

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



TESIS

“Análisis fluvial y geomorfológico en la erosión del río Apurímac, para la propuesta de defensa ribereña en el balneario turístico de Ccónoc-Curahuasi, 2019.”

Presentado por:

Bach. EDWIN ALARCÓN HUILLCA

Bach. RODRIGO ALARCÓN HUILLCA

Para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Abancay – Apurímac – Perú

2022

Tesis

“Análisis fluvial y geomorfológico en la erosión del río Apurímac, para la propuesta de defensa ribereña en el balneario turístico de Ccónoc-Curahuasi, 2019.”

Línea de investigación:

Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible.

Asesor:

Mag. Sc. Ángel Maldonado Mendivil



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“ANÁLISIS FLUVIAL Y GEOMORFOLÓGICO EN LA EROSIÓN DEL RÍO
APURÍMAC, PARA LA PROPUESTA DE DEFENSA RIBEREÑA EN EL BALNEARIO
TURÍSTICO DE CCÓNOC, CURAHUASI 2019.”

Presentado por los, **Bach EDWIN ALARCÓN HUILLCA** y **Bach RODRIGO
ALARCÓN HUILLCA** para optar el título profesional de: Ingeniero Civil.

Sustentado y aprobado el **22** de **diciembre** de **2022**, Ante el jurado:

Presidente: Mg. Calixto Cañari Otero

Primer miembro: Ing. Holguer Cayo Baca

Segundo miembro: Ing. Cristhian Martínez Huamán

Asesor: Mag. Sc. Ángel Maldonado Mendivil

Dedicatoria

A mis padres, Cristóbal Alarcón Carrasco, Felipa Huillca Alegría, mis hermanos Rodrigo y Sofía.

A mi hermano, Nilo A. H. que descansa en paz.

Ustedes son el motivo a nunca rendirme.

Edwin

A Dios, mis antepasados, mis padres Cristóbal y Felipa y mis hermanos que gracias a la unión de ellos llegué hasta esta etapa de la vida.

Rodrigo

Agradecimientos

A Dios, quien me fortalece a continuar con mis metas.

A mis padres y hermanos, por vuestro apoyo incondicional.

A mi asesor, Ing. Ángel Maldonado Mendivil.

Edwin

A Dios, por permitirme la existencia.

A mi familia, por ser el soporte esencial en esta lucha de logros.

Al asesor, por guiar en las adversidades de esta tesis.

A los docentes que fueron los pilares de aporte con su sabiduría para nosotros.

Rodrigo

Índice de Contenidos

Portada	i
Post Portada	ii
Página de Jurado	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos	v
Índice de Contenidos	vi
Índice de Tablas	x
Índice de Figuras	xii
Índice de Gráficos	xiv
Índice de Ecuaciones	xv
Acrónimos	xvii
Resumen	xxiv
Abstract	xxv
Introducción	xxvi
1. Capítulo I Planteamiento del Problema	1
1.1. Realidad Problemática	1
1.2. Planteamiento del Problema	4
1.2.1. Problema General	4
1.2.2. Problemas Específicos	4

1.3.	Justificación de la Investigación	5
1.4.	Objetivos de la Investigación.....	8
1.4.1.	Objetivo General	8
1.4.2.	Objetivos Específicos	8
1.5.	Delimitación de la Investigación	8
1.5.1.	Espacial.....	8
1.5.2.	Temporal	9
1.5.3.	Social	9
1.5.4.	Conceptual	9
1.6.	Viabilidad de la Investigación	9
1.7.	Limitaciones	9
2.	Capítulo II Marco Teórico	11
2.1.	Antecedentes de Investigación	11
2.1.1.	A Nivel Internacional	11
2.1.2.	A Nivel Nacional	14
2.1.3.	A Nivel Regional y Local	16
2.2.	Bases Teóricas	17
2.2.1.	Influencia de la Avenida de Caudal Máximo	17
2.2.2.	Influencia de la Socavación en Curvas	29
2.2.3.	Influencia de sedimentación.....	36

2.3.	Marco Conceptual	38
2.3.1.	Transportes Fluviales	38
2.3.2.	Erosión en Masa - los Flujos	39
2.3.3.	Sistemas Fluviales	39
2.3.4.	Erosión en las Curvas	40
2.3.5.	Pendiente	40
2.3.6.	Estudio de Mecánica de Suelos (EMS)	40
2.3.1.	Hidráulica	41
3.	Capítulo III Metodología de la Investigación	44
3.1.	Hipótesis	44
3.1.1.	Hipótesis General.....	44
3.1.2.	Hipótesis específicas.....	44
3.2.	Método	45
3.3.	Tipo de Investigación	46
3.4.	Nivel o Alcance de Investigación.....	46
3.5.	Diseño de Investigación	47
3.6.	Operacionalización de Variables.....	48
3.7.	Población, Muestra y Muestreo.....	50
3.7.1.	Población	50
3.7.2.	Muestra	51

3.7.3. Muestreo	52
3.8. Técnicas e instrumentos	53
3.8.1. Técnicas.....	53
3.8.2. Instrumentos	54
3.9. Consideraciones Éticas.....	54
4. Capítulo IV Resultado y Discusión.....	56
4.1. Resultados	56
4.1.1. Resultados Hidrológicos.....	56
4.1.2. Resultados Hidráulicos.....	67
4.1.3. Resultados de Sedimentación.....	77
4.1.4. Resultados de Socavación.....	81
4.1.5. Resultados de Espigones.....	87
4.2. Discusión de Resultados.....	93
Conclusiones	96
Recomendaciones.....	98
Referencia	100
Web Grafía – Link Grafía.....	104
Anexos.....	105
Anexo 1: Panel Fotográfico.....	105
Matriz de Consistencia	106

Índice de Tablas

Tabla 1	Valores de período de retorno T (Años).....	23
Tabla 2	Función de distribución de probabilidad, para la prueba de Kolmogorov - Smirnov	26
Tabla 3	Guía para la selección de periodo de retorno.....	28
Tabla 4	<i>Sección estable del cauce (B)</i>	31
Tabla 5	Operacionalización de las variables, en función de fluvial y geomorfológica, erosión del río.....	49
Tabla 6	Codificación de la unidad hidrográfica.....	60
Tabla 7	Resumen de la cuenca Ccónoc de los cálculos geomorfológicos...	61
Tabla 8	Coordenadas UTM de escurrimiento.....	63
Tabla 9	Estación hidrográfica puente Cúnyac, del periodo 2009 – 2019.	64
Tabla 10	Los caudales considerados son 100 y 500 años en el río Apurímac de los modelos obtenidos.	66
Tabla 11	Caudales máx. y su tiempo retorno.....	67
Tabla 12	Determinación del coeficiente de Manning para el cauce.	69
Tabla 13	Logaritmo Pearson Tipo III, prueba con Kolmogorov Smirnov.	70
Tabla 14	Caudales tomados para el modelado.....	77
Tabla 15	Cálculo de las características hidráulicas, por el método de Einstein, parte 1.....	78
Tabla 16	Cálculo de las características hidráulicas, por el método de Einstein, parte 2.....	78

Tabla 17	Cálculo de transporte de sedimentos, sección 1.....	79
Tabla 18	Cálculo de transporte de sedimentos, sección 2.....	79
Tabla 19	Cálculo de transporte de sedimentos, sección 3.....	80
Tabla 20	Cálculo de transporte de sedimentos, sección 4.....	80
Tabla 21	Resumen de cálculos de sedimentación por el método de Einstein.	81
Tabla 22	Sección estable del cauce (B).....	82
Tabla 23	Descripción de medidas del colchón para espigón.	90
Tabla 24	Descripción de medidas del espigón Tipo I.....	91
Tabla 25	Descripción de medidas del espigón Tipo II.....	92
Tabla 26	Matriz de consistencia.....	106

Índice de Figuras

Figura 1	Vista aérea del balneario turístico de Cconoc.....	2
Figura 2	Vista de la erosión y socavación del área de estudio.	4
Figura 3	Muro de contención de Ccónoc.	6
Figura 4	Análisis geomorfológico de la cuenca del río Apurímac, Ccónoc, con dotación 2014 – 2020.	7
Figura 5	Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil.....	22
Figura 6	Valores recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje. 23	
Figura 7	Tipos de transporte a cuantificar dependiendo del problema a estudiar.....	37
Figura 8	Tipos de sedimentación en un cauce del río.....	38
Figura 9	Valores del coeficiente de rugosidad de Manning (n).....	42
Figura 10	Posición del thalweg, barras, rápidos y pozos.....	42
Figura 11	Propiedades principales de la forma de los ríos.	43
Figura 12	Recorrido de la cuenca del Apurímac.....	58
Figura 13	Recorrido del río Apurímac y desembocadura en el Océano atlántico.	59
Figura 14	Codificación Pfafstetter de la vertiente del Amazonas.....	60
Figura 15	Cuenca Ccónoc.	62
Figura 16	Monitoreo hidrológico 2019-2020.	65
Figura 17	Eje de río y sus secciones transversales.....	71

Figura 18	Sección de transversal 240m.....	72
Figura 19	Sección de transversal 260m.....	72
Figura 20	Modelado x-y-z del cauce.....	73
Figura 21	Sección de transversal 240m con $Tr = 100$ años.....	73
Figura 22	Sección de transversal 260m con $Tr = 100$ años.....	74
Figura 23	Modelado x-y-z del cauce para $Tr = 100$ años.....	74
Figura 24	Sección de transversal 240m para tiempo de retorno = 500 años.	75
Figura 25	Sección de transversal 260m para Tiempo retorno = 500 años. .	75
Figura 26	Modelado x-y-z del cauce para Tiempo retorno = 500 años.....	76
Figura 27	Captura de imagen de la sección 240m HEC RAS. Cambiar el caudal de $3057.27 \text{ m}^3/\text{s}$	76
Figura 28	Se le agrega el 10% del ancho del río, 6.50 m.	88
Figura 29	Del 25% del ancho del río en espigón del tipo II.....	89
Figura 30	Colchón para toda la estructura.....	90
Figura 31	Espigón III de tipo I con su respectiva dimensión.....	92
Figura 32	Espigón I del Tipo II con su respectiva dimensión.....	93

Índice de Gráficos

Gráfico 1 <i>Comparativo de la Sección típica del dique.</i>	33
Gráfico 2 Comparación de Q_{max} de tiempo de retorno.	68
Gráfico 3 Comparativo de la Sección típica del dique.	83

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1: Ecuación del riesgo para el periodo de retorno.	22
Ecuación 2: Función de densidad, para la distribución log Pearson tipo III..	24
Ecuación 3: Bondad de ajuste.....	25
Ecuación 4: Función de la distribución de probabilidad.....	26
Ecuación 5: <i>Método de Simons y Henderson (Sección estable B).</i>	31
Ecuación 6: <i>Método de Pettis (Sección estable B)</i>	31
Ecuación 7: <i>Método Altunin - Manning (Sección estable B)</i>	31
Ecuación 8: <i>Método Blench (Sección estable B)</i>	31
Ecuación 9 <i>Método de Manning para Strickler $B > 30.00$ metros (Cálculo del Tirante).</i>	32
Ecuación 10 <i>Velocidad Media (m/s).</i>	32
Ecuación 11 <i>Número de Froude (F).</i>	32
Ecuación 12: <i>Borde libre (BL).</i>	32
Ecuación 13: <i>Altura del muro (Hm).</i>	32
Ecuación 14: <i>Tiempo después de producirse la socavación (ts), para suelos Granulares - No Cohesivos.</i>	33
Ecuación 15: <i>Profundidad de Socavación.</i>	33
Ecuación 16: <i>Profundidad de uña (P uña).</i>	33
Ecuación 17 <i>Longitud del Espigón.</i>	33
Ecuación 18: <i>Socavación local.</i>	34
Ecuación 19: <i>Probabilidad de movimiento de la roca, F roca(D50).</i>	34

Ecuación 20: <i>Esfuerzo máximo cortante actuante</i>	34
Ecuación 21: <i>Esfuerzo cortante críticos.</i>	34
Ecuación 22: <i>Velocidad del agua entre el enrocado y el fondo V_a (m/s).</i>	35
Ecuación 23 <i>Velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado V_e (m/s).</i>	35
Ecuación 24: <i>Asumiendo un filtro de geotextil.</i>	35
Ecuación 25: <i>Cálculo de diámetro de roca, por la fórmula de Maynard</i>	35
Ecuación 26: <i>Cálculo de diámetro de roca, fórmula de R. A. Lapardo.</i>	35
Ecuación 27: <i>Cálculo de diámetro de roca, fórmula de la California División of Highways.</i>	36
Ecuación 28: <i>Velocidad del flujo.</i>	41

Acrónimos

ANA	Autoridad Nacional del Agua.
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
RTK	Cinemática en tiempo real/ Real-Time Cinemática.
UTM	Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator.
GNSS	Sistema Global de Posicionamiento por Satélite.
GPS	Sistema de Posicionamiento Global/ Global Positioning System.
NAVSTAR	Sistema de navegación por satélites GPS.
GLONASS	Sistema Global de Navegación por Satélite de Rusia.
RPAS	Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia mediante la comunicación de un control remoto externo.
MDT	Modelos Digitales de Terreno.
MDE	Modelo Digital de Elevaciones.
DSM	Modelo digital de superficie.
EMS	Estudios de Mecánica de Suelos.
RNE	Reglamento Nacional de Edificaciones.
In situ	En el sitio, sobre el terreno.
PR	Profesional Responsable.
NTP	Norma Técnica Peruana.
ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales/ American Society for Testing and Materials.
SUCS	Sistema unificado de clasificación de suelos.

AASTHO	Asociación Estadounidense de Funcionarios de Carreteras Estatales.
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
DRAE	Diccionario de la Real Academia Española.
HEC RAS	Hydrologic Engineering Center, RASTER.
CAD	Dibujo asistido por computadora.
ARGISOF	Software fotogramétrico que genera automáticamente nubes de puntos densas.
GEOLEF	Laboratorio de Suelos y Concreto E. I. R. L.
C-01	Calicata número 01.
C-02	Calicata número 02.

Unidades de Medida

mm	Milímetros.
m	Metros.
Km	Kilómetros.
Km ²	Kilómetros cuadrados.
m ²	Metros cuadrados.
m/s	Metros sobre segundo.
m ³ /s	Metros cúbicos sobre segundo.
m/m	Metro sobre metro.
gr	Gramos.
gr/cm ³	Gramos sobre centímetro cubico.
kg/m ³	Kilogramos sobre metro cubico.
Tn	Toneladas.
T/m ³	Toneladas sobre metro cubico.
T/Km ²	Toneladas sobre kilómetro cuadrado.
grad. (°)	Grados.
KN/m ²	Kilo Newton sobre metro cuadrado.
KN/m ³	Kilo Newton sobre metros cúbicos.
%	Porcentaje.
Art.	Artículo.
W%	Porcentaje de humedad.
Ww	Peso húmedo.
Ws	Peso seco.

LL	Límite líquido.
LP	Límite plástico.
IP	Índice de plasticidad.
$\gamma_{mín}$	Densidad mínima.
$\gamma_{máx}$	Densidad máxima.
γ_d	Densidad del suelo.
V=	Volumen del orificio excavado.
Tr	Período de retorno.
R	Riesgo admisible.
f(x)	Función densidad normal de la variable x.
X	Variable independiente.
μ	Parámetro de localización, igual a la media aritmética de x.
S	Parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x.
x_0	Origen de la variable x, parámetro de posición.
γ	Parámetro de forma.
β	Parámetro de escala.
α	Parámetro de concentración.
x	Valor con una probabilidad dada.
\bar{x}	Media de la serie.
k	Factor de frecuencia.
Fo (xm)	Distribución de probabilidad observada.
F (xm)	Distribución de probabilidad estimada.
Q	Caudal.

V	Velocidad media de flujo.
A	Área de la sección hidráulica.
P	Perímetro mojado.
R	Radio hidráulico.
S	Pendiente de fondo.
n	Coefficiente de Manning.
L	Distancia del espigón.
B	Ancho del río.
L_p	Longitud de contacto con el caudal.
L_e	Longitud de anclaje del espigón.
L_a	Longitud activa del espigón.
L_t	Longitud de trabajo del espigón.
H	Longitud horizontal.
V	Longitud vertical.
$H_{s \max}$	Máxima erosión local.
L	Longitud del estribo.
ϑ	Función que involucra a los parámetros adimensionales K_i .
K_y	Tirante.
K_f	Intensidad del flujo, u/uc .
u	Velocidad media.
uc	Velocidad media crítica o de principio de movimiento.
KD	Tamaño del material de arrastre.
$K\sigma$	Grado de uniformidad del material de arrastre.

Ks	Forma del espigón.
K	Alineación del espigón.
Kg	Geometría del canal, (Buy Ngok propone la siguiente fórmula).
H'	Profundidad relativa de socavación = $(z+h) / h$.
z	Profundidad de socavación.
m _s	Pendiente del paramento lateral (1: m _s) del espigón.
n	Relación de contracción $n = L_a / B$.
α	Angulo de inclinación del espigón en relación a la corriente.
hg	Altura del espigón.
h	Profundidad del agua sin considerar la socavación.
f1 (C _d) y f2 (C _d)	Factores que dependen de la tracción sobre los granos.
Fr	Número de Froude.
q1	Gasto teórico.
q	Gasto con período de retorno.
γ _g	Peso específico de los gaviones.
Hs	Altura de socavación.
GC – GM	Grava arcilloso limosa con arena con bloques/ Fragmento de roca, grava y arena.
ML	Limo baja plasticidad con arena / Suelo limoso.
N	Norte geográfico.
E	Este geográfico.
At	Superficie total de la cuenca.
Kc	Coeficiente de compacidad (Gravelius).

LB	Longitud de la cuenca.
AM	Ancho medio de la cuenca.
Kf	Factor de forma.
Dd	Densidad de drenaje.
Ht	Desnivel total de la cuenca.
Hm	Altura media de la cuenca.
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar.
Q_{max}	Caudal máximo.
$P_{uña}$	Profundidad de uña.
$P_{uña_espigon}$	Profundidad de la uña del espigón.

Resumen

Esta investigación consistió en el análisis fluvial y geomorfológico en Ccónoc, debido a que este lugar de estudio está expuesto a la erosión del río Apurímac, avenidas máximas de caudal, ya que no cuenta con una infraestructura adecuada de defensa ribereña. Como objetivos, se tuvo que evaluar la magnitud de influencia fluvial, avenidas de caudal máximo, socavación en curvas, sedimentación y geomorfológica en la erosión del río Apurímac. Para la propuesta del diseño de una defensa ribereña en el balneario turístico de Ccónoc – Curahuasi, se planteó una metodología con enfoque cuantitativo, con nivel de investigación explicativa, con lo se recolectó datos, parte de la experiencia del investigador o de los participantes en el estudio para realizar una observación, así como de una propuesta específica o analizar una problemática que requiere de solución. El estudio se efectuó directamente en el medio donde se desenvuelve el hecho, fenómeno o evento a investigar y desde un punto científico, se analizan sus características, comportamiento, circunstancias, repercusiones y todos aquellos aspectos relacionados con la problemática propuesta como investigación de tesis. En la parte final, se tiene los resultados de topográficos, geotécnicos, hidrológicos e hidráulicos para finalmente con estos resultados plantear la estructura hidráulica de los gaviones y los espigones que servirán para la defensa ribereña del balneario turístico de Ccónoc del distrito de Curahuasi.

Palabra clave: *Fluvial, erosión y geomorfológico.*

Abstract

This research consisted of the fluvial and geomorphological analysis in Cconoc because this study site is exposed the erosion of the Apurímac River, maximum flow avenues, since it does not have an adequate riverside defense infrastructure. As objectives, it was necessary to evaluate the magnitude of fluvial influence, avenues of maximum flow, undermining in curves, sedimentation and geomorphology in the erosion of the Apurímac River, for the proposal of the design of a riparian defense in the tourist resort of Ccónoc, Curahuasi. A methodology with a quantitative approach was proposed with a level of explanatory research with which the student will collect data, part of the experience of the researcher or of the participants in the study, to make an observation, as well as a specific proposal or analyze a problem that requires a solution. The study is carried out directly in the environment where the fact, phenomenon or event to be investigated unfolds, and from a scientific point of view its characteristics, behavior, circumstances, repercussions and all those aspects related to the problem proposed as thesis research are analyzed. In the final part, there are the results of topographical, geotechnical, hydrological, hydraulic a finally propose the hydraulic structure of the gabions and the groynes that will serve for the riverside defense of the tourist resort of Cconoc in the district of Curahuasi.

Key word: Fluvial, erosion and geomorphological.

Introducción

La presente tesis procede con el análisis fluvial y geomorfológico, en vista que afecta directamente la erosión del río Apurímac a la plataforma del lugar estudio, con la finalidad de proponer la defensa ribereña para el balneario turístico de Ccónoc del distrito Curahuasi, provincia de Abancay, departamento de Apurímac. Para la propuesta de la defensa ribereña, se realizaron estudios previos de: topográficos, geotécnicos, hidrológicos, hidráulicos, para finalmente plantear la estructura del gavión y espigones.

En términos concretos, establecidos como objetivo general de evaluar la magnitud de influencia fluvial y geomorfológica en la erosión del río Apurímac, para la propuesta del diseño de una defensa ribereña en el balneario turístico de Ccónoc, Curahuasi, lo que se demuestra en el capítulo iv de resultados, discusiones sobre la influencia fluvial y la geomorfología.

Como objetivos específicos, se analizarán la magnitud que existirán de avenida de caudal máximo, socavación en curvas y sedimentación. Asimismo, se realizará una evaluación directamente sobre lo que afecta de la erosión del río Apurímac con los estudios que se muestran en el capítulo IV, para finalmente plantear la propuesta hidráulica de diseño de la defensa ribereña con sistema estructural de espigones en el balneario turístico de Ccónoc - Curahuasi.

Se tenía como hipótesis la avenida de caudal máximo para tiempos de retorno de 100 - 500 años, la socavación en curvas afecta al extradós y la sedimentación que deja barras en el cauce que afecta la erosión del río Apurímac. Sin embargo, observamos que no es así, que es el mismo caudal en avenidas máximas de tiempos

de retorno de años afecta con la erosión de la plataforma del balneario de Ccónoc, es importante identificar los factores que afectan para plantear la protección.

Para ello, en esta investigación del primer capítulo realizamos el planteamiento del problema del balneario turístico de Ccónoc; en el capítulo II, se buscó antecedentes de la investigación, así como las bases teóricas; del capítulo III, se planteó la metodología para plantear la investigación; en el capítulo IV, se adjuntó los resultados la discusión de los resultados. Al final de esta investigación, se cuenta con: conclusiones, recomendaciones, bibliografía, anexos, la matriz de consistencia, información del SENAMHI y manual técnico de espigón de Maccaferri.

Capítulo I

Planteamiento del Problema

1.1. Realidad Problemática

Producto del calentamiento global, ocurren los fenómenos naturales en el planeta, alterando los ciclos hidrológicos e incrementando el caudal de los ríos, afectando su crecida máxima, conllevando a inundaciones, desbordes y socavando estructuras de protección ribereña.

Según Thorsten Seehaus, glaciólogo de la Universidad de Erlangen-Nürnberg, "la mayor parte del hielo se pierde en Patagonia, donde hay las mayores masas de hielo. Sin embargo, para la población local en los Andes centrales de Chile y Argentina, especialmente en Perú y Bolivia, es un problema grave"

"En Perú y Bolivia la recesión de los glaciares fue 3 o 4 veces mayor en el período 2013-2016 en comparación con 2000-2013, muy probablemente debido al fuerte evento de El Niño en 2015-2016" (Alonso, 2020).

En las cordilleras altas de los andes del Perú, del departamento de Arequipa nace la intercuenca alto Apurímac, que fluye continuamente y es el principal afluente del Amazonas que este converge en el Océano Atlántico.

El río Apurímac es un afluente largo, caudaloso, perenne de edad madura con pendiente relativamente baja, su corriente natural es de agua dulce, en el tramo de estudio posee una forma de tipo recto con baja sinuosidad a 250 m aguas abajo el río es de tipo anastomosado semirrecta sinuoso y entrelazado y a 750 m aguas arriba el río es de tipo recto de baja sinuosidad, y con $1834.24 \text{ m}^3/\text{s}$, de caudal máximo esto es un factor principal de erosión, socavación y arrastre de sedimentos por la trayectoria del río Apurímac.

