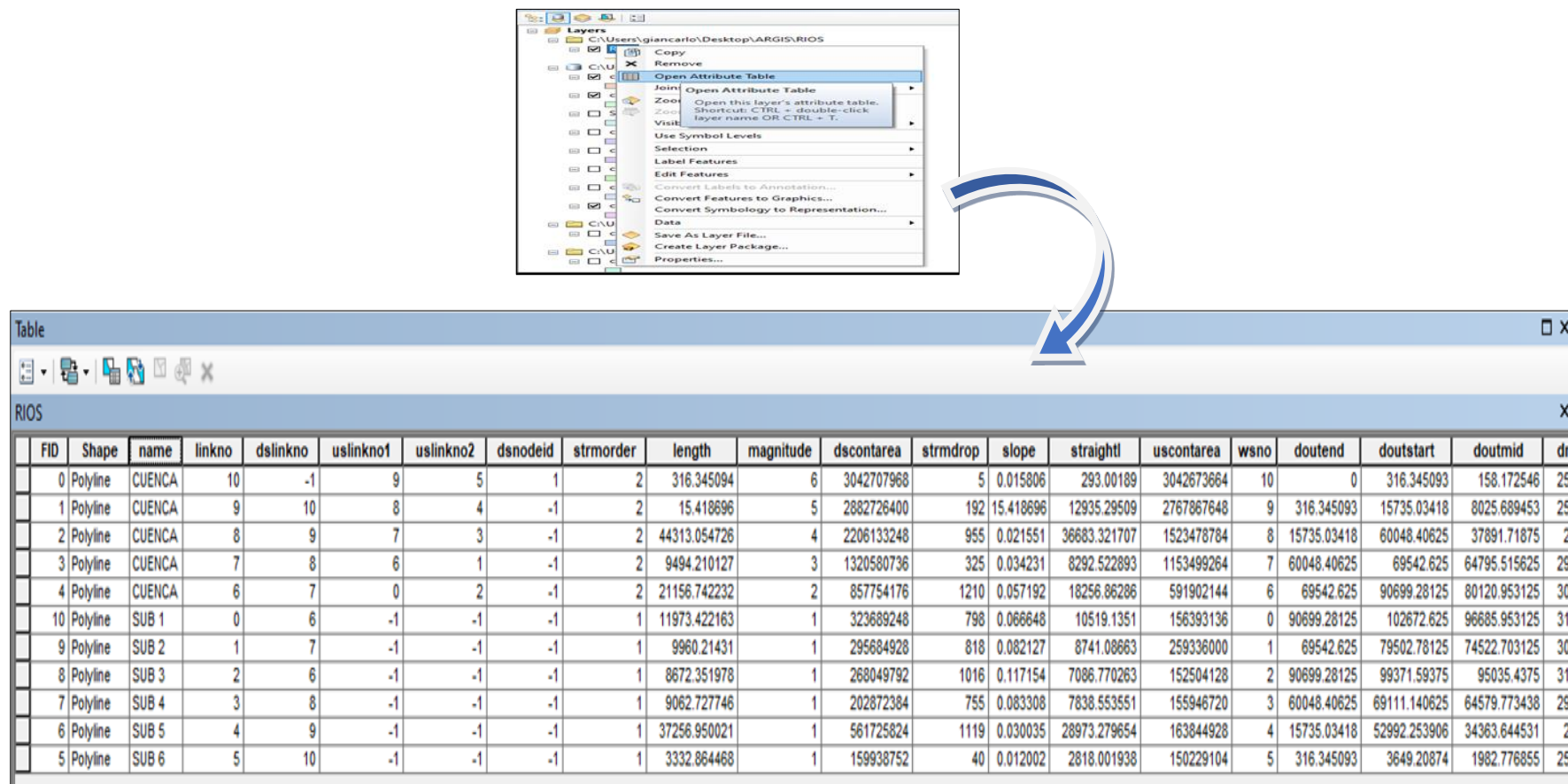


Figura 85: Tiempo de concentración

Elaboración: Los autores

Depurando solo los datos de pendiente y longitud tenemos como resultado la siguiente tabla 21.

Tabla 21

Longitud y pendiente de cuencas y subcuencas

Descripción	Longitud (Km)	Pendiente
CUENCA 1	0.316345	0.015806
CUENCA 2	15.4187	0.012452
CUENCA 3	44.31305	0.021551
CUENCA 4	9.49421	0.034231
CUENCA 5	21.15674	0.057192
SUB 1	11.97342	0.066648
SUB 2	9.960214	0.082127
SUB 3	8.672352	0.117154
SUB 4	9.06278	0.083308
SUB 5	37.25695	0.030035
SUB 6	3.332864	0.012002

Fuente: Elaborado por los autores (2021)

Con los datos de la tabla y la fórmula de Kirpich determinamos el tiempo de concentración para cada cuenca y subcuenca.

Cuenca 1

$$T_c 1 = 0.06628 * \frac{0.316345^{0.77}}{0.015806^{0.385}} = 0.134885456 \text{ HR}$$

Cuenca 2

$$T_c 2 = 0.06628 * \frac{15.4187^{0.77}}{0.012452^{0.385}} = 2.947858076 \text{ HR}$$

Cuenca 3

$$T_c 3 = 0.06628 * \frac{44.31305^{0.77}}{0.021551^{0.385}} = 5.380533042 \text{ HR}$$

Cuenca 4

$$Tc\ 4 = 0.06628 * \frac{9.49421^{0.77}}{0.034231^{0.385}} = 1.374903968\ HR$$

Cuenca 5

$$Tc\ 5 = 0.06628 * \frac{21.15674^{0.77}}{0.057192^{0.385}} = 2.091238136\ HR$$

Subcuenca 1

$$Tc\ sb1 = 0.06628 * \frac{11.97342^{0.77}}{0.066648^{0.385}} = 1.271901612\ HR$$

Subcuenca 2

$$Tc\ sb2 = 0.06628 * \frac{9.960214^{0.77}}{0.082127^{0.385}} = 1.018527611\ HR$$

Subcuenca 3

$$Tc\ sb3 = 0.06628 * \frac{8.672352^{0.77}}{0.117154^{0.385}} = 0.798502972\ HR$$

Subcuenca 4

$$Tc\ sb4 = 0.06628 * \frac{9.062728^{0.77}}{0.083308^{0.385}} = 0.94190476\ HR$$

Subcuenca 5

$$Tc\ sb5 = 0.06628 * \frac{37.25695^{0.77}}{0.030035^{0.385}} = 4.143118424\ HR$$

Subcuenca 6

$$Tc\ sb6 = 0.06628 * \frac{3.332864^{0.77}}{0.012002^{0.385}} = 0.919271493\ HR$$

También determinamos el tiempo de concentración con la fórmula de Témez, el cual también es propicio aplicar para las características de nuestra cuenca de estudio.

$$T_c = 0.3 * \left(\frac{L}{i^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Cuenca 1

$$T_c 1 = 0.3 * \left(\frac{0.316345}{0.015806^{0.25}} \right)^{0.76} = 0.275086959 \text{ HR}$$

Cuenca 2

$$T_c 2 = 0.3 * \left(\frac{15.4187}{0.012452^{0.25}} \right)^{0.76} = 5.520002768 \text{ HR}$$

Cuenca 3

$$T_c 3 = 0.3 * \left(\frac{44.31305}{0.021551^{0.25}} \right)^{0.76} = 11.09495944 \text{ HR}$$

Cuenca 4

$$T_c 4 = 0.3 * \left(\frac{9.49421}{0.034231^{0.25}} \right)^{0.76} = 3.151006605 \text{ HR}$$

Cuenca 5

$$T_c 5 = 0.3 * \left(\frac{21.15674}{0.057192^{0.25}} \right)^{0.76} = 5.254947595 \text{ HR}$$

Subcuenca 1

$$T_c \text{ sb1} = 0.3 * \left(\frac{11.97342}{0.066648^{0.25}} \right)^{0.76} = 3.31167787 \text{ HR}$$

Subcuenca 2

$$T_c \text{ sb 2} = 0.3 * \left(\frac{9.960214}{0.082127^{0.25}} \right)^{0.76} = 2.767281731 \text{ HR}$$

Subcuenca 3

$$Tc\ sb\ 3 = 0.3 * \left(\frac{8.672352}{0.117154^{0.25}} \right)^{0.76} = 2.328313742HR$$

Subcuenca 4

$$Tc\ sb\ 4 = 0.3 * \left(\frac{9.062728}{0.083308^{0.25}} \right)^{0.76} = 2.568664128HR$$

Subcuenca 5

$$Tc\ sb\ 5 = 0.3 * \left(\frac{37.25695}{0.030035^{0.25}} \right)^{0.76} = 9.13041405HR$$

Subcuenca 6

$$Tc\ sb\ 6 = 0.3 * \left(\frac{3.332864}{0.012002^{0.25}} \right)^{0.76} = 1.735428107\ HR$$

Luego de eso se ejecuta un promedio entre el tiempo de concentración de Témez y Kirpich y posterior a eso por ajuste se le saca el 80% a ese tiempo de concentración promedio para las subcuencas el cual se muestra en la tabla 22 y para las cuencas se sacará el 70% pero en minutos que se observa en la tabla 23, pues la modelación en el HEC HMS así lo solicita.

Tabla 22

Tiempo de concentración

Cuenca	Horas	
	TcPRO	80%
Subcuenca 1	2.2918	1.8334
Subcuenca 2	1.8929	1.5143
Subcuenca 3	1.5634	1.2507
Subcuenca 4	1.7553	1.4042
Subcuenca 5	6.6368	5.3094
Subcuenca 6	1.3273	1.0619

Fuente: Elaborado por los autores (2021)

Tabla 23

Tiempo de concentración de promedio de las cuencas

Cuenca	Minutos
Descripción	70%
Cuenca 1	6.888
Cuenca 2	142.260
Cuenca 3	276.788
Cuenca 4	76.035
Cuenca 5	123.413

Fuente: Elaborado por los autores (2021)

Hasta ahora se halló todo lo necesario para poder ejecutar el modelamiento hidrológico de nuestra cuenca delimitada de estudio, esto se desarrolla con la ayuda del HEC - HMS, por eso se comienza ingresando los datos de la curva número promedio antes ya hallado para los diferentes tiempos de retorno el mismo procedimiento se repite para los años 25, 50, 100 y 500 años respectivamente.

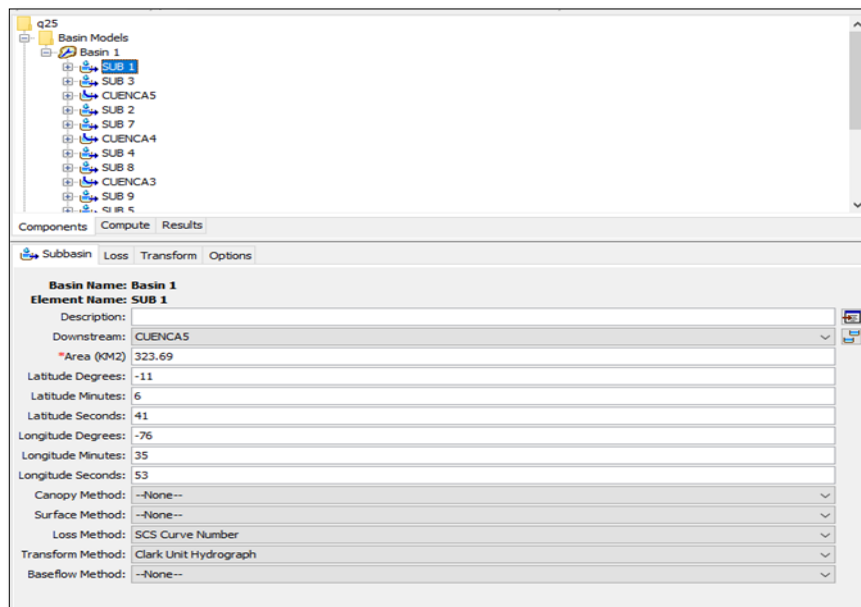


Figura 87: Parámetros hidrológicos del HEC - HMS

Elaboración: Los autores

Luego se procedió a ingresar los datos en los parámetros de cada sub cuenca y cuenca de nuestro modelo hidrológico de estudio, como se dijo se comienza ingresando los datos de la curva número, posterior al tiempo de concentración y el tiempo de tormenta de diseño, eso lo podemos observar en la figura 87.

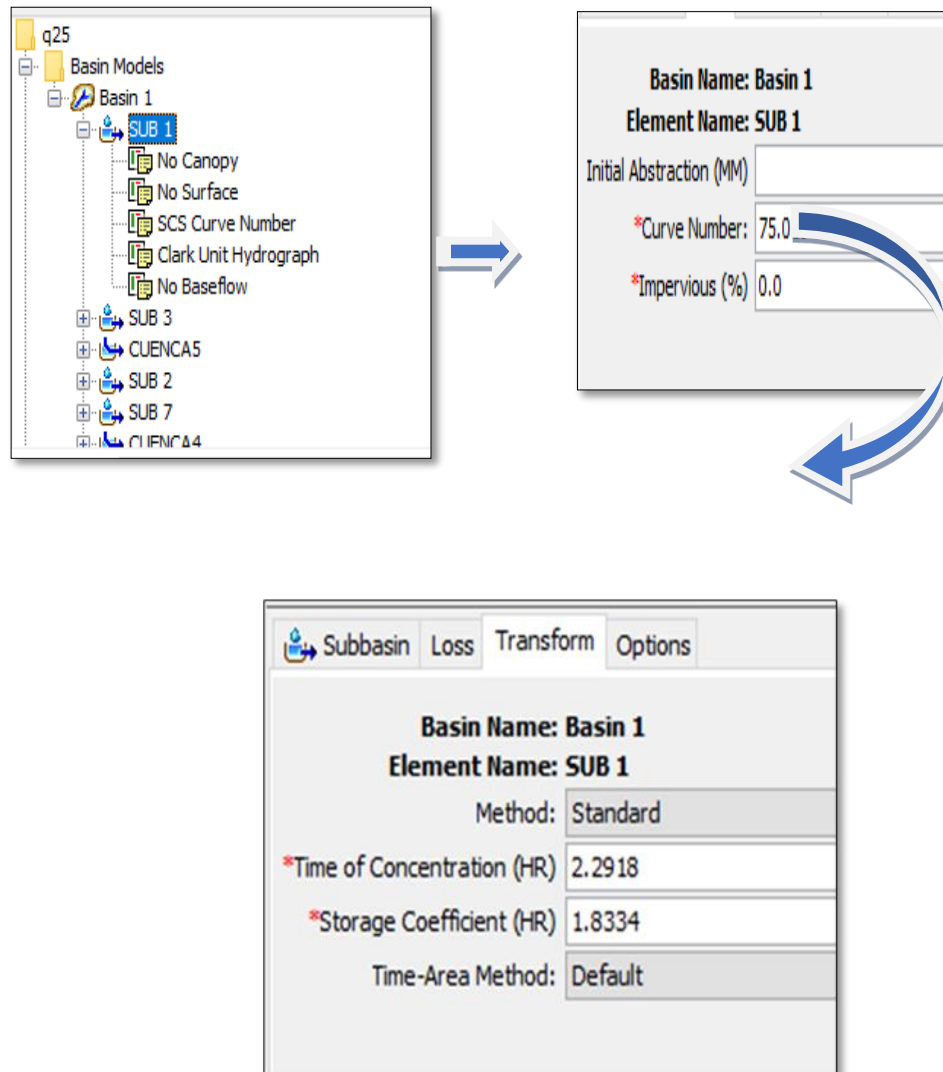


Figura 87: Ingreso de datos al HEC - HMS

Elaboración: Los autores

Luego es el turno de generar el time series data con las estaciones que determinamos gracias al polígono de Thiessen, una vez creado eso configuramos para que pueda determinarse en un intervalo de 1 hora como se muestra en la figura 88.

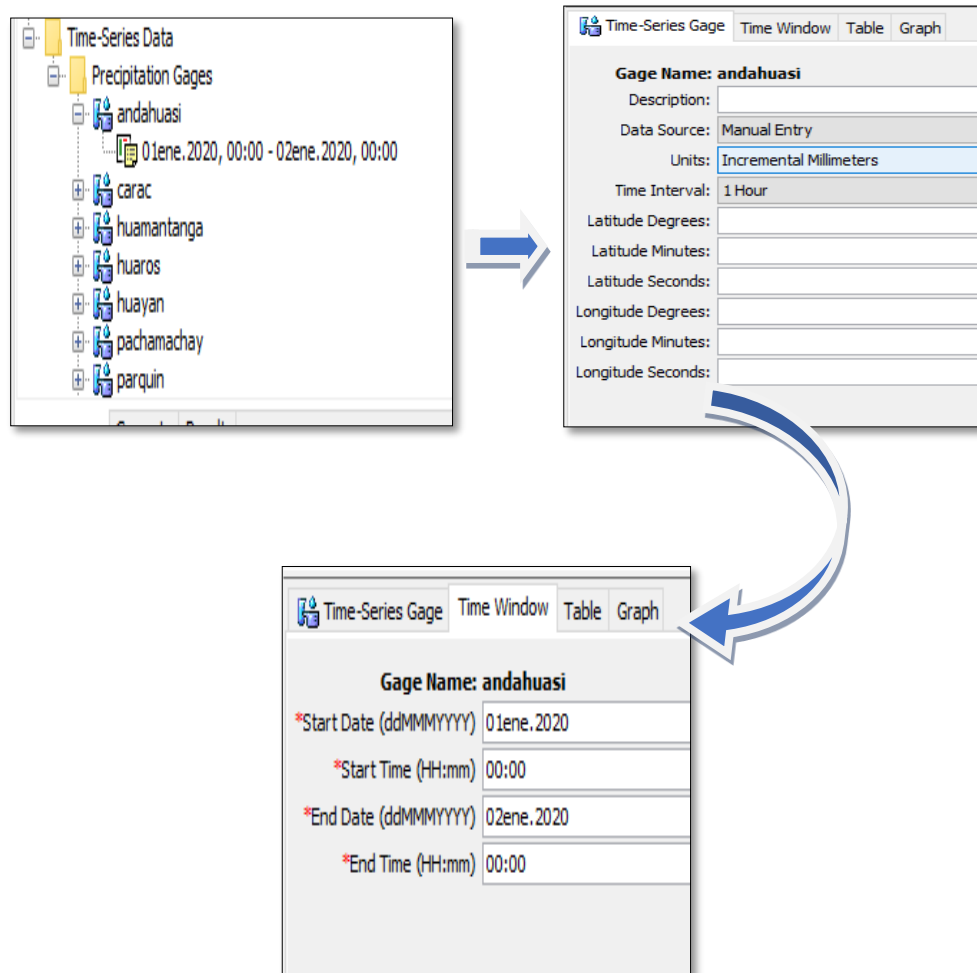


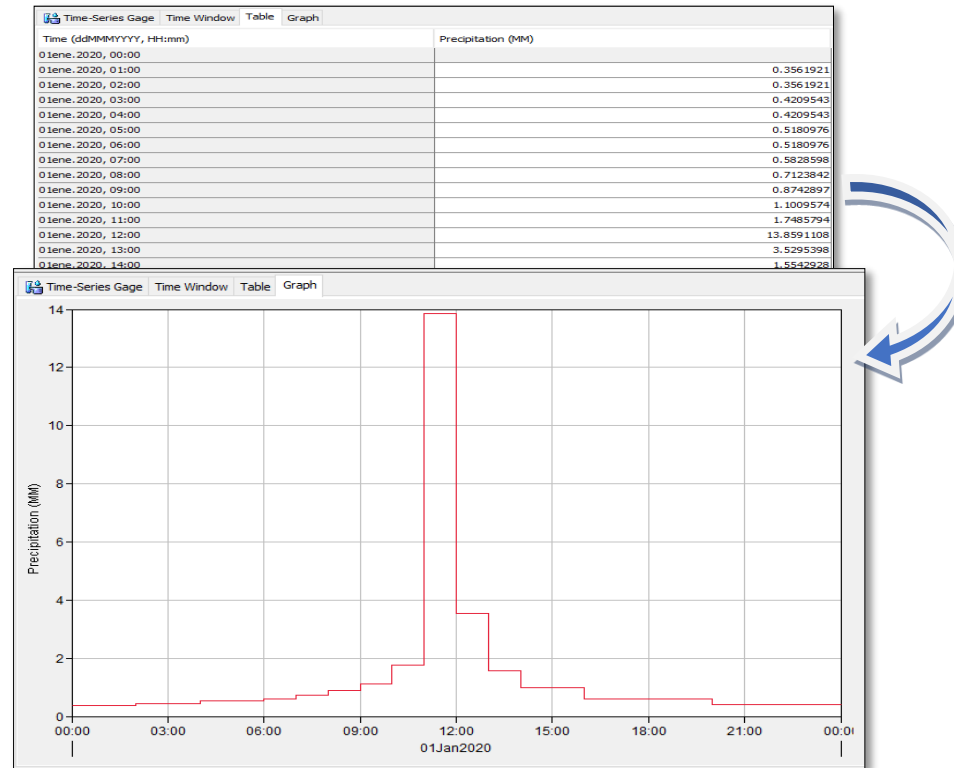
Figura 88: Creación de times serie data

Elaboración: Los autores

Una vez creado el times seria data se procedió a ingresar los datos del hietograma de tormentas de diseño de tipo II antes hallado cabe resaltar que esto se hará para cada una de las estaciones y para los diferentes tiempos de retorno.

carac			
Hora	Tipo II	HD 25	HD 25H
0	0	0	0
1	0.011	0.36	0.36
2	0.022	0.71	0.36
3	0.035	1.13	0.42
4	0.048	1.55	0.42
5	0.064	2.07	0.52
6	0.08	2.59	0.52
7	0.098	3.17	0.58
8	0.12	3.89	0.71
9	0.147	4.76	0.87
10	0.181	5.86	1.10
11	0.235	7.61	1.75
12	0.663	21.47	13.86
13	0.772	25.00	3.53
14	0.82	26.55	1.55
15	0.85	27.52	0.97
16	0.88	28.50	0.97
17	0.898	29.08	0.58
18	0.916	29.66	0.58
19	0.934	30.24	0.58
20	0.952	30.83	0.58
21	0.964	31.22	0.39
22	0.976	31.60	0.39
23	0.988	31.99	0.39
24	1	32.38	0.39

Figura 89:



Ingreso de datos de hietograma de las tormentas de diseño

Elaboración: Los autores

Para finalizar, el proceso de modelamiento hidrológico se ejecuta el modelo hidrológico de nuestra cuenca de estudio para poder determinar los caudales de diseño a diferentes tiempos de retorno planteados que son de 25.50,100 y 500 años, Ver figura 90.

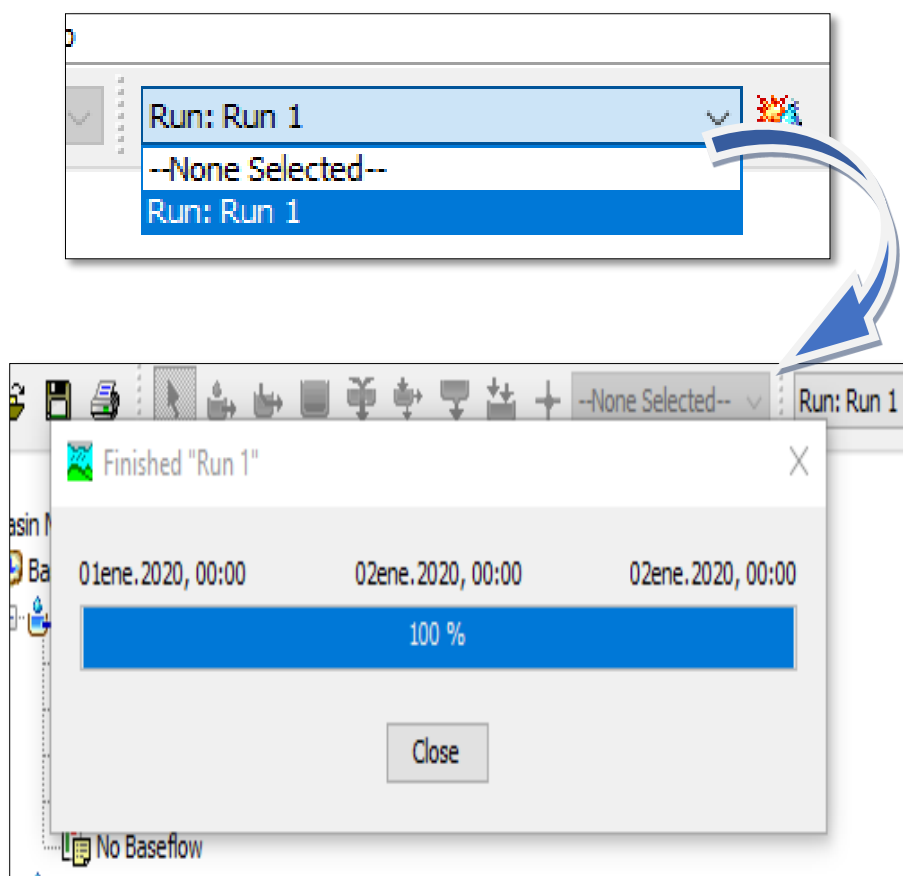


Figura 90: Ejecución del modelo hidrológico con HEC - HMS

Elaboración: Los autores

4.5 Estudio de mecánica de suelos

En esta oportunidad, determinaremos el diámetro de la curva granulométrica que más adelante nos permitirá hallar la altura de socavación para el pre dimensionamiento de las defensas ribereñas del sitio de estudio.

Comenzamos determinando los lugares como en la figura 91, que haremos las calicatas, determinamos 3 calicatas para una extensión de 6+080 km que son muestras representativas.

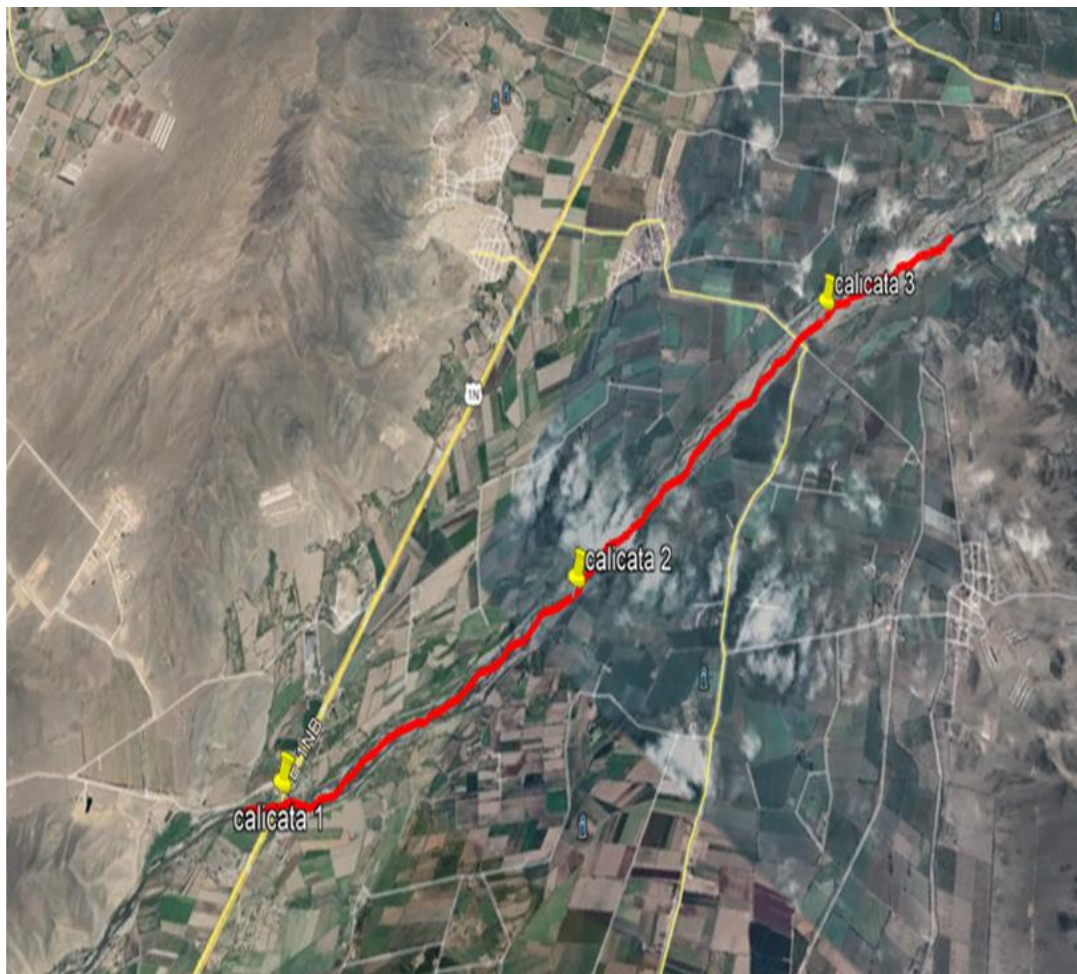


Figura 91: Delimitación de las calicatas

Elaboración: Los autores

En el lugar de estudio en el tramo del río Chancay Huaral, por la temporada de lluvias bajas nos permitió tomar la muestra en el cauce, lo que se nos dificultó fue ingresar pues el área de estudio presenta vegetación, así como cumulo de desmontes

Comenzamos tomando la muestra de la calicata 1, para eso necesitamos la ayuda de un operario para la toma de muestra, pues se cabo 1.50m de profundidad, para tomar una mejor muestra, como se muestra la imagen corresponde al sitio de la calicata número uno.



Figura 92: Calicata I

Elaboración: Los autores

Luego nos trasladamos a la toma de muestra de la calicata dos, el cual estaba a 25 minutos caminando, y de igual manera con la ayuda de un operario para una toma de muestra de 1.5 m de profundidad.



Figura 93: Calicata II

Elaboración: Los autores

Para finalizar, procedimos a la muestra de la calicata tres de igual forma con la ayuda de un operario y de la misma profundidad de 1.50 m, cabe mencionar que las muestras aproximadamente fueron de 10 kg cada muestra.



Figura 94: Calicata III
Elaboración: Los autores

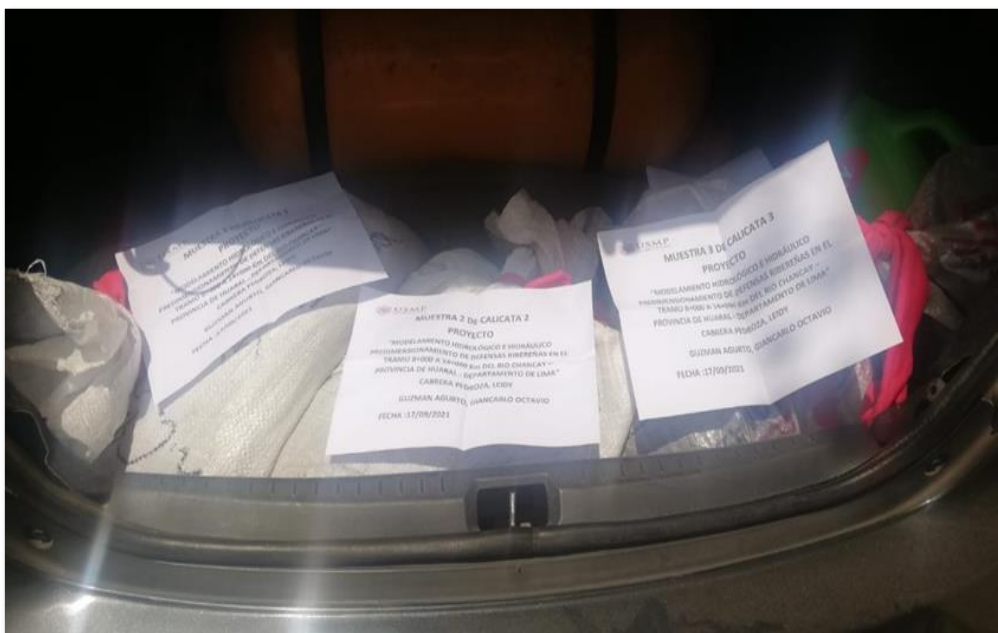


Figura 95: Tomas de muestras
Elaboración: Los autores

Una vez tomadas las muestras, fueron llevado al laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Agraria La Molina, donde lo analizaron dado el contexto actual de la pandemia no se pudo ingresar.

Los materiales que se usaron para la realización del estudio de curva granulométrica se mencionan a continuación.

Materiales:

- Tamices.
- Tapa y fondos herméticos.
- Tamizadora. (opcional)
- Bandejas y cepillos.
- Balanza.
- Dispositivos de lavado.
- Horno.

4.6 Levantamiento topográfico del cauce

Para este estudio del levantamiento topográfico del cauce del río Chancay - Huaral, en un tramo de 6.080 km en el cual observamos una topografía poco accidentada y se observó en el largo del tramo de estudio mucho arbusto en las fajas y desmonte.



Figura 96: Área del levantamiento topográfico

Elaboración: Los autores



Figura 97: Área del levantamiento topográfico

Elaboración: Los autores

El estudio se realizó en 2 días de trabajos, con la ayuda de un técnico topógrafo y 2 ayudantes, se contaron con 2 prismas y una estación total de la marca Leica, el certificado esta adjunto en el anexo 5.





Figura 98: Estación Total

Elaboración: Los autores



Figura 99: Integrantes del levantamiento topográfico

Elaboración: Los autores

El trabajo de levantamiento topográfico que se realizó con un total de 248 puntos georreferenciados, y las secciones transversales fueron cada 100 m.

esto debido al objetivo de nuestro estudio, que es para el pre dimensionamiento.

Los datos que figuran en la tabla 24 son los datos obtenidos del trabajo en campo, los cuales fueron procesados en el civil y luego del ArcGIS para poder determinar las curvas de nivel, el perfil longitudinal y las secciones transversales.

