

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

Evaluación y modelamiento de la capacidad hidráulica del río Huaycoloro tramo puente Huaycoloro km 0+000 al puente los Laureles km 3+100

Trabajo de Investigación para obtener el Grado Académico de
Bachiller en Ingeniería Civil

Por:

Keily Giezbel Gonzales Humpiri

Asesor:

Ing. Reymundo Jaulis Palomino

Lima, noviembre de 2020

**DECLARACIÓN JURADA
DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE
INVESTIGACIÓN**

Ing. Reymundo Jaulis Palomino, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: “EVALUACIÓN Y MODELAMIENTO DE LA CAPACIDAD HIDRÁULICA DEL RÍO HUAYCOLORO TRAMO PUENTE HUAYCOLORO KM 0+000 AL PUENTE LOS LAURELES KM 3+100” constituye la memoria que presenta la estudiante Keily Giezbel Gonzales Humpiri para aspirar al grado de bachiller en Ingeniería Civil cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este trabajo de investigación son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Lima, a los 19, noviembre del 2020

Ing. Reymundo Jaulis Palomino.

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a.....los.....19.....día(s) del mes de.....noviembre.....del año 2020....siendo las.....17:30.....horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a):Ing. David Díaz Garamendi....., el (la) secretario(a): Ing. Ferrer Canaza Rojas..... y los demás miembros: Ing. Giuliano Ricardo Moreno Patiño.....y el (la) asesor(a)...Ing. Reymundo Jaulis Palomino.....con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de investigación titulado: "Evaluación y modelamiento de la capacidad hidráulica del río Huaycoloro tramo puente Huaycoloro km 0+000 al puente los laureles km 3+100". de los (las) egresados (as):

.....a).....**KEILY GIEZBEL GONZALES HUMPIRI**.....

.....b).....

conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en:

.....**INGENIERÍA CIVIL**.....
(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): **KEILY GIEZBEL GONZALES HUMPIRI**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	15	B-	BUENO	MUY BUENO

Candidato/a (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó ... al.... candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente
Ing. David Díaz
Garamendi



Secretario
Ing. Ferrer Canaza
Rojas

Asesor
Ing. Reymundo Jaulis
Palomino

Miembro

Miembro
Ing. Giuliano Ricardo
Moreno Patiño

Candidato (a)
Keily Giezbel Gonzales
Humpiri

Candidato/a (b)

Evaluación y modelamiento de la capacidad hidráulica del río Huaycoloro tramo puente Huaycoloro km 0+000 al puente los Laureles km 3+100.

Evaluation and modeling of the hydraulic capacity of the Huaycoloro river, section Huaycoloro bridge km 0 + 000 to Los Laureles km 3 + 100

Keily Giezbel Gonzales Humpiri ^{a*}

^aEP. Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión

Resumen

En el Perú, el problema de los desbordes es recurrente, debido a las características geológicas, geomorfológicas, climáticas y expansiones urbanas en la franja marginal de los ríos, o áreas bajas inundables La quebrada de Huaycoloro que está ubicado entre los distritos de Lurigancho Chosica y San Antonio desemboca en el río Rímac, en las épocas de lluvias la quebrada de Huaycoloro se activa, existen pobladores que trasladan desmontes y los terminan arrojando al cauce y a la franja marginal estrechando peligrosamente su cauce, el caso más reciente y llamativo fue el 2017 que produjo desbordes del río afectando en gran manera la carretera Ramiro Priale, también las zonas de Campoy Zarate y Huachipa. En el presente artículo, se evaluó la sección actual del río Huaycoloro, y a su vez se determinó si la capacidad hidráulica es eficiente para conducir caudales de máximas avenidas en un periodo de retorno de 20,50,100 años.

Palabras clave: Huaycoloro; inundacion; HEC-RAS; ArcGis

Summary

In Perú the problem of overflows is recurrent, due to the geological, geomorphological, climatic characteristics and urban expansions in the marginal strip of rivers, or low flood areas La quebrada de Huaycoloro which is located between the districts of Lurigancho Chosica and San Antonio flows into the Rímac river, in the rainy season the Huaycoloro gorge becomes active, there are settlers who move demountable and end up throwing them into the channel and into the marginal strip, dangerously narrowing its channel, the most recent and striking case was 2017 that produced river overflows, greatly affecting the Ramiro Priale highway, also the Campoy Zarate and Huachipa areas. In the present article, the current section of the Huaycoloro river is evaluated, and it is determined if the hydraulic capacity is efficient to conduct maximum avenues flows in a return period of 20,50,100 years.

* Autor de correspondencia: Keily Giezbel Gonzales Humpiri
Km. 19 Carretera Central, Ñaña, Lima
Tel.: 960617597
E-mail: keilygonzales@upeu.edu.pe

1. Introducción

Los desbordes de ríos, son uno de los eventos más comunes en algunos países de Latinoamérica (Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Bolivia, Argentina, Chile). En el Perú, este problema es recurrente, debido a sus características geomorfológicas, climáticas, geológicas, y la falta de control en las expansiones urbanas en la franja marginal del río Huaycoloro. El registro de desbordes del río Huaycoloro demuestra la magnitud de los daños económicos y sociales que genera, el año 2017 producto del denominado niño costero se registró un caudal inusual de 140 m³/s, según el SENAMHI este niño costero fue calificado de magnitud moderada, se lo considera como “*el tercer Fenómeno El Niño*” más intenso de al menos los últimos cien años para el Perú”, comparado únicamente con el evento el niño del año 1925 – 1926. Otros investigadores como Quispe & Rojas 2018, Romero, Hurtado, 2017, Guadalupe & Blas, 2010, generaron modelamientos bidimensionales con HEC- RAS, con el fin de obtener los tramos más críticos y proponer soluciones. Por tal razón se propone evaluar la capacidad hidráulica del río Huaycoloro ante eventos de máximas avenidas, como como las ocasionadas en el año 2017, con el propósito de determinar si este fue un factor importante para el desborde de este río.

2. Materiales y Métodos

2.1. Descripción del área de estudio

El área de estudio forma parte del distrito de Lurigancho, se encuentra en el área de Lima Metropolitana, al este de la ciudad, sobre la margen del río Rimac desemboca el Río Huaycoloro en una altitud aproximada de 290 y 500 msnm.

Geográficamente el río Huaycoloro cruza los centros poblados de Cajamarquilla, Jicamarca y Santa María de Huachipa, entre los distritos de Lurigancho - Chosica y San Antonio.

La subcuenca de Huaycoloro está ubicada geográficamente en la cuenca baja del río Rimac y es caracterizada por su geomorfología, que es escarpada y ondulada con laderas accidentales y superficies erosionadas, tiene su inicio en las quebradas de Tranca, Batan Colca , Asma, Michura, se encuentra sobre los 3500 m.s.n.m de altitud, está Limitado por el norte y oeste con la cuenca del Río Chillón santa Eulalia , y por el sur con el área propia de la cuenca baja del río Rímac.