Según datos meteorológicos del SENAMHI en los tiempos de estiaje el río Apurímac de la estación hidrológica Cúnyac, registra un caudal de $29.53 \text{ m}^3/\text{s}$; el caudal máximo se localiza superior a su media normal histórico con una anomalía de 23%; hasta el instante dicho comportamiento hidrológico es constante en promedio.

Figura 1

Vista aérea del balneario turístico de Cconoc.



Nota: Imagen captada por el Drom con sistema RTK, para describir la realidad problemática.

Se tiene un área de escurrimiento superficial de 24, 817.90 km^2 , y a lo extenso del cauce, en los bordes, podemos estar a la mira de las estructuras sedimentarias estacionales denominadas las barras o isletas de grava, los bancos de arena son lugares de depósitos móviles de fragmentos de roca y arena, que se estancan cuando la cuenca baja de nivel en verano. Estos factores de transporte de sedimentos logran que el río realice socavación y erosión de un volumen de 35,000 Tn/m^3 , aproximadamente, lo que en los años se fue reduciendo la plataforma de estacionamiento del balneario turístico de Ccónoc.

El balneario turístico de Ccónoc es un área recreativa de aguas termomedicinales, que atrae a turistas internacionales, nacionales y locales. Siendo un lugar recreacional y turístico, Ccónoc se encuentra en la intercuenca del alto Apurímac, a la margen izquierdo aguas abajo del río Apurímac, entre las coordenadas UTM (E: 755561.8; N: 8501593.6), siendo este un peligro constante en el tiempo de verano y aún más vulnerable en este periodo porque se presentan los caudales máximos, esto ocasiona la socavación, erosión constituyéndose estos factores en las causas que debilitan las estructuras de los muros de contención, así como de la playa de estacionamiento del balneario de Ccónoc.

Los muros de contención de la defensa ribereña del balneario turístico de Ccónoc presentan daños de socavación en la base de la estructura de cimentación, generando en consecuencia el vuelco de la estructura de defensa ribereña. El área de esparcimiento turístico está siendo reducida por las causas erosivas y de socavación del río Apurímac, afectando su geomorfología natural. A causa del caudal máximo

produce riesgo, lo cual reduce el área de la playa de estacionamiento, siendo vulnerables los bañistas en tiempos de precipitaciones máximas.

Figura 2

Vista de la erosión y socavación del área de estudio.



Nota: Erosión y socavación en muro de contención en Ccónoc, se muestra la estructura socavada.

Los estudios de investigación del análisis fluvial y geomorfológico del río Apurímac en el sector de Ccónoc, son con fines de protección los cuales nos llevaran a plantear otro tipo de sistema estructural para la defensa ribereña del balneario turístico de Ccónoc.

1.2. Planteamiento del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál es la magnitud de la influencia fluvial y geomorfológica en la erosión del río Apurímac, para la propuesta del diseño de una defensa ribereña en el balneario turístico de Ccónoc - Curahuasi?

1.2.2. Problemas Específicos

- **Problema específico N.º 1.**

¿Cuál es la magnitud de influencia de la avenida del caudal máximo en la erosión del río Apurímac, para la propuesta del diseño de defensa ribereña en el balneario turístico de Ccónoc - Curahuasi?

- **Problema específico N.º 2.**

¿Cuál es la magnitud de influencia de la socavación en curvas que produce la erosión del río Apurímac, para la propuesta de diseño de la defensa ribereña en el balneario turístico de Ccónoc - Curahuasi?

- **Problema específico N.º 3.**

¿Cuál es la magnitud de influencia de sedimentación que afecta en la erosión del río Apurímac, para la protección con la propuesta del diseño de la defensa ribereña, en el balneario turístico de Ccónoc - Curahuasi?

1.3. Justificación de la Investigación

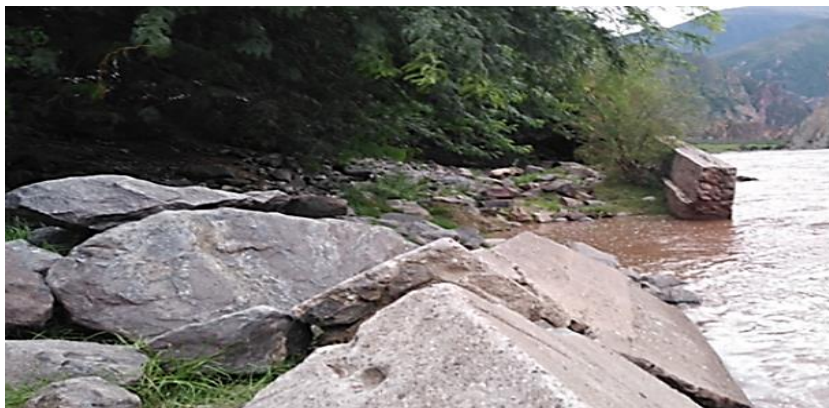
Ccónoc balneario turístico se encuentra a 29 km de Curahuasi y está ubicado a bordes de las riberas del río Apurímac, ya que esta área facilita los deportes de la pesca y del canotaje, donde recibe turistas locales, regionales, nacionales e internacionales, de igual forma a poco recorrido coexiste un bosque oriundo que hace atractiva la estadía de los visitantes, lo cual en los últimos años por factores naturales viene siendo vulnerable a avenidas máximas, erosión y socavación afectando parte de la plataforma de estacionamiento del balneario turístico de Ccónoc donde es el punto de estudio de investigación de tesis.

El distrito de Curahuasi cuenta con sitios turísticos de Saywite, capitán rumi, cañón del Apurímac, Ccónoc la actividad turística puede ser una parte importante para el ingreso económico de sus pobladores.

El presente estudio de investigación está basado en los conocimientos teóricos de la ingeniería civil, que se justifican según la magnitud de influencia del análisis fluvial y geomorfológico, con la propuesta del diseño estructural de defensa ribereña que nace a consecuencia del deterioro de la plataforma del balneario turístico y los daños estructurales de muro de contención que se muestran en la playa de estacionamiento a causas de avenidas máximas, desbordes, socavaciones y erosiones en años anteriores del río Apurímac en el balneario turístico de Ccónoc.

Figura 3

Muro de contención de Ccónoc.



Nota: Foto tomada en el mes de diciembre del 2019, para la justificación de la investigación.

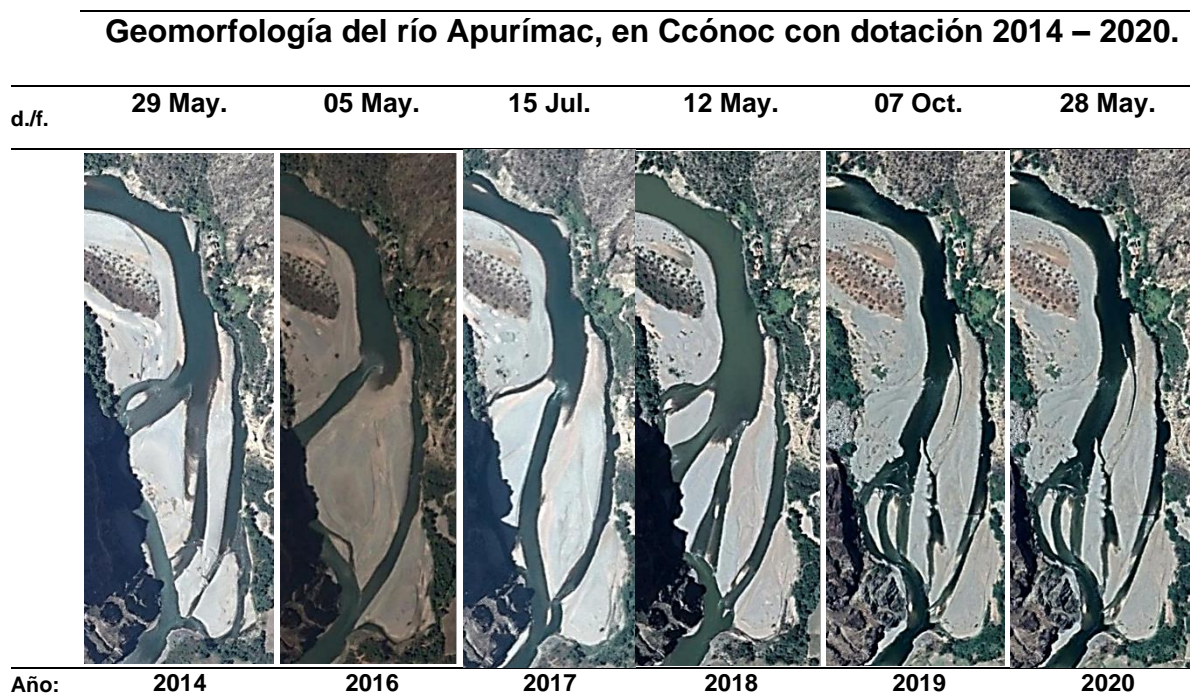
Por otro parte, se evidencia metodológicamente ya que la manera como se abordó, esta investigación servirá como una referencia a las entidades correspondientes y profesionales en proyectos similares en las ramas de la hidráulica e hidrología, geotecnia y estructuras.

Por último, con la propuesta del diseño del sistema estructural de defensa ribereña se pretende mejorar la sostenibilidad y estabilidad geomorfológica del

balneario turístico de Ccónoc, con ello brindar una mejor calidad de servicio, seguridad e integridad del turista internacional, nacional y local.

Figura 4

Análisis geomorfológico de la cuenca del río Apurímac, Ccónoc, con dotación 2014 – 2020.



Nota: Análisis geomorfológico del río Apurímac, con apoyo de imagen Google Earth.

Las imágenes dotadas desde 2014 – 2020 por Google Earth, indican la forma del río, el cauce que erosiona y afecta a los baños termales de Ccónoc, en la investigación de este informe ayudará a proteger con una defensa ribereña, para ello se realizan estudios de mecánica de suelos, análisis de las precipitaciones, cálculos de caudales, determinación de la erosión, cálculo de las estructuras de defensa ribereña. La defensa ribereña planteada por la localidad, no protege, ya que fue erosionada por el río Apurímac, en este informe se planteará el sistema de defensa ribereña más adecuado para la protección contra la erosión, la sedimentación, la colmatación, a causa del transporte de materiales del río.

1.4. Objetivos de la Investigación

1.4.1. Objetivo General

Evaluar la magnitud de influencia fluvial y geomorfológica en la erosión del río Apurímac, para la propuesta del diseño de una defensa ribereña en el balneario turístico de Ccónoc - Curahuasi.

1.4.2. Objetivos Específicos

- **Objetivo específico N.º 1.**

Determinar la magnitud de la influencia de la avenida de caudal máximo en la erosión del río Apurímac, para la propuesta del diseño de defensa ribereña en el balneario turístico de Ccónoc - Curahuasi.

- **Objetivo específico N.º 2.**

Determinar la magnitud de influencia de la socavación en curvas que produce la erosión del río Apurímac, para la propuesta de diseño de la defensa ribereña en el balneario turístico de Ccónoc - Curahuasi.

- **Objetivo específico N.º 3.**

Identificar la magnitud de influencia de sedimentación que afecta en la erosión del río Apurímac, para la protección con la propuesta del diseño de la defensa ribereña, en el balneario turístico de Ccónoc - Curahuasi.

1.5. Delimitación de la Investigación

1.5.1. Espacial

La investigación científica se realizó en el balneario turístico de Ccónoc a la margen izquierda aguas abajo del río Apurímac en el distrito de Curahuasi – Abancay - Apurímac.

1.5.2. Temporal

El estudio corresponde al año 2019 - 2021.

1.5.3. Social

El estudio de investigación está dirigido principalmente para realizar una propuesta de defensa ribereña, con la finalidad de evitar la erosión y para proteger los baños termales en una avenida máxima.

1.5.4. Conceptual

En el presente trabajo de investigación, se estudió los siguientes temas:

- Análisis fluvial y geomorfológico.
- Erosión del río.

1.6. Viabilidad de la Investigación

Con los objetivos planteados se tiene a la data de caudales máximos, así como el levantamiento topográfico con dron con el que el proyecto de investigación sea viable.

En cuanto al estudio hidrológico se tiene las datas de los caudales máximos tomados de la estación hidrológica de Cúnyac proporcionados por el SENAMHI-Cusco, para los estudios de mecánica de suelos serán tomados una muestra para ser elaborados en un laboratorio de suelos, para el procesamiento de datos serán de apoyo con softwares de cálculo.

1.7. Limitaciones

- Carencia de antecedentes sobre investigaciones referido al tema de investigación, en el lugar de estudio.

- Carencia de equipos técnicos para realizar estudios básicos de ingeniería; equipo de batimetría, equipo para de correntómetro o corrientímetro (para medir la corriente en el mar, en los ríos, arroyos, estuarios, puertos, modelos físicos en laboratorios).

Capítulo II

Marco Teórico

2.1. Antecedentes de Investigación

2.1.1. A Nivel Internacional

Según Buitrago B. Catherine y Ochoa P. Diana M. (Bogotá-Colombia 2013), de la Universidad Católica de Colombia en la especialización en recursos hídricos en su tesis: “Recomendaciones para la implicación de obras de protección y control de cauces”, mediante la metodología y análisis de la información se obtienen las características básicas de la cuenca hidrológica como el prefacio de la cuenca, la longitud de la cuenca, la pendiente de la cuenca y el nivel de la cuenca. Además, los ríos también se identifican en función de las características geológicas, geométricas y de relieve. Los ríos conocidos incluyen: ríos de montaña (jóvenes), ríos de montaña (maduros), ríos de llanura (antiguos), ríos rectos, ríos trezados y ríos serpenteantes. La implementación del proyecto de control debe tener en cuenta las

características topográficas del flujo de agua para realizar el trabajo más beneficioso en las condiciones iniciales del sitio de investigación. (Buitrago Buitrago & Ochoa Parra, 2013, pág. 59)

Según Gonzales A. Raúl (Morelos-México 2013), de la Universidad Nacional Autónoma de México en su tesis: “Estudio de obras de protección costera, caso México”, para que se pudiera realizar un estudio en el uso de las obras de protección costera, estos impactos ambientales, como la erosión, algunos impactos de fenómenos naturales. Revisó estas estructuras y evaluó los éxitos y fracasos en la práctica, con lo que se formuló mejoras, nuevas alternativas de protección de la costa, tomó como ejemplo la restauración de la playa de Cancún y Mayan rivera. Basado en el análisis realizado en el estudio de las características de la playa, para la adquisición de fundamentos técnicos morfológicos para regenerar, proteger a estabilizar la playa. Estas propuestas tienen cierta escala, pero estas alternativas deben ser analizadas como estudiadas a través de simulaciones físicas o numéricas, lo que ayuda a mantener la continuidad de contribuir al tamaño, geometría y forma de la ingeniería más eficaz para mitigar el impacto, especialmente en cada región. (González Avilés, 2013, pág. 112)

Según Coutiño R. Laura (México 2015), de la Universidad Nacional Autónoma de México en su Tesis: “Metodología integral para la estimación, mitigación de la erosión marginal en ríos”, el método de diseño de ingeniería de control se basa en reducir las fuerzas que provocan el proceso de erosión. Este trabajo demuestra el modelo del proceso de erosión en el borde cóncavo del río carrizal en Tabasco. Esto es muy importante porque es un área que aún es susceptible al proceso de transporte

de sedimentos, los problemas que ocasiona esta situación incluyen erosión severa, especialmente en áreas que se superponen con áreas directamente afectadas o pequeñas colonias. (Coutiño Román, 2015, pág. 115)

Según Miranda Z. Alejandro D. (Chile 2016), de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso en su tesis: “El agua como elemento de centralidad urbana”, los requisitos de alto nivel son expresión de lo que se quiere conseguir, generalmente asociado al destino del objeto que se quiere aportar o al proyecto urbano que se quiere diseñar en este caso. Se expresa mediante la especificación de múltiples parámetros e incluso mediante restricciones externas sobre el proceso de creación del objeto o del propio artículo. El proyecto de investigación enfatiza la importancia del agua como elemento interesante y centralidad, estas partes son fragmentos de rutas de la vida cotidiana en la zona de bella vista de Valparaíso. (Miranda Zuñiga, 2016, pág. 141)

Según Volante Antonela (Bahía Blanca-Argentina 2017), de la Universidad Nacional del Sur en su tesis: “Geomorfología fluvial aplicada al peligro de crecidas. cuenca del arroyo san Bernardo, sistema de ventania, Argentina”, la geomorfología brinda una visión basada en evidencias reales, permite la zonificación de la llanura aluvial y la consideración de aspectos más allá de la parte hidrológica, como el impacto de cargas sedimentarias del fondo, cambios en la línea principal del río. Esto se puede verificar en combinación con inundaciones o métodos históricos de inundaciones, para que los resultados tengan una mayor viabilidad. Los métodos hidrológicos pueden estimar el flujo a través del análisis estadístico de datos, modelado y / o estimación, determinar la profundidad, velocidad del flujo de agua. Debido a la amplia correlación entre los fenómenos físicos de las actividades humanas, el estudio de las redes

hidrológicas es muy importante como tema geográfico, con un énfasis cada vez mayor en la investigación de las cuencas hidrográficas pequeñas a que en la mismas se debe estudiar a mayor detalle de las distintas técnicas que las identifican. (Volanté, 2017, pág. 148)

2.1.2. A Nivel Nacional

Según Álvaro A. Luther M. K. y Henrique F. Luis A. (Trujillo-Perú 2014), de la Universidad Privada Antenor Arrego en su tesis: “Diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña del río Chicama tramo puente punta moreno – Pampas de Jaguey aplicando el programa Ríver”, el proyecto está ubicada dentro del distrito de Chicama, es de relieve montañoso seco y escarpado, que presenta pendientes fuertes, pendiente suave, depositado por el río Chicama. El autor concluye de acuerdo a su investigación que los depósitos donde han de ser emplazadas las obras de contención diseñadas, estas vendrán a ser depósitos aluviales estables en su totalidad, depósitos que fueron acumulados por el río Chicama a lo largo de los diferentes cursos adoptados por este durante su tiempo de vida. (Alvaro Aguilar & Henriquez Fasando, 2014, pág. 137)

Según Alvites B. Jaime D. y Parco H. David A. (Lima-Perú 2018), de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas en su tesis: “Propuesta de guía constructiva para la construcción de defensas ribereñas utilizando el sistema de muro enrocado en la planta de CPPQ S.A. en Ñaña”, los caudales de las máximas avenidas, se obtuvo mediante el procedimiento de transformación precipitación – escorrentía con el método de hidrograma unitario sintético del NRCS, se aplicó en las sub cuencas subdivididas de la cuenca del río Rímac. Los datos obtenidos de la tasa de infiltración

en la cuenca del río Rímac, se realizó por el método del número de curva. También indica que el cauce del río en la zona de estudio es sinuoso con su ancho que está colmatado de sedimentos, gravas y vegetación arbórea, por lo que se hace necesario su atención de limpieza, encauzamiento para la colocación de defensas ribereñas, teniendo en cuenta como diseño un ancho de cauce de 80 m a 100 m. (Alvites Barragán & Parco Huaranga, 2018, pág. 104)

Según Olivos A. Víctor O. Y Contreras R. Jherson E. (Lambayeque-Perú 2018), de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo en su tesis: “Diseño de una defensa ribereña mediante roca al volteo en la margen derecha del río Pativilca, tramo: km 16 al Km 20”, la defensa ribereña planteada de la forma de roca al volteo, ubicada en la ribera derecha del afluente Pativilca, en tramo: (16 a 20)km, dentro de los 4 kilómetros convenientes, la finalidad es disminuir la desgaste en laderas en uno y otro margen, para reducir el ensanche del espacio del cauce, con la pérdida de vegetación. Los costos directos e indirectos, se determinó el presupuesto del proyecto, monto total que asciende a S/. 2,920,949.96 (Dos millones novecientos veinte mil novecientos cuarenta y nueve y 96/100 Nuevos Soles). (Olivos Alvites & Contreras Riofrio, 2018, pág. 89)

Según Fasanando S. Jimmy H. (Tarapoto-Perú 2018), Universidad Nacional de San Martín en la tesis: “Dimensionamiento hidráulico y estructural de la defensa ribereña en la margen izquierda del río mayo en la localidad de Shanao – Lamas – región San Martín”, el proyecto se elaboró, con la ayuda de estudios básicos: topografía (áreas, ubicación), hidrología (ocurrencia, ciclo hidrológico), mecánica de suelos (análisis granulométrico). La cuenca del río mayo, nace desde la localidad de

aguas claras, y es de longitud 307.50 km. de altura entre 1,800 y 275.00 m.s.n.m. (Fasanando Sinti, 2018, pág. 96)

Según Zevallos L. M. (Piura-Perú 2015), de la Universidad de Piura en su tesis: “Diseño de la defensa ribereña para el balneario turístico Cocalmayo, ubicado en la margen izquierda del río Urubamba”, en el planteamiento en obras de defensa ribereña, se tiene que contar con la amplia información histórica en los temas de hidrología, geología y los procesos morfológicos referente a caudales. Indica también si no se tiene la información apropiada se puede originar incertidumbres en los análisis hidráulicos, para el diseño de defensa ribereña es importante conocer la erosión, al no tener en cuenta los procesos erosivos en el lugar donde se planteará el diseño de un sistema de defensa podría conducir a la falla del sistema de protección. (Zevallos Loaiza, 2015, pág. 71)

2.1.3. A Nivel Regional y Local

Según Saavedra O. D. D. y Saavedra O. D. (Apurímac – Perú - 2017), de la Universidad Tecnológica de los Andes en su tesis: “Análisis y diseño del puente de interconexión entre la urbanización Patibamba Baja y Manuel Escorza de la ciudad de Abancay”, En su tesis se realizaron estudios complementarios, que son los siguientes estudios: topográfico, hidrológico e hidráulico, geológico y geotécnico, estudio de riesgo sísmico, estudio de tráfico y cargas, estudio de trazo y diseño vial urbano, estudio de señalización vial, estudio de ante proyecto y presupuesto de obra. (Saavedra Oré & Saavedra Oré, 2017, pág. 4)

Desde el punto de vista de Marcia Zevallos Loaiza en su tesis de Máster en ingeniería civil con mención en recursos hídricos de: “Diseño de la defensa ribereña

para el balneario turístico Cocalmayo, ubicado en la margen izquierda del río Urubamba”, se contempla en el estudio de investigación del río Urubamba, con la finalidad de plantear soluciones para la quebrada Colcamayo – quebrada Huillcar, teniendo por objetivo proteger el balneario de Colcamayo con el sistema de defensa ribereña que es el motor económico del distrito de Santa Teresa. Se encontró pocos estudios referidos al río Urubamba, los proyectos en Cusco que carecen de información, son los de defensa ribereña del río Urubamba, este estudio aportará con información importante para futuros estudios a desarrollar, en el tramo de estudio no hay obras de protección ribereña ni estudios similares, se destaca con importancia el estudio de obras hidráulicas que se adapten a las características y exigencias del río Urubamba. (Zevallos Loaiza, 2015).

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. *Influencia de la Avenida de Caudal Máximo*

2.2.1.1. Avenida de Caudal Máximo

Esto corresponde a la consideración de que la inundación es causada por la forma ambiental de descarga del río. La ocurrencia de inundaciones fluviales se representa mediante un término de probabilidad. Es de comentar que cada avenida tiene un grupo de probabilidad de salida. Vale la pena señalar que los métodos y rutinas descritos en el último capítulo solo incluyen valores de flujo de líquido de lluvia y no ocultan la determinación del flujo de deshielo, inundaciones causadas por desbordes de ríos y colapso de presas de riego. Además, no incluye la evaluación de flujos sólidos que intentan transportar trayectorias naturales; sin embargo, si el trabajo o la vida útil de la función de drenaje planificada está restringida por los procedimientos de estos

componentes, el diseñador debe incluirlo en el cálculo al realizar el proyecto de drenaje. (MTC - Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, págs. 12 - 13).

2.2.1.2. Río.

El río es la corriente continua del agua que escurre por la superficie de un valle, en el que labra su cauce; se caracteriza por su trayectoria que recorre la corriente (desde unos cuantos hasta miles de kilómetros). A los ríos, se puede identificar por las características y según el recorrido de la corriente del río, si es de carácter permanente o temporales, el río puede nacer a causa de lluvias, nieve, glaciares y aguas subterráneas, las condicione de su forma. Pueden ser de planicie, montañoso, palustres, kársticos. El río tiene una cabecera y desembocaduras, que puede localizarse en una cuenca lacustre o marina, en otros ríos o en zonas áridas donde acaba como el río ciego. Los afluentes principales por las diferentes corrientes, como: la que no tiene afluentes son los de primer orden, la unión de dos afluentes se origina una corriente de segundo orden, etc. El conjunto de todos los afluentes del río origina a una cuenca hidrográfica o sistema fluvial. (Hubp, 2011, pág. 358).