Tabla 24

Levantamiento topográfico

Nombre	Coord X	Coord Y	Coord z
P1	259583.42	8720622.28	93.93
P2	259508.34	8720688.35	97.24
P3	259433.27	8720754.41	83.67
P4	259358.20	8720820.47	87.51
P5	259641.03	8720687.05	96.91
P6	259572.10	8720759.50	93.96
P7	259503.16	8720831.94	85.15
P8	259434.23	8720904.39	88.97
P9	259713.14	8720755.41	103.62
P10	259644.51	8720828.15	93.50

Nombre	Coord X	Coord Y	Coord z
P11	259575.89	8720900.89	87.91
P12	259507.27	8720973.63	102.22
P13	259782.64	8720809.54	100.59
P14	259720.00	8720887.49	103.05
P15	259657.36	8720965.44	92.25
P16	259594.72	8721043.39	96.93
P17	259860.59	8720872.18	103.28
P18	259797.95	8720950.13	106.45
P19	259735.31	8721028.08	95.82
P20	259672.67	8721106.03	97.67
P21	259944.41	8720946.36	104.83
P22	259875.74	8721019.05	94.98
P23	259807.06	8721091.74	95.31
P24	259738.39	8721164.43	104.66
P25	260021.04	8721020.26	92.00
P26	259949.29	8721089.92	91.00
P27	259877.55	8721159.58	90.50

P28	259805.80	8721229.23	102.92
P29	260090.70	8721092.01	95.38
P30	260018.95	8721161.67	90.00
P31	259947.20	8721231.32	94.43
P32	259875.46	8721300.98	98.72
P33	260169.44	8721221.38	109.00
P34	260077.99	8721261.83	101.69
P35	259986.53	8721302.28	91.80
P36	259895.08	8721342.73	97.00
P37	260216.36	8721330.33	109.82
P38	260120.59	8721359.12	107.19
P39	260024.83	8721387.91	101.08
P40	259929.06	8721416.70	101.23
P41	260246.36	8721425.65	113.00
P42	260150.60	8721454.44	100.82
P43	260054.83	8721483.22	92.47
P44	259959.06	8721512.01	100.00
P45	260272.68	8721512.18	110.00
P46	260178.94	8721547.00	97.41
P47	260085.20	8721581.81	101.90

Nombre	Coord X	Coord Y	Coord z
P48	259991.46	8721616.63	112.00
P49	260307.50	8721605.92	115.01
P50	260213.76	8721640.74	105.68
P51	260120.02	8721675.56	101.47
P52	260026.28	8721710.38	110.86
P53	260343.14	8721638.26	113.81
P54	260267.14	8721703.26	110.11
P55	260191.14	8721768.26	100.88
P56	260115.15	8721833.25	111.56
P57	260409.25	8721720.68	114.96
P58	260330.85	8721782.76	110.43
P59	260252.45	8721844.84	106.00
P60	260174.05	8721906.91	107.11
P61	260471.99	8721801.98	114.78
P62	260392.49	8721862.64	116.00
P63	260312.99	8721923.30	108.63
P64	260233.49	8721983.96	107.05

P65	260536.74	8721897.53	118.29
P66	260451.38	8721949.63	113.23
P67	260366.03	8722001.73	107.00
P68	260280.67	8722053.83	109.50
P69	260588.99	8722036.98	126.16
P70	260491.21	8722057.93	113.09
P71	260393.43	8722078.89	114.23
P72	260295.65	8722099.84	111.86
P73	260610.94	8722129.89	127.00
P74	260513.83	8722153.78	114.52
P75	260416.73	8722177.67	117.88
P76	260319.62	8722201.57	119.07
P77	260631.22	8722193.50	123.85
P78	260541.60	8722237.87	112.51
P79	260451.98	8722282.23	116.31
P80	260362.36	8722326.59	118.00
P81	260674.89	8722281.74	125.77
P82	260585.73	8722327.03	130.23
P83	260496.58	8722372.31	122.00
P84	260407.42	8722417.60	124.00
P85	260720.08	8722370.95	130.00
P86	260630.92	8722416.23	129.11
P87	260541.76	8722461.52	130.18
P88	260452.61	8722506.80	119.67

Nombre	Coord X	Coord Y	Coord Z
P89	260765.53	8722469.55	131.39
P90	260673.92	8722509.65	126.10
P91	260582.31	8722549.74	122.89
P92	260490.70	8722589.84	119.73
P93	260805.57	8722571.06	127.38
P94	260711.68	8722605.49	122.73
P95	260617.79	8722639.91	120.97
P96	260523.90	8722674.34	128.00
P97	260839.14	8722660.61	120.41
P98	260746.29	8722697.75	115.82
P99	260653.44	8722734.89	124.00
P100	260560.59	8722772.03	124.08
P101	260879.70	8722762.94	134.00
P102	260784.57	8722793.76	122.43
P103	260689.44	8722824.57	124.82
P104	260594.30	8722855.39	127.00
P105	260911.21	8722857.82	135.00
P106	260816.07	8722888.64	131.35
P107	260720.94	8722919.46	129.35
P108	260625.81	8722950.28	129.30
P109	260942.03	8722953.01	135.00
P110	260846.89	8722983.80	130.00
P111	260751.74	8723014.58	129.02
P112	260656.60	8723045.36	133.01
P113	260974.32	8723053.12	137.45
P114	260878.17	8723080.60	136.30
P115	260782.02	8723108.07	139.00
P116	260685.87	8723135.54	133.00
P117	261002.46	8723149.07	149.43
P118	260906.31	8723176.55	142.59
P119	260810.16	8723204.02	143.93
P120	260714.00	8723231.49	140.00
P121	261029.86	8723241.92	148.04
P122	260934.32	8723271.43	150.01
P123	260838.77	8723300.94	145.00
P124	260743.22	8723330.45	141.53
P125	261059.94	8723339.35	148.03
P126	260964.01	8723367.60	140.40

Nombre	Coord X	Coord Y	Coord Z
P127	260868.09	8723395.86	142.00
P128	260772.16	8723424.12	152.22
P129	261088.31	8723435.24	143.29
P130	260992.39	8723463.49	141.16
P131	260896.46	8723491.75	133.58
P132	260800.54	8723520.00	139.97
P133	261115.52	8723523.75	144.89
P134	261021.10	8723556.69	149.58
P135	260926.68	8723589.63	139.90
P136	260832.26	8723622.56	145.22
P137	261148.45	8723618.17	142.74
P138	261054.03	8723651.11	142.88
P139	260959.61	8723684.05	145.00
P140	260865.19	8723716.98	150.91
P141	261181.27	8723728.73	140.75
P142	261083.96	8723751.78	144.89
P143	260986.65	8723774.82	148.37
P144	260889.34	8723797.87	155.37
P145	261202.70	8723819.81	143.03
P146	261106.47	8723847.01	147.30
P147	261010.24	8723874.21	149.17
P148	260914.01	8723901.40	148.00
P149	261229.48	8723916.15	150.00
P150	261133.25	8723943.35	151.05
P151	261037.02	8723970.54	148.83
P152	260940.79	8723997.74	150.35
P153	261255.92	8724009.77	145.08
P154	261160.20	8724038.70	151.20
P155	261064.48	8724067.64	146.12
P156	260968.76	8724096.58	146.03
P157	261284.86	8724105.49	145.75
P158	261189.14	8724134.43	146.09
P159	261093.42	8724163.37	152.66
P160	260997.69	8724192.30	152.78
P161	261313.76	8724200.93	149.94
P162	261218.09	8724230.05	150.79
P163	261122.42	8724259.16	159.94
P164	261026.75	8724288.28	162.00
P165	261342.87	8724296.60	155.63
P166	261247.20	8724325.71	158.19
P167	261151.54	8724354.83	150.71

Nombre	Coord X	Coord Y	Coord Z
P168	261055.87	8724383.95	157.00
P169	261371.68	8724389.19	157.09
P170	261276.62	8724420.23	149.00
P171	261181.56	8724451.27	152.53
P172	261086.50	8724482.31	158.21
P173	261402.72	8724484.25	151.95
P174	261307.66	8724515.29	152.79
P175	261212.60	8724546.33	163.97
P176	261117.54	8724577.37	158.00
P177	261434.88	8724590.01	165.79
P178	261337.87	8724614.27	165.00
P179	261240.85	8724638.52	166.78
P180	261143.84	8724662.77	164.56
P181	261459.13	8724687.03	167.48
P182	261362.12	8724711.28	163.41
P183	261265.11	8724735.53	160.82
P184	261168.09	8724759.79	158.14
P185	261483.52	8724781.35	176.68
P186	261386.93	8724807.26	166.98
P187	261290.35	8724833.18	169.00
P188	261193.76	8724859.09	163.77
P189	261509.43	8724877.93	177.00
P190	261412.85	8724903.85	169.51
P191	261316.26	8724929.76	163.75
P192	261219.68	8724955.67	165.83
P193	261539.10	8724947.28	168.00
P194	261447.99	8724988.50	167.35
P195	261356.88	8725029.72	160.91
P196	261265.76	8725070.93	172.23
P197	261576.46	8725030.50	171.84
P198	261487.92	8725076.98	162.70
P199	261399.38	8725123.46	162.52
P200	261310.84	8725169.95	171.01
P201	261622.69	8725119.16	172.00
P202	261534.15	8725165.64	159.55
P203	261445.61	8725212.12	158.95
P204	261357.07	8725258.61	173.64
P205	261663.06	8725194.25	177.38
P206	261579.49	8725249.17	170.53
P207	261495.92	8725304.09	162.91
P208	261412.35	8725359.01	178.96

Nombre	Coord X	Coord Y	Coord Z
P209	261717.98	8725277.82	185.36
P210	261634.41	8725332.74	179.95
P211	261550.84	8725387.66	168.59
P212	261467.27	8725442.58	176.65
P213	261772.62	8725360.39	182.75
P214	261689.42	8725415.86	173.89
P215	261606.21	8725471.33	172.92
P216	261523.01	8725526.80	175.86
P217	261828.65	8725444.52	176.71
P218	261745.05	8725499.39	173.36
P219	261661.44	8725554.25	172.07
P220	261577.84	8725609.12	179.57
P221	261883.52	8725528.13	179.79
P222	261799.91	8725582.99	167.55
P223	261716.31	8725637.86	167.00
P224	261632.70	8725692.73	178.03
P225	261941.31	8725627.83	174.80
P226	261852.53	8725673.85	171.02
P227	261763.75	8725719.87	170.88
P228	261674.97	8725765.90	179.91
P229	261982.25	8725705.43	178.68
P230	261897.51	8725758.53	180.76
P231	261812.78	8725811.63	173.07
P232	261728.04	8725864.73	177.26
P233	262035.35	8725790.17	190.05
P234	261950.62	8725843.27	174.87
P235	261865.88	8725896.37	174.05
P236	261781.14	8725949.47	179.33
P237	262089.30	8725887.56	183.00
P238	262000.78	8725934.08	177.24
P239	261912.25	8725980.59	177.07
P240	261823.73	8726027.10	176.95
P241	262135.79	8725975.68	194.67
P242	262047.38	8726022.41	182.53
P243	261958.97	8726069.14	181.17
P244	261870.56	8726115.88	186.33
P245	262162.96	8726027.09	197.67
P246	262074.55	8726073.82	186.80
P247	261986.14	8726120.55	177.86
P248	261897.73	8726167.28	182.62

Fuente: Elaborado por los autores (2021)



Figura 100: Panel fotográfico del trabajo en campo

Elaboración: Los autores

4.7 Modelamiento hidráulico

Para esta etapa, nos apoyamos de HEC - RAS que nos permitieron obtener los parámetros hidráulico que son necesarios, para determinar el pre dimensionamiento para una defensa ribereña.

Comenzamos creando el proyecto, luego generamos el tramo del río que estamos estudiando.

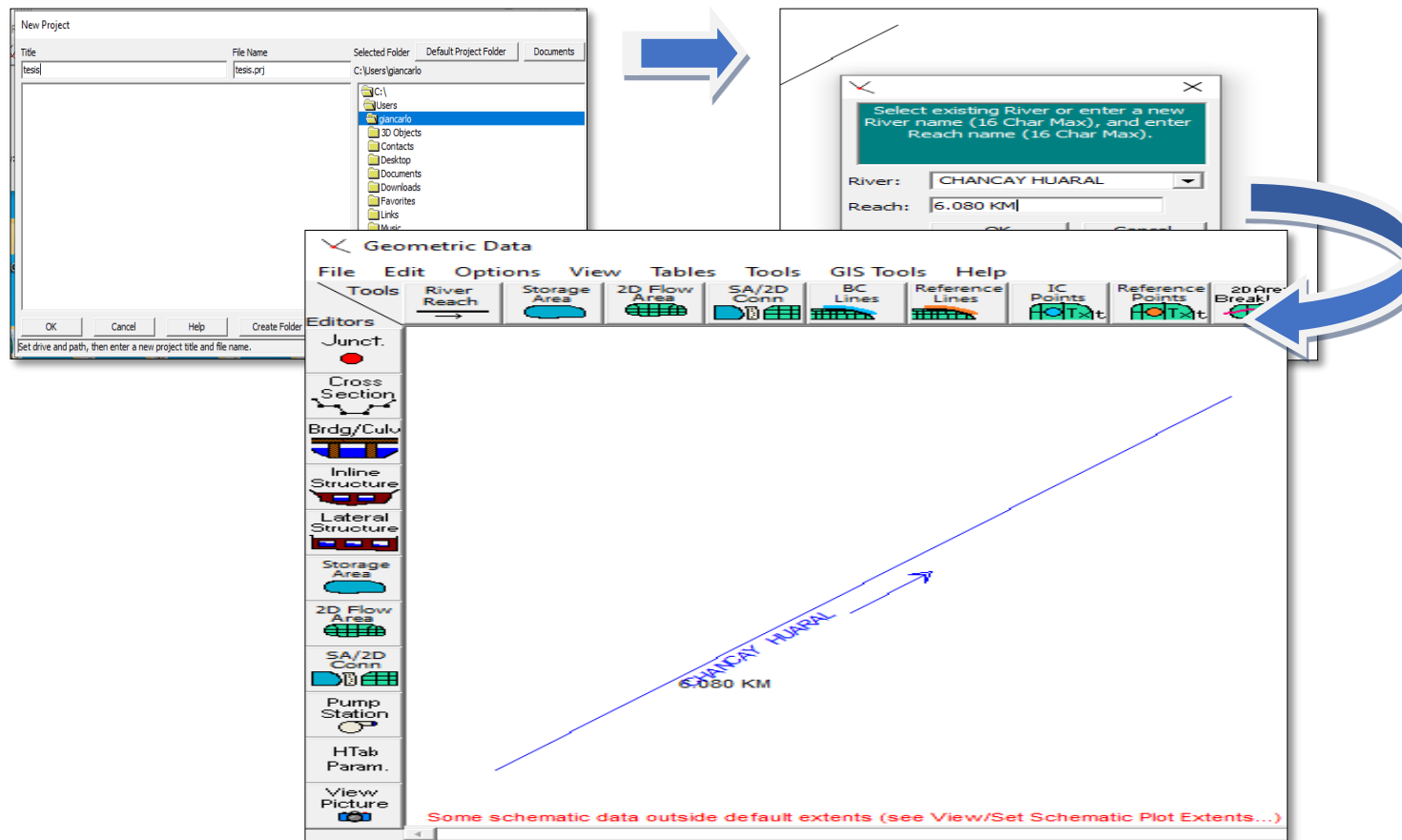


Figura 101: Generación de proyecto en HEC - RAS

Elaboración: Los autores

Luego con los datos obtenidos por el modelamiento hidrológico que son los caudales de diseño ver la tabla 25 para diferentes tiempos de retorno creamos el modelamiento hidráulico realizaremos, para los cuatro años mencionados, (25, 50, 100, 500 años) pero se explicara el desarrollo de solo uno pues para los demás tienen el mismo tratamiento y procedimiento.

Tabla 25

Caudales de diseño para el HEC - RAS	
TR	m3/s
500	195.9
100	114.9
50	85.5
25	60.8

Fuente: Los autores (2021)

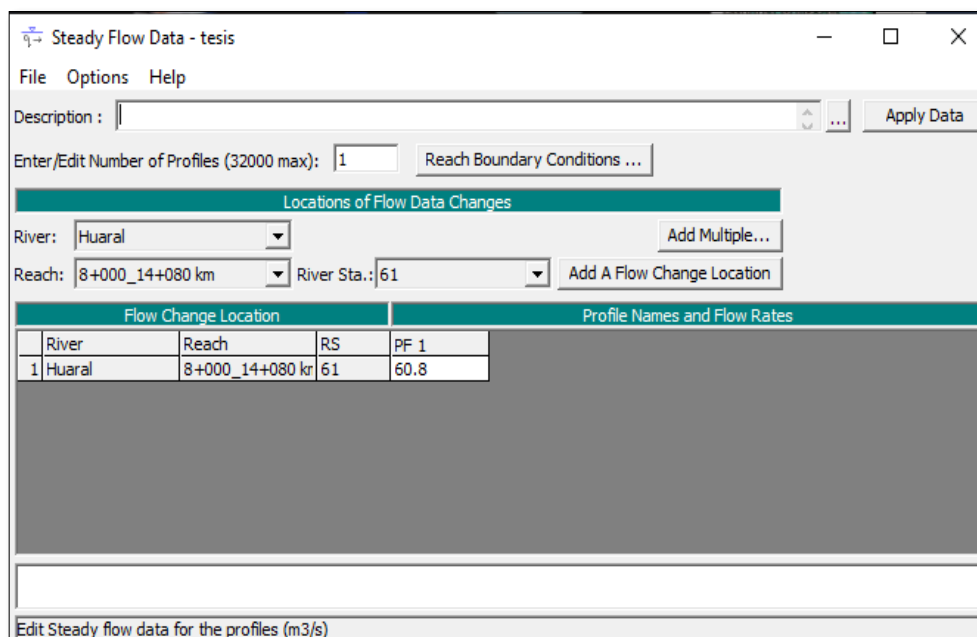


Figura 102: Modelamiento hidráulico para 25 años de retorno

Elaboración: Los autores

Ahora se procederá a introducir las secciones transversales que se logró a partir del levantamiento topográfico, cabe recordar que son 61 secciones, para esto introduciremos todas las secciones de nuestro cauce, además que se configurara los parámetros necesarios para las características de nuestro cauce de investigación.

Tabla 26
Sección transversal I

Cota	Elevación
0.00	93.93
80.11	94.53
16.22	95.90
24.32	97.28
32.43	98.57
40.54	99.12
48.65	99.92
56.73	100.64
64.86	101.00
72.97	101.00
81.08	100.44
89.19	99.00
97.30	97.70
105.41	96.71
113.51	95.56
121.62	94.32
129.73	93.55
137.84	91.55
145.95	89.53
154.05	87.84
162.16	87.20
170.27	85.75
178.38	84.94
186.49	84.92
194.59	84.10
202.70	83.43
210.81	82.69
218.92	82.00
227.03	82.00
235.14	82.00
243.24	82.06
251.35	82.88
259.46	83.00
267.57	83.08

275.68	83.86
283.78	84.44
291.89	85.72
300.00	87.51

Fuente: Los autores (2021)

Previo a eso, se determina el coeficiente de rugosidad para el cálculo hidráulico según las características de nuestra zona de estudio se determinó el coeficiente el cual se muestra en la tabla 27.

En cuanto a el coeficiente de contracción y expansión creemos conveniente tomar los valores de 0.1 y 0.30, debido a que necesitamos determinar la pérdida de energía de cada sección de nuestro tramo de estudio.

Tabla 27

Valor de coeficiente de rugosidad

Coeficiente de rugosidad	
N0	0.028
N1	0.005
N2	0.005
N3	0.015
N4	0.01
N5	1.15

Fuente: Los autores (2021)

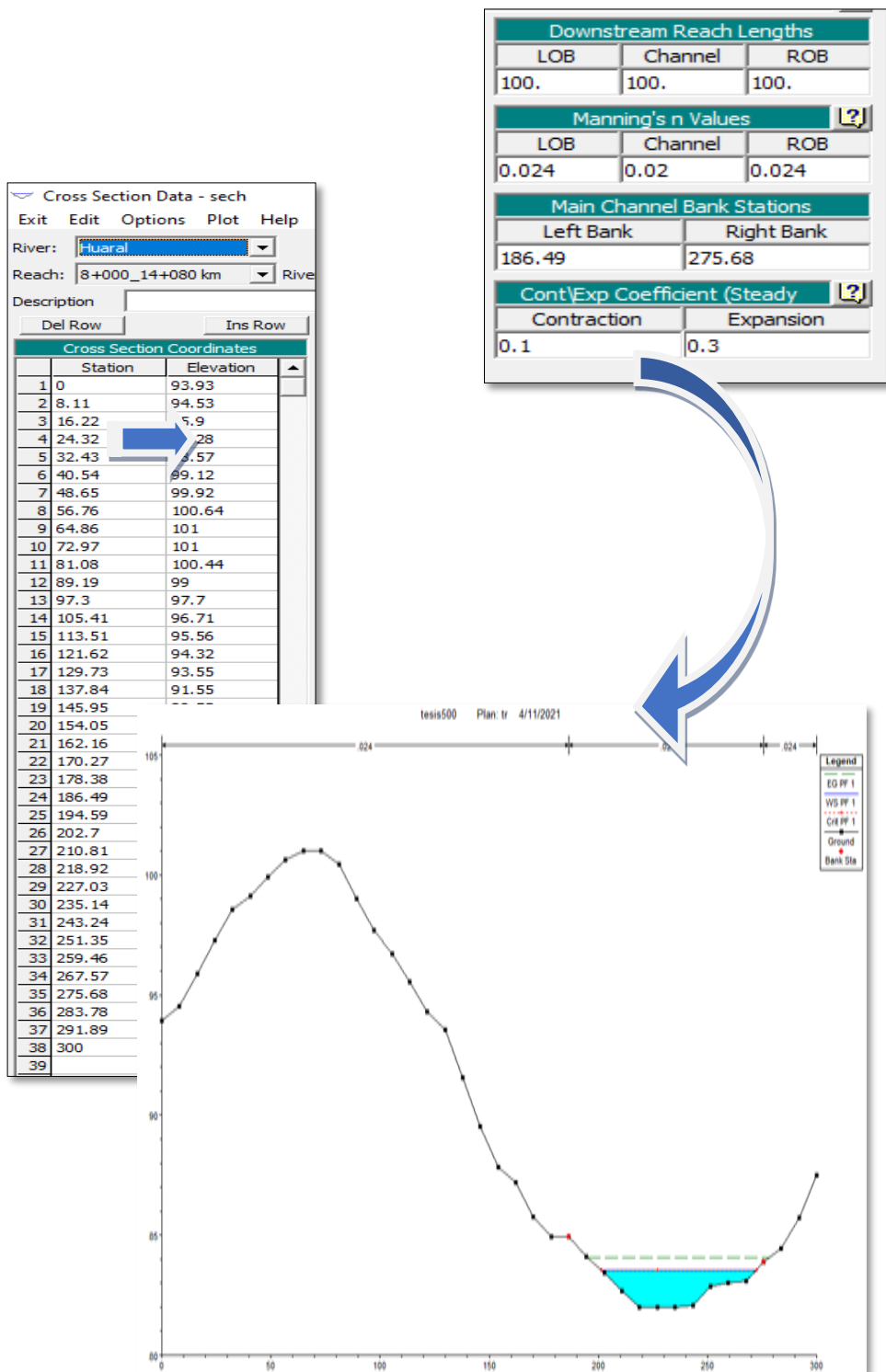


Figura 103:
Secciones
transversales en
HEC - RAS
Elaboración: Los
autores

Finalmente, se ejecuta el programa para que procese el modelamiento hidráulico y nos presente los parámetros hidráulicos que usaremos para el pre dimensionamiento.

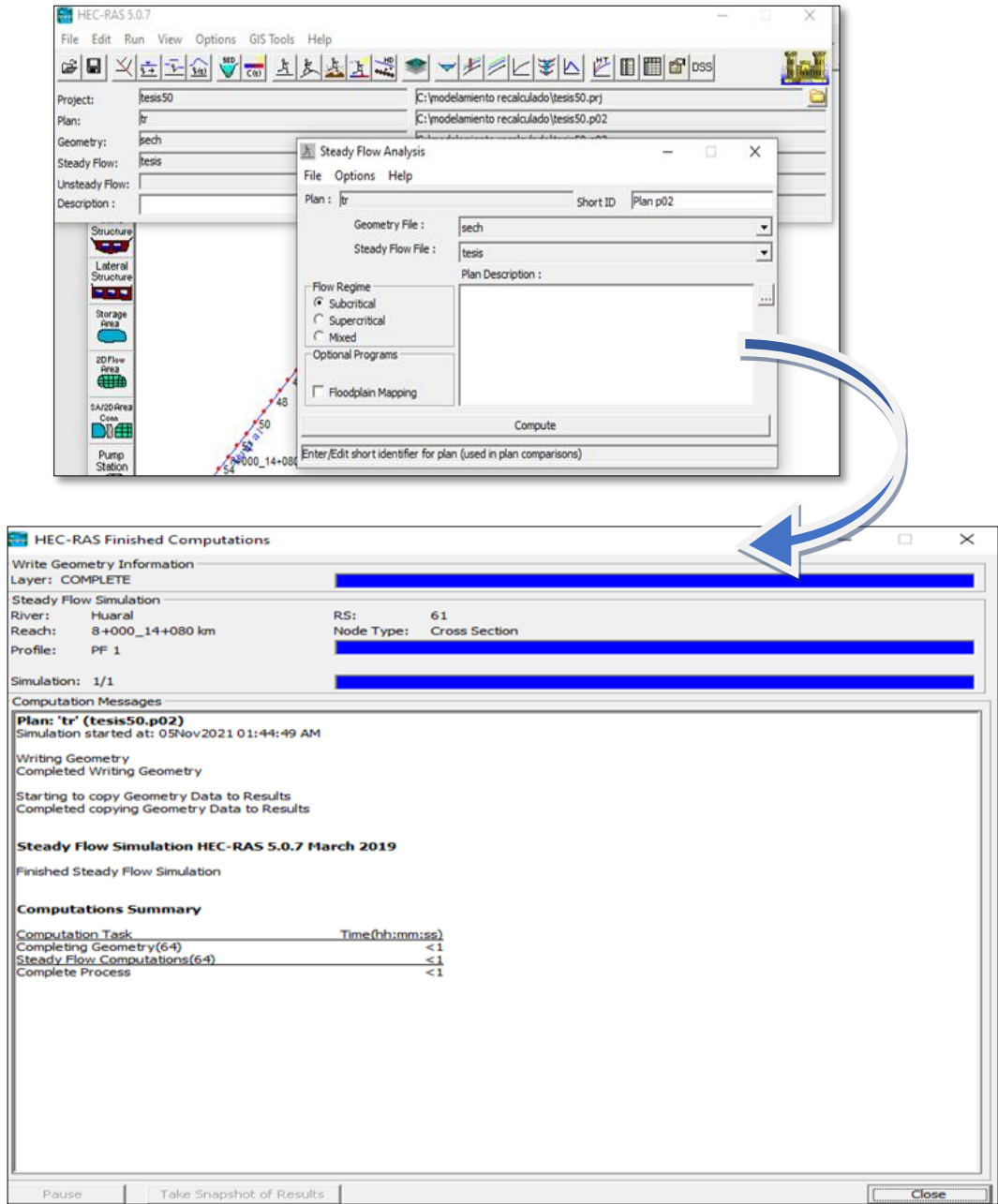


Figura 104: Procesamiento del modelo hidrológico

Elaboración: Los autores

Pre dimensionamiento de defensa ribereña

Para esta etapa casi al final del estudio, usaremos los parámetros hidráulicos que resultaron de la simulación del HEC RAS para lo cual necesitaremos tablas y también identificamos dos tramos críticos en las inundaciones de nuestro tramo de estudio y para esos tramos plantearemos el pre dimensionamiento del dique enrocado por ser la propuesta más viable por las características del río y también del lugar.

Comenzamos con los dos tramos que identificamos que presenta una mayor zona critica según la simulación y según las zonas que podría afectar que corresponde desde la sección 52 a 60.

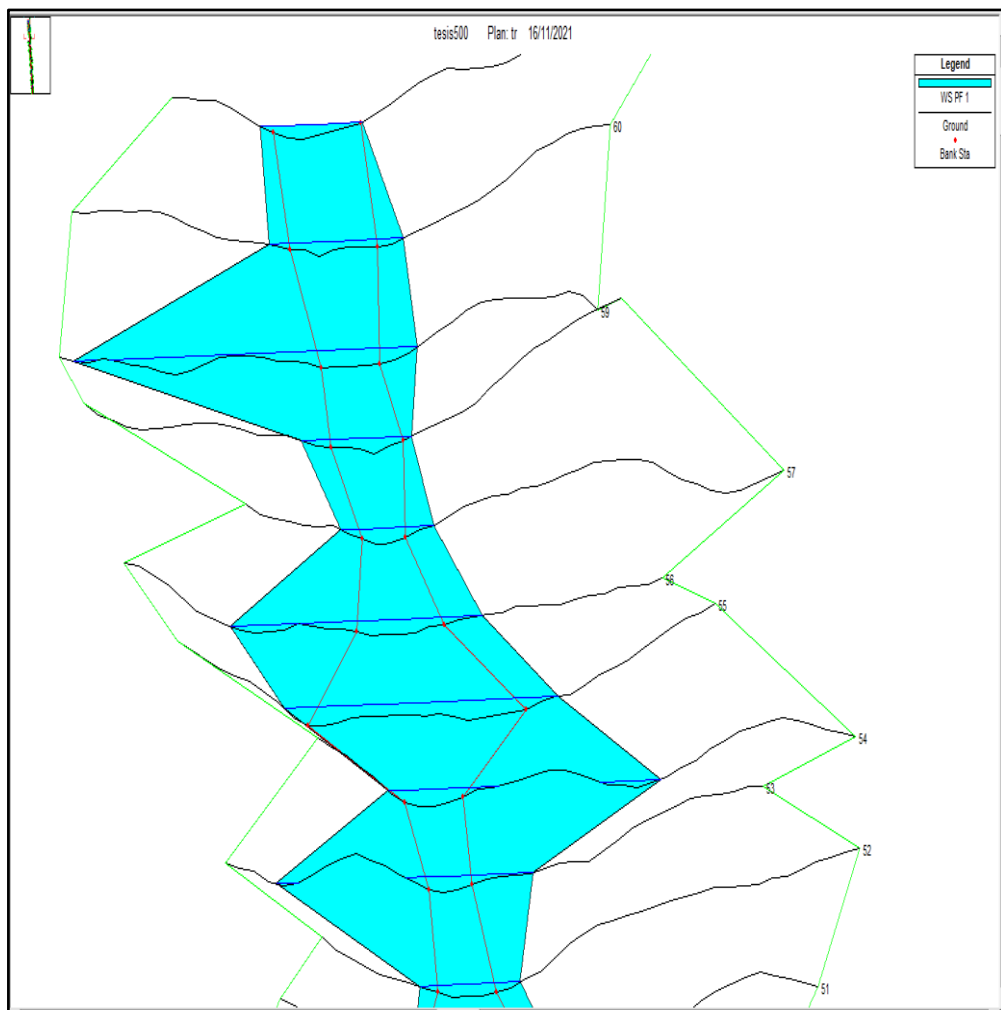


Figura 105: Simulación del HEC – RAS del tramo I

Elaboración: Los autores

Tramo I crítico a inundación

Presentamos los parámetros del tramo crítico 1 para poder ejecutar los cálculos necesarios primero para el pre dimensionamiento de la altura de socavación, se tiene que mencionar que para esto tomamos el modelo hidráulico de 500 años por considerarlo el más crítico a una eventual socavación.

Tabla 28

Parámetros hidráulicos tramo I

Sección	Q total	Min. Ch EI	W. S. elev.	Yn	Flow. área	Top Width
52	195.9	172.01	174.13	2.12	63.7	61.65
53	195.9	172.29	173.38	2.09	62.14	51.89
54	195.9	170.4	172.47	2.07	140.75	139.74
55	195.9	169.9	172.52	2.62	265.51	152.66
56	195.9	170	172.22	2.22	98.69	96.32
57	195.9	169.72	171.84	2.12	75.41	83.78
58	195.9	167	168.64	1.64	62.07	55.73

59	195.9	179.09	181.78	2.69	146.71	106.62
60	195.9	175	176.74	1.74	147.24	135.73

Fuente: Elaborado por los autores (2021)

Para la altura de socavación, como se mencionó usaremos los parámetros hidráulicos de 500 años además de la fórmula que es más acorde a las características de nuestro río que es el método de Lischtvan-Lebediev.

Método de Lischtvan - Lebediev

$$H_s = \left[\frac{\alpha h^{5/3}}{0.68 \beta \mu \varphi D_m^{0.28}} \right]^{1+x}$$

Sección 52

Caudal de diseño = 195.9 m³/s

$$dm = \frac{\text{Flow Area}}{\text{Top Width}} = \frac{63.7}{61.65} = 1.03 \text{ m. (Tirante medio)}$$

$Y_n = 2.12 \text{ m. (Tirante de agua)}$

Ancho de superficie = 61.65 m. (Be)

$$\alpha = \frac{Qd}{(dm)^{\frac{5}{3}} * Be * \mu}$$

$$\alpha = \frac{195.9}{(1.03)^{\frac{5}{3}} * 61.65 * 1} = 3.00901327$$

$D_m = 9.53 \text{ mm.}$ Diametro medio según el estudio de suelos.

$\frac{1}{1+x} = 0.75$, según tabla de valores de coeficiente de contracción del cauce.

$\beta = 1.05$, Según tabla de coeficiente en función del tiempo.

$\psi = 1.0$, Factor de corrección de sedimentos.

$$Hs = \left(\frac{\alpha * Yn^{\frac{5}{3}}}{0.68 * Dm^{0.28} * \beta * \psi * \mu} \right)^{\frac{1}{1+z}}$$

$$Hs = \left(\frac{3.0090 * (2.12)^{\frac{5}{3}}}{0.68 * (9.53)^{0.28} * 1.05 * 1 * 1} \right)^{0.74}$$

$$Hs = 4.68 \text{ m.}$$

Altura de sovacion 4.68 m.-2.12 m. = 2.56 m.

Sección 53

Caudal de diseño = 195.9 m³/s

$$dm = \frac{\text{Flow Area}}{\text{Top Width}} = \frac{62.14}{51.89} = 1.1975 \text{ m. (Tirante medio)}$$

$Yn = 2.09 \text{ m. (Tirante de agua)}$

Ancho de superficie = 51.89 m. (Be)

$$\alpha = \frac{Qd}{(dm)^{\frac{5}{3}} * Be * \mu}$$

$$\alpha = \frac{195.9}{(1.1975)^{\frac{5}{3}} * 51.89 * 1} = 2.7955$$

$Dm = 9.53 \text{ mm.}$ Diametro medio según el estudio de suelos.

$\frac{1}{1+x} = 0.75$, según tabla de valores de coeficiente de contracción del cauce.

$\beta = 1.05$, Según tabla de coeficiente en función del tiempo.

$\psi = 1.0$, Factor de corrección de sedimentos.

$$Hs = \left(\frac{\alpha * Yn^{\frac{5}{3}}}{0.68 * Dm^{0.28} * \beta * \psi * \mu} \right)^{\frac{1}{1+Z}}$$

$$Hs = \left(\frac{2.7955 * (2.09)^{\frac{5}{3}}}{0.68 * (9.53)^{0.28} * 1.05 * 1 * 1} \right)^{0.74}$$

$$Hs = 4.36 \text{ m.}$$

Altura de sovacion 4.36 m.-2.09 m. = 2.27m.

Sección 54

Caudal de diseño = 195.9 m³/s

$$dm = \frac{\text{Flow Area}}{\text{Top Width}} = \frac{140.75}{139.74} = 1.01 \text{ m. (Tirante medio)}$$

$Yn = 2.07 \text{ m. (Tirante de agua)}$

Ancho de superficie = 139.74 m. (Be)

$$\alpha = \frac{Qd}{(dm)^{\frac{5}{3}} * Be * \mu}$$

$$\alpha = \frac{195.9}{(1.01)^{\frac{5}{3}} * 139.74 * 1} = 1.39$$

Dm = 9.53mm. Diametro medio según el estudio de suelos.

$\frac{1}{1+x} = 0.75$, según tabla de valores de coeficiente de contracción del cauce.

$\beta = 1.05$, Según tabla de coeficiente en función del tiempo.

$\psi = 1.0$, Factor de corrección de sedimentos.

$$Hs = \left(\frac{\alpha * Yn^{\frac{5}{3}}}{0.68 * Dm^{0.28} * \beta * \psi * \mu} \right)^{\frac{1}{1+z}}$$

$$Hs = \left(\frac{1.39 * (2.07)^{\frac{5}{3}}}{0.68 * (9.53)^{0.28} * 1.05 * 1 * 1} \right)^{0.74}$$

$$Hs = 2.54 \text{ m.}$$

Altura de sovacion 2.54 m.-2.07 m. = 0.47 m.

Sección 55

Caudal de diseño = 195.9 m³/s

$$dm = \frac{\text{Flow Area}}{\text{Top Width}} = \frac{265.51}{152.66} = 1.739 \text{ m. (Tirante medio)}$$

$Yn = 2.62 \text{ m. (Tirante de agua)}$

Ancho de superficie = 152.66 m. (Be)

$$\alpha = \frac{Qd}{(dm)^{\frac{5}{3}} * Be * \mu}$$

$$\alpha = \frac{195.9}{(1.739)^{\frac{5}{3}} * 152.66 * 1} = 0.51$$

$D_m = 9.53 \text{ mm}$. Diametro medio según el estudio de suelos.

$\frac{1}{1+x} = 0.75$, según tabla de valores de coeficiente de contracción del cauce.

$\beta = 1.05$, Según tabla de coeficiente en función del tiempo.

$\psi = 1.0$, Factor de corrección de sedimentos.

$$H_s = \left(\frac{\alpha * Y n^{\frac{5}{3}}}{0.68 * D_m^{0.28} * \beta * \psi * \mu} \right)^{\frac{1}{1+Z}}$$

$$H_s = \left(\frac{0.51 * (2.62)^{\frac{5}{3}}}{0.68 * (9.53)^{0.28} * 1.05 * 1 * 1} \right)^{0.74}$$

$$H_s = 1.6135 \text{ m.}$$

Altura de sovacion $2.62 \text{ m.} - 1.6135 \text{ m.} = 1.01 \text{ m.}$

Sección 56

Caudal de diseño = 195.9 m³/s

$$dm = \frac{\text{Flow Area}}{\text{Top Width}} = \frac{98.69}{96.32} = 1.024 \text{ m. (Tirante medio)}$$

$Yn = 2.22 \text{ m.}$ (Tirante de agua)

Ancho de superficie = 96.32 m. (Be)

$$\alpha = \frac{Qd}{(dm)^{\frac{5}{3}} * Be * \mu}$$

$$\alpha = \frac{195.9}{(1.024)^{\frac{5}{3}} * 96.32 * 1} = 1.9530$$

$D_m = 9.53 \text{ mm}$. Diametro medio según el estudio de suelos.

$\frac{1}{1+x} = 0.75$, según tabla de valores de coeficiente de contracción del cauce.

$\beta = 1.05$, Según tabla de coeficiente en función del tiempo.