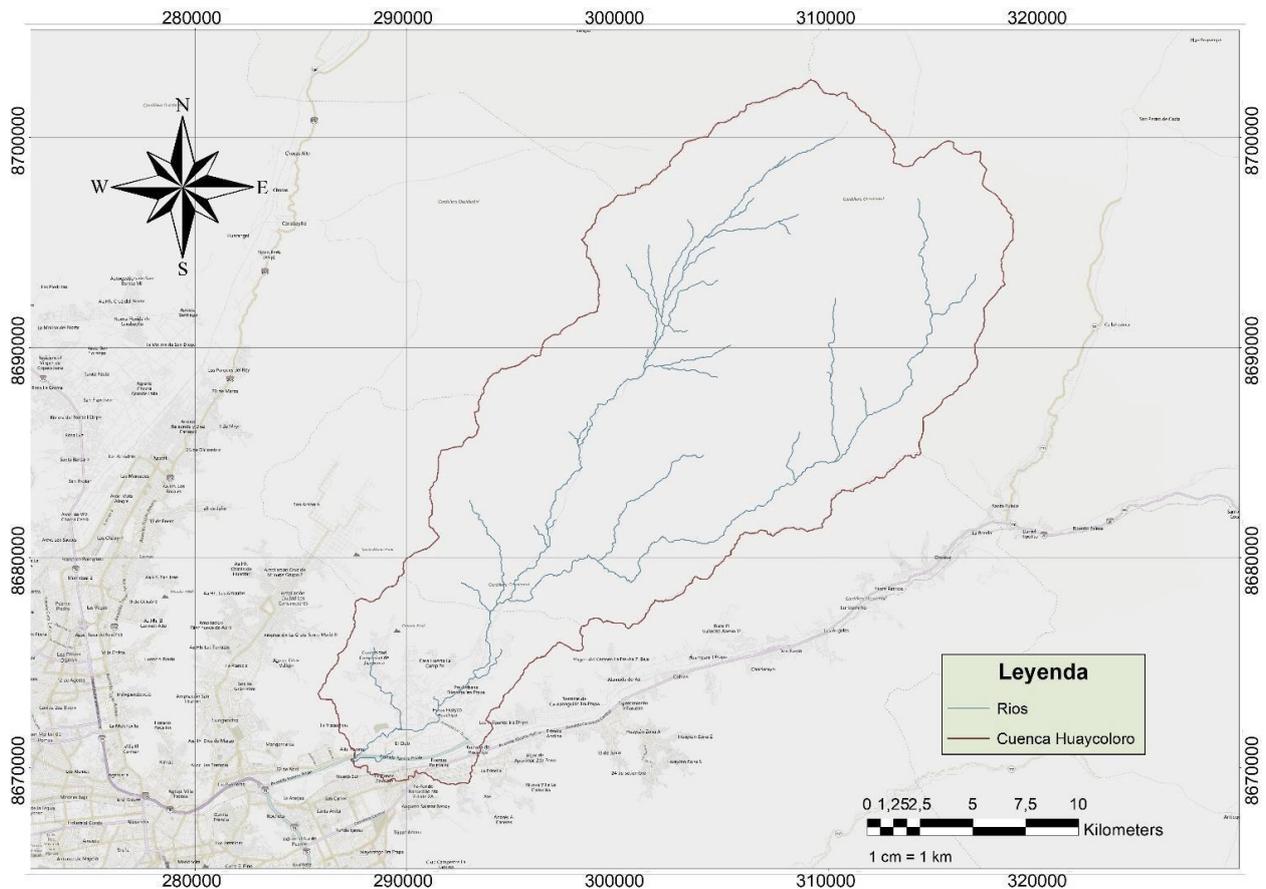


Ilustración 1 Ubicación cuenca del Río Huayacoloro.
Fuente: Elaboración Propia

2.2. Perfil longitudinal y sección actual del río

La sección actual del río Huayacoloro en el tramo de estudio se caracteriza por tener una pendiente de 0.068 m/m (6.8%) su fisiografía está compuesta por rocas granodioríticas meteorizadas que producen exfoliación, desmenuzamiento y posteriormente erosión eólica y fluvial está expuesto a las inundaciones en las zonas de Huachipa Cajamarquilla y Nieveria, la mayor parte de la sección en estudio está formado por suelos de origen aluvial de grano finos. El perfil se grafica a continuación.

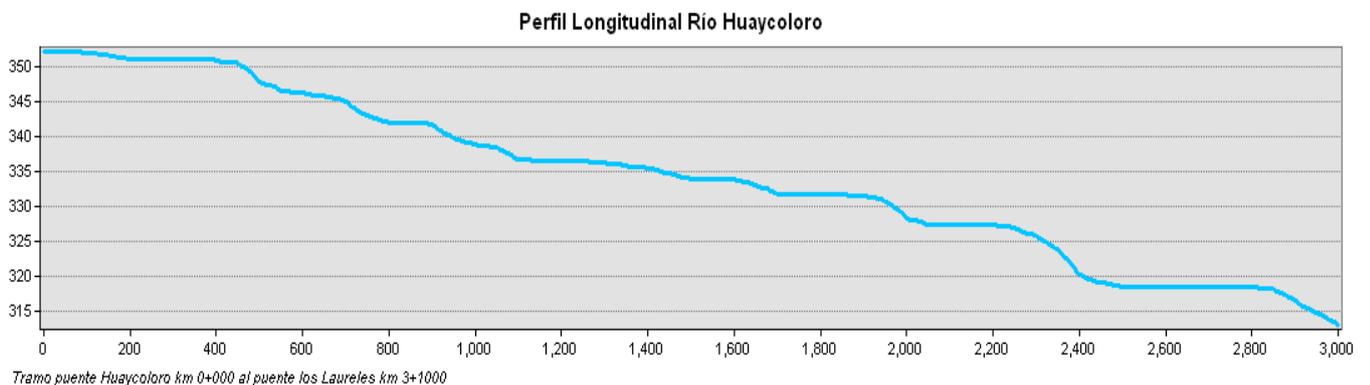


Ilustración 2 Perfil de Río Huaycoloro.
Fuente: Elaboración Propia

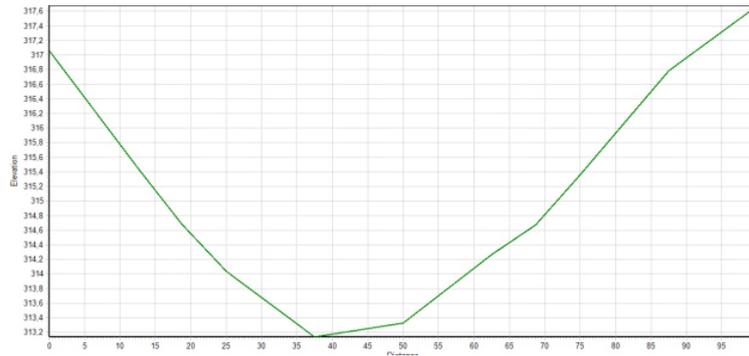


Ilustración 3 Sección inicio de río 0+050
Fuente: Elaboración Propia

2.3. Datos Topográficos

Los datos topográficos fueron referenciados desde imágenes satelitales, el satélite ALPSRP212106940 ALOS PALSAR (radar de apertura sintética de banda L tipo Phased Array), con un DEM de 12.5m, las curvas de nivel fueron generadas a partir del DEM de la imagen satelital con curvas a los 5m.