Se denomina como afluentes a las corrientes del agua que fluyen en continuidad, que tiene un caudal determinado que desemboca en el mar, en un lago o río, la desembocadura es la parte final del río, la variación temporal de los caudales, son definidos por el régimen hidrológico y las variaciones temporales de los caudales se da en el lapso de las tormentas. En algunos casos extremados cuando ocurre crecidas y la contribución del agua, es mayor del aforo del río para evacuar, y desbordándose cubriendo las áreas más llanas próximas al río. Los ríos que son alimentados del agua que marcha bajo la tierra (caudal basal), esto tarda más de la

cuenta en sustentar el caudal al río que puede tardar varios días hasta meses, después de que se generó la escorrentía. Las inundaciones que son producidas de las inundaciones en los tramos bajos de corriente natural, donde la pendiente del cauce puede ser pequeña y la capacidad del transportar sedimentos es muy reducida, esto puede provocar inundaciones, trayendo esto, las consecuencias socioeconómicas graves, afectando los asentamientos humanos, centros poblados, agrícolas o industriales e infraestructura vial. El control del nivel máximo de avenidas dentro de las llanuras de inundación, se tiene que proteger con opciones de propuestas para obras de defensas ribereñas y fluviales. como las obras de limpieza y rectificación del cauce, obras de canalización, obras de abovedamiento, entre otras. (Mamani, 2017, pág. 31).

2.2.1.3. Caudal.

Se llama como caudal o descarga, al volumen del líquido que pasa por la sección determinada en un tiempo. El componente en el sistema práctico, la descarga es expresado en (m^3/s), también la descarga se puede expresar en diferentes unidades, pueden ser múltiplos o submúltiplos, así como para los cálculos de las tuberías, se puede emplear en litros por segundo (l/s). (J.M. de Azebedo Netto, 1975, pág. 41).

2.2.1.4. Fluvial.

Según Hubp, José Lubo, en el 2011, indica que se le conoce con el adjetivo de fluvial o río, que es aplicado en los relieves y los procesos de erosiones y acumulaciones, producida por los escurrimientos superficiales. (Hubp, 2011, pág. 172).

2.2.1.5. Hidrología.

2.2.1.5.1. Fundamentos de Hidrología.

La ciencia geográfica dedicada al estudio de distribución, espacial y temporal, y la propiedad del agua que está presente en el ambiente y en la corteza terrestre. Esto contiene con las precipitaciones, la escorrentía, la humedad del suelo, la evapotranspiración y en la proporción de las masas glaciares. (MTC - Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, pág. 6).

2.2.1.5.2. Análisis Probabilístico.

La investigación hidrológica y meteorológica a traer al estudio comprometerá a ser proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), ente rector de la actividad hidrometeorológica del país. En los territorios en que no cuentan con las informaciones del SENAMHI y en casos que no se tengan la información se recabarán de las entidades administradoras de los recursos hídricos del territorio, con la verificación de calidad de la investigación. Este registro y estudio de máximas avenidas periódicos permite establecer, bajo indudables supuestos, el evento de ocurrencia de avenidas máximas de una cierta dimensión. (MTC - Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, pág. 12).

2.2.1.5.3. Área del Proyecto - Estudio de la(s) Cuenca(s) Hidrográfica(s).

Los estudios de las cuencas están encauzado a determinar sus particularidades hídricas, geomorfológicas proporciones a su contribución y la actuación hidrológica. la mayor comprensión de la eficiente de la cuenca accederá a tomar mejores disposiciones respecto a la corporación de obras viales.

La importancia de determinar las particularidades físicas de la cuenca como son: la superficie, carácter de cuenca, de los métodos de drenaje, particularidades del relieve, de superficies, etc. las particularidades obedecen a la morfología (de forma, de relieve, red de drenaje, y etc.), las tipologías de suelos, la cubierta vegetal, la geología, los conocimientos de agricultura, etc. Esto proporciona elementos físicos lo más bueno posibilidad de estar al tanto de la diferenciación en el área de resúmenes de la técnica hidrológico. La disertación de las cuencas hidrográficas corresponderá efectuarse en planos que calcula el IGN de escala 1:100,000 y preferentemente en una escala 1/25,000, con finalidad de conseguir resultados deseados. (MTC - Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, pág. 15).

2.2.1.5.4. Selección del Período de Retorno.

El período promedio del caudal es máximo y hay un paulatino determinado es parejo o resaltado una vez cada "T" años. Si se ve de los sucesos anuales son autónomos, se computará el cálculo de la probabilidad de falla de la vida útil de n años.

Para la elección del periodo del tiempo de retorno que se utilizará en el proyecto de la obra, será preciso razonar la relación efectiva entre la posibilidad de la disponibilidad de darse el evento, para que se dé la vida útil de la estructura y el peligro de afecto a la falla admisible, que dependerá de este último, de los componentes principales como son lo económico, social, técnico y entre otros. El razonamiento de peligro es la fijación, a priori, para el riesgo que se desea asumir, para el caso de que la obra llegue a fallar dentro del tiempo de vida útil, para que no ocurra un evento de magnitudes superiores a lo utilizado en el diseño durante los primeros y segundo año y así recíprocamente para cada año de vida útil de la obra.

El peligro de falla aceptable es función del tiempo de retorno y según su vida útil de la obra que está dado por:

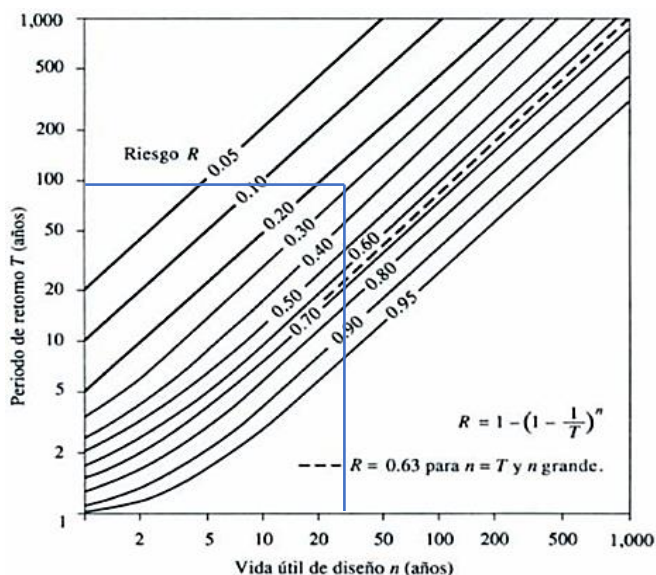
Ecuación 1: Ecuación del riesgo para el periodo de retorno.

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

Para obras de vida útil de n años, que la fórmula anterior aprueba calcular su periodo de retorno tiempo T , estableciendo el peligro de falla aceptable R , el cual será la credibilidad de ocurrencia del pico para el gradual estudio, durante su existencia útil de la obra.

Figura 5

Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil.



Nota: Manual de hidrología, hidráulica y drenaje del MTC 2008, pág. 17/ Hidrología Aplicada (Ven te Chow).

De la figura 5, se presenta el valor T para varios riesgos permisibles R y para la vida útil n de la obra.

Tabla 1

Valores de período de retorno T (Años).

Riesgo admisible	Vida útil de las obras (n años)									
	R	1	2	3	5	10	20	25	50	100
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	29	37	73	154	289
0,75	1,3	2	2,7	4,1	7,7	15	18	37	73	144
0,99	1	1,11	1,27	1,66	2,7	5	5,9	11	22	44

Nota: Manual de hidrología, hidráulica y drenaje del MTC 2008, pág. 17 – 18 / MONSALVE, 1999.

De acuerdo a la tabla 1, de los valores presentados se recomienda utilizar máximo, los siguientes valores de riesgos admitidos de obras de drenaje.

Figura 6

Valores recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje.

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE (**) (%)
Defensas Ribereñas	22

Nota: Manual de hidrología, hidráulica y drenaje del MTC 2008, pág.18

/Ministerio de transportes y comunicaciones (MTC).

(*) - Para la obtención de luz y nivel de las aguas máximas extraordinarias.

- Es recomendable el período de tiempo de retorno con $T = 500$ años para realizar el cálculo de socavación.
- (**) - Existencia útil considerado con $T = 25$ años.
- Se tendrá en consideración, el grado de vida útil para las obras a diseñarse.
- Indica que el propietario de una obra es la que define los riesgos admisibles de las fallas y su vida útil de las obras. (MTC - Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, pág. 16).

2.2.1.5.5. Análisis Estadístico de Datos Hidrológicos.

2.2.1.5.6. Modelos de Distribución.

Del análisis de las frecuencias se tiene la finalidad de apreciar precipitaciones, intensidades y/o caudales máximos, según los casos, para diferente período de retorno, mediante las aplicaciones de los modelos probabilísticos.

Para el análisis estadístico de datos hidrológicos, existe diversa cantidad de funciones de las distribuciones de probabilidades teóricas de funciones que se recomienda utilizar:

- a) Distribución log Pearson tipo III

El modelo de distribución, con mejor ajuste:

a) Distribución log Pearson tipo III

La ecuación de función de densidad será:

Ecuación 2: Función de densidad, para la distribución log Pearson tipo III.

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

Válidos para:

$$x_0 \leq x < \infty \quad -\infty < x_0 < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

Será:

x_0 : Parámetro de posición.

γ : Parámetro de forma.

β : Parámetro de escala.

2.2.1.5.7. La prueba de la Bondad de Ajuste.

La prueba de la bondad de ajuste, son las pruebas de hipótesis que se usan para ajustar el conjunto de datos, el espécimen será independiente de distribución elegida.

Según las conocidas teorías estadística de bondad de ajuste, las más conocidas son la X^2 y Kolmogorov – Smirnov.

b) Prueba Kolmogorov – Smirnov

Es la técnica para la comprobación de la bondad de acuerdo de las distribuciones, también permite seleccionar la más distintiva, con el mejor ajuste. La prueba está en la comparación del máximo valor absoluto del contraste “D”, entre la función de la colocación de posibilidad observada $F_o(xm)$, y la considerada $F(xm)$.

Ecuación 3: Bondad de ajuste.

$$D = \frac{\text{máx.}}{F_o(xm) - F(xm)}$$

El valor crítico “d”, dependerá de la cantidad de datos, y el nivel de mayor significancia escogido de la (tablas 1). Cuando $D < d$, será hipótesis nula. La prueba sirve para la prueba de x^2 , de comparar los datos con los modelos estadísticos sin la

necesidad de agruparlos. la función de distribución de la probabilidad observada se calculará como:

Ecuación 4: *Función de la distribución de probabilidad.*

$$Fo(xm) = 1 - \frac{m}{(n + 1)}$$

Para “m”, será el número de orden de dato “xm”, de listas a mayor a menor y “n” el número total de datos. (Aparicio, 1996).

Tabla 2

Función de distribución de probabilidad, para la prueba de Kolmogorov - Smirnov

Tamaño de muestra	$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
5	0.51	0.56	0.67
10	0.37	0.41	0.49
15	0.3	0.34	0.4
20	0.26	0.29	0.35
25	0.24	0.26	0.32
30	0.22	0.24	0.29
35	0.2	0.22	0.27
40	0.19	0.21	0.25

Nota: *Valores críticos para la prueba Kolmogorov – Simov, (Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC 2008, pág. 25 – 26. / Aparicio, 1999).*

2.2.1.5.8. Estimación de Caudales.

Con aforos, con los datos un análisis estadístico del caudal máximo que se dan en el año para las estaciones más cercanas al punto de interés. El cálculo para el

periodo de retorno de mayor interés es (2, 5, 10, 20, 50, 100 y 500 años son valores estándar) usando las distribuciones de log normal, log Pearson III y valor extremo tipo I (Gumbel), etc.

Si no se contara con datos de aforo, se hará el uso de datos de precipitación, para una cuenca, para obtener un caudal Q . La precipitación hace que la cuenca se humedezca progresivamente, creando en la tierra la infiltración parte en el subsuelo y luego de un tiempo, el flujo se convierte en flujo superficial. (MTC - Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, pág. 40).

2.2.1.5.9. La Avenida de Diseño.

Las avenidas de diseño es un caudal que se acoge, por medio de diversas consideraciones, para realizar los dimensionamientos de un proyecto. Para el cálculo de la avenida máxima, se determina usando la investigación básica proporcionadas por el estudio de hidráulicos (estimación de caudales), que se incorporaran conceptos correspondientes a los riesgos, vulnerabilidad, la importancia y el coste de las obras, y otros. En los tipos de ríos en nuestro país, existen escasez de datos, por lo que es prima la experiencia, el juicio del ingeniero proyectista, que tomará la decisión de avenidas máximas de diseño, criterios seleccionados con posibles valores relativos que será el máximo nivel alcanzado por el nivel de aguas máximas, las capacidades de encausamientos, esto produce las máximas socavaciones.

Para el diseño de las máximas avenidas, debe escogerse para poder garantizar la estabilidad del río, considerando las evaluaciones de daños permisibles, implicados en una potencial falla. En el manual de hidráulica, hidrología y drenaje del MTC, indica que debe tenerse en cuenta las últimas ocurrencias de mega niños ocurridos entre

(1983 y 1998), que según su tipología e hidrológico, establecidas las estructuras, para las avenidas de larga duración, de varios días. (MTC - Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, pág. 57).

Según Ponce, 2018, indica que, el diseñador escogerá los periodos de retorno, en aclaración con el propietario, siguiendo prácticas establecidas. Al seleccionar se considera de gran importancia una estimación adecuada de riesgo. En la tabla 3, se tiene como guía en vínculo con los reglamentos y las experiencias locales. (M. Ponce, 2018).

Tabla 3

Guía para la selección de periodo de retorno.

N°.	Tipo de proyecto	Periodo de retorno (años)
1	Drenaje urbano y rural (bajo riesgo) - hasta 100 ha	5 a 10
2	Drenaje rural (mediano riesgo) - más 100 ha	10 a 25
3	Drenaje urbano (mediano riesgo) - más 100 ha	25 a 50
4	Drenaje vial (mediano riesgo)	25 a 50
5	Aliviadero (alto riesgo)	25 a 100
6	Drenaje vial (alto riesgo)	50 a 100
7	Diques longitudinales (mediano riesgo)	50 a 100
8	Drenaje urbano (alto riesgo) – más de 1000 ha	50 a 100
9	Desarrollo en zona de inundación	100
10	Diseño de puentes (pilares)	100 a 500
11	Diques longitudinales (alto riesgo)	200 a 1000

12	Aliviadero de emergencia (presas)	100 a 10000 (PMP)
13	Hidrograma de borde libre (para una presa de clase c)	10000 (PMP)

Nota: Guía de periodo de retorno, (Víctor M. Ponce, Artículo, mayo 2008, ponce.sdsu.edu).

2.2.2. Influencia de la Socavación en Curvas

2.2.2.1. Geomorfología.

La geomorfología se dedica al estudio de la forma de la tierra, según indica W. J. McGee en 1888, como ciencia geológica – geográfica, que se dedica al estudio de las formas de la superficie de la tierra (el relieve), que incluyen las aguas cubiertas por el océano, los lagos, ríos y glaciares. Los estudios geomorfológicos contienen la descripción de las formas (morfología), su principio (génesis), la organización geomorfológica, las historias del desarrollo, la dinámica actual, el análisis a futuro y su analogía con la actividad humana. La geomorfología se sub divide desde el siglo XXI, del resultado de desarrollos que tuvo a partir de la mitad del siglo XX, las disciplinas como: geomorfología fluvial, geomorfología en las laderas incluye los procesos gravitacionales), geomorfología eólica, geomorfología tropical, la geomorfología aplicada, la ingeniería geomorfológica. Werrity (1993). (Hubp, 2011, pág. 189).

2.2.2.2. Erosión.

La erosión es un conjunto de procesos que son ocasionados por la separación ocasionadas por el intemperismo, puede ser sustrato o depósitos volcánicos o exógenos sin consolidación, la erosión planar o lineal, se puede ver en trayectos reducidos, que en general no siempre siguen una trayectoria fija. Como la acción de glaciares continentales, vientos y los movimientos gravitacionales. La erosión lineal, es cuando existe remoción o transporte en una trayectoria fija, en las áreas bien

delimitadas. De agentes vitales en la erosión que son, el viento, el hielo, olas en los lagos y el mar, los organismos, agua superficial (en los mantos, arroyos, ríos, escorrentía), agua subterránea (en los procesos del Karst sufusión), y, el hombre en estos últimos milenios. La acción de la gravedad es la mayor causa del control del proceso erosivo. La erosión depende de la topografía, del clima, la litología, y su geomorfológica, la acción tectónica (tipo, intensidad y duración en el tiempo), etc. Uno de los magnos procesos geológicos exógenos es la erosión, sigue al intemperismo y precede a la acumulación sin denudación. (Hubp, 2011, pág. 147).

2.2.2.3. Socavación en Cauces Naturales.

Debido a la ocurrencia de sitios de construcción o eventos hidrológicos, la forma de la cuenca natural cambiará para mantener su equilibrio. Por lo tanto, la socavación es un agente importante que debe de tomar en cuenta y con mucha seriedad en los diseños hidráulicos y estructurales del manual de soporte para puentes. Existen dos tipos diferentes de socavación: 1) socavación general y 2) socavación local (estrechos, curvas, fuentes y estribos), en los que factores geomorfológicos, hidrológicos, hidráulicos y sedimentológicos interfieren con las anomalías. El artículo actual utiliza un gráfico de media luna para mostrar los horarios que permiten acceder a inferencias de otros ejemplos de socavación y la asimilación de los resultados obtenidos a partir de fórmulas de resumen de diferentes autores. (Revista Politécnica - febrero 2015, Vol. 35, N° 3.).

2.2.2.4. Cálculo de Socavación.

Los cálculos realizados de la socavación, para el análisis fluvial y geomorfológico y los cálculos espigones, muros de contención.

2.2.2.4.1. Elemento Estable o Anchura del Cauce (B).

Cálculo hidráulico para la socavación

Sección estable o amplitud de cauce (B)

Método de Simons Y Henderson

Ecuación 5: Método de Simons y Henderson (Sección estable B).

$$B = K_1 Q^{1/2}$$

Método Pettis

Ecuación 6: Método de Pettis (Sección estable B).

$$B = 4.44 Q^{0.5}$$

Método Altunin – Manning

Ecuación 7: Método Altunin - Manning (Sección estable B).

$$B = (Q^{1/2}/S^{5/3})(n K^{5/3})^{3/(3+5m)}$$

Método Blench

Ecuación 8: Método Blench (Sección estable B).

$$B = 1.81(Q F_b/F_s)^{1/2}$$

Tabla 4

Sección estable del cauce (B).

Métodos	B (m)
<i>Simons Y Henderson</i>	----
<i>Pettis</i>	----
<i>Altunin - Manning</i>	----
<i>Blench</i>	----
<i>Recomendación practica</i>	----
====> Promedio	$\frac{S y E+P+AyM+B}{4}$
B:	

=====> **Se adopta**

se redondea

B:

Nota: Resultados de sección estable del cauce (B)

De la tabla 4, la sección estable o anchura del cauce (B), se elegirá B = que se redondea de los cálculos m, por adaptarse a la zona de estudio.

2.2.2.4.2. Cálculo del Tirante.

Metodo Manning para Strickler B > 30m

Ecuación 9 Método de Manning para Strickler B > 30.00 metros (Cálculo del Tirante).

$$t = (Q / (K_s * B * S^{1/2}))^{3/5}$$

Velocidad media (m/s).

Ecuación 10 Velocidad Media (m/s).

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

Número de Froude.

Ecuación 11 Número de Froude (F).

$$F = V / (g * y)^{1/2}$$

2.2.2.4.3. Cálculo de la Altura de Dique.

Borde libre (BL)

Ecuación 12: Borde libre (BL).

$$BL = \psi \cdot e$$

Altura del muro (Hm)

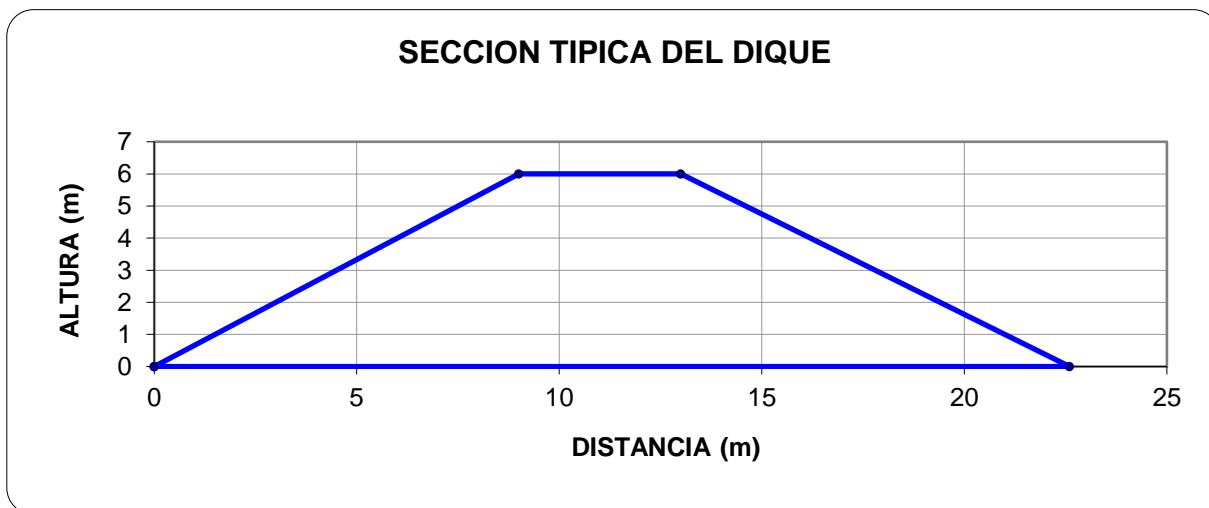
Ecuación 13: Altura del muro (Hm).

$$H_M = y + BL$$

La altura del promedio del dique nos dará según la sección del dique.

Gráfico 1

Comparativo de la Sección típica del dique.



Nota: Sección típica del dique.

2.2.2.4.4. Cálculo de la Profundidad de Socavación (H_s).

Profundidad de socavación para suelos que no son cohesivos.

Ecuación 14: Tiempo después de producirse la socavación (t_s), para suelos Granulares - No Cohesivos.

$$t_s = ((\alpha t^3)^{\frac{5}{3}} / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)}$$

Fondo de la socavación (H_s)

Ecuación 15: Profundidad de Socavación.

$$H_s = t_s - t$$

2.2.2.4.5. Profundidad de Uña.

Ecuación 16: Profundidad de uña (P uña).

$$P_{U\tilde{N}A} = FS * H_s$$

2.2.2.4.6. Cálculo Estructural de Espigones.

Dimensionamiento.

Ecuación 17 Longitud del Espigón.

$$L = L_A + L_T$$

Socavación en espigones: Método de Artomonov

Ecuación 18: *Socavación local.*

$$H_S = S_T - d_o$$

Por lo tanto, la profundidad de la uña en espigón será.

$$P_{uña_espigon} = (FS * H_S) m.$$

2.2.2.4.7. Socavación en Curvas.

La profundidad de cimentación de la uña en tramo curvo: Método Altunin

$$P_{uña (tramo curvo)} = se redondea.$$

2.2.2.4.8. Estabilidad del Terraplén.

La fuerza resistente (Kg/m) cuando es mayor que la presión del agua (kg/m²)

$$R > P$$

$$96,714.62 \text{ Kg/m} > 4,147.20 \text{ Kg/m}^2$$

2.2.2.4.9. Probabilidad de Movimiento de la Roca.

Ecuación 19: *Probabilidad de movimiento de la roca, F roca(D50).*

$$F_{roca(D50)} = 0.56 * (V^2/2g) * (1/D_{50}) * (1/\Delta)$$

2.2.2.4.10. Estabilidad del Revestimiento del Enrocado.

Esfuerzo máximo cortante actuante.

Ecuación 20: *Esfuerzo máximo cortante actuante*

$$\tau_\alpha = \gamma_\alpha * t * s$$

Esfuerzo cortante críticos.