$\psi = 1.0$, Factor de corrección de sedimentos.

$$H_s = \left(\frac{\alpha * Yn^{\frac{5}{3}}}{0.68 * D_m^{0.28} * \beta * \psi * \mu} \right)^{\frac{1}{1+Z}}$$

$$H_s = \left(\frac{1.9530 * (2.22)^{\frac{5}{3}}}{0.68 * (9.53)^{0.28} * 1.05 * 1 * 1} \right)^{0.74}$$

$$H_s = 3.59 \text{ m.}$$

Altura de sovacion $3.59 \text{ m.} - 2.22 \text{ m.} = 1.37 \text{ m.}$

Sección 57

Caudal de diseño = 195.9 m³/s

$$dm = \frac{\text{Flow Area}}{\text{Top Width}} = \frac{75.41}{83.78} = 0.90 \text{ m. (Tirante medio)}$$

$Yn = 2.12 \text{ m.}$ (Tirante de agua)

Ancho de superficie = 83.78 m. (Be)

$$\alpha = \frac{Qd}{(dm)^{\frac{5}{3}} * Be * \mu}$$

$$\alpha = \frac{195.9}{(0.90)^{\frac{5}{3}} * 83.78 * 1} = 2.7866$$

$Dm = 9.53 \text{ mm}$. Diametro medio según el estudio de suelos.

$\frac{1}{1+x} = 0.75$, según tabla de valores de coeficiente de contracción del cauce.

$\beta = 1.05$, Según tabla de coeficiente en función del tiempo.

$\psi = 1.0$, Factor de corrección de sedimentos.

$$Hs = \left(\frac{\alpha * Yn^{\frac{5}{3}}}{0.68 * Dm^{0.28} * \beta * \psi * \mu} \right)^{\frac{1}{1+Z}}$$

$$Hs = \left(\frac{1.9530 * (2.12)^{\frac{5}{3}}}{0.68 * (9.53)^{0.28} * 1.05 * 1 * 1} \right)^{0.74}$$

$$Hs = 4.424m.$$

Altura de sovacion $4.424 \text{ m} - 2.12\text{m} = 2.30 \text{ m}$.

Sección 58

Caudal de diseño = $195.9 \text{ m}^3/\text{s}$

$$dm = \frac{\text{Flow Area}}{\text{Top Width}} = \frac{62.07}{55.73} = 1.113m. (\text{Tirante medio})$$

$Yn = 1.64 \text{ m}$. (Tirante de agua)

Ancho de superficie = 55.73 m . (Be)

$$\alpha = \frac{Qd}{(dm)^{\frac{5}{3}} * Be * \mu}$$

$$\alpha = \frac{195.9}{(1.113)^{\frac{5}{3}} * 55.73 * 1} = 2.93736$$

$Dm = 9.53\text{mm}$. Diametro medio según el estudio de suelos.

$\frac{1}{1+x} = 0.75$, según tabla de valores de coeficiente de contracción del cauce.

$\beta = 1.05$, Según tabla de coeficiente en función del tiempo.

$\psi = 1.0$, Factor de corrección de sedimentos.

$$Hs = \left(\frac{\alpha * Yn^{\frac{5}{3}}}{0.68 * Dm^{0.28} * \beta * \psi * \mu} \right)^{\frac{1}{1+Z}}$$

$$Hs = \left(\frac{2.93736 * (1.64)^{\frac{5}{3}}}{0.68 * (9.53)^{0.28} * 1.05 * 1 * 1} \right)^{0.74}$$

$$Hs = 3.33917\text{m}.$$

Altura de sovacion $3.33917 \text{ m} - 1.64 \text{ m} = 1.70 \text{ m}$.

Sección 59

Caudal de diseño = $195.9 \text{ m}^3/\text{s}$

$$dm = \frac{\text{Flow Area}}{\text{Top Width}} = \frac{146.71}{106.62} = 1.38\text{m}. (\text{Tirante medio})$$

$Yn = 2.69 \text{ m}$. (Tirante de agua)

Ancho de superficie = 106.62 m . (Be)

$$\alpha = \frac{Qd}{(dm)^{\frac{5}{3}} * Be * \mu}$$

$$\alpha = \frac{195.9}{(1.38)^{\frac{5}{3}} * 106.62 * 1} = 1.079$$

$D_m = 9.53\text{mm}$ Diametro medio según el estudio de suelos

$\frac{1}{1+x} = 0.75$, según tabla de valores de coeficiente de contraccion del cauce.

$\beta = 1.05$, Según tabla de coeficiente en funcion del tiempo.

$\psi = 1.0$, Factor de corrección de sedimentos.

$$H_s = \left(\frac{\alpha * Yn^{\frac{5}{3}}}{0.68 * Dm^{0.28} * \beta * \psi * \mu} \right)^{\frac{1}{1+Z}}$$

$$H_s = \left(\frac{1.079 * (2.69)^{\frac{5}{3}}}{0.68 * (9.53)^{0.28} * 1.05 * 1 * 1} \right)^{0.74}$$

$$H_s = 2.92\text{m}.$$

Altura de sovacion $2.92\text{ m} - 2.69\text{ m} = 0.24\text{ m}$.

Sección 60

Caudal de diseño = $195.9\text{ m}^3/\text{s}$

$$dm = \frac{\text{Flow Area}}{\text{Top Width}} = \frac{147.24}{135.73} = 1.08\text{m}. (\text{Tirante medio})$$

$Yn = 1.74\text{ m}$. (Tirante de agua)

Ancho de superficie = 135.73 m . (Be)

$$\alpha = \frac{Qd}{(dm)^{\frac{5}{3}} * Be * \mu}$$

$$\alpha = \frac{195.9}{(1.08)^{\frac{5}{3}} * 135.73 * 1} = 1.26$$

$D_m = 9.53\text{mm}$ Diametro medio según el estudio de suelos

$\frac{1}{1+x} = 0.75$, según tabla de valores de coeficiente de contracción del cauce.

$\beta = 1.05$, Según tabla de coeficiente en función del tiempo.

$\psi = 1.0$, Factor de corrección de sedimentos.

$$H_s = \left(\frac{\alpha * Y n^{\frac{5}{3}}}{0.68 * D_m^{0.28} * \beta * \psi * \mu} \right)^{\frac{1}{1+Z}}$$

$$H_s = \left(\frac{1.26 * (1.74)^{\frac{5}{3}}}{0.68 * (9.53)^{0.28} * 1.05 * 1 * 1} \right)^{0.74}$$

$$H_s = 1.91 \text{ m.}$$

Altura de socavacion $1.91 \text{ m.} - 1.74 \text{ m.} = 0.17 \text{ m.}$

Luego de determinar la altura de socavación de las diferentes secciones que corresponden al tramo I, se acá un promedio, para poder trabajar la altura de socavación en los cálculos que a continuación tenemos.

$H_s = 1.3 \text{ m}$ TRAMO I

Una vez que se tiene la altura de socavación para el tramo I, se procede a calcular las demás dimensiones del dique enrocado como son el borde libre, tirante de agua, corona y altura de dique enrocado cabe señalar que estos parámetros se desarrollan con el tiempo de retorno para 100 años que a diferencia que para el de socavación era con el de 500 años.

Para poder hallar el borde libre del dique enrocado se recomienda usar esta fórmula que es la energía de velocidad.

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

Tabla 29
Velocidad media

Sección	m/s
60	0.64
59	2.18
58	2.9
57	3.32
56	1.77
55	0.63
54	2.19
53	3.29
52	3.07
Vm	2.452857

Fuente: Los autores (2021)

Se considerará la gravedad 9.81m/s², también hallaremos la velocidad media del tramo I

$$e = \frac{2.452857^2}{2 \cdot 9.81} = 0.30$$

Ahora calculamos el borde libre, el factor que determinamos es de acuerdo al siguiente cuadro que va determinado por el caudal máximo.

Tabla 30
coeficiente de borde libre

Caudal Máximo m³/seg.	Coeficiente
3000 – 4000	2.0
2000 - 3000	1.70
1000 - 2000	1.40
500 - 1000	1.20
100 - 500	1.10

Fuente: Los autotes (2021)

$$Bl = f * e$$

$$Bl = 1.1 * 0.30 = 0.33 = 0.30 = 1m$$

Altura del dique enrocado

$$H_d = Y_n + (Bl)$$

Ahora para esta etapa necesitamos la altura de la inundación que se determinó gracias al modelamiento hidráulico, como son de varias secciones del tramo I, se tomara el promedio simple.

Tabla 31
Promedio de la altura de inundación

Sección	Min ch El	W. S. elev	Yn	Yn Promedio
60	179.09	181.78	2.69	
59	175	176.74	1.74	
58	172.01	174.13	2.12	
57	171.29	173.38	2.09	
56	170.4	172.47	2.07	
55	169.9	172.52	2.62	2.15
54	170	172.22	2.22	
53	169.72	171.84	2.12	
52	167	168.64	1.64	

Fuente: Los autores (2021)

Entonces determinamos la altura de dique para el tramo I

$$HD = 2.15 + 1 = 3.15 \text{ m.}$$

Ahora hallaremos que son cálculos pre establecidos de acuerdo con el siguiente parámetro.

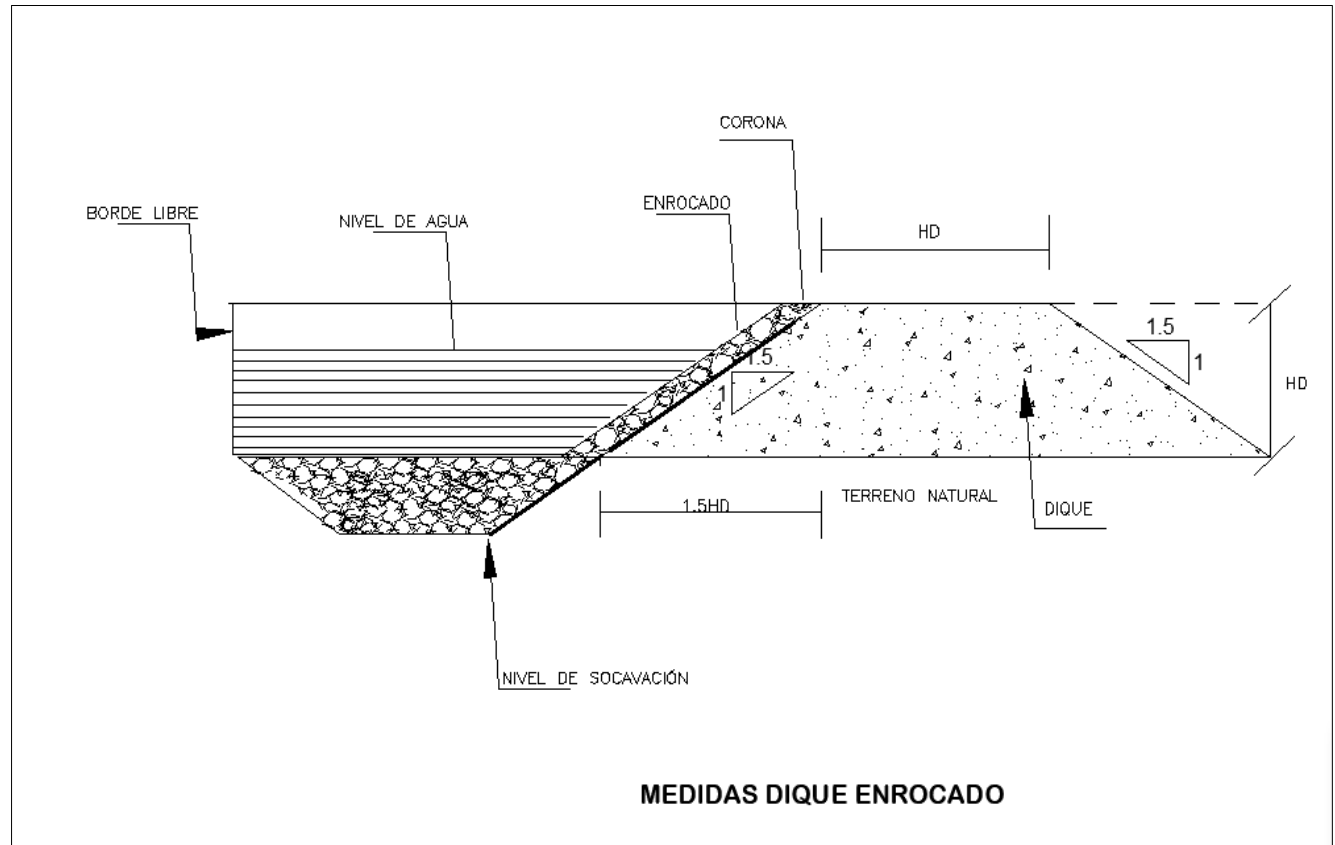
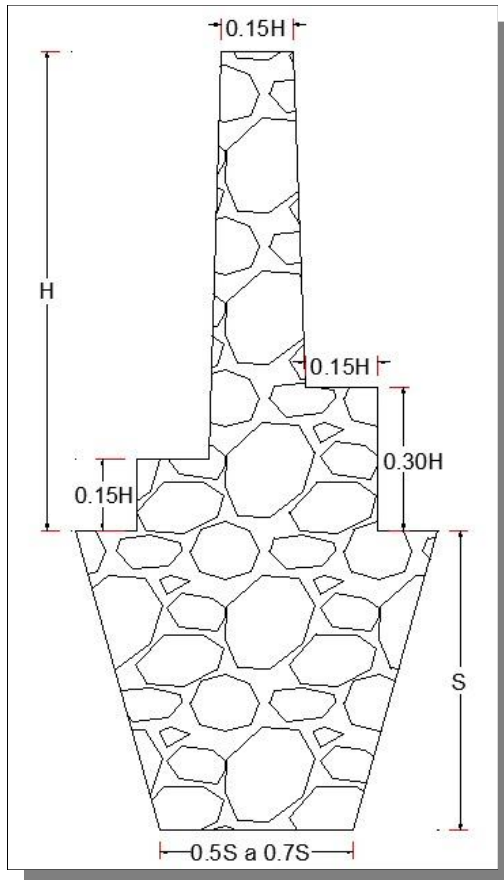


Figura 106: Medidas Dique enrocado

Elaboración: Los autores

$$\text{Corona} = 0.15 * 3.15 = 0.47 \text{ m} \dots\dots\dots 1\text{m}$$

$$\text{Base de la socavación} = 1.34 * 0.70 = 0.938 \text{ m} \dots\dots\dots 2\text{m}$$

Tramo II crítico a inundación

Presentamos los parámetros del tramo crítico II al igual que el tramo I se desarrolla de la misma manera con sus parámetros propios de esta zona crítica que corresponde a las secciones 39 a 27 de nuestro tramo de estudio.

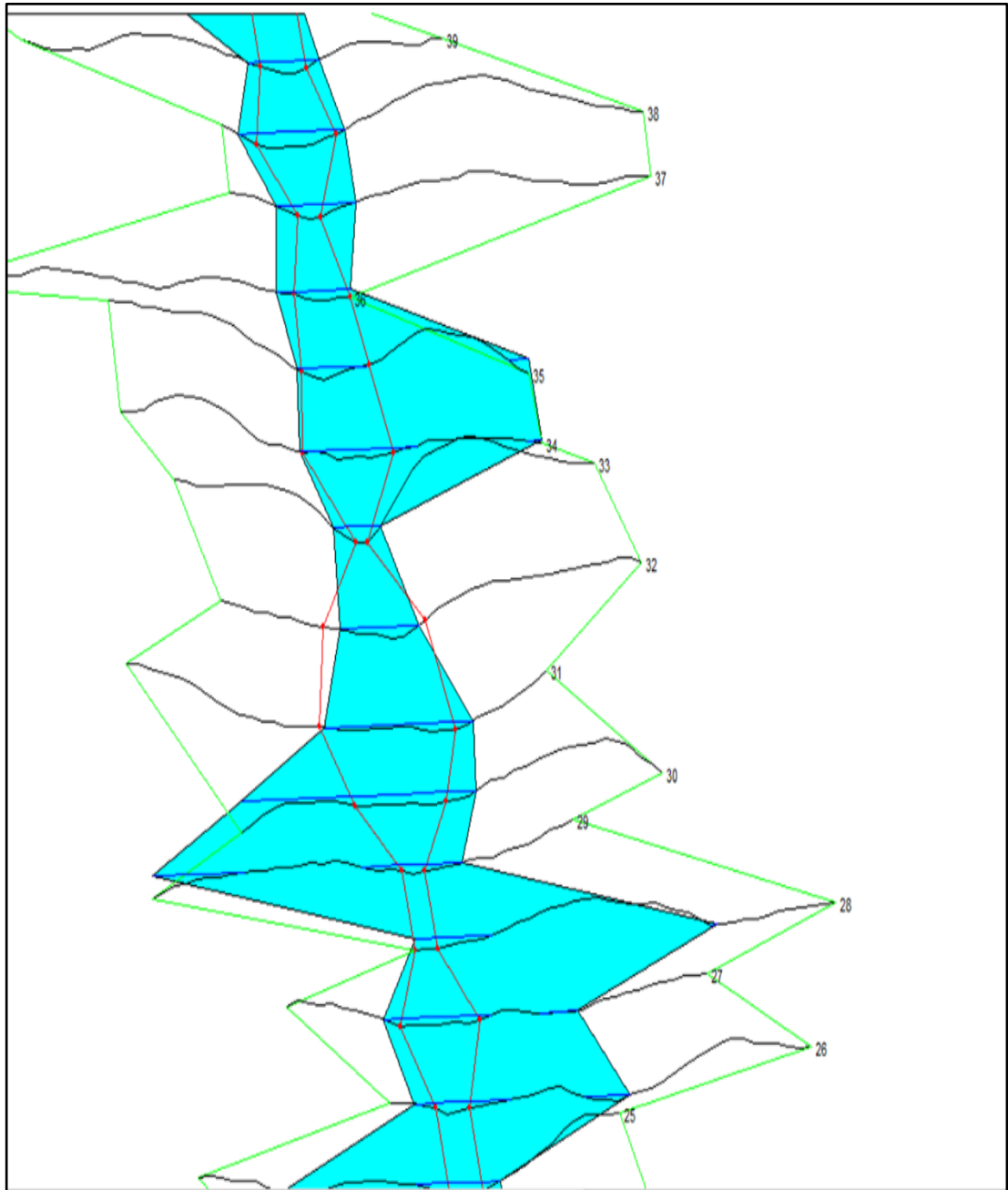


Figura 107: Tramo crítico II

Elaboración: Los autores

Tabla 32

Parámetros hidráulicos tramo I

Sección	Q total	Min ch El	W. S elev	Yn	Flow área	Top Width
39	195.9	145.58	147.58	2	59.31	51.19
38	195.9	145.1	147.48	2.38	132	76.17
37	195.9	144.67	146.87	2.2	67.53	56.42
6	195.9	142.56	144.38	1.82	59.53	53.06
35	195.9	141.21	143.13	1.92	62.75	64.37
34	195.9	139.67	141.17	1.5	72.25	94.95
33	195.9	137.46	139.99	2.53	55.01	33.3
32	195.9	133.12	134.98	1.86	60.2	56.63
31	195.9	129.15	130.57	1.42	74.19	106.52
30	195.9	128.81	130.61	1.8	247.61	167.58
29	195.9	129	130.47	1.47	133	137.64
28	195.9	128	129.83	1.83	66.77	60.44
27	195.9	127.05	1.25	1.25	72.28	104.37

Fuente: Los autores (2021)

Para la altura de socavación al igual que el tramo.

Método de Lischtvan - Lebediev

$$H_s = \left[\frac{\alpha h^{5/3}}{0.68 \beta \mu \phi D_m^{0.28}} \right]^{1+x}$$

Sección 39

Caudal de diseño = 195.9 m³/s

$$dm = \frac{\text{Flow Area}}{\text{Top Width}} = \frac{59.31}{51.19} = 1.158624 \text{ m. (Tirante medio)}$$

$$Yn = 2.00 \text{ m. (Tirante de agua)}$$

Ancho de superficie = 51.19 m. (Be)

$$\alpha = \frac{Qd}{(dm)^{\frac{5}{3}} * Be * \mu}$$

$$\alpha = \frac{195.9}{(1.158624)^{\frac{5}{3}} * 51.19 * 1} = 2.99418$$

Dm = 9.53mm diámetro medio según el estudio de suelos.

$\frac{1}{1+x} = 0.75$, según tabla de valores de coeficiente de contracción del cauce.

$\beta = 1.05$, Según tabla de coeficiente en función del tiempo.

$\psi = 1.0$, Factor de corrección de sedimentos.

$$Hs = \left(\frac{\alpha * Yn^{\frac{5}{3}}}{0.68 * Dm^{0.28} * \beta * \psi * \mu} \right)^{\frac{1}{1+z}}$$

$$Hs = \left(\frac{2.99418 * (2)^{\frac{5}{3}}}{0.68 * (9.53)^{0.28} * 1.05 * 1 * 1} \right)^{0.74}$$

$$Hs = 12.039m.$$

Altura de socavación 12.039 m.-2.00 m. = 10.04 m.

Sección 38

Caudal de diseño = 195.9 m³/s

$$dm = \frac{\text{Flow Area}}{\text{Top Width}} = \frac{132}{76.17} = 1.73296 \text{ m. (Tirante medio)}$$

$$Yn = 2.38 \text{ m. (Tirante de agua)}$$

Ancho de superficie = 76.17 m. (Be)

$$\alpha = \frac{Qd}{(dm)^{\frac{5}{3}} * Be * \mu}$$

$$\alpha = \frac{195.9}{(1.73296)^{\frac{5}{3}} * 76.17 * 1} = 1.0286$$

Dm = 9.53 mm diámetro medio según el estudio de suelos.

$\frac{1}{1+x} = 0.75$, según tabla de valores de coeficiente de contracción del cauce.

$\beta = 1.05$, Según tabla de coeficiente en función del tiempo.

$\psi = 1.0$, Factor de corrección de sedimentos.

$$Hs = \left(\frac{\alpha * Yn^{\frac{5}{3}}}{0.68 * Dm^{0.28} * \beta * \psi * \mu} \right)^{\frac{1}{1+Z}}$$

$$Hs = \left(\frac{1.0286 * (2.38)^{\frac{5}{3}}}{0.68 * (9.53)^{0.28} * 1.05 * 1 * 1} \right)^{0.74}$$

$$Hs = 6.714m.$$

Altura de socavación 6.714 m.-2.38 m. = 4.33 m.

Sección 37

Caudal de diseño = 195.9 m³/s

$$dm = \frac{\text{Flow Area}}{\text{Top Width}} = \frac{67.53}{56.42} = 1.1969 \text{ m. (Tirante medio)}$$

$$Yn = 2.20 \text{ m. (Tirante de agua)}$$

Ancho de superficie = 56.42 m. (Be)

$$\alpha = \frac{Qd}{(dm)^{\frac{5}{3}} * Be * \mu}$$

$$\alpha = \frac{195.9}{(1.1969)^{\frac{5}{3}} * 56.42 * 1} = 2.5733$$

Dm = 9.53 mm. diámetro medio según el estudio de suelos.

$\frac{1}{1+x} = 0.75$, según tabla de valores de coeficiente de contracción del cauce.

$\beta = 1.05$, Según tabla de coeficiente en función del tiempo.

$\psi = 1.0$, Factor de corrección de sedimentos.

$$Hs = \left(\frac{\alpha * Yn^{\frac{5}{3}}}{0.68 * Dm^{0.28} * \beta * \psi * \mu} \right)^{\frac{1}{1+z}}$$

$$Hs = \left(\frac{2.5733 * (2.20)^{\frac{5}{3}}}{0.68 * (9.53)^{0.28} * 1.05 * 1 * 1} \right)^{0.74}$$

$$Hs = 12.10 \text{ m.}$$

Altura de sovacion 12.10 m. - 2.20 m. = 9.91 m.

Sección 36

Caudal de diseño = 195.9 m³/s

$$dm = \frac{\text{Flow Area}}{\text{Top Width}} = \frac{59.53}{53.06} = 1.1176 \text{ m. (Tirante medio)}$$

$$Yn = 1.82 \text{ m. (Tirante de agua)}$$

Ancho de superficie = 53.06 m. (Be)

$$\alpha = \frac{Qd}{(dm)^{\frac{5}{3}} * Be * \mu}$$

$$\alpha = \frac{195.9}{(1.1176)^{\frac{5}{3}} * 53.06 * 1} = 3.067525$$

Dm = 9.53 mm. diámetro medio según el estudio de suelos.

$\frac{1}{1+x} = 0.75$, según tabla de valores de coeficiente de contracción del cauce.

$\beta = 1.05$, Según tabla de coeficiente en función del tiempo.

$\psi = 1.0$, Factor de corrección de sedimentos.

$$Hs = \left(\frac{\alpha * Yn^{\frac{5}{3}}}{0.68 * Dm^{0.28} * \beta * \psi * \mu} \right)^{\frac{1}{1+Z}}$$

$$Hs = \left(\frac{3.067525 * (1.82)^{\frac{5}{3}}}{0.68 * (9.53)^{0.28} * 1.05 * 1 * 1} \right)^{0.74}$$

$$Hs = 10.89 \text{ m.}$$

Altura de socavación 10.89 m.-1.83 m. = 9.08 m.

Sección 35

Caudal de diseño = 195.9 m³/s

$$dm = \frac{\text{Flow Area}}{\text{Top Width}} = \frac{62.75}{64.37} = 0.97483 \text{ m. (Tirante medio)}$$

$$Yn = 1.92 \text{ m. (Tirante de agua)}$$

Ancho de superficie = 64.37 m. (Be)

$$\alpha = \frac{Qd}{(dm)^{\frac{5}{3}} * Be * \mu}$$

$$\alpha = \frac{195.9}{(0.974)^{\frac{5}{3}} * 64.37 * 1} = 3.175455$$

Dm = 9.53mm. diámetro medio según el estudio de suelos.

$\frac{1}{1+x} = 0.75$, según tabla de valores de coeficiente de contracción del cauce.

$\beta = 1.05$, Según tabla de coeficiente en función del tiempo.

$\psi = 1.0$, Factor de corrección de sedimentos.

$$Hs = \left(\frac{\alpha * Yn^{\frac{5}{3}}}{0.68 * Dm^{0.28} * \beta * \psi * \mu} \right)^{\frac{1}{1+z}}$$

$$Hs = \left(\frac{3.175455 * (1.92)^{\frac{5}{3}}}{0.68 * (9.53)^{0.28} * 1.05 * 1 * 1} \right)^{0.74}$$

$$Hs = 11.95 \text{ m.}$$

Altura de socavación 11.95 m.-1.92 m. = 10.04 m.

Sección 34

Caudal de diseño = 195.9 m³/s

$$dm = \frac{\text{Flow Area}}{\text{Top Width}} = \frac{72.25}{94.15} = 0.76 \text{ m. (Tirante medio)}$$

$$Yn = 1.5 \text{ m. (Tirante de agua)}$$

Ancho de superficie = 94.15 m. (Be)

$$\alpha = \frac{Qd}{(dm)^{\frac{5}{3}} * Be * \mu}$$

$$\alpha = \frac{195.9}{(0.76)^{\frac{5}{3}} * 94.15 * 1} = 3.25$$

Dm = 9.53mm. diámetro medio según el estudio de suelos.

$\frac{1}{1+x} = 0.75$, según tabla de valores de coeficiente de contracción del cauce.

$\beta = 1.05$, Según tabla de coeficiente en función del tiempo.

$\psi = 1.0$, Factor de corrección de sedimentos.

$$Hs = \left(\frac{\alpha * Yn^{\frac{5}{3}}}{0.68 * Dm^{0.28} * \beta * \psi * \mu} \right)^{\frac{1}{1+z}}$$

$$Hs = \left(\frac{3.25 * (1.50)^{\frac{5}{3}}}{0.68 * (9.53)^{0.28} * 1.05 * 1 * 1} \right)^{0.74}$$

$$Hs = 8.94 \text{ m.}$$

Altura de socavación 8.94 m.-1.50 m. = 7.44 m.

Sección 33

Caudal de diseño = 195.9 m³/s

$$dm = \frac{\text{Flow Area}}{\text{Top Width}} = \frac{55.01}{33.33} = 1.65 \text{ m. (Tirante medio)}$$

$$Yn = 2.53 \text{ m. (Tirante de agua)}$$

Ancho de superficie = 33.33 m. (Be)

$$\alpha = \frac{Qd}{(dm)^{\frac{5}{3}} * Be * \mu}$$

$$\alpha = \frac{195.9}{(1.65)^{\frac{5}{3}} * 33.33 * 1} = 2.5483$$

Dm = 9.53mm. diámetro medio según el estudio de suelos.

$\frac{1}{1+x} = 0.75$, según tabla de valores de coeficiente de contracción del cauce.

$\beta = 1.05$, Según tabla de coeficiente en función del tiempo.

$\psi = 1.0$, Factor de corrección de sedimentos.

$$Hs = \left(\frac{\alpha * Yn^{\frac{5}{3}}}{0.68 * Dm^{0.28} * \beta * \psi * \mu} \right)^{\frac{1}{1+z}}$$

$$Hs = \left(\frac{2.6483 * (2.53)^{\frac{5}{3}}}{0.68 * (9.53)^{0.28} * 1.05 * 1 * 1} \right)^{0.74}$$

$$Hs = 14.31 \text{ m.}$$

Altura de socavación 14.31 m.-2.53 m. = 11.78 m.

Sección 32

Caudal de diseño = 195.9 m³/s

$$dm = \frac{\text{Flow Area}}{\text{Top Width}} = \frac{60.2}{56.63} = 1.0630408 \text{ m. (Tirante medio)}$$

$$Yn = 1.86 \text{ m. (Tirante de agua)}$$

Ancho de superficie = 56.63 m. (Be)

$$\alpha = \frac{Qd}{(dm)^{\frac{5}{3}} * Be * \mu}$$

$$\alpha = \frac{195.9}{(1.86)^{\frac{5}{3}} * 56.63 * 1} = 3.124$$

Dm = 9.53mm diámetro medio según el estudio de suelos.

$\frac{1}{1+x} = 0.75$, según tabla de valores de coeficiente de contracción del cauce.

$\beta = 1.05$, Según tabla de coeficiente en función del tiempo.

$\psi = 1.0$, Factor de corrección de sedimentos.

$$Hs = \left(\frac{\alpha * Yn^{\frac{5}{3}}}{0.68 * Dm^{0.28} * \beta * \psi * \mu} \right)^{\frac{1}{1+Z}}$$

$$Hs = \left(\frac{3.124 * (1.86)^{\frac{5}{3}}}{0.68 * (9.53)^{0.28} * 1.05 * 1 * 1} \right)^{0.74}$$

$$Hs = 11.35 \text{ m.}$$

Altura de socavación 11.35 m.-1.86 m. = 9.49 m.

Sección 31

Caudal de diseño = 195.9 m³/s

$$dm = \frac{\text{Flow Area}}{\text{Top Width}} = \frac{74.19}{106.52} = 0.6964m. (\text{Tirante medio})$$

$$Yn = 1.42m. (\text{Tirante de agua})$$

Ancho de superficie = 106.52 m. (Be)

$$\alpha = \frac{Qd}{(dm)^{\frac{5}{3}} * Be * \mu}$$

$$\alpha = \frac{195.9}{(1.42)^{\frac{5}{3}} * 106.52 * 1} = 0.6964$$

Dm = 9.53mm. diámetro medio según el estudio de suelos.

$\frac{1}{1+x} = 0.75$, según tabla de valores de coeficiente de contracción del cauce.

$\beta = 1.05$, Según tabla de coeficiente en función del tiempo.

$\psi = 1.0$, Factor de corrección de sedimentos.

$$Hs = \left(\frac{\alpha * Yn^{\frac{5}{3}}}{0.68 * Dm^{0.28} * \beta * \psi * \mu} \right)^{\frac{1}{1+Z}}$$

$$Hs = \left(\frac{0.6964 * (1.42)^{\frac{5}{3}}}{0.68 * (9.53)^{0.28} * 1.05 * 1 * 1} \right)^{0.74}$$

$$Hs = 8.56 m.$$

Altura de socavación 8.56 m.-1.42 m. = 7.14 m.

Sección 30

Caudal de diseño = 195.9 m³/s

$$dm = \frac{\text{Flow Area}}{\text{Top Width}} = \frac{247.61}{167.58} = 0.6964m. (\text{Tirante medio})$$

$Yn = 1.8 m.$ (Tirante de agua)

Ancho de superficie = 167.58 m. (Be)

$$\alpha = \frac{Qd}{(dm)^{\frac{5}{3}} * Be * \mu}$$

$$\alpha = \frac{195.9}{(1.8)^{\frac{5}{3}} * 167.58 * 1} = 0.60988$$

$Dm = 9.53mm.$ diámetro medio según el estudio de suelos.

$\frac{1}{1+x} = 0.75,$ según tabla de valores de coeficiente de contracción del cauce.

$\beta = 1.05,$ Según tabla de coeficiente en función del tiempo.

$\psi = 1.0$, Factor de corrección de sedimentos.

$$Hs = \left(\frac{\alpha * Yn^{\frac{5}{3}}}{0.68 * Dm^{0.28} * \beta * \psi * \mu} \right)^{\frac{1}{1+Z}}$$

$$Hs = \left(\frac{0.6988 * (1.8)^{\frac{5}{3}}}{0.68 * (9.53)^{0.28} * 1.05 * 1 * 1} \right)^{0.74}$$

$$Hs = 3.199 m.$$

Altura de socavación 3.199 m.-1.80 m. = 1.4 m.

Sección 29

Caudal de diseño = 195.9 m³/s

$$dm = \frac{\text{Flow Area}}{\text{Top Width}} = \frac{133}{137.64} = 0.966m. (\text{Tirante medio})$$

$$Yn = 1.47m. (\text{Tirante de agua})$$

Ancho de superficie = 137.64 m. (Be)

$$\alpha = \frac{Qd}{(dm)^{\frac{5}{3}} * Be * \mu}$$

$$\alpha = \frac{195.9}{(1.47)^{\frac{5}{3}} * 137.64 * 1} = 0.60988$$

Dm = 9.53mm. diámetro medio según el estudio de suelos.

$\frac{1}{1+x} = 0.75$, según tabla de valores de coeficiente de contracción del cauce.

$\beta = 1.05$, Según tabla de coeficiente en función del tiempo.

$\psi = 1.0$, Factor de corrección de sedimentos.

$$Hs = \left(\frac{\alpha * Yn^{\frac{5}{3}}}{0.68 * Dm^{0.28} * \beta * \psi * \mu} \right)^{\frac{1}{1+Z}}$$

$$Hs = \left(\frac{0.966 * (1.47)^{\frac{5}{3}}}{0.68 * (9.53)^{0.28} * 1.05 * 1 * 1} \right)^{0.74}$$

$$Hs = 4.896m.$$

Altura de socavación 4.896 m.-1.47 m. = 3.43 m.

Sección 28

Caudal de diseño = 195.9 m³/s

$$dm = \frac{\text{Flow Area}}{\text{Top Width}} = \frac{66.67}{60.44} = 1.1047 \text{ m. (Tirante medio)}$$

$$Yn = 1.83 \text{ m. (Tirante de agua)}$$

Ancho de superficie = 60.44 m. (Be)

$$\alpha = \frac{Qd}{(dm)^{\frac{5}{3}} * Be * \mu}$$

$$\alpha = \frac{195.9}{(1.1047)^{\frac{5}{3}} * 60.44 * 1} = 2.7454$$

Dm = 9.53mm. diámetro medio según el estudio de suelos.

$\frac{1}{1+x} = 0.75$, según tabla de valores de coeficiente de contracción del cauce.

$\beta = 1.05$, Según tabla de coeficiente en función del tiempo.

$\psi = 1.0$, Factor de corrección de sedimentos.

$$Hs = \left(\frac{\alpha * Yn^{\frac{5}{3}}}{0.68 * Dm^{0.28} * \beta * \psi * \mu} \right)^{\frac{1}{1+Z}}$$

$$Hs = \left(\frac{2.7454 * (1.83)^{\frac{5}{3}}}{0.68 * (9.53)^{0.28} * 1.05 * 1 * 1} \right)^{0.74}$$

$$Hs = 10.095 \text{ m.}$$

Altura de socavación 10.095 m.-1.83 m. = 8.27 m.