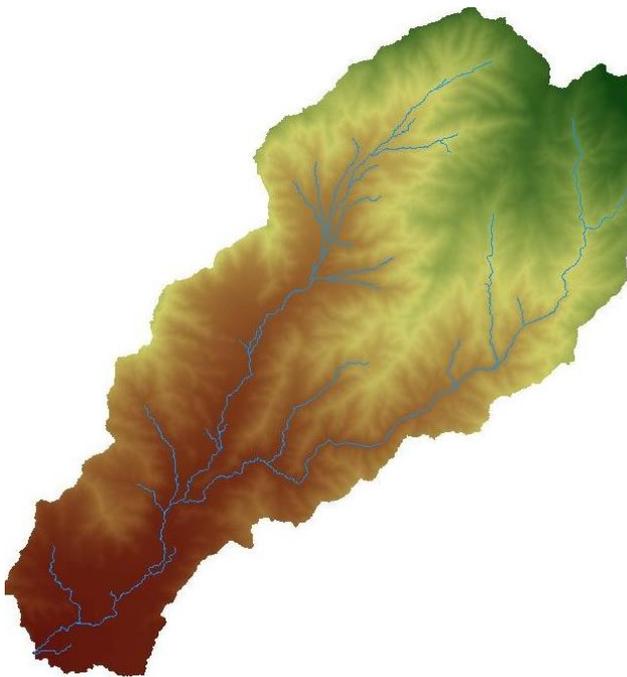


Ilustración 5 DEM imagen satelital ALOS PALSAR 12.5
Fuente: Elaboración Propia

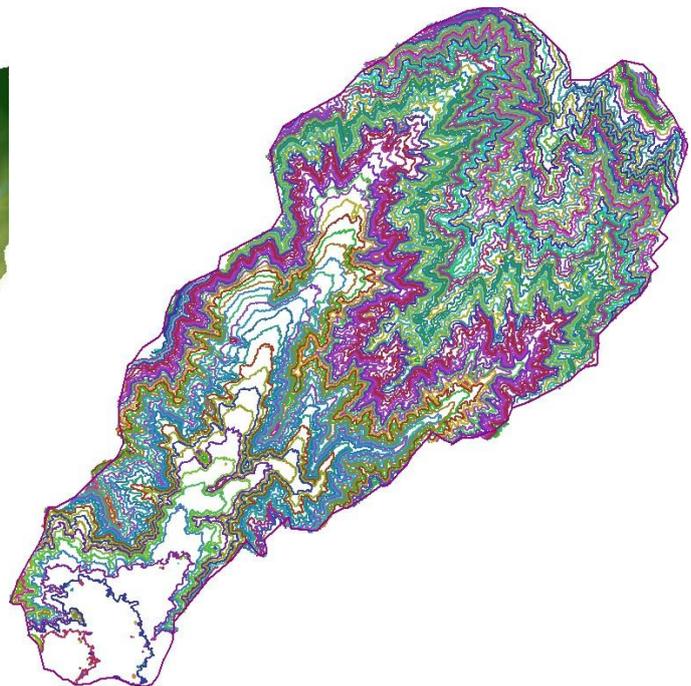


Ilustración 4 Curvas de nivel Generada con ArcGIS.
Fuente: Elaboración Propia

2.4. Caracterización Geomorfológica de la cuenca

El Río Huaycoloro está conformado por la influencia de la microcuenca Huaycoloro y Río Seco, que, en épocas de lluvias intensas entre enero a marzo la parte alta de la cuenca, esta propensa de sufrir huaycos, estos a su vez arrastran a su paso una gran cantidad de material sólido. El cálculo de

sus parámetros geomorfológico define su forma, con los que será posible determinar el contexto físico del área de estudio como el escurrimiento y la velocidad de respuesta, es decir, la respuesta hidrológica. Los parámetros geomorfológicos se desarrollan a continuación:

2.4.1. Área:

La magnitud del área se ha obtenido con el uso del programa ArcGIS 10.5 mediante la base de datos del Inventario de fuentes de agua superficial, usando la delimitación del área de la cuenca por Otto Pfafstetter (1989).

El área de la cuenca del río Huaycoloro es de 499.044 km²

2.4.2. Perímetro:

El perímetro de la cuenca Huaycoloro es de 157.65 km

2.4.3. Coeficiente de compacidad o índice de gravelius:

Parámetro a dimensional que relaciona el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de igual área que el de la cuenca. Este parámetro, al igual que el anterior, describe la geometría de la cuenca y está estrechamente relacionado con el tiempo de concentración del sistema hidrológico

$$Kc = 0.282 \left(\frac{P}{\sqrt{A}} \right) \quad \text{Ecuación (2-1)}$$

P = Perímetro de la cuenca (km).

A = Área de la cuenca (km²).

Nota: Kc = 1: tiempo de concentración menor, cuenca circular, mayor tendencia a crecientes; Kc = 2: tiempo de concentración mayor, cuenca de forma alargada, menor tendencia a crecientes;

El coeficiente de compacidad de la Cuenca del río Rímac es de 1.99 lo que indica que debe estar menos expuesta a crecientes

2.4.4. Factor de forma:

Es el cociente entre la superficie de la cuenca y el cuadrado de su longitud máxima.

$$Ff = \left(\frac{A}{L^2} \right) \quad \text{Ecuación (2-2)}$$

A = Área de la cuenca (km²).

L = Longitud de cauce principal de la cuenca (km)

Nota: Ff = 0.79; para un cuadrado con la salida en el punto medio de uno del lado Ff = 1, y con la salida en una esquina, Ff = 0.5 (Mintegui et al, 1993).

El factor de forma determinado para la Cuenca del río Huaycoloro es de 0.1 lo que significa que esta Cuenca está expuesta a crecientes continuas.

2.4.5. *Rectángulo equivalente:*

Es la representación geométrica de una cuenca definida como un rectángulo que tenga la misma área de la cuenca.

$$Re = 0.25 * P \pm \sqrt{P^2/4 - A} \quad \text{Ecuación (2-3)}$$

L = Longitud de sus lados del rectángulo (mayor y menor) en km.

P = Perímetro de la cuenca (km).

A = Área de la cuenca (km²)

La longitud mayor y menor de la cuenca del río Huaycoloro es 71.88 km y 6.94 km.

2.4.6. *Longitud del río principal:*

Longitud del río principal es la longitud mayor de recorrido que realiza el río, desde la cabecera de la cuenca, siguiendo todos los cambios de dirección o sinuosidades, hasta un punto fijo de interés, puede ser una estación de aforo o desembocadura, expresado en unidades de longitud.

La longitud del tramo estudiado es de 58.322 km.

2.4.7. *Curva Hipsométrica:*

Si se ubica en el punto más alto de la cuenca y se calcula a partir de cada curva de nivel, las áreas acumuladas por encima de ellas, se puede construir la curva hipsométrica (Martínez et al, 1996).

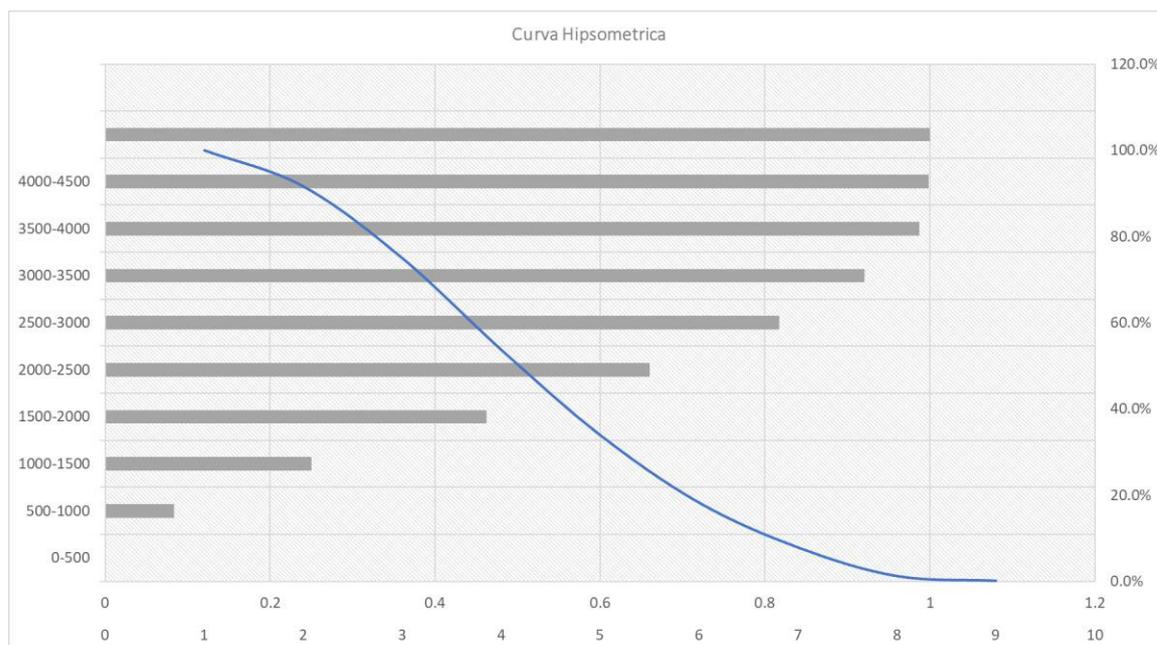


Ilustración 6 Curva Hipsométrica
Fuente elaboración Propia

2.5. Análisis de Datos:

2.5.1. Parámetros geomorfológicos:

De la delimitación de cuenca y el uso de softwares se obtuvieron parámetros geomorfológicos, que detallan la realidad física de la cuenca del Rio Huaycoloro.

Tabla 1 Parámetros geomorfológicos.
Fuente: Elaboración Propia.

Morfometría	Unidad	Valor
Área	km ²	499.044
Perímetro	km	157.650
Coefficiente de compacidad	-	1.991
Factor de forma	-	0.097
Longitud Mayor (Le)	km	71.883
Longitud Menor (Ie)	km	6.942
Longitud del rio Principal	km	58.322
Cota Mayor	msnm	4247.000
Cota Menor	msnm	309.000
Pendiente del rio principal	m/m	0.068
Pendiente de cuenca	m/m	0.438
Altitud media de la cuenca	msnm	1600.000
Densidad de drenaje	-	0.367
Numero de orden de los ríos	-	4
TC	hrs	6.146

2.5.2. Evaluación Hidrometereológica:

En la subcuenca Huaycoloro no existen estaciones pluviométricas, lo cual limita el análisis de precipitaciones que permitan conocer el patrón de este comportamiento, razón por la cual se utilizó información de estaciones pluviométricas (Santa Eulalia, Autisha y Lachaqui), que son próximas a la sub cuenca del rio Huaycoloro.

Para la determinación del caudal máximo se a empleado el método racional modificado debido a la escasa de información en la zona; cuya ecuación es la siguiente

$$Q_{m\acute{a}x} = (C * I * A * K) / 3.6 \tag{Ecuación (2-4)}$$

- Q_{máx}: Caudal en m³/s
- C: Coeficiente de Escorrentía
- I: Intensidades (mm/h)
- A: Área de drenaje (km²)

Para el cálculo de la intensidad máxima se ha empleado el método de Dyck y Peschke, para 20,50,100 años de periodo de retorno; cuya ecuación es:

$$Pd = P_{24} \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.25} \tag{Ecuación (2-5)}$$

El periodo de retorno Tr, de un evento dado, es el numero promedio de años dentro del cual se espera que el evento sea igualado o excedido solo una vez, el cual tiene en consideración el riesgo de una incidencia de eventos o riesgo de falla admisible la cual es la probabilidad de ocurrencia del pico de creciente que se estudia.

Para adoptar el período de retorno a utilizar en el diseño de una obra, es necesario considerar la relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla admisible, dependiendo este último, de factores económicos, sociales, técnicos y otros (Manual de hidrología, hidráulica y drenaje - MTC)

Tabla 2 Caudales máximos con diferentes tiempos de retorno.
Fuente: Elaboración Propia

TC	20 TR AÑOS	50 TR AÑOS	100 TR AÑOS
1	51.24	61.2	70.08
2	73.68	87.84	101.04
3	88.8	106.56	122.40
4	100.32	119.88	138.36
5	104.88	125.28	144.60
6	53.52	64.08	140.50
7	31.2	37.44	43.68
8	15.96	18.72	22.20
9	4.56	5.4	6.36

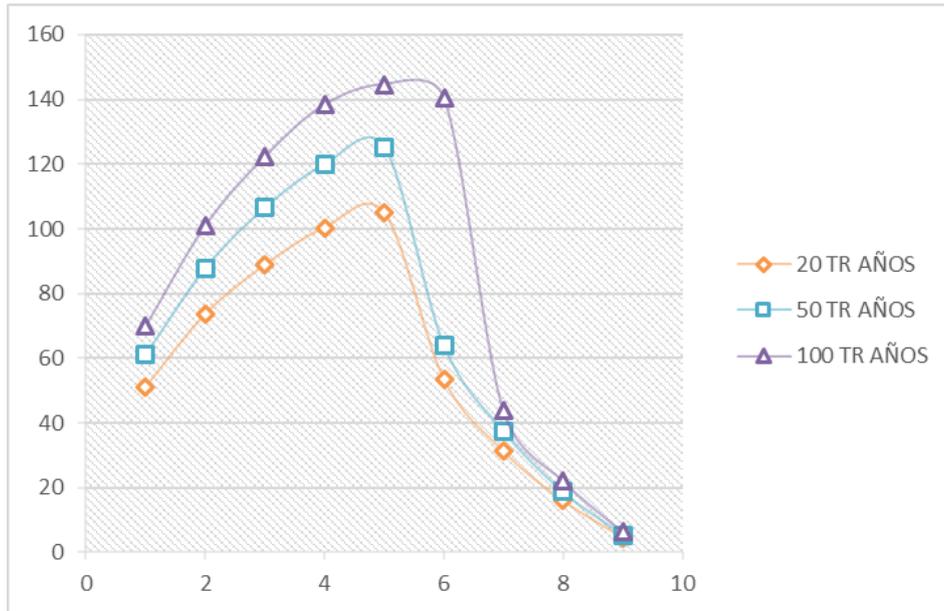


Ilustración 7 Grafica de tiempos de retorno.

Fuente: Elaboración Propia

3. Resultados

3.1. Modelamiento ArcGIS 10.5

De los datos obtenidos se proceden a modelar parte del rio Huaycoloro que tiene como punto de inicio el puente Huaycoloro 0+000 al puente girasoles 3+400. Para el trazo del Rio se usó el complemento de ArcGIS ArcBruTile 0.7 para un trazo más prolijo.

Las secciones hidráulicas del cauce del rio Huaycoloro han sido generadas a partir de la imagen satelital ALPSRP212106940 ALOS PALSAR (radar de apertura sintética de banda L tipo Phased Array)

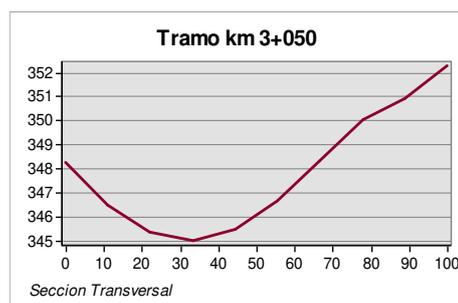
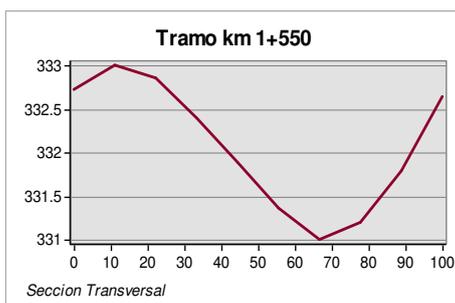
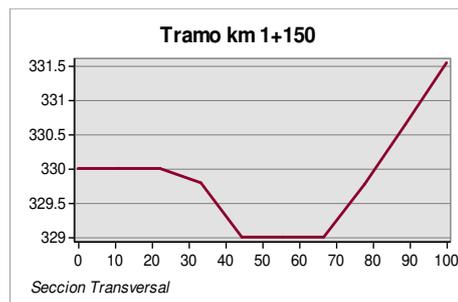
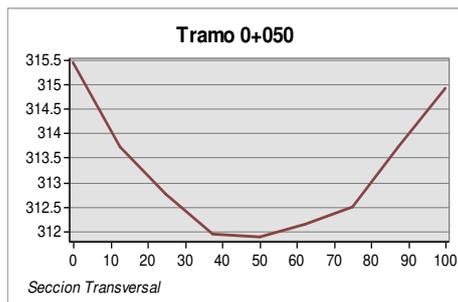


Ilustración 8 Sección transversal de los tramos 0+000, 1+150, 1+550 y 3+050
Fuente: Elaboración Propia

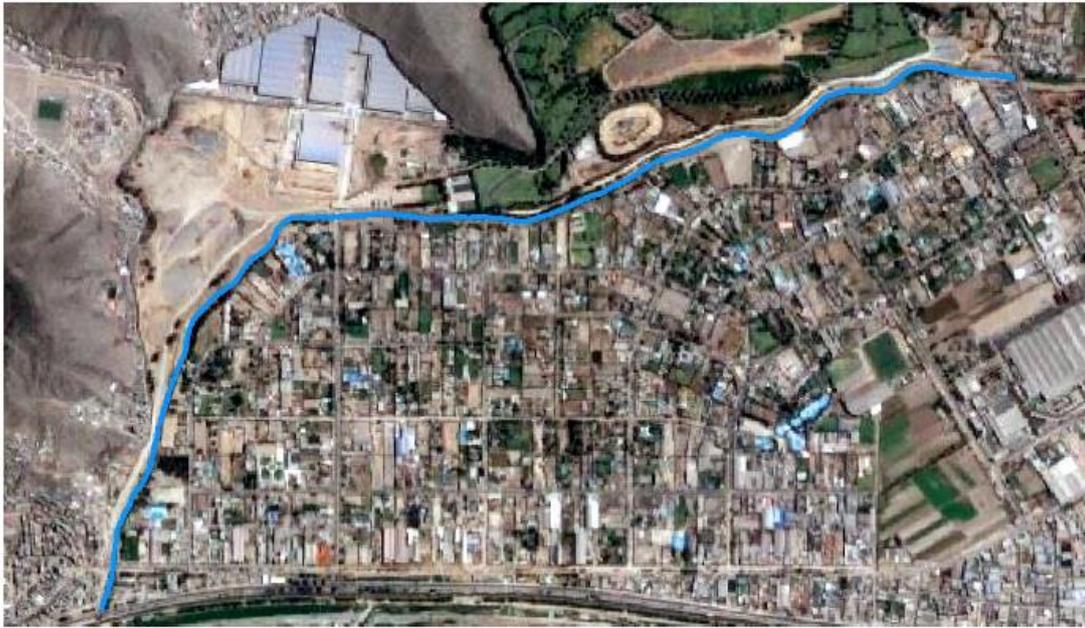


Ilustración 9 Imágenes satelitales BING con el complemento ArcBrutile 0.7
Fuente: Elaboración Propia

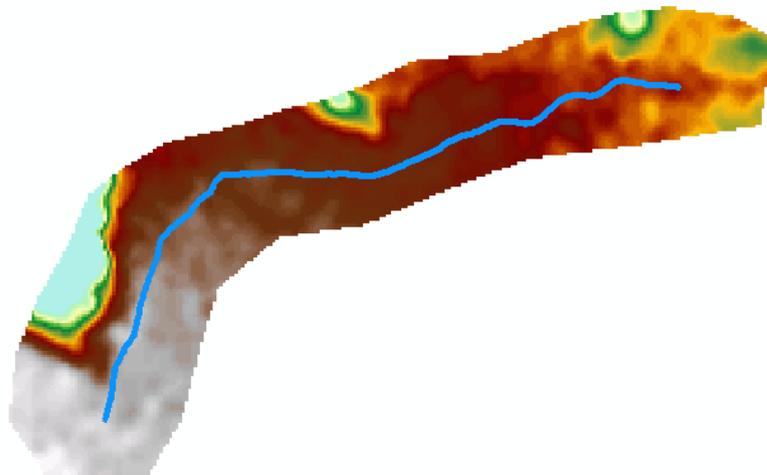


Ilustración 10 Área de estudio Río Huaycoloro 0+000 al puente girasoles 3+400
Fuente: Elaboración Propia.

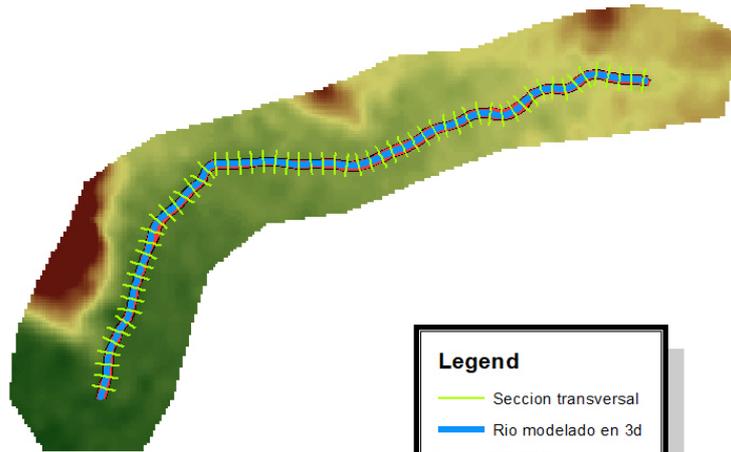


Ilustración 11 Modelado Rio Huaycoloro.
Fuente: Elaboración Propia

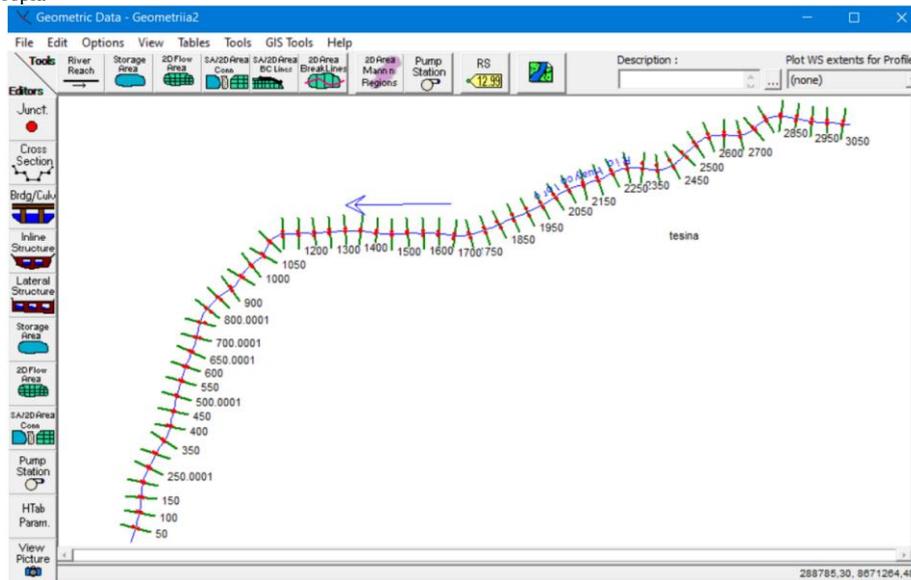


Ilustración 12 Geometría bidimensional del Rio Huaycoloro
Fuente: Elaboración Propia

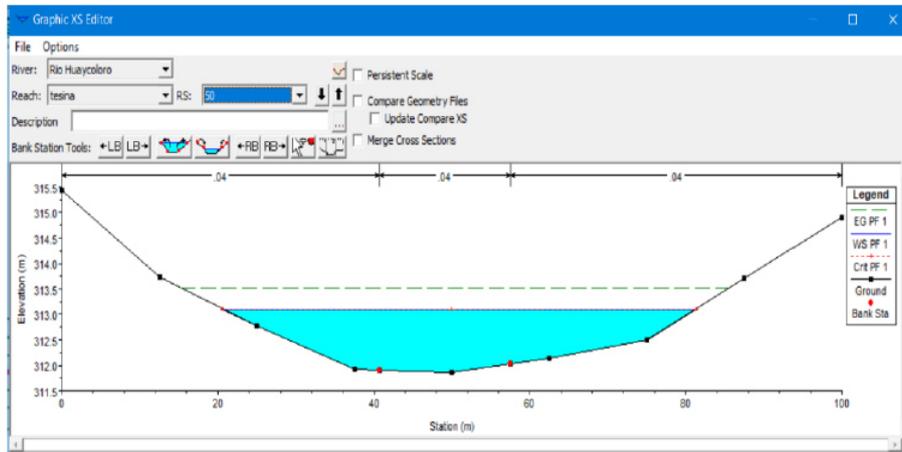


Ilustración 13 Flujo Crítico Inicio del río 0+050
Fuente: Elaboración Propia

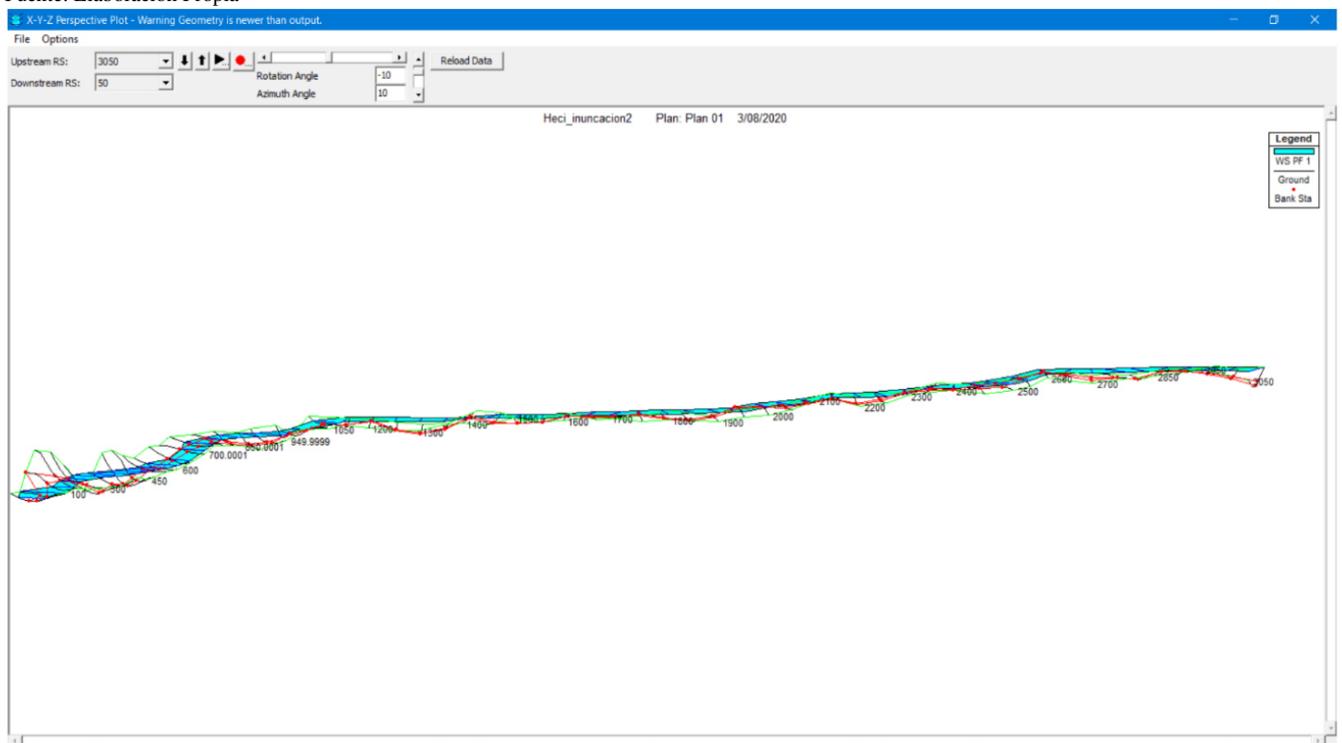


Ilustración 14 Modelamiento de inundación con caudal de 140.5 m³/s HEC_RAS
Fuente: Elaboración Propia

3.2. Resultados del modelamiento:

La simulación con la sección actual del río, tiene un riesgo grande de desbordarse para un caudal de 140m³/s para un periodo de retorno de 100 años, sin embargo, en este análisis no se consideró las obstrucciones como desmontes, y el estrechamiento del canal en algunas partes del tramo estudiado, se puede observar en el polígono de inundación que con los datos tomados por el satélite ALOS PALSAR.

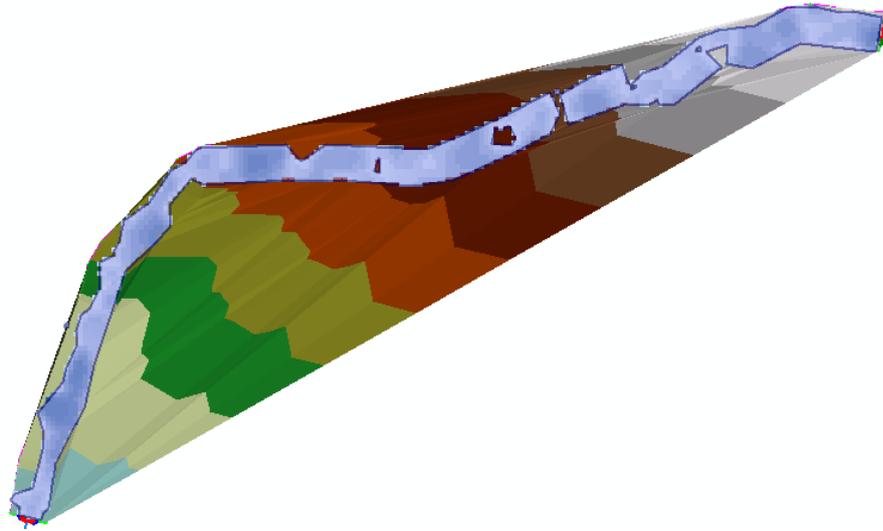


Ilustración 15 Polígono de inundación obtenido con ArcGIS 10.5
Fuente: Elaboración Propia

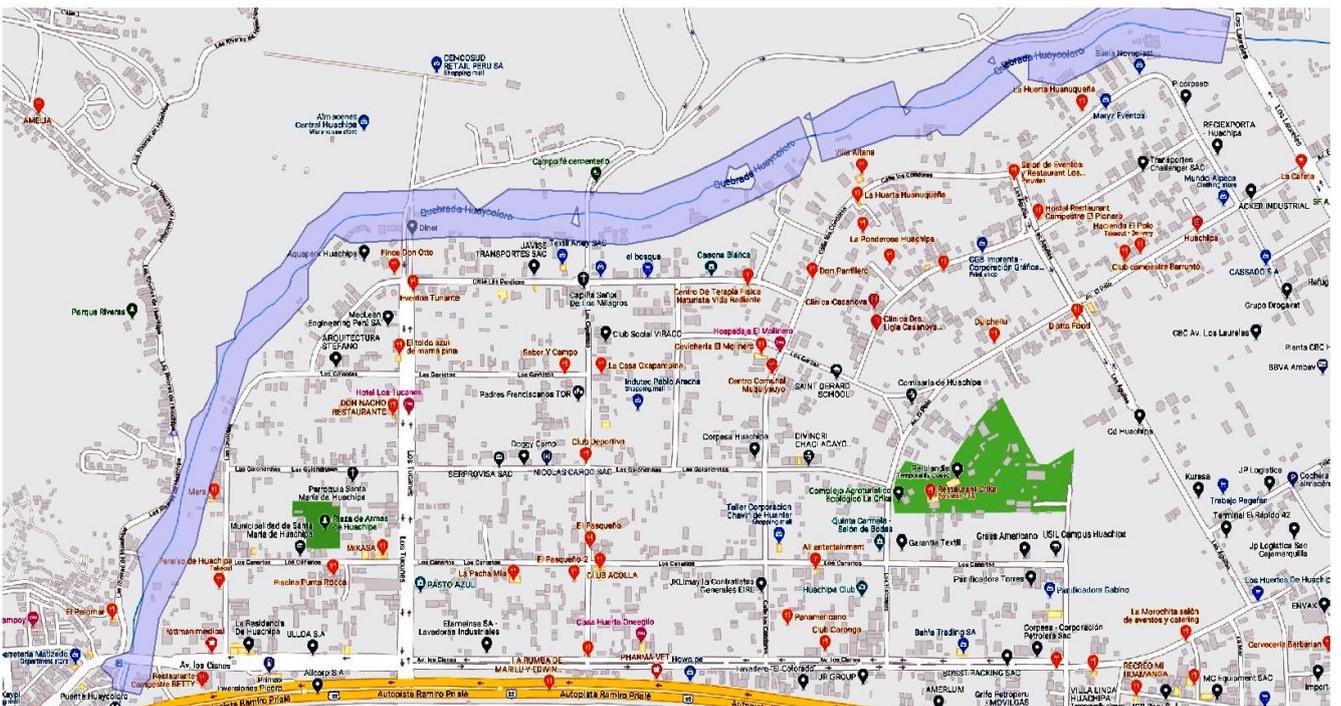


Ilustración 16 Lugares de inundación en un mapa de calles.
Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar la Av. Los Cisnes tendrán un problema de desborde con un caudal de 140.6 lo que afectaría a los pobladores de la zona baja de la Cuenca Rímac:

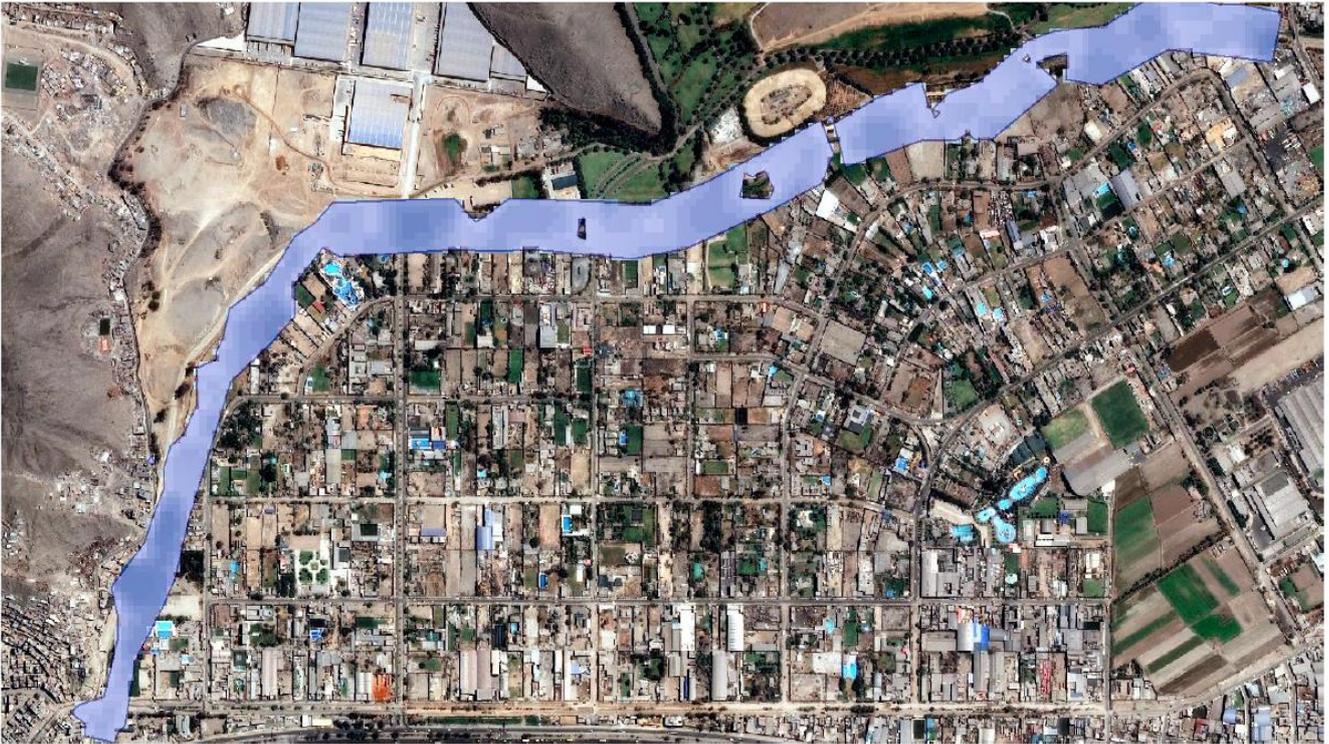


Ilustración 17 Área de inundación visto desde una imagen satelital.
Fuente: Elaboración Propia

4. Discusión

Del modelamiento hidráulico para el tramo del km 0+000 al km 3+100 que comprende desde el puente Huaycoloro al puente los Laureles, la sección hidráulica analizada no tiene capacidad para conducir un caudal de $144.6\text{m}^3/\text{s}$ que es el caudal máximo para un periodo de retorno de 100 años.

Considerando que en la inundación producida por el desborde del río Huaycoloro en el año 2017, la sección hidráulica no soportó un caudal de $140\text{ m}^3/\text{s}$ reportado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) nos indica entonces que la sección hidráulica debe ser mejorada además debe tener una permanente limpieza de los desmontes que la población arroja en el cauce

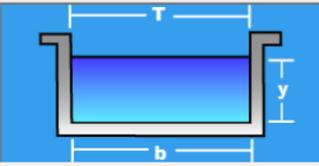
Por lo que se ha analizado una sección hidráulica de máxima eficiencia, con una pendiente media de $0.06\text{m}/\text{m}$ para conducir un caudal máximo de $144.6\text{m}^3/\text{s}$, la sección propuesta será de concreto cuya rugosidad asumida es de 0.015 cuyos resultados se muestran en el cuadro siguiente

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: Proyecto:
Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
Ancho de solera (b): m
Talud (Z):
Rugosidad (n):
Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): m
Perímetro (p): m
Área hidráulica (A): m²
Radio hidráulico (R): m
Espejo de agua (T): m
Velocidad (v): m/s
Número de Froude (F):
Energía específica (E): m-Kg/Kg
Tipo de flujo:

Calcular Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ingresar el nombre del tramo del canal 07:01 3/08/2020

Ilustración 18 Canal sección sugerida.
Fuente: Elaboración Propia

5. Conclusiones

En conclusión, la sección hidráulica analizada del río Huaycoloro en el tramo del km 0+000 al km 3+100, no tiene la capacidad para conducir un caudal de 144.6 m³/s, que es un caudal máximo para 100 años de retorno, caudal similar al reportado que produjo el desborde del año 2017, que provocó la inundación de las zonas bajas.

La sección hidráulica de máxima eficiencia que puede transportar el caudal de 144.6, tiene las siguientes características. pendiente media 0.06m/m talud vertical 8.00 m de base y una altura de 2.50 m será de concreto cuya rugosidad es de 0.015

Referencias

Paho.org. 2020. OPS / OMS Perú. [en línea] Disponible en:

https://www.paho.org/per/index.php?option=com_joomlabook&view=topic&id=81

Quispe, D. R., & Rojas, J. E. (2018). Facultad de ingeniería. “Modelamiento hidráulico del cauce en río Huaycoloro mediante el programa He- Ras para mitigar las inundaciones en Huachipa, 2018.” Universidad Cesar Vallejo. Retroceded Fromm

<http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/34893>

Hurtado Mena, E. P. (2017). Modelamiento Hidráulico Bidimensional Del Río Rímac En El Sector Huachipa, Tramo Km. 27+450 Al Km. 28+525. Universidad Nacional Agraria la Molina. Retroceded from

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3051>

- Romero, A., Guadalupe, E., & Blas, W. (2010). Estimado de descargas máximas en la microcuenca de Huaycoloro (Huachipa, Lima). *Estimado de Descargas Máximas En La Microcuenca de Huaycoloro (Huachipa, Lima)*, 13, 1628–8097. Retrieved from http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/Publicaciones/geologia/v13_n25/pdf/a15v13n25.pdf
- Tito Quispe, Y. A. (2017). Modelamiento hidráulico del río Cañete sector puente Socsi - altura puente colgante (9 km), con fines de diseño de defensas ribereñas. Universidad Nacional Agraria La Molina. Retrieved from <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3053>
- Quispe, J. A., & Sullca, R. F. (2015). Aplicación del modelo matemático HEC-RAS para el cálculo del perfil hidráulico del río Ramis, 160. Retrieved from <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/82>
- Hernández Regalado, J. A. (2018). Zonificación de áreas inundables de la localidad de Santa Bárbara ocasionado por avenidas extraordinarias de la quebrada Sambarbamba – baños del inca. Universidad nacional de Cajamarca. Retrieved from <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2583>
- Torres Quintero, E., & Naranjo, E. G. (2011). Aplicación del modelo de simulación hidráulica HEC-RAS para la emisión de pronósticos hidrológicos de inundaciones en tiempo real, en la Cuenca Media del Río Bogotá-Sector Alicachin. *Revista Ingenio Libre*, 10(1), 1–17. Retrieved from <http://www.unilibre.edu.co/revistaingeniolibre/revista10/articulos/aplicación-del-modelo-de-simulación-hidráulica-hec-ras.pdf>
- fettam, G. R., & Adams, L. B. (1994).