Ecuación 21: *Esfuerzo cortante críticos.*

$$\tau_c = C * (\gamma_s - \gamma_\alpha) * D_{50} * K$$

$$\tau_c < \tau_\alpha$$

El revestimiento del enrocado es estable.

2.2.2.4.11. **Cálculo para Determinar el Uso de Filtros.**

- a) Determinación de velocidad en el espacio entre el enrocado y material base:

V_a: Velocidad de agua entre el enrocado y el fondo V_a (m/s).

Ecuación 22: *Velocidad del agua entre el enrocado y el fondo V_a (m/s).*

$$V_a = (D_{50}/2)^{2/3} * S^{1/2} / n_f$$

- b) Determinación de velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado (V_e).

Ecuación 23 *Velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado V_e (m/s).*

$$V_e = 16.1 * (D_m)^{1/2}$$

Determinación del tipo de filtro.

Asumiendo un filtro de Geotextil, se tienen:

Ecuación 24: *Asumiendo un filtro de geotextil.*

$$V_{a1} = V_a / 4$$

Verificando que se cumpla: V_{a1} > V_a.

Como V_{a1} < V_a, se usará filtro de grava.

2.2.2.4.12. **Cálculo del Diámetro de la Roca para el Río Apurímac en la Zona de Ccónoc.**

Cálculo del diámetro de roca del río Apurímac, con la fórmula de Maynard.

Ecuación 25: *Cálculo de diámetro de roca, por la fórmula de Maynard*

$$D_{50} = t * C_1 * F^3$$

Cálculo del diámetro de roca del río Apurímac, con la fórmula de R. A. Lapardo.

Ecuación 26: *Cálculo de diámetro de roca, fórmula de R. A. Lapardo.*

$$D_s = \left(\frac{6 * W}{\pi * \lambda_s} \right)^{1/3}$$

Cálculo del diámetro de roca del río Apurímac, con la fórmula de la California división of Highways.

Ecuación 27: Cálculo de diámetro de roca, fórmula de la California División of Highways.

$$d_{50} = \frac{b}{\Delta} * \frac{V^2}{2g} * \frac{1}{f}$$

2.2.3. Influencia de sedimentación

2.2.3.1. La Sedimentación.

Es el proceso geológico de la acumulación en un determinado lugar de materiales detríticos erosionados por el cauce. Estos sedimentos se mueven en suspensión en el curso del agua y como acarreo a lo largo del lecho del río, en saltación como movimientos de partículas que van rebotando a lo largo del cauce. (Terán A, 1998, pág. 24).

La sedimentación es el almacenamiento de materiales transportados por medios geológicos, hay dos razones para los depósitos:

- **Acreción dinámica:** Ocurre cuando los escombros que se transportan y encuentran dificultades que hacen que se estanquen y se acumulan encima de otros. En cualquier caso, debido al desperdicio de energía y la gravedad, el inventario se originó en áreas bajas. (Geomorfología Aplicada, pág. 10).

2.2.3.1.1. Tipos de Transporte de Sedimentación.

Figura 7

Tipos de transporte a cuantificar dependiendo del problema a estudiar.

ESTUDIO O PROBLEMA POR ESTUDIAR	TRANSPORTE POR CUANTIFICAR
Tiempo de llenado de una pequeña presa derivadora	g_B
Tiempo de llenado de una presa derivadora	g_B o g_{BT}
Tiempo de llenado de una gran presa	g_T
Erosión aguas abajo de grandes presas	g_{BT}
Estabilidad de cauces y rectificación	g_B o g_{BT}
Derivaciones en ríos hacia canales de riego	g_{BS}
Derivaciones en ríos hacia plantas potabilizadoras	g_s
Obras de defensa contra inundaciones <ul style="list-style-type: none"> • Bordos de protección • Desvíos temporales • Cauces de alivio 	g_{BT} g_s g_{BS}
Tanques de sedimentación	g_B o g_{BT}
Entubamiento de arroyos en su paso por centros urbanos	g_{BT}
Estudio de erosión y sedimentación de tramos de ríos	g_B o g_{BT}

Nota: Tipos de transporte de sedimentos, del libro ingeniería de ríos, pág. 131.

2.2.3.1.2. Arrastre en la Capa de Fondo o Arrastre de Fondo.

El arrastre del fondo del lecho del río, es por donde se transporta en una capa cercana al fondo el material de arrastre, con grosor de capa en dos veces el diámetro de la partícula más típica del cauce. Arrastre conocido como G_B .

2.2.3.1.3. Transporte de Fondo en Suspensión.

Los materiales transportados tienen origen a lo largo del cauce (fondo y taludes), este transita encima de la capa de base. Conocido como G_{BS} o g_{BS} (B – fondo; S – suspensión).

2.2.3.1.4. Transporte de Fondo Total.

Es la suma de $G_B + G_{BS}$.

2.3.2. Erosión en Masa - los Flujos

En el flujo, el flujo relativo de partículas o pequeños pedazos coexiste en el material que se desplaza o se desliza en el área de falla, el flujo de agua es rápido o lento, seco o húmedo y está compuesto por rocas, tierra o lodo, los flujos muy lentos o muy lentos a veces se asimilan a fenómenos peristálticos anormales. La incompatibilidad radica en el hecho de que en el flujo hay una falta de superficie que se pueda identificar fácilmente entre el material en movimiento y el material subyacente, en términos de velocidad, cuando se profundiza el perfil, se reduce la fluencia de la corriente, en lugar de en la superficie de fractura definida, la existencia de flujo está completamente relacionada con la saturación de materiales subterráneos. Algunos suelos drenan bien y la saturación conduce a la formación de un flujo de agua. Ciertos caudales pueden involucrar de manera muy sensible cambios de suelo, tales como sedimentos que no son consolidados. (Suárez Díaz, 2001, pág. 168).

2.3.3. Sistemas Fluviales

En la erosión, el agente más importante es el agua, transporte y almacén de sedimentos. Por poco cualquier paisaje terrestre, muestra los efectos del trabajo geológico de corrientes de agua. Las notoriedades modeladas por el trabajo de las aguas corrientes se nombran relieves fluviales, para diferenciar de los acarreados por los terceros agentes modeladores (hielo, olas, viento). En el instante actual, los relieves y métodos fluviales forman los elementos absolutos en las áreas continentales.

2.3.4. Erosión en las Curvas

Debido a la aparición de un flujo alternativo y al acoplamiento concentrado de alta velocidad a la sección exterior de la curva, se forma una mayor potencia de fricción hidráulica en la curva exterior de la curva, según este conocimiento, el río presenta la forma cóncava de la curva de erosión o el instinto natural de la costa exterior. (Suárez Díaz, 2001, pág. 127).

2.3.5. Pendiente

En la geomorfología la pendiente se describe que la corriente de acople al área de compostura entre los puntos, similares que afectan la altura derecha fraccionada entre el trayecto tendido conveniente triángulo rectángulo. lo importe es el resultante de la adyacente al ángulo y así como al aumentar en cien se consigue en por ciento (%). (Hubp, 2011, pág. 308).

2.3.6. Estudio de Mecánica de Suelos (EMS)

Es el conjunto de investigaciones y exploraciones de campo, las pruebas de laboratorio y las observaciones en el gabinete tienen como objetivo comprender el proceso del suelo y su respuesta a las necesidades estáticas y dinámicas del trabajo. Debe ser estimado en el diseño estructural y mantenimiento de la excavación durante la fase de construcción. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.050, 2018, pág. 25).

2.3.1. Hidráulica

2.3.1.1. El diseño Hidráulico.

Los cálculos hidráulicos considerados establecidos para las dimensiones mínimas en las secciones de alcantarillado a proyectarse, se establece la fórmula de Róbert Manning, para canales abiertos, siendo la forma más manejada y de fácil estudio, para conseguir las velocidades de flujo y caudal para condiciones de régimen con la relación siguiente.

Ecuación 28: *Velocidad del flujo.*

$$v = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$Q = VA$$

Donde:

Q: Caudal (m³/s).

V: Velocidad media de flujo (m/s).

A: Área de la sección hidráulica (m²).

P: Perímetro mojado (m).

R: Radio hidráulico (m).

S: Pendiente de fondo (m/m).

n: Coeficiente de Manning (ver figura 9).

Figura 9

Valores del coeficiente de rugosidad de Manning (n).

TIPO DE CANAL		MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO
D.2 PLANICIES DE INUNDACION	a. con pasto sin arbusto	0.025	0.030	0.035
	pastizales bajos	0.030	0.035	0.050
	pastizales altos			
	b. áreas cultivadas			
	sin cultivo	0.020	0.030	0.040
	con cultivos	0.030	0.040	0.050
	c. Arbustos y Malezas			
	escasos	0.040	0.060	0.080
	densos	0.070	0.100	0.160
	d. Arboles			
saucos	0.110	0.150	0.200	
tierra despejada con troncos	0.030	0.040	0.050	
D3 Ríos Principales (ancho superior a 30 m)	Secciones Regulares	0.025	-	0.060
	Secciones Irregulares	0.035	-	0.100

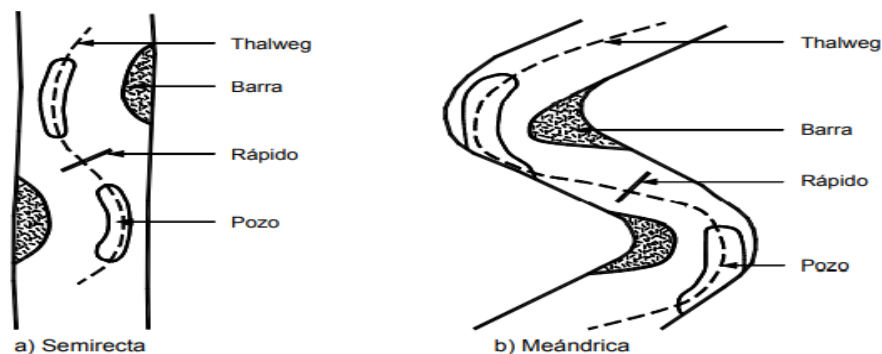
Nota: Hidráulica de canales abiertos, Ven Te Chow, 1983.

2.3.1.2. Propiedades Morfológicas del Río.

Los cauces se clasifican de carácter semirecto, entrelazada o meándricas. Una corriente similar también presentará cambios de patrón al extenso recorrido de distancia, según sea el caudal de la corriente por cada ciclo del año. Se puede catalogar como lecho simple y de unión al material que se tiene, el base del cauce, pétreo o aluvial; con suelos cohesivos o granulares, semejante o heterogéneo. (Suárez Díaz, 2001, pág. 102).

Figura 10

Posición del thalweg, barras, rápidos y pozos.



Nota: Posición del thalweg, (control de erosión en zonas tropicales de Jaime Suarez diaz,2001, pág. 102).

Thalweg

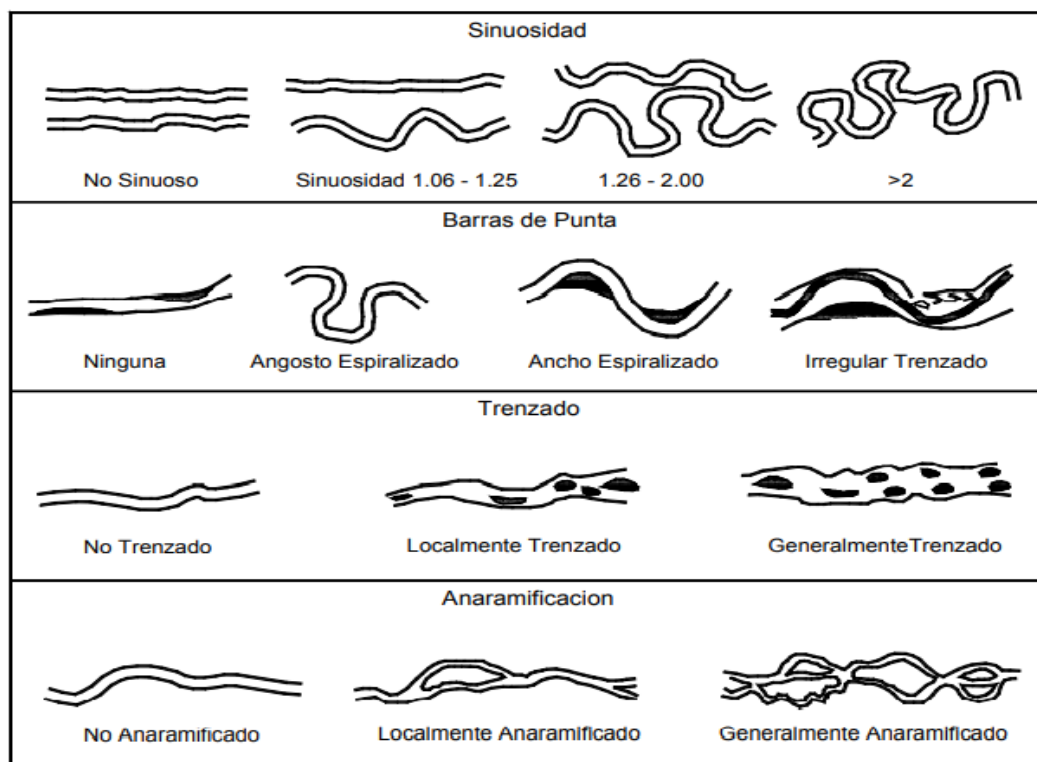
El eje medio de la corriente del cauce se denomina thalweg, en la cual el cauce es acrecentado en fondos y el flujo tiene mayor rapidez. El thalweg tiene una propensión a desviarse de un sitio al otro del cauce, ver figura 10.

Barras

Según Suárez Díaz, en 2001, indica que las barras son elementos que almacenan los sedimentos contiguos a la orilla o dentro de cuenca de río. La barra extiende a acrecentar a disposición que se agranda la rata de la erosión en el borde opuesto, tratando de constituir una curva del rio, la cual al crecer de volumen puede cambiar en una sinuosidad. (Suárez Díaz, 2001, pág. 104).

Figura 11

Propiedades principales de la forma de los ríos.



Nota: Formas de un río, (control de erosión en zonas tropicales de Jaime Suarez díaz,2001, pág. 104).

Capítulo III

Metodología de la Investigación

3.1. Hipótesis

3.1.1. *Hipótesis General*

Existe la influencia fluvial y geomorfológica en la erosión del río Apurímac, para la propuesta del diseño de una defensa ribereña en el balneario turístico de Ccónoc - Curahuasi.

3.1.2. *Hipótesis específicas*

- **Hipótesis Específica N.º 1**

La avenida de caudal máximo para tiempos de retorno de 100 - 500 años afecta en la erosión del río Apurímac, para la propuesta del diseño de defensa ribereña en el balneario turístico de Ccónoc - Curahuasi.

- **Hipótesis específica N.º 2**

La socavación en curvas afecta a los extradós con la erosión del río Apurímac, para una propuesta del diseño de defensa ribereña en el balneario turístico de Ccónoc - Curahuasi.

- **Hipótesis específica N.º 3**

La influencia de sedimentación que deja barras en el cauce, hace que encauce el caudal hacia al tramo de estudio afectando con la erosión del río Apurímac, para la protección con la propuesta del diseño de la defensa ribereña, en el balneario turístico de Ccónoc - Curahuasi.

3.2. Método

Según Quesada et al. (2018) menciona que “el método deductivo se fundamenta en el razonamiento que permite formular juicios partiendo de argumentos generales para demostrar, comprender o explicar los aspectos particulares de la realidad” (p. 21).

Este método se utiliza para efectuar verificación del fenómeno, es decir admite explicar, alcanzar o explicar el fenómeno que se debe estudiar.

Con la ayuda de este método se permitió estudiar las variables independientes y dependientes de fluvial y geomorfológico de la erosión del río Apurímac lo cual nos deja comprender los fenómenos que ocurren con el caudal.

La variable fluvial y geomorfológico se pudo observar las dimensiones de avenida de caudal máximo, velocidad y tirante máximo geología, topografía, morfología del suelo. La variable erosión en el río, se pudo observar la socavación en curvas, socavación y sedimentación, demostrado que las dimensiones son argumento fundamental y determinante para demostrar que si influyen en nuestra investigación.

3.3. Tipo de Investigación

Baena (2017) plantea que “la investigación aplicada, por su parte, concentra su atención en las posibilidades concretas de llevar a la práctica las teorías generales, y destina sus esfuerzos a resolver las necesidades que se plantean la sociedad y los hombres” (p. 18).

La investigación aplicada busca resolver problemas que se presentan en la sociedad en función a los conocimientos que se han adquirido.

Se pretende plantear una propuesta de defensa ribereña del balneario turístico de Ccónoc para solucionar la vulnerabilidad de afectaciones de tiempo de retorno de caudales máximos.

Para resolver problemas es importante contar con las variables que ayudarán a identificar el problema, en esta tesis se determina en análisis fluvial geomorfológico, se determinó el caudal de tiempo de retorno de hasta 100 años, para plantear un sistema de defensa ribereña. En la variable erosión del río, se determinó la socavación y la sedimentación que afectan a la plataforma de estacionamiento del balneario turístico de Ccónoc, con ello se aplicaran el sistema de defensa ribereña.

3.4. Nivel o Alcance de Investigación

A juicio de Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) los estudios descriptivos “tienen como finalidad especificar propiedades y características de conceptos, fenómenos, variables o hechos en un contexto determinado” (p. 108).

De los niveles descriptivos podemos describir que tienen la características muy particular en el de detectar el problema y población que se desea identificar en su comportamiento dentro del estudio.

De nuestra variable fluvial y geomorfológico se describirá, todos los fenómenos que ocurren en el trayecto del río, así como en el punto de estudio que se ve afectado por la variable de la erosión en el río de Apurímac como la causa de la socavación en el extrado del balneario turístico.

La influencia fluvial con avenidas de caudales máximos para tiempos de retorno de 100 – 500 años, la socavación en curvas en los extrados y la sedimentación que deja barras en el cauce encausando el caudal hacia el tramo de estudio, estos factores afectan directamente en la erosión del río Apurímac, para la protección con la propuesta del diseño de la defensa ribereña, en el balneario turístico.

3.5. Diseño de Investigación

Para definir el diseño no experimental, Fuentes-Doria et al. (2020) indicaron que “la investigación no experimental se define como aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Lo que hace la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para después analizarlos” (p. 59).

Del tipo transversal son “Los diseños transeccionales o transversales recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único” (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018, p. 176).

En este tipo de diseño únicamente se observa el fenómeno de estudio en el contexto donde surgió para posteriormente analizarlas, por lo que no existe tratamiento alguno de ninguna variable.

El fenómeno donde se desenvuelve es en el balneario donde se da el efecto de la erosión por efecto del caudal río Apurímac.

Al ser de diseño no experimental, el investigador recolectará datos de uso de una única vez, del fenómeno que sucede, que es a su vez de transeccional porque se recolecto datos en un tiempo único con el propósito de describir las variables fluvial y geomorfológico como variable dependiente y erosión del río como variable dependiente. Y descriptivo porque se puede medir siendo puramente descriptivo.

3.6. Operacionalización de Variables

Tal como Ñaupas et al. (2018) propone que la operacionalización de variable “es el proceso lógico mediante el cual el investigador transforma las variables teóricas o abstractas, en sub-variables o dimensiones y estas a su vez se transforman en variables empíricas, conocidas también como indicadores” (p. 204).

mediante el proceso de desglosamos la o las variables en dimensiones y estas dimensiones en indicadores, esto consentirá una mejor información y cálculo del objeto de estudio. Los guías son los que hacen posibles que se logren formular los ítems, facilitando la transformación de la herramienta de recolección de datos.

A continuación, se desarrolla la operacionalización de las variables con sus respectivas dimensiones de cada indicador que le corresponde, así como sus unidades de medida.

La operacionalización de variables se trabajó en función de la variable independiente fluvial y geomorfológico, y la variable dependiente erosión del río, de ellos se tiene las sub variables o dimensiones, avenida de caudal máximo, velocidad y tirante máximo, geología, topografía, morfología del suelo, socavación en curvas, colmatación, socavación, sedimentación, de las dimensiones se tiene los indicadores,

que se muestra en la tabla siguiente que ayudara a determinar los valores para plantear la propuesta de defensa ribereña en el balneario turístico.

Tabla 5

Operacionalización de las variables, en función de fluvial y geomorfológica, erosión del río.

VARIABLE DEPENDIENTE E INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Fluvial y geomorfológica	Influencia fluvial: es un análisis fundamental de la hidrografía e hidrología, en especial, en el estudio de las aguas continentales.	Avenida de caudal máximo	Qmax, Qdiseño, Qtr.	m ³ /s, años
		Velocidad y tirante máximo	Pendiente, profundidad, ancho estable. Capacidad pórtate del suelo,	%, m
	Geomorfológico: rama especializada de la geomorfología que se delega del estudio de los accidentes geográficos, formas y relieves ocasionados por la acción de los ríos sobre la superficie terrestre.	Geología	coeficiente de fricción.	Kgf/m ²
		Topografía	Área, pendiente, curvas de nivel.	km ² , %, m
		Morfología del suelo	Clasificación de suelos.	SUCS, AASHTO
		Socavación en curvas	Dirección del flujo, socavación en extradós.	v=velocidad f = fuerza
		Colmatación	Fuerza de arrastre	T/km ² año
Erosión del río	Erosión: Se define como el proceso de arranque y desgaste de los materiales originado por el agua.	Socavación	Hs= Altura de Socavación.	m
		Sedimentación	Transporte de sedimentos,	tn

fuerza de
arrastre

Nota: Cuadro de operacionalización de variables, elaboración propia.

3.7. Población, Muestra y Muestreo

3.7.1. Población

Arias-Gómez et al. (2016) precisaron al respecto de los criterios de inclusión lo siguiente: Son todas las características particulares que debe tener un sujeto u objeto de estudio para que sea parte de la investigación. Estas características, entre otras, pueden ser: la edad, sexo, grado escolar, nivel socioeconómico, tipo específico de enfermedad, estadio de la enfermedad y estado civil. Además, cuando la población son seres humanos es conveniente señalar la aceptación explícita de su participación mediante carta de consentimiento informado y, en caso de niños, de carta de asentimiento. (p. 204).

Según José Luis A. G. en el proyecto de tesis guía para la elaboración (2020), indica que en el citado Mejia (2005), que la población es la totalidad de elementos de estudio, que será delimitado por el investigador según la definición que se formule en el estudio. Indica también que la población y el universo tienen mismas características por lo que la población se puede considerar como universo poblacional. (p. 59).

Los criterios de inclusión son las características propias que debe cumplir cada sujeto para que pueda integrar el conjunto de elementos que viene a ser tu población de estudio.

De Arias-Gómez determinaremos nuestra población de mejor manera en el cual para el estudio será el balneario turístico de Ccónoc.

De las citas para la población, Ccónoc sería como el universo poblacional o población de estudio.

3.7.2. Muestra

De acuerdo con Tapia y Jijón (2018, p. 10) la muestra debe cumplir con los siguientes criterios: del ítem 2. Se tiene que, la muestra debe tener el tamaño mínimo adecuado: esto indica que el número de datos elegidos para la muestra debe ser del tamaño que permita minimizar el error de estimación. El tamaño de la muestra requerido dependiendo si la población es finita o infinita [...] es producto de una fórmula estadística.

Según José Luis A. G. en el proyecto de tesis guía para la elaboración (2020), “no existe una cantidad establecida que debe tener la muestra, es importante saber delimitar correctamente según los objetivos que se desea alcanzar en el estudio y la situación problemática planteada, también se indica que, citado en el mismo, dice que Hernández-Sampieri (2018), la muestra es un subgrupo considerado como una parte representativa de la población o el universo.” (p. 61).

La muestra debe cumplir ciertos criterios que aseguren la representatividad de la población, ello es primordial para que las conclusiones que se alcancen en un estudio puedan ser extensivas hacia el conjunto total de la población.

Se determino la muestra de la mejor forma para ello se enfocó en las ramas de la ingeniería, para la Geotecnia se estableció realizar la muestra de la franja del balneario donde está el extrado, Y Hidrología se tomó los caudales máximos de cada año de los datos hidrológicos.

En lo indicado según José Luis A. G. en el proyecto de tesis guía para la elaboración (2020), es importante saber delimitar correctamente según los objetivos que se desea alcanzar en el estudio y la situación problemática planteada, para esta tesis según los objetivos y la situación problemática, se delimita con las variables y las dimensiones para la evaluación y determinación, identificación de la influencia fluvial y geomorfológica, avenida de caudal máximo, socavación en curvas y sedimentación, en la erosión del río Apurímac para la propuesta del diseño de una defensa ribereña en el balneario turístico.