Sección 27

Caudal de diseño = 195.9 m³/s

$$dm = \frac{\text{Flow Area}}{\text{Top Width}} = \frac{72.28}{104.37} = 0.6925 \text{ m. (Tirante medio)}$$

$$Yn = 1.25 \text{ m. (Tirante de agua)}$$

Ancho de superficie = 104.37 m. (Be)

$$\alpha = \frac{Qd}{(dm)^{\frac{5}{3}} * Be * \mu}$$

$$\alpha = \frac{195.9}{(0.6925)^{\frac{5}{3}} * 104.37 * 1} = 3.4624$$

Dm = 9.53mm. diámetro medio según el estudio de suelos.

$\frac{1}{1+x} = 0.75$, Según tabla de valores de coeficiente de contracción del cauce.

$\beta = 1.05$, Según tabla de coeficiente en función del tiempo.

$\psi = 1.0$, Factor de corrección de sedimentos.

$$Hs = \left(\frac{\alpha * Yn^{\frac{5}{3}}}{0.68 * Dm^{0.28} * \beta * \psi * \mu} \right)^{\frac{1}{1+Z}}$$

$$Hs = \left(\frac{3.4624 * (1.25)^{\frac{5}{3}}}{0.68 * (9.53)^{0.28} * 1.05 * 1 * 1} \right)^{0.74}$$

$$Hs = 7.4610 \text{ m.}$$

Altura de socavación 7.46 m.-1.25m. = 6.21 m.

Luego de determinar la altura de socavación de las diferentes secciones que corresponden al tramo II, se saca un promedio para poder trabajar la altura de socavación en los cálculos que a continuación tenemos.

$$H_s = 7.58 \text{ m} \quad \text{Tramo II}$$

Una vez que se tiene la altura de socavación para el tramo II, se procede a calcular las demás dimensiones del dique enrocado como son el borde libre, tirante de agua, corona y altura de dique enrocado cabe señalar que estos parámetros se desarrollan con el tiempo de retorno para 100 años que a diferencia que para el de socavación era con el de 500 años.

Para poder hallar el borde libre del dique enrocado se recomienda usar esta fórmula que es la energía de velocidad.

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

Tabla 33

Velocidad media

Sección	m/s
39	3.63
38	1.58
37	3.99
36	3.47
35	3.14
34	2.92
33	4.97
32	3.25
31	2.68
30	0.94
29	1.96
28	3.85
27	2.99
Vm	3.03

Fuente: Los autores (2021)

$$e = \frac{3.03^2}{2 \cdot 9.81} = 0.47$$

Ahora calculamos el borde libre, el factor que determinamos es de acuerdo con el siguiente cuadro que va determinado por el caudal máximo

Tabla 34
coeficiente de borde libre

Caudal Máximo m³/seg.	Coeficiente
3000 – 4000	2.0
2000 - 3000	1.70
1000 - 2000	1.40
500 - 1000	1.20
100 - 500	1.10

Fuente: Elavordo

$$Bl = f * e$$

$$Bl = 1.1 * 0.47 = 0.517 = 1m$$

Altura del dique enrocado.

$$H_d = Y_n + (Bl)$$

Ahora para esta etapa necesitamos la altura de la inundación que se determinó gracias al modelamiento hidráulico como son de varias secciones del tramo I, se tomara el promedio simple.

Tabla 35

Promedio de la altura de inundación

Sección	Min ch EI	W. S elev	Yn	Yn Promedio
39	145.58	147.58	2	
38	145.1	147.48	2.38	
37	144.67	146.87	2.2	
36	142.56	144.38	1.82	
35	141.21	143.13	1.92	
34	139.67	141.17	1.5	1.84
33	137.46	139.99	2.53	
32	133.12	134.98	1.86	
31	129.15	130.57	1.42	
30	128.81	130.61	1.8	
29	129	130.47	1.47	
28	128	129.83	1.83	
27	127.05	128.3	1.25	

Fuente: Los autores (2021)

Entonces determinamos la altura de dique para el tramo II

$$Hd = 1.84 + 1 = 2.84 \text{ m}$$

Ahora hallaremos que son cálculos pre establecidos de acuerdo al siguiente parámetro.

Medidas Dique enrocado tramo II

$$\text{Corona} = 0.15 * 2.84 = 0.426 \text{ m} \dots\dots\dots 1\text{m}$$

$$\text{Base de la socavación} = 1.85 * 0.70 = 5.77 \text{ m} \dots\dots\dots 6\text{m}$$

Con esto se concluye todo lo que amerita los cálculos y análisis del desarrollo con todo esto en el siguiente capítulo daremos cuenta de los resultados obtenidos para los objetivos planteados y las hipótesis de estas.

CAPÍTULO V RESULTADOS

5.1 Procesamiento topográfico en la cuenca

La cuenca se delimitó con sus cuencas y subcuencas según el interés de nuestro estudio, el cual nos arrojó 11 subcuencas y 5 tramos de cuencas, del total de la cuenca Chancay Huaral, se delimito obteniendo como resultado como se ve en la figura 33 toda esa cuenca de influencia para nuestro tramo de estudio.

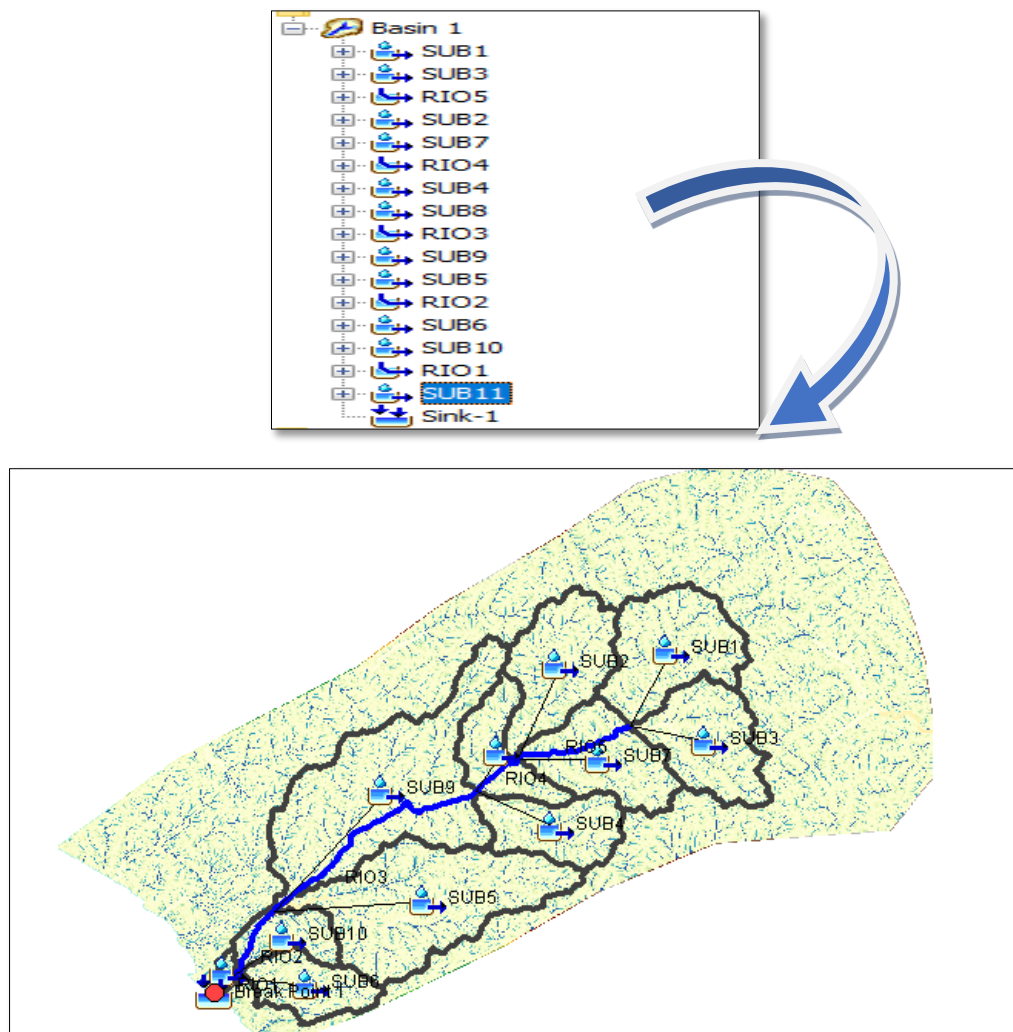


Figura 108: Delimitación de la cuenca Chancay - Huaral
Elaboración: Los autores

La tabla 36 nos muestra las subcuencas y las áreas el cual fue delimitado cada una de ellas para la presente investigación cabe resaltar que las áreas están expresadas en Km.

Tabla 36

Subcuencas de Chancay

Delimitación	Área (Km ²)
SUB 1	323.69
SUB2	295.68
SUB3	268.05
SUB4	202.87
SUB 5	561.73
SUB6	159.94
SUB 7	266.02
SUB 8	167.14
SUB 9	682.68
SUB 10	114.87
SUB 11	0.0687

Fuente: Los autores (2021)

5.2 Análisis de frecuencia de precipitaciones

Con el análisis de la frecuencia de las precipitaciones determinamos las precipitaciones máximas anuales para los diferentes tiempos de retorno los cuales fueron para 25, 50, 100 y 500 años planteados en nuestra investigación, el cual está detallado en la siguiente tabla.

Tabla 37

Análisis de la frecuencia de las precipitaciones

Estación	Tiempo de retorno	Kolmorov Distrib.	Precipitación Max	Und.
Andahuasi	25	Ganmma	11.59	mm
Andahuasi	50	Ganmma	13.74	mm
Andahuasi	100	Ganmma	15.88	mm
Andahuasi	500	Ganmma	20.77	mm
Carac	25	Log pearsonIII	32.38	mm
Carac	50	Log pearsonIII	34.88	mm
Carac	100	Log pearsonIII	37.30	mm
Carac	500	Log pearsonIII	42.72	mm
Carampoma	25	Log pearsonIII	31.81	mm
Carampoma	50	Log pearsonIII	34.26	mm
Carampoma	100	Log pearsonIII	36.63	mm
Carampoma	500	Log pearsonIII	41.94	mm
H Unanue	50	Lognormal	8.84	mm
H Unanue	100	Lognormal	10.90	mm
H Unanue	500	Lognormal	16.62	mm
Huamanga	25	Gumbel máx.	35.99	mm
Huamanga	50	Gumbel máx.	40.11	mm
Huamanga	100	Gumbel máx.	44.19	mm
Huamanga	500	Gumbel máx.	53.64	mm
Huaros	25	Pearson III	34.61	mm
Huaros	50	Pearson III	38.01	mm
Huaros	100	Pearson III	41.30	mm
Huaros	500	Pearson III	48.69	mm
Huayan	25	Log pearsonIII	15.62	mm
Huayan	50	Log pearsonIII	20.45	mm
Huayan	100	Log pearsonIII	26.05	mm
Huayan	500	Log pearsonIII	42.54	mm
Lachaqui	25	Log pearsonIII	49.60	mm

Estación	Tiempo de retorno	Kolmorov Distrib.	Precipitación Max	Und.
Lachaqui	50	Log pearsonIII	58.81	mm
Lachaqui	100	Log pearsonIII	69.38	mm
Lachaqui	500	Log pearsonIII	100.51	mm
Lomas de lachay	25	Gumbel máx.	13.31	mm
Lomas de lachay	50	Gumbel máx.	15.01	mm
Lomas de lachay	100	Gumbel máx.	16.70	mm
Lomas de lachay	500	Gumbel máx.	20.61	mm
Pachamachay	25	Gumbel máx.	19.10	mm
Pachamachay	50	Gumbel máx.	19.77	mm
Pachamachay	100	Gumbel máx.	20.43	mm
Pachamachay	500	Gumbel máx.	21.97	mm
Parquin	25	Gumbel máx.	39.12	mm
Parquin	50	Gumbel máx.	42.68	mm
Parquin	100	Gumbel máx.	46.23	mm
Parquin	500	Gumbel máx.	54.41	mm
Pirca	25	Gumbel máx.	39.12	mm
Pirca	50	Gumbel máx.	42.68	mm
Pirca	100	Gumbel máx.	46.23	mm
Pirca	500	Gumbel máx.	54.41	mm

Fuente: Los autores 82021)

Estas precipitaciones máximas nos permitirán elaborar en el modelamiento hidrológico el caudal máximo del área de estudio.

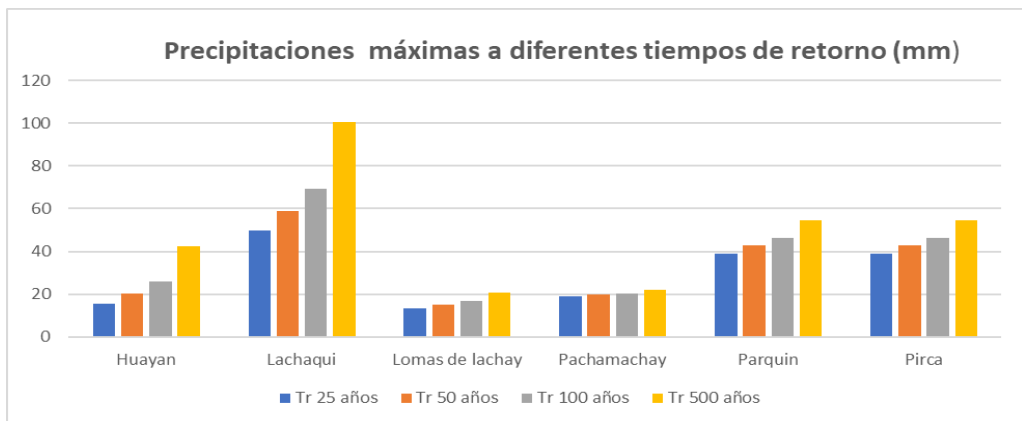
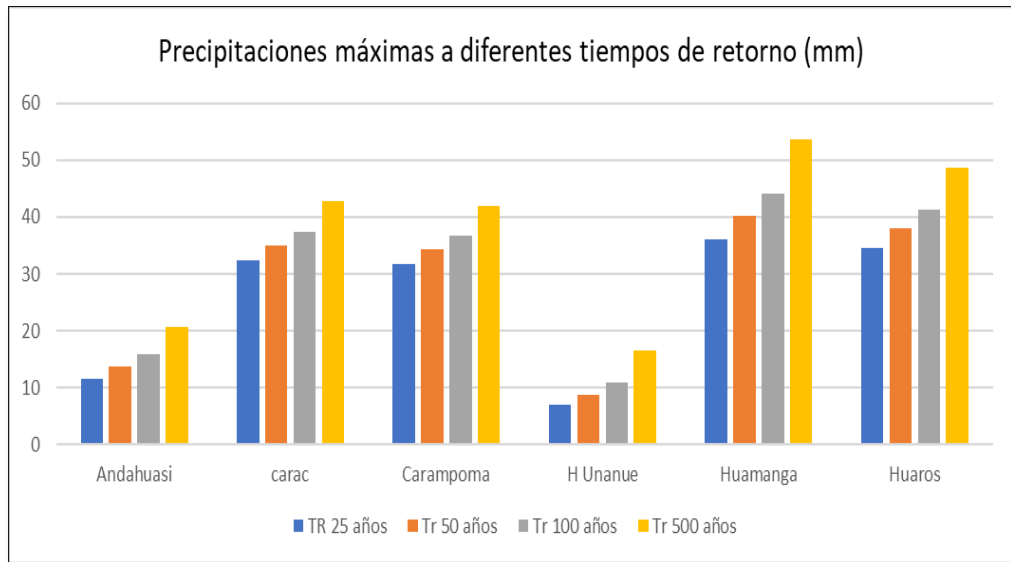


Figura 109: Precipitación máximas I
Elaboración: Los autores

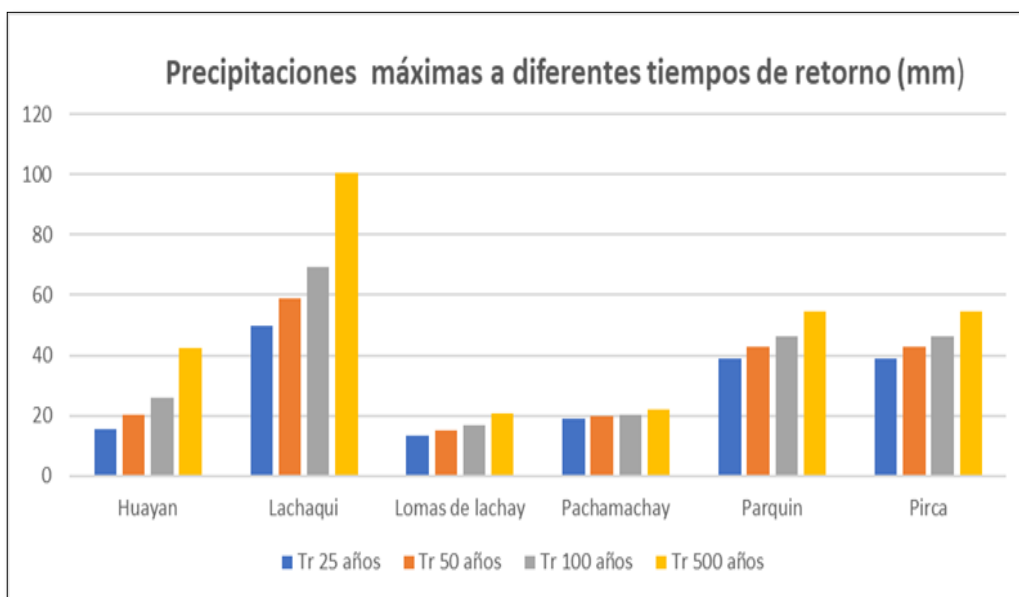


Figura 110: Precipitación máximas II
Elaboración: Los autores

5.3 Modelamiento hidrológico

El resultado del modelamiento hidrológico ya desarrollado en el capítulo anterior tiene como resultados los caudales máximos de diseño en m³/s a diferentes tiempos de retorno planteados a continuación le presentamos los mismos en mención.

Caudal de diseño para un periodo de retorno de 100 años.

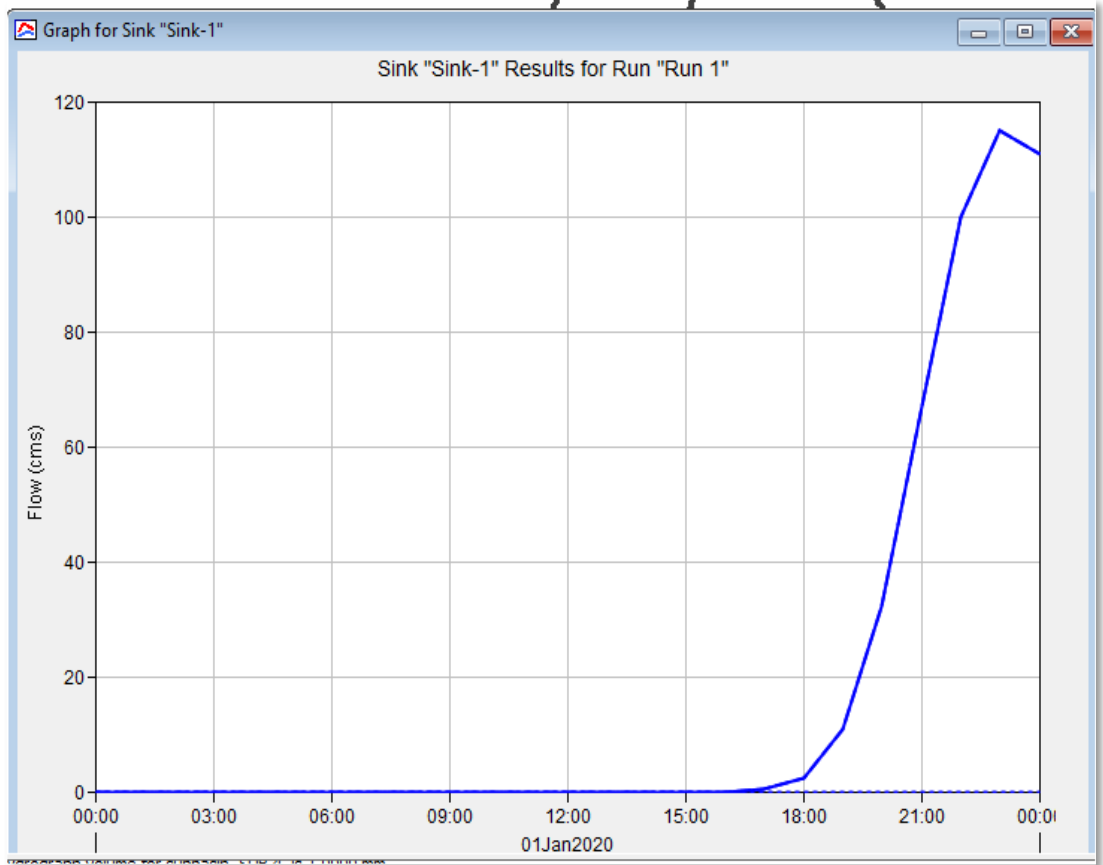


Figura 111: Caudal de diseño para 100 años
Elaboración: Los autores

Caudal de diseño para un periodo de retorno de 25 años.

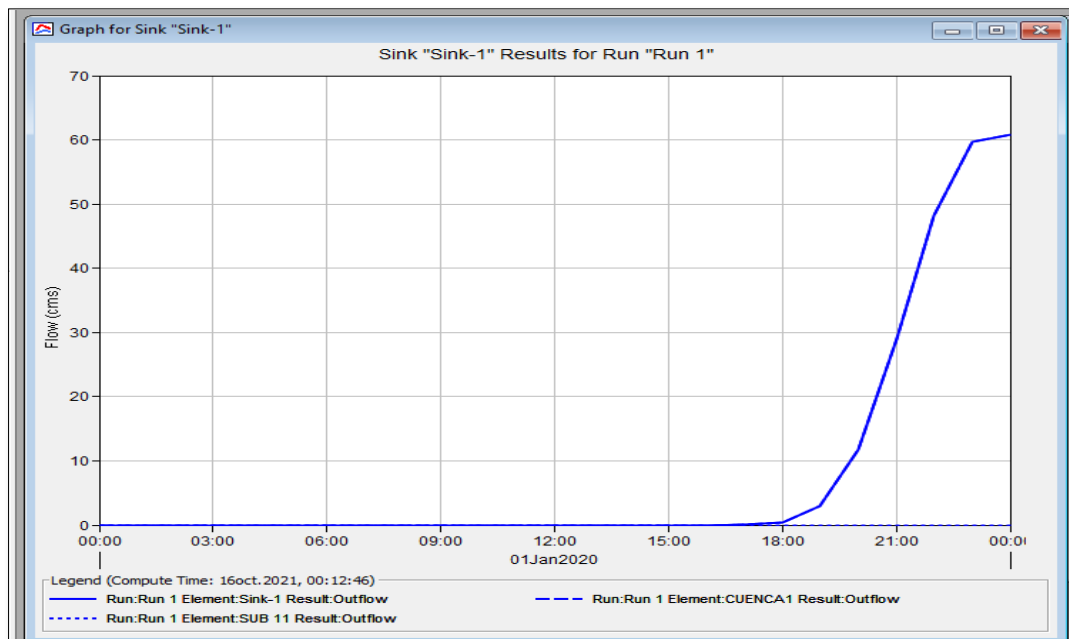


Figura 112: Caudal de diseño para 25 años
Elaboración: Los autores

Caudal de diseño para un periodo de retorno de 50 años.

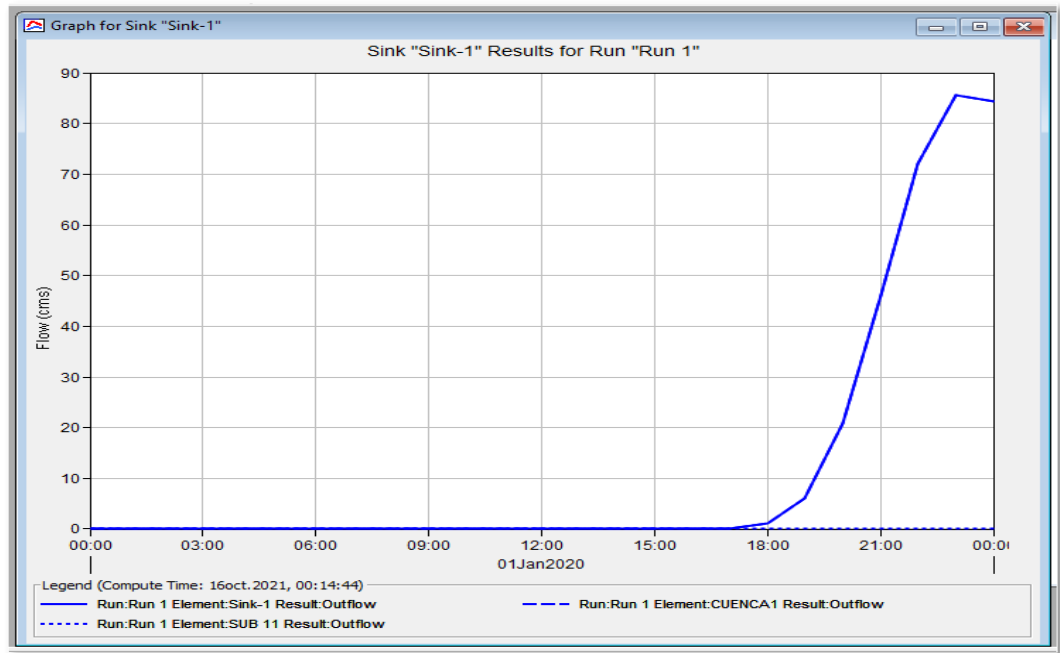


Figura 113: Caudal de diseño para 50 años
Elaboración: Los autores

Caudal de diseño para un periodo de retorno de 500 años.

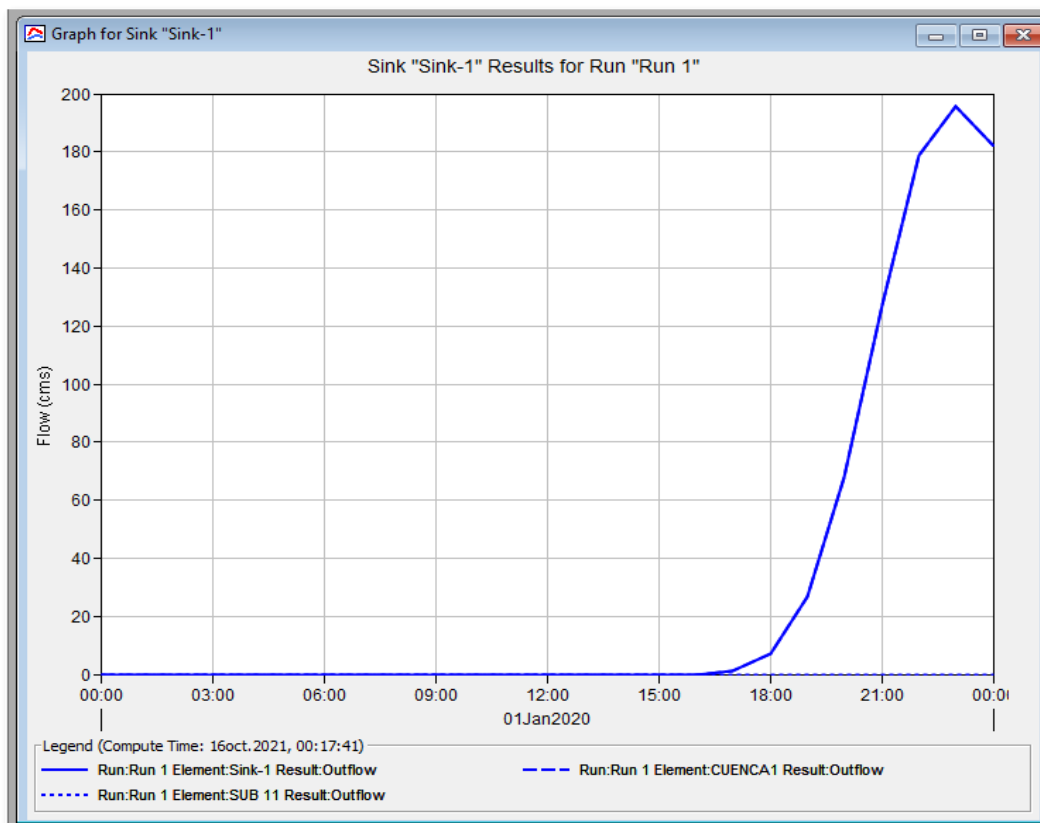


Figura 114: Caudal de diseño para 500 años
Elaboración: Los autores

Tabla 38

Caudales de diseño	
TR	m3/s
500	195.9
100	114.9
50	85.5
25	60.8

Fuente: Los autores (2021)

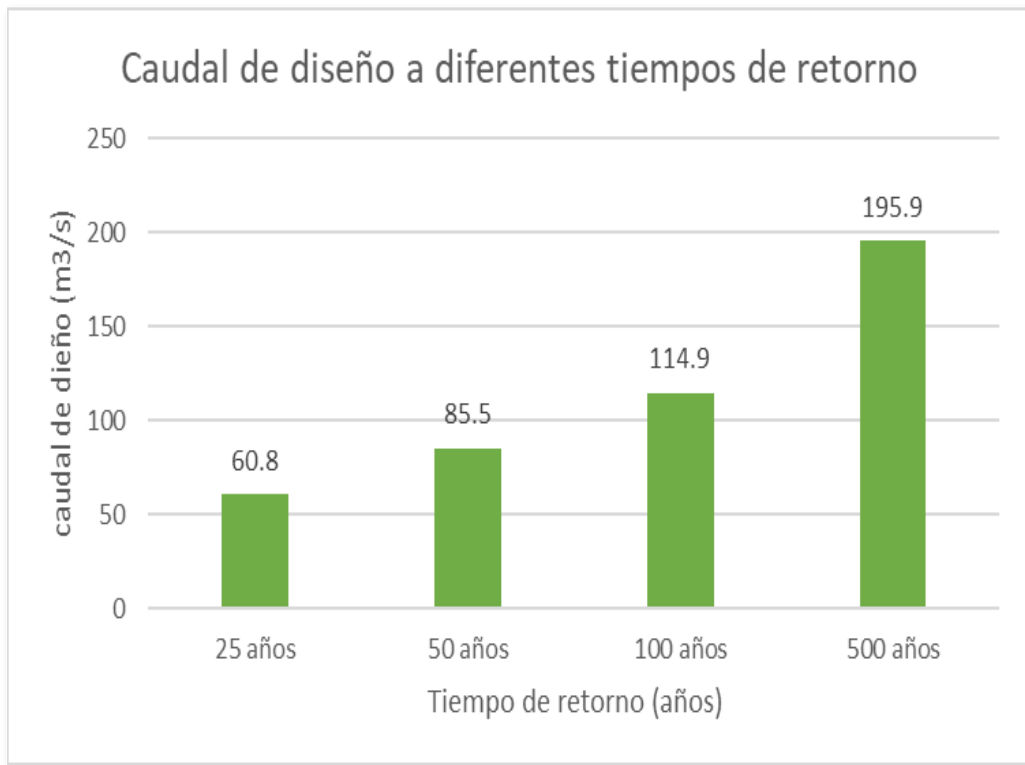


Figura 115: Caudal de diseño

Elaboración: Los autores

5.4 Mecánica de suelos

Resultados de las tres calicatas que se tomó como muestras para nuestro tramo de estudio.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
Laboratorio de Mecánica de Suelos

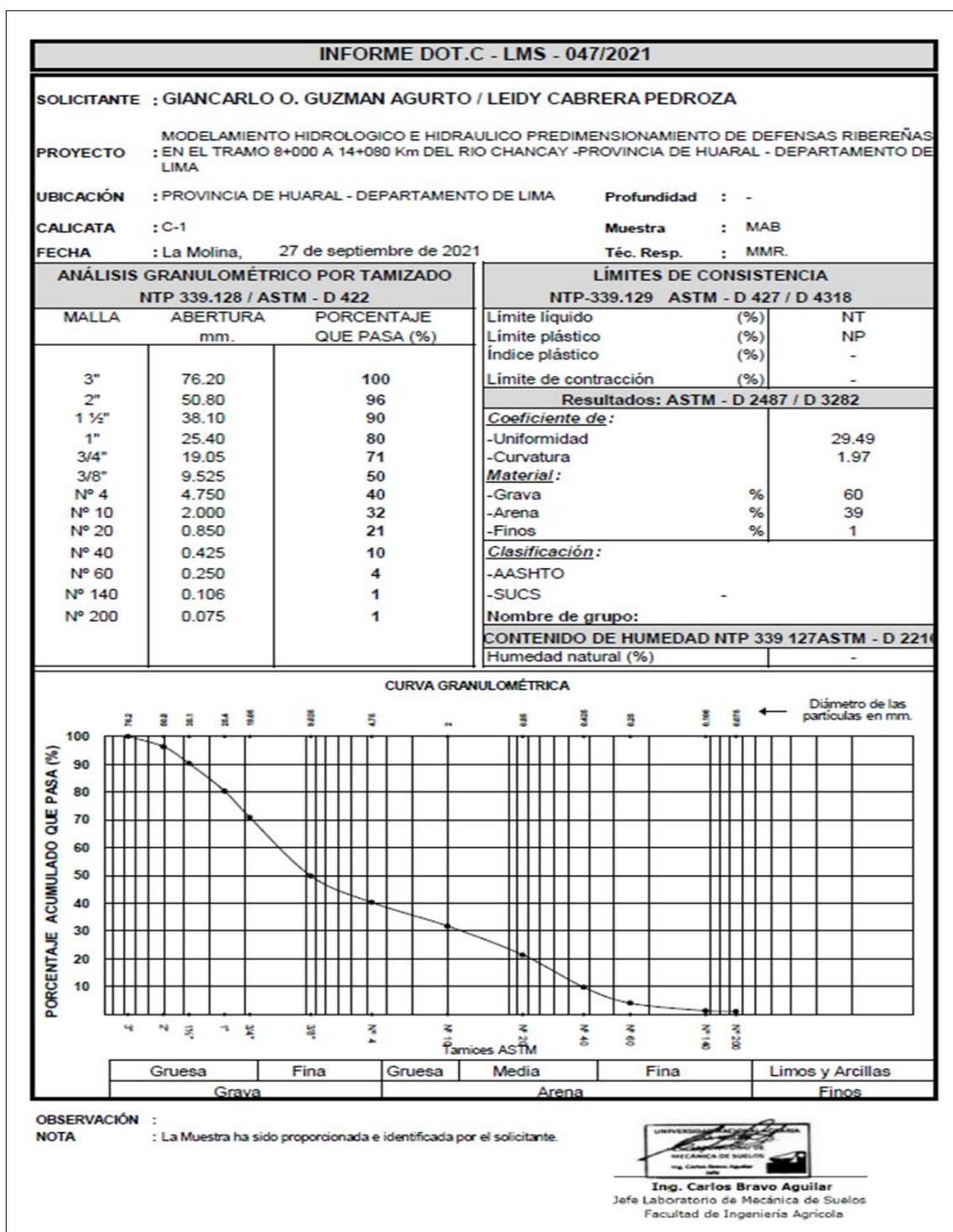


Figura 115: Resultados de la primera calicata
Fuente: Laboratorio de mecánicas de suelos UNAM. (2021)



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
Laboratorio de Mecánica de Suelos