3.7.3. Muestreo

Ríos (2017) sostuvo que el muestreo por conveniencia “no tiene planificación y las unidades son elegidas de circunstancias fortuitas. Por ejemplo, una entrevista a los primeros 50 estudiantes que están cercanos a la oficina del investigador” (p. 97).

Según José Luis A. G. en el proyecto de tesis guía para la elaboración (2020), indica que en el citado Mejía (2005), el muestreo es la técnica para estudiar la muestra, la técnica del muestreo se utiliza cuando la población tiene un gran número de elementos. (p. 59).

El muestreo por conveniencia es aquel que permite que el investigador pueda acceder fácilmente a la muestra de estudio. Ello únicamente a potestad del investigador y de acuerdo al criterio que tome para elegir a cada integrante que conformará su muestra de estudio.

El muestreo para la geotecnia se obtuvo bajo un criterio de verificación por el extrado de afectación del río donde se determinó realizar dos calicatas según la

variación del tipo de suelo y para la hidrología se tomó los caudales máximos de cada año para realizar los cálculos pertinentes.

3.8. Técnicas e instrumentos

3.8.1. Técnicas

Arias (2020) refiere que la técnica de la observación “consiste en acumular información sobre la situación que el investigador ha observado, además permite que se puedan interpretar comportamientos, hechos, objetos, entre otros [...] puede aplicarse tanto en ciencias humanas (psicología) como aplicadas (ingenierías)” (p. 27).

Los pasos que integran esta técnica son: (a) Determinar el objeto que se va a observar; (b) Concretar el para qué se va a observar; (c) Establecer la forma como se van a registrar los datos; (d) Observar detallada, rigurosa y críticamente; (e) Registrar los datos observados; **(f) Analizar e interpretar los datos**; y, (g) Elaborar conclusiones (Martins & Palella, 2012).

La observación es el procedimiento mediante el cual se observa al fenómeno de estudio (personas, objetivos, hechos, etc.) con el afán de obtener información relevante para el estudio.

En esta investigación se verifico el área a investigar el comportamiento del rio y ver los efectos del caudal en la plataforma del balneario de Ccónoc con erosión, socavación y la sedimentación para ello se tuvo que analizar la técnica de recolectar datos para encontrar los caudales de tiempo de retorno de diseño para la propuesta de la defensa ribereña del balneario.

3.8.2. Instrumentos

De las técnicas de observación de Arias que se puede interpretar los comportamientos de los datos lo que aplica esta técnica para ingeniería, de la misma forma también en el ítem 3.8.1 técnicas párrafo segundo en su numeración **(f) Analizar e interpretar los datos** de Martins & Palella señala que se puede analizar y interpretar y realizar cálculos con la ayuda de un programa o softwares.

De la facilitación de los datos hidrológicos del SENAMHI el cual pasa un filtro de compensación para entregar al usuario, se nos proporcionó la cantidad de 3652 datos diarios de una data de un año de los cuales se seleccionó caudales máximos mensuales, de donde se obtuvieron 12 caudales máximos, para los tiempos de retorno se seleccionaron Q_{max} de cada año del cual se obtuvieron 10 Q_{max} con la finalidad de calcular y obtener la influencia de la avenida máxima en el río Apurímac.

Nota: el resumen de los caudales máximos de data se adjuntó en anexos de esta tesis.

3.9. Consideraciones Éticas

El contenido de este informe de tema “Análisis fluvial y geomorfológico en la erosión del río Apurímac, para la propuesta de defensa ribereña en el balneario turístico de Ccónoc – Curahuasi, 2019”, se solicitó datos del SENAMHI, (se presentó una solicitud de obtención de datos, para la investigación), se hizo exploraciones de campo para el estudio de mecánica de suelos en el laboratorio GEOLEF (Laboratorio GEOLEF, en Abancay), se usó trabajo de investigación como antecedentes y referencias, para dar mejor interpretación a la investigación de este informe, **respetando sus autorías**, citada en cada una de ellas: imágenes, cuadros, citas, etc. También pasará por la revisión de un asesor y dictaminantes de la Universidad

Tecnológica de los Andes (UTEA), haciendo este informe ser responsables y tener todos los derechos de autoría.

Capítulo IV

Resultado y Discusión

4.1. Resultados

4.1.1. *Resultados Hidrológicos*

Los resultados obtenidos de este párrafo son con el propósito de determinar los objetivos de caudales de diseño, máximos en períodos de retorno calculados, ya con los datos obtenidos dar la propuesta diseñar una defensa ribereña en la plataforma del balneario de Ccónoc, el lugar de la investigación de la tesis está o a orillas del Apurímac, la información hidrológica de este caudal será tomada del registro del SENAMHI que está ubicado en el puente Cúnyac. Los cálculos de caudal máximo para el diseño se tomaron en base de cálculos estadísticos con los datos proporcionados del SENAMHI - Lima.

4.1.1.1. Descripción de la Cuenca.

4.1.1.1.1. Cuenca del Apurímac.

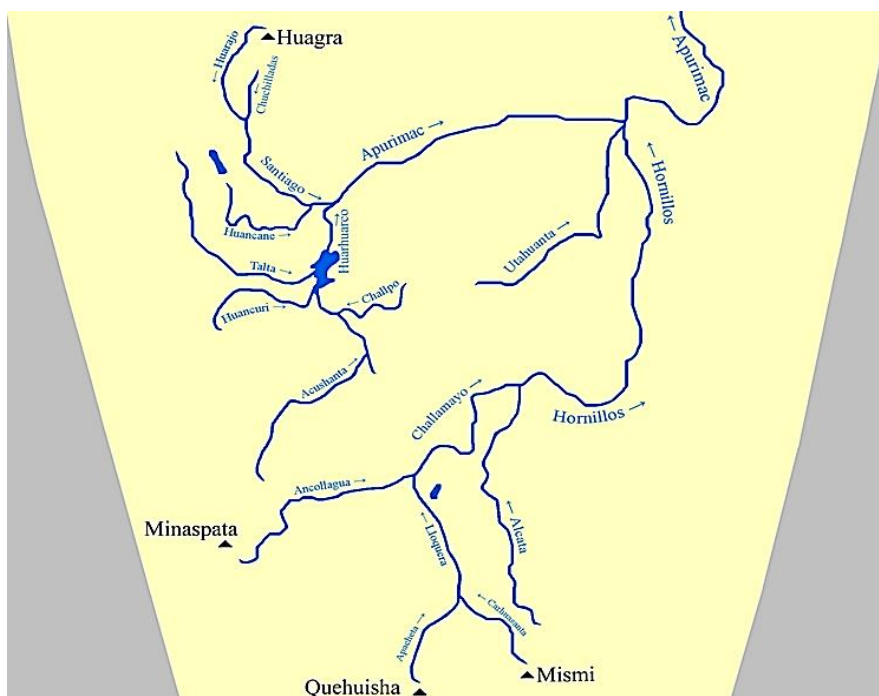
La cuenca del río Apurímac es uno de los principales ríos del Perú, nace en el nevado Mismi que está a la altitud de (5597 msnm), del sistema de coordenadas WGS84 de E= 212135.2 m, N= 8282722.8 m tiene su origen en los andes del departamento de Arequipa.

La intercuenca Alto Apurímac muestra una superficie de 34,533.00 km², según el "Estudio de delimitación y codificación de las unidades hidrográficas del Perú", aprobado con la R.M. N° 033-2008 - AG. La cuenca de estudio invade el 71.87% de la intercuenca Alto Apurímac con un área de 24,817.90 km² más detalles de las tipologías de la cuenca que se visualiza en el cuadro siguiente.

El río Apurímac surge del encuentro de los ríos Santiago y Huarhuarco. Se destina al este con una extensión de 50 kilómetros aproximadamente, cuando recoge desde su punto más lejano al río Hornillos, que llega del sur. El río Hornillos posee un recorrido de 65 km refiriendo de sus proporcionadas fuentes, de los ríos Challamayo, Lloquera, de los precarios afluentes del Carhuasanta y Apacheta, con extensión de 6 kilómetros cada uno. El Apacheta que sale de las faldas del nevado Mismi, por ello, se cree en el origen más distante hacia el Amazonas, la totalidad de estudios crean la comparativa de distancias semejante de las cuencas del río Mantaro y Apurímac.

Figura 12

Recorrido de la cuenca del Apurímac.



Nota: Cauce del río Apurímac, figura tomada de commons.wikimedia

El recorrido del caudal que en un único de sus tramos transita por el río Apurímac, que posteriormente desemboca al Amazonas su recorrido es el subsiguiente: el río Apacheta desagua al Lloquera, el río Lloquera converge al Challamayo, el río Challamayo desagua al Hornillos, el río Hornillos desagua al Apurímac, el río Apurímac desagua al Ene, el río Ene desemboca al Tambo, el río Tambo converge al Ucayali, el río Ucayali desagua al Amazonas peruano, el Amazonas peruano desemboca a Solimões y, últimamente, el río Solimões desemboca al río más caudaloso del mundo Amazonas.

Figura 13

Recorrido del río Apurímac y desembocadura en el Océano atlántico.



Nota: Desembocadura del río Apurímac en el Océano atlántico, figura tomada de commons.wikimedia.

La cuenca hidrográfica del río Apurímac, su caudal fluye perenemente pasando por empinados, rápidos, cañones angostos y es el primordial afluente al Amazonas que este desagua en el Océano Atlántico.

Se tiene recopilado y delimitado el elemento hidrográfico del río Apurímac de los elementos hidrográficos del país, dadas por el ANA, donde indica el número de dígitos del nivel de categoría.

Tabla 6

Codificación de la unidad hidrográfica.

Código	Descripción	Nivel
UH 4	Región hidrográfica del Amazonas	Nivel 1
UH49	intercuenca, cabecera del Amazonas	Nivel 2
UH 499	cuenca Ucayali	Nivel 3
UH 4991	Intercuenca hidrográfica del Ucayali	Nivel 4
UH 4999	Intercuenca alto Apurímac	Nivel 5

Nota: Unidad hidrográfica.

Figura 14

Codificación Pfafstetter de la vertiente del Amazonas.



Nota: La vertiente amazónica, figura tomada de Comunidad andina Org

4.1.1.1.2. Subcuencas del Río Apurímac.

Hasta el punto de estudio, se detallará las subcuencas que contribuyen al caudal para la investigación de la tesis los cuales son: el río Hornillos con recorrido

longitudinalmente de 65 km con una cuenca de 630 m² contribuye un caudal de 6 m³/s, río Velille con un trayecto de 180 km con una cuenca de 3700 km² contribuye un caudal de 45 m³/s, río Vilcabamba con una senda de 150 km con la cuenca de 3930 km² contribuye un caudal de 73 m³/s y el río Santo Tomas con un desplazamiento de 150 km con la cuenca de 3440 km² tributa un caudal de 84 m³/s. cabe señalar que estas ambas subcuencas forman de específica importante los cuales están dentro del margen de la investigación por ello que no se registra mucha información para proporcionar en los datos de estos ríos, pero contribuyen un caudal agregado de 392 m³/s río abajo.

4.1.1.1.3. Principales Parámetros de la Cuenca.

Las medidas de la compilación de averiguación para la demarcación de la cuenca que se ha trabajado en nuestra carta nacional y se ha fijado los subsiguientes parámetros significativos.

Tabla 7

Resumen de la cuenca Ccónoc de los cálculos geomorfológicos.

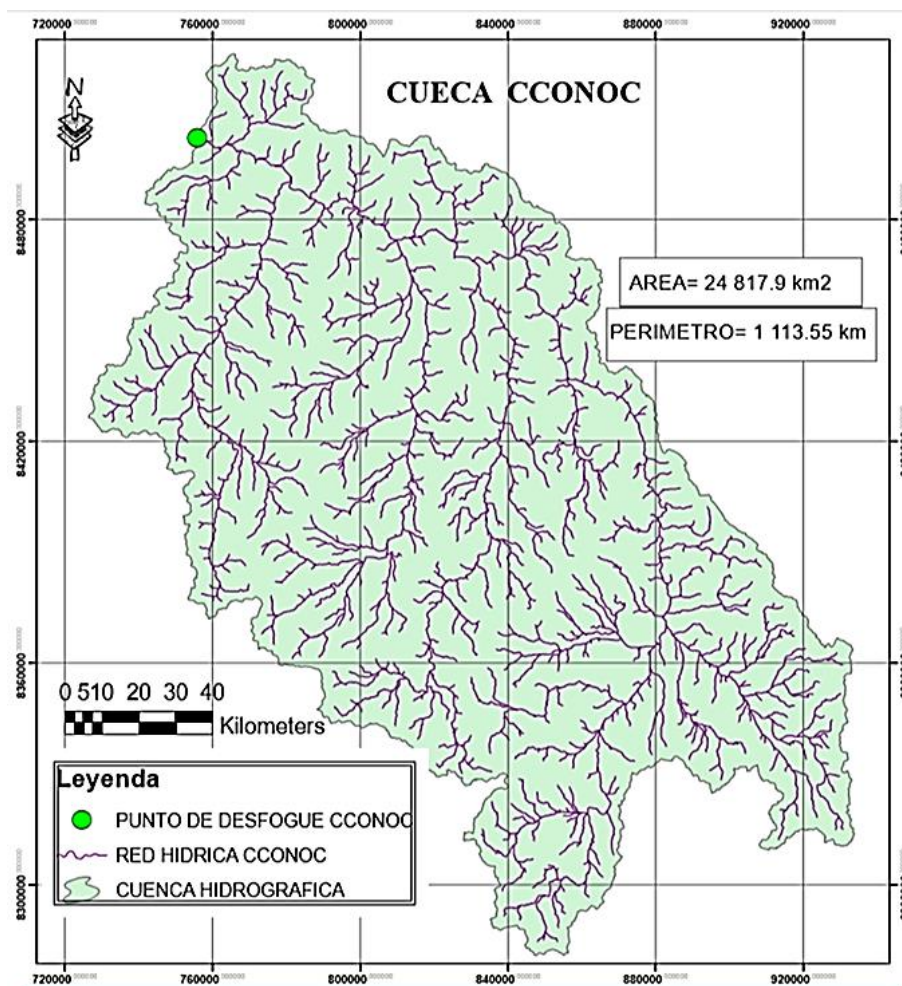
Cuenca Ccónoc con su parámetro geomorfológico.					
		Parámetros	Nomenclatura	Cuenca	UND
		Área total de la cuenca	At	24 817.9	Km ²
		Perímetro	P	1 113.55	Km.
		Zona de proyección UTM	Zona	18 - 19	s/U
UBICACIÓN		X	Coord. X	755756,98	m
		Y	Coord. X	8501995,57	m
RELACIONES DE FORMA	FACTOR DE CUENCA	Coeficiente de compacidad (Gravelius)	$Kc = 0.28 P / (At)^{1/2}$	1,979	s/U
		Longitud de la cuenca	LB	512,517	Km.
	FACTOR DE FORMA	Ancho medio de la Cuenca	$AM = At / LB$	48,42	Km.
		Factor de forma	$Kf = AM / LB$	0,09	s/U
		RECTANGULO EQUIVALENTE	Mayor Lado	$Kc*(\pi*A)^{1/2}/2*(1+(1-4/\pi*Kc^2))$	900,15
		Menor Lado	$Kc*(\pi*A)^{1/2}/2*(1-(1-4/\pi*Kc^2))$	86,62	Km.
		Consistencia de drenaje	$Dd = Lt / At$	0,241	Km./Km ² .

Desnivel de cuenca	Ht	4,331	Km.
Altura de la cuenca media	Hm	4143	m.s.n.m.
Pendiente de la cuenca (Met. Rect. Semejante)	Ht / Lma	0,48%	%
Concentración Kirpich (tiempo)	$0.0195(L^3/h)^{0.385}$	3052,54	min.

Nota: Resumen de cálculos

Figura 15

Cuenca Ccónoc.



Nota: Cuenca de Ccónoc en ArcGIS

4.1.1.1. Hidrometría

De la cuenca del Apurímac, se asume una estación hidrológica entre del lugar de estudio, designada la estación del puente Cúnyac que calcula el escurrimiento del río Apurímac a una elevación de 1851 m.s.n.m.

La estación del puente Cúnyac en el que se toma control del caudal de escurrimiento, está situada en un espacio curvo y firme del río Apurímac, entro en actividad el año 2009, reportando datos hasta el momento.

Tabla 8

Coordenadas UTM de escurrimiento.

Estación	UTM Este	UTM Norte	Altitud
Puente Cúnyac	762404.60 m	8499296.32 m	1851 msnm

Nota: *Coordenadas UTM de escurrimientos*

4.1.1.1.1. Información disponible

El río Apurímac, en la parte más lejana de la cuenca, cuenta con insuficiente información sobre el caudal que fluye, para ello, se presentó solicitudes con los requisitos exigidos por el SENAMHI del Cusco, Arequipa y Lima para proporción de datos de la estación hidrológica de Cúnyac, la fuente más confiable de registro de datos. Se solicitó el expediente “mejoramiento del servicio de protección contra inundaciones en los baños termales de Ccónoc, distrito de Curahuasi, provincia de Abancay, departamento de Apurímac” de la Municipalidad Distrital de Curahuasi del año 2019. Los estudios que se realizarán servirán como antecedente para este expediente, así como de otros proyectos futuros.

4.1.1.1.2. Análisis de descargas

El río Apurímac exhibe su historial en la observación de datos de la estación hidrológica en el puente Cúnyac.

La estación hidrológica del puente Cúnyac se acierta operativo para el registro de datos.

A continuación, se muestra el cuadro donde se observa los aforos en el puente Cúnyac, así como los caudales máximos dentro del mes y el caudal promedio mensual en los periodos ocurridos de los datos obtenidos del SENAMHI.

Tabla 9

Estación hidrográfica puente Cúnyac, del periodo 2009 – 2019.

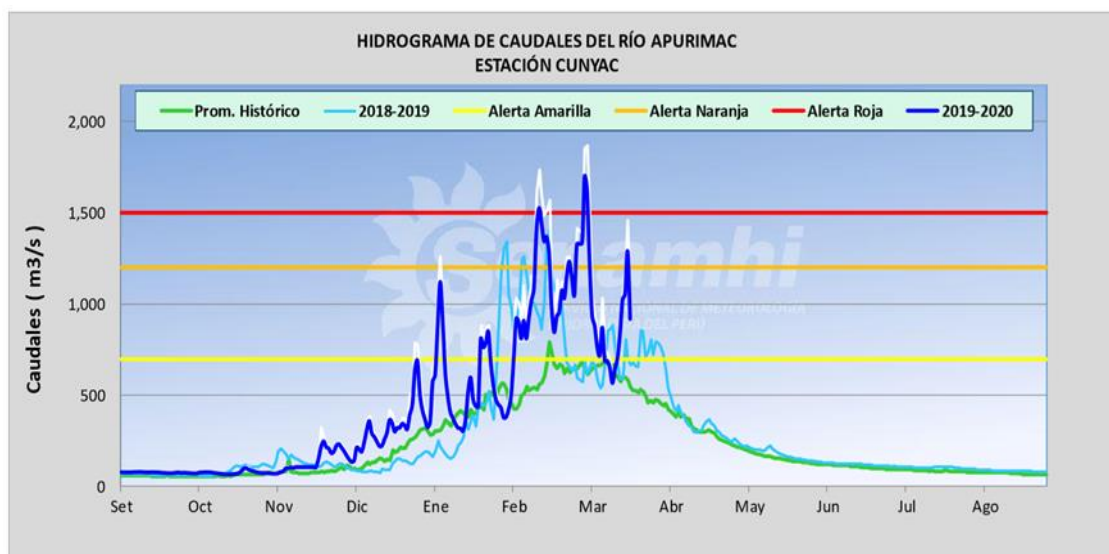
Estación	Mes	Periodo	Qmax. del mes	Periodo	Qmax. promedio
H. Puente Cúnyac	SET	2012-2013	84.34	2009-2019	61.87
H. Puente Cúnyac	OCT	2018-2019	185.65	2009-2019	91.23
H. Puente Cúnyac	NOV	2012-2013	862.58	2009-2019	220.27
H. Puente Cúnyac	DIC	2012-2013	959.29	2009-2019	381.47
H. Puente Cúnyac	ENE	2009-2010	1396.76	2009-2019	780.70
H. Puente Cúnyac	FEB	2017-2018	1834.24	2009-2019	1004.72
H. Puente Cúnyac	MAR	2011-2012	1442.81	2009-2019	815.95
H. Puente Cúnyac	ABR	2010-2011	959.29	2009-2019	516.65
H. Puente Cúnyac	MAY	2011-2012	406.69	2009-2019	217.80
H. Puente Cúnyac	JUN	2011-2012	204.07	2009-2019	128.98
H. Puente Cúnyac	JUL	2010-2011	158.02	2009-2019	99.21
H. Puente Cúnyac	AGO	2010-2011	144.20	2009-2019	83.50

Nota: Estación hidrográfica puente Cúnyac

Del cuadro anterior podemos decidir que las características son típicas y se aprecia que en los meses de febrero llega a su pico más alto por debajo de 2000 m³/s de caudal y su caudal promedio del mes llega a 600 m³/s de los años y su caudal mínimo reportado, fue de 29.53 m³/s en el mes noviembre del 2015 datos tomados de la estación de Cúnyac.

Figura 16

Monitoreo hidrológico 2019-2020.



Nota: Caudal pico del hidrograma de caudales del río Apurímac en la estación Cunyac, figura tomada del SENAMHI.

4.1.1.2. Modelo Probabilístico de Caudales.

A la cadena de caudales máximos temporales registrados de la estación hidrométrica del puente Cúnyac. se les ajusto a otros métodos probabilísticos como la de distribución: X Gumbell, log Pearson tipo III, Gumbell Max, Weibull 2 Parámetros, Nash, Gamma, Normal y log Normal.

De los experimentos de ajuste, se comprobó que los principales modelos son las distribuciones como son los X Gumbell, log Pearson Tipo III, Gumbell Max, Weibull 2 Parámetros, Nash, Gamma, Normal y log Normal. De estas distribuciones se tomaron para el tiempo de retorno de 100 y 500 años en los que se proyectara los cálculos de estos. ver tabla siguiente:

Tabla 10

Los caudales considerados son 100 y 500 años en el río Apurímac de los modelos obtenidos.

Parámetros de Distribución	Caudales m ³ /s	
	Tr = 100 años	Tr = 500 años
X(Gumbell)	3472,20	4413,73
Log Pearson tipo III	3057,27	3668,86
Gumbel Max	2815,01	3512,14
Weibull 2 Parámetros	2574,13	2982,61
Nash	3283,56	4150,94
Gamma	2762,20	3361,34
Normal	2365,93	2671,72
Log Normal	2956,87	3863,65
Promedio	2910,90	3578,13

Nota: Caudales de retorno de 100 y 500 años

4.1.1.3. Caudal de Diseño.

Se tiene los caudales máximos en el punto de control de la cuenca en la estación del puente Cúnyac sobre el río Apurímac con un área de drenaje de 24 745 km², realizando los cálculos hasta el drenaje o punto de escorrentía se tiene un área de 24 817.9 km², y con perímetro de 1 113.55 km, se tiene los caudales de diseño mediante las cuencas afluentes a la cuenca del Apurímac.

De donde para cálculos hidráulicos, se tomarán en cuenta el siguiente método probabilístico de logaritmo Pearson del tipo III, de tiempo de retorno de 100 años con

un caudal de 3057,27 m³/s, así como también para la socavación de tiempo de retorno para 500 años con su caudal de 3668,860 m³/s lo que se especifica en la ilustración siguiente.

4.1.2. Resultados Hidráulicos

En este párrafo, se proyecta recopilar la investigación hidráulica e hidrológica representada del río Apurímac en su senda por el área de estudio del balneario turístico de Ccónoc, especialmente en su procedimiento en las crecidas sorprendentes, que admiten a detallar la trayectoria de su cauce y caudales máximos por estaciones de datos del SENAMHI y establecer los instrumentos hidráulicos de las avenidas de etapas de retorno analizados según al manual del MTC de hidráulica e hidrología (2, 5, 10, 20, 50, 100, 500 y 1000 años), que corresponden ser condicionantes hacia la propuesta de proyecto de la defensa ribereña.