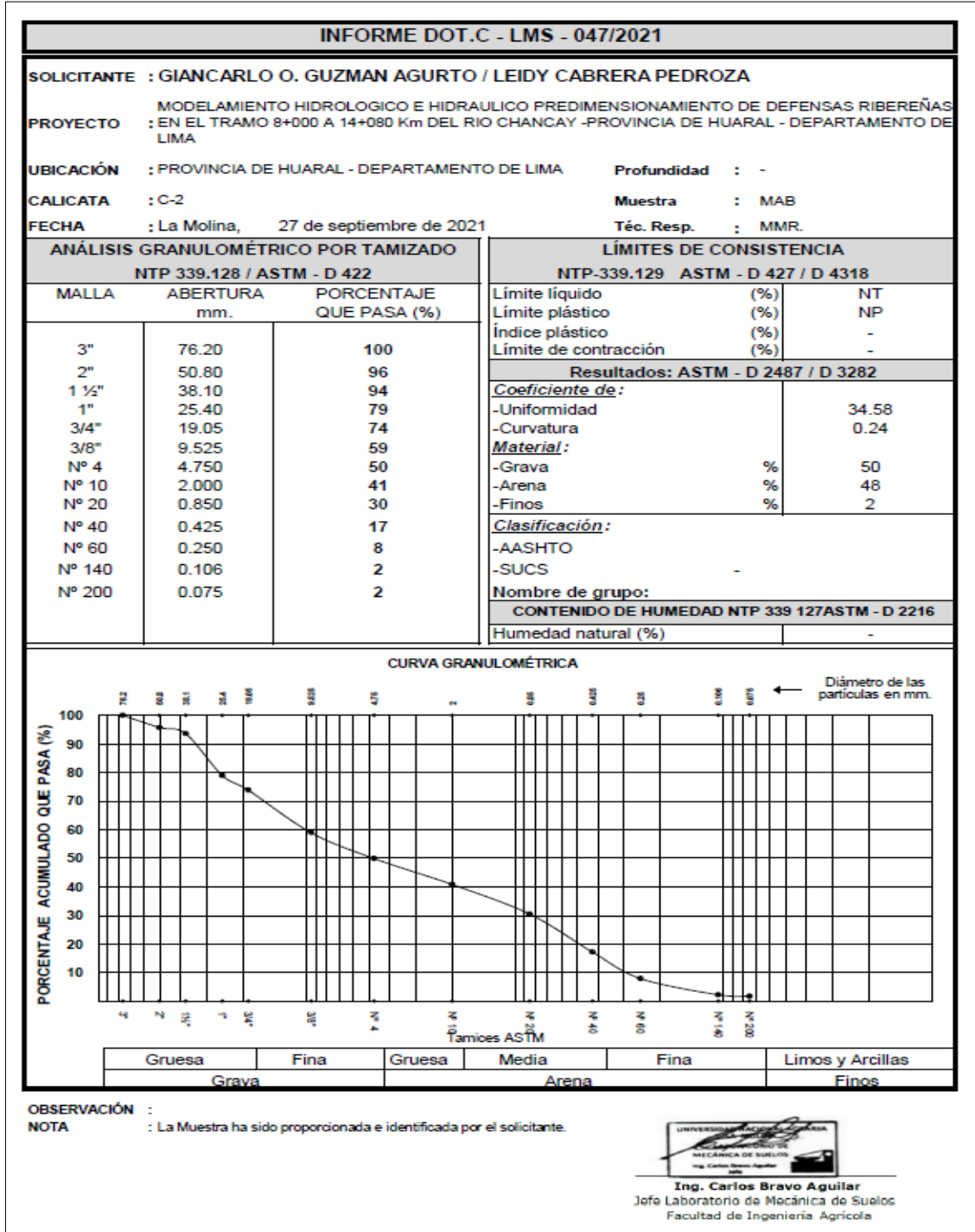
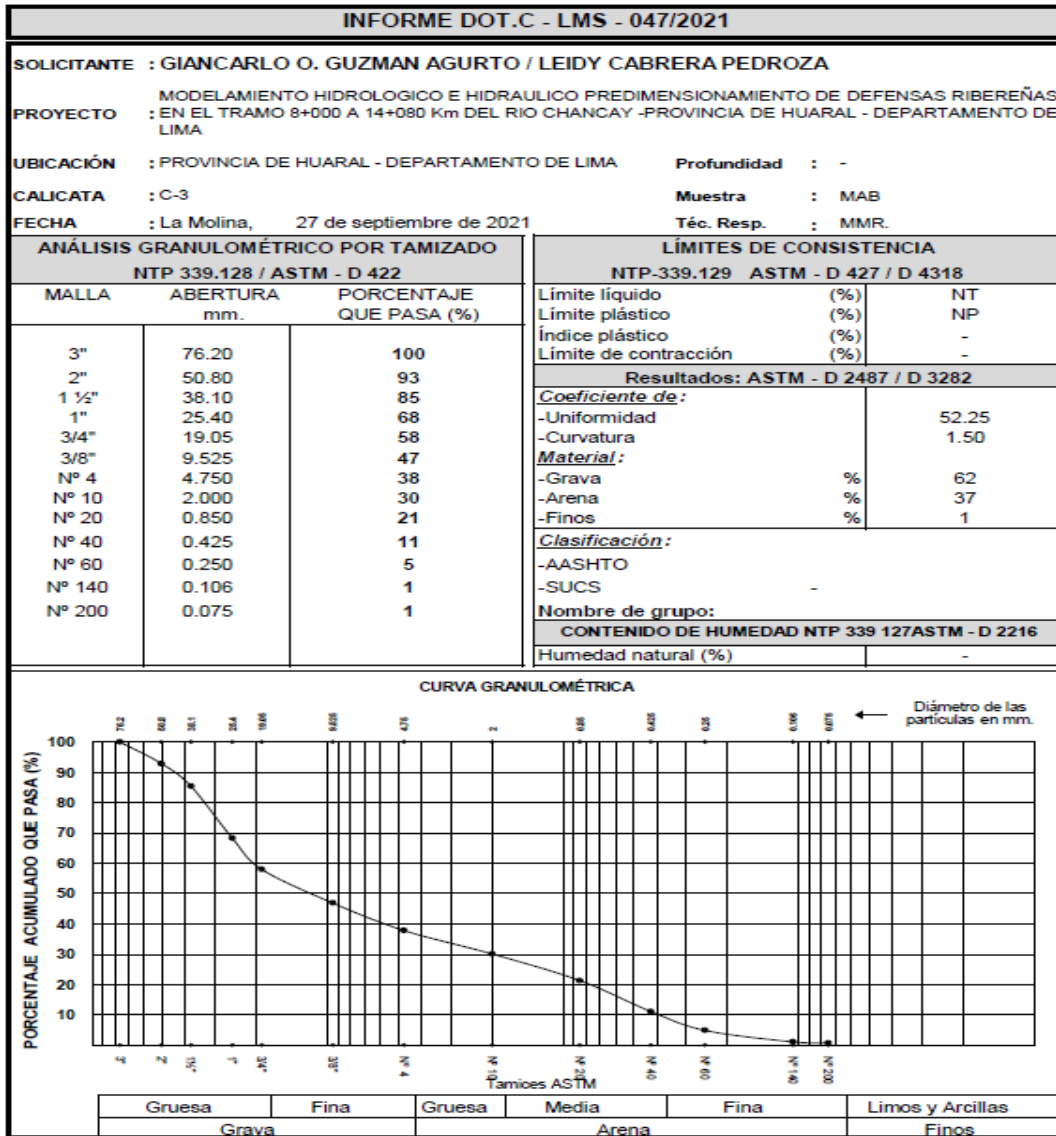


Figura 116: Resultados de la segunda calicata
Fuente: Laboratorio de mecánicas de suelos UNAM. (2021)



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
Laboratorio de Mecánica de Suelos



OBSERVACIÓN :
 NOTA : La Muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante.

Ing. Carlos Bravo Aguilar
 Jefe Laboratorio de Mecánica de Suelos
 Facultad de Ingeniería Agrícola

Figura 117: Resultados de la tercera calicata
 Fuente: Laboratorio de mecánicas de suelos UNAM. (2021))

De las tres curvas lo que nos corresponde para nuestro calculo es el Dm 50 que en este caso nos da un promedio de 9.53 mm.

$$\boxed{Dm\ 50 = 9.53mm}$$

5.5 Levantamiento topográfico

El plano de curva de nivel que a continuación se muestra es del cauce del rio las curvas de nivel se hicieron a cada 10 metros las principales y las secundarias cada 8 metros, a continuación, le presentamos el plano de las curvas de nivel del cauce que nos permitirá hallar las secciones transversales que nos servirán para el modelamiento hidráulico.

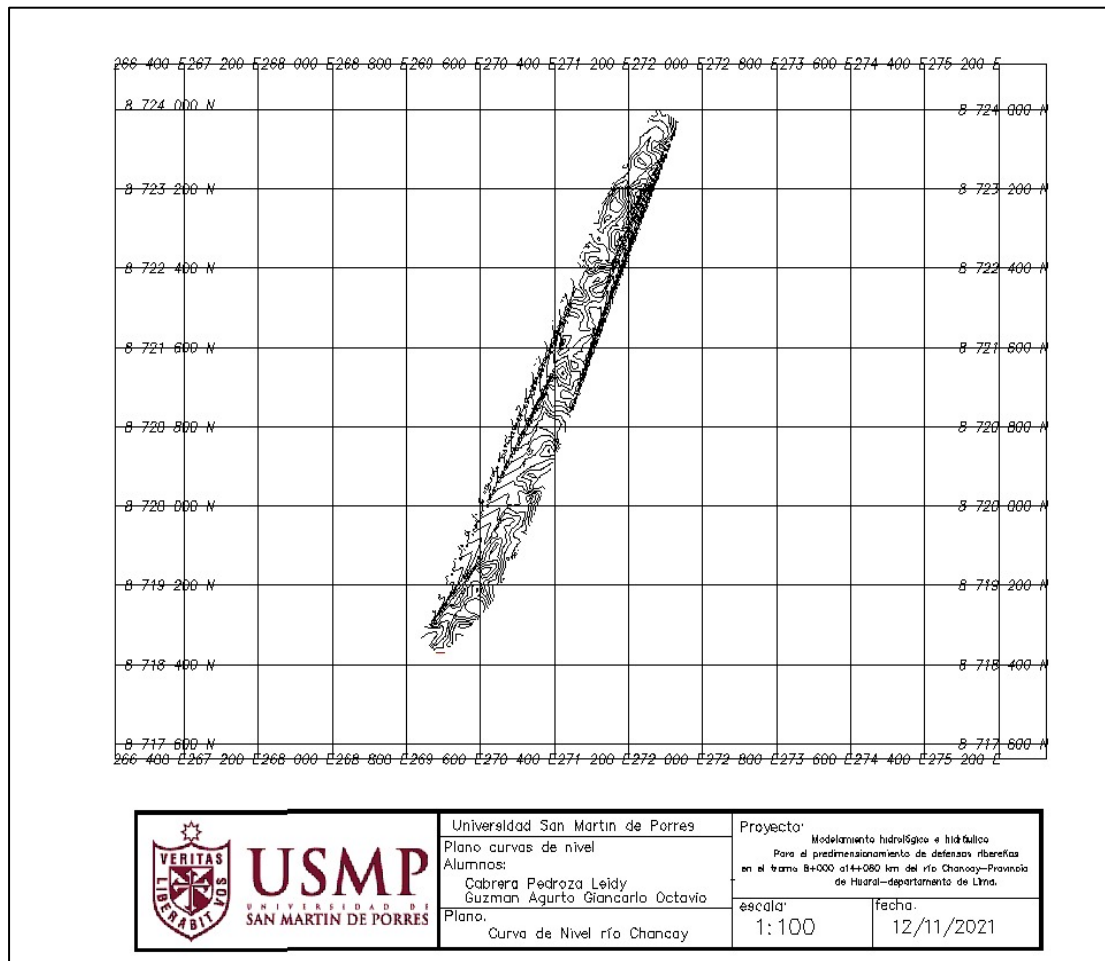


Figura 118: Curvas de Nivel
Elaboración: Los autores

El levantamiento topográfico arrojó como resultado las secciones transversales que para el tipo de estudio y de objetivo el cual tenemos lo hicimos cada 100 metros que nos representa y tiene una exactitud aceptable de lo que buscamos en la simulación, a continuación, se presenta el plano de las secciones del cauce, además del dato de una de las 61 secciones transversales que nos permitirán simular la inundación en el HEC - RAS, las demás secciones serán agregadas en el anexo 5.

Planos de sección transversal, del cauce del río.

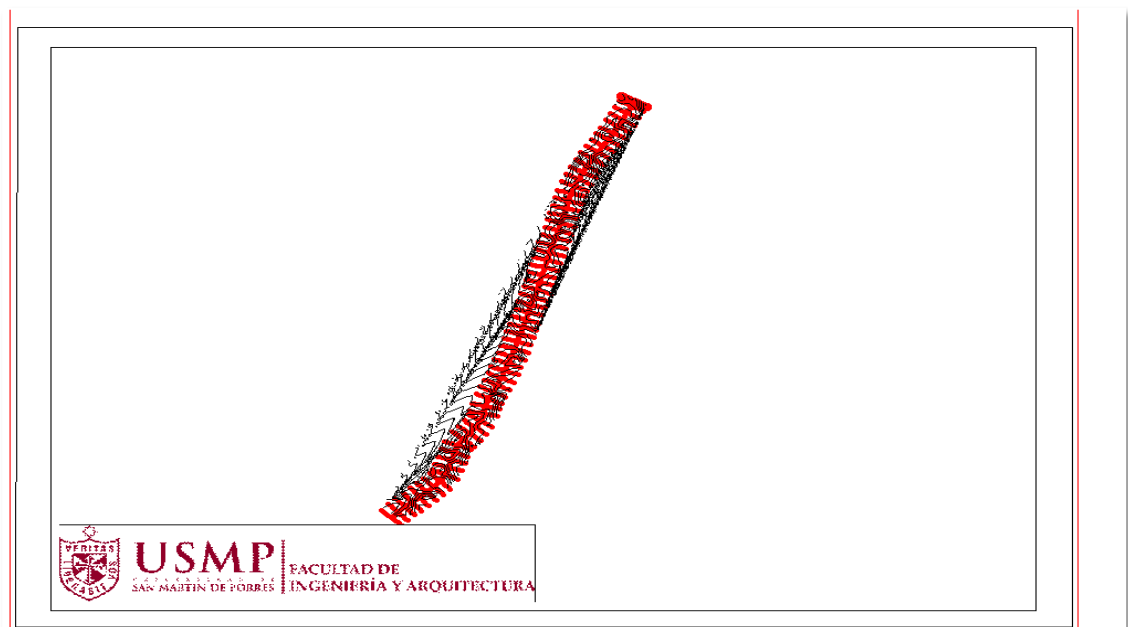


Figura 119: Sección transversal
Fuente: Los autores (2021)

Se determino las secciones transversales del tramo de 6.080 km. del río chancay - Huaral como, se muestra en la imagen, de la sección 6 y los datos del mismo, las demás secciones que se generaron fueron 61(ver anexos 5)

Tablas 39
secciones transversales

Cota	Elevación
0.00	104.8302
8.11	103.9919
16.22	103.3293
24.32	102.663
32.43	101.4524
40.54	100.5163
48.65	99.8065
56.76	99.0966
64.86	97.7735
72.97	96.6769
81.08	95.967
89.19	95.2571
97.30	95
105.41	94.4327
113.51	94
121.62	94
129.73	93.7078
137.84	93.1659
145.95	93.8366
154.05	93.7922
162.16	94.0463
170.27	94.0071
178.38	93.9679
186.49	94.19
194.59	94.8606
202.70	95.5313
210.81	96.5928
218.92	97.9733
227.03	99.3539
235.14	100.7344
243.24	101.9112
251.35	101.9668
259.46	101.9209
267.57	102.3599
275.68	102.542
283.78	103.3737
291.89	103.5808
300.00	104.6632

Fuente: Los autores (2021)

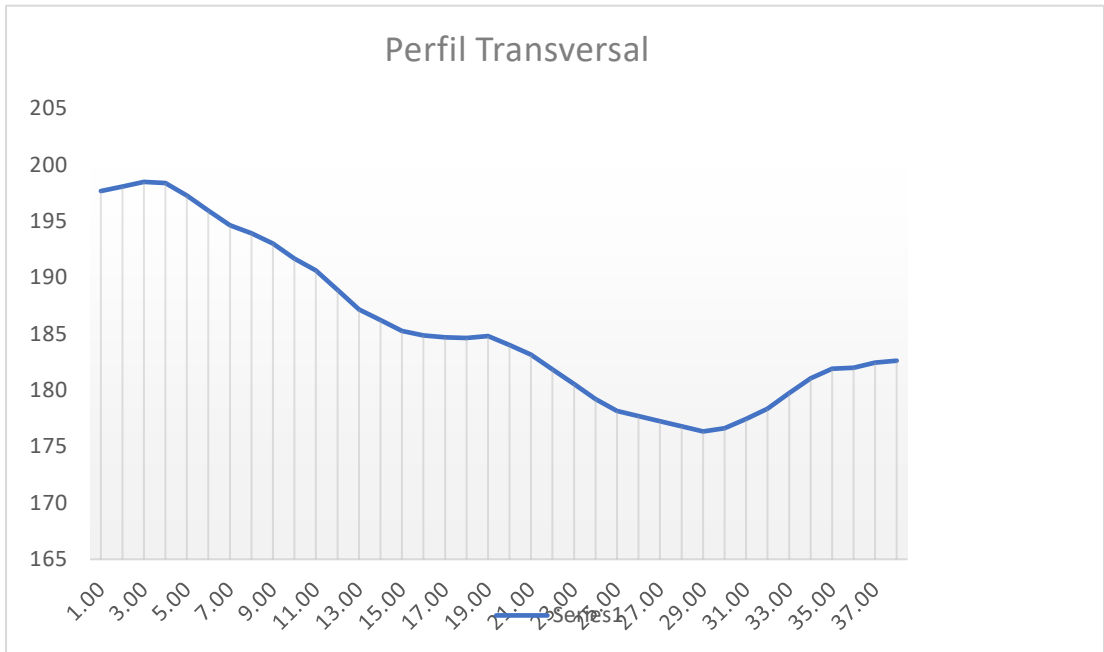


Figura 120: Perfil transversal
Elaboración: Los autores

5.6 Modelamiento hidráulico

En la imagen 121 se observa el perfil del modelo hidrológico para 25 años de retorno. En ella observamos el caudal esperado en el lapso de tiempo antes mencionado.

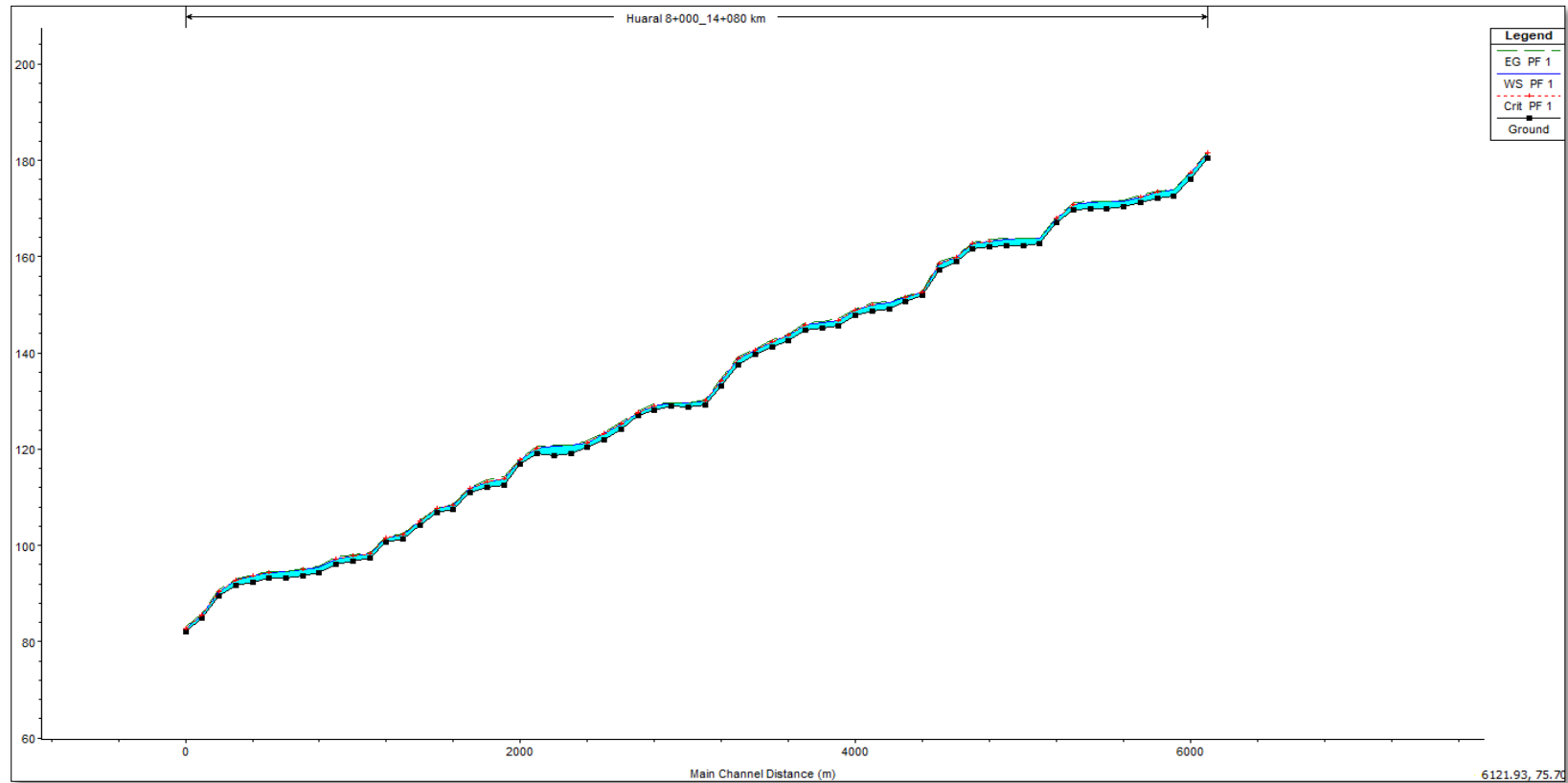


Figura 121: Modelamiento hidráulico 25 años
Elaboración: Los autores

En la imagen 122 se observa el perfil del modelo hidrológico para 50 años de retorno. En ella apreciamos el caudal esperado en el lapso de tiempo antes mencionado. Nótese que las variaciones son mínimas.

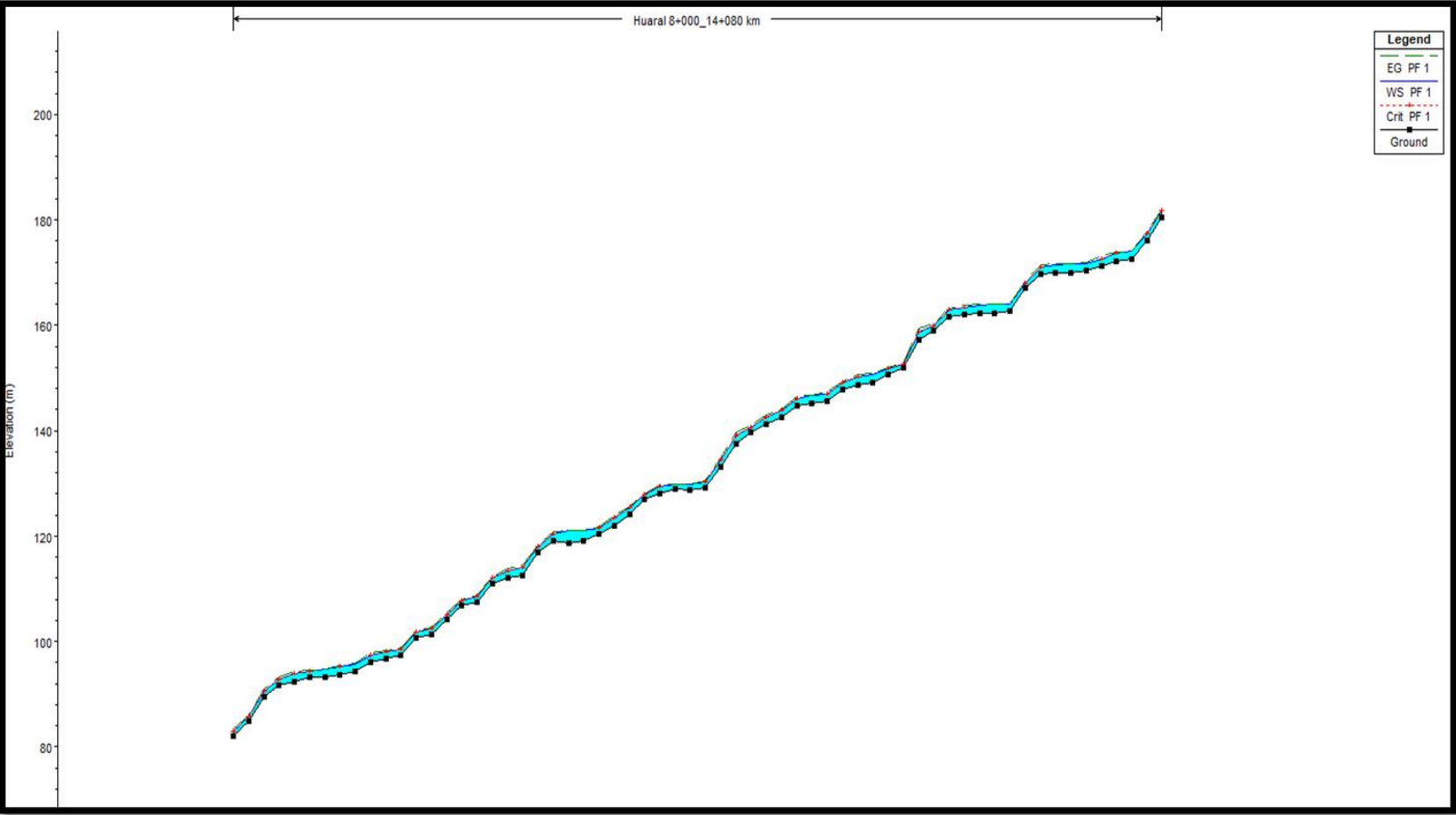


Figura 122: Modelamiento hidráulico 50 años
Elaboración: Los autores

En la imagen 123 se observa el perfil del modelo hidrológico para 100 años de retorno, la cual, nos permitirá apreciar el pre dimensionamiento del dique.

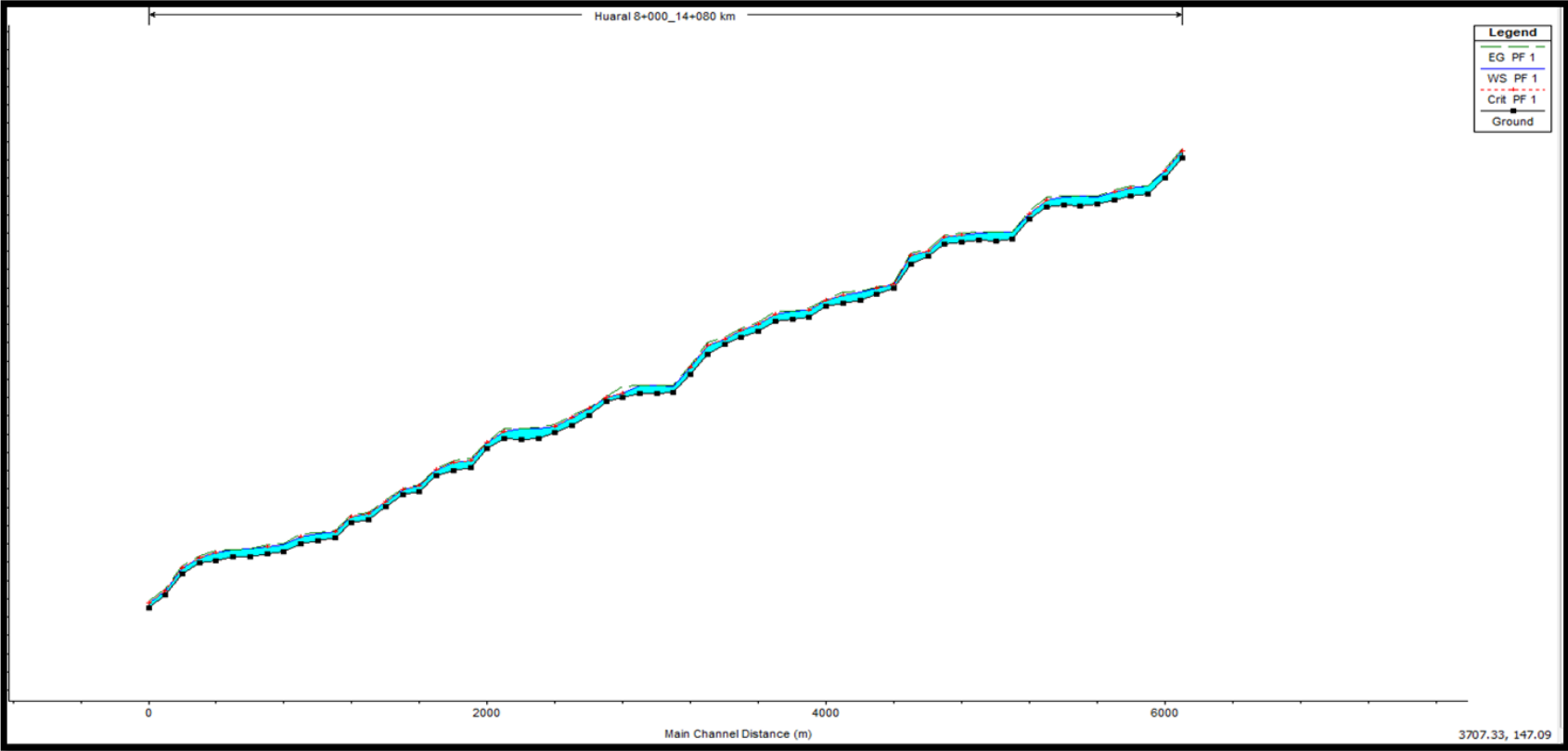


Figura 123: Modelamiento hidráulico 100 años
Elaboración: Los autores

En la imagen 124, se observa el perfil del modelo hidrológico para 500 años de retorno que nos permitirá hallar la socavación.

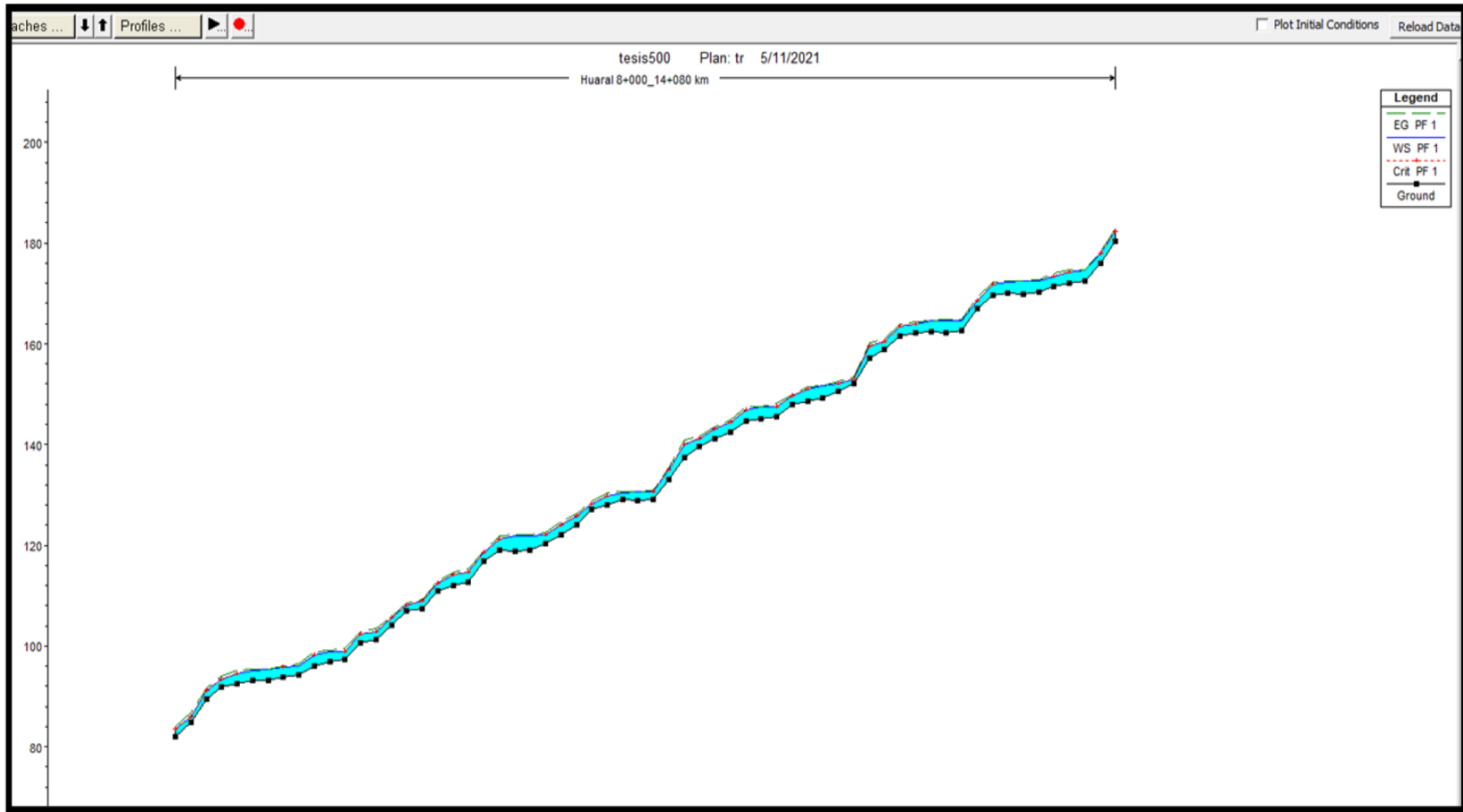


Figura 124: Modelamiento hidráulico 500 años
Elaboración Los autores

Ahora presentamos el área total de inundación haciendo un comparativo con el caudal de diseño para 100 años y el caudal de estiaje de 15 m³ dando como resultado el área total de inundación en una extensión de metro cuadrados.