Tabla 11

Caudales máx. y su tiempo retorno

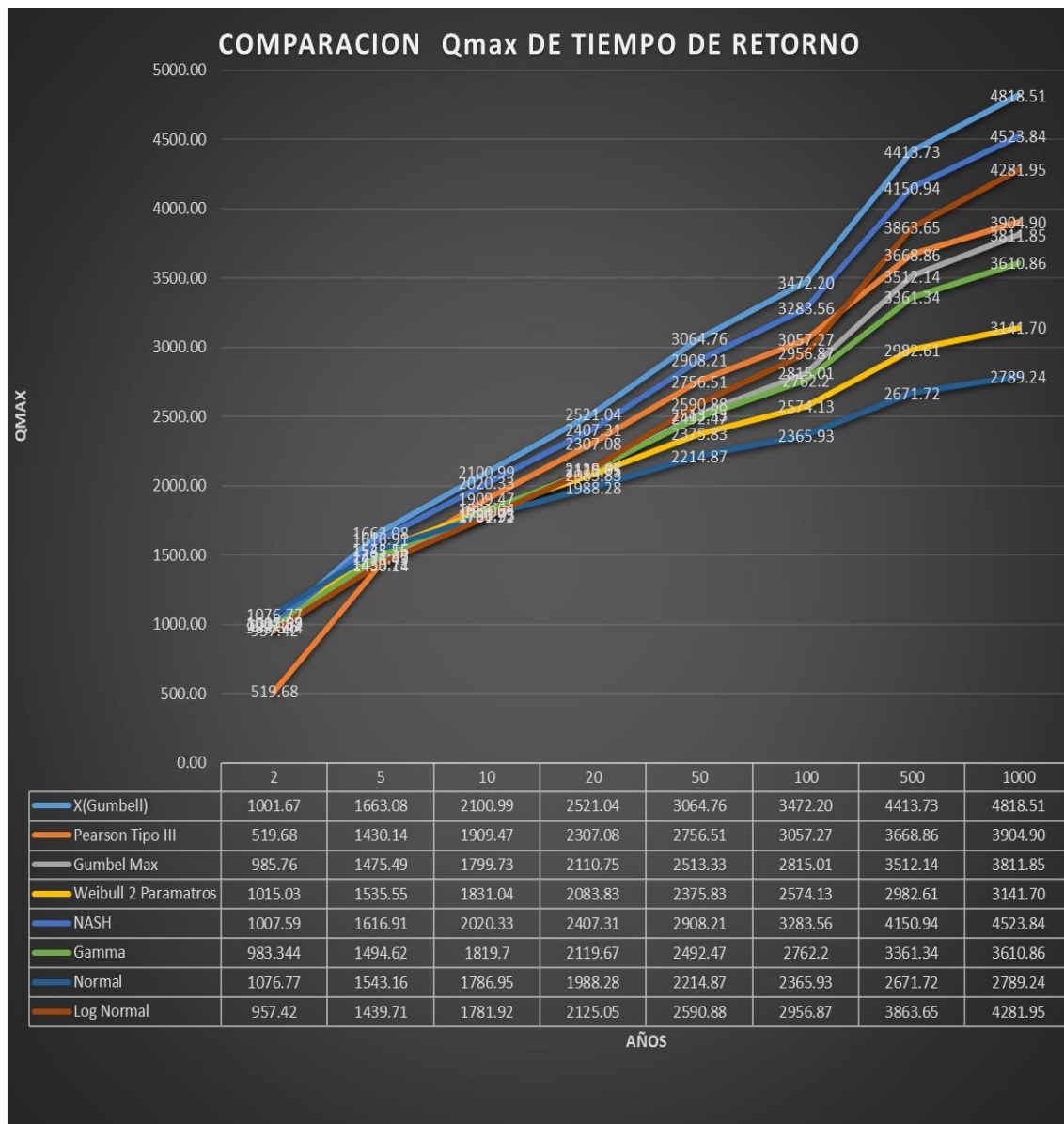
PERIODO DE RETORNO	X Gumbell	LOG Pearson Tipo III	Gumbell Max	Weibull 2 Parámetros	NASH	Gamma	Normal	Log Normal
2	1001.67	519.68	985.76	1015.03	1007.59	983.344	1076.77	957.42
5	1663.08	1430.14	1475.49	1535.55	1616.91	1494.62	1543.16	1439.71
10	2100.99	1909.47	1799.73	1831.04	2020.33	1819.7	1786.95	1781.92
20	2521.04	2307.08	2110.75	2083.83	2407.31	2119.67	1988.28	2125.05
50	3064.76	2756.51	2513.33	2375.83	2908.21	2492.47	2214.87	2590.88
100	3472.20	3057.27	2815.01	2574.13	3283.56	2762.2	2365.93	2956.87

500	4413.73	3668.86	3512.14	2982.61	4150.94	3361.34	2671.72	3863.65
1000	4818.51	3904.90	3811.85	3141.70	4523.84	3610.86	2789.24	4281.95

Nota: Caudales máximo y tiempo de retorno

Gráfico 2

Comparación de Qmax de tiempo de retorno.



Nota: Comparación de Qmáx. de tiempo de retorno

4.1.2.1. Coeficiente Manning para el Estudio.

Nuestro caudal se encuentra en una superficie libre de mayor crecida a 30 m por lo que nos toca hacer la selección a criterio nuestro tomando en cuenta los datos superiores que se muestran en la tabla 11.

Tabla 12

Determinación del coeficiente de Manning para el cauce.

Lado derecho del cauce	Lecho del río	Lado izquierdo del cauce
Sección regular sin rocas ni arbustos	Cauce de grava, canto rodado y algunas rocas	Árboles y arbustos con follaje fase vegetativa
n= 0.050	n= 0.040	n= 0.060

Nota: *Determinación del coeficiente de manning*

4.1.2.2. Prueba Kolmogorov – Smirnov.

La prueba Kolmogorov – Smirnov, es un método que comprueba la bondad de ajuste de la distribución, que permite poder elegir el más representativo, el que mejor se ajuste.

La Prueba Kolmogorov – Smirnov, radica en poder cotejar el máximo valor absoluto del contraste D entre la función de distribución de posibilidad observada $F_o(x_m)$ y la estimada $F(x_m)$:

a) Logaritmo Pearson Tipo III.

En esta prueba con el logaritmo Pearson Tipo III que se realizó, se obtuvo un margen de confiabilidad de diferencia $D=0,0933$ con lo cual es casi cercano a 0 y es el más recomendable por optar, en el cuadro de determinación se procederá a escoger al óptimo.

Tabla 13

Logaritmo Pearson Tipo III, prueba con Kolmogorov Smirnov.

N	X	$\gamma Y = (x - \delta_1) / \alpha_1$	2Y	$2\beta_1$	χ^2	Fx	Fo	Abs(Fo-Fx)
1	346	3459,4235	6918,8469	7075,8226	0,9061	0,0939	0,0909	0,0030
2	396	3464,8514	6929,7028	7075,8226	0,8896	0,1104	0,1818	0,0714
3	575	3484,0204	6968,0407	7075,8226	0,8154	0,1846	0,2727	0,0882
4	740	3501,8090	7003,6180	7075,8226	0,7246	0,2754	0,3636	0,0882
5	1040	3533,9505	7067,9010	7075,8226	0,5216	0,4784	0,4545	0,0239
6	1092	3539,5115	7079,0231	7075,8226	0,4843	0,5157	0,5455	0,0297
7	1409	3573,5196	7147,0392	7075,8226	0,2712	0,7288	0,6364	0,0924
8	1581	3592,0285	7184,0569	7075,8226	0,1794	0,8206	0,7273	0,0933
9	1756	3610,7842	7221,5684	7075,8226	0,1095	0,8905	0,8182	0,0723
10	1834	3619,2143	7238,4286	7075,8226	0,0855	0,9145	0,9091	0,0054
							D=	0,0933
Suma			10767,7					
Media			1076,8					
Des.Eest(S)			554,16	d crítico =	0,409			
sesgo(γ)			0,0336	n=	10			
$\beta_1 = (2/\gamma)^2$			3537,9113	$\alpha =$	0,05			
$\alpha_1 = S/\sqrt{\beta_1}$			9,3166					
$\delta_1 = X - \alpha_1 \beta_1$			-31884,5925					

Nota: Prueba con Kolmogorov Smirnov

4.1.2.3. Cálculos con HEC RAS.

El HEC-RAS Hydrologic Engineering Center, Raster del cuerpo de ingenieros del ejército es la principal alternativa a la investigación de caudal constante, aunque recuerda que la cobertura de caudal en la ruta de investigación no es calculada por la estación de medición de agua, lo que permite crear una serie de ciclos de caudal o niveles de agua fiables, esta prueba de estimación donde la versatilidad para la rapidez

a lo ancho de una fracción de la sección perpendicular, se obtiene la repartición de las velocidades.

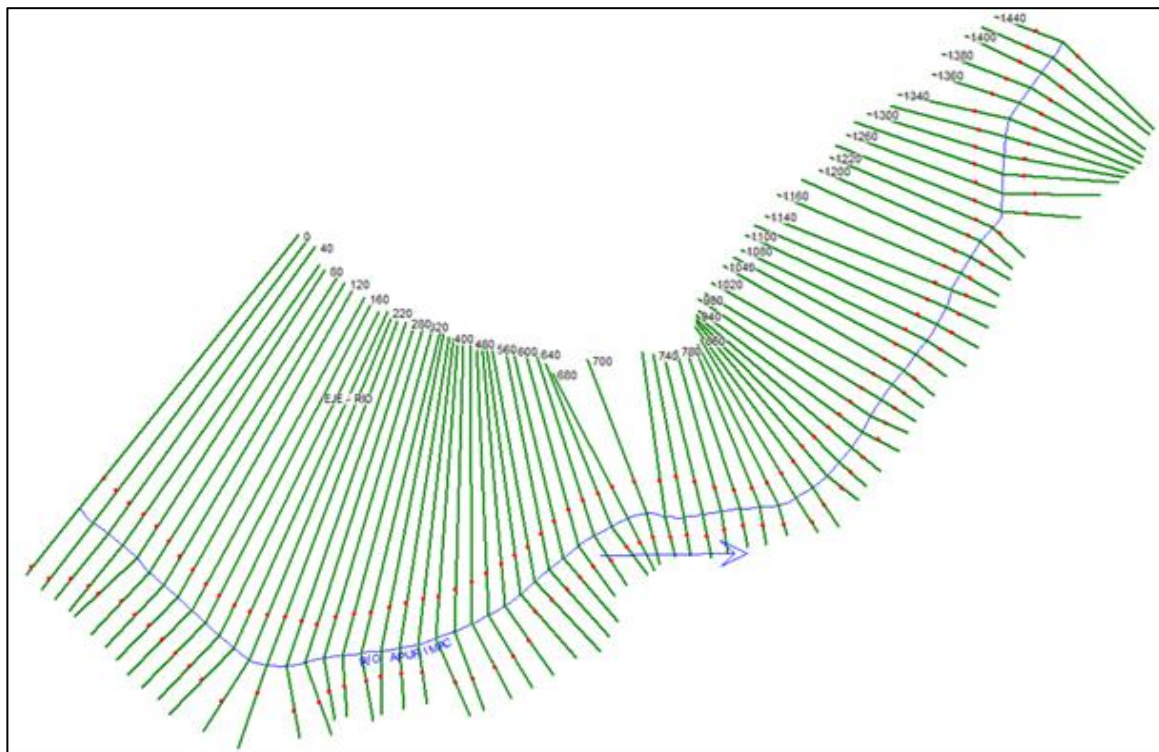
El modelo que se realizó es con el que se basa a los antecedentes de las unidades transversales. Para concebir valores fiables de la cifra de Manning, ha estado en primordiales reconocimientos de campo contiguo con las representaciones pictóricas estimativos históricos.

Posee tales datos de la estación hidrológica de Cúnyac con el registro histórico de la elevación de agua que consiguió de caudal a una altitud de 1851 m.s.n.m. que se encuentra a unos kilómetros del punto de estudio.

El procedimiento de cálculos en HEC RAS de eje de río o thalweg con su eje transversal a 20 m, cada eje no debe interceptarse para efectuar el cálculo.

Figura 17

Eje de río y sus secciones transversales.

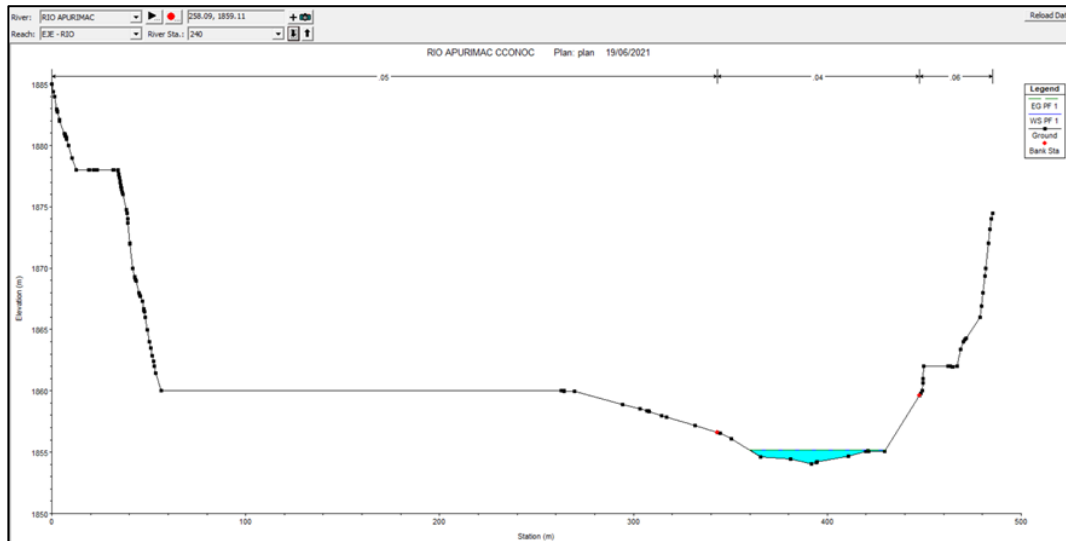


Nota: Cálculos HEC RAS

Los cálculos iniciados fueron con un caudal de $29.53 \text{ m}^3/\text{s}$, en los tramos de mayor importancia que son de los ejes transversales de 240 m y 260 m, respectivamente.

Figura 18

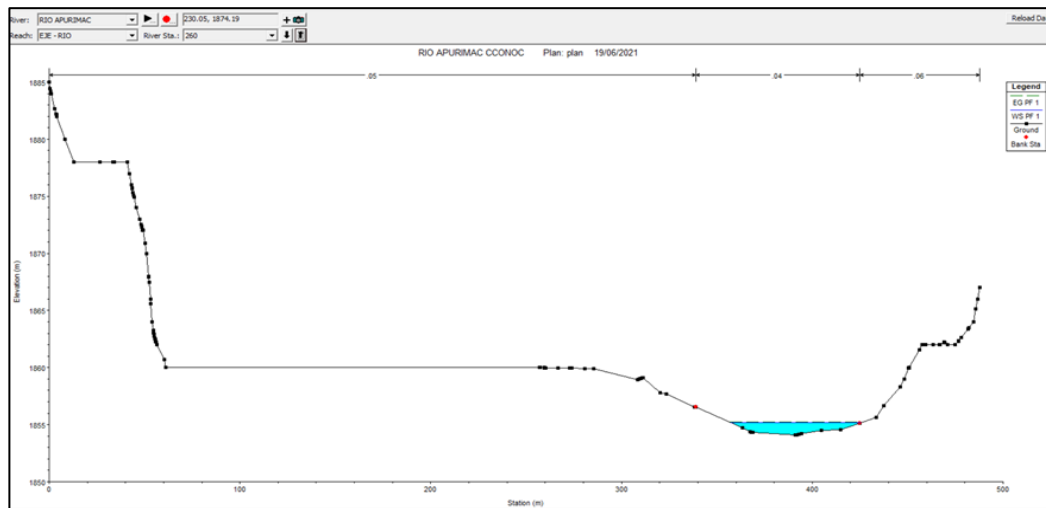
Sección de transversal 240m.



Nota: Cálculos HEC RAS

Figura 19

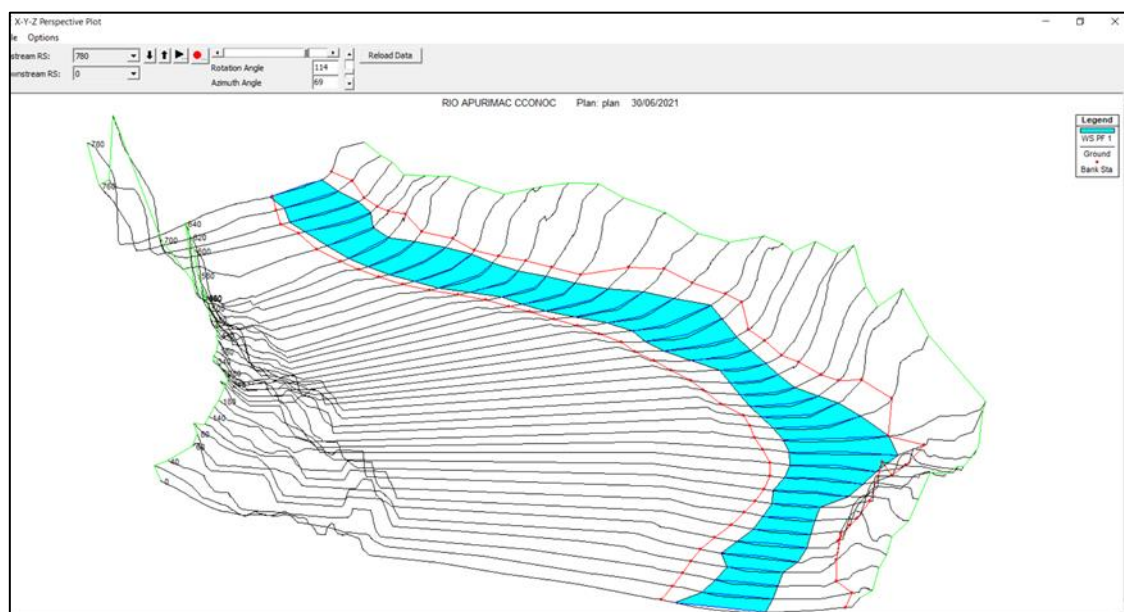
Sección de transversal 260m.



Nota: Cálculos HEC RAS

Figura 20

Modelado x-y-z del cauce.

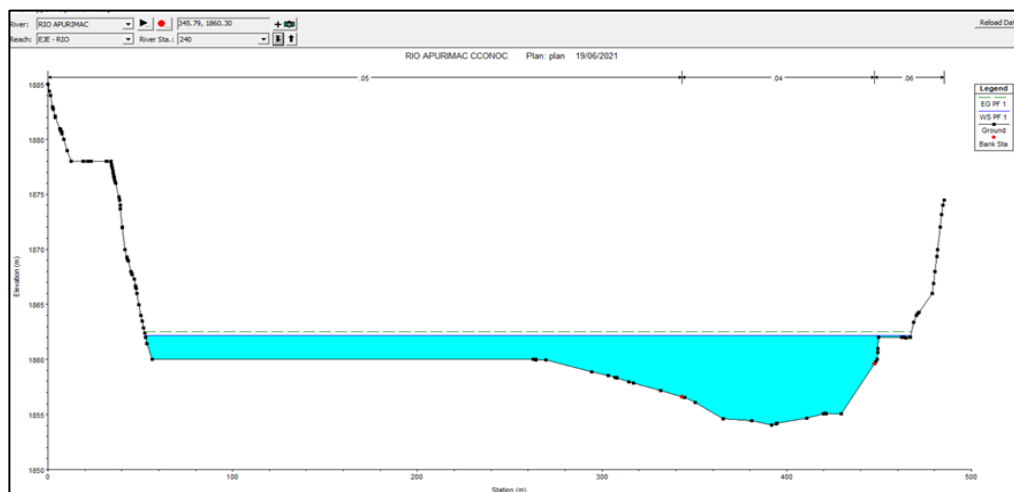


Nota: Cálculos HEC RAS

En el siguiente se calculó se utilizó un caudal de $3057.27 \text{ m}^3/\text{s}$, para el tiempo de retorno de 100 años.

Figura 21

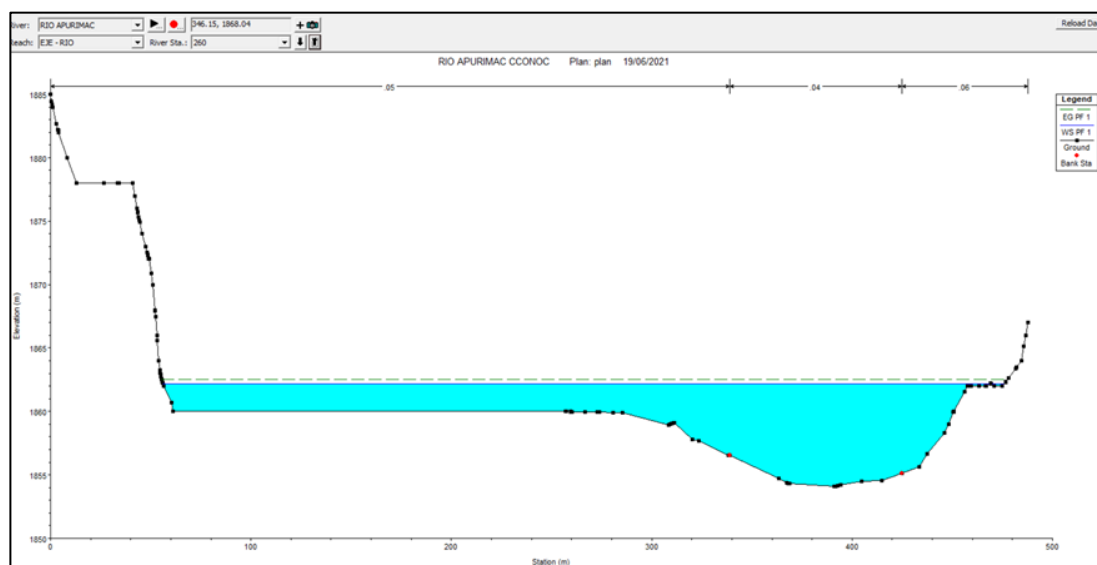
Sección de transversal 240m con $Tr = 100$ años.



Nota: Cálculos HEC RAS

Figura 22

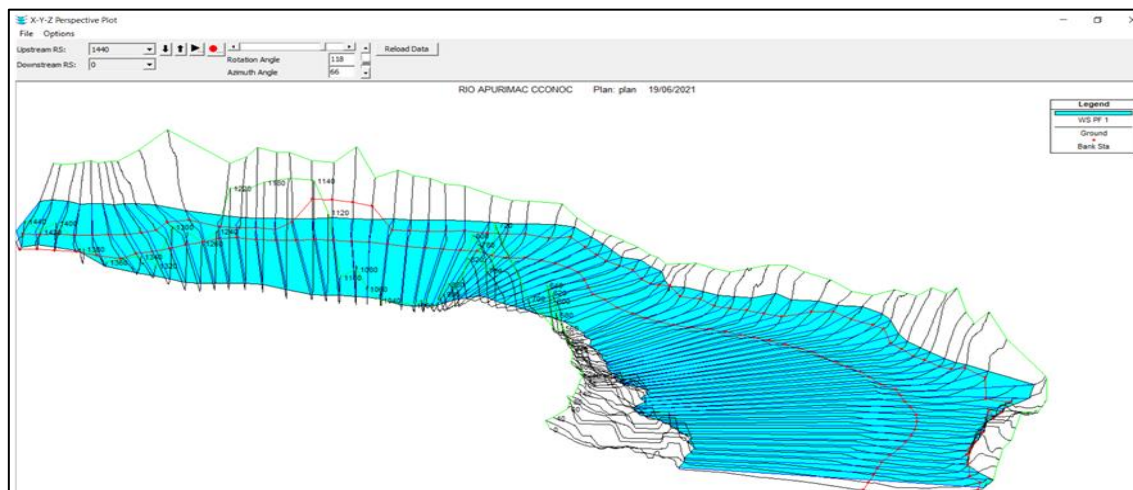
Sección de transversal 260m con $Tr = 100$ años.



Nota: Cálculos HEC RAS

Figura 23

Modelado x-y-z del cauce para $Tr = 100$ años.

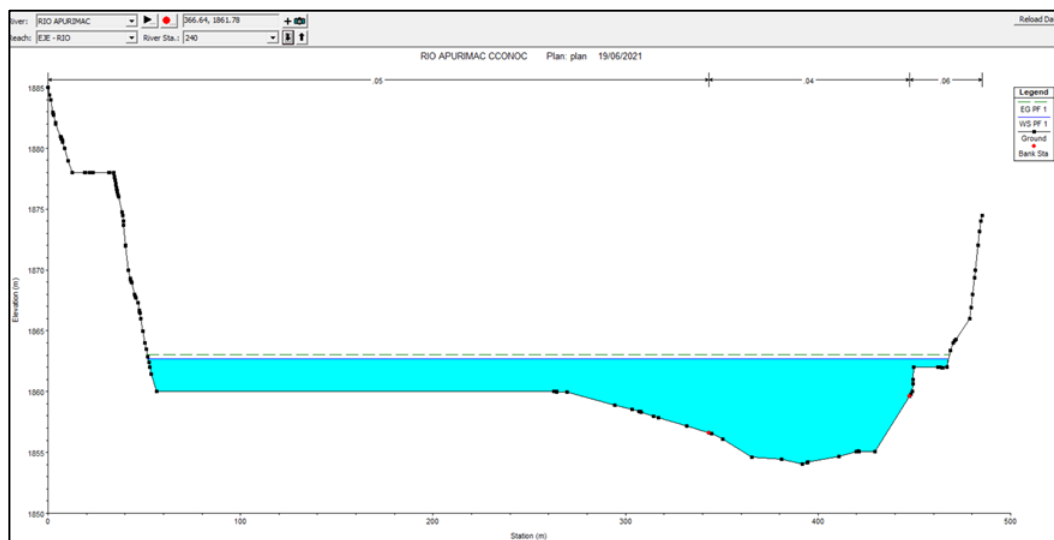


Nota: Cálculos HEC RAS

Para el siguiente y último modelado de cálculo, se realizó para un $Tr = 500$ años con un caudal de $3668.86 \text{ m}^3/\text{s}$, donde se aprecia la inundación del área de estudio.

Figura 24

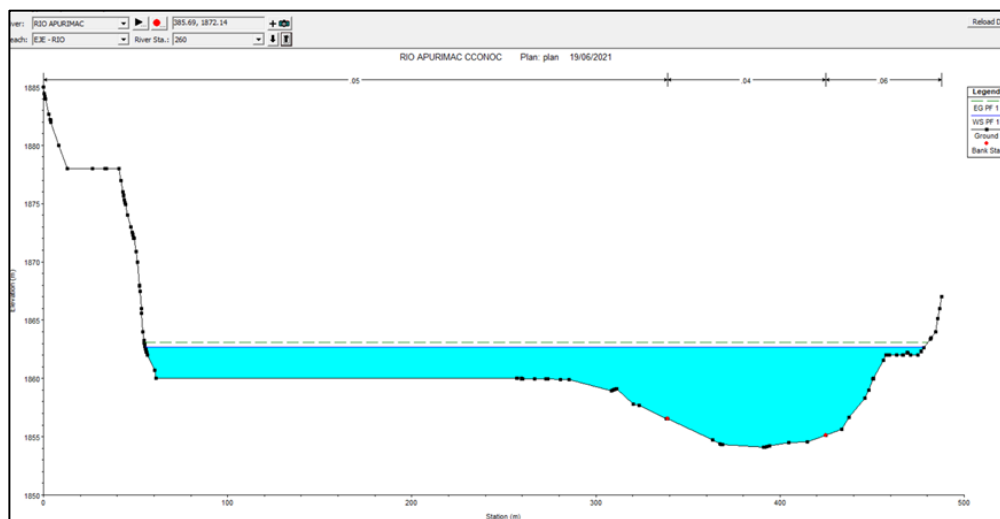
Sección de transversal 240m para tiempo de retorno = 500 años.



Nota: Cálculos HEC RAS

Figura 25

Sección de transversal 260m para Tiempo retorno = 500 años.

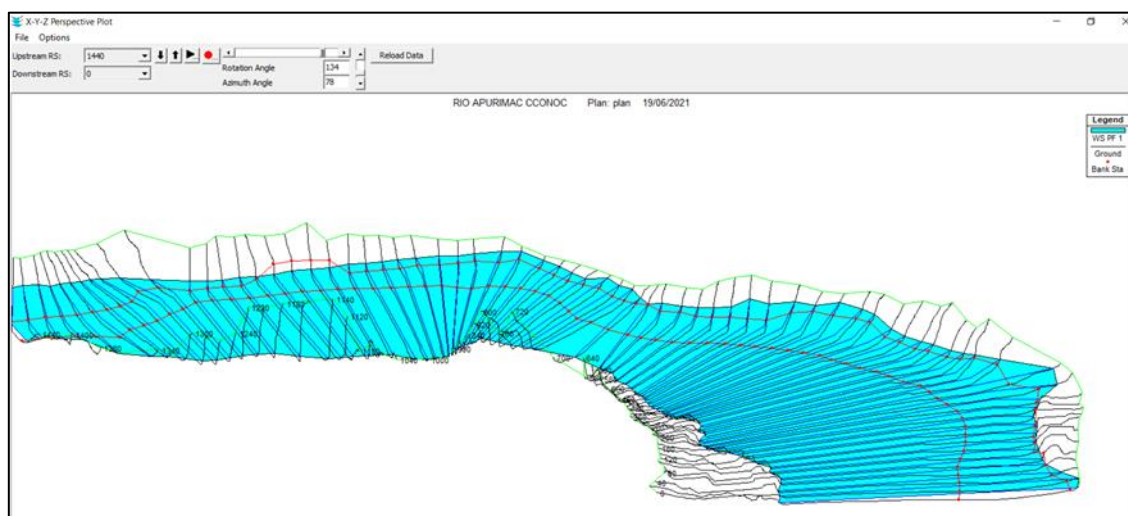


Nota: Cálculos HEC RAS

Fuente: Cálculos HEC RAS, elaboración propia.

Figura 26

Modelado x-y-z del cauce para Tiempo retorno = 500 años.



Fuente: Cálculos HEC RAS, elaboración propia.

Figura 27

Captura de imagen de la sección 240m HEC RAS. Cambiar el caudal de 3057.27 m³/s

Cross Section Output					
File Type Options Help					
River:	RIO APURIMAC	Profile:	PF 1		
Reach:	EJE - RIO	RS:	240	Plan:	plan
Plan: plan RIO APURIMAC EJE - RIO RS: 240 Profile: PF 1					
E.G. Elev (m)	1862.42	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.33	Wt. n-val.	0.050	0.040	0.060
W.S. Elev (m)	1862.10	Reach Len. (m)	17.78	20.00	38.31
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	728.12	711.65	5.88
E.G. Slope (m/m)	0.001066	Area (m2)	728.12	711.65	5.88
Q Total (m3/s)	2956.87	Flow (m3/s)	876.02	2079.49	1.37
Top Width (m)	414.23	Top Width (m)	290.42	304.34	19.46
Vel Total (m/s)	2.05	Avg. Vel. (m/s)	1.20	2.92	0.23
Max Ch Dpth (m)	8.04	Hydr. Depth (m)	2.51	6.82	0.30
Conv. Total (m3/s)	90582.9	Conv. (m3/s)	26836.6	63704.5	41.8
Length Wtd. (m)	19.32	Wetted Per. (m)	291.05	305.03	21.03
Min Ch El (m)	1854.06	Shear (N/m2)	26.34	70.80	2.92
Alpha	1.54	Stream Power (N/m s)	31.45	206.88	0.68
Frc'n Loss (m)	0.02	Cum Volume (1000 m3)	113.97	138.38	1.31
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	52.91	21.55	1.21

Errors, Warnings and Notes

Enter to move to next downstream river station location

Nota: Cálculos HEC RAS

4.1.2.4. Caudales Empleados.

Las obtenciones de resultados en la hidrología de la misma manera forman parte de los datos de cálculos a realizarse para el acceso del modelo hidráulico. Posteriormente se dan los resultados de cada uno y otro capítulo.

Tabla 14

Caudales tomados para el modelado.

Hidráulica		Hidrología	
Caudales modelados (m^3/s)			
Tr = 100años	Tr = 100años	Tr= 500años	
3057.27	3057.27	3668.86	

Nota: Caudales de cálculos de hidrología e hidráulica

Según Ponce, 2018, señala que el diseñador selecciona el período de devolución en consulta con el propietario de acuerdo con las convenciones establecidas. Es importante optar por considerar una estimación adecuada del riesgo. En la guía para la selección de periodos de retornos, especifica que para desarrollo de zonas de inundación se recomienda 100 años de periodo de retorno.

4.1.3. Resultados de Sedimentación

Cálculo de sedimentación por el método de Einstein, con la ayuda del libro de ingeniería de ríos. (Pérez Morales, Rodríguez Castro, & Molina Aguilar, 2018, pág. 176).

Tabla 15

Cálculo de las características hidráulicas, por el método de Einstein, parte 1.

Método de Einstein									
Tabla de cálculo de características hidráulicas									
R'h	U'*	δ'	k_s/δ'	x	U	k_s/x	Ψ'	U/U*''	U*'''
120	2.871	4.057	3.39	1.12	33.51	12.2900	0.000	287.061	0.1167
171.13	3.428	3.397	4.05	1.12	43.06	12.2900	2.76515E-06	342.805	0.1256
Zn 35=									
Área=	2.48E+10	m ²	Rh=	171.1300	m				
Perímetro=	1113550	m	B=	250	m				
Rh CALC=	171.1300								

Nota: Características hidráulicas

Tabla 16

*Cálculo de las características hidráulicas,
por el método de Einstein, parte 2.*

Rh''	Rh
9.72366E-06	120.0000097
1.12586E-05	171.1300113
U* =	3.428 m/s
$k_s=D65=$	13.76 mm
Dm =	0.75 mm

Nota: Características hidráulicas

Tabla 17*Cálculo de transporte de sedimentos, sección 1.*

Tabla de cálculo de transporte de sedimentos.

ρ_i	ρ_i'	z_n	D_i	$R'h$	X	D_i/X	Φ
%	%		(mm)	(m)		(m)	
25	25	0.25	0.420	171.1300	9.46	0.04440	2.32273E-05
25	51.5	0.25	9.50	171.1300	9.46	1.00423	0.000525378
25	71.2	0.17	25.4	171.1300	9.46	2.68499	0.001404696
25	100	0.17	76.2	171.1300	9.46	8.05497	0.004214087

Si $D_{65}/(x \delta') > 1.8$ Entonces $X=1.12 D_{65}/x$; si no $X=1.39 \delta'$

$$D_{65}/(x \delta') = 49.84458294 \quad D_{65}/(\delta') = 3.39157073 \quad \gg Y = 0.52$$

Nota: Cálculo del transporte de sedimentos por el método de Einstein

Tabla 18*Cálculo de transporte de sedimentos, sección 2.*

ϵ	Ψ^*	ϕ^*	$D_i^{3/2}$	gb
			($m^{3/2}$)	($kg/s-m$)
5.800	0.5125000	0.410	0.0003	45.7474
1.200	0.5125000	0.410	0.0293	474.4849
1.000	0.5125000	0.410	0.128	992.0990
1.000	0.5125000	0.410	0.6652	2261.4967
			$gb =$	3773.828 $kg/s-m$
			$GB =$	337756.860 kg/s

Nota: Cálculo del transporte de sedimentos por el método de Einstein

Tabla 19*Cálculo de transporte de sedimentos, sección 3.*

Tabla de cálculo de transporte de sedimentos (continuación).						
pi	pí	wi	Z	A*	I1	I2
%	%	(m/s)				
25	25	8.52	7.420026507	0.291666667	14	15
25	51.5	8.52	6.213452814	6.597222222	14	15
25	71.2	8.52		17.63888889	14	15
25	100	8.52		52.91666667	14	15

Nota: Cálculo del transporte de sedimentos por el método de Einstein

Tabla 20*Cálculo de transporte de sedimentos, sección 4.*

P	gbs	a	z	Ca	gs
	kg/s-m	(m)		kg/m3	kg/s-m
1.957547742	160031.7029		0.84	0.007420027	45.7474
1.957547742	160031.7029		19	0.006213453	474.4849
1.957547742	160031.7029		50.8		992.0990
1.957547742	160031.7029		152.4		2261.4967
gbs=	640126.8117	kg/s-m		gs=	3773.8281 kg/s-m
GBS=	57291221.62	kg/s		GS=	337756.8601 kg/s
GBT=	57628978.479	kg/s		GT=	kg/s

Nota: Cálculo del transporte de sedimentos por el método de Einstein

Tabla 21

Resumen de cálculos de sedimentación por el método de Einstein.

Resumen	GB (kg/s)	GBS (kg/s)	GBT (kg/s)	GS (kg/s)	GL (kg/s)	GT=GBT+GL
Método de Einstein	337756.860	57291221.62	57628978.479	337756.8601	0.00000	57628978.479

Nota: Resumen del análisis por el método de Einstein

El resultado final de sedimentación realizado por el método que más se ajuste es el método de Einstein, tenemos la sedimentación total de 57 628 Tn, al estimar la sedimentación total de 57 628 Tn. Se entiende que en la acumulación de materiales será inevitable, haciendo que se creen bancos de arena, creando islas, ya que esto genera que ocurra erosión en los extrados al margen derecho en sentido río arriba, y acumulación de materiales en los intrados a la margen izquierda en sentido río arriba, al encontrándose en curva la erosión será mayor siempre en los extrados.

4.1.4. Resultados de Socavación

Los resultados de la socavación, para el análisis fluvial y geomorfológico y los cálculos espigones, muros de contención.

4.1.4.1. Elemento Estable o Anchura del Cauce (B).

Cálculo hidráulico para la socavación

Sección estable o amplitud de cauce (B)

Método de Simons Y Henderson

$$B = K_1 Q^{1/2}$$

$$B = 160.35 \text{ m.}$$

Método Pettis

$$B = 4.44 Q^{0.5}$$

$$B = 245.5 \text{ m.}$$

Método Altunin – Manning

$$B = (Q^{1/2}/S^{5/3})(n K^{5/3})^{3/(3+5m)}$$

$$B = 284.90 \text{ m.}$$

Método Blench

$$B = 1.81(Q F_b/F_s)^{1/2}$$

$$B = 245.14 \text{ m.}$$

Tabla 22

Sección estable del cauce (B).

Métodos	B (m)
Simons Y Henderson	160.35
Pettis	245.5
Altunin - Manning	284.90
Blench	245.14
Recomendación practica	200.00
=====> Promedio B:	227.18
=====> Se adopta B:	250.00

Nota: Resultados de sección estable del cauce (B)

De la tabla 22, la sección estable o anchura del cauce (B), se elegirá B = 250.00 m, por acomodar a la franja de estudio.

4.1.4.2. Cálculo del Tirante.

Metodo Manning para Strickler B > 30m.

$$t = (Q/(K_s * B.S^{1/2}))^{3/5}$$

$$t = 2.88 \text{ m.}$$

Velocidad media (m/s).

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

$$V = 4.17 \text{ m/seg.}$$

Número de Froude.

$$F = V / (g * y)^{1/2}$$

$$F = 0.79$$

4.1.4.3. Cálculo de la Altura de Dique.

Borde libre (BL)

$$BL = \phi \cdot e$$

$$BL = 1.78$$

Altura del muro (H_M)

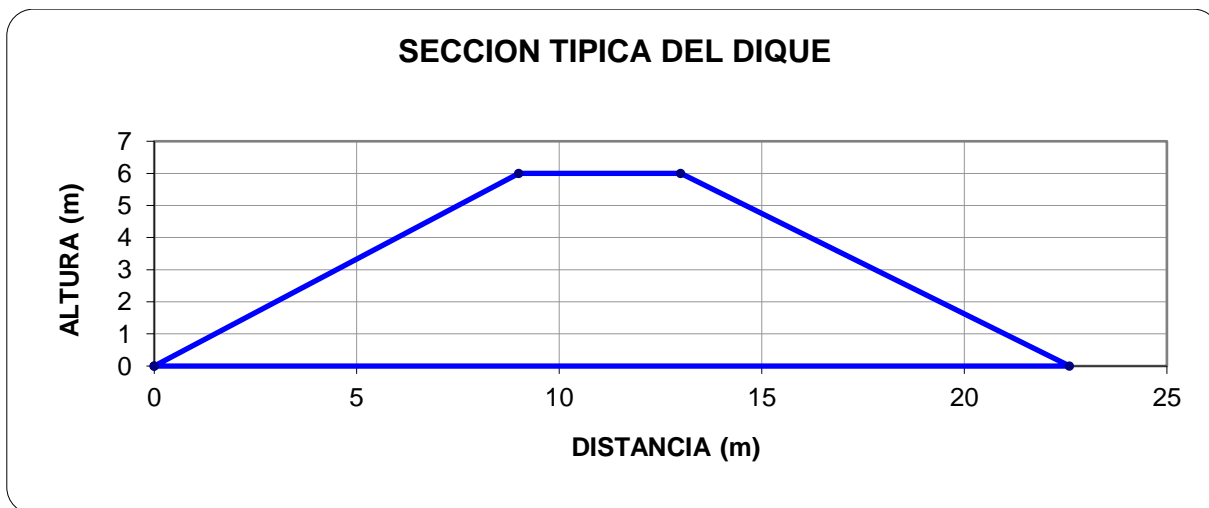
$$H_M = y + BL$$

$$H_M = 6.00$$

La altura promedio del dique es de 6.00 metros.

Gráfico 3

Comparativo de la Sección típica del dique.



Nota: Sección típica del dique.

4.1.4.4. Cálculo de la Profundidad de Socavación (Hs).

Profundidad de socavación para suelos que no son cohesivos.

$$t_s = ((\alpha t^{\frac{5}{3}})/(0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)}$$

$$t_s = 5.41 \text{ m.}$$

Fondo de la socavación (Hs)

$$H_S = t_s - t$$

$$H_S = 2.53 \text{ m.}$$

4.1.4.5. Profundidad de Uña.

$$P_{U\tilde{N}A} = FS * H_S$$

$$P_{U\tilde{N}A} = 4.00 \text{ m.}$$

4.1.4.6. Cálculo Estructural de Espigones.

Dimensionamiento.

$$L = L_A + L_T$$

$$L = 55.00 \text{ m.}$$

Socavación en espigones: Método de Artomonov

$$H_S = S_T - d_o$$

$$H_S = 3.07 \text{ m.}$$

Por lo tanto, la profundidad de la uña en espigón será.

$$P_{u\tilde{N}a_espigon} = 3.00 \text{ m.}$$

4.1.4.7. Socavación en Curvas.

La profundidad de cimentación de la uña en tramo curvo: Método Altunin

$$P_{u\tilde{N}a \text{ (tramo curvo)}} = 5.00 \text{ m.}$$

4.1.4.8. Estabilidad del Terraplén.

La fuerza resistente (Kg/m) cuando es mayor que la presión del agua (kg/m²)

$$R > P$$

$$96,714.62 \text{ Kg/m} > 4,147.20 \text{ Kg/m}^2$$

4.1.4.9. Probabilidad de Movimiento de la Roca.

$$F_{roca(D50)} = 0.56 * (V^2/2g) * (1/D_{50}) * (1/\Delta)$$

$$F_{roca(\%)} = 0.38 \%$$

4.1.4.10. Estabilidad del Revestimiento del Enrocado.

Esfuerzo máximo cortante actuante.

$$\tau_{\alpha} = \gamma_{\alpha} * t * s$$

$$\tau_{\alpha} = 20.16$$

Esfuerzo cortante críticos.

$$\tau_c = C * (\gamma_s - \gamma_{\alpha}) * D_{50} * K$$

$$\tau_c = 101.68$$

$$\tau_c < \tau_{\alpha}$$

$$20.16 < 101.68$$

El revestimiento del enrocado es estable.

4.1.4.11. Cálculo para Determinar el Uso de Filtros.

c) Determinación de velocidad en el espacio entre el enrocado y material

base:

Va: Velocidad de agua entre el enrocado y el fondo Va (m/s).

$$V_a = (D_{50}/2)^{2/3} * S^{1/2} / n_f$$

$$V_a = 1.817$$

d) Determinación de velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado (V_e).

$$V_e = 16.1 * (D_m)^{1/2}$$

$$V_e = 1.486$$

Determinando el tipo de filtro.

Se asume un tipo de filtro de Geotextil.

$$V_{a1} = V_a/4$$

$$V_{a1} = 0.454$$

Verificando que se cumpla: $V_{a1} > V_a$.

Como $V_{a1} < V_a$, se usará filtro de grava.

4.1.4.12. Cálculo del Diámetro de la Roca para el Río Apurímac en la Zona de Ccónoc.

Cálculo para el diámetro de roca del río Apurímac, con el método de Maynord.

$$D_{50} = t * C_1 * F^3$$

$$D_{50} = 1.18$$

$$D_{100} = 2.36$$

Cálculo para el diámetro de roca del río Apurímac, con el método de R.A. Lapardo.

$$D_s = \left(\frac{6 * W}{\pi * \lambda_s} \right)^{1/3}$$

$$D_s = 1.300$$

Cálculo para diámetro de roca del río Apurímac, con el método de California división of Highways.

$$d_{50} = \frac{b}{\Delta} * \frac{V^2}{2g} * \frac{1}{f}$$

$$d_{50} = 1.11$$

4.1.5. Resultados de Espigones

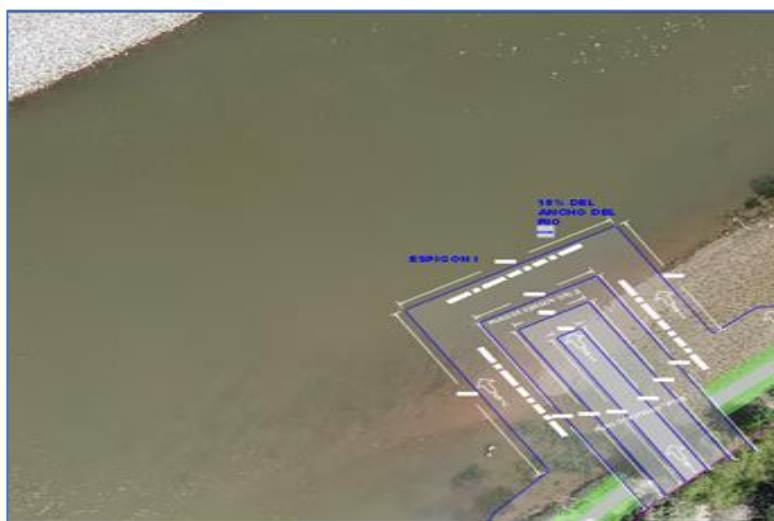
Para el diseño del espigón, se ha utilizado el manual de trabajo para la sistematización de torrentes y ríos con espigones. Manual técnico Maccaferri de los especialistas Ing. Gerardo Fracassi Co-Autores: Ing. Daniele Martin Ojea Ing. Javier Herrera Hernández Ing. Nelson A. Berrospid Aguilar publicado el año 2012, esta técnica es manejada a partir de los tiempos de los 1980, según este manual nos indican que hay tres métodos para el diseño en curvas, viendo el mejor análisis y a cubrir en la defensa ribereña se optó por la técnica 01 del manual, donde a continuación se detalla el diseño del espigón.

Método 1

Del paso 1, es la de reconocer la faja en el que se forma la abrasión, el primer espigón, que se denomina por I, posteriormente es posicionado aguas en lo alto, en fase perpendicular a la orilla de una extensión se le agrega el 10% del ancho del río, el ancho del río en esta sección es de 65.00 m, por lo que su 10% es de 6.50 m.

Figura 28

Se le agrega el 10% del ancho del río, 6.50 m.