Tabla 40
Caudal de diseño para 100 años

Área de inundación			
Tramos	Tr 100 años	Caudal mínimo continuo durante el periodo de estiaje Caudal máximo 15 m ³ /s	Área de inundación total (m ²)
	Caudal máximo 114.9		
Tramo I	768.27 m ²	88.55m ²	679.72 m ²
Tramo II	1162 m ²	148.72m ²	1013.28 m ²

Fuente: Los autores (2021)

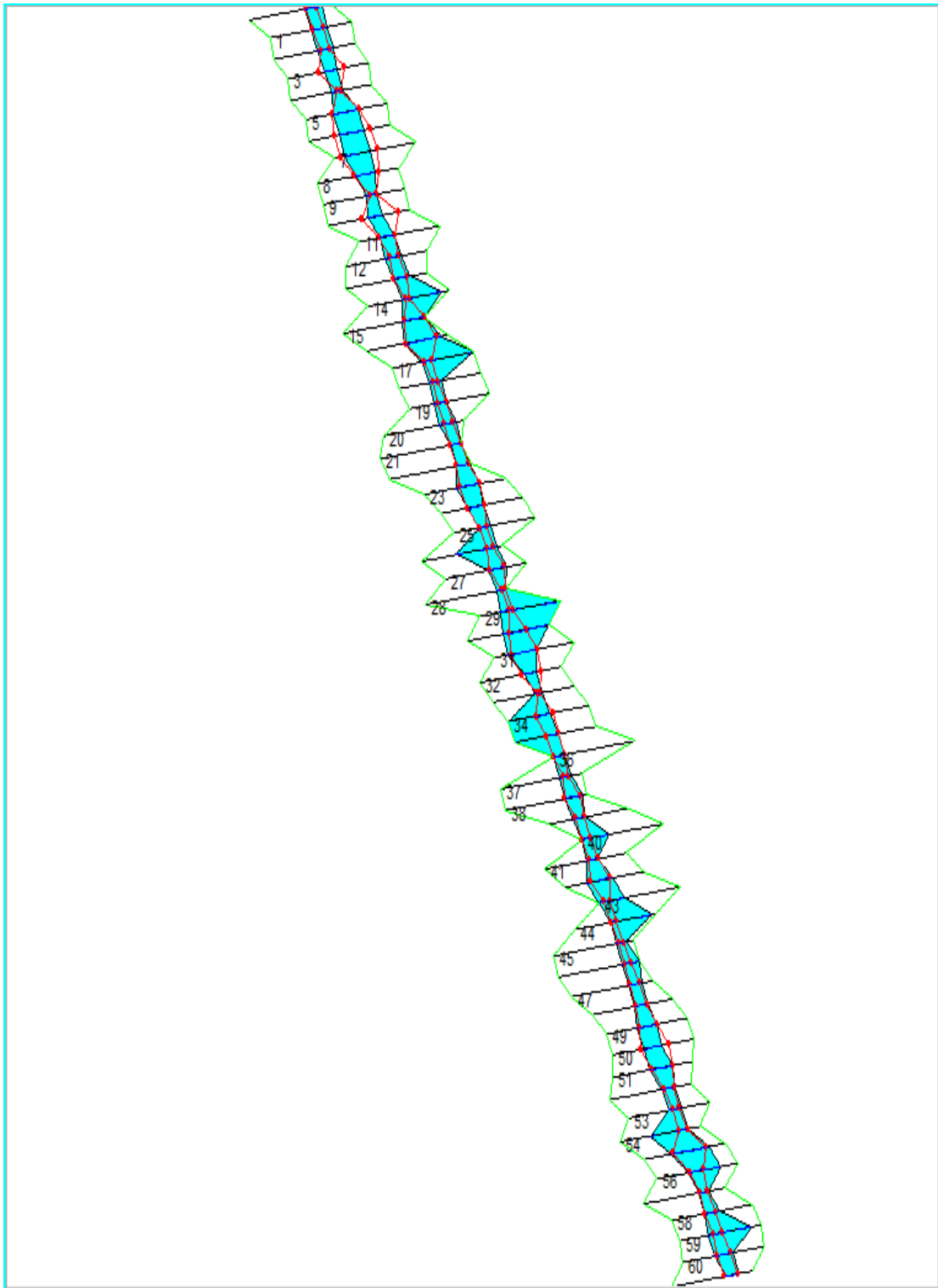


Figura 125: Simulación de inundación de 100 años de tiempo de retorno

Elaboración: Los autores

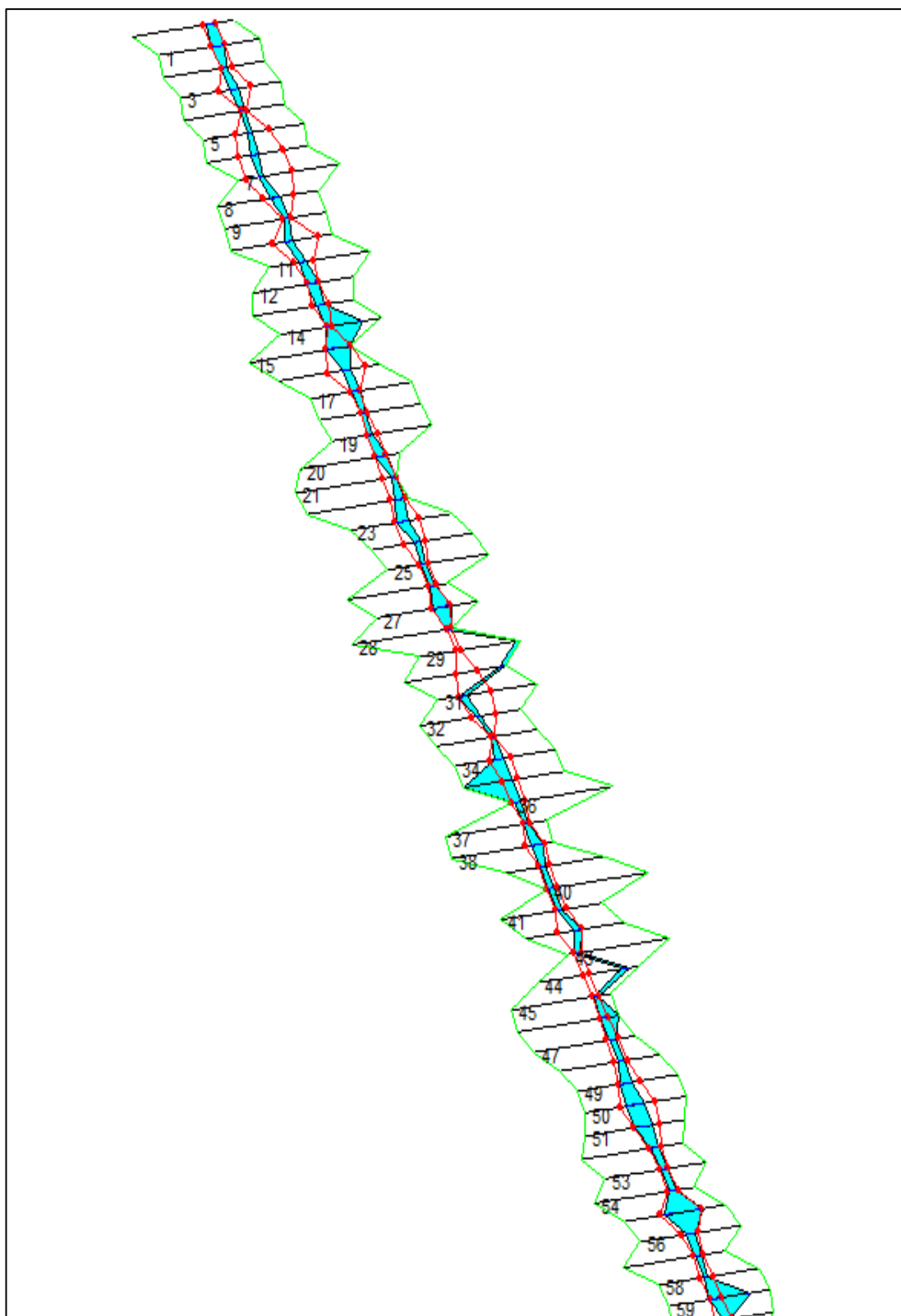


Figura 126: Simulación de inundación de un caudal de estiaje de 15 m³

Elaboración: Los autores

Área de inundación de los tramos

Las áreas inundadas para los tramos I (13+200 -14+000 km) y el tramo II (10+700-11+900 km) se muestran en la figura que representa las áreas inundadas para un periodo de 100 años y para un caudal de estiaje de 15 m³ el cual se ve diferenciado las áreas inundadas simuladas por el HEC RAS.

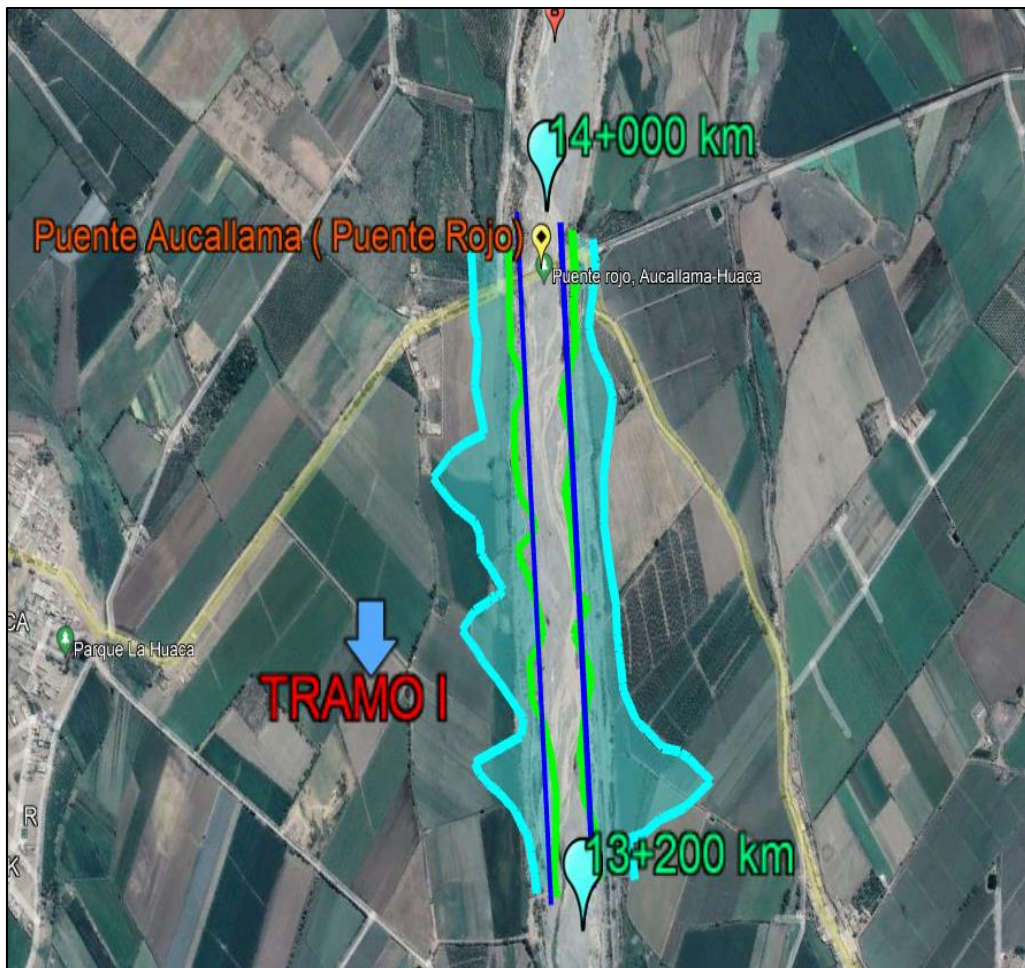


Figura 127: Inundación del tramo I

Elaboración: Los autores



Figura 128: Inundación del tramo II

Elaboración: Los autores

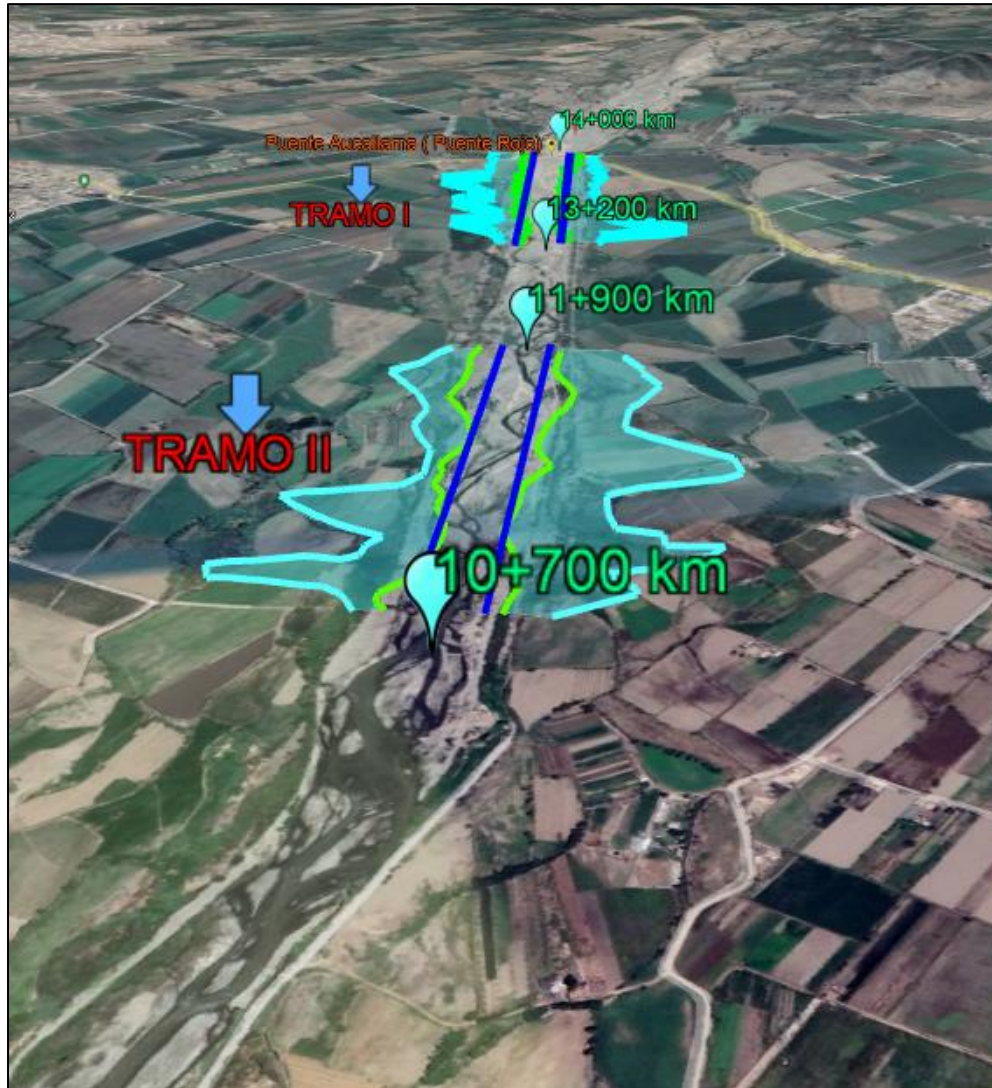


Figura 129: Inundación en los tramos críticos del río Chancay - Huaral

Fuente: Los autores (2021)

Luego Se mostramos los resultados para los tramos I y II de las profundidades de socavación que se determinó luego de los cálculos detallados en el capítulo anterior, en la tabla 41 se detalla las alturas calculadas y finalmente la altura de socavación a utilizar para El tramo I y tramo II.

Tabla 41			
<i>Profundidad de socavación (Hs)</i>			
Tramo	Sección	Altura de socavación	Altura considerar (m)
	60	0.24	1.34
	59	0.17	
	58	2.56	
	57	2.27	
	56	0.47	
I	55	1.01	
	54	1.37	
	53	2.3	
	52	1.7	
	39	10.04	
	38	4.33	
	37	9.91	
	36	9.08	
	35	10.04	
	34	7.44	
II	33	11.78	
	32	9.49	
	31	7.14	
	30	1.4	
	29	3.43	
	28	8.27	
	27	6.21	

Fuente: Los autores (2021)

Alturas de socavación

Finalmente, luego de todos los cálculos y estudios previos realizados se determinó y pre dimensionamiento de defensa ribereña que dados las características que se evaluó en este tramo del río se desarrolló el dique enrocado el cual pasamos a presentar en sus dimensiones para el tramo I y el tramo II.

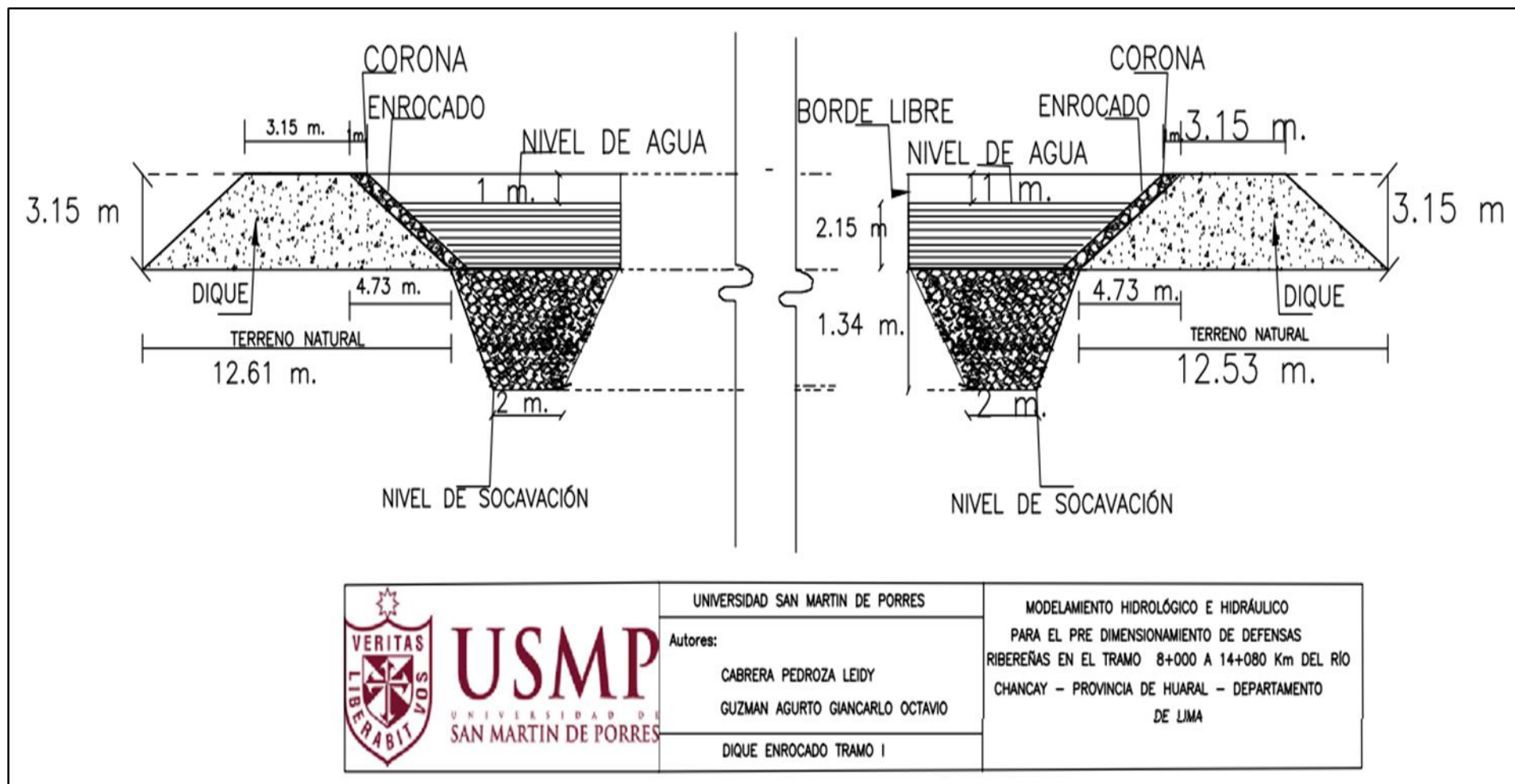


Figura 130 Detalle Dique tramo I

Elaboración: Los autores

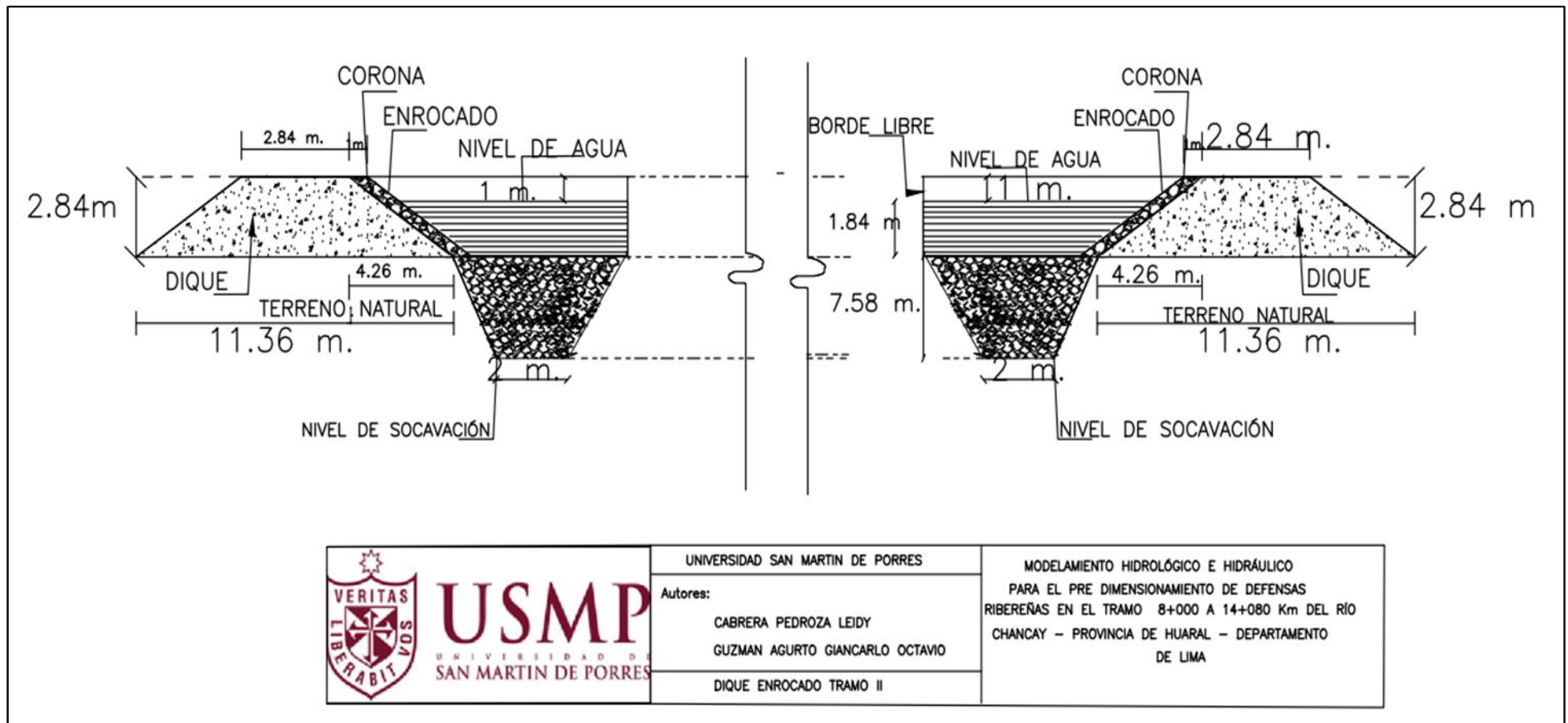


Figura 131: Detalle Dique tramo II

Elaboración: Los autores

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación de la hipótesis

El presente capítulo se va a validar las diferentes hipótesis planteadas en este trabajo de investigación, los resultados demuestran que efectivamente las hipótesis si son válidas para este trabajo, se detallara a continuación cada hipótesis planteada.

6.1.1 Contrastación de hipótesis general

El modelamiento hidrológico e hidráulico influyen en la precisión del pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay – provincia Huaral - departamento Lima.

La hipótesis general es validada; ya que Los resultados arrojan que efectivamente el modelamiento hidrológico e hidráulico influyeron para determinar el pre dimensionamiento de defensas ribereñas, como en este caso el dique enrocado, cuyas medidas fueron para el tramo I de una altura de dique de 3.15m y una base de 12.61 m y para el tramo II una altura de dique de 2.84m y un bade de 11.36m que cumplen con la simulación de un desborde del río Chancay, provincia Huaral, departamento de lima.

Hipótesis planteada	Experiencias Obtenidas	Observaciones
El modelamiento hidrológico e hidráulico influyen en la precisión del pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el tramo 8+000 a 14+080 km del río chancay – provincia Huaral - departamento Lima.	Al realizar el modelamiento hidrológico e hidráulico determinaron las dimensiones de las defensas ribereñas los cuales fueron determinados para 2 tramos críticos el tramo I la altura del dique de 3.15 m. y una base de 12.61 m. y para el tramo II una altura de dique de 2.84 m, y una base de 11.36m.	Se confirmó la validez de la hipótesis debido a la influencia en la precisión del modelamiento hidrológico e hidráulico.

Figura 132: contrastación de la hipótesis general

Elaboración: Los autores

6.1.2 Contrastación de hipótesis específicas

6.1.2.1 Contrastación de hipótesis específica uno

H1: El procesamiento de la topografía de la cuenca incide en la exactitud para el pre dimensionamiento de defensas ribereña del tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral - departamento Lima.

La hipótesis específica (H1) es válida y aceptada la cual se corrobora a través del procesamiento de la cuenca mediante el modelo de elevación digital se delimito nuestra área de estudio para la cual resultado 11 subcuencas distribuidos en un área de 3042 km² que corresponden a la cuenca de Chancay - Huaral que efectivamente incide en la exactitud del pre dimensionamiento.

Hipótesis planteada	Experiencias Obtenidas	Observaciones
<p>H1: El procesamiento de la topografía de la cuenca incide en la exactitud para el pre dimensionamiento de defensas ribereña del tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay- provincia Huaral - departamento Lima.</p>	<p>El procesamiento de la topografía de la cuenca determino la delimitación de la misma en 11 subcuencas distribuidas para un área de 3042 km² de la cuenca Chancay – Huaral.</p>	<p>Se confirmo la validez de la hipótesis 1 debido a que se logró la delimitar la cuenca con sus áreas respectivas.</p>

Figura 133: contrastación de la hipótesis H1

Elaboración: Los autores

6.1.2.2 Contrastación de hipótesis específica dos

H2: El análisis de frecuencia de las precipitaciones máximas en 24 horas incide directamente en el pre dimensionamiento de defensas ribereñas del tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral - departamento Lima.

La hipótesis H2 es corroborada y validada, esto se da, por medio del análisis de frecuencia de las precipitaciones máximas en 24 horas se determinó que de las 12 estaciones concernientes a la cuenca chancay Huaral, sus precipitaciones máximas para diferentes tiempos de retorno que son de 25, 50, 100 y 500 años , algunas de las precipitaciones más resaltantes son la de la estación Carac con 32.38 mm, 34.88mm, 37.30 mm, y 42.72 mm. para los diferentes tiempos de retorno planteados anteriormente, esto hace que dicho análisis nos permita incidir directamente en el pre dimensionamiento de defensas ribereñas.

Hipótesis planteada	Resultados Obtenidos	Observaciones
<p>H2: El análisis de frecuencia de las precipitaciones máximas en 24 horas incide directamente en el pre dimensionamiento de defensas ribereñas del tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay- provincia Huaral- departamento Lima.</p>	<p>El análisis de frecuencia de las precipitaciones máximas en 24 horas se determinaron las 12 estaciones de la cuenca Chancay - Huaral. Que son las precipitaciones máximas a diferentes tiempos de retorno (25, 50, 100 y 500 años) siendo una de ellas de la estación Carac con 32.38mm. 34.88mm. 37.30mm y 42.72mm. respectivamente.</p>	<p>Se confirma la validez de la hipótesis 2 al obtener las precipitaciones máximas a diferentes tiempos de retorno que inciden directamente para realizar el pre dimensionamiento de defensas ribereñas.</p>

Figura 134: contrastación de la hipótesis H2

Elaboración: Los autores

6.1.2.3 Contrastación de hipótesis específica tres

H3: El modelamiento hidrológico influye en la precisión del pre dimensionamiento de defensas ribereñas del tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral - departamento Lima.

La hipótesis H3 es corroborado y considerada valida, mediante el modelamiento hidrológico se determinó los caudales máximos de diseño para los diferentes tiempos de retorno planteados es así, que para un tiempo de retorno de 25 años el caudal de diseño es de 60.8 m³/s, para un tiempo de retorno de 50 años un caudal de diseño de 85.5 m³/s, mientras que para un tiempo de retorno de 100 años un caudal de diseño de 114.9 m³/s y finalmente para un tiempo de retorno de 500 años un caudal de 195.9 m³/s los cuales influyen en la precisión del pre dimensionamiento de la defensas ribereñas de nuestro tramo de estudio.

Hipótesis planteada	Resultados Obtenidos	Observaciones
H3: El modelamiento hidrológico influye en la precisión del pre dimensionamiento de defensas ribereñas del tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral- departamento Lima.	El modelamiento hidrológico determino los caudales máximos de diseño, a diferentes tiempos de retorno, (25, 50, 100 y 500 años), los cuales fueron 60.8 m ³ /s ,85.5m ³ /s, 114.9m ³ /s y 195.5m ³ /s.	Se confirma que la hipótesis 3 es válida ya que se determinaron los caudales máximos de diseño que influyen en la precisión del pre dimensionamiento de defensas ribereñas.

Figura 135: contrastación de la hipótesis H3

Elaboración: Los autores

6.1.2.4 Contrastación de hipótesis específica cuatro

H4: El levantamiento topográfico del cauce incide en una mayor aproximación para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el del tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral - departamento Lima.

La hipótesis H4 es corroborada por lo tanto es válida, a través del levantamiento topográfico determinamos las curvas de nivel, y las secciones transversales que en total para nuestro tramo de estudio fueron 61 secciones a 100 m. de distancia que permitieron incidir con una mayor precisión en el pre dimensionamiento de las defensas ribereñas de nuestro tramo de estudio.

Hipótesis planteada	Experiencias Obtenidos	Observaciones
H4: El levantamiento topográfico del cauce incide en una mayor aproximación para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el del tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral- departamento Lima.	El levantamiento topográfico del cauce determinó las curvas de nivel de 61 secciones transversales en un rango de 100m. c/u a lo largo del cauce del río Chancay-Huaral.	Se confirma que la hipótesis 4 es válida, ya que inciden en una mayor aproximación para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas.

Figura 136: contrastación de la hipótesis H4

Elaboración: Los autores

6.1.2.5 Contrastación de hipótesis específica cinco

H5: El estudio de mecánica de suelos influye directamente para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral - departamento de Lima.

La hipótesis H5 es validada, por medio del estudio de mecánica de suelos se obtuvo tres calicatas tomadas en el tramo de estudio, se corroboró el diámetro medio de la curva granulométrica el cual nos determinó que para las tres calicatas tenemos un diámetro medio de 9.53 mm que representa la abertura de las muestras tomadas del suelo en el río del lugar de estudio.

Hipótesis planteada	Experiencias Obtenidos	Observaciones
<p>H5: El estudio de mecánica de suelos influye directamente para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay- provincia Huaral- departamento de Lima.</p>	<p>El estudio de mecánica de suelos permitió conocer a través del estudio de 3 calicatas tomadas del cauce del río el diámetro medio de 9.53 mm de abertura.</p>	<p>Se confirma que la hipótesis 5 es válida, ya que el diámetro medio de las aberturas influye directamente en el pre dimensionamiento de defensa ribereña.</p>

Figura 137: contrastación de la hipótesis H5

Elaboración: Los autores

6.1.2.6 Contrastación de hipótesis específica seis

H6: La modelación hidráulica influye en el pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral - departamento de Lima.

La hipótesis H6 es corroborada por lo tanto es válida, a través de la modelación hidráulica se determinó que existen en nuestro tramo 2 zonas críticas siendo el primero con un área de 679,72 m² de inundación y requiriendo una profundidad de socavación de 1.34 m mientras para el segundo tramo crítico el área de inundación es de 1013.28 m² con una profundidad de socavación de 7.58 m, es por ello que los resultados influyen en el pre dimensionamiento de las defensas ribereñas del tramo de estudio de la cuenca Chancay.

Hipótesis planteada	Experiencias Obtenidos	Observaciones
<p>H6: La modelación hidráulica influye en el pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay- provincia Huaral - departamento de Lima.</p>	<p>La modelación Hidráulica permitió que se conozcan 2 tramos críticos, siendo el tramo I con un área de inundación de 679.72 m² requiriendo una profundidad de socavación de 1.34 m. Mientras que para el tramo II un área de inundación de 1032 m² requiriendo una profundidad de socavación de 7.58 m.</p>	<p>Se confirma que la hipótesis 6 es válida mediante los resultados la simulación se llegó a conocer la zona inundada.</p>

Figura 138: contrastación de la hipótesis H6

Elaboración: Los autores

6.2 Contrastación de hipótesis con antecedentes

6.2.1 Contrastación de hipótesis con antecedente nacional

Según Orellana (2021) en su tesis denominado “Modelamiento hidrológico e hidráulico para el análisis de inundaciones en la ciudad de Piura utilizando hec - hms y hec - ras”

Aplica un método que desarrollo en 3 etapas como son el análisis de precipitaciones el modelamiento hidrológico y el modelamiento hidráulico, el análisis de precipitaciones lo hizo a través de datos del SEHNAMI y los completo con la base de datos del PISCO, el modelamiento hidrológico lo realizo con el HEC - HMS para delimitar y determinar los caudales de diseño y el modelamiento hidráulico lo hizo a través del HEC - RAS para determinar el área de inundación.

El resultado que obtuvo fue los caudales de diseño para diferentes tiempos de retorno como para 25 años un caudal máximo de 3202 m³/s para un periodo de retorno de 50 años un caudal máximo de 4091 m³/s, para un periodo de retorno de 100 años un caudal máximo de 5477 m³/s, también la

zona más crítica y las más afectadas siempre será las que están aguas arriba del puente Avelino Cáceres.

Observación: El modelamiento hidrológico e hidráulico permitieron simular e identificar zonas vulnerables a inundaciones y por ende tomar las previsiones respectivas.

6.2.2 Contratación de hipótesis con antecedente internacional

Según Kastridis & Stathis, (2020) en su investigación “Evaluación de modelos hidrológicos e hidráulicos aplicados en cuencas hidrográficas no calibradas típicas del Mediterráneo mediante mediciones posteriores a crecidas repentinas”

Aplican un método de evaluación hidrológica e hidráulica mediante los programas HEC - HMS Y HEC - RAS respectivamente de 4 cuencas los cuales compararan la diferencia de la simulación de inundación con un evento ocurrido para determinar la diferencia o que tan preciso es este modelamiento hidrológico e hidráulico.

Los resultados que obtuvieron que la simulación a comparación del evento ocurrido es muy precisa además que determinaron que los arbustos del lugar del cauce del río no ayudaban mucho ante la eventual inundación.

observación: El modelamiento hidrológico y modelamiento hidráulico demuestran ser precisos y de esta manera prevenir y tomar acciones ante una eventual inundación.

CONCLUSIONES

1. El modelamiento hidrológico fue importante para determinar el caudal máximo de diseño que permitieron junto con el modelamiento hidráulico generar los parámetros hidráulicos que hizo posible el pre dimensionar del dique enrocado para los dos tramos críticos encontrados, Tramo I la altura del dique de 3.13 m. y una base de 12.53 m. y para el tramo II una altura de dique de 3.84 m, y una base de 15.36m.
2. El procesamiento de la topografía de la cuenca para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas, permitió asociar cada estación meteorológica mediante las 11 subcuencas a su área de influencia en un área de 3042 km² de la cuenca Chancay Huaral.
3. El análisis de frecuencia de las precipitaciones máximas en 24 horas para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas fueron sumamente importantes para determinar los caudales máximos de diseño en diferentes tiempos de retorno 25, 50, 100 y 500 años respectivamente siendo una de ellas la primera estación Carac 32.38mm. 34.88mm. 37.30mm y 42.72mm. respectivamente.
4. El modelamiento hidrológico para el pre dimensionamiento de defensas ribereña, fue uno de los pilares para determinar los caudales máximos de diseño a diferentes tiempos de retorno 25, 50, 100 y 500 años, que muestran un crecimiento en los diferentes tiempos de retorno que oscilan entre el 40% al 70% de crecimiento del caudal para el río Chancay Huaral.
5. El levantamiento topográfico del cauce para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas, fueron importantes en la simulación hidráulica debido que a las 61 secciones transversales permitieron la simulación hidráulica además que reflejo una pendiente del cauce de 2% para el tramo del río Chancay Huaral.
6. El estudio de mecánica de suelos para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas, es importante para determinar la profundidad de la socavación pues

permitirá determinar a través del diámetro medio de 9.53 mm del tramo del río Chancay Huaral.

7. La modelación hidráulica para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas, determinó las alturas de socavación para el tramo I con un área de inundación de 679.72 m² requiriendo una profundidad de socavación de 1.34 m. Mientras que para el tramo II un área de inundación de 1032 m² requiriendo una profundidad de socavación de 7.58 m. que aseguran una estabilidad de los diques para el tramo de investigación del Rio Chancay Huaral.

RECOMENDACIONES

1. Implementar un plan de prevención de desastres para el río Chancay - Huaral trabajando en conjunto con las autoridades locales y regionales tomando en cuenta el presente trabajo de investigación.
2. Llevar a cabo una actualización permanente de los datos de las estaciones meteorológicas por parte de las instituciones responsables, como el Senamhi, para así poder ser más precisos en este tipo de investigaciones que requieren tener estos datos, tal y como lo recomienda el manual de hidrología e hidráulica del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
3. Realizar un levantamiento topográfico con drones para el reconocimiento del área de estudio y adicionar más puntos de referencia para complementar y reforzar la precisión ya demostrada por el levantamiento topográfico realizado.
4. Planificar la utilización de diques enrocados para el encauzamiento y la defensa ribereña para el control integral de las máximas avenidas, a lo largo de todo el tramo del río Chancay - Huaral, por el alto riesgo de inundación de la zona.
5. Implementar una red amplia de estaciones meteorológicas propias de la cuenca, mas cercanas unas de otras, para así tener datos mas precisos y completos para obtener un mejor análisis de estudio.
6. Es muy recomendable tener un conocimiento básico de los softwares empleados para la modelación hidrológica e hidráulica, previo a la realización de la modelación.

7. Realizar estudios de modelación hidrológica e hidráulica en otras cuencas nacionales e internacionales que permitan comparaciones y que contribuyan al mejoramiento de la metodología aplicada en este trabajo de investigación.

8. Esperamos sinceramente que el presente trabajo de investigación sirva de guía para realizar investigaciones similares en los diferentes campos que abarca esta cautivadora carrera, como lo es la ingeniería civil, contribuyendo de esta manera al desarrollo y en beneficio de toda la sociedad.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Bibliográficas:

- Alvaro, L. M., & Henriquez, R. A. (2014). Diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña del río Chicama tramo puente Moreno - Pampa de Jaguey aplicando el programa river. *Para optar título profesional de Ingeniería Civil*. Universidad Privada Anteno Orrego, Trujillo, Perú. Obtenido de http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/683/1/REP_ING.CIVIL_LUTHER.ALVARO_LUIS.HENRIQUEZ_DISE%91O.HIDRAULICO.ESTRUCTURAL.DEFENSA.RIBERE%91A.RIO.CHICAMA.TRAMO.PUENTE.PUNTA.MORENO.PAMPAS.JAGUEY.APLICANDO.PROGRAMA.RIVER.pdf
- Alvóides, F. C., & Vela, J. M. (2021). Diseño Hidráulico y Estructural , con Elemento Prefabricado de Concreto Siempre (TEtrápodos), para la defensa ribereña ribereña en las márgenes del río Chanchay tramo puente Eten -Monsefú, Chiclayo, Lamballeque. *Para optar el título profesional de Ingeniería Civil*. Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12802/7828>
- Bravo, C. J. (2019). Determinación del nivel de vulnerabilidad de riesgo de inundación y huaycos en la zona aledañas al Río Acopalca del distrito de Paucartambo – Pasco 2019. *Para optar título profesional de Ingeniería Civil*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco, Perú. Obtenido de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1680>
- Buyuña, N. (2019). Aplicación de modelos hidrológicos para la estimación de caudales mensuales en la sub cuenca del río Bigote. *Máster en Ingeniería Civil con Mención en Recursos Hídricos*. Universidad de Piura, Piura, Perú. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4016/MAS_ICIH_1901.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Chong, D. A., & Silva, E. S. (2018). Diseño de defensas ribereñas para el encauzamiento en las zonas vulnerables de la quebrada Lupin, Huarmey - Ancash. *Para optar título profesional de Ingeniería Civil*. Universidad San Martín de Porres - Facultad

de ingeniería y arquitectura, Lima, Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12727/4489>

- Díaz, Á., & Mercado, T. (2017). *Determinación del número de curva en la subcuenca de Betancí (Córdoba Colombia) mediante teledetección y SIG*. Universidad de Córdoba, Colombia, Colombia. Obtenido de Universidad de Córdoba, Colombia: <file:///C:/Users/fanta/Desktop/TEORIA%20FALTANTE/curvanumeropdf.pdf>
- Fasanando, J. H. (2018). Dimensionamiento hidráulico y estructural de la defensa ribereña en la margen izquierda del Río Mayo en la localidad de Shanao – Lamas – Región San Martín. *para la optener del Título Profesional de Ingeniería Civil*. Universidad Nacional San Marín - Tarapoto, Tarapoto, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3330/CIVIL%20-%20Jimmy%20Holdem%20Fasanando%20Sinti.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Froes, O. O. (2015). Propuestas y análisis de defensas ribereñas en el río llave zona rural C. P. Santa rosa de Huayllata - llave. *Para optar título profesional de Ingeniería Civil*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Obtenido de https://www.flowsurfv3.net/c.php?cu=http%253A%252F%252Frepositorio.unap.edu.pe%252Fbitstream%252Fhandle%252FUNAP%252F2245%252FFlores_Apaza_Orestes_Omar.pdf%253Fsequence%253D1%2526isAllowed%253Dy&sh=repositorio.unap.edu.pe%2F...%2FFlores_Apaza_Orestes_Omar
- Gerónimo, A., Mesías, W., Quipe, L. J., & Ramos, R. A. (2021). Propuesta y análisis de diseño de defensa ribereña en el río Yapaterra del distrito de Chullucanas- Piura. *Para optar título profesional de Ingeniería Civil*. Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, Perú. Obtenido de <http://repositorio.usil.edu.pe/handle/USIL/11586>
- Laura, M. G. (2014). Modelo regional aplicado a las máximas avenidas en las cuencas de los ríos: llave, Callacama y Zapatilla. *Para optar el título profesional de Ingeniería Agrícola*. Universidad Nacional del Atiplano, Puno, Perú. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5444/Laura_Mamani_Mauro_Gil.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Maravi, F. P., & Melchor, L. E. (2020). Análisis comparativo de defensas ribereñas para la mitigación de inundaciones del río Ica. *Para optar título profesional de Ingeniería*

Civil. Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú. Obtenido de <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/3827>

Mayhuire, A. (2018). Cálculo hidráulico de defensas ribereñas en el sector Chejava del río Ilabaya, distrito de Ilabaya, provincia de Jorge Basadre, departamento de Tacna. *Para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12672/10086>

Medina, P. (2018). Evaluación hidráulica del río la Paz; tramo puente encuentro de los ríos Choqueyapu e Irpavi hasta la confluencia con el río Huayñajahuira, para una avenida máxima de 50 años de retorno. *Tesis Presentada para la Obtención del Grado de Maestría en*

: Ciencia Geomáticas Aplicada a al Gestión Territorial Recursos Naturales y Medio Ambiente. Universidad Mayor de San Andres, Bolivia, La paz. Obtenido de <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/19174>

Mesa, Y. (2019). Diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña del río Tarma en el sector de Santo Domingo- Palca-Tarma. *Para optar título profesional de Ingeniería Civil*. Universidad Católica sedes Sapientiae, Tarma, Perú. Obtenido de <http://repositorio.ucss.edu.pe/handle/UCSS/731>

Moya, R., & Alexander, W. (2018). Modelación hidráulica en un canal urbano en la ciudad de Bogota, caso de estudio: canal río negro. *Para optar título profesional de Ingeniería Civil*. Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10983/16344>

Orellana, R. E. (2021). Modelamiento Hidrológico e hidráulico para el análisis de inundaciones en la ciudad de Piura utilizando el HEC-HMS y HEC-RAS. *Para optar título profesional de Ingeniería Civil*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Piura, Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/18304>

Orellana, R. E. (2021). Modelamiento Hidrológico e hidráulico para el análisis de inundaciones en la ciudad de Piura utilizando el HEC-HMS y HEC-RAS. *Para optar título profesional de Ingeniería Civil*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Piura, Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/18304>

- Pérez, J. C., & Barbosa, C. D. (2018). Aplicación de modelo de simulación hidrológica é hidráulica HEC-HMS y HEC-RAS para la estimación de manchas de inundación a una escala de 1:25.000 en la cuenca de río Chimú. *Trabajo de Grado*. Universidad Santo Tomás Primer Claustro Universitario de Colombia, Bogotá, Colombia. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/13971>
- Ramos, B. E. (2016). Proyecto de encauzamiento y defensas ribereñas en el río Yarabamba sector Villa Yarabamba - Arequipa. *Para optar título profesional de Ingeniería Civil*. Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/198127063.pdf>
- Silva, R. R., & Turesta, M. A. (2018). Análisis y diseño de la defensa ribereña del río Reque, tramo puente Reque–desembocadura en el océano Pacífico, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. *Para optar el título profesional de Ingeniería Civil*. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú. Obtenido de https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/1348/1/TL_SilvaChapo%C3%B1anRenzo_TuestaVasquezMarco.pdf
- Tarazona, H. G. (2016). Modelamiento hidrológico de la cuenca del río de Ica con fines de prevención de inundaciones de la cuenca de Ica. *para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Agrícola*. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú. Obtenido de <file:///C:/Users/fanta/Desktop/tesis%20pasadas/P10-T377-T.pdf>
- Terán, W. (2021). Confiabilidad de la escorrentía generada con el modelo Lutz para la microcuenca del río Llaucano. *Para obtener título profesional de Ingeniería Civil*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Obtenido de <file:///C:/Users/fanta/Downloads/Teran%20Leiva.pdf>
- Valdivia, J. G. (2014). Determinación del área de inundación por máxima avenida de la quebrada Amojú, en la zona urbana de la ciudad de Jaen - Cajamarca. *Para obtener Título profesional de Ingeniería Civil*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca. Obtenido de <file:///C:/Users/fanta/Desktop/tesis%20pasadas/T%20627.4%20V146%202014.pdf>

Velasquez, A. A. (2015). Modelamiento hidrológico e hidráulico del río santa, tramo asentamiento humano las flores, distrito de Carhuaz, Ancash. *Para optar el título profesional de Ingeniero Agrícola*. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú. Obtenido de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1836/P10.V443-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Electrónicas:

ANA. (24 de Octubre de 2019). *Autoridad Nacional del Agua* . Obtenido de <https://www.ana.gob.pe/noticia/autoridad-nacional-del-agua-coordina-con-autoridades-prevencion-de-inundaciones-en-cuenca>

BlogAra. (2019). *Ciclo del Agua*. Obtenido de Ab Arablog.co: <https://www.arablog.co/cual-es-el-ciclo-del-agua/>

Bordino, J. (26 de Marzo de 2021). *Ecología Verde*. Obtenido de Cuencas hidrográficas: <https://www.ecologiaverde.com/cuencas-hidrograficas-que-son-tipos-e-importancia-3334.html>

Hydrognomon. (21 de Noviembre de 2018). *RHydro Ingenieros*. Obtenido de <https://rhydroingenieros.com/blog/conoce-mas-acerca-de-hydrognomon>

Inundaciones, G. (27 de Enero de 2017). *info Inundaciones*. Obtenido de <https://infoinundaciones.com/noticias/cinco-rios-en-peligro-de-desborde/>

LearnArcGIS. (2020). *Modelos Digitales de Elevación (MDE)*. Obtenido de <http://www.esri.com/legal/copyright-trademarks>

Ley N° 29338. (2010). *Aprueban reglamento de la Ley N° 29338 Ley de los recursos Hídricos*. Obtenido de Ley de los recursos Hídricos: <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGGAE/DGGAE/ARCHIVOS/legislacion/LEGISLACION%202017/normas%20ambientales%20transversales/RECURSOS%20HIDRICOS/2.%20DS%20001-2010-AG.pdf>

- López, M. (12 de Febrero de 2017). *Mongabay*. Obtenido de sitio Web: <https://es.mongabay.com/2017/02/peru-lluvias-inundaciones-mar/>
- Meteored. (14 de Junio de 2019). *METEORED Tiempo.com*. Obtenido de <https://www.tiempo.com/noticias/actualidad/inundacion-problema-en-todo-el-mundo.html>
- MIDAGRE. (15 de Febrero de 2013). *Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego*. Obtenido de Autoridad Nacional del Agua identificó más de 400 zonas vulnerables ante inundaciones a nivel nacional: <http://www.ana.gob.pe/noticia/autoridad-nacional-del-agua-identifico-mas-de-400-zonas-vulnerables-ante-inundaciones-nivel>
- MTC. (2018). *Manisterio de Transporte y Comunicación*. Obtenido de Manual de hidrología, hidráulica y drenaje : http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf
- Núñez, M. (2017). *Escuela de Ingeniería y Medio Ambiente*. Obtenido de EIMA: <http://eimaformacion.com/como-elegir-el-tiempo-de-concentracion-adecuado/>
- ONU, N. (3 de Enero de 2020). *Noticias ONU Mirada global Historias Humanas*. Obtenido de <https://news.un.org/es/story/2020/01/1467501>
- Puicon, A. (2021). *Defensas ribereñas triptico*. Obtenido de EDOC: <https://qdoc.tips/defensas-ribereas-triptico-pdf-free.html>
- Rocha, A. (Setiembre de 2010). *Conferencia dictada en el IX Congreso Internacional de Obras de Infraestructura Vial, organizado por el Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG). Lima, setiembre 2010*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Arturo-Rocha-Felices-2/publication/268378317_CUAL_ES_EL_ANCHO_DE_UN_RIO_Y_SUS_IMPLICANCIAS_EN_EL_DISENO_DE_LAS_OBRAS_VIALES/links/58d70604458515337898377a/CUAL-ES-EL-ANCHO-DE-UN-RIO-Y-SUS-IMPLICANCIAS-EN-EL-DISENO-DE-L
- RPP. (Marzo de 2017). *RPP Noticia*. Obtenido de <https://rpp.pe/peru/lima/huaral-desborde-de-río-y-huaico-dejó-varias-familias-damnificadas-noticia-1037295?ref=rpp>

SENAMHI. (11 de Diciembre de 2018). *Nuevo mapa del SENAMHI permite conocer zonas inundables en el Perú*. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=prensa&n=885>

Vega, C. (28 de Marzo de 2017). *Entreculturas*. Obtenido de <https://www.entreculturas.org/es/content/con-peru-tras-las-inundaciones>

Watanabe, M. (2015). *Gestión del Riesgo de desastres en las América Latina*. Obtenido de <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc2564/doc2564-contenido.pdf>

Senamhi. (13 de Junio de 2019). *SPDA Actualidad Ambiental*. Obtenido de <https://www.actualidadambiental.pe/senamhi-peru-registro-10-episodios-de-sequias-severas-en-ultimos-37-anos/>

Hemerográficas:

(s.f.).

Coon, W. F. (1998). *Estimation of Roughness Coefficients for Natural Stream Channels with Vegetated Banks*. Obtenido de U.S. Geological Survey Water - Supply Paper 2441: <https://pubs.usgs.gov/wsp/2441/report.pdf>

CENEPRED. (16 de noviembre de 2020). *Centro Nacional de Estación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres*. Obtenido de Escenarios de riesgo para la temporada de lluvias 2020 – 2021, según el pronóstico de lluvia de enero - marzo 2021: [file:///C:/Users/fanta/Desktop/PROBLEMA/10274_escenario-de-riesgo-para-la-temporada-de-lluvias-2020-2021-segun-el-pronostico-de-lluvias-enero-marzo-2021-basado-en-el-informe-tecnico-n0-16-2020sena%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/fanta/Desktop/PROBLEMA/10274_escenario-de-riesgo-para-la-temporada-de-lluvias-2020-2021-segun-el-pronostico-de-lluvias-enero-marzo-2021-basado-en-el-informe-tecnico-n0-16-2020sena%20(1).pdf)

Chow, v. (1994). *Hidráulica de Canales Abiertos*. Obtenido de https://www.academia.edu/43519012/Ven_Te_Chow_HIDRAULICA_DE_CANAL_ES_ABIERTOS

Davila, S., & Celi, C. C. (1994). Estudio geodinámico de la cuenca del río Chancay - Huaral: Departamento de Lima. *Geología Ambiental*. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Lima, Perú. Obtenido de Instituto Geológico Minero y Metalúrgico:

https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/267/131/C-012-Boletin-Estudio_geodinamico_cuenca_rio_Chancay-Huaral.pdf

Ibáñez, S., Moreno, H., & Gisbert, J. M. (2017). *Valores del n° de curva*. Universidad Pontificie de Valencia, España. Obtenido de <file:///C:/Users/fanta/Desktop/TEORIA%20FALTANTE/Valores%20del%20n%C2%BA%20de%20curva.pdf>

Juárez, E., & Rico, A. (1974). *Mecánica de Suelo Tomo III Flujo de agua de suelo*. Obtenido de https://www.academia.edu/34972391/Mec%C3%A1nica_de_suelos_Tomo_III_Eulalio_Ju%C3%A1rez_Badillo_y_Alfonso_Rico_Rodr%C3%ADguez

Kastridis, A., & Stathis, D. (2020). Evaluación de modelos hidrológicos e hidráulicos aplicados en cuencas hidrográficas no calibradas típicas del mediterráneo mediante mediciones posteriores a crecidas repentinas. *Hidrología*. Universidad Aristóteles de Tesalónica, 54124 Salónica, Greci, Grecia. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2306-5338/7/1/12>

Ley de recursos Hídricos. (Setiembre de 2010). *Reglamento de Recursos Hídricos*. Obtenido de [esearchgate.net/profile/Arturo-Rocha-Felices-2/publication/268378317_CUAL_ES_EL_ANCHO_DE_UN_RIO_Y_SUS_IMPLICANCIAS_EN_EL_DISENO_DE_LAS_OBRAS_VIALES/links/58d70604458515337898377a/CUAL-ES-EL-ANCHO-DE-UN-RIO-Y-SUS-IMPLICANCIAS-EN-EL-DISENO-DE-LAS-OBRAS-VIAL](https://www.researchgate.net/profile/Arturo-Rocha-Felices-2/publication/268378317_CUAL_ES_EL_ANCHO_DE_UN_RIO_Y_SUS_IMPLICANCIAS_EN_EL_DISENO_DE_LAS_OBRAS_VIALES/links/58d70604458515337898377a/CUAL-ES-EL-ANCHO-DE-UN-RIO-Y-SUS-IMPLICANCIAS-EN-EL-DISENO-DE-LAS-OBRAS-VIAL)

Mendoza . (2016). *Aquabook*. Obtenido de Partes de una cuenca hidrográfica: http://aquabook.agua.gob.ar/378_0

MHHD. (2012). *Manual Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. Obtenido de Ministerio de Transportes y Comunicaciones,: <file:///C:/Users/fanta/Desktop/TEORIA%20FALTANTE/MTC.pdf>

Minan. (1999). *ASTER GDEM*. Obtenido de Mapa de cobertura Aster : http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/download_raster.aspx

Ministrerio del Ambiente. (2014). *Modelamiento Hidrológico de la cuenca Chanchay - Huaral: Aplicando el modelo WEAP*. Ministerio del Ambiente del Perú, Huaral .

Obtenido de file:///C:/Users/fanta/Desktop/Modelamiento-hidrol%C3%B3gico-de-la-cuenca-Chancay-Huaral-aplicando-el-modelo-WEAP-2014.pdf

ofEngineers, U. A. (2016). *HEC-RAS River Analysis System. Hydraulic Reference Manual.*


Salazar, C., Hallack, M., Lopez, A., & Magaray, A. (2018). Modelación hidrológica e hidráulica de un río intraurbano de una cuenca transfronteriza con el apoyo del análisis regional de frecuencias. *Artículo.* Universidad de Baja California, Mexico, Mexico.

SNIRH. (2015). *GENERACIÓN DEL MAPA TEMÁTICO DE CURVA NÚMERO (CN).*

Obtenido de Autoridad Nacional de Agua:
file:///C:/Users/fanta/Desktop/TEORIA%20FALTANTE/pdfcoffee.com_an-a-curva-numero-2015-4-pdf-free.pdf

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

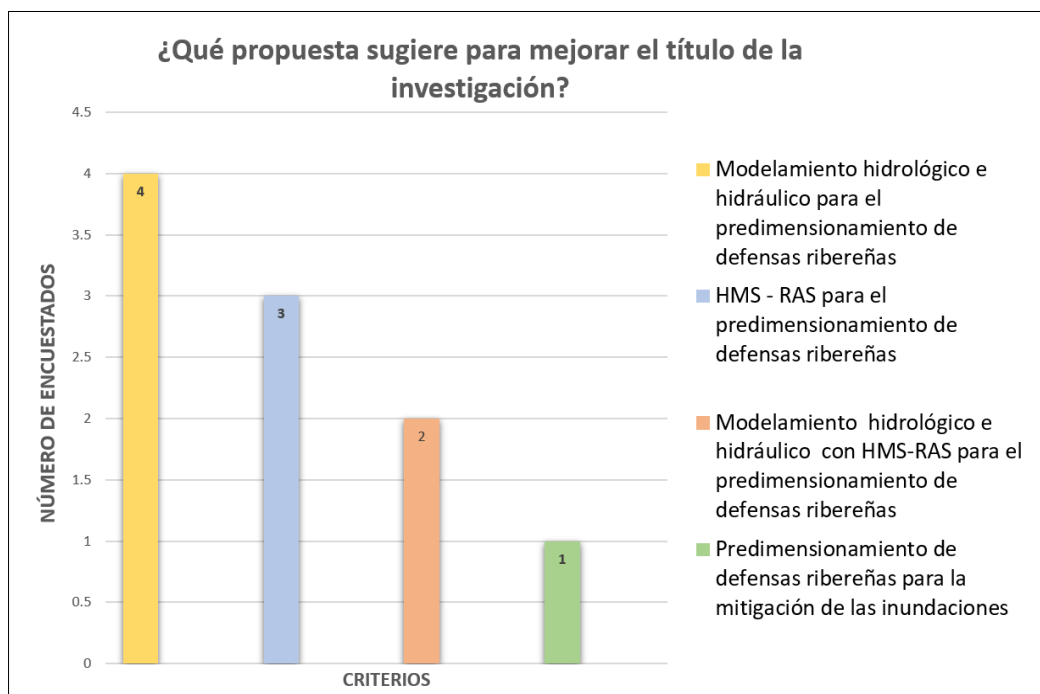
 USMP SAN MARTÍN DE PORRES FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		MATRIZ DE CONSISTENCIA					
Título de Investigación		MODELAMIENTO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL PRE DIMENSIONAMIENTO DE DEFENSAS RIBEREÑAS DEL TRAMO 8+000 A 14+080 KM DEL RÍO CHANCAY- PROVINCIA DE HUARAL- DEPARTAMENTO - LIMA					
Elaborado por:		Cabrera Pedroza, Leldy Guzman Aurtó, Giancarlo Octavio					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE INDEPENDIENT	VARIABLES		METODOLOGÍA	
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENT	DIMENSIONES	INDICADORES	DISEÑO	
¿En qué medida influye el modelamiento hidrológico e hidráulico en el pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral- departamento Lima?	Elaborar el modelamiento hidrológico e hidráulico para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral - departamento Lima.	El modelamiento hidrológico e hidráulico influyen en la precisión del pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral - departamento Lima.	Pre dimensionamiento de defensas ribereñas	Delimitación de las subcuencas	Áreas de influencia	Tipo: Aplicada	
				La determinación de las precipitaciones máximas a diferentes tiempos de retorno	Laminas de agua	Enfoque: Cuantitativo	
				La determinación de las descargas máximas en 24 horas para diferentes tiempo de retorno	Caudales	Nivel: Descriptivo y Explicativo	
				Secciones transversales	Planos topográficos	Diseño: No experimental	
				Parámetros geotécnicos	Ángulo de fricción	POBLACIÓN Y MUESTRA	
Niveles de río	Alturas o tirantes	Población: Cauce del río Chancay Huaral del km. 000 + 150.00					
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	MUESTRA	
¿En que medida influye el procesamiento de la topografía de la cuenca para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas del tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral - departamento Lima?	Realizar el levantamiento topográfico del cauce para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas del tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral - departamento Lima.	El procesamiento de la topografía de la cuenca incide en la exactitud para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas del tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral - departamento Lima.	Modelamiento hidrológico e hidráulico	Topografía de la cuenca	Curva de nivel	Muestra : El tramo del río Chancay Huaral del Km 8+000 al 14+080	
¿En qué medida influye el análisis de frecuencia de las precipitaciones máximas en 24 horas para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas del tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral departamento Lima?	Realizar el análisis de frecuencia de las precipitaciones máximas en 24 horas para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas del tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral - departamento. Lima	El análisis de frecuencia de las precipitaciones máximas en 24 horas incide directamente en el pre dimensionamiento de defensas ribereñas del tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral - departamento Lima.		Modelamiento Hidrológico	Frecuencia de las precipitaciones	Láminas de precipitaciones	INSTRUMENTOS ArcGis Hyfran Hec-Hms Hms-Ras Google Earth Pro Microdof Excel Ley de Recursos Hídricos
¿En que medida influye el modelamiento hidrológico para pre dimensionamiento de defensas ribereñas del tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral - departamento Lima?	Realizar el modelamiento hidrológico para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas del tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral - departamento Lima.	El modelamiento hidrológico influye en la precisión del pre dimensionamiento de defensas ribereñas del tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral - departamento Lima.		Modelamiento hidrológico	Modelamiento hidrológico	Modelamiento hidrológico	PROCEDIMIENTO
¿En que medida influye el levantamiento topográfico del cauce para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el del tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay -provincia Huaral- departamento Lima?	Realizar el procesamiento de la topografía de la cuenca para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el del tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay -provincia Huaral- departamento Lima	El levantamiento topográfico del cauce incide en una mayor aproximación para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el del tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay -provincia Huaral- departamento Lima		Topografía del cauce	Secciones transversales	1. Recopilación de datos topográficos , hidrológicos y meteorológicos. 2. Delimitación de zona de estudio. 3. Calicatas y toma de muestra procesada en laboratorio. 4. Análisis de precipitaciones. 5. Formulación de los modelos hidrológicos e hidráulicos. 6. Propuesta de pre dimensionamiento de las defensas en base a las simulaciones. 7. Redacción de los resultados. 8. Elaboración de las conclusiones y recomendaciones.	
¿En que medida influye el estudio de mecánica de suelos para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral - departamento de Lima?	Realizar el estudio de mecánica de suelos para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral - departamento de Lima.	El estudio de mecánica de suelos influye directamente para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral - departamento de Lima.		Modelamiento Hidráulico	Mecánicas de suelos	Curva granulométrica	
¿En que medida influye la modelación hidráulica para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral - departamento de Lima?	Realizar una modelación hidráulica para el pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral - departamento de Lima.	La modelación hidráulica influye en el pre dimensionamiento de defensas ribereñas en el tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay - provincia Huaral - departamento de Lima.	Modelación hidráulico	Modelación hidráulico	Profundidad de socavación		

Anexo 2: Encuestas llevada a cabo a expertos

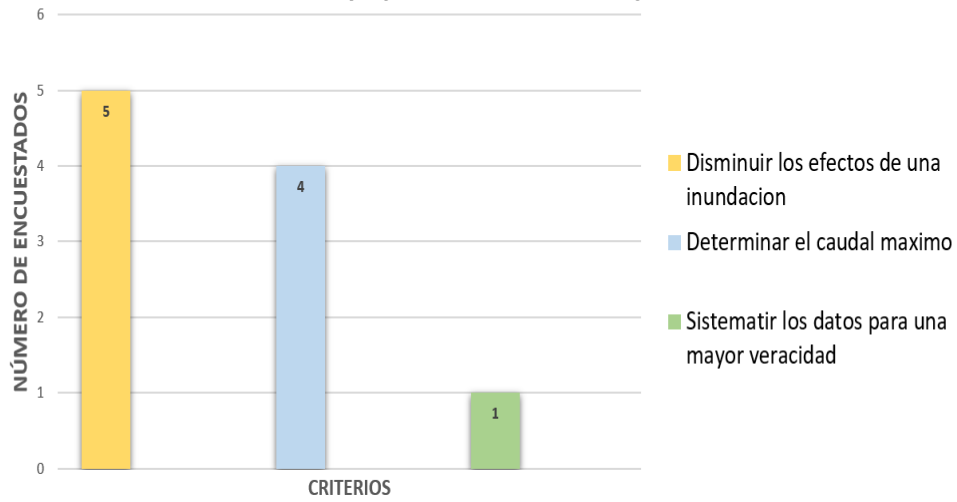
Apellidos y Nombres

De los 10 expertos

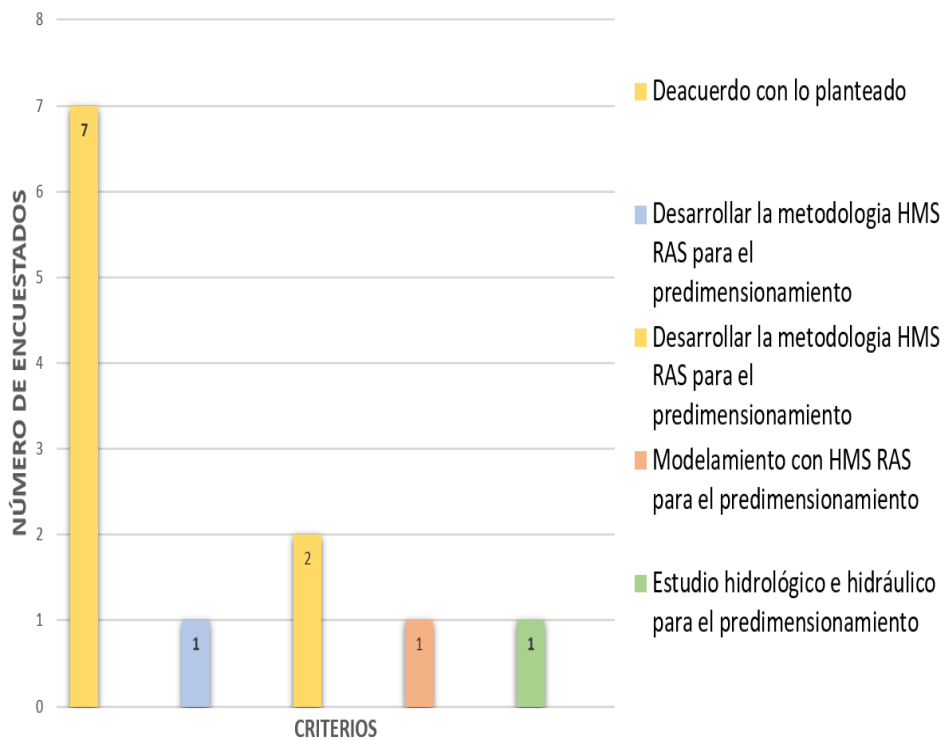
Rojas Asto, Johnny Samuel
García Bodoia, Felipe Edgardo
Reynoso Jibaja, Jaime Edilberto
Fano Mirando, Gonzalo Ramces
Moncada Martos, Manuel Alejandro
Tomana Yovera, Ricardo Adrián
Zelaya Jara, Victor Antonio
Ramirez Herrera, Rubén Darío
Paz Zagaceta, Fernando
Pinedo Delgado, Jorge



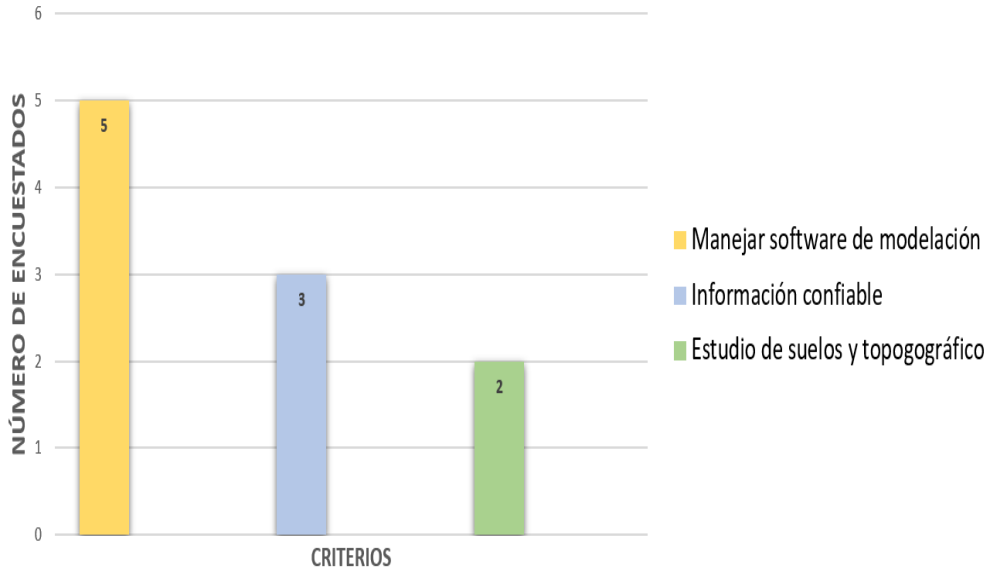
¿Cual es la Importancia del modelamiento hidrológico e hidráulico para el predimensionamiento de defensas ribereñas en el tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay – provincia de Huaral - departamento de Lima?



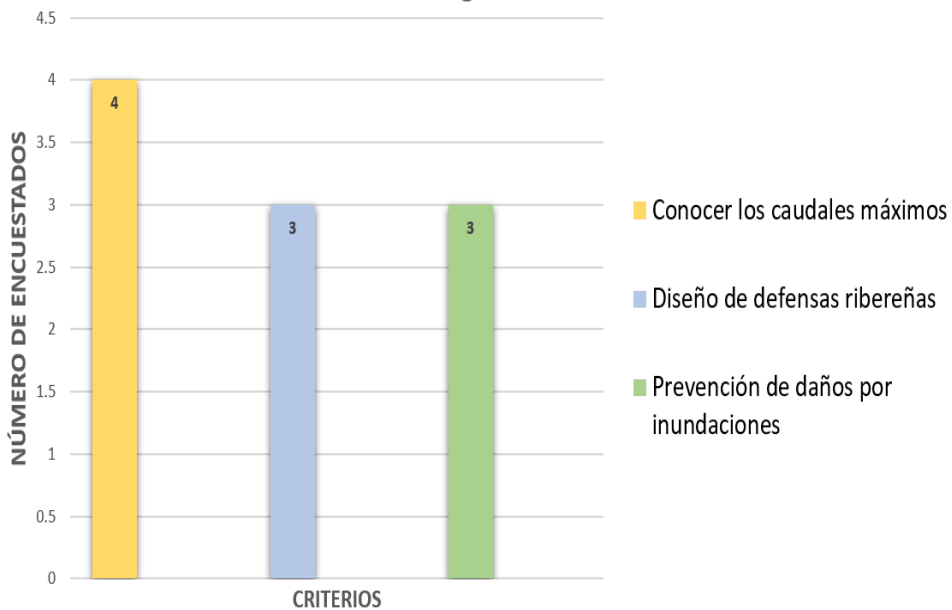
¿Qué objetivos se podrían plantear en esta investigación?

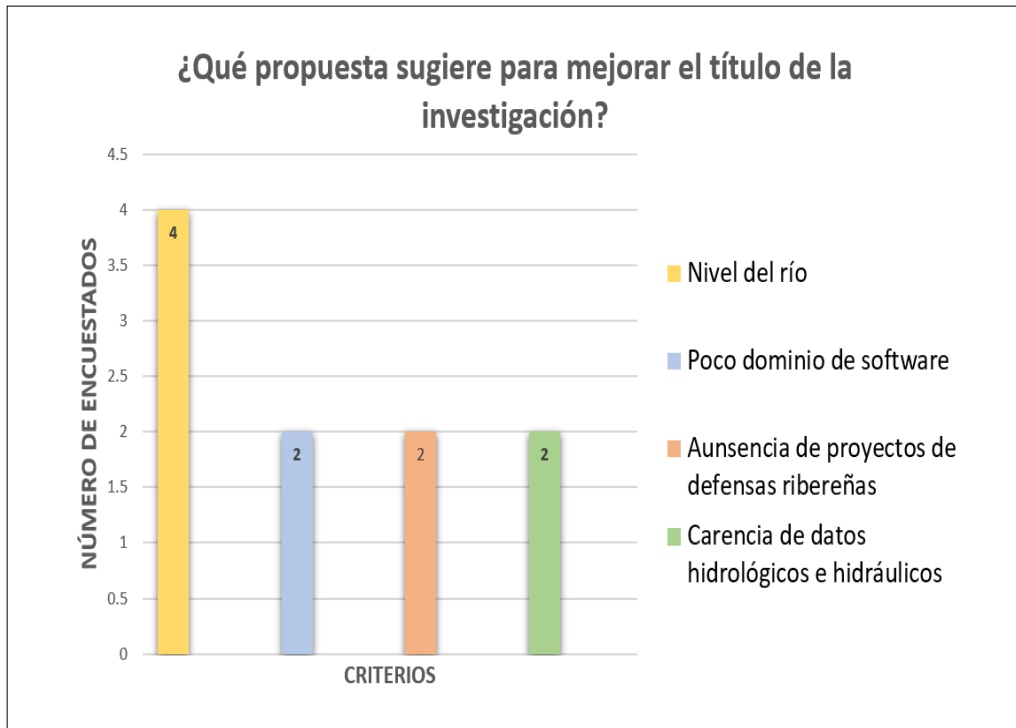


¿Qué aspectos se deben de tener en cuenta en el estudio de modelamiento hidrológico e hidráulico para el predimensionamiento de defensas ribereñas en el tramo 8+000 a 14+080 km del río Chancay – provincia de Huaral - departamento de Lima?



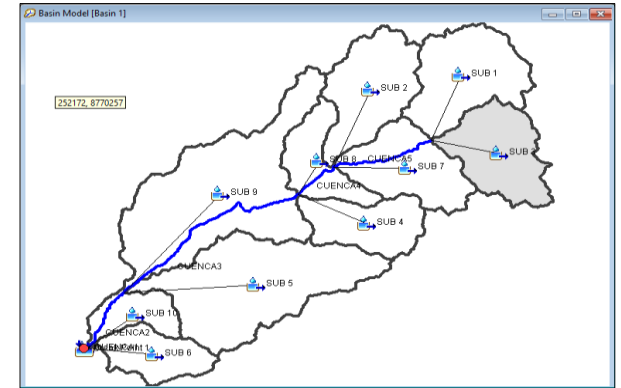
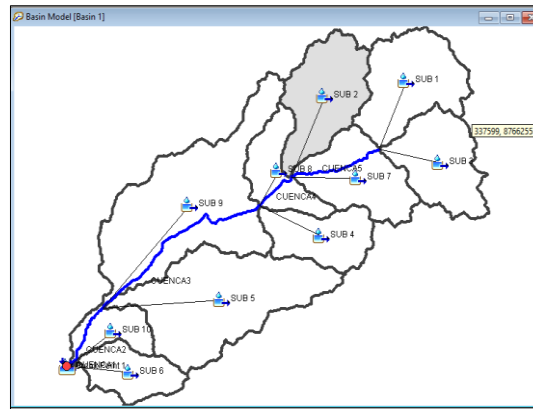
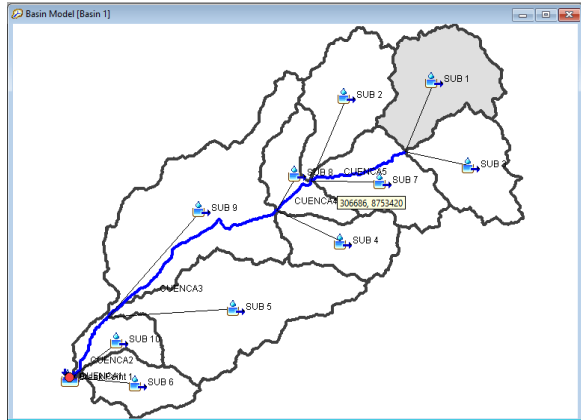
¿Cuáles serían los beneficios o aportes que se esperan de esta investigación?

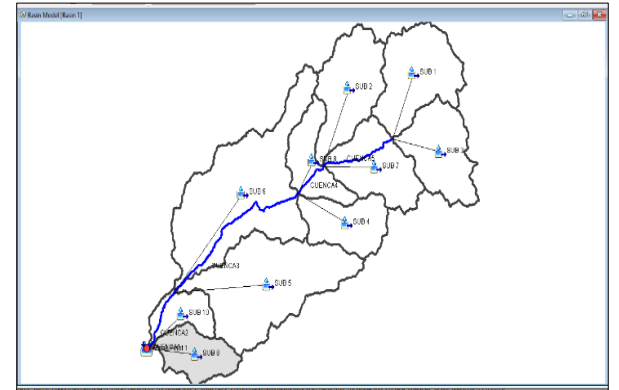
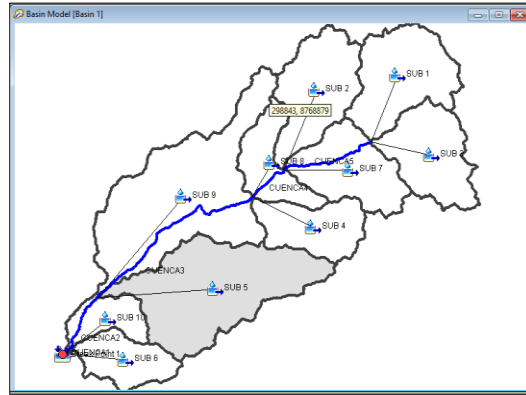
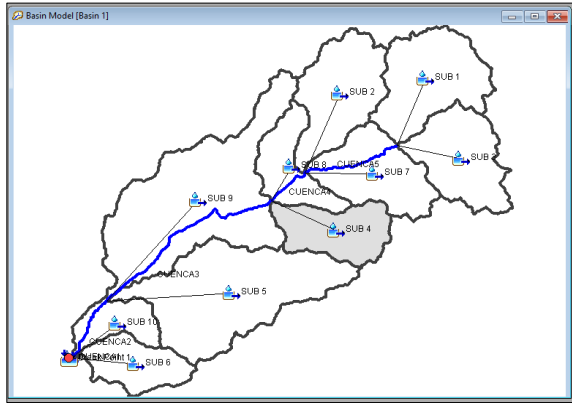


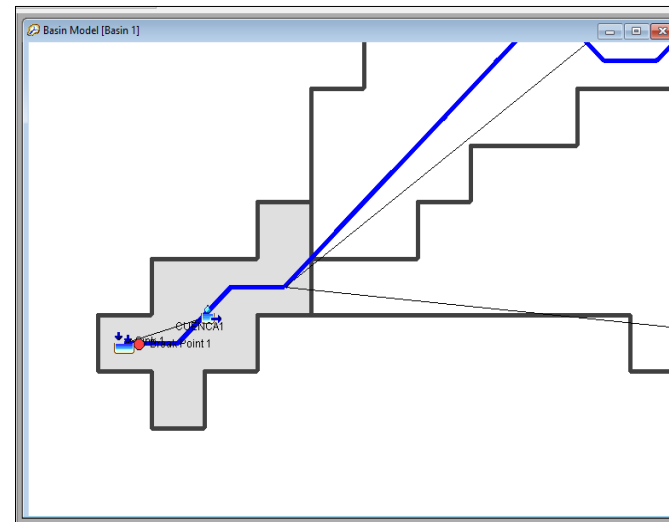
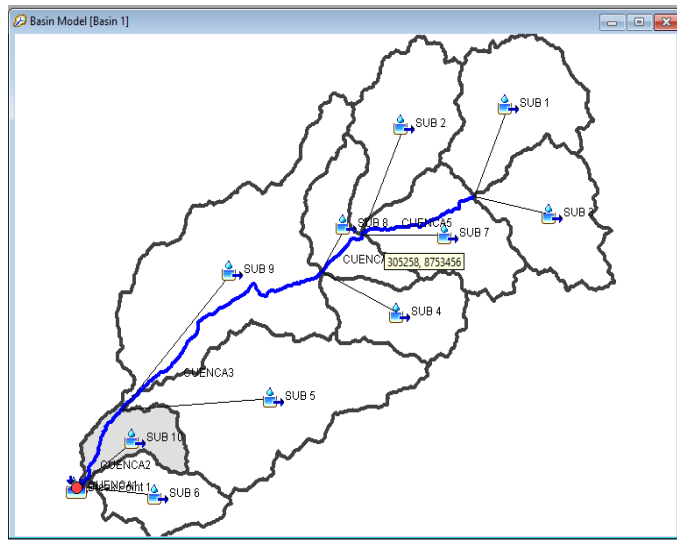
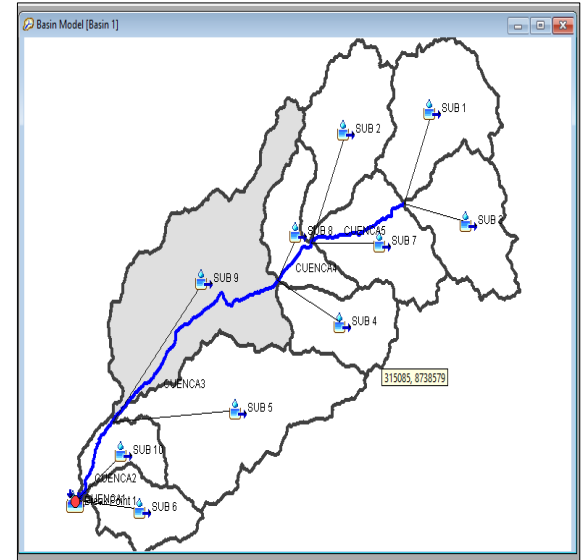
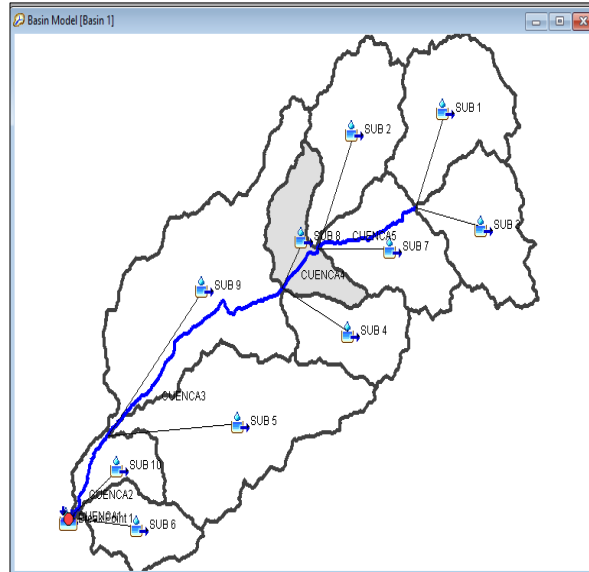
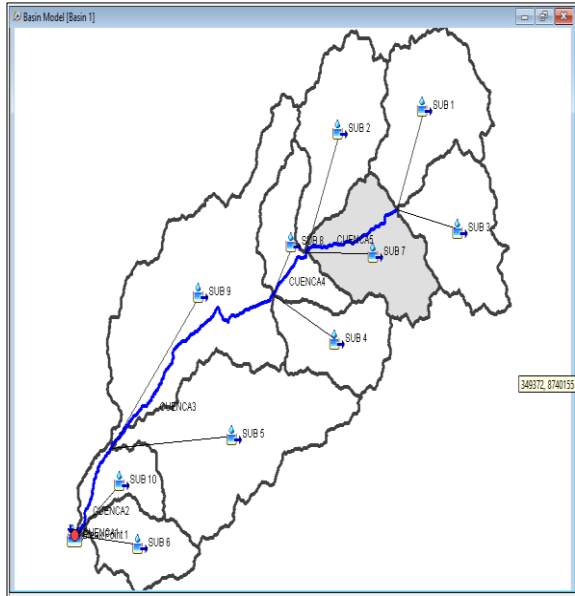


Mano de obra: Influencia del personal Involucrado	Personal con poca capacitación en el manejo de HMS RAS y migración de la población a zonas de las fajas marginales
Maquinaria: Influencia de las Herramientas y softwares utilizados en el diseño	No se dispone de ordenadores con buen procesador
Medición: Norma a tener en cuenta	No se toma en cuenta la ley de recursos hídricos
Medio Ambiente	Lluvias intensas y falta de cuidado de los recursos hídricos
Materia Prima	Base de datos del SENAMHI inconsistentes e incompletos
Método	Falta de utilización de métodos de cálculos exactas y utilización de metodos inexactos que conducen a resultados erróneos

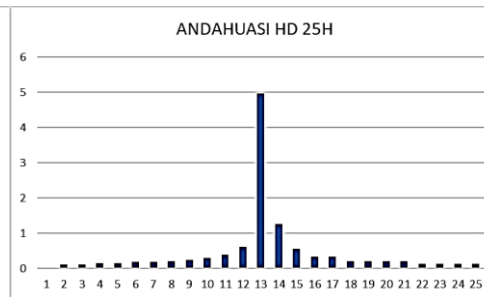
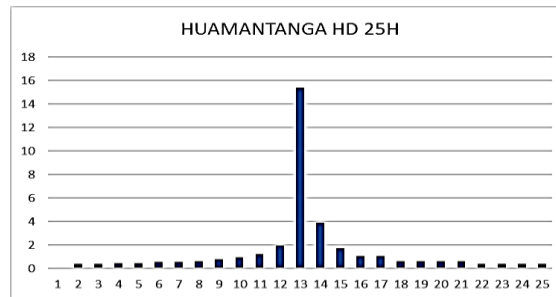
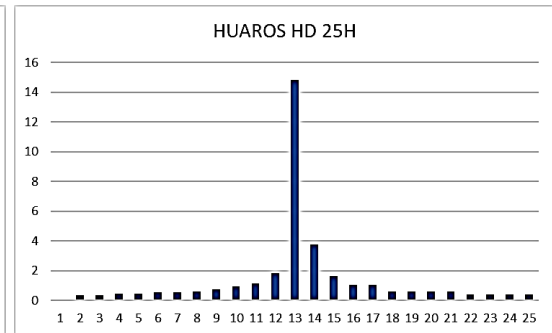
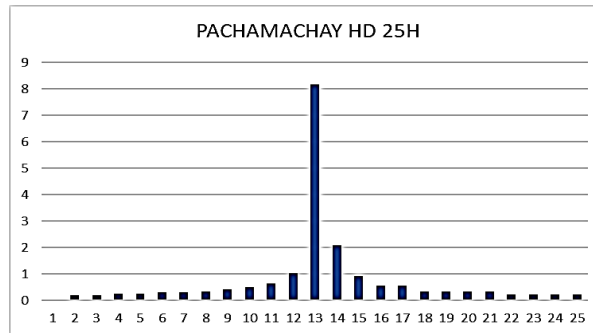
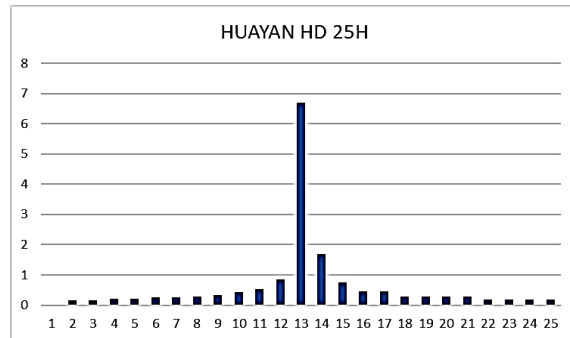
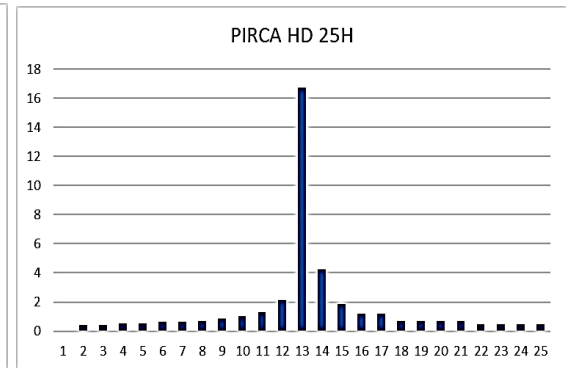
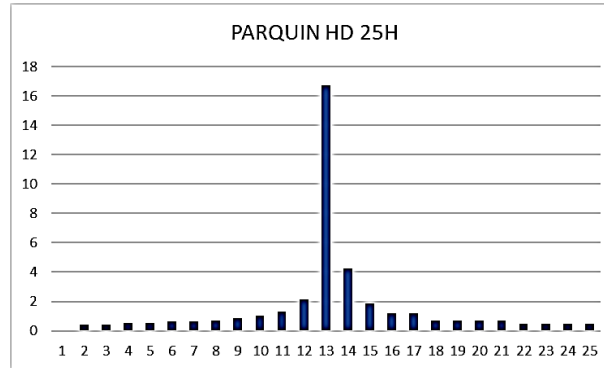
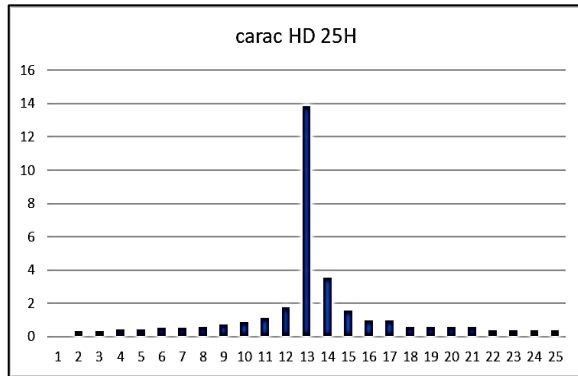
Anexo 3: Las Once Subcuencas delimitadas

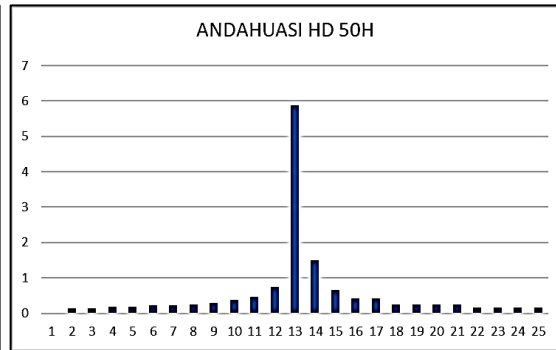
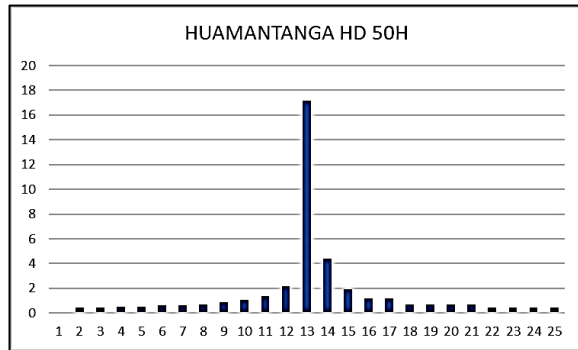
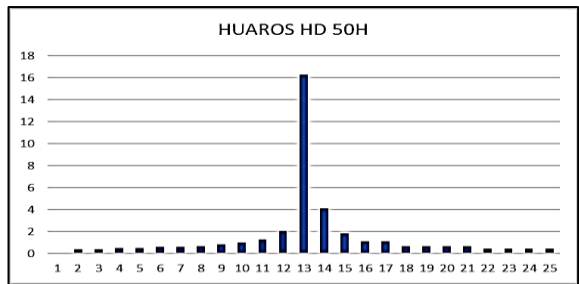
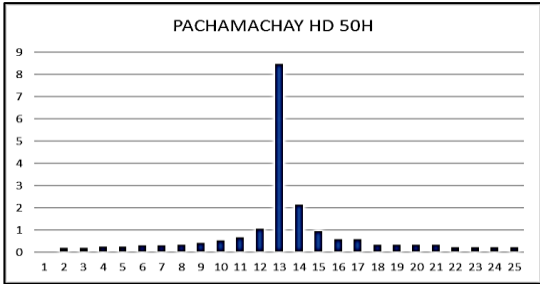
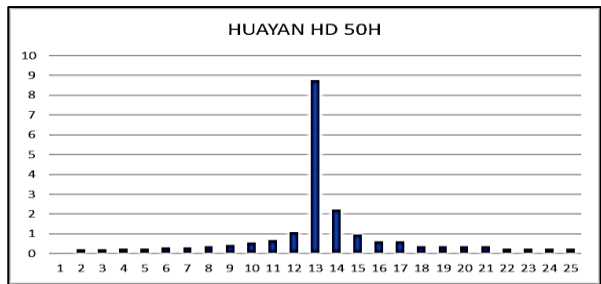
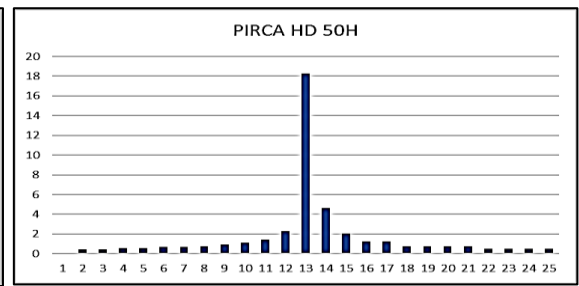
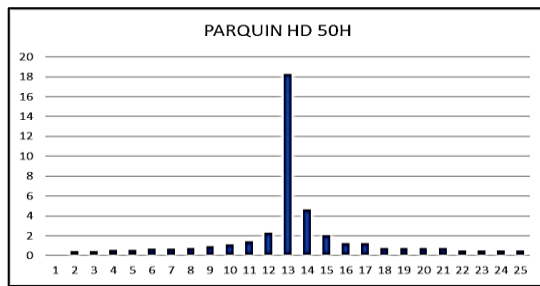
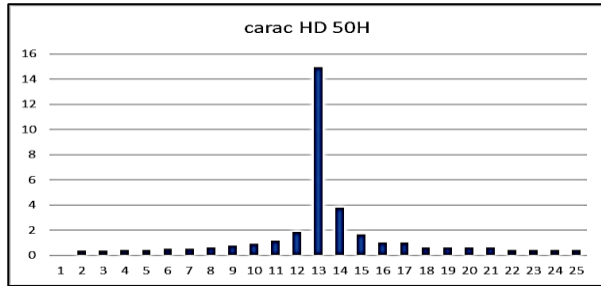


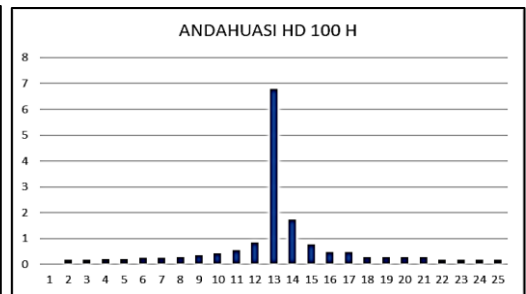
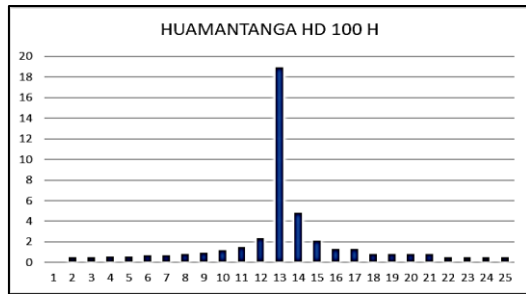
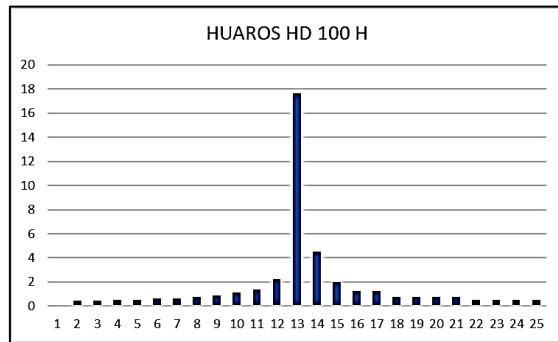
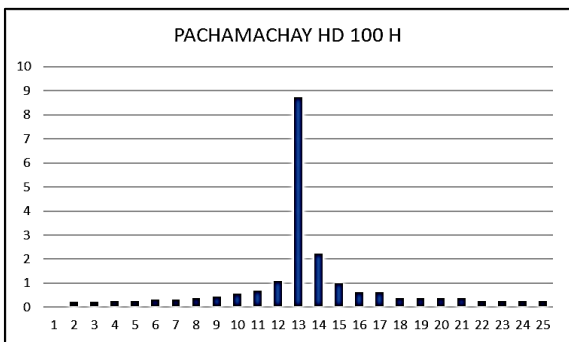
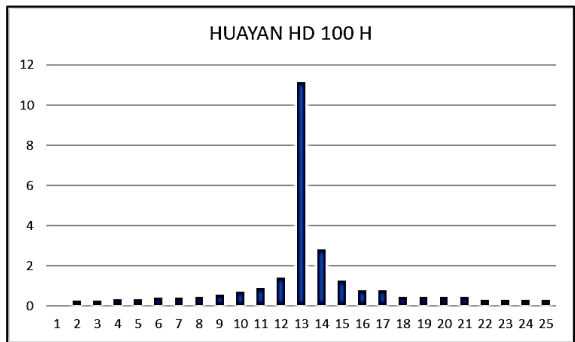
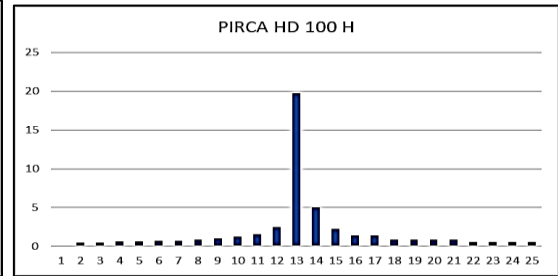
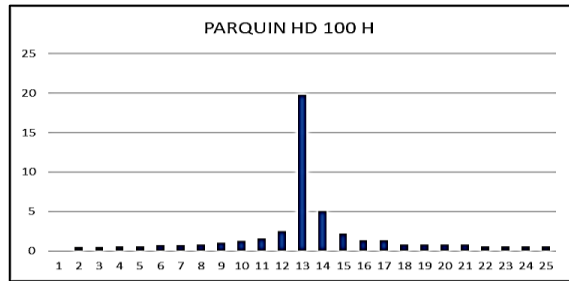
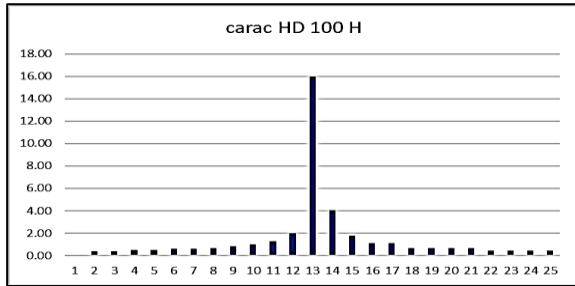


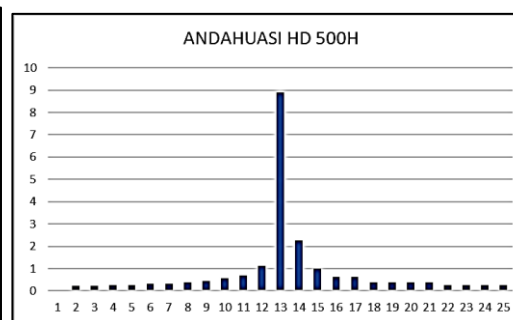
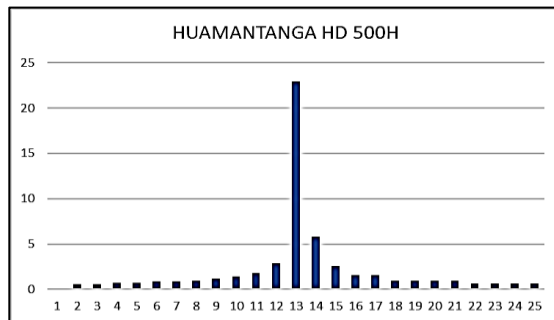
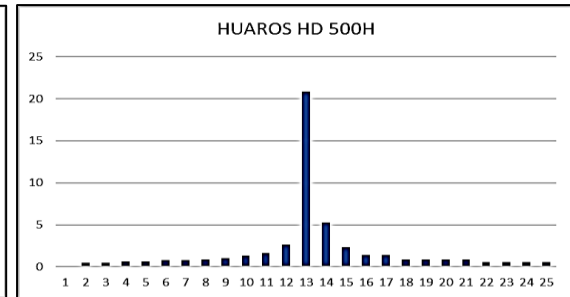
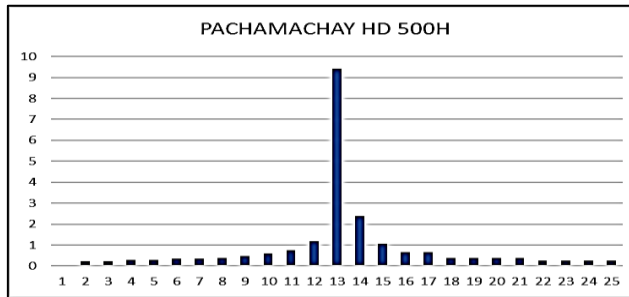
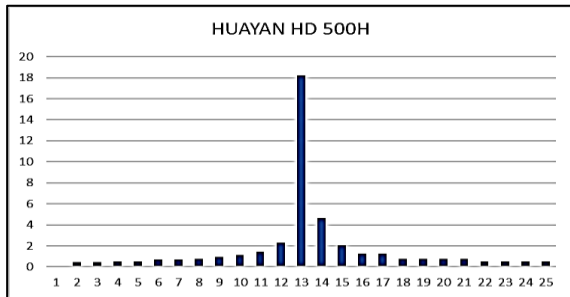
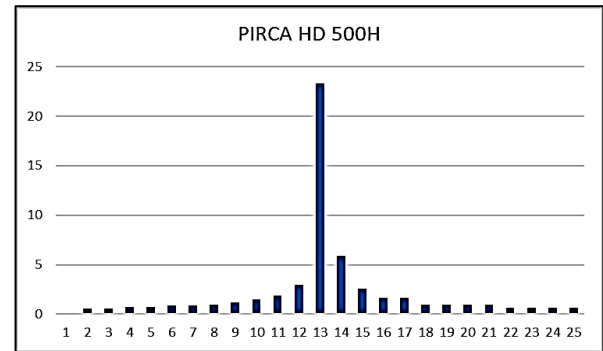
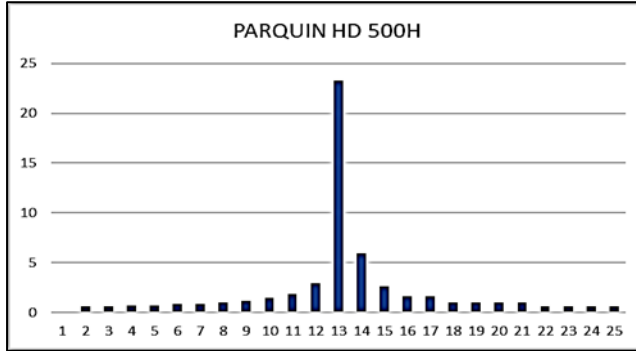
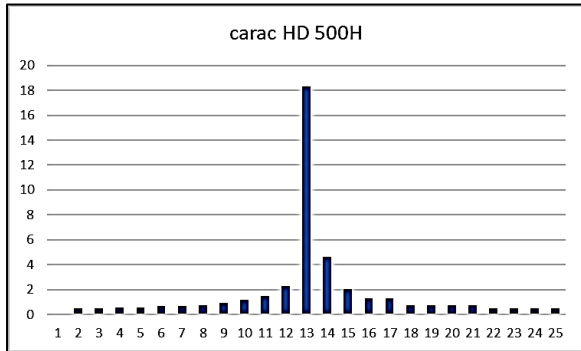


Anexo 4: Hietogramas de las estaciones de la cuenca Chancay







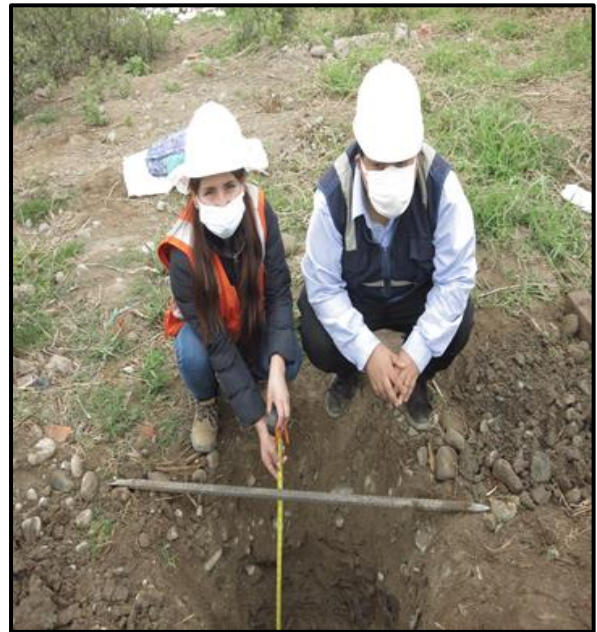


Anexo 5: Certificados

calibración de los equipos usados en el laboratorio de suelos










Anexo 6: Certificado de estación total



Año: 2021
N° Certificado: 000.22800

Ciliente: NJL TOPOGRAFIA INGENIERIA SAC
Instrumento: ESTACION TOTAL
Fecha de Calibración: 20/08/2021
Proxima Calibración: 20/03/2022

DNI / RUC: 20603241054
Marca: LEICA
Modelo: TS06 PLUS
Serie: 1358906

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SEGUN FABRICANTE

Precisión del EDM		Compensador centralizado de cuádruple eje:	
0m - 500m :	2mm + 2ppm	dos ejes:	colimación Hz
>500m :	3mm+ 2ppm	dos ejes:	índice vertical
Abertura libre del objetivo:	40mm	Resolución nivel electrónico:	3"
Telescopio imagen directa:	30x	Plomada Optica:	
Lectura mínima	1"/5"	Precisión	1,5mm a 1.5m de altura
Precisión angular	3"	Diámetro	2,5mm a 1.5m de altura

AJUSTE DEL EQUIPO

ESTADO VISIBLE DEL EQUIPO

Color OK
Limpieza OK
Estado físico/mecánico OK

PANEL DE CONTROL

Leyenda de teclado OK
Condición física OK
Funciones de teclado OK

MECÁNICA DEL EQUIPO

Rotación horizontal OK
Rotación EDM OK

BASE NIVELANTE

Nivel esférico OK
Tornillos nivelantes OK
Condición física/mecánica OK

REVISIÓN

Puntero laser OK	Doble centro OK
Plomada laser OK	Error vertical OK
Perpendicularidad OK	Error horizontal OK

PATRÓN DE MEDIDAS ANGULARES

Ángulo Hz	00° 00' 00"	Rot-Der	180° 00' 00"
Ángulo V	90° 00' 00"	Rot-Der	270° 00' 00"
Ángulo de elevación	60° 00' 00"	Depresión	120° 00' 00"

VALORES ANGULARES INICIALES LEÍDOS EN EL INSTRUMENTO

Ángulo Hz	00° 00' 00"	Rot-Der	180° 00' 02"
Ángulo V	90° 00' 00"	Rot	269° 59' 59"
Muñones V	60° 00' 00"	Rot	300° 00' 01"
Muñones Hz	00° 00' 00"	Rot	179° 59' 58"

EL INSTRUMENTO SE ENCUENTRA REVISADO, CALIBRADO, AJUSTADO Y VERIFICADO. SE TOMÓ COMO REFERENCIA EL ESTÁNDAR DE LA NORMA ISO 17123 "OPTICS AND OPTICAL INSTRUMENT", POR LA CUAL SE GARANTIZA SU CORRECTO Y NORMAL FUNCIONAMIENTO.

VALORES ANGULARES A CORREGIR

Angulo Hz	00° 00' 02"
Vertical V	00° 00' 01"
Muñones V	00° 00' 01"
Muñones Hz	00° 00' 02"

PRECISIÓN ANGULAR

	Grados °	Minutos '	Segundos "
+	00°	00'	3
-	00°	00'	3

VALORES ANGULARES FINALES LEÍDOS EN EL INSTRUMENTO

Angulo Hz	00° 00' 00"	Rot-Der	180° 00' 01"
Angulo V	90° 00' 00"	Rot	270° 00' 01"
Muñones V	60° 00' 00"	Rot	300° 00' 01"
Muñones Hz	00° 00' 00"	Rot	180° 00' 01"

DESVIACIÓN ANGULAR FINAL

Δ	+01"
Δ	+01"
Δ	+01"
Δ	+01"

Av. Tomas Marzano 1623 - Surquillo - Lima, Celular: #985017432, jdamaian@aydtopografia.com.pe, www.aydtopografia.com.pe

REVISIÓN DE DISTANCIÓMETRO

Distancia inicial (m)	Distancia patrón (m)	Error a Corregir (mm)	Distancia Final (m)	Desviación Final
60,369	60,370	+1	60,369	-1 mm
120,011	120,012	+1	120,011	-1 mm
200,936	200,937	+1	200,936	-1 mm

CONDICIONES AMBIENTALES DE LABORATORIO

Temperatura: 23°C con variación +/- 1°C
 Presión atmosférica: 749 mmHg con variación de +/- 0.5 mmHg
 Humedad relativa: 67%

OBSERVACIONES: Por medio de la presente certificamos que el producto descrito ha sido verificado y cumple con las especificaciones establecidas por el fabricante detallado en el manual de usuario. Los resultados del presente documento, son validos únicamente para el equipo calibrado y se refieren al momento y condiciones ambientales en que fueron ejecutadas las mediciones.

TRAZABILIDAD DE LA VERIFICACIÓN

Equipo utilizado como patrón:

Set de Colimadores, Marca SANZHUN F420-3; Serie N° JD151731
 Teodolito Mecánico WILD-T1A, Serie N°95453.
 Nivel Automático Leica NAK2, Serie N°568218.
 Micrómetro de placas paralelas Sokkia OM5, con Serie N° 7001660.

Colimador SANZHUN F420-3; con Telescopios de 32x cuyo retículo esta enfocado al infinito, el grosor de sus trazos esta dentro de 1", consta de 03 tubos cada uno con doble retículo en plataforma fija, con distancia de enfoque infinito, distancia focal de 550mm, apertura efectiva de 55mm y 3" de campo de visión, es revisado periodicamente con un Teodolito WILD-T1A precisión 1", con método de lectura directa-inversa y refrendado con un Nivel Automático Leica Modelo NAK2 de 32x con Micrómetro de Placas Paralelas de Precisión 0.5mm nivelación doble de 1km.

NOTA:

- 1.- ANTES DE SALIR DE OFICINA ESTE EQUIPO HA SIDO REVISADO, SE ENCUENTRA EN PERFECTO ESTADO Y FUNCIONAMIENTO.
- 2.- EL CLIENTE ES RESPONSABLE DEL TRANSPORTE DEL INSTRUMENTO Y USO DEL CERTIFICADO.
- 3.- AYD TOPOGRAFIA SAC NO SE RESPONSABILIZA DE LOS PERJUICIOS QUE PUEDA OCASIONAR EL USO INADECUADO DEL INSTRUMENTO VERIFICADO.
- 4.- AYD TOPOGRAFIA SAC NO SE RESPONSABILIZA POR POSIBLES DAÑOS CAUSADOS POR MALA MANIPULACION Y/O TRANSPORTE INAPROPIADO DEL INSTRUMENTO. EL CLIENTE ES RESPONSABLE DEL CUIDADO Y USO ADECUADO DEL EQUIPO.

AYD TOPOGRAFIA S.A.C.

 JUAN ALVAREZ, JUAN CESAR
 GERENTE GENERAL
 Dni. 41017734

Anexo 7: Secciones transversales cauce del Río Chancay Huaral