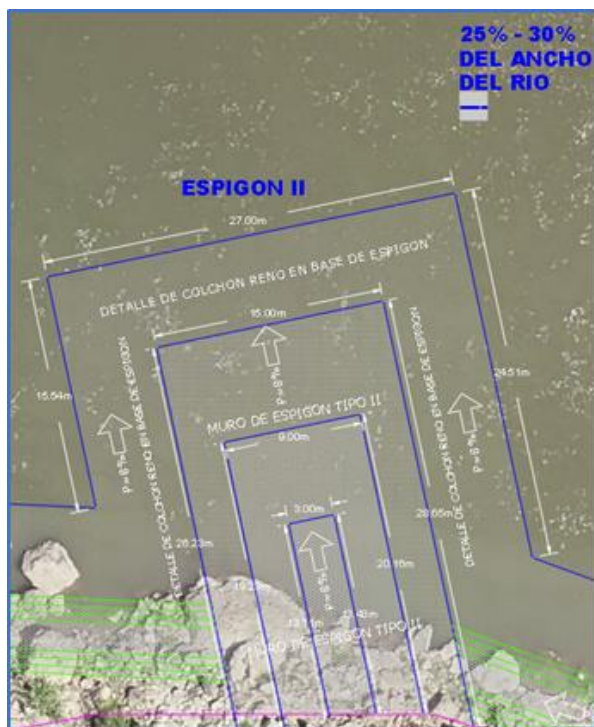
Nota: Cálculo del colchón

Del paso 2, del lugar del inicio de proyección del espigón I, se traza hacia aguas debajo una recta perpendicular a su radio de sinuosidad, en el emplazamiento del cual la recta secciona en dos mitades iguales el segmento de radio interpuesto entre las líneas del borde a erosionarse y la ansiada, identidad del paraje del espigón II, la separación corresponderá a ser entre el 25% y 30% del vasto del río, el sentido seguirá del pronunciamiento del Profesional más adelante se muestran algunas deferencias al respecto.

Se asume el 25% en esta sección para dar un arco, ya que en esta sección mide 80.00 m y el espigón II medirá 20.00 m.

Figura 29

Del 25% del ancho del río en espigón del tipo II.



Nota: Porcentaje de ancho de espigón del río en espigón tipo II

En el paso 3, se atravesará por el vértice del espigón I y II, y se traza hacia aguas abajo con una recta, en la parte en el que la recta secciona en dos segmentos semejantes de radio entendido entre las figuras de la orilla presente y la ansiada, asemejamos con zona de la posición del espigón número III. La distancia corresponderá al ser el semejante del orden que el anterior.

Estos pasos subsiguientes, donde el asunto es continuo para situar, los siguientes espigones hasta obtener en proximidades del final de la franja que no fue afectada por erosión y a continuación se presenta el diseño de los espigones.

4.1.5.1. Colchón Para los Espigones.

Se tiene un colchón bajo la estructura del espigón lo que sobrepasa 6.00 m de la arista del espigón con la finalidad de dar estabilidad a la estructura de diseño. A continuación, se muestra el ancho de cama en cada tipo y la cantidad de espigones.

Tabla 23

Descripción de medidas del colchón para espigón.

Colchón para	Descripción	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)
Tipo I	Espigón III	64.48	28.00	0.30
	Espigón IV	57.37	28.00	0.30
	Espigón I	39.79	27.00	0.30
Tipo II	Espigón II	32.22	27.00	0.30
	Espigón V	37.63	27.00	0.30

Nota: Descripción de las medidas del colchón para espigón

Figura 30

Colchón para toda la estructura.



Nota: Modelado de colchón estructural

4.1.5.2. Espigón Tipo I.

El diseño del espigón del Tipo I, donde la corona más alta del espigón tiene una medida de 4.00 m, se opta por dar este ancho según al cálculo, ya que la longitud de estos espigones supera los 50.00 m. estos espigones están ubicados al centro de todos y que serán el máximo soporte de corriente de agua, y los materiales sedimentarios, es de conocimiento que hay dos espigones del tipo I a continuación se detallan las medidas y el diseño en planta del espigón diseñado.

Tabla 24

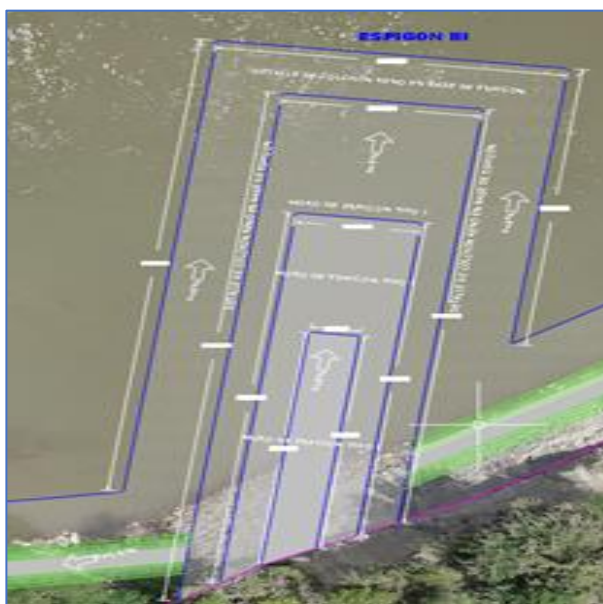
Descripción de medidas del espigón Tipo I.

Descripción	Largo	Ext. Río Arriba	Ext. Río Abajo	Ancho	Alto
	28.59m	27.24m	29.90m	4.00m	2.00 m
Espigón III	43.52m	40.14m	47.55m	10.00m	2.00 m
	58.48m	53.08m	65.25m	16.00m	2.00 m
	23.17m	23.46m	23.22m	4.00m	2.00 m
Espigón IV	37.27m	38.75m	37.34m	10.00m	2.00 m
	51.37m	54.13m	51.37m	16.00m	2.00 m

Nota: Descripción de medidas para el espigón tipo I.

Figura 31

Espigón III de tipo I con su respectiva dimensión.



Nota: Espigón III de tipo I

4.1.5.3. Espigón Tipo II.

El diseño del espigón del Tipo II, donde la corona más alta del espigón tiene una medida de 3.00 m, se da con la finalidad de que la longitud del espigón no supere los 30.00m y por términos de ahorrar material y horas hombre en la etapa de ejecución, es de conocimiento que hay tres espigones del Tipo II a continuación se detallan las medidas y el diseño en planta del espigón diseñado.

Tabla 25

Descripción de medidas del espigón Tipo II.

Descripción	Largo	Ext. río Arriba	Ext. río Abajo	Ancho	Alto
	27.29m	27.29m	27.67m	3.00m	2.00 m
Espigón I	30.56m	30.56m	31.69m	9.00m	2.00 m
	33.79m	33.79m	35.67m	15.00m	2.00 m
Espigón II	13.11m	13.43m	13.11m	3.00m	2.00 m

- b) ¿Por qué influyen en el diseño de estructuras los caudales de máxima avenida?

La influencia de caudales máximos que afecta a áreas no protegidas, según Ponce conlleva a que el diseñador plantee una alternativa de protección que, según nuestro cálculo, se realizó nos da un caudal de $3057.27 \text{ m}^3/\text{s}$ para un periodo de retorno de 100 años con el método estadístico de Log Pearson Tipo III, lo cual nos lleva a plantear una estructura de defensa ribereña para este caudal.

- c) ¿Es necesario realizar el estudio de investigación de la influencia fluvial y geomorfológica en la erosión del río Apurímac, con la propuesta de diseñar la defensa ribereña en el balneario turístico de Ccónoc - Curahuasi?

Se tiene un área de 25890 km^2 delimitado con el software ArcGIS y un caudal máximo proporcionado por el SENAMHI de $1800 \text{ m}^3/\text{s}$, que en tiempos de avenida máxima se verá inundado el balneario turístico, esta información nos hace tomar la siguiente conclusión de plantear con una propuesta de un diseño de defensa ribereña con espigón.

- d) ¿Es recomendable la construcción de la defensa ribereña en el balneario turístico de Ccónoc, para resguardar el balneario de las avenidas máximas?

Es de gran importancia el salvaguardar con una defensa ribereña, las vidas humanas ante fenómenos naturales que afectan el área del balneario turístico.

- e) ¿Es necesario realizar el estudio de batimetría para el análisis de la influencia en la erosión del río Apurímac para la propuesta de defensa ribereña?

Los estudios de batimetría son importantes para ríos caudalosos ya que con ello nos dan detalles del lecho del río, para ello la toma de muestra son de aproximadamente de dos años en consulta de asesores externos.

Conclusiones

Del objetivo general que contempla el evaluar la magnitud de influencia fluvial, se argumenta en la base teórica explicada en la estimación de caudales y del análisis estadístico de los datos hidrológicos del SENAMHI; se obtuvo un caudal de 3057.27 m³/s, para periodos de retorno de 100 años, con el método estadístico de log Pearson Tipo III. Así como en las avenidas de diseño de la tabla 3, de guía para la selección de periodos de retorno, para diques longitudinales de mediano riesgo se toma de 50 años a 100 años; por lo que, se optó 100 años de tiempo de retorno por el tipo de caudal en tiempos de avenidas máximas, esto implica en plantear la propuesta de una defensa ribereña, con la finalidad de proteger la ribera del balneario de Ccónoc.

Del objetivo específico N.º 1. de la influencia de la avenida de caudal máximo, se justifica este objetivo con la base teórica de hidrología del análisis estadístico de datos hidrológicos que tiene por finalidad de estimar caudales máximos mediante los cálculos de métodos probabilísticos como son: (X Gumbell, log Pearson Tipo III, Gumbel max, Weibull 2 Parámetros, Nash, Gamma, Normal y log Normal), así como la prueba de bondad de ajuste, de la prueba kolmogorov smirnov con el que se obtuvo un máximo valor absoluto $D = 0.0933$ para el método estadístico de logaritmo Pearson Tipo III, por lo que se calculó con un caudal de diseño de 3057.27 m³/s de 100 años de tiempo de retorno.

Del objetivo específico N.º 2. para determinar la magnitud de influencia de la socavación en curvas que produce la erosión del río Apurímac, y la socavación que afecta a los extrados del cauces naturales, y la erosión en las curvas en la forma cóncava de la curva de erosión sobre la erosión en curvas y en el cálculo de

profundidad de cimentación con $P_{\text{uña(tramo curvo)}} = 5.00 \text{ m.}$ de una profundidad para la cimentación de la uña en el tramo curvo, según el método Altunin, lo que aporta un dato importante para aumentar el colchón de la propuesta del espigón, cabe mencionar que los espigones son para pendientes menores de 2%. La socavación en este punto es muy crucial lo que debilita la estructura de la plataforma de estacionamiento del balneario de Ccónoc, con estos indicativos se debe proteger de mejor forma el punto de estudio.

Del objetivo específico N.º 3. para identificar el grado de sedimentación que afecta en la erosión del río Apurímac, se tomó el cálculo de transporte total de sedimentos, se realizó el cálculo de la sedimentación por el método de Einstein obteniendo la sedimentación total $G_T = 57\,628 \text{ Tn}$, con este dato podemos concluir la sedimentación en la zona que afecta a causa de crearse bancos de arena, isletas, etc. La acumulación se realiza en los intrados, generando erosión hacia los extrados, en la sección de estudio de Ccónoc.

Recomendaciones

1. Durante la determinación del caudal máximo, no se contó con la cantidad necesaria de años para un mejor ajuste estadístico, por lo que se recomienda trabajar, con mayor cantidad de datos para futuros proyectos.
2. Existiendo una gran cantidad de funciones estadísticas, se recomienda que todos se ajusten a través de las funciones de bondad de ajuste, para establecer una apropiada aproximación al comportamiento de los datos observados en la estación Cúnyac.
3. Es importante realizar los cálculos de socavación para la construcción de defensas ribereñas, esto facilitará la determinación de los lugares con mayor acumulación de sedimentos. Al realizar los cálculos de socavación en curvas, es recomendable el reconocimiento en campo para la comprobación visual.
4. Se deberá realizar estudios de sedimentación, con fines de conocer la sedimentación del cauce de río, estos cálculos complejos servirán para realizar la limpieza de sedimentos, determinación de altura de presa o muro de contención, embalses, etc. Los sedimentos son acumulados en los bancos de arena, creando islas y generando mayores erosiones en los extrados.
5. Para el levantamiento topográfico, se recomienda tener los equipos topográficos calibrados para realizar un levantamiento topográfico de alta precisión sin errores o puntos volados.

6. Una de las recomendaciones importantes es realizar el estudio de batimetría en la sección de estudio del río, para determinar la morfología del lecho del río.
7. Es importante el reconocimiento de campo, para la toma de muestras idóneas que servirá para el estudios de la mecánica de los suelos en laboratorio y en campo.
8. Al efectuar excavaciones en campo para toma de muestras, es recomendable tener las medidas de protección personal y seguir el protocolo de seguridad durante la excavación a cielo abierto.

Referencia

- Alonso, J. (08 de 02 de 2020). *Deutsche Welle*. Obtenido de Deutsche Welle: <https://www.dw.com/es/la-tierra-se-calienta-los-andes-se-derriten/a-52308279>
- Alvaro Aguilar, L. M., & Henriquez Fasando, L. A. (2014). *Diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña del río Chicama tramo puente Punta Moreno - Pampas de Jaguey aplicando el programa River*. Trujillo.
- Alvites Barragán, J. D., & Parco Huaranga, D. A. (2018). *Propuesta de guía constructiva para la construcción de defensas ribereñas utilizando el sistema de muro enrocado en la planta de CPPQ S.A. en Ñaña*. Lima-Perú.
- Baena Paz, G. (2017). *Metodología de la investigación*. Patria.
- Botía Diaz, W. Á. (2015). *Manual de Procedimientos de Ensayo de Suelos y Memoria de Cálculo*. Bogotá.
- Buitrago Buitrago, C., & Ochoa Parra, D. M. (2013). *Recomendaciones para la implementación de obras de protección y control de cauces*. Bogotá.
- Cárdenas Piucol, A. R., & Donoso Montero, A. E. (2008). *Proposito de una Metodología Particular para obtener la Capacidad de Soporte para Suelos Granulares sin Curvas Proctor Definida*.
- Coutiño Román, L. (2015). *Metodología integral para la estimación y mitigación de la erosión marginal en ríos*. México.
- Duque Escobar, G. (2017). *Manual de Geología para Ingenieros*. Manizales, 2017-colombia: bdigital.unal.edu.co.
- E. Bowles, J. (1981). *Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil*. Bogotá: McGRAW-HILL DE MÉXICO, S.A.

- Fasanando Sinti, 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*. Tarapoto - Perú.
- Fracassi, G., Martin Ojea, D., Herrera Hernández, J., & A. Berrospid Aguilar, N. (2012). *Obras de sistematización fluvial en torrentes y ríos con Espigones - Manual Técnico (MACAFERRI)*. MACAFERRI.
- Geomorfología Aplica. (s.f.). *Geomorfología Aplicada - Unidad 4. Geodinámica*.
(s.f.). *Geomorfología Aplicada*.
- Gonzáles Avilés, R. (2013). *Estudio de obras de protección costera caso México*. Morelos - México.
- Gonzáles Ortega, J. (2004). *Análisis de procesos de erosión local en márgenes de cauces fluviales con curvatura en planta*. Madrid, España.
- Hubp, J. L. (2011). *Diccionario geomorfológico*. México.
- J. (November, 2012).
- J.M. de Azebedo Netto, G. A. (1975). *Manual de Hidráulica*. DF. México.
- M. Das Braja - Cuarta Edición. (2015). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica (Cuarta Edición)*. Cengage Learning Editores, S.A.
- M. Das, B. (2012). *Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones "Séptima edición"*. Cengage Learning Editores, S.A.
- M. Ponce, V. (05 de 2018). http://ponce.sdsu.edu/periodos_de_retorno_articulo.html.
Obtenido de http://ponce.sdsu.edu/periodos_de_retorno_articulo.html:
http://ponce.sdsu.edu/periodos_de_retorno_articulo.html

- Mamani, F. A. (2017). *Diseño de defensas ribereñas en el río Callazas tramo crítico (KM 0+000.00-2+500.00) en el CP de Aricota, Provincia de Candarave-Tacna. TACNA.*
- Masabanda C., M., Morales Muñoz, B., & Bonifaz, H. (2018). *Geotécnia para Ingeniería Civil.* Ecuador: David Andrade Aguirre.
- Miranda Zuñiga, A. D. (2016). *El agua como elemento de centralidad urbana.* Valparaíso - Chile.
- Morales, W. R. (2015). *Texto Básico Autoformativo de Topografía General.*
- MTC - Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. (s.f.). *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje.* Lima.
- Muñoz Razo, C. (2011). *Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis.* México: Leticia Gaona Figueroa.
- Ñaupas Paitan, H., Valdivia Dueñas, M. R., Palacios Vilela, J. J., & Romero Delgado, H. E. (2018). *Metodología de la investigación.* Ediciones de la U.
- Olivos Alvites, V. O., & Contreras Riofrio, J. E. (2018). *Diseño de una defensa ribereña mediante roca al volteo en la margen derecha del río Pativilca tramo: Km 16 al Km 20.* Lambayeque - Perú.
- Pedraza Santos, A. (2019). *Análisis comparativo del levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019.* Lima.
- Pérez Morales, M. B., Rodríguez Castro, D. A., & Molina Aguilar, M. P. (2018). *Ingeniería de ríos .* Mexico.
- Pérsio Leister, d. (s.f.). *Manual Técnico Obra de Contención.* Brasilia .

- Reglamento Nacional de Edificaciones E.050. (2018). *Norma Técnica E. 050 "Suelo y Cimentaciones"*. Lima.
- Rocha Felices, A. (2015). *Defensas Fluviales con Espigones*.
- Saavedra Oré, D. D., & Saavedra Oré, D. (2017). *Análisis y diseño del puente de interconexión entre la urbanización Patibamba Baja y Manuel Escorza de la Ciudad de Abancay*. ABANCAY.
- Servicio periférico de I+D basada en drones de la Universidad de Almería. (s.f). www2.ual.es. Obtenido de www2.ual.es: <http://www2.ual.es/drones/servicios/topografia-y-fotogrametria/>
- Suárez Díaz, J. (2001). *Control de Erosión en Zonas Tropicales*. Bucaramanga - Colombia.
- Terán A, R. (1998). *Diseño y construcción de defensas ribereñas*.
- Volanté, A. (2017). *Geomorfología fluvial aplicada al peligro de crecidas cuenca del arroyo San Bernardo, sistema de ventania, Argentina*. Bahía Blanca.
- Zevallos Loaiza, M. (2015). *Diseño de la defensa ribereña para el balneario turístico Colcamayo, ubicado en la margen izquierda del río Urubamba*. Piura.

Web Grafía – Link Grafía

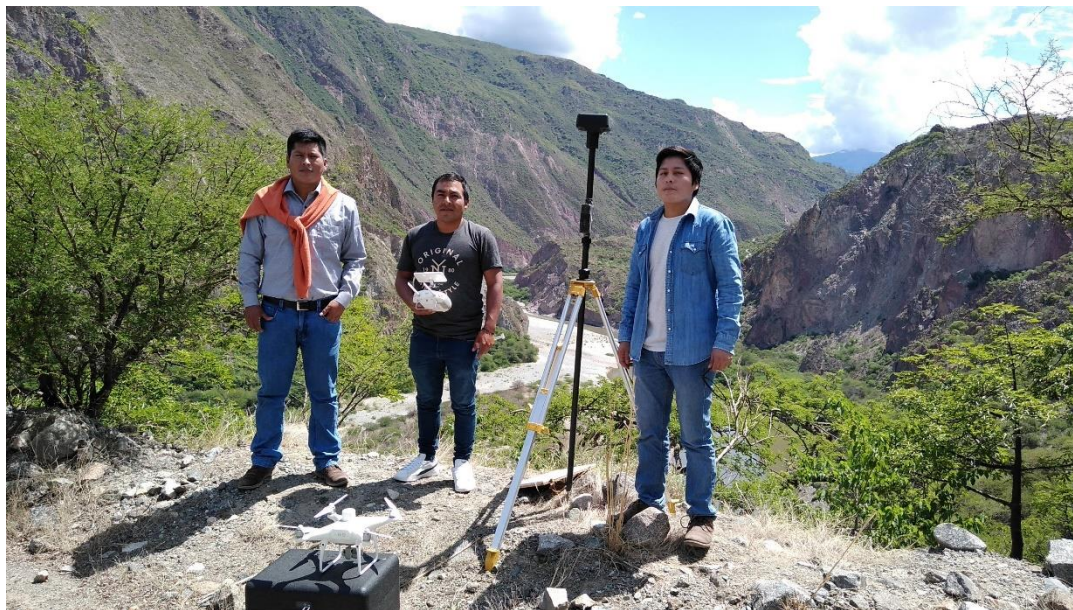
http://ponce.sdsu.edu/periodos_de_retorno_articulo.html

Anexos

Anexo 1: Panel Fotográfico.

Foto 1:

Levantamiento topográfico con el sistema RPAS.



Nota: Punto de posicionamiento, para realizar el levantamiento topográfico con el dron

Foto 2:

Exploración de calicata, con el responsable de Laboratorio GEOLEF.



Nota: Toma de muestras para el estudio de mecánica de suelos.

Matriz de Consistencia

Matriz de Consistencia del Informe de Tesis

“Análisis fluvial y geomorfológico en la erosión del río Apurímac, para la propuesta de defensa ribereña en el balneario turístico de Cconoc, Curahuasi 2019”
Tabla 26

Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Diseño metodológico
<p>P. General</p> <p>¿Cuál es la magnitud de la influencia fluvial y geomorfológica en la erosión del río Apurímac, para la propuesta del diseño de una defensa ribereña en el balneario turístico de Cconoc – Curahuasi?</p>	<p>O. General</p> <p>Evaluar la magnitud de influencia fluvial y geomorfológica en la erosión del río Apurímac, para la propuesta del diseño de una defensa ribereña en el balneario turístico de Cconoc - Curahuasi.</p>	<p>H. General</p> <p>Existe la influencia fluvial y geomorfológica en la erosión del río Apurímac, para la propuesta del diseño de una defensa ribereña en el balneario turístico de Cconoc - Curahuasi.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>Fluvial y Geomorfológica</p>	Avenida de Caudal máximo	Qmax, Qdiseño, Qtr.	<p>Tipo de Investigación</p> <p>El tipo de aplicada</p>
				Velocidad y tirante máximo	Pendiente, Profundidad, Ancho estable.	
<p>P. Específicos</p> <p>a) ¿Cuál es la magnitud de la influencia de la avenida de caudal máximo en la erosión del río Apurímac, para la propuesta del diseño de defensa ribereña en el balneario turístico de Cconoc - Curahuasi?</p> <p>b) ¿Cuál es la magnitud de influencia de la Socavación en Curvas que produce la erosión del río Apurímac, para la propuesta de diseño de la defensa ribereña en el balneario turístico de Cconoc - Curahuasi?</p> <p>c) ¿Cuál es la magnitud de influencia de Sedimentación que afecta en la erosión del río Apurímac, para la protección con la propuesta del diseño de la defensa ribereña, en el balneario turístico de Cconoc - Curahuasi?</p>	<p>O. Específicos</p> <p>a) Determinar la magnitud de la influencia de la avenida de caudal máximo en la erosión del río Apurímac, para la propuesta del diseño de defensa ribereña en el balneario turístico de Cconoc - Curahuasi.</p> <p>b) Determinar la magnitud de influencia de la Socavación en Curvas que produce la erosión del río Apurímac, para la propuesta de diseño de la defensa ribereña en el balneario turístico de Cconoc - Curahuasi.</p> <p>c) Identificar la magnitud de influencia de Sedimentación que afecta en la erosión del río Apurímac, para la protección con la propuesta del diseño de la defensa ribereña, en el balneario turístico de Cconoc - Curahuasi.</p>	<p>H. Específicas</p> <p>a) La avenida de caudal máximo para tiempos de retorno de 100-500 años afecta en la erosión del río Apurímac, para la propuesta del diseño de defensa ribereña en el balneario turístico de Cconoc - Curahuasi.</p> <p>b) La socavación en curvas afecta a los extrados con la erosión del río Apurímac, para una propuesta del diseño de defensa ribereña en el balneario turístico de Cconoc - Curahuasi.</p> <p>c) La influencia de Sedimentación que deja barras en el cauce, hace que encauce el caudal hacia al tramo de estudio afectando con la erosión del río Apurímac, para la protección con la propuesta del diseño de la defensa ribereña, en el balneario turístico de Cconoc - Curahuasi</p>	<p>Variable Dependiente</p> <p>Erosión del río.</p>	Topografía	Área, pendiente, curvas de nivel.	<p>Nivel de Investigación</p> <p>Descriptivo</p>
				Morfología del suelo	Clasificación de suelos.	
				Socavación en curvas	Dirección del flujo, Socavación en extrados.	<p>Diseño y Esquema de la Investigación</p> <p>El diseño de investigación será no experimental</p>
				Colmatación	Fuerza de Arrastre	
				Socavación	Hs.	
				Sedimentación	Transporte de Sedimentos, Fuerza de Arrastre	

Nota: Elaboración de matriz de consistencia.

Los otros anexos se encuentran resguardadas en la oficina de Repositorio Digital Institucional de la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes