



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA DE PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Vulnerabilidad hidráulica para la construcción del puente en río  
Huamuco, Santa Rosa, distrito Alto Yanajanca, Huánuco

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Murayari Faustino, Hector Andrés (ORCID: 0000-0003-1021-2034)

**ASESOR:**

Mg. Sagastegui Vásquez German (ORCID: 0000-0003-3182-3352)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**HUARAZ - PERÚ**

**2022**

### **Dedicatoria**

En primera instancia, dedicarle a Dios por este gran logro obtenido, por brindarme conocimiento y enseñanza en mi vida diaria, a mis padres, por estar para mí, por enseñarme a desarrollarme y que, si me derrumbo, debo levantarme, por apoyarme y guiarme, por brindarme la base que me ha permitido llegar hasta aquí.

Mi familia, que ha sido una parte crucial de mi vida, son los que me han dado maravillosas enseñanzas y son los principales protagonistas de mi "deseo de superación".

### **Agradecimiento**

Ante todo, quiero agradecer a Dios por estar constantemente conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi intelecto, y por poner en mi camino personas que son mi apoyo y compañía durante la época de estudio.

## Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras	vii
Resumen	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	10
3.1 Tipo y diseño de investigación	10
3.2 Variables y operacionalización	11
3.3 Población, muestra, muestreo y unidad de análisis	12
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	13
3.5 Procedimientos	14
3.6 Método de análisis de datos	16
3.7 Aspectos éticos	16
IV. RESULTADOS	18
V. DISCUSIÓN	65
VI. CONCLUSIONES	69
VII. RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS	71
ANEXOS	75

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Variables .....	11
<b>Tabla 2.</b> Precipitaciones máximas – 1era parte .....	19
<b>Tabla 3.</b> Precipitaciones máximas – 2da parte.....	20
<b>Tabla 4.</b> Prueba de datos dudosos – de las cuatro estaciones.....	23
<b>Tabla 5.</b> Resultados de la prueba Smirnov Kolmogorov – de las cuatro estaciones .....	24
<b>Tabla 6.</b> Precipitación máxima 24 horas .....	24
<b>Tabla 7.</b> Precipitación máxima 24 horas corregidas.....	25
<b>Tabla 8.</b> Precipitación máxima ponderadas en subcuencas. ....	25
<b>Tabla 9.</b> Distribución de intensidad de duración menor a 24 horas de la subcuenca N°01. ....	26
<b>Tabla 10.</b> Distribución de intensidad de duración menor a 24 horas de la subcuenca N°02. ....	26
<b>Tabla 11.</b> Distribución de intensidad de duración menor a 24 horas de la subcuenca N°03. ....	27
<b>Tabla 12.</b> Distribución de intensidad de duración menor a 24 horas de la subcuenca N°04. ....	27
<b>Tabla 13.</b> Numero de curva ponderado en subcuencas.....	36
<b>Tabla 14.</b> Precipitaciones máximas en cada subcuenca utilizando el método de isoyetas. ....	36
<b>Tabla 15.</b> Resultados de Hec-Hms, caudales máximos.....	37
<b>Tabla 16.</b> Características hidráulicas de la sección del puente para T=140 años.45	
<b>Tabla 17.</b> Características hidráulicas de la sección del puente para T=500 años.46	
<b>Tabla 18.</b> Resumen características hidráulicas de la sección del puente para T=140 años.....	47
<b>Tabla 19.</b> Resumen características hidráulicas de la sección del puente para T=500 años.....	47
<b>Tabla 20.</b> Lista de actividades que causan un impacto ambiental negativo .....	52
<b>Tabla 21.</b> Indicadores.....	53
<b>Tabla 22.</b> Matriz de Leopold de la zona de estudio.....	53
<b>Tabla 23.</b> Significancia Ambiental .....	54
<b>Tabla 24.</b> Magnitud de Impacto Ambiental.....	55

<b>Tabla 25.</b> Mitigación del Impacto Ambiental.....	56
<b>Tabla 26.</b> Velocidad del Impacto Ambiental. ....	57
<b>Tabla 27.</b> Duración del Impacto Ambiental.....	58
<b>Tabla 28.</b> Medidas de Manejo .....	59
<b>Tabla 29.</b> Análisis estadístico del caudal: Pre Test vs Post Test .....	61
<b>Tabla 30.</b> Pruebas de normalidad .....	62
<b>Tabla 31.</b> Estadísticas de muestras emparejadas.....	63
<b>Tabla 32.</b> Correlaciones de muestras emparejadas.....	63
<b>Tabla 33.</b> Prueba de muestras emparejadas. ....	63

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio.....	18
Figura 2. Histograma de precipitación - Estación Cachicoto .....	21
Figura 3. Histograma de precipitación - Estación Aucayacu.....	21
Figura 4. Histograma de precipitación - Estación Pomabamba.....	22
Figura 5. Histograma de precipitación - Estación Tocache .....	22
Figura 6. Hietograma con periodo de retorno de 100 años en la Subcuenca N°1	28
Figura 7. Hietograma con periodo de retorno de 140 años en la Subcuenca N°1	28
Figura 8. Hietograma con periodo de retorno de 200 años en la Subcuenca N°1	29
Figura 9. Hietograma con periodo de retorno de 500 años en la Subcuenca N°1	29
Figura 10. Hietograma con periodo de retorno de 100 años en la Subcuenca N°2. .....	30
Figura 11. Hietograma con periodo de retorno de 140 años en la Subcuenca N°2. .....	30
Figura 12. Hietograma con periodo de retorno de 200 años en la Subcuenca N°2. .....	31
Figura 13. Hietograma con periodo de retorno de 500 años en la Subcuenca N°2. .....	31
Figura 14. Hietograma con periodo de retorno de 100 años en la Subcuenca N°3. .....	32
Figura 15. Hietograma con periodo de retorno de 140 años en la Subcuenca N°3. .....	32
Figura 16. Hietograma con periodo de retorno de 200 años en la Subcuenca N°3. .....	33
Figura 17. Hietograma con periodo de retorno de 500 años en la Subcuenca N°3. .....	33
Figura 18. Hietograma con periodo de retorno de 100 años en la Subcuenca N°4. .....	34
Figura 19. Hietograma con periodo de retorno de 140 años en la Subcuenca N°4. .....	34
Figura 20. Hietograma con periodo de retorno de 200 años en la Subcuenca N°4. .....	35

Figura 21. Hietograma con periodo de retorno de 500 años en la Subcuenca N°4. .....	35
Figura 22. Modelación HEC-HMS – Cuenca de Interés .....	37
Figura 23. Hidrograma Unitario - Cuenca de interés Tr=100 años .....	38
Figura 24. Hidrograma Unitario - Cuenca de interés Tr=140 años .....	38
Figura 25. Hidrograma Unitario - Cuenca de interés Tr=200 años .....	39
Figura 26. Hidrograma Unitario - Cuenca de interés Tr=500 años .....	39
Figura 27. Características del lecho del río colocadas al momento de modelar... 41	
Figura 28. Datos empleados en caudales para T=100 años, T=140 años y T=500 años.....	42
Figura 29. Sección Transversal para T=140 años. Progresiva 0+220.01-Aguas arriba. ....	43
Figura 30. Sección Transversal para T=140 años. Progresiva 0+220.01-Aguas arriba. ....	44
Figura 31. Secciones cada 10 metros para T=140 años .....	48
Figura 32. Perfil Longitudinal del río Huamuco. Período de retorno de 140 años. 49	
Figura 33. Perfil Longitudinal del río Huamuco. Período de retorno de 500 años. 50	
Figura 34. Vista 3D con un período de retorno de 140 años. ....	51
Figura 35. Vista 3D con un período de retorno de 500 años. ....	51

## Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo central en determinar el grado de vulnerabilidad Hidráulica para la construcción del Puente en Río Huamuco, Santa Rosa, Distrito Alto Yanajanca, Huánuco. Dicho planteamiento surge por los diversos factores que influyen al momento de implementar una infraestructura vial por la presencia de crecidas u otros fenómenos que influyen en el río del área de estudio. La metodología empleada para esta investigación, consiste en un enfoque cuantitativo, del tipo aplicada y de diseño no experimental. Los resultados más importantes que se han obtenido manifiestan que para un tiempo de retorno  $T=140$  años, se tiene un caudal de  $1331.40 \text{ m}^3/\text{s}$ , una velocidad promedio de  $1.99 \text{ m/s}$  y un tirante máximo de  $5.51 \text{ m}$ . Por otro lado, se tiene que para un tiempo de retorno de  $T= 500$  años, se tiene un caudal de  $1592.20 \text{ m}^3/\text{s}$ , una velocidad promedio de  $2.05 \text{ m/s}$  y un tirante máximo de  $6.08 \text{ m}$ . Se llega a la conclusión de que el primer período mencionado sirvió para verificar la luz libre del puente y el segundo para la determinación de las profundidades de socavación.

**Palabras clave:** Puente, vulnerabilidad hidráulica, caudal, tiempo de retorno.

## **Abstract**

The main objective of this study was to determine the degree of Hydraulic vulnerability for the construction of the Bridge in Río Huamuco, Santa Rosa, Alto Yanajanca District, Huánuco. This approach arises from the various factors that influence when implementing a road infrastructure due to the presence of floods or other phenomena that influence the river in the study area. The methodology used for this research consists of a quantitative approach, of the applied type and of non-experimental design. The most important results that have been obtained show that for a return time  $T=140$  years, there is a flow of  $1331.40 \text{ m}^3/\text{s}$ , an average speed of  $1.99 \text{ m/s}$  and a maximum depth of  $5.51 \text{ m}$ . On the other hand, for a return time of  $T= 500$  years, there is a flow of  $1592.20 \text{ m}^3/\text{s}$ , an average speed of  $2.05 \text{ m/s}$  and a maximum depth of  $6.08 \text{ m}$ . It is concluded that the first mentioned period served to verify the free span of the bridge and the second to determine the scour depths.

**Keywords:** Bridge, hydraulic vulnerability, flow, return time.

## I. INTRODUCCIÓN

La realidad problemática de los puentes son activos viarios destinados a dar continuidad a carreteras y autovías ante accidentes geográficos, como cursos de agua o barrancos. Los puentes son activos claves de la subestructura de exportación sobre la economía y sociedades del mundo son altamente dependientes. carretera y ferrocarril. Los puentes son componentes vulnerables de las redes de transporte que son expuestos a múltiples peligros en todo el mundo y su falla puede tener un impacto significativo en la funcionalidad del sistema de transporte. (Argyroudis y Aristoteles, 2021). Asimismo, su ausencia u operación restringida por limitaciones de carga, ancho o altura reduce considerablemente el nivel de servicio en el respectivo tramo vial. En este caso, el nivel de servicio no se restablece tan rápidamente, los costos de viaje y otros costos como accidentes, pérdida de conectividad, alteración de la producción y competencia de las diligencias económicas que utilizan el transporte y la infraestructura como medio. factor de producción (Echaveguren y Dechent, 2019). Los peligros hidráulicos han sido la principal causa de fallas de puentes dentro de los Estados Unidos y parece que tales peligros están a punto de representan un porcentaje cada vez mayor de fallas de puentes en el futuro. Si bien la vulnerabilidad de la población actual de puentes cambia lentamente debido a su larga vida útil, cada vez hay más pruebas de que los peligros hidráulicos están aumentando en función de la incidencia de clima durante las últimas décadas. Se espera que esta tendencia continúe con el aumento de las temperaturas globales medias y, a su vez, aumentos en el nivel medio del mar y la intensidad de las precipitaciones que poner en peligro muchos sectores de infraestructura. El uso de datos de fallas puede proporcionar información sobre el tipo de estructuras más susceptibles a fallas. Sin embargo, este es un esfuerzo particularmente desafiante considerando que las fallas de puentes son poco frecuentes y no formalmente documentado (Wirkijowsk y Moon, 2020). En el Perú los puentes que conforman la red vial nacional están expuesto a múltiples emergencias, esto a falta de un diseño adecuado basado en los estudios pertinentes de la zona, además se denota la falta de inspecciones visuales y mantenimiento. A su vez, la exposición común de los puentes a nivel nacional es que poseen demasían de peso de diseño en su estructura y efectos atmosféricos

como el fenómeno del niño que puede causar vulnerabilidad hidráulica por el crecimiento de avenidas. Debido al origen geográfico y climático del Perú, donde una fracción de la población vive en áreas rurales, las carreteras son un aspecto muy importante en la integración y conectividad del país, por eso mantener las buenas condiciones viales es vital para el sistema nacional de carreteras, para tener un transporte eficiente y seguro (Pecho, 2017). Se puede decir que, en la mayoría de los casos, los puentes con la parte más vulnerable de una carretera, siendo que su factor más vulnerable es la presencia de crecidas comúnmente presentadas tanto ordinarias como extraordinarias en ríos y quebradas. El fenómeno del niño es uno de los factores más influyentes en la vulnerabilidad hidráulica, puesto que las crecidas en estos fenómenos sobrepasan los registros comunes (Jiménez et al., 2018). Por lo cual esta investigación plantea como **problema general**: ¿Cuál es el grado de vulnerabilidad Hidráulica para la construcción del Puente en Río Huamuco, Santa Rosa, Distrito Alto Yanajanca, Huánuco?; y como **problemas específicos** se plantea: **i)** ¿Cómo realizar los estudios hidrológicos de la cuenca del Rio Huamuco para la construcción del Puente en Río Huamuco, Santa Rosa, Distrito Alto Yanajanca, Huánuco?; **ii)** ¿Cuáles son los caudales máximos con periodos de retorno de 100, 140, 200 y 500 años para la construcción del Puente en Rio Huamuco, Santa Rosa, Distrito Alto Yanajanca, Huánuco? ; **iii)**¿Como realizar el modelamiento hidráulico de la zona de estudio con softwares aplicativos para la construcción del Puente en Río Huamuco, Santa Rosa, Distrito Alto Yanajanca, Huánuco?; **iv)**¿Cuál es el impacto ambiental para la construcción del Puente en Rio Huamuco, Santa Rosa, Distrito Alto Yanajanca, Huánuco?. Para dar respuesta a las preguntas especificadas anteriormente, es necesario plantear el siguiente **objetivo general**, determinar el grado de vulnerabilidad Hidráulica para la construcción del Puente en Río Huamuco, Santa Rosa, Distrito Alto Yanajanca, Huánuco. Así mismo, sus **objetivos específicos** que resuelven los problemas son: **i)** Realizar estudios hidrológicos de la cuenca del Rio Huamuco para la construcción del Puente en Río Huamuco, Santa Rosa, Distrito Alto Yanajanca, Huánuco ; **ii)** Determinar los caudales máximos con periodos de retorno de 100,140,200 y 500 años para la construcción del Puente en Río Huamuco, Santa Rosa, Distrito Alto Yanajanca, Huánuco; **iii)** Realizar el modelamiento hidráulico de la zona en estudio con software aplicativos para la construcción del Puente en Río Huamuco, Santa

Rosa, Distrito Alto Yanajanca, Huánuco; **iv)** Determinar impacto ambiental para la construcción del Puente en Río Huamuco, Santa Rosa, Distrito Alto Yanajanca, Huánuco. La **justificación de la investigación** radica en estimar el grado de vulnerabilidad hidráulica en la que se encontraría el área de estudio, esto representa una herramienta informativa y de suma importancia, ya que servirá para la empresa encargada de la construcción del Puente en Río Huamuco, Santa Rosa, Distrito Alto Yanajanca, Huánuco logre hacer frente cuando se presenten crecidas y aumento de caudales, sin provocar el colapso de la estructura por socavación, ni inundaciones a las poblaciones aledañas del puente del lugar de estudio. Finalmente, como **hipótesis general** se plantea, el grado de vulnerabilidad hidráulica del río Huamuco es óptima en la construcción del puente en Río Huamuco, Santa Rosa, Distrito Alto Yanajanca, Huánuco; y como **hipótesis específicas** se tiene **i)** Los estudios hidrológicos de la cuenca del Río Huamuco mejorará la construcción del Puente en Río Huamuco, Santa Rosa, Distrito Alto Yanajanca, Huánuco; **ii)** Los caudales máximos permitirán la construcción correcta del Puente en Río Huamuco, Santa Rosa, Distrito Alto Yanajanca, Huánuco; **iii)** El modelamiento hidráulico de la zona de estudio permitirá el encauzamiento eficiente del río Huamuco para la construcción del Puente en Río Huamuco, Santa Rosa, Distrito Alto Yanajanca, Huánuco; **iv)** El estudio de Impacto ambiental permitirá identificar los impactos positivos y negativos para la construcción del Puente en Río Huamuco, Santa Rosa, Distrito Alto Yanajanca, Huánuco.

## II. MARCO TEÓRICO

A nivel nacional destacan **Chalco y Cullanco** (2020) en su tesis “Determinación de zonas vulnerables a inundaciones en el tramo puente Huachipa – La Atarjea del Rio Rímac, Distrito Lurigancho – Chosica para la mitigación de desastres” tuvo por finalidad identificar los tramos vulnerables a inundaciones, en varias épocas en el lugar de estudio. El tipo de investigación fue aplicada bajo un enfoque mixto, el diseño es no experimental y se rige bajo una metodología de recopilación de la información, trabajo de campo, mapas topográficos, morfometría de cuenta y un estudio hidrológico. Los resultados de la investigación, en cuanto al estudio hidrológico se determinó que los caudales máximos son 285.92 m<sup>3</sup>/s, 364.08 m<sup>3</sup>/s, 511.56 m<sup>3</sup>/s, 671.22 m<sup>3</sup>/s y 757.34 m<sup>3</sup>/s, por periodos de 10, 50, 100, 500 y 1000 años respectivamente, además los tramos de inundación fueron en el 0+200 km, 0+460 km y 0+660 km. La investigación concluye en que es necesario implementar una política de mantenimiento y mejoramiento del Rio Rímac, teniendo por justificación el estudio hidrológico y la identificación de los tramos vulnerables. Por otra parte, según **Meza** (2019) en su tesis “Diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña del rio Tarma en el sector de Santo Domingo – Palca – Tarma”. La investigación tuvo por objetivo realizar un estudio Hidrológico para identificar cuáles eran las zonas de inundación del área en estudio. El estudio es de tipo descriptivo, bajo un enfoque cualitativo, que reside en el análisis del comportamiento del rio, identificando su venida mínima y máxima. Los resultados de acuerdo al modelado con el programa Hec-Hms se tuvo un caudal de 219.60 m<sup>3</sup>/s con un retorno de 100 años, siendo fundamental para el planteamiento de la propuesta. La investigación concluyo que el modelamiento hidráulico influyo de manera directa en el diseño que se planteó para el rio Tarma el cual identifico las zonas de riesgo y el área de inundación. Por su parte también **Talledo y Noriega** (2019) en su investigación “Vulnerabilidad de la sección hidráulica del puente Bolsico para soportar caudales de crecidas extraordinarias del rio Zarumilla – 2019” tuvo por objetivo realizar un estudio hidrológico, que permitió determinar los caudales máximos y verificar si se sufriría algún daño las estructuras del puente. El estudio es cuantitativo, bajo un enfoque descriptivo, el cual uso una metodología inductiva. Los resultados obtenidos del estudio hidráulico, determina que los

caudales máximos son 995.83m<sup>3</sup>/s, 1206.26m<sup>3</sup>/s y 1430.60m<sup>3</sup>/s; correspondiendo a los periodos de 25, 50 y 100 años respectivamente. Así mismo se identificó cuáles son las zonas críticas en donde se puede generar inundaciones, esto permitió realiza trabajos de mejoramiento o mantenimiento en la longitud del rio Zarumilla. Finalmente concluye en que existe la vulnerabilidad del puente bolsico por el aumento del caudal necesitando trabajos para su mejoramiento, con mantenimientos constantes. Asimismo, encontramos a **López** (2018) en su trabajo titulado “Diseño hidráulico y estructural del encauzamiento y defensas ribereñas en el rio Virú, tramo Zaranque – puente Virú” tuvo por finalidad determinar los criterios técnicos y normativos para el desarrollo de un diseño hidráulico y estructural en el área de estudio. El diseño de estudio es no experimental, bajo un enfoque descriptivo. Los resultados del modelo hidráulico determinan que tiene un caudal máximo de 395.53 m<sup>3</sup>/s en un tiempo de retorno de 140 años, además se plantearon anchos estables de 50m, 75 m., y 90 m. además la altura ribereña será de 3.50, 3.00 y 2.80m. Se concluyó que, al realizar el estudio hidráulico, así mismo el análisis de riesgo y vulnerabilidad, determino que existen problemas de riesgos, siendo solucionados en el nuevo diseño hidráulico del rio Virú. Comprendiendo conocimientos más amplios se da a conocer los antecedentes de nivel internacional donde destaca **Flores** (2017) en su investigación “Vulnerabilidad de estructuras de puentes en zonas de gran influencia de ciclones tropicales” tuvo por objetivo realizar un diseño en un tiempo de 100, 500 y 1000 años mediante formas hidrológicos. El tipo de estudio es descriptivo con un enfoque cuantitativo, los resultados de la investigación del estudio hidrológico determinaron que se tiene un gasto de 837.5 m<sup>3</sup>/s en 100 años, de 1203.0 m<sup>3</sup>/s en 200 años y en 500 años un gasto de 1362.3 m<sup>3</sup>/s. La investigación concluye que el puente es suficiente para drenar el caudal obtenido según el estudio hidrológico. Por otra parte, según **Trueheart et al.** (2019) en su artículo de investigación “Simulating hydraulic interdependence between bridges along a river corridor under transient flood conditions” tuvo por objetivo analizar las interacciones puente-corriente interconectadas en condiciones de inundación. Dicho análisis puede ayudar a priorizar los recursos limitados disponibles para la rehabilitación de puentes y ríos, facilitar el diseño holístico de puentes y análisis de costo/beneficios mejor informados, y abordar las inquietudes de las partes interesadas planteadas en respuesta a las alteraciones planificadas

de puentes e infraestructura. Se utiliza un modelo hidráulico bidimensional inestable HEC-RAS de Otter Creek entre Rutland y Middlebury, VT para simular el impacto de estructuras individuales en la red puente-arroyo, así como la sensibilidad potencial a esos impactos, durante condiciones extremas. eventos de inundación. La presencia de un puente y una vía de acceso puede inducir cambios medibles en la descarga máxima a lo largo de las 46 millas completas del río modelado. Estos pueden ser tanto como 20% y 10 % en estructuras adyacentes, hasta 1 % en estructuras hasta seis millas río arriba y nueve millas río abajo. Dependiendo de sus características, los puentes y las carreteras pueden atenuar o amplificar los flujos máximos de inundación río arriba y río abajo, o tener poco o ningún efecto, lo que sugiere que no hay un impacto fácilmente predecible y que el modelado hidráulico es necesario para dicho análisis en los ríos las alteraciones a las estructuras que desarrollan remansos sustanciales pueden resultar en los impactos más dramáticos para la red, que pueden ser tanto positivos como negativos. Los puentes afectados pueden o no ser sensibles a estos cambios en la descarga, las estructuras que no experimentan relieve pueden ser más sensibles a cualquier perturbación distante. Por otro lado, como aporte a las bases teóricas, los autores **Mitoulis et al.** (2019) consideran que los peligros hidráulicos críticos para los puentes son la socavación, los impactos de escombros y las fuerzas hidráulicas. La fuente fundamental de riesgo en los tres casos anteriores es el potencial de condiciones de flujo que exceden la capacidad del puente. Un análisis de riesgo probabilístico es una estrategia racional para gestionar las incertidumbres debidas al tiempo y al clima, la variabilidad y la incertidumbre sobre la respuesta del puente. **Ahamed et al.** (2020) consideran que el análisis de fragilidad de estructuras evalúa la probabilidad de falla de estructuras, sujetas a diferentes cargas, para cumplir ciertos criterios de rendimiento. Matemáticamente es la probabilidad de falla con respecto a un estado indeseable o inseguro. Una curva de fragilidad de inundación de un puente representa la capacidad de vulnerabilidad, en términos de la probabilidad condicional de excedencia de un criterio de desempeño del puente para un rango de inundación, es decir, medida de la intensidad del peligro de inundación o simplemente conocido como medida de intensidad. **Mitoulis et al.** (2019) considera que para una evaluación de la resiliencia de puentes se debe realizar lo siguiente, el paso 1 es la definición de las acciones de inundación y la

selección de medidas de intensidad (IM) es decir que, para cada puente de la red vial, la probabilidad de excedencia para un determinado IM se puede calcular con curvas regionales de riesgo de inundación o con un análisis de riesgo específico del sitio; en cuanto a los sitios no aforados, las ecuaciones de regresión regional se pueden utilizar para estimar las estadísticas de caudal, asimismo los mapas o curvas de amenazas resultantes deben correlacionar los IM, para descarga máxima de agua, con las probabilidades de excedencia anual de inundaciones para diferentes períodos de retorno (por ejemplo, 2, 5, 50, 100, 500 años). Posteriormente, se deben definir las acciones hidráulicas y el IM. El paso 2 incluye la cuantificación del riesgo mediante curvas de fragilidad y la rapidez de restauración con modelos de restauración, para este fin se definen las tipologías de puentes y los modos de falla, en base a los parámetros de vulnerabilidad identificados, tipo de pila y estribo, tablero, número de vanos, longitudes y tipo de cimentación, asimismo en esta etapa, es importante comprender que los modos de falla incluyen, en muchos casos, combinaciones de factores estructurales y geotécnicos. Por lo tanto, es esencial modelar y validar modelos FE que sean capaces de capturar modos de daño compatibles relacionados con la capacidad del puente y la cimentación inundada o socavada. Las curvas que describen las probabilidades de superar ciertos estados de daño (menor, moderado, extenso, completo) se definen en función de las correlaciones probabilísticas entre los parámetros de demanda de ingeniería (EDP) y los IM. Los EDP describen el rendimiento de los componentes del puente en función de los resultados del modelo. Los modelos de fragilidad pueden ser adaptativos para tener en cuenta; deterioro, erosión acumulada, envejecimiento y mejoras con medidas de mitigación. El paso 3 incluye la gestión basada en la resiliencia de las redes viales, después de sortear la amenaza (paso 1), la fragilidad del puente y la restauración (paso 2) de los activos expuestos en función del análisis de tráfico. Este paso considera la evolución posterior al desastre de la matriz origen-destino (OD), ya que depende de los cierres (parciales/totales) del puente dañado. En particular, se emplean análisis de tráfico sobre la base de la adaptación dinámica de las matrices OD, antes y después de la inundación, considerando la reparación y apertura gradual del puente y la recuperación de la funcionalidad de la red (matriz de restauración). Según **Pizarro et al.** (2020) la socavación es un proceso de erosión que puede

ocurrir en los ríos debido a sucesos naturales o producidos por el hombre. Los procesos erosivos tienen lugar en los ríos porque actúan como conductos para el movimiento del agua y sedimento. Los cambios en el flujo de la corriente y la disponibilidad de sedimentos a lo largo del tiempo crean la morfología del río. La socavación hecha por el hombre puede ser causada, por ejemplo, por la Extracción legal o ilegal de sedimentos, operaciones de presas, y la influencia en general de cualquier estructura colocada en la corriente del río. En la literatura se han propuesto definiciones, las bases teóricas de la socavación son; la **socavación natural**, se produce debido a la variabilidad natural de los ríos y los sedimentos. régimen, considerando la influencia de la cuenca a la escala del río. Gradación del lecho del río, la socavación de la migración del canal lateral, la curvatura y la confluencia son parte de la socavación natural. **Socavación por contracción**, ocurre debido a la contracción del flujo cuando la velocidad del flujo, y por lo tanto las tensiones de cizallamiento aumentan, por ejemplo, entre los estribos de un puente. La socavación por contracción normalmente toma lugar dentro del ancho total de la corriente del río. **Socavación local**, surge debido a una concentración local de turbulencia generada por las estructuras. que obstruyen y dividen el flujo (por ejemplo, pilares y pilares de puentes). La socavación local ocurre alrededor de estas estructuras debido al limitado rango de influencia que tienen sobre el caudal del río. **Socavación total**, se define como la suma de los efectos de todos los procesos de socavación que tienen lugar en una ubicación dada. **Tanasic y Hajdin** (2018) consideran que la eliminación del soporte del suelo en las subestructuras del puente debido a la socavación local puede conducir eventualmente a daños o colapso estructural. Aquí, los mecanismos cinemáticos simples son adecuados para modelar los modos de falla. Por lo tanto, no se investiga la redistribución plástica de fuerzas. Además de las propiedades del suelo, la información necesaria para la definición de mecanismos cinemáticos comprende: Geometría básica del puente (es decir, tramos, sección transversal de viga principal, pilares y estribos, y cimientos); así como también, el tipo y detalle de cojinetes, uniones y dilataciones; también se considera el estado de los elementos de deterioro; finalmente, las propiedades de los materiales y cantidades/detallado del refuerzo. La resistencia del puente se rige principalmente por el nivel de redundancia y, por lo tanto, se debe presentar atención a la evaluación del deterioro de las juntas y los apoyos. Aquí,

deben revisar las clasificaciones de condición cualitativas disponibles, especialmente las entradas de texto/fotos complementarias de los elementos inspeccionados en base de datos, que pueden proporcionar información crucial del tipo de proceso de deterioro y la extensión del daño. De suma importancia es tener conocimiento sobre la ubicación exacta de los daños en los elementos del puente e identificar posibles modos de falla por fragilidad, ya que estos implican que la resistencia combinada del suelo y el puente no puede activarse. Si falta la información necesaria en una base de datos o en la documentación de un proyecto, se debe programar una encuesta en la próxima inspección periódica. Algunos de los datos desconocidos pueden estimarse en base a un juicio de ingeniería, las cantidades de refuerzo se pueden evaluar con base en el código de diseño conocido y los procedimientos generales de cálculo (Pizarro et al. , 2020).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

El estudio fue de tipo aplicado, porque permitió medir la vulnerabilidad hidráulica que existe en la cuenca que se encuentra debajo del puente del Río de Huamuco, permitiendo ver si el puente construido puede soportar caudales de crecidas extraordinarias y encauzar de manera eficiente el Río Huamuco, asimismo evaluar el impacto ambiental que produce la construcción de este.

Según Hernández y Mendoza (2018) una investigación aplicada, es la que brinda una solución a un problema de forma práctica ya que se indaga con la finalidad de mejorar, cambiar o generar un cambio en el lugar de estudio.

#### **Diseño de investigación:**

El estudio estuvo enfocado bajo un diseño no experimental – transversal dado que los estudios y modelamiento planteado permitieron ver el grado de vulnerabilidad hidráulica para la construcción del Puente en el Río Huamuco.

La investigación es de diseño no experimental cuando no se van a manipular variables, donde se toman los datos tal como se observan en el lugar de estudio de forma natural. Asimismo, es de sección transversal porque permite recolectar datos en un momento determinado (Hernández y Mendoza, 2018).

El estudio fue de nivel descriptivo ya que se recolecta información de lugar de estudio como son los estudios hidrológicos y los de impacto ambiental, asimismo la recolección de datos permite tomar información para ejecutar el modelamiento hidráulico en HEC – RAS.

La investigación es de nivel descriptivo cuando se buscan especificar las propiedades del lugar de estudio, toman datos sobre diversos aspectos y dimensiones del fenómeno a estudiar. Es decir, busca de manera única

tomar información de forma independiente sobre los conceptos de las variables de investigación (Hernandez y Mendoza, 2018).

### **Enfoque de investigación:**

El enfoque de la investigación fue cuantitativo, ya que se planteó obtener y analizar los datos obtenidos de estudio, basándose en la medición numérica, dado que en esta propuesta se pretendió realizar un estudio hidrológico, modelamiento hidráulico y un estudio de impacto ambiental para determinar el grado de vulnerabilidad hidráulica para la construcción del puente que se encuentra sobre el río Huamuco.

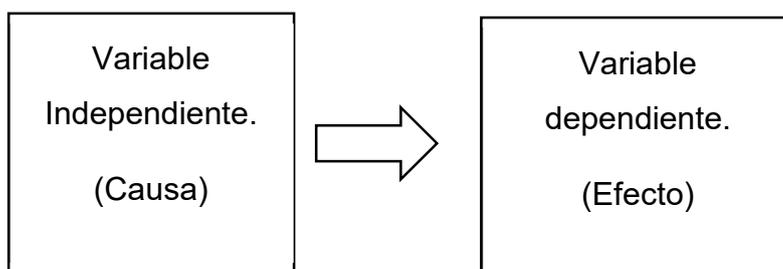
Según Hernandez y Mendoza (2018) indica que el enfoque cuantitativo permite la recolección y análisis de información es para contestar preguntas de investigación, probar hipótesis establecidas y confiar en la medición numérica.

### **3.2 Variables y operacionalización**

Son aquellas características cuyo cambio puede ser medible. Deben ser definidas de forma conceptual y operacional, asimismo, se toman en cuenta aspectos, propiedad y dimensión de un determinado fenómeno que puede asumir distintos valores (Vera et al., 2018).

Las variables mostraron e indicaron de manera clara y precisa en donde se realizó la cuantificación en la investigación.

**Tabla 1.**  
*Variables*



Fuente: Elaboración propia

### **V1: Variable Independiente: Vulnerabilidad Hidráulica**

La variable independiente expresa las causas de un fenómeno determinado (Vera et al., 2018).

Definición conceptual: La vulnerabilidad hidráulica son aquellos peligros hidráulicos críticos para los puentes son la socavación, los impactos de escombros y las fuerzas hidráulicas. (Mitoulis, et al. 2019)

Definición operacional: Permite identificar los principales peligros que posee un sistema hídrico y que puede afectar a estructuras como puentes.

Indicadores: Estudios Hidrológico, Caudales Máximos, Modelamiento Hidráulico

### **V2: Variable Dependiente: Construcción del puente**

La variable dependiente expresa las consecuencias del fenómeno nombrado variable de respuesta o efecto (Vera et al., 2018).

Definición conceptual: La vulnerabilidad hidráulica son aquellos peligros hidráulicos críticos para los puentes son la socavación, los impactos de escombros y las fuerzas hidráulicas. (Mitoulis, et al. 2019)

Definición operacional: Permite acotar la distancia entre sectores.

Indicadores: Expediente Técnico

## **3.3 Población, muestra, muestreo y unidad de análisis**

### **Población**

Una población es como una colección de elementos que son objeto de un estudio que generalmente es extenso y costoso de estudiar. (Hernández et al, 2014).

La población a considerar en este estudio fueron todas las cuencas pertenecientes al distrito de Santa Rosa Alto Yanajanca, provincia de Marañón, departamento de Huánuco.

## **Muestra**

Una muestra se define como una unidad de encuestados participantes en una investigación o un subconjunto representativo de una población con características idénticas. (Ventura y Barboza, 2017).

La muestra empleada para esta investigación fue la cuenca Huamuco, dado que es la zona en donde se llevará a cabo la construcción del Puente en el Río Huamuco, provincia de Marañón, departamento de Huánuco.

## **Muestreo**

Para el desarrollo de esta investigación, se utilizó un tipo no probabilístico por conveniencia, dado la muestra no es sometida a probabilidad, sino a la decisión propia del investigador.

## **Unidad de Análisis**

Es el tipo de objeto elegido por el investigador para que sea estudiado (Ñaupas et al., 2018).

La unidad de análisis fue la cuenca hidrográfica Huamuco, dado que se objeto de estudio se realizaron los modelamiento hidrológicos e hidráulicos.

## **Criterios de inclusión**

Para la presente investigación se tomará en cuenta datos pluviométricos de estaciones cercanas a la cuenca de estudio: Cachicoto, Aucayacu, Pomabamba y Tocache. Asimismo, se dividió la cuenca de estudio en cuatro subcuencas para un mejor análisis.

## **Criterios de exclusión**

Para la presente investigación no se considera data pluviométrica histórica menor a 25 años, por ello es que se consiguió entre los años de 1964 hasta 2018 en distintos intervalos de tiempo.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Dentro de las técnicas que se consideraron esenciales para llevar a cabo la recolección de datos en esta investigación fueron las siguientes:

- Observación: La observación es una pericia que consiente la recolección de datos de manera más detallada.
- Revisión documental: Es revisar, obtener y consultar la biografía, documentos y otras informaciones que parten de otros conocimientos tomadas de manera selectiva, tomando solo lo necesario para la investigación.

Los instrumentos empleados para la toma de data por cada técnica considerada en la investigación fueron los siguientes:

- Guía de observación: Esta ficha es un instrumento, que permitirá la recolección de datos obtenidos mediante la observación.
- Ficha resumen: Es una ficha que permite guardar la información importante de la investigación, estas pueden ser lecturas de forma digital o física como revistas, libros o incluso artículos.
- Matriz de categoría: Este te permite extraer los indicadores necesarios para cada uno de los objetivos específicos y así poder realizar el análisis correspondiente del estudio.

### **3.5 Procedimientos**

Para la realización de este trabajo de investigación, primeramente, se debe mencionar que nació de una necesidad al igual que todo proyecto en función de un objetivo, el cual en este caso fue determinar la vulnerabilidad hidráulica en la construcción del puente Huamuco. Es por ello que para el desarrollo de la presente tesis se llevaron a cabo los siguientes procesos:

- a) Recolección de datos: Se exploraron la zona aguas arriba como aguas abajo junto a su accesibilidad, posteriormente a la determinación la línea de drenaje. Seguido a eso, se corroboró los datos con la información guía obtenida. Eso conllevó a que el objetivo del proyecto se llame “Vulnerabilidad Hidráulica para la construcción del puente en rio Huamuco, Huánuco 2022”.
- b) Ya con el objetivo titulado se dio comienzo a la investigación, explorando en internet datos para el diseño, ya que, al tener la tecnología a la mano,

se puede explorar las bibliotecas digitales de plataformas de instituciones como SENAMHI, ANA y otros. También se inspeccionaron revistas, tesis nacionales como internacionales con relación al título.

- c) Respecto al estudio hidrológico, se realizaron los siguientes pasos:
- Delimitar la cuenca de interés, considerando la información del DEM satelital, por medio del software ARCGIS 10.5, para con ello determinar los parámetros fisiográficos.
  - Analizar los períodos de retorno según el riesgo admisible por la MTC (100, 140,200 y 500)
  - Calcular el tiempo de concentración y el tiempo de retardo.
  - Buscar estaciones cercanas a la cuenca de interés de acuerdo a la información se realizó la caracterización de las precipitaciones para pasar al siguiente punto que sería la prueba de datos dudosos.
  - Realizar la prueba de la bondad de Kolmogorov.
  - Determinar la precipitación máxima en las subcuencas con el método de las isoyetas, para con ello calcular las intensidades de diseño en los periodos de retorno respecto a las cuatro sub cuencas establecidas.
  - Posteriormente pasar la información obtenida al HMS y culminar el modelamiento hidrológico.
- d) Respecto al estudio hidráulico, se realizaron los siguientes pasos:
- Emplear los datos de los caudales máximos del periodo de retorno de 100, 140 y 500 años, y a su vez la topografía para poder seccionar cada 10m y modelar el puente empleando el programa HEC RAS 5.07.
  - Con ello, se obtuvo la información del cuadro general para poder determinar los tirantes hidráulicos, como las progresivas para un periodo de retorno de 140 años.
- e) Para finalizar, se realizó un impacto ambiental para determinar la magnitud que el puente va generar y poder mitigarlo tomando las medidas de control necesaria.

### **3.6 Método de análisis de datos**

El procedimiento de análisis de datos fue de tipo descriptivo y tuvo por finalidad determinar la vulnerabilidad hidráulica para la construcción del puente en el Rio Huamuco. Esta propuesta se realizó a través de la aplicación del HEC-RAS para la simulación de la vulnerabilidad.

Esta investigación no va a requerir un procesamiento ni análisis estadístico, ya que, está basada en la obtención de los resultados en laboratorio respetando y cumpliendo los lineamientos de las normativas peruanas vigentes, mediante el apoyo de gráficas y tablas elaboradas en Microsoft Office Excel.

### **3.7 Aspectos éticos**

El aspecto ético es una base muy importante para una investigación, siendo mi caso como investigador y encargado de la elaboración del proyecto, se será respetuoso y se cumplirá con las normativas peruanas establecidas.

Asimismo, esta investigación se realizó bajo la normativa APA séptima edición, con la distribución de las citas y referencias de los autores de la información requerida para el proyecto, utilizando también el Software Turnitin para corroborar la autoría de lo plasmado. Esta investigación se basó en cuanto al cumplimiento estricto del Código de Ética de la UCV publicada en la resolución de consejo universitario RCUN°0262-2020/UCV del 28 de agosto del 2020 “Código de ética en investigación, el cual menciona que las investigaciones se realizan con rigor científico, compromiso e integridad.

Los principios en los cuales se basó esta investigación fueron los siguientes:

- Honestidad
- Responsabilidad
- Lealtad
- Honor profesional
- Respeto
- Justicia
- Solidaridad.

Además, el investigador perteneciente a la carrera de Ingeniería Civil se rige también bajo el Código de Ética del Colegio de Ingenieros, al determinar lineamientos que debe seguir el ingeniero con responsabilidad social.

## IV. RESULTADOS

### Descripción del área del proyecto

El proyecto se ubica en el Distrito de Santa Rosa alto Yanajanca, Provincia de Marañón y Región de Huánuco, y está ubicado entre la Zona 18 L Latitud Sur y Longitud Oeste en relación Meridiano de Greenwich a una altura media de 1.898 m.s.n.m.

### Ubicación

Región	:	Huánuco
Provincia	:	Marañón
Distrito	:	Santa Rosa alto Yanajanca
Localidad	:	Yanajanca
Sistema de proyección	:	UTM
Hemisferio	:	Sur – Zona: 18

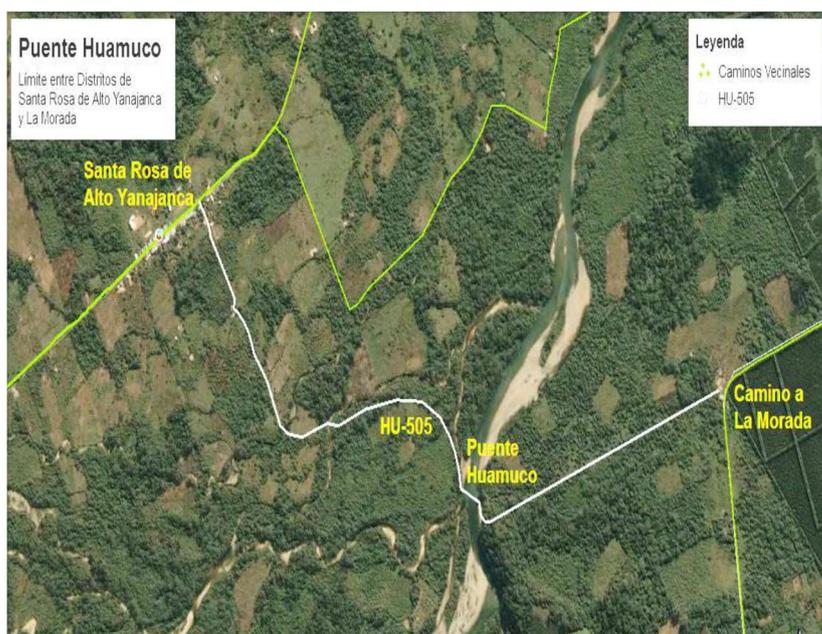


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio

Fuente. (MTC, 2018).

## Responde al objetivo específico i

### Estudio Hidrológico

Con el estudio hidrológico se observa los cálculos de los parámetros morfométricos, precipitaciones, intensidad de lluvia y cálculo de caudales determinando el régimen usual de lluvias y las características del territorio, para así lograr establecer las precipitaciones máximas que afectan el lugar de estudio.

### Precipitaciones Máximas

Se han tomado 4 estaciones colindantes al lugar de estudio, estas estaciones son de Cachicoto, Aucayacu, Pomabamba y Tocache. Las precipitaciones mostradas son desde el año 1964 hasta 2018 en diversos intervalos de tiempo obteniendo los siguientes resultados.

**Tabla 2.** *Precipitaciones máximas – 1era parte*

<b>Precipitación Máxima 24 horas (anual)</b>				
<b>Año</b>	<b>Cachicoto</b>	<b>Aucayacu</b>	<b>Pomabamba</b>	<b>Tocache</b>
1964	82.7			
1965	79.5			
1966	84.2			
1967	93.6			73.5
1968	80.5			95.4
1969	105.3			89.7
1970	115.7			71.0
1971	93			87.6
1972	182.5			140.0
1973	128			111.2
1974	84.3			113.0
1975	80			136.1
1976	72			
1977	91.8			110.5
1978	75.8			140.3
1979				154.2
1980				117.0
1981				67.3
1982				94.3
1983				118.4
1984				92.0
1985				98.9
1986				78.0
1987				

1988

1989

Fuente. Elaboración Propia.

**Tabla 3.** *Precipitaciones máximas – 2da parte*

Año	Precipitación Máxima 24 horas (anual)			
	Cachicoto	Aucayacu	Pomabamba	Tocache
1990			17.3	
1991			16.4	
1992			20.3	88.4
1993			40.2	121.5
1994		126	25.3	110.4
1995		103.4	20.4	95
1996		83	25.7	119.6
1997		103	36.2	81.2
1998		95	38.1	121.1
1999		90	37.8	120.3
2000		105.5	36.6	121.7
2001		84	34.3	120
2002		99.8	30.6	116.9
2003		73.4	26.4	133
2004		74.8	32.3	
2005		102	22.6	
2006		102.8	28.3	
2007		95.2	30.8	
2008		104	35.1	
2009		106.6	42.9	
2010		74.5	35.7	
2011		126.1	23.9	
2012		87.2	30.2	
2013		99.4	22	
2014		80	37.5	
2015		185.8	39	
2016		110.4	57.6	93.6
2017		112.6	29	
2018				

Fuente. Elaboración Propia.

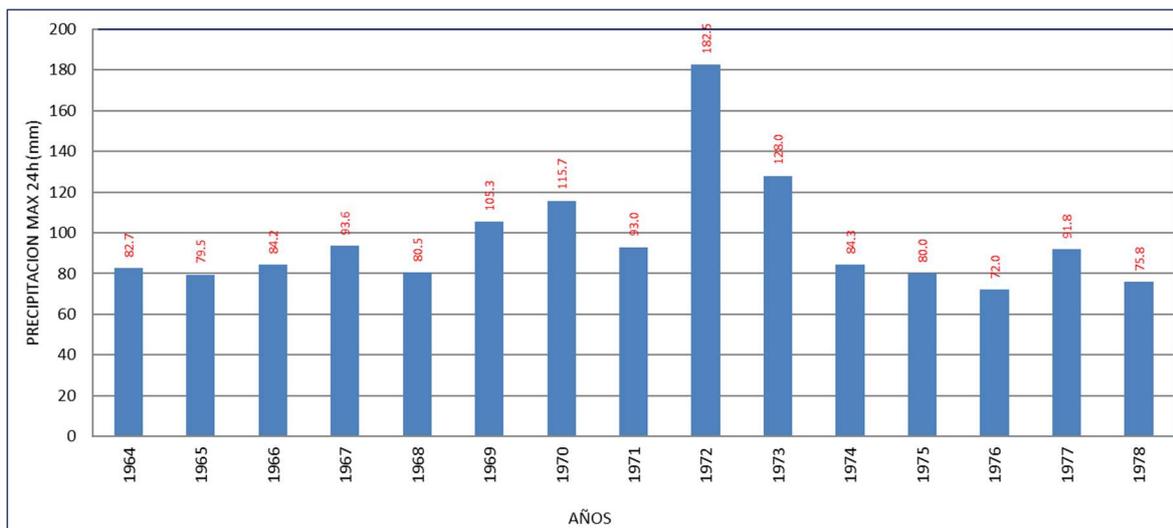


Figura 2. Histograma de precipitación - Estación Cachicoto

En la siguiente figura 2, se muestra las precipitaciones máximas de Cachicoto en el periodo 1990-2018.

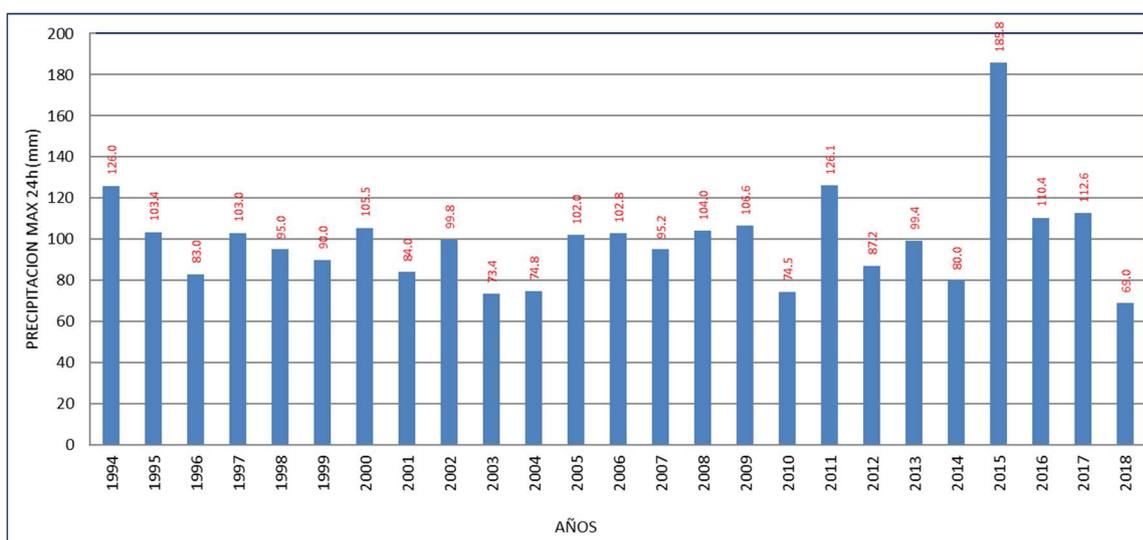


Figura 3. Histograma de precipitación - Estación Aucayacu

En la siguiente figura 3, se muestra las precipitaciones máximas de Aucayacu en el periodo 1990-2018.

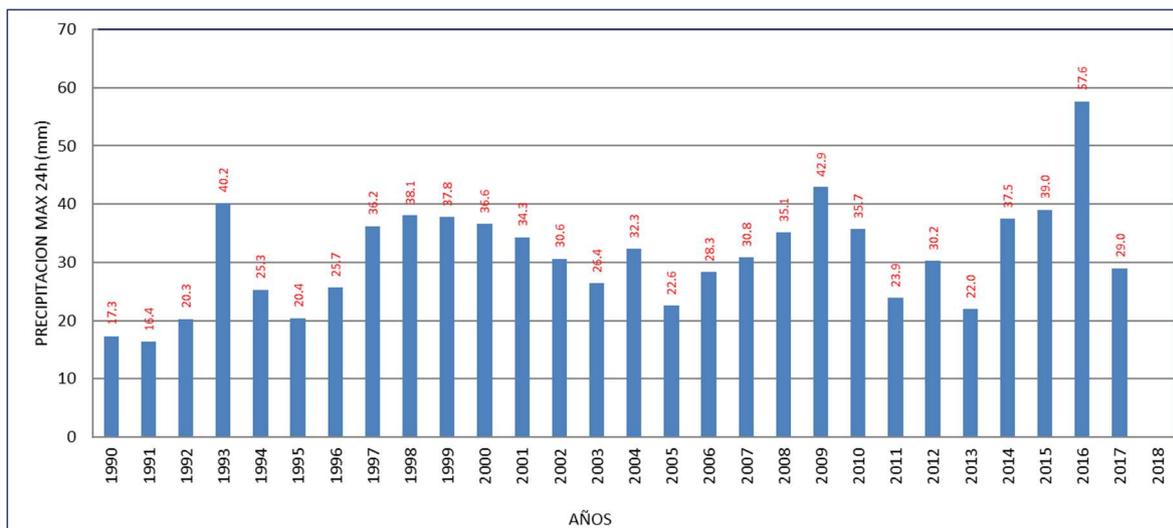


Figura 4. Histograma de precipitación - Estación Pomabamba

En la siguiente figura 4, se muestra las precipitaciones máximas de Pomabamba en el periodo 1990-2018.

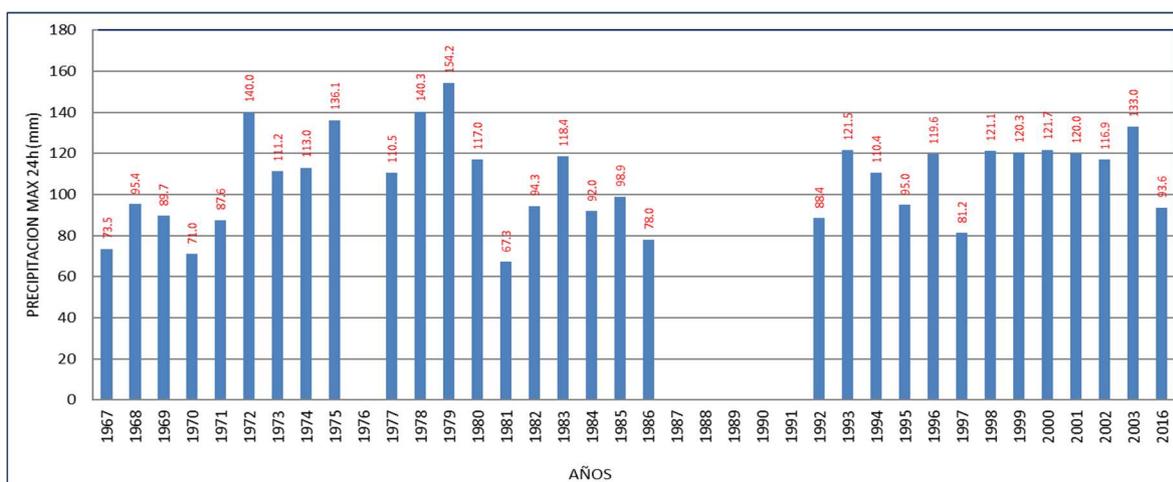


Figura 5. Histograma de precipitación - Estación Tocache

En la siguiente figura 5, se muestra las precipitaciones máximas de Tocache en el periodo 1990-2018.

## Periodos máximos de retorno

El tiempo de periodos máximos de retorno para lo cual la posibilidad de ocurrencia se distribuya uniformemente en los periodos de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 años.

## Análisis de Datos Hidrológicos

Como no existe un registro de los caudales, la metodología usada es la de precipitación- escorrentía, lo cual se trabajó con las precipitaciones máximas tomadas de las estaciones Cachicoto, Aucayacu, Pomabamba y Tocache.

## Análisis de datos dudosos

Antes de proceder a dar un tratamiento estadístico a la información, se ejecuta un análisis hidrológico de datos dudosos, para determinar los datos que se alejan de la información restante. Los resultados obtenidos de datos dudosos de cada estación son los siguientes.

**Tabla 4.** Prueba de datos dudosos – de las cuatro estaciones

<b>Análisis de datos dudosos</b>		
<b>Estaciones</b>	<b>AÑO</b>	<b>Dato dudoso P24</b>
Cachicoto	1972	182.5
Aucayacu	2015	185.8
Pomabamba	2016	57.6
Tocache	-	-

Fuente. Elaboración Propia.

## Prueba de bondad de ajuste

Luego del análisis de data dudosos, los registros de precipitaciones fueron analizados de forma estadística por medio de la repartición Normal, Gumbel, Log Normal, Pearson III y Log Pearson Tipo III, para luego ser ajustados con la prueba de Smirnov Kolmogorov obteniendo los siguientes resultados.

En la siguiente tabla se ve los ajustes realizados mediante el ensayo Smirnov Kolmogorov donde se obtiene que el registro de la estación Pomobamba y Tocache se ajusta con la distribución Pearson III, la estación Cachicoto con la distribución de Log Pearson III y la estación de Aucayacu se ajusta con la distribución normal.

**Tabla 5.** Resultados de la prueba Smirnov Kolmogorov – de las cuatro estaciones

<b>Estación</b>	<b>Distribución</b>	<b>Max</b>	<b>Ranking</b>
Cachicoto	Log Pearson III	0.11461	1
Aucayacu	Normal	0.09707	1
Pomabamba	Pearson III	0.09600	1
Tocache	Pearson III	0.08230	1

Fuente. Elaboración Propia.

Asimismo, se definen las precipitaciones para diferentes tiempos de retorno (2, 5, 10, 20, 50, 100, 140, 200, 500 años) los cuales son los siguientes.

**Tabla 6.** Precipitación máxima 24 horas

<b>PRECIPITACIÓN MÁXIMA 24H (mm)</b>				
<b>T</b>				
<b>(años)</b>	<b>CACHICOTO</b>	<b>AUCAYACU</b>	<b>POMABAMBA</b>	<b>TOCACHE</b>
2	86.92	97.3	30.46	110.8
5	101.03	109.8	36.52	131.83
10	111.17	116.3	39.54	143.03
20	121.45	121.7	41.95	152.39
50	135.63	127.8	44.59	163.05
100	146.97	131.8	46.29	170.23
140	152.7	133.6	47.06	173.5
200	158.96	135.5	47.82	176.85
500	175.93	140	49.64	184.94

Fuente. Elaboración Propia.

Por último, se definen las precipitaciones corregidas para diferentes tiempos de retorno (2, 5, 10, 20, 50, 100, 140, 200, 500 años) los cuales son los siguientes.

**Tabla 7. Precipitación máxima 24 horas corregidas**

T (años)	PRECIPITACIÓN MÁXIMA 24H (mm)			
	CACHICOTO	AUCAYACU	POMABAMBA	TOCACHE
2	98.22	110	34.42	125.2
5	114.17	124.1	41.27	149
10	125.62	131.5	44.68	161.6
20	137.24	137.5	47.4	172.2
50	153.26	144.4	50.38	184.2
100	166.08	149	52.31	192.4
140	172.56	151	53.17	196.1
200	179.62	153.1	54.04	199.8
500	198.8	158.2	56.09	209

Fuente. Elaboración Propia.

### Determinación de las precipitaciones máximas en subcuencas

Se determino la precipitación máxima de cada subcuenca con las isoyetas como se muestra en los siguientes resultados.

**Tabla 8. Precipitación máxima ponderadas en subcuencas.**

Periodo de Retorno (Años)	Precipitación Máxima 24h			
	SUBCUENCA 1	SUBCUENCA 2	SUBCUENCA 3	SUBCUENCA 4
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
2	84.2	97.3	104.92	108.2
5	98.9	113.6	122.44	125.6
10	108.2	123.5	132.51	135.5
20	116.9	132.7	141.46	144.3
50	128.2	144.4	152.42	155
100	136.85	153.3	160.39	162.8
140	141.1	157.6	164.16	166.5
200	145.65	162.2	168.12	170.3
500	157.8	174.4	178.41	180.3

Fuente. Elaboración Propia.

### Determinación de la intensidad de diseño

Se ajustaron las precipitaciones de acuerdo al periodo de duración deseado, a continuación, se muestran los resultados.

**Tabla 9.** Distribución de intensidad de duración menor a 24 horas de la subcuenca N°01.

<b>ESTACIÓN SUBCUENCA 1</b>										
<b>DURACIÓN</b>		<b>PERÍODO DE RETORNO (años)</b>								
<b>Hr</b>	<b>min</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>140</b>	<b>200</b>	<b>500</b>
0.17	10	145.9	171.3	187.3	202.5	222	237	244.4	252.3	273.3
0.33	20	86.7	101.9	111.4	120.4	132	140.9	145.3	150	162.5
0.5	30	64	75.2	82.2	88.8	97.4	104	107.2	110.7	119.9
0.67	40	51.6	60.6	66.2	71.6	78.5	83.8	86.4	89.2	96.6
0.83	50	43.6	51.2	56	60.5	66.4	70.9	73.1	75.4	81.7
1	60	38	44.7	48.9	52.8	57.9	61.8	63.7	65.8	71.3
1.5	90	28.1	33	36.1	39	42.7	45.6	47	48.6	52.6
2	120	22.6	26.6	29.1	31.4	34.4	36.8	37.9	39.1	42.4
4	240	13.5	15.8	17.3	18.7	20.5	21.9	22.5	23.3	25.2
6	360	9.9	11.7	12.7	13.8	15.1	16.1	16.6	17.2	18.6
7	420	8.8	10.4	11.4	12.3	13.5	14.4	14.8	15.3	16.6
8	480	8	9.4	10.3	11.1	12.2	13	13.4	13.8	15
10	600	6.8	7.9	8.7	9.4	10.3	11	11.3	11.7	12.7
11	660	6.3	7.4	8.1	8.7	9.6	10.2	10.6	10.9	11.8
12	720	5.9	6.9	7.6	8.2	9	9.6	9.9	10.2	11.1
24	1440	3.5	4.1	4.5	4.9	5.3	5.7	5.9	6.1	6.6

Fuente. Elaboración Propia.

**Tabla 10.** Distribución de intensidad de duración menor a 24 horas de la subcuenca N°02.

<b>ESTACIÓN SUBCUENCA 2</b>										
<b>DURACIÓN</b>		<b>PERÍODO DE RETORNO (años)</b>								
<b>Hr</b>	<b>min</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>140</b>	<b>200</b>	<b>500</b>
0.17	10	168.5	196.7	213.9	229.8	250.2	265.5	273	281	302.1
0.33	20	100.2	116.9	127.2	136.7	148.8	157.9	162.3	167.1	179.6
0.5	30	73.9	86.3	93.8	100.8	109.8	116.5	119.8	123.3	132.5
0.67	40	59.6	69.5	75.6	81.3	88.5	93.9	96.5	99.3	106.8
0.83	50	50.4	58.8	64	68.7	74.8	79.4	81.6	84	90.3
1	60	44	51.3	55.8	59.9	65.3	69.3	71.2	73.3	78.8
1.5	90	32.4	37.9	41.2	44.2	48.1	51.1	52.5	54.1	58.1
2	120	26.1	30.5	33.2	35.6	38.8	41.2	42.3	43.6	46.8
4	240	15.5	18.1	19.7	21.2	23.1	24.5	25.2	25.9	27.9
6	360	11.5	13.4	14.6	15.6	17	18.1	18.6	19.1	20.6
7	420	10.2	11.9	13	13.9	15.2	16.1	16.5	17	18.3
8	480	9.2	10.8	11.7	12.6	13.7	14.6	15	15.4	16.6
10	600	7.8	9.1	9.9	10.7	11.6	12.3	12.7	13	14
11	660	7.3	8.5	9.2	9.9	10.8	11.5	11.8	12.1	13
12	720	6.8	8	8.7	9.3	10.1	10.7	11	11.4	12.2
24	1440	4.1	4.7	5.1	5.5	6	6.4	6.6	6.8	7.3

Fuente. Elaboración Propia.

**Tabla 11.** Distribución de intensidad de duración menor a 24 horas de la subcuenca N°03.

<b>ESTACIÓN SUBCUENCA 3</b>										
<b>DURACIÓN</b>		<b>PERÍODO DE RETORNO (años)</b>								
<b>Hr</b>	<b>min</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>140</b>	<b>200</b>	<b>500</b>
0.17	10	181.7	212.1	229.5	245	264	277.8	284.3	291.2	309
0.33	20	108.1	126.1	136.5	145.7	157	165.2	169.1	173.1	183.7
0.5	30	79.7	93	100.7	107.5	115.8	121.9	124.7	127.7	135.6
0.67	40	64.3	75	81.1	86.6	93.3	98.2	100.5	103	109.3
0.83	50	54.3	63.4	68.6	73.3	79	83.1	85	87.1	92.4
1	60	47.4	55.3	59.9	63.9	68.9	72.5	74.2	76	80.6
1.5	90	35	40.8	44.2	47.2	50.8	53.5	54.7	56	59.5
2	120	28.2	32.9	35.6	38	40.9	43.1	44.1	45.2	47.9
4	240	16.8	19.6	21.2	22.6	24.3	25.6	26.2	26.9	28.5
6	360	12.4	14.4	15.6	16.7	18	18.9	19.3	19.8	21
7	420	11	12.9	13.9	14.9	16	16.8	17.2	17.6	18.7
8	480	10	11.6	12.6	13.4	14.5	15.2	15.6	16	16.9
10	600	8.4	9.8	10.6	11.4	12.2	12.9	13.2	13.5	14.3
11	660	7.8	9.2	9.9	10.6	11.4	12	12.3	12.6	13.3
12	720	7.4	8.6	9.3	9.9	10.7	11.2	11.5	11.8	12.5
24	1440	4.4	5.1	5.5	5.9	6.4	6.7	6.8	7	7.4

Fuente. Elaboración Propia.

**Tabla 12.** Distribución de intensidad de duración menor a 24 horas de la subcuenca N°04.

<b>ESTACIÓN SUBCUENCA 4</b>										
<b>DURACIÓN</b>		<b>PERÍODO DE RETORNO (años)</b>								
<b>Hr</b>	<b>min</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>140</b>	<b>200</b>	<b>500</b>
0.17	10	187.4	217.5	234.7	250	268.5	282	288.3	295	312.2
0.33	20	111.4	129.3	139.6	148.6	159.7	167.7	171.4	175.4	185.6
0.5	30	82.2	95.4	103	109.7	117.8	123.7	126.5	129.4	137
0.67	40	66.3	76.9	83	88.4	94.9	99.7	101.9	104.3	110.4
0.83	50	56	65.1	70.2	74.8	80.3	84.3	86.2	88.2	93.4
1	60	48.9	56.7	61.2	65.2	70	73.6	75.2	76.9	81.4
1.5	90	36.1	41.9	45.2	48.1	51.7	54.3	55.5	56.8	60.1
2	120	29.1	33.7	36.4	38.8	41.7	43.7	44.7	45.8	48.4
4	240	17.3	20.1	21.6	23.1	24.8	26	26.6	27.2	28.8
6	360	12.8	14.8	16	17	18.3	19.2	19.6	20.1	21.2
7	420	11.4	13.2	14.2	15.2	16.3	17.1	17.5	17.9	18.9
8	480	10.3	11.9	12.9	13.7	14.7	15.5	15.8	16.2	17.1
10	600	8.7	10.1	10.9	11.6	12.5	13.1	13.4	13.7	14.5
11	660	8.1	9.4	10.1	10.8	11.6	12.2	12.5	12.7	13.5
12	720	7.6	8.8	9.5	10.1	10.9	11.4	11.7	11.9	12.6
24	1440	4.5	5.2	5.6	6	6.5	6.8	6.9	7.1	7.5

Fuente. Elaboración Propia.

## Hietograma de Diseño

A continuación, se presenta el hietograma de diseño a lo largo de 24 horas.

### Subcuenca N°1

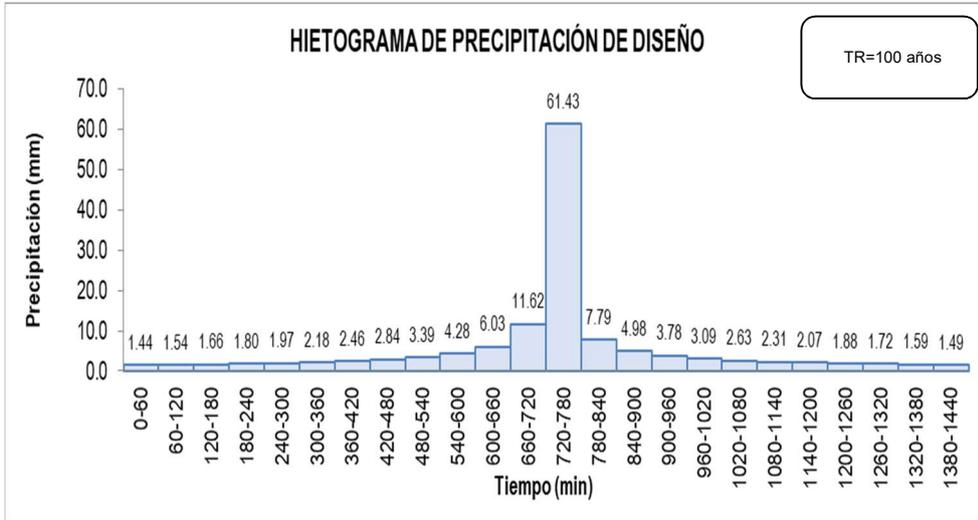


Figura 6. Hietograma con periodo de retorno de 100 años en la Subcuenca N°1

La figura 6 muestra la precipitación de diseño de TR=100 años

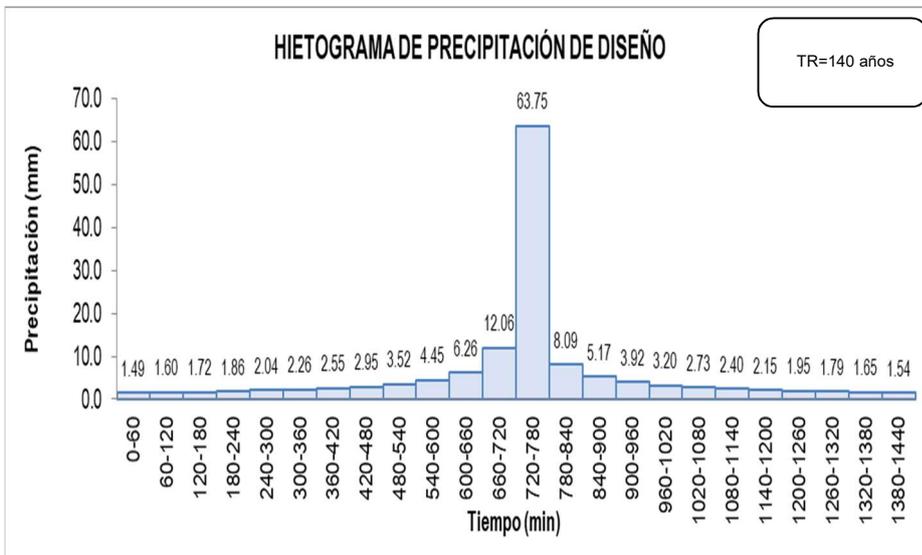


Figura 7. Hietograma con periodo de retorno de 140 años en la Subcuenca N°1.

La figura 7 muestra la precipitación de diseño TR=140 años

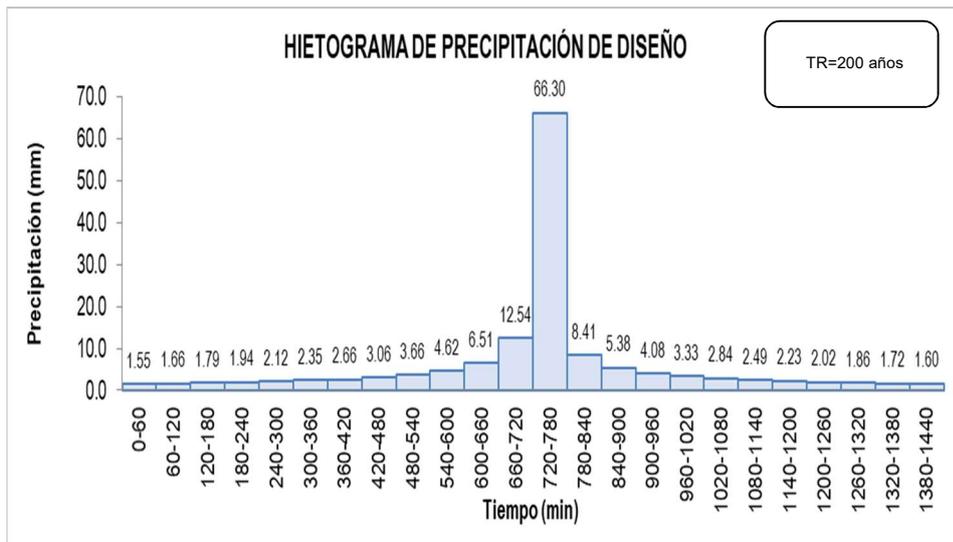


Figura 8. Hietograma con periodo de retorno de 200 años en la Subcuenca N°1

La figura 8 muestra la precipitación de diseño TR=200 años

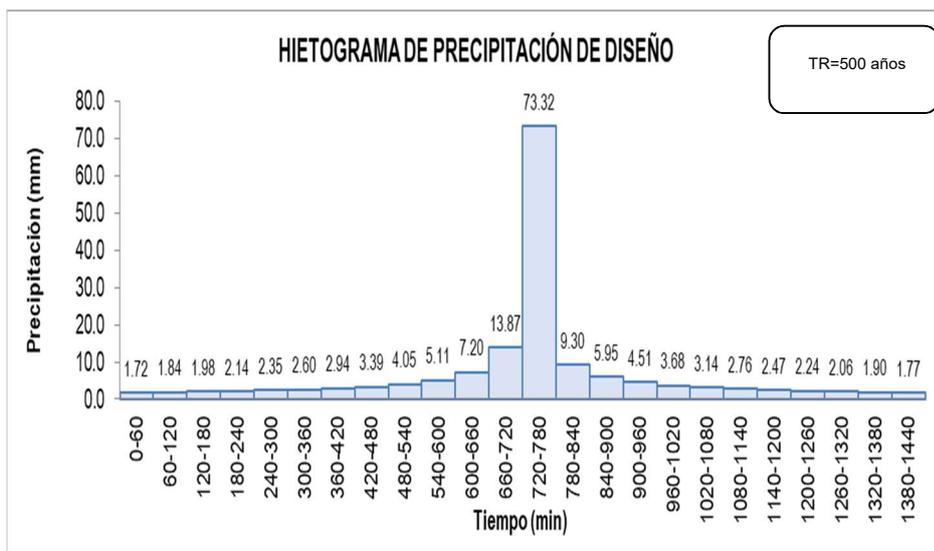


Figura 9. Hietograma con periodo de retorno de 500 años en la Subcuenca N°1

La figura 9 muestra la precipitación de diseño TR= 500 años

## Subcuenca N°2

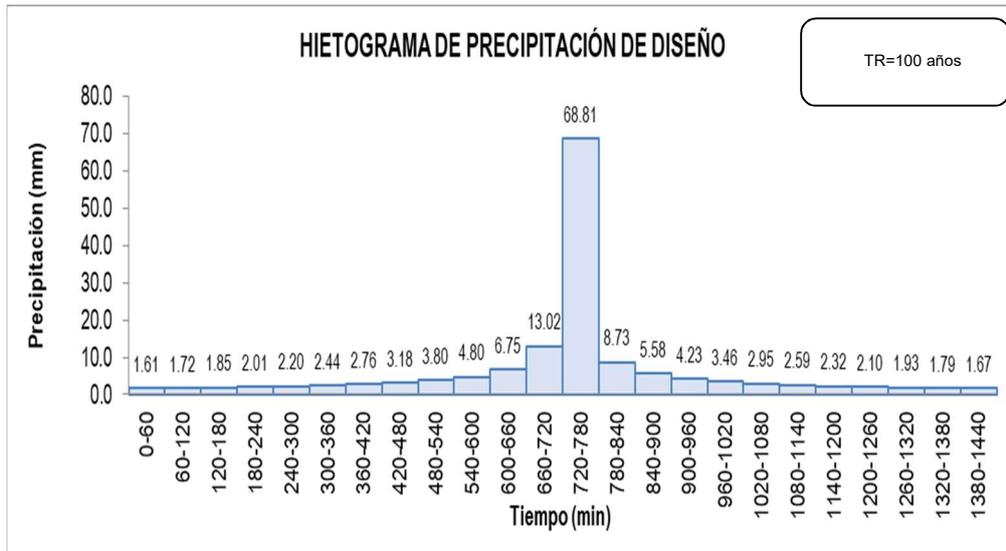


Figura 10. Hietograma con periodo de retorno de 100 años en la Subcuenca N°2.

La figura 10 muestra la precipitación de diseño TR=100 años

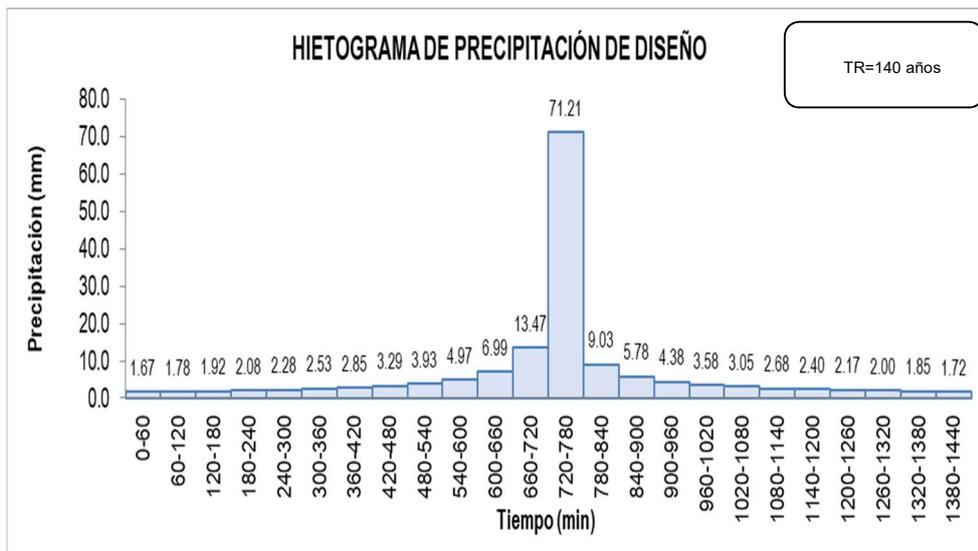


Figura 11. Hietograma con periodo de retorno de 140 años en la Subcuenca N°2.

La figura 11 muestra la precipitación de diseño TR=140 años

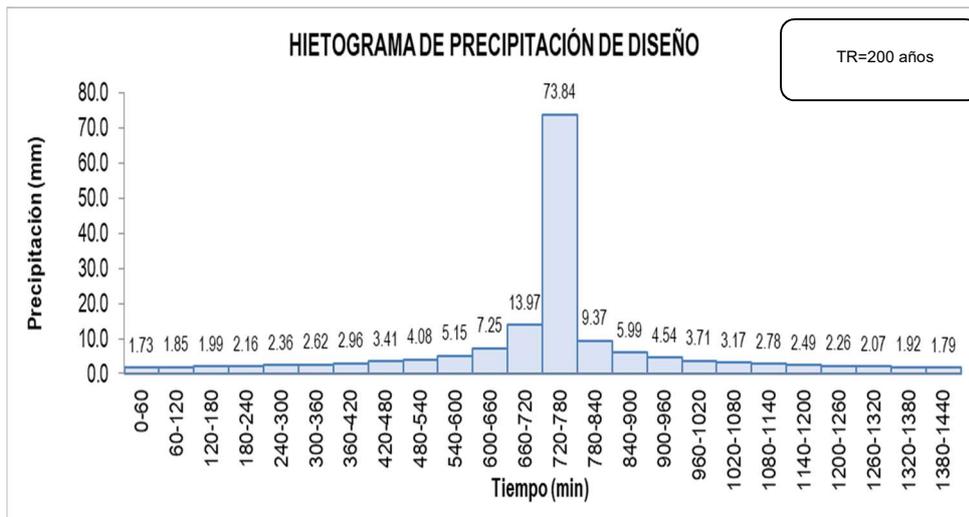


Figura 12. Hietograma con periodo de retorno de 200 años en la Subcuenca N°2.

La figura 12 muestra la precipitación de diseño TR= 200 años

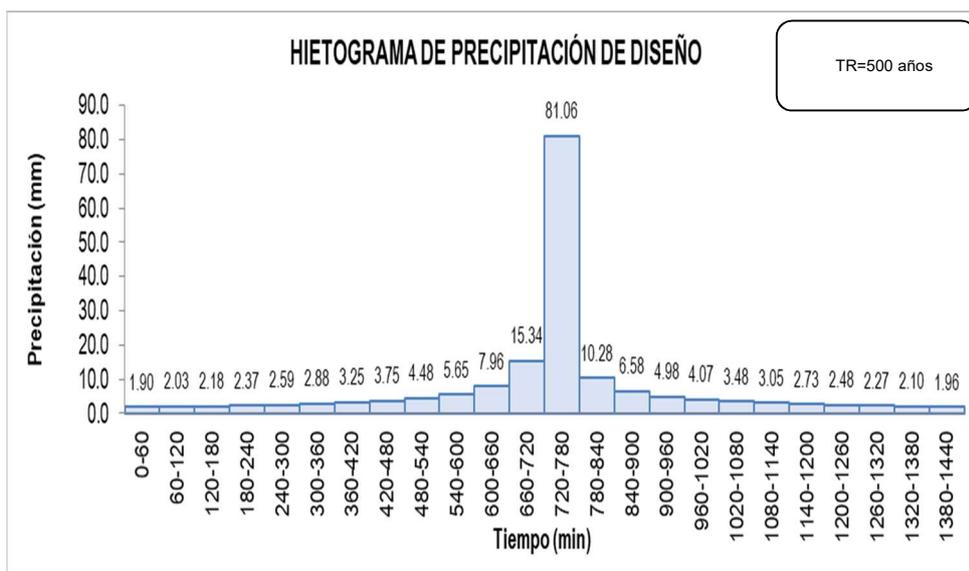


Figura 13. Hietograma con periodo de retorno de 500 años en la Subcuenca N°2.

La figura 13 muestra la precipitación de diseño TR= 500 años para la subcuenca N°2.

### Subcuenca N°3

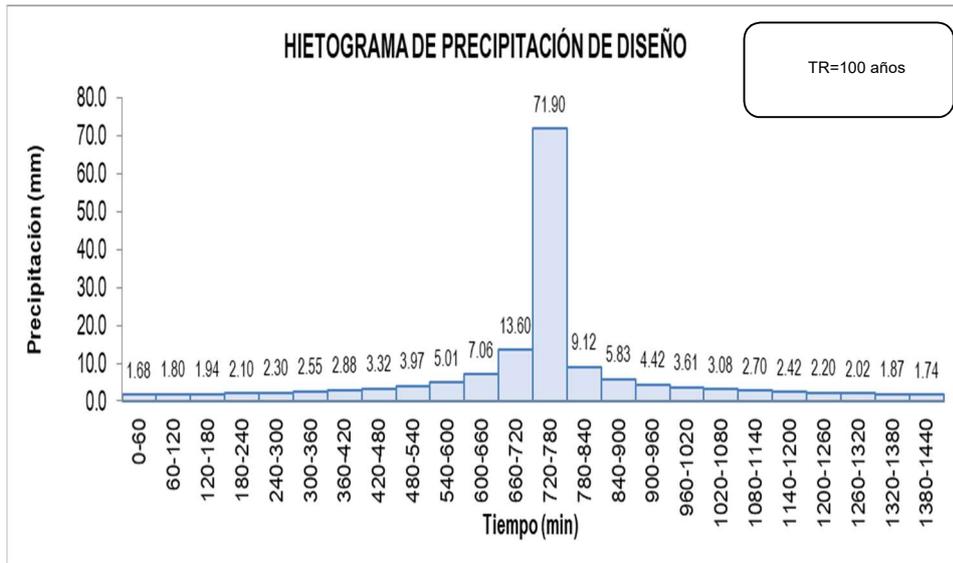


Figura 14. Hietograma con periodo de retorno de 100 años en la Subcuenca N°3.

La figura 14 muestra la precipitación de diseño TR=100 años

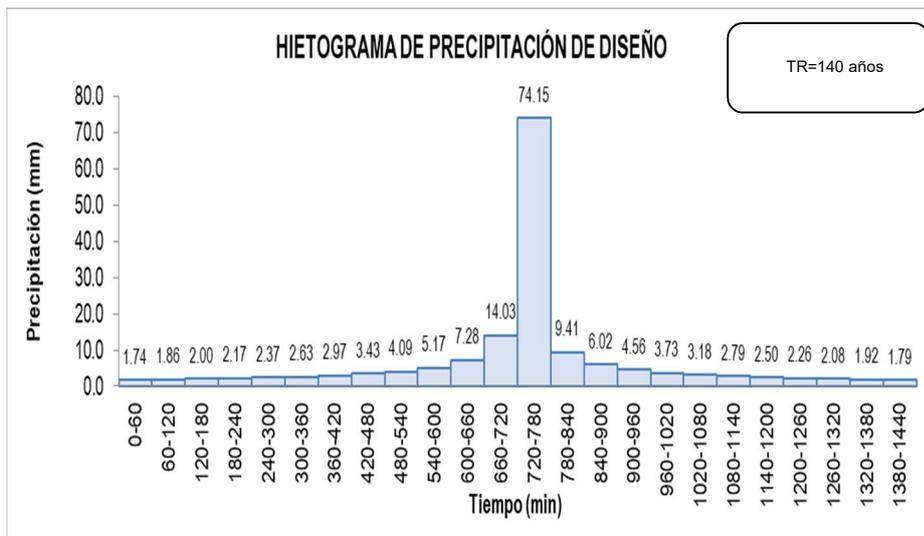


Figura 15. Hietograma con periodo de retorno de 140 años en la Subcuenca N°3.

La figura 15 muestra la precipitación de diseño TR= 140 años

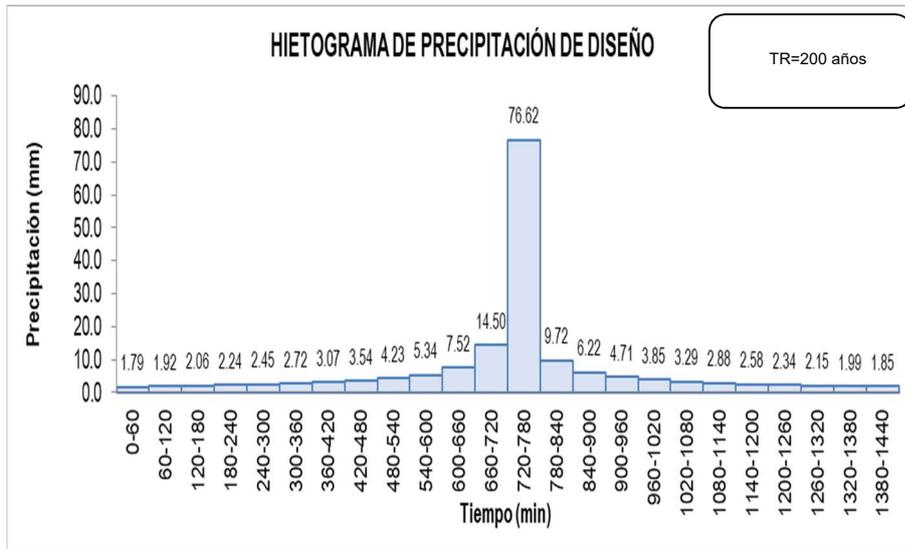


Figura 16. Hietograma con periodo de retorno de 200 años en la Subcuenca N°3.

La figura 16 muestra la precipitación de diseño TR=200 años

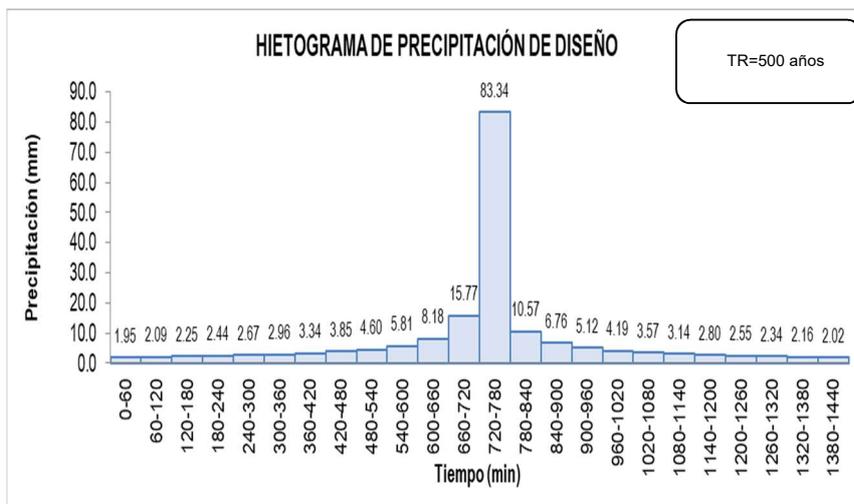


Figura 17. Hietograma con periodo de retorno de 500 años en la Subcuenca N°3.

La figura 17 muestra la precipitación de diseño TR=500 años

## Subcuenca N°4

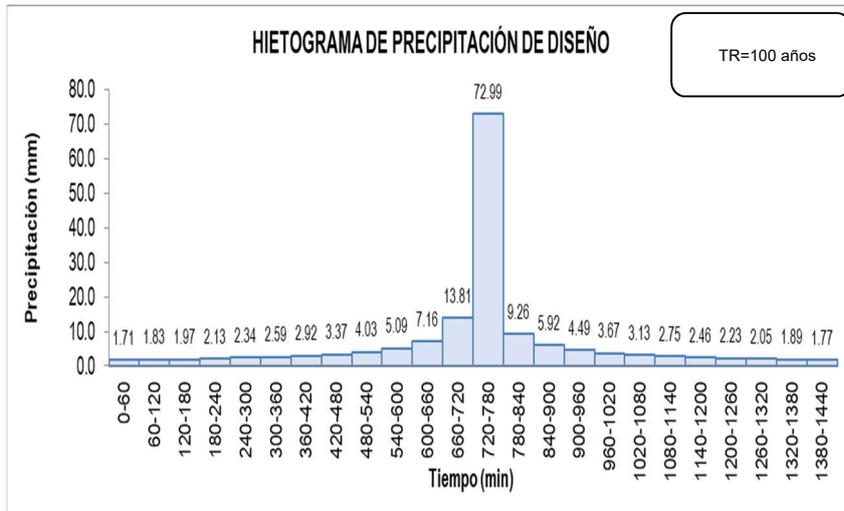


Figura 18. Hietograma con periodo de retorno de 100 años en la Subcuenca N°4.

La figura 18 muestra la precipitación de diseño TR=100 años

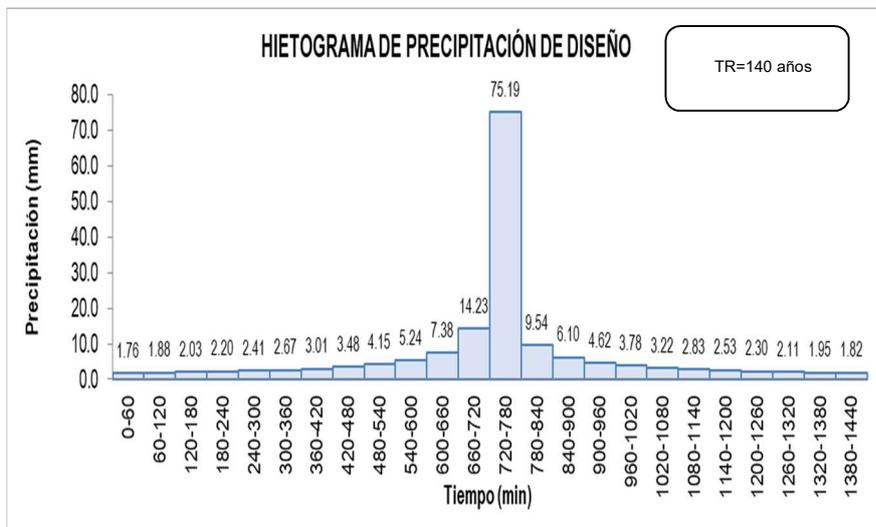


Figura 19. Hietograma con periodo de retorno de 140 años en la Subcuenca N°4.

La figura 19 muestra la precipitación de diseño TR=140 años

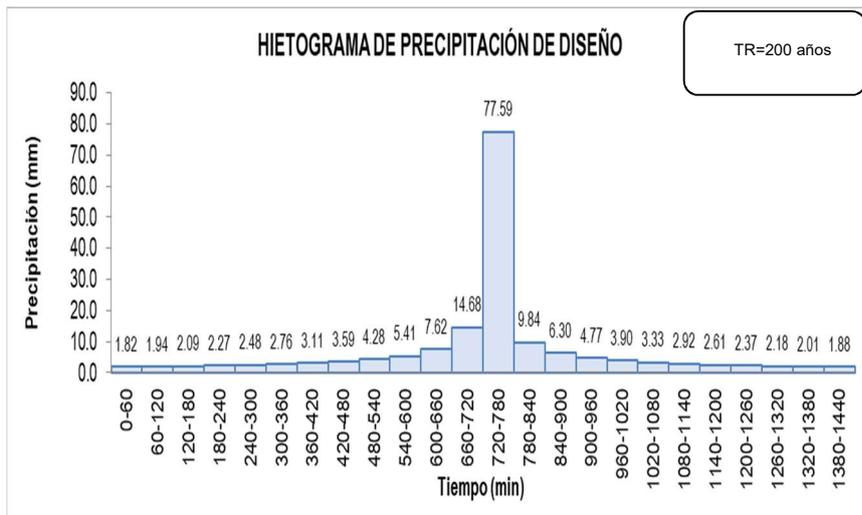


Figura 20. Hietograma con periodo de retorno de 200 años en la Subcuenca N°4..

La figura 20 muestra la precipitación de diseño TR=200 años

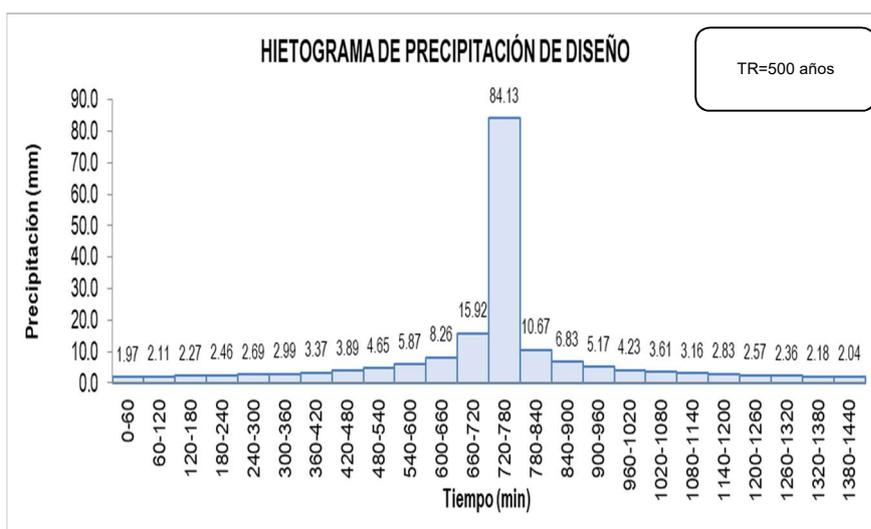


Figura 21. Hietograma con periodo de retorno de 500 años en la Subcuenca N°4.

La figura 21 muestra la precipitación de diseño TR=500 años

### Selección del número de curva (CN)

El número de curva permite determinar el potencial de escorrentía en una cuenca hidrográfica y se halla mediante las características físicas, densidad y tratamiento de las coberturas. A continuación, se exhibe el número de curva ponderada en la subcuenca N°1, N°2, N°3, N°4. El CN II significa donde los suelos tienen

condiciones más comunes y CN III si existe algún episodio de fuertes o suaves de lluvia que han ocurrido los cinco días después de la tormenta provocando una próxima saturación del suelo.

**Tabla 13.** *Numero de curva ponderado en subcuencas.*

SUBCUENCA	CN II	CN III
1	70.45	84.57
2	52.73	71.95
3	57.06	75.35
4	51.89	71.27

Fuente. Elaboración Propia.

### Método de isoyetas

**Tabla 14.** *Precipitaciones máximas en cada subcuenca utilizando el método de isoyetas.*

Sub cuencas	Precipitaciones Máximas (mm)								
	Tr=2 años	Tr=5 años	Tr=10 años	Tr=2 5 años	Tr=50 años	Tr=100 años	Tr=140 años	Tr=200 años	Tr=500 años
1	84.2	98.9	108.2	116.9	128.2	136.85	141.1	145.65	157.8
2	97.3	113.6	123.5	132.7	144.4	153.3	157.6	162.2	174.4
3	104.92	122.44	132.51	141.4	152.42	160.39	164.16	168.12	178.41
4	108.2	125.6	135.5	144.3	155.0	162.8	166.5	170.3	180.3

Fuente. Elaboración Propia.

### Responde al objetivo específico ii

#### Modelamiento Hidrológico

Para realizar el análisis de este modelamiento hidrológico se tomó el método de lluvia – escorrentía HEC-HMS V4.7 para las subcuencas de interés. Asimismo, se insertaron los datos de pérdida de precipitación por abstracción, el CN, el tiempo de concentración y los hietogramas de periodos de 100,140. 200 y 500 años.

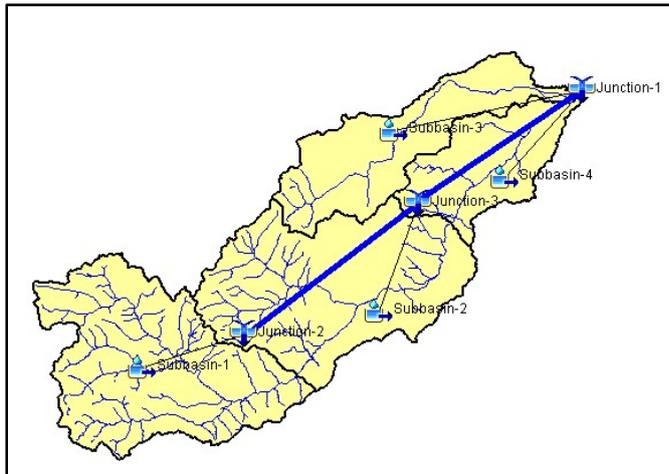


Figura 22. Modelación HEC-HMS – Cuenca de Interés

A continuación, se presentan los resultados obtenidos los cuales son los caudales picos para TR de 100,140,200 y 500 años.

Tabla 15. Resultados de Hec-Hms, caudales máximos.

CUENCA	TR	CAUDAL PICO (m <sup>3</sup> /s)
CUENCA DE INTERES	100	1 268.1
(Zona del Puente Proyectado)	140	1 331.40
	200	1 400.70
	500	1 592.20

Fuente. Elaboración Propia.

Además, se presentan continuación los hidrogramas de salida obtenidos en el programa para cada TR.

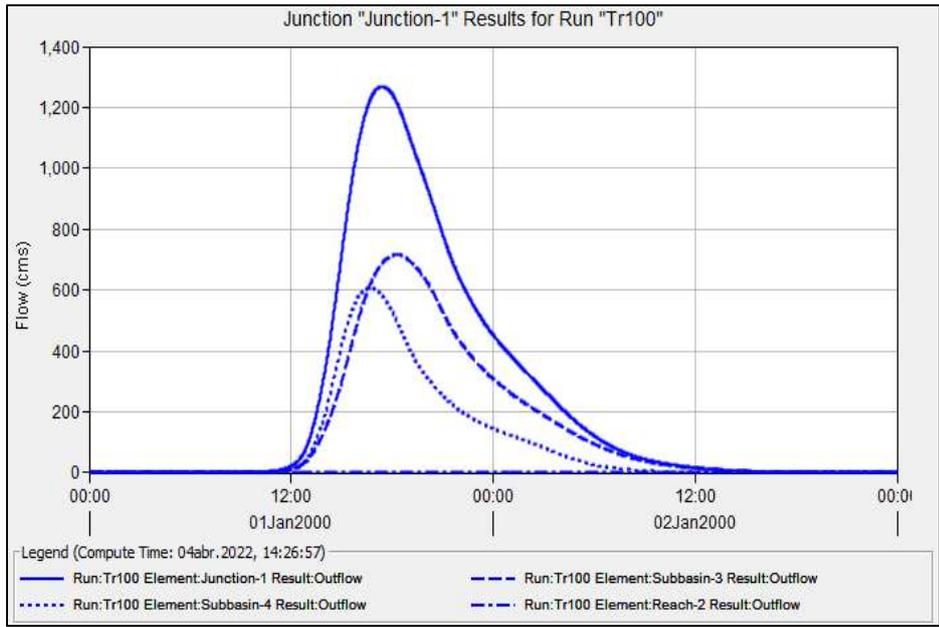


Figura 23. Hidrograma Unitario - Cuenca de interés  $Tr=100$  años

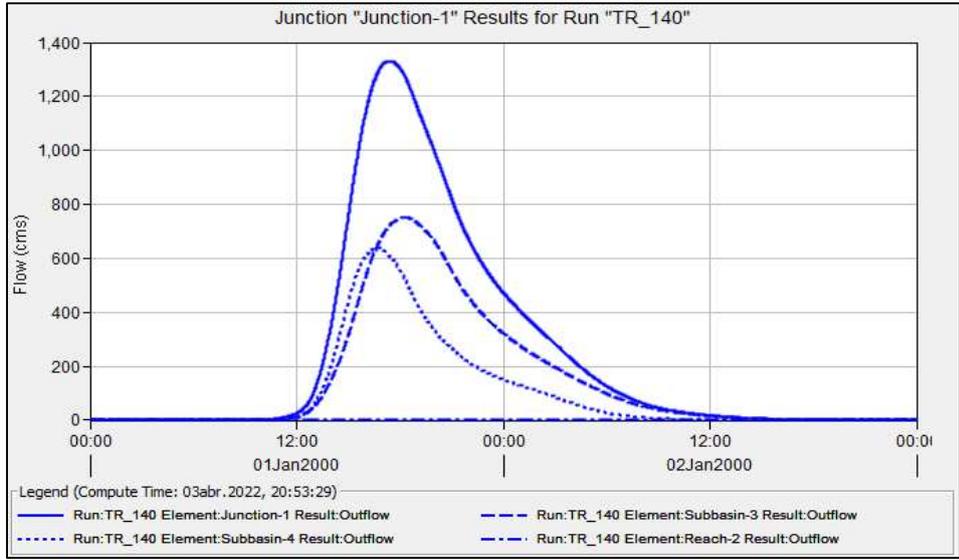


Figura 24. Hidrograma Unitario - Cuenca de interés  $Tr=140$  años

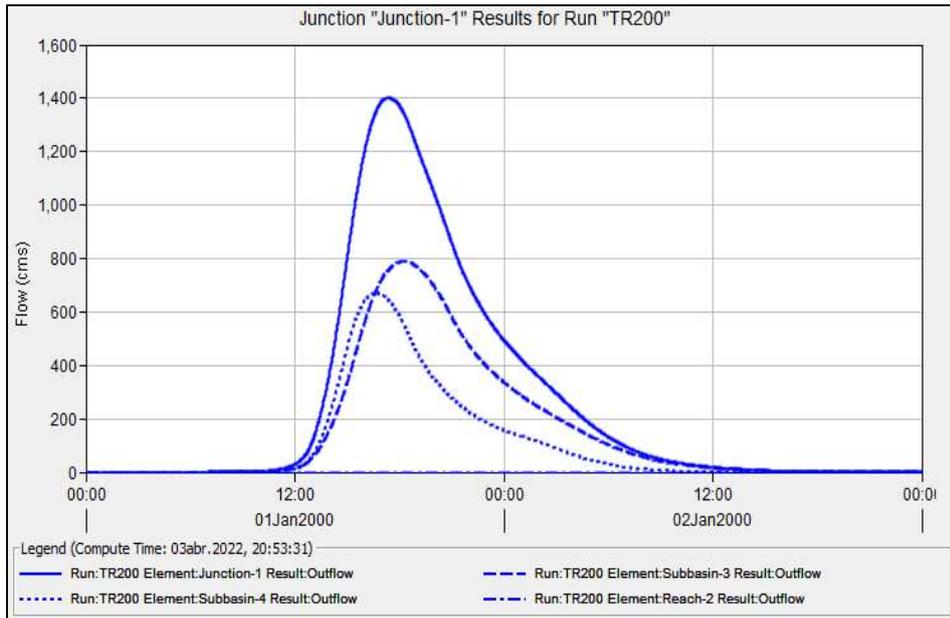


Figura 25. Hidrograma Unitario - Cuenca de interés  $Tr=200$  años

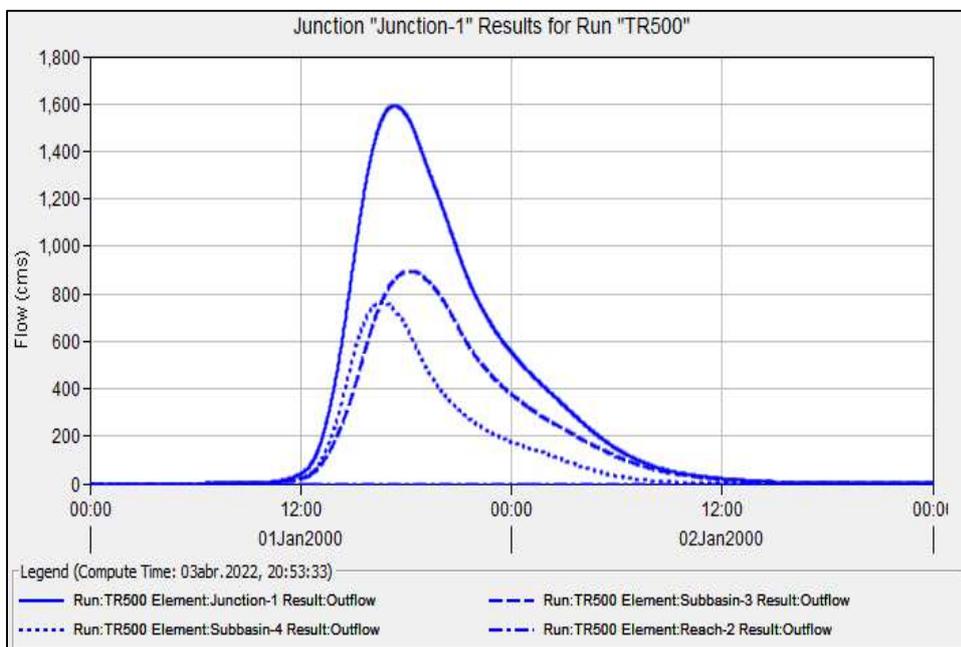


Figura 26. Hidrograma Unitario - Cuenca de interés  $Tr=500$  años

## **Responde al objetivo específico iii**

### **Estudio Hidráulico**

Consiste en el modelamiento y dimensionamiento de la luz y altura libre del puente, así como la definición de la profundidad de socavación en la zona de puente.

Antes de detallar el proceso que se ha seguido para el modelado del puente, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Con los planos topográficos en planta, el perfil longitudinal como las secciones transversales, se modela la geometría.
- Las características del lecho dependen del tipo de material, el canal principal y los márgenes, los pilares son de concreto armado.
- Los caudales son los determinados en el estudio hidrológico y se ha analiza para 2 caudales, con TR de 140 y 500 años.
- Se analiza en el punto de control, según la ubicación de las estructuras y las particularidades de la cuenca.

### **Modelamiento Hidráulico**

El modelamiento hidráulico se realizó en el programa HEC- RAS (Hydrologic Engineering Center), este software te permite simular los flujos de los cauces artificiales y cauces naturales, para poder determinar el nivel de agua. Por tanto, es una herramienta muy significativa, dado que te permite realizar estudios de inundabilidad de la zona de estudio donde se encuentra la cuenca.

### **Modelamiento de la Geometría y Lecho del Río**

#### Geometría

Para el modelamiento de la geometría se ha empleado la topografía de río y las características del Puente. Es decir, teniendo los planos en planta, el perfil longitudinal y las secciones transversales cada 10.0m se ha exportado la geometría al Hec- Ras donde finalmente se define las dimensiones de la sección del cauce.

En cada una de las numeraciones se tiene las secciones según las progresivas de la topografía. Bajo esa premisa, el modelamiento del resto de secciones

transversales respecto a las otras estaciones se hace teniendo en cuenta las características del terreno y los márgenes hasta donde se inunda en épocas de invierno.

### Lecho del Río

Las características del lecho del río en el modelo se representan por la rugosidad, dado que Hec-Ras emplea la fórmula de Manning, se definirá este parámetro representativo para cada tipo de material.

Con estas características del lecho se define dos valores de Manning:

Para Canal Principal:  $n = 0.036$

Para Márgenes:  $n = 0.040$

Downstream Reach Lengths		
LOB	Channel	ROB
25.948	10.	8.365
Manning's n Values <span>[?]</span>		
LOB	Channel	ROB
0.04	0.036	0.04
Main Channel Bank Stations		
Left Bank	Right Bank	
50.522	152.858	
Cont\Exp Coefficient (Steady <span>[?]</span> )		
Contraction	Expansion	
0.1	0.3	

Figura 27. Características del lecho del río colocadas al momento de modelar.

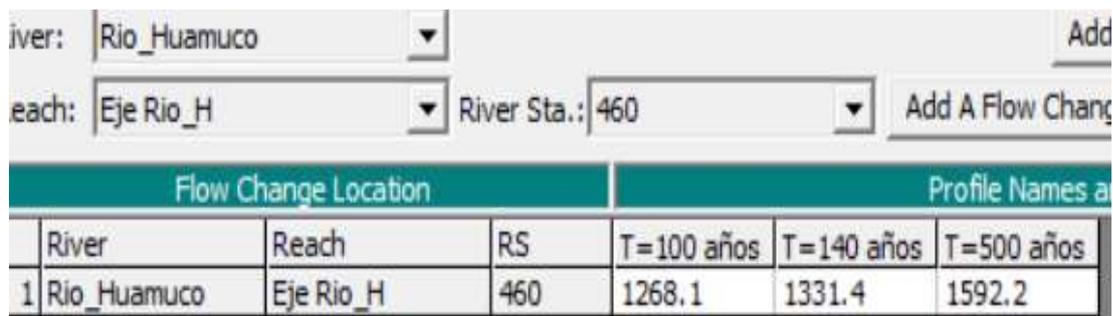
La figura 27 muestra la contracción y expansión son 0.1 y 0.30 proporcionalmente.

## Modelamiento de los caudales

Para el modelamiento se ha tomado los caudales Máximos obtenidos del estudio hidrológico, para los periodos de retorno de 140 y 500 años. Según el Manual de Hidrología Hidráulica y Drenaje, para una vida útil de puentes de 40 años y un riesgo admisible de 25% el periodo de retorno de las avenidas máximas extraordinarios es de T=140 años, por lo cual ese período se emplea para el diseño del presente proyecto.

En este esquema se ha ingresado 4 perfiles que corresponde a cada uno de los caudales de los TR de 100, 140 y 500 años en cada uno de las secciones de control definido en la geometría del modelo, hasta la sección 0+460.

Con estos parámetros se calcula y obtiene los resultados.



The image shows a software interface with a form and a table. The form has fields for 'River' (set to 'Rio\_Huamuco'), 'Reach' (set to 'Eje Rio\_H'), and 'River Sta.' (set to '460'). Below the form is a table with columns for 'Flow Change Location' and 'Profile Names a'. The table has a header row with columns for 'River', 'Reach', 'RS', 'T=100 años', 'T=140 años', and 'T=500 años'. The data row shows values for '1 Rio\_Huamuco', 'Eje Rio\_H', '460', '1268.1', '1331.4', and '1592.2'.

Flow Change Location			Profile Names a		
River	Reach	RS	T=100 años	T=140 años	T=500 años
1 Rio_Huamuco	Eje Rio_H	460	1268.1	1331.4	1592.2

Figura 28. Datos empleados en caudales para T=100 años, T=140 años y T=500 años.

## Dimensionamiento Hidráulico

Una vez realizado los modelamientos geométricos e hidráulicos, se procede a determinar los resultados correspondientes en las secciones transversales y longitudinales de la zona del puente.

Asimismo, se ha definido que el Periodo de Diseño para Puente de T=140 años para verificar luz libre y para la determinación de las profundidades de socavación es T=500 años.

## Secciones Transversales

La sección que más representa en el cauce del río Huamuco, es la correspondiente a la progresiva 0+220.01 para el TR =140 años. Dicha sección transversal es la más cercana al puente y la que muestra de una mejor manera la estructura del cauce evaluando su vulnerabilidad en razón a los 3 tipos de perfiles de flujo.

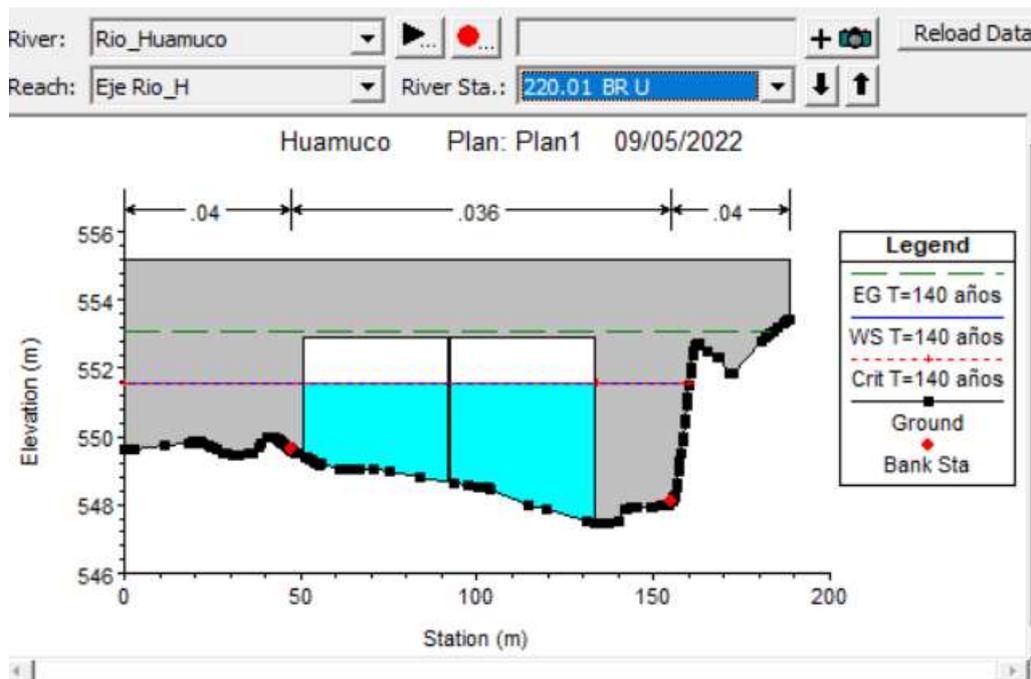


Figura 29. Sección Transversal para T=140 años. Progresiva 0+220.01-Aguas arriba.

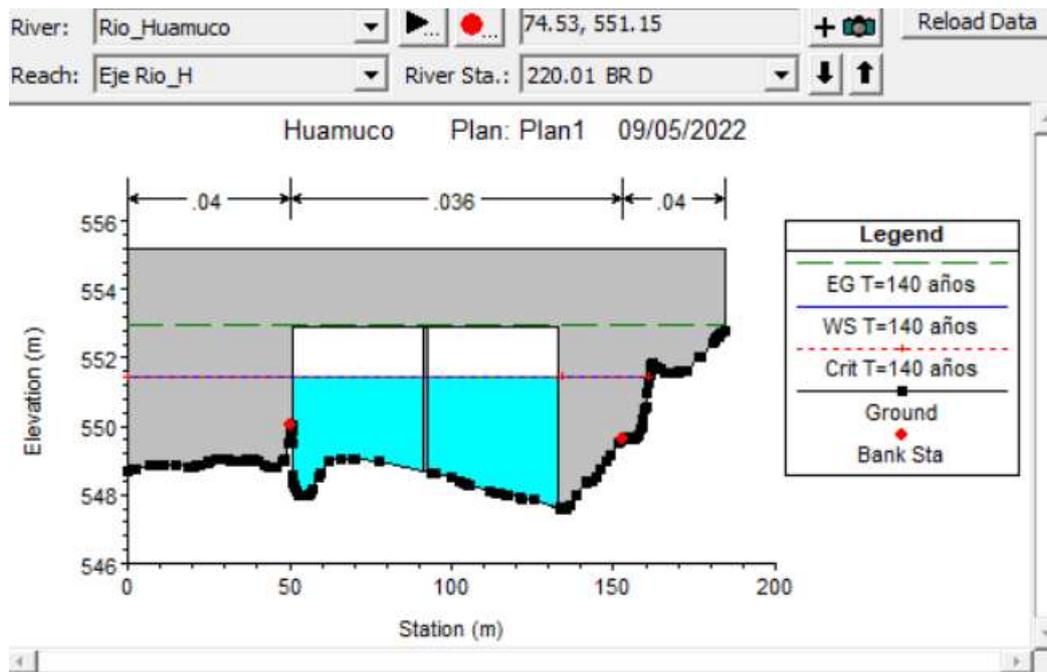


Figura 30. Sección Transversal para  $T=140$  años. Progresiva 0+220.01-Aguas abajo.

Se ha determinado las características hidráulicas en la zona del Puente, con los Caudales de Máxima Avenida en secciones cercana del puente y de esta manera se determinó la altura libre del nivel máximo de agua (NAME) hasta la parte baja de la superestructura.

Asimismo, se muestran los resultados de las características hidráulicas obtenidas del modelamiento para los diferentes TR de  $T=140$  años y  $T=500$  años, dado que son los más fundamentales para el diseño correspondiente.

**Tabla 16. Características hidráulicas de la sección del puente para T=140 años.**

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
Eje Rio_H	460	T=140 años	1331.40	548.81	553.35		553.48	0.000605	1.66	857.23	249.00	0.27
Eje Rio_H	450	T=140 años	1331.40	548.50	553.31		553.47	0.000730	1.83	784.66	233.75	0.30
Eje Rio_H	440	T=140 años	1331.40	548.50	553.30		553.46	0.000739	1.88	775.37	229.06	0.30
Eje Rio_H	430	T=140 años	1331.40	548.50	553.28		553.45	0.000759	1.95	754.96	219.68	0.31
Eje Rio_H	420	T=140 años	1331.40	548.50	553.26		553.44	0.000797	2.03	738.06	217.07	0.32
Eje Rio_H	410	T=140 años	1331.40	548.50	553.24		553.43	0.000844	2.11	714.75	208.16	0.33
Eje Rio_H	400	T=140 años	1331.40	548.50	553.21		553.42	0.000899	2.19	698.18	206.83	0.34
Eje Rio_H	390	T=140 años	1331.40	548.47	553.18		553.41	0.000985	2.30	670.03	205.92	0.35
Eje Rio_H	380	T=140 años	1331.40	548.29	553.17		553.40	0.000970	2.31	669.76	202.50	0.35
Eje Rio_H	370	T=140 años	1331.40	548.12	553.15		553.39	0.000979	2.35	659.55	197.42	0.36
Eje Rio_H	360	T=140 años	1331.40	547.99	553.12		553.38	0.001055	2.45	636.28	191.25	0.37
Eje Rio_H	350	T=140 años	1331.40	547.96	553.09		553.37	0.001142	2.54	615.42	185.77	0.38
Eje Rio_H	340	T=140 años	1331.40	547.94	553.05		553.35	0.001243	2.63	594.13	181.42	0.40
Eje Rio_H	330	T=140 años	1331.40	547.92	553.01		553.34	0.001353	2.74	574.34	179.80	0.42
Eje Rio_H	320	T=140 años	1331.40	547.88	552.99		553.32	0.001364	2.77	566.99	176.21	0.42
Eje Rio_H	310	T=140 años	1331.40	547.64	552.98		553.31	0.001280	2.72	576.14	176.28	0.41
Eje Rio_H	300	T=140 años	1331.40	547.47	553.00		553.29	0.001037	2.55	612.63	172.85	0.37
Eje Rio_H	290	T=140 años	1331.40	547.28	553.02		553.26	0.000846	2.37	657.69	173.75	0.34
Eje Rio_H	280	T=140 años	1331.40	547.00	553.04		553.24	0.000692	2.16	714.71	177.94	0.31
Eje Rio_H	270	T=140 años	1331.40	547.00	553.04		553.23	0.000656	2.08	728.77	182.19	0.30
Eje Rio_H	260	T=140 años	1331.40	547.04	553.00		553.22	0.000805	2.27	682.78	182.79	0.33
Eje Rio_H	250	T=140 años	1331.40	547.44	552.97		553.21	0.000918	2.34	656.09	185.84	0.35
Eje Rio_H	240	T=140 años	1331.40	547.46	552.97		553.20	0.000870	2.27	668.25	186.39	0.34
Eje Rio_H	230	T=140 años	1331.40	547.48	552.97	550.82	553.19	0.000825	2.19	676.32	182.44	0.33
Eje Rio_H	220.01	Bridge										
Eje Rio_H	220	T=140 años	1331.40	547.57	551.62		552.04	0.002641	3.04	473.46	168.96	0.55
Eje Rio_H	210	T=140 años	1331.40	547.50	551.16		551.95	0.006076	4.14	342.69	135.68	0.79
Eje Rio_H	200	T=140 años	1331.40	547.63	551.19		551.86	0.004919	3.82	375.53	151.95	0.73
Eje Rio_H	190	T=140 años	1331.40	547.64	551.11		551.81	0.005259	3.94	374.29	166.20	0.76
Eje Rio_H	180	T=140 años	1331.40	547.44	551.14		551.73	0.003878	3.70	420.88	180.00	0.66
Eje Rio_H	170	T=140 años	1331.40	547.00	550.70	550.70	551.65	0.005940	4.55	346.82	180.00	0.82
Eje Rio_H	160	T=140 años	1331.40	547.00	550.26	550.26	551.20	0.006302	4.58	346.14	180.00	0.84
Eje Rio_H	150	T=140 años	1331.40	546.74	549.73	549.73	550.65	0.007140	4.61	342.59	180.00	0.89
Eje Rio_H	140	T=140 años	1331.40	546.50	549.50	549.50	550.41	0.007302	4.61	342.13	180.00	0.89
Eje Rio_H	130	T=140 años	1331.40	546.44	549.28	549.28	550.20	0.007398	4.63	340.90	180.00	0.90
Eje Rio_H	120	T=140 años	1331.40	546.03	549.12	549.12	550.04	0.007272	4.65	342.02	175.99	0.89
Eje Rio_H	110	T=140 años	1331.40	545.85	548.97	548.97	549.89	0.007088	4.66	344.03	176.20	0.89
Eje Rio_H	100	T=140 años	1331.40	545.64	548.79	548.79	549.73	0.006864	4.64	343.48	173.77	0.88
Eje Rio_H	90	T=140 años	1331.40	545.45	548.56	548.56	549.51	0.006950	4.66	339.00	169.11	0.88
Eje Rio_H	80	T=140 años	1331.40	545.08	548.26	548.26	549.21	0.006848	4.64	339.76	169.35	0.87
Eje Rio_H	70	T=140 años	1331.40	544.81	548.00	548.00	548.95	0.006587	4.62	340.60	170.19	0.86
Eje Rio_H	60	T=140 años	1331.40	544.50	547.61	547.61	548.58	0.006805	4.66	334.28	167.68	0.87
Eje Rio_H	50	T=140 años	1331.40	544.41	547.41	547.41	548.37	0.006874	4.65	335.11	166.20	0.88
Eje Rio_H	40	T=140 años	1331.40	544.24	547.21	547.21	548.20	0.007120	4.71	329.82	159.92	0.89
Eje Rio_H	30	T=140 años	1331.40	544.02	547.05	547.05	548.05	0.007323	4.76	326.02	154.83	0.90
Eje Rio_H	20	T=140 años	1331.40	543.91	546.89	546.89	547.92	0.007350	4.82	320.66	147.56	0.91
Eje Rio_H	10	T=140 años	1331.40	543.70	546.72	546.72	547.77	0.007431	4.87	316.33	143.44	0.91
Eje Rio_H	0	T=140 años	1331.40	543.50	546.49	546.49	547.55	0.007622	4.91	311.82	139.33	0.92

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 17. Características hidráulicas de la sección del puente para T=500 años.

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
Eje Rio_H	480	T=500 años	1592.20	548.81	553.91		554.04	0.000532	1.70	996.45	249.00	0.28
Eje Rio_H	450	T=500 años	1592.20	548.50	553.87		554.04	0.000638	1.88	915.57	233.75	0.29
Eje Rio_H	440	T=500 años	1592.20	548.50	553.86		554.03	0.000650	1.93	903.78	229.06	0.29
Eje Rio_H	430	T=500 años	1592.20	548.50	553.84		554.02	0.000674	2.01	878.03	219.68	0.30
Eje Rio_H	420	T=500 años	1592.20	548.50	553.82		554.01	0.000707	2.08	859.98	217.07	0.31
Eje Rio_H	410	T=500 años	1592.20	548.50	553.80		554.00	0.000752	2.16	831.83	208.16	0.32
Eje Rio_H	400	T=500 años	1592.20	548.50	553.78		553.99	0.000796	2.24	814.81	208.83	0.33
Eje Rio_H	390	T=500 años	1592.20	548.47	553.75		553.98	0.000864	2.34	786.88	205.92	0.34
Eje Rio_H	380	T=500 años	1592.20	548.29	553.74		553.98	0.000858	2.38	785.95	205.02	0.34
Eje Rio_H	370	T=500 años	1592.20	548.12	553.72		553.97	0.000875	2.41	774.35	203.85	0.34
Eje Rio_H	360	T=500 años	1592.20	547.99	553.69		553.95	0.000944	2.51	748.00	199.24	0.36
Eje Rio_H	350	T=500 años	1592.20	547.96	553.65		553.94	0.001027	2.61	724.46	198.42	0.37
Eje Rio_H	340	T=500 años	1592.20	547.84	553.62		553.93	0.001121	2.71	700.55	198.83	0.39
Eje Rio_H	330	T=500 años	1592.20	547.92	553.58		553.92	0.001208	2.80	680.56	197.70	0.40
Eje Rio_H	320	T=500 años	1592.20	547.88	553.56		553.90	0.001217	2.83	673.97	196.93	0.40
Eje Rio_H	310	T=500 años	1592.20	547.84	553.55		553.89	0.001156	2.80	681.98	197.63	0.40
Eje Rio_H	300	T=500 años	1592.20	547.47	553.56		553.87	0.000972	2.66	715.00	193.86	0.37
Eje Rio_H	290	T=500 años	1592.20	547.28	553.58		553.85	0.000812	2.49	759.24	190.53	0.34
Eje Rio_H	280	T=500 años	1592.20	547.00	553.60		553.83	0.000678	2.30	820.04	197.35	0.31
Eje Rio_H	270	T=500 años	1592.20	547.00	553.61		553.82	0.000636	2.20	835.69	196.77	0.30
Eje Rio_H	260	T=500 años	1592.20	547.04	553.57		553.81	0.000758	2.37	790.07	194.15	0.32
Eje Rio_H	250	T=500 años	1592.20	547.44	553.54		553.80	0.000839	2.42	785.56	195.69	0.34
Eje Rio_H	240	T=500 años	1592.20	547.46	553.54		553.79	0.000797	2.35	777.82	195.45	0.33
Eje Rio_H	230	T=500 años	1592.20	547.48	553.54	551.07	553.78	0.000762	2.28	783.04	188.46	0.32
Eje Rio_H	220.01	Bridge										
Eje Rio_H	220	T=500 años	1592.20	547.57	551.96		552.44	0.002671	3.27	531.89	175.94	0.56
Eje Rio_H	210	T=500 años	1592.20	547.50	551.37	551.01	552.34	0.006737	4.58	372.51	141.00	0.85
Eje Rio_H	200	T=500 años	1592.20	547.63	551.43		552.23	0.005322	4.20	412.52	157.98	0.77
Eje Rio_H	190	T=500 años	1592.20	547.64	551.38		552.18	0.005440	4.24	421.39	178.77	0.78
Eje Rio_H	180	T=500 años	1592.20	547.44	551.43		552.09	0.003917	3.94	473.09	180.00	0.67
Eje Rio_H	170	T=500 años	1592.20	547.00	550.94	550.94	552.00	0.006195	4.88	389.92	180.00	0.85
Eje Rio_H	160	T=500 años	1592.20	547.00	550.50	550.50	551.55	0.006492	4.89	389.55	180.00	0.87
Eje Rio_H	150	T=500 años	1592.20	546.74	549.97	549.97	550.99	0.007248	4.91	385.56	180.00	0.91
Eje Rio_H	140	T=500 años	1592.20	546.50	549.73	549.73	550.76	0.007456	4.92	383.92	180.00	0.92
Eje Rio_H	130	T=500 años	1592.20	546.44	549.52	549.52	550.55	0.007503	4.93	383.53	180.00	0.92
Eje Rio_H	120	T=500 años	1592.20	546.03	549.34	549.34	550.39	0.007492	4.98	382.14	175.99	0.92
Eje Rio_H	110	T=500 años	1592.20	545.85	549.21	549.21	550.24	0.007220	4.96	385.94	178.20	0.91
Eje Rio_H	100	T=500 años	1592.20	545.64	549.03	549.03	550.08	0.007108	4.97	383.53	173.77	0.90
Eje Rio_H	90	T=500 años	1592.20	545.45	548.80	548.80	549.87	0.007167	4.99	378.85	169.11	0.91
Eje Rio_H	80	T=500 años	1592.20	545.08	548.50	548.50	549.57	0.007056	4.97	379.91	169.35	0.90
Eje Rio_H	70	T=500 años	1592.20	544.81	548.24	548.24	549.31	0.006788	4.94	381.66	170.19	0.89
Eje Rio_H	60	T=500 años	1592.20	544.50	547.87	547.87	548.95	0.006892	4.96	376.93	167.68	0.89
Eje Rio_H	50	T=500 años	1592.20	544.41	547.65	547.65	548.74	0.007117	4.99	374.37	169.20	0.90
Eje Rio_H	40	T=500 años	1592.20	544.24	547.46	547.46	548.57	0.007288	5.04	369.22	159.92	0.91
Eje Rio_H	30	T=500 años	1592.20	544.02	547.30	547.30	548.43	0.007497	5.09	364.41	154.83	0.93
Eje Rio_H	20	T=500 años	1592.20	543.91	547.14	547.14	548.31	0.007557	5.16	357.47	147.58	0.93
Eje Rio_H	10	T=500 años	1592.20	543.70	546.99	546.99	548.17	0.007584	5.21	353.78	143.44	0.93
Eje Rio_H	0	T=500 años	1592.20	543.50	546.75	546.75	547.95	0.007763	5.25	348.35	139.33	0.95

Fuente. Elaboración Propia.

De toda la data obtenida, se determina los cuadros resúmenes de las principales características hidráulicas como velocidad, tirantes, entre otros; para los TR utilizados (T=140 años y T=500 años). Obteniendo como resultados que para el T=140 años, se tiene un caudal de 1331.40 m<sup>3</sup>/s, una velocidad promedio de 1.99 m/s y un tirante máximo de 5.51 m. Por otro lado, se tiene que para el T= 500 años, se tiene un caudal de 1592.20 m<sup>3</sup>/s, una velocidad promedio de 2.05 m/s y un tirante máximo de 6.08 m<sup>3</sup>/s.

**Tabla 18.** Resumen características hidráulicas de la sección del puente para  $T=140$  años.

E.G. Elev (m)	553.20	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.23	Wt. n-Val.	0.040	0.036	0.040
W.S. Elev (m)	552.97	Reach Len. (m)	9.09	10.00	10.67
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	150.87	475.47	41.91
E.G. Slope (m/m)	0.000870	Area (m2)	150.87	475.47	41.91
Q Total (m3/s)	1331.40	Flow (m3/s)	217.35	1077.19	36.87
Top Width (m)	186.39	Top Width (m)	52.44	103.32	30.63
Vel Total (m/s)	1.99	Avg. Vel. (m/s)	1.44	2.27	0.88
Max Chl Dpth (m)	5.51	Hydr. Depth (m)	2.88	4.60	1.37
Conv. Total (m3/s)	45148.6	Conv. (m3/s)	7370.3	36528.0	1250.2
Length Wtd. (m)	9.86	Wetted Per. (m)	55.23	103.37	32.15
Min Ch El (m)	547.46	Shear (N/m2)	23.29	39.22	11.12
Alpha	1.14	Stream Power (N/m s)	33.56	88.86	9.78
Frctn Loss (m)	0.01	Cum Volume (1000 m3)	15.20	58.37	14.15
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	10.44	19.62	9.88

Fuente. Elaboración Propia.

**Tabla 19.** Resumen características hidráulicas de la sección del puente para  $T=500$  años.

E.G. Elev (m)	553.79	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.24	Wt. n-Val.	0.040	0.036	0.040
W.S. Elev (m)	553.54	Reach Len. (m)	9.09	10.00	10.67
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	181.01	534.84	61.98
E.G. Slope (m/m)	0.000797	Area (m2)	181.01	534.84	61.98
Q Total (m3/s)	1592.20	Flow (m3/s)	279.96	1254.83	57.41
Top Width (m)	195.45	Top Width (m)	52.44	103.32	39.69
Vel Total (m/s)	2.05	Avg. Vel. (m/s)	1.55	2.35	0.93
Max Chl Dpth (m)	6.08	Hydr. Depth (m)	3.45	5.18	1.56
Conv. Total (m3/s)	56390.7	Conv. (m3/s)	9915.2	44442.1	2033.4
Length Wtd. (m)	9.86	Wetted Per. (m)	55.81	103.37	41.22
Min Ch El (m)	547.46	Shear (N/m2)	25.36	40.45	11.75
Alpha	1.14	Stream Power (N/m s)	39.22	94.90	10.89
Frctn Loss (m)	0.01	Cum Volume (1000 m3)	17.94	63.65	16.74
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	10.45	19.62	10.24

Fuente. Elaboración Propia.

A continuación, se muestran las secciones generadas cada 10 metros, respecto a sus velocidades de flujo, en la simulación hidráulica para un caudal TR=140 años por ser el que sirve para la verificación de Luz Libre:

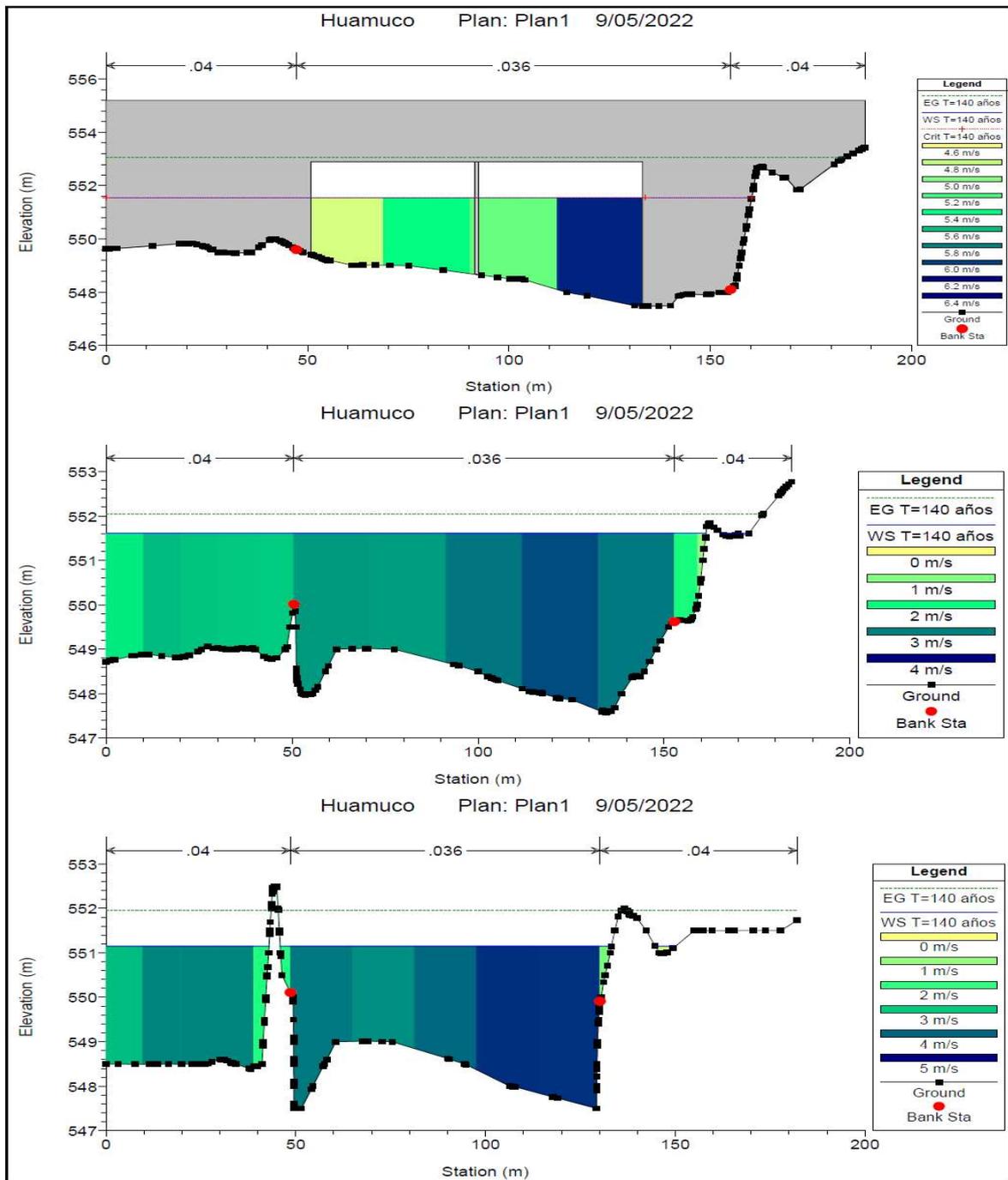
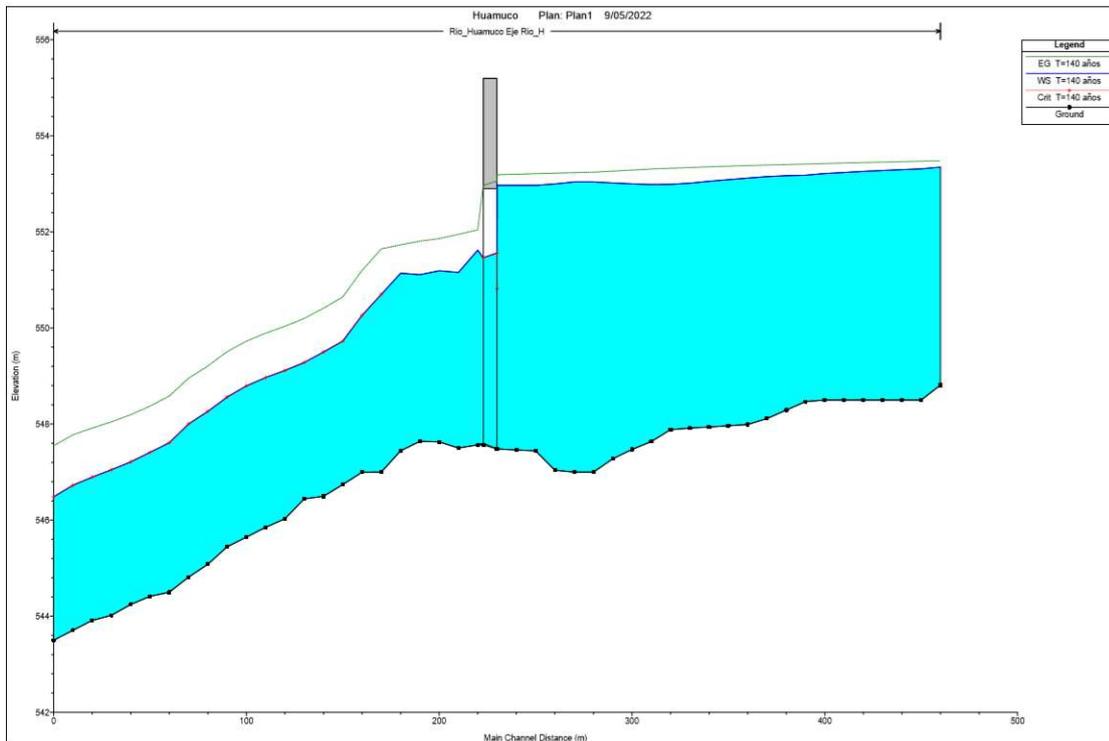


Figura 31. Secciones cada 10 metros para T=140 años

## Secciones Longitudinales

Una vez realizado el modelamiento hidráulico, se puede determinar los perfiles longitudinales, con factores como la pendiente del cauce, tirantes de agua y límites de defensa.

En la siguiente figura se puede apreciar el perfil longitudinal del Caudal que corresponde al TR=140 años, y los resultados hidráulicos en el eje del río.



*Figura 32. Perfil Longitudinal del río Huamuco. Período de retorno de 140 años.*

Asimismo, en la siguiente figura se puede apreciar el perfil longitudinal del Caudal que corresponde al TR=500 años, y los resultados hidráulicos en el eje del río.

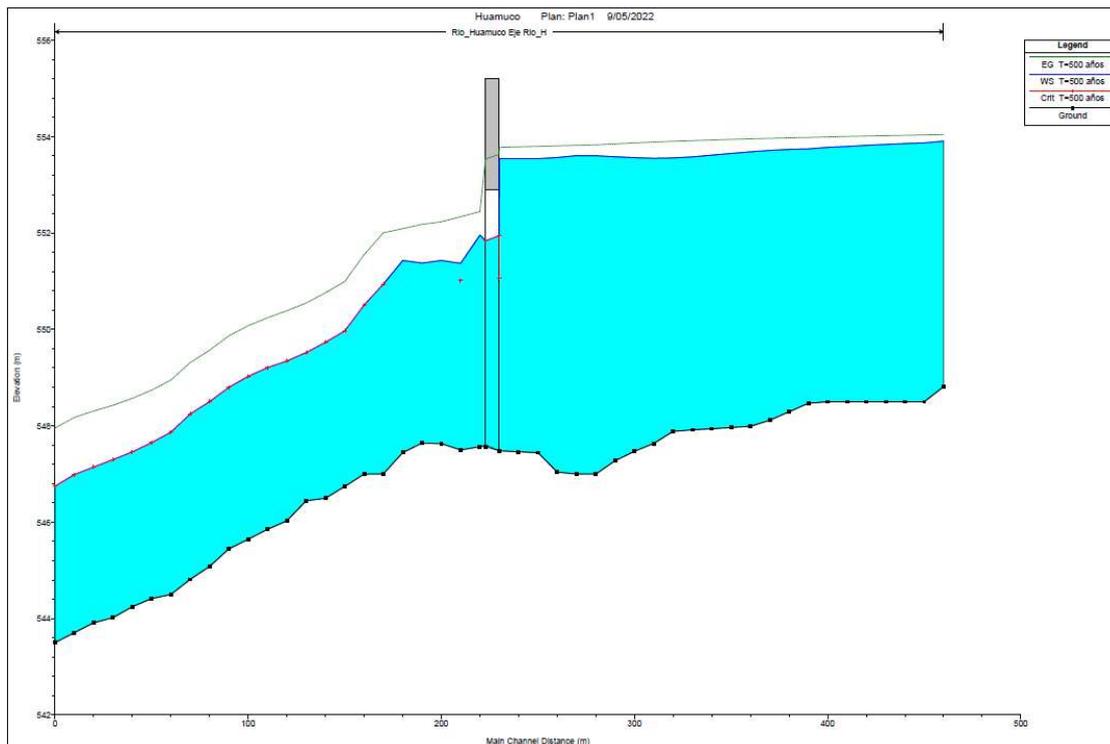


Figura 33. Perfil Longitudinal del río Huamuco. Período de retorno de 500 años.

### Vista Tridimensional del modelo Hidráulico del Puente

El software genera una vista 3D, que permite observar EL estudio y la geometría del cauce a detalle. También se aprecia el tirante de agua de cada sección del tramo para los TR= 140 y 500 años.

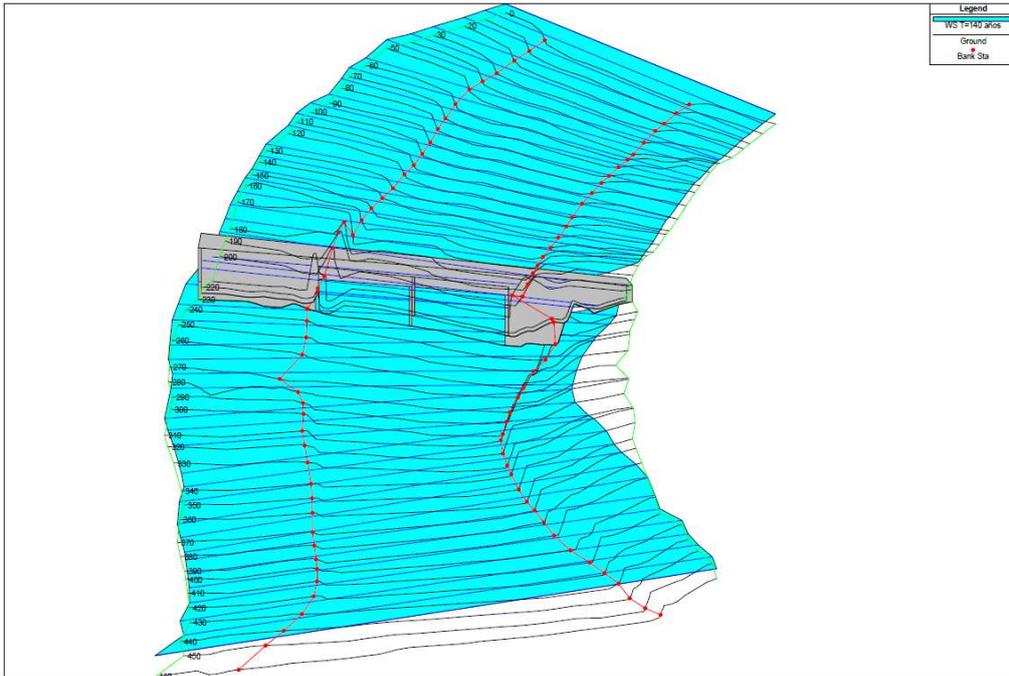


Figura 34. Vista 3D con un período de retorno de 140 años.

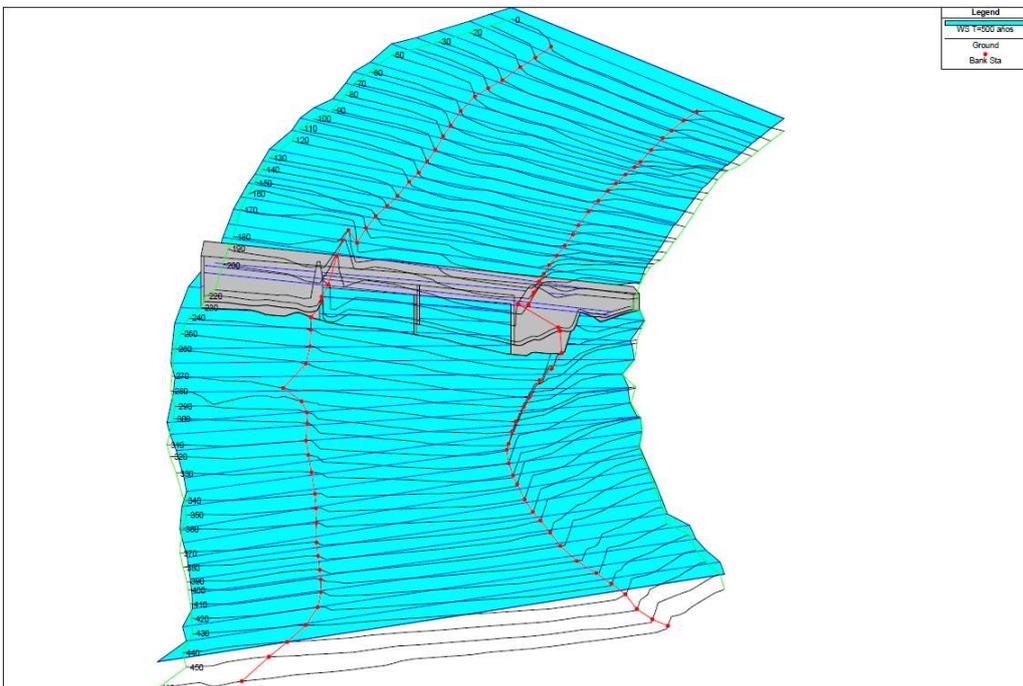


Figura 35. Vista 3D con un período de retorno de 500 años.

## Responde al objetivo específico iv

### Estudio de impacto ambiental

Con el estudio de impacto ambiental se pueden determinar las medidas necesarias para evitar o reducir el daño ambiental en el proyecto.

### Descripción de las actividades del proyecto que causen impacto Ambiental

Las actividades que causan un impacto ambiental negativo en la construcción del puente ubicado en el lugar de estudio son las siguientes:

**Tabla 20.** *Lista de actividades que causan un impacto ambiental negativo*

<b>Actividades</b>
Movilizar y desmovilizar de materiales y equipos
Excavar y Cortar
Explotar de cantera
Transporte de agregados
Movilizar, desmovilizar de materiales y equipos
Explotar de cantera de Canto Rodado
Extraer y Acarreo de material de cantera
Desvió de aguas durante las obras
Campamento - Almacén
Roce y Limpieza
Campamento y obras de arte
Roce y Limpieza
Operación de la obra
Construcción de muros de defensa ribereña
Campamento
Extraer y traslado de material de cantera
Ejecución de la obra - operación de la obra

Fuente. Elaboración Propia.

## Indicadores para evaluar las alteraciones de los elementos ambientales

Los indicadores detallan componentes y elementos que se encuentran deteriorados, alterados, con pérdidas y que son perjudiciales para la salud.

Tabla 21. Indicadores

Sistema	Componente	Elemento
Físico	Aire	Partículas
		Niveles sonoros
		Gases
	Agua	Sólidos en Suspensión
	Suelo	Contaminación
Biótico	Flora	Población
	Fauna	Migración
	Economía	Empleo
	Salud	Salubridad
Socioeconómico		Riesgo
	Identidad	Arraigo

Fuente. Elaboración Propia.

## Matriz de Leopold

La matriz de Leopold representa la identificación de los efectos del proyecto de investigación sobre un aspecto específico del entorno, con una "x" que indica el cuadro donde ocurre la interacción.

Tabla 22. Matriz de Leopold de la zona de estudio

SISTEMA	FÍSICO									BIOTICO		SOCIOECONOMICO				
	AIRE			AGUA			SUELO			FLORA	FAUNA	ECONOMIA		SALUD		IDENTIDAD
Elemento	Partículas	Ruido	Gases	Sólidos en suspensión	Contaminación	Dinámica Fluvial	Compactación	Erosión (Laminar)	Contaminación	Población	Migración	Incremento del PBI	Empleo	Salubridad	Riesgo	Arraigo
Obras Provisionales								X	X	X			X	X		
Trabajos Preliminares								X	X	X			X	X		
Movimiento de Tierras	X			X	X		X	X								
Muros de Concreto Ciclopeo	X	X	X	X	X		X	X		X						
Acciones Inotrópicas									X							
Operación de la Obra								X								

Fuente. Elaboración Propia.

## Calificación ambiental en base a la significancia de impacto Ambiental

En la tabla se muestra la importancia que toma el impacto ambiental en el lugar de estudio si los daños van desde leves hasta fuertes.

**Tabla 23. Significancia Ambiental**

SISTEMAS	COMPONENTE	ELEMENTO	ACTIVIDAD	VALORES	SIGNIFICANCIA AMBIENTAL	
FÍSICO	AIRE	PARTÍCULAS	Movilizar y Desmovilizar de Materiales y Equipos	0.18	Impactos muy leves	
			Excavar y Corte	0.27		
			Explotación de Cantera	0.45		
	AIRE	RUIDOS	Transporte de Agregados	0.17	Impacto LS	
			Movilizar y Desmovilizar de Materiales y Equipos	0.24		
			Explotación de Cantera	0.48		
	AIRE	GASES	Movilización y Desmovilizar de Materiales y Equipos	0.16	Impactos muy leves	
			Explotación y Transporte de Agregados e Insumos	0.47		
			Transporte de Material de Cantera	0.17		
	AIRE	AGUA	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	Excavar y Cortar	0.19	Impactos muy leves
			CONTAMINACIÓN	Extraer y Acarrear de Material de Cantera.	0.21	
				Acarrear Material y Extraer de Cantera de Río	0.35	
AIRE	AGUA	DINÁMICA FLUVIAL	Acarrear de Material y Extraer de Cantera de Río	0.30	Impactos leves	
		SUELO	COMPACTACIÓN	Movilizar y Desmovilizar de Materiales y Equipos		0.46
			CONTAMINACIÓN	Campamento		0.44
BIÓTICO	FLORA	POBLACIÓN	Limpiar y Roce	0.32	Impactos Leves	
		FAUNA	MIGRACIÓN	Obras de Arte, Campamento, etc.		0.40
			ECONOMÍA	ROCE Y LIMPIEZA		Roce y limpieza
SOCIOECONÓMICO	ECONOMÍA	COSTO DE VIDA	Operación de la Obra	0.23	impactos Leves	
		EMPLEO	Construcción del Establecimiento de Salud y Residencia del Personal de Salud	0.23		
	SALUD	SALUBRIDAD	Campamento	0.55	Impacto Severo	
		RIESGO	Extraer y trasladar de Material de Cantera	0.45		
	IDENTIDAD	ARRAIGO	Ejecución y operación de Obra	0.23	Impactos Leves	

Fuente. Elaboración Propia.

## Calificación ambiental en base a la magnitud de impacto Ambiental

En la tabla se muestra la magnitud del problema desde una perspectiva cuantitativa en la zona estudio.

**Tabla 24.** Magnitud de Impacto Ambiental

SISTEMAS	COMPONENTE	ELEMENTO	ACTIVIDAD	VALORES	MAGNITUD	
<b>FÍSICO</b>	<b>AIRE</b>	PARTÍCULAS	Movilizar y Desmovilizar de Materiales y Equipos	0.19	Muy leve	
			Excavar y Cortar	0.46	Leve	
			Explotar de Cantera	0.60	Moderada	
		RUIDOS	Transporte de Agregados			
			Movilizar y Desmovilizar de Materiales y Equipos	0.50	Moderada	
			Explotar de Cantera	0.30	Leve	
		GASES	Movilizar y Desmovilizar de Materiales y Equipos	0.30	Leve	
			Explotar y Transporte de Agregados e Insumos	0.40	Leve	
			Transporte de Material de Cantera	0.51	Moderada	
		<b>AGUA</b>	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	Excavar y Cortar	0.60	Moderada
			CONTAMINACIÓN	Extraer y Acarrear de Material de Cantera.	0.40	Leve
			DINÁMICA FLUVIAL	Acarrear de Material y Extraer de Cantera de Río	0.70	Fuerte
		<b>SUELO</b>	COMPACTACIÓN	Acarrear de Material y Extraer de Cantera de Río	0.53	Moderada
			CONTAMINACIÓN	Movilizar y Desmovilizar de Materiales y Equipos	0.30	Leve
			POBLACIÓN	Campamento	0.80	Fuerte
<b>BIÓTICO</b>	<b>FLORA</b>	POBLACIÓN	Limpiar y Roce	0.72	Moderada	
			Obras de Arte, Campamento, etc.	0.60	Moderada	
			Roce y limpieza	0.63	Fuerte	
<b>SOCIOECONÓMICO</b>	<b>FAUNA ECONOMÍA</b>	MIGRACIÓN	Operación de la Obra	0.40	Moderado	
		COSTO DE VIDA EMPLEO	Construcción del Establecimiento de Salud y Residencia del Personal de Salud	0.40	Moderado	
		SALUD	Campamento	0.80	Grave	
	<b>IDENTIDAD</b>	ARRAIGO	Extraer y traslado de Material de Cantera	0.59	Moderada	
			Ejecución y operación de Obra	0.7	Fuerte	

Fuente. Elaboración Propia.

## Calificación ambiental en base a la mitigabilidad del impacto ambiental.

En esta tabla se muestra el nivel que se puede mitigar o reducir el daño que han causado estas actividades en la zona de estudio.

**Tabla 25.** *Mitigación del Impacto Ambiental.*

SISTEMAS	COMPONENTE	ELEMENTO	ACTIVIDAD	VALORES	MITIGABILIDAD	
<b>FÍSICO</b>	<b>AIRE</b>	PARTÍCULAS	Movilizar y Desmovilizar de	0.83	Poco mitigable	
			Materiales y Equipos	1.00	No mitigable	
			Excavar y Cortar	0.83	Poco mitigable	
				Explotar de Cantera	0.83	Poco mitigable
				Transporte de Agregados		
				Movilizar y Desmovilizar de	0.70	Medio mitigable
		RUIDOS		Materiales y Equipos	0.81	Poco mitigable
				Explotar de Cantera		
				Movilizar y Desmovilizar de	0.70	Medio mitigable
		GASES		Materiales y Equipos	0.81	Poco mitigable
				Explotar y Transporte de	0.82	Poco mitigable
				Agregados e Insumos		
		AGUA	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	Transporte de Material de Cantera		
				Excavar y Cortar	0.70	Medio mitigable
				Extraer y Acarrear de Material de Cantera.	0.90	Poco mitigable
		CONTAMINACIÓN	Acarrear de Material y	0.80	Medio mitigable	
			Extraer de Cantera de Río			
			DINÁMICA FLUVIAL	0.40	Leve	
	SUELO	COMPACTACIÓN	Acarrear de Material y			
			Extraer de Cantera de Río			
			Movilizar y Desmovilizar de	0.90	Poco mitigable	
<b>BIÓTICO</b>	FLORA	CONTAMINACIÓN POBLACIÓN	Materiales y Equipos			
			Campamento	0.80	Medio mitigable	
			Limpiar y Roce	0.6	Medio mitigable	
<b>SOCIOECONÓMICO</b>	FAUNA ECONOMÍA	MIGRACIÓN COSTO DE VIDA EMPLEO	Obras de Arte, Campamento, etc.	0.6	Medio Mitigable	
			Roce y limpieza	0.8	Poco mitigable	
			Operación de la Obra	0.53	Medio mitigable	
	SALUD	SALUBRIDAD RIESGO	Construcción del Establecimiento de Salud y Residencia del Personal de Salud	0.52	Medio mitigable	
			Campamento	0.80	Medio mitigable	
			Extraer y traslado de Material de Cantera	0.80	Medio mitigable	
	IDENTIDAD	ARRAIGO	Ejecución y operación de Obra	0.8	Medio mitigable	

Fuente. Elaboración Propia.

## Calificación ambiental en base a la velocidad del impacto ambiental

En esta tabla se muestra la velocidad del impacto ambiental si es inmediato o no.

Tabla 26. Velocidad del Impacto Ambiental.

SISTEMAS	COMPONENTE	ELEMENTO	ACTIVIDAD	VALORES	VELOCIDAD	
FÍSICO	AIRE	PARTÍCULAS	Movilizar y	0.23	Muy rápida	
			Desmovilizar de	0.80	Rápida	
			Materiales y Equipos	0.80	Rápida	
			Excavar y Cortar	0.75	Rápida	
			Explotar Cantera			
		Transporte de				
		Agregados				
		RUIDOS	Movilizar y	0.75	Rápida	
			Desmovilizar de	0.82	Muy rápida	
			Materiales y Equipos			
			Explotar Cantera			
			Movilizar y	0.75	Rápida	
		GASES	Desmovilizar de	0.85	Rápida	
			Materiales y Equipos	0.80	Rápida	
			Explotar y Transporte de Agregados e Insumos			
Transporte de Material de Cantera						
AGUA	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN		Excavar y Cortar	0.70	Rápida	
		Extraer y Acarrear de Material de Cantera.	0.79	Rápida		
	CONTAMINACIÓN DINÁMICA FLUVIAL	Acarrear de Material y Extraer de Cantera de Río	0.70	Rápida		
		Acarrear de Material y Extraer de Cantera de Río	0.70	Rápida		
SUELO	COMPACTACIÓN	Movilizar y	0.85	Muy Rápida		
		Desmovilizar de				
BIÓTICO	FLORA	CONTAMINACIÓN	Campamento	0.60	Mediana	
		POBLACIÓN	Limpiar y Roce	0.90	Muy rápida	
			Obras de Arte, Campamento, etc.	0.80	Rápido	
		FAUNA	MIGRACIÓN	Roce y limpieza	0.8	Rápido
		SOCIOECONÓMICO	ECONOMÍA	COSTO DE VIDA	Operación de la Obra	0.41
EMPLEO	Construcción del Establecimiento de Salud y Residencia del Personal de Salud				0.43	Mediana
SALUD	SALUBRIDAD			Campamento	0.80	Rápida
				RIESGO	Extraer y traslado de Material de Cantera	0.80
IDENTIDAD	ARRAIGO	Ejecución y operación de Obra	0.60	Mediana		

Fuente. Elaboración Propia.

## Calificación ambiental en base a la duración del impacto ambiental

En esta tabla se muestra la recuperación que tendrá el lugar de estudio después del impacto ambiental.

**Tabla 27.** Duración del Impacto Ambiental

SISTEMAS	COMPONENTE	ELEMENTO	ACTIVIDAD	VALORES	DURACIÓN	
FÍSICO	AIRE	PARTÍCULAS	Movilizar y Desmovilizar de Materiales y Equipos	0.20	Muy corta	
			Excavar y Corte	0.50	Media	
			Explotar de Cantera	0.50	Media	
	Transporte de Agregados		0.20	Muy corta		
		RUIDOS	Movilizar y Desmovilizar de Materiales y Equipos	0.50	Media	
	Explotar de Cantera		0.60	Media		
		GASES	Movilizar y Desmovilizar de Materiales y Equipos	0.50	Media	
			Explotar y Transporte de Agregados e Insumos	0.60	Media	
			Transporte de Material de Cantera	0.20	Muy corta	
		AGUA	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	Excavar y Cortar	0.50	Media
			Extraer y Acarrear de Material de Cantera.	0.45	Media	
	CONTAMINACIÓN	Acarrear de Material y Extraer de Cantera de Río	0.70	Larga		
	DINÁMICA FLUVIAL	Acarrear de Material y Extraer de Cantera de Río	0.55	Media		
	SUELO	COMPACTACIÓN	Movilizar y Desmovilizar de Materiales y Equipos	1.00	Muy larga	
		CONTAMINACIÓN	Campamento	0.80	Larga	
BIÓTICO	FLORA	POBLACIÓN	Limpiar y Roce	0.80	Larga	
			Obras de Arte, Campamento, etc. Roce y limpieza	0.80	Larga	
SOCIOECONÓMICO	FAUNA	MIGRACIÓN	Operación de la Obra	0.80	Larga	
	ECONOMÍA	COSTO DE VIDA	Operación de la Obra	0.10	Muy corta	
		EMPLEO	Construcción del Establecimiento de Salud y Residencia del Personal de Salud	0.10	Muy corta	
	SALUD	SALUBRIDAD	Campamento	0.80	Larga	
		RIESGO	Extraer y traslado de Material de Cantera	0.80	Larga	
	IDENTIDAD	ARRAIGO	Ejecución y operación de Obra	0.80	Larga	

Fuente. Elaboración Propia.

## Medidas de manejo para reducir el impacto ambiental

En esta tabla se muestran las medidas de manejo propuestas para reducir el impacto ambiental.

**Tabla 28. Medidas de Manejo**

SISTEMAS	COMPONENTE	ELEMENTO	ACTIVIDAD	MEDIDAS DE MANEJO	
FÍSICO	AIRE	PARTÍCULAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Movilizar y Desmovilizar de Materiales y Equipos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema de riego del recorrido de maquinarias.</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Excavar y Corte de Canteras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema de riego del área de Excavar y Corte.</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Transporte de Agregados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Regando las áreas cortadas.</li> <li>Regando las áreas cortadas.</li> </ul>	
	AGUA	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	CONTAMINACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>Movilizar y Desmovilizar de Materiales y Equipos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema de mitigación sonora mediante un recorrido óptimo.</li> </ul>
				<ul style="list-style-type: none"> <li>Excavación y Transporte de Agregados e Insumos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>EPP's dado por mascarilla a todos los trabajadores.</li> </ul>
				<ul style="list-style-type: none"> <li>Transporte de Material de Cantera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>EPP's dado por mascarilla a todos los trabajadores.</li> <li>Regando las áreas cortadas</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Excavar y Corte</li> <li>Extraer y Acarreo de Material de Cantera.</li> </ul>	-	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Acarreo de Material y Extraer de Cantera de Río</li> </ul>	-	

		DINÁMICA FLUVIAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acarreo de Material y Extraer de Cantera de Río</li> </ul>	-
	<b>SUELO</b>	COMPACTACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>Movilizar y Desmovilizar de Materiales y Equipos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Charlas de capacitación</li> </ul>
		CONTAMINACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>Campamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Charlas sobre Normas de Comportamiento.</li> </ul>
<b>BIÓTICO</b>	<b>FLORA</b>	POBLACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limpiar y Roce</li> <li>Obras de Arte, Campamento, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>realizar la reforestación como ornamentación.</li> <li>realizar la reforestación como ornamentación.</li> </ul>
	<b>FAUNA</b>	MIGRACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>Roce y limpieza</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revegetar la zona rellenada luego de construir la obra</li> </ul>
<b>SOCIOECONÓMICO</b>	<b>ECONOMÍA</b>	COSTO DE VIDA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Operación de la Obra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Charlas sobre mantenimiento de la Obra.</li> </ul>
		EMPLEO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Construcción del Establecimiento de Salud y Residencia del</li> <li>Personal de Salud</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Charlas referido al mejoramiento de viviendas</li> </ul>
	<b>SALUD</b>	SALUBRIDAD	<ul style="list-style-type: none"> <li>Campamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programa de capacitación a los trabajadores y un programa de charlas informativas al Centro Educativo y la Comunidad</li> </ul>
		RIESGO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Extraer y traslado de Material de Cantera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programa de capacitación a los trabajadores de atención primaria.</li> </ul>
	<b>IDENTIDAD</b>	ARRAIGO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ejecución y operación de Obra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programa de capacitación a los trabajadores en relación a la Norma General de Comportamiento del Personal en Comunidades.</li> </ul>

Fuente. Elaboración Propia.

Los impactos más importantes se presentan en la etapa de construcción y en época de invierno de la zona, asimismo se considera una oportunidad de trabajo temporal en la obra, dado que habrá una mejora de seguridad y calidad de vida en la zona.

## Contrastación de la hipótesis

### -Análisis estadístico descriptivo

**Tabla 29.** Análisis estadístico del caudal: Pre Test vs Post Test

		Estadístico	Error estándar	
<b>Caudal Pre Test</b>	Media	1175.3979	89.98260	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	889.0331	
		Límite superior	1461.7627	
	Media recortada al 5%	1168.6665		
	Mediana	1114.8157		
	Varianza	32387.475		
	Desviación estándar	179.96521		
	Mínimo	1034.88		
	Máximo	1437.08		
	Rango	402.20		
	Rango intercuartil	315.79		
	Asimetría	1.648	1.014	
	Curtosis	2.842	2.619	
	<b>Caudal Post Test</b>	Media	1398.1000	70.13704
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	1174.8926	
		Límite superior	1621.3074	
Media recortada al 5%		1394.5389		
Mediana		1366.0500		
Varianza		19676.820		
Desviación estándar		140.27409		
Mínimo		1268.10		
Máximo		1592.20		
Rango		324.10		
Rango intercuartil		260.40		
Asimetría		1.164	1.014	
Curtosis		1.349	2.619	

Fuente. Elaboración Propia.

De acuerdo con la tabla 29 se evidencia e interpreta lo siguiente:

**Media:** En este caso la media del caudal pre test fue 1175.40 m<sup>3</sup>/s y post test fue 1398.10 m<sup>3</sup>/s donde se observa la mejora de la variable en 18.95%.

**Desviación estándar:** En este caso la desviación estándar del caudal pre test fue 179.96; mientras que la del post test fue de 140.27.

**Curtosis:** Respecto al valor para el caudal pre test fue 2.842 y para el post test fue de 1.349.

**Asimetría:** En este caso el valor para el caudal pre test fue 1.648; mientras que para el caudal post test fue de 1.164.

### -Análisis estadístico inferencial

En primera instancia, se realizó la prueba de hipótesis por medio de estadígrafos de comparación de medias, a fin de demostrar la mejora del indicador de caudal, para ello, fue necesario efectuar un análisis de normalidad a la muestra:

Kolmogorov Smirnov: Muestra mayor a 50

Shapiro Wilk: Muestra menor a 50

**Tabla 30.** Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Caudal Pre Test	.321	4	.	.841	4	.198
Caudal Post Test	.243	4	.	.930	4	.593

Fuente. Elaboración Propia.

En ese sentido, se pudo observar en la tabla 30 que el nivel de significancia o P-valor, tanto para el caudal pre test y post test es mayor a 0.05, por lo tanto, los datos de la muestra sí provienen de una distribución normal, es decir, son paramétricos.

En base a ello, como los datos de caudal del pre test y post test son paramétricos, se utilizó el estadígrafo T-Student:

**Tabla 31.** Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Caudal Pre Test	1175.3979	4	179.96521	89.98260
	Caudal Post Test	1398.1000	4	140.27409	70.13704

Fuente. Elaboración Propia.

De acuerdo con la tabla 31, la media del caudal para el pre test y post test fue de 1175.40 m<sup>3</sup>/s y 1398.10 m<sup>3</sup>/s respectivamente, así mismo, la desviación de error es menor en el post test con 70.137 respecto al pre test con 89.982.

**Tabla 32.** Correlaciones de muestras emparejadas

		N	Correlación	Significación	
				P de un factor	P de dos factores
Par 1	Caudal Pre Test Caudal Post Test	4	.989	.005	.011

Fuente. Elaboración Propia.

De acuerdo con la tabla 32, se verifica el nivel de correlación entre el pre test y post test de la dimensión caudal es 0,989. En ese sentido, se interpreta que la relación es positiva y muy alta.

**Tabla 33.** Prueba de muestras emparejadas.

		Diferencias emparejadas				t	gl	Sig.
		Media	Desv. Est.	Media de error estándar.	95% de intervalo de confianza de la diferencia Inferior			
Par 1	Caudal Pre Test Caudal Post Test	-222.70	46.142	23.0711	-296.12495	-9.653	3	.001

Fuente. Elaboración Propia.

En la tabla 33 se muestra la prueba T-Student, con un nivel de significancia o P-valor es de 0.001, el cual, es menor al valor del nivel alfa 0.05, por lo que, se rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis alterna. Es decir, el grado de vulnerabilidad hidráulica del río Huamuco es óptima en la construcción del puente en Río Huamuco, Santa Rosa, Distrito Alto Yanajanca, Huánuco

## V. DISCUSIÓN

Según lo encontrado en los estudios hidrológicos, se tiene que se han tomado 4 estaciones colindantes al lugar de estudio, las cuales son de Cachicoto, Aucayacu, Pomabamba y Tocache. La documentación Hidrometeorológica tomada de estas estaciones corresponde a registros de 24 horas. Las precipitaciones mostradas son desde el año 1964 hasta 2018 en diversos intervalos de tiempo. Antes de proceder a dar un tratamiento estadístico a la información, se realiza estudios hidrológicos de datos dudosos, para determinar los datos que se alejan de la información restante. Luego del análisis de datos dudosos, los registros de precipitaciones fueron analizados de forma estadística por medio de las distribuciones Normal, Gumbel, Log Normal, Pearson III y Log Pearson Tipo III, para luego ser ajustados con la prueba de Smirnov Kolmogorov. Los resultados determinaron que el registro de la estación Pomobamba y Tocache se ajusta con la distribución Pearson III, la estación Cachicoto con la distribución de Log Pearson Tipo III y la estación de Aucayacu se ajusta con la repartición Normal. De acuerdo a los resultados obtenidos por **Chalco y Cullanco** (2020), estos tienen relación a lo obtenido a la presente investigación debido a que calcularon sus caudales máximos de la estación Puente Huachipa por medio del Log-Pearson tipo III, por ser la que mejor presentó los datos estadísticos encontrados previamente. La distribución Log-Pearson tipo III, se emplea primordialmente para el análisis de probabilidades de eventos o sucesos extremos; en donde se transforman los valores extremos en logaritmos bajo una base 10, con la finalidad de aminorar la asimetría de la data en relación a los picos de inundación.

Respecto al análisis del modelado hidrológico simulado en el Hec-Hms para las subcuencas de interés (zona del puente proyectado); se obtuvo como resultados los caudales máximos para los TR de 100, 140, 200 y 500 años los valores dados en m<sup>3</sup>/s los cuales son 1268.1, 1331.40, 1400.70 y 1592.20. Los resultados obtenidos discrepan de lo encontrado por **Talledo y Noriega** (2019), dado que ellos determinaron en su estudio que los caudales máximos son 995.83m<sup>3</sup>/s, 1206.26m<sup>3</sup>/s y 1430.60m<sup>3</sup>/s; correspondiendo a los periodos de 25, 50 y 100 años respectivamente. Asimismo, discrepan con lo encontrado por **Chalco y Cullanco** (2020), dado que los resultados de esa investigación, en cuanto al estudio

hidrológico determinaron que los caudales máximos son 285.92 m<sup>3</sup>/s, 364.08 m<sup>3</sup>/s, 511.56 m<sup>3</sup>/s, 671.22 m<sup>3</sup>/s y 757.34 m<sup>3</sup>/s, por 10, 50, 100, 500 y 1000 años. Un estudio hidrológico hace empleo de métodos estadísticos para la interpretación y análisis de data pluviométrica, es decir, respecto a las precipitaciones, caudales, entre otros.

En relación al modelamiento hidráulico de la zona en estudio mediante el programa Hec-Ras, dicho parámetro permitió conocer las zonas críticas y con mayor posibilidad de inundación. Los resultados establecieron que se deben emplear el TR=140 años para verificar la luz libre del puente y el TR=de 500 años para la determinación de las profundidades de socavación. La sección transversal se realizó cada 10 metros; siendo la más representativa de 0+220.01 para el TR=140 años por ser la más cercana al puente que muestra de una mejor manera la estructura del cauce evaluando su vulnerabilidad en razón a los 3 tipos de perfiles de flujo. Obteniendo como resultados que para el T=140 años, se tiene un caudal de 1331.40 m<sup>3</sup>/s, una velocidad promedio de 1.99 m/s y un tirante máximo de 5.51 m. Por otro lado, se tiene que para el T= 500 años, se da la presencia de un caudal de 1592.20 m<sup>3</sup>/s, una velocidad promedio de 2.05 m/s y un tirante máximo de 6.08 m<sup>3</sup>/s. En base a lo obtenido en la presente investigación, se discrepa con lo encontrado por **Talledo y Noriega** (2019), dado que ellos determinaron que las secciones transversales fueron generadas cada 10 m; siendo la más representativa la distancia de 0+395, para los TR de 25, 50 y 100 años por ser la más cercana al puente que muestra de una mejor manera la estructura del cauce evaluando su vulnerabilidad en razón a los 3 tipos de perfiles de flujo. Obteniendo como resultados que para el T=25 años, se tiene un caudal de 995.83 m<sup>3</sup>/s, una velocidad total de 2.94 m/s y un tirante máximo de la estructura de cruce de 8.10 m.; el cual resulta menor que el tirante que pasa por la sección del puente. Por otro lado, se tiene que para el TR de 50 años, se da la presencia de un caudal de 1206.26 m<sup>3</sup>/s, una velocidad total de 2.94 m/s y un tirante máximo de la estructura de cauce de 8.66 m<sup>3</sup>/s; el cual resulta menor que el tirante que va por la sección del puente. Aparte de ello, se tiene que para el T= 100 años, se da la presencia de un caudal de 1430.60 m<sup>3</sup>/s, una velocidad total de 3.01 m/s y un tirante máximo de la estructura de cauce de 9.22 m<sup>3</sup>/s; el cual resulta menor que el tirante que pasa por la sección del puente. Asimismo, se discrepa con lo encontrado por **Chalco y**

**Cullanco** (2020), dado que ellos determinaron que las zonas en peligro de inundación, siendo en ese caso las secciones: 0 + 200 km; 0 + 460 km; 0 + 660 km; 1 + 510 km km las que presentan vulnerabilidad de desborde de río con unas áreas de inundación de 37.3; 40.0; 43.1y 51.5 hectáreas, para los TR de 10,50, 500 y 1000 años. El modelamiento hidráulico se realizó en el programa HEC- RAS (Hydrologic Engineering Center), dado que dicho software permite simular los flujos de los cauces artificiales y cauces naturales, para poder determinar el nivel de agua y por consiguiente la determinación de las áreas o zonas vulnerables a inundación. Por tanto, es una herramienta muy significativa, dado que te permite realizar estudios de inundabilidad de la zona de estudio donde se encuentra la cuenca.

Con respecto a los impactos ambientales que se generarían a partir de la construcción del puente analizado en el presente proyecto (principalmente en la época invernal), se ha podido determinar que en el sistema físico, las partidas que más generarían un potencial impacto en el componente aire y agua serían los movimientos de tierras y la elaboración de muros de concreto ciclópeo; por el hecho de la generación de partículas en suspensión y de gases, el ruido de la maquinaria, los sólidos en suspensión y la contaminación del agua al momento de ejecutar dichas actividades. El componente suelo sería el que más se vería afectado por el hecho de que influirían la mayoría de partidas a ejecutar como las obras provisionales, trabajos preliminares, movimiento de tierras y elaboración de muros de concreto ciclópeo se ven influenciados por la erosión principalmente. La flora se ve afectada por la generación y acumulación de residuos a partir de las partidas elaboradas para la construcción de esta infraestructura, así como por la presencia de población cercana al proyecto de estudio, lo cual conlleva un riesgo por la posible acumulación de dichos residuos cerca al cauce del río. Por otra parte, en el aspecto socioeconómico, el desarrollo de este proyecto conlleva a potenciales oportunidades de trabajo temporal en obra y también la calidad de vida de los pobladores se vería mejorada. De acuerdo a **Chalco y Cullanco** (2020), sus resultados obtenidos guardan relación ya que en el río Rímac se presentan áreas vulnerables a inundaciones donde se ubica una gran cantidad de viviendas, así como también áreas que cuentan potencialidades de valor agrícola, alta demanda

de viviendas; nuevas viviendas y pobladores se afirman en los márgenes del río, aumentando de este modo impactos por inundaciones y pérdidas de vidas humanas y económicas. Asimismo, los resultados coinciden con lo obtenido por **Mitoulis et al.** (2019), debido a que ellos consideran que los peligros hidráulicos críticos para los puentes son la socavación, los impactos de escombros y las fuerzas hidráulicas. La fuente fundamental de riesgo en los tres casos anteriores es el potencial de condiciones de flujo que exceden la capacidad del puente. De igual forma, se coincide con lo obtenido por **Tanasic y Hajdin** (2018), dado que mencionan que la eliminación del soporte del suelo en las subestructuras del puente debido a la socavación local puede conducir eventualmente a daños o colapso estructural. La socavación local, surge debido a una concentración local de turbulencia generada por las estructuras. que obstruyen y dividen el flujo (por ejemplo, pilares y pilares de puentes); es decir, ocurre alrededor de estas estructuras debido al limitado rango de influencia que tienen sobre el caudal del río.

## **VI. CONCLUSIONES**

### **Responde al objetivo específico i**

Se realizó los estudios hidrológicos, donde se tomó 4 estaciones colindantes al lugar de estudio, las cuales son de Cachicoto, Aucayacu, Pomabamba y Tocache. Los registros de precipitaciones fueron analizados de forma estadística por medio de las distribuciones Normal, Gumbel, Log Normal, Pearson III y Log Pearson Tipo III, para luego ser ajustados con la prueba de Smirnov Kolmogorov. Donde se determinó que el registro de la estación Pomobamba y Tocache se ajusta con la distribución Pearson III, la estación Cachicoto con la distribución de Log Pearson Tipo III y la estación de Aucayacu se ajusta con la distribución Normal.

### **Responde al objetivo específico ii**

Se determinó que los caudales máximos para los TR de 100,140, 200 y 500 años fueron los valores 1268.1 m<sup>3</sup>/s, 1331.40 m<sup>3</sup>/s, 1400.70 m<sup>3</sup>/s y 1592.20 m<sup>3</sup>/s respectivamente.

### **Responde al objetivo específico iii**

Se realizó el modelamiento hidráulico donde se determinó que las secciones transversales fueran generadas cada 10 metros; siendo la más representativa la progresiva 0+220.01 para el TR de 140 años por ser la más cercana al puente que muestra de una mejor manera la estructura del cauce evaluando su vulnerabilidad en razón a los 3 tipos de perfiles de flujo. Dentro de ello, se obtuvo que para el T=140 años, se tiene un caudal de 1331.40 m<sup>3</sup>/s, una velocidad promedio de 1.99 m/s y un tirante máximo de 5.51 m. Por otro lado, se tiene que para el T= 500 años, se tiene un caudal de 1592.20 m<sup>3</sup>/s, una velocidad promedio de 2.05 m/s y un tirante máximo de 6.08 m<sup>3</sup>/s. Asimismo, se definió que el TR de 140 años sirvió para verificar luz libre y el período de retorno de T=500 años para la determinación de socavación.

### **Responde al objetivo específico iv**

Se determinó que los impactos más importantes que se presentan en la etapa de construcción (principalmente en la época invernal) corresponden a los factores de suelo y de aspecto socioeconómico, siendo el primero afectado por ejecución de las partidas del proyecto manifestando en gran medida por la erosión ocasionada y el segundo conllevando a potenciales oportunidades de trabajo temporal en obra y también que la calidad de vida de los pobladores se vería mejorada.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda el empleo de forma integrada de sistemas de información geográficos que permitan la división de la cuenca en distintas subcuencas, así como el desarrollo de mapas enfocados a la vegetación, suelos, usos de suelo, entre otros; de la zona, para la obtención de los factores que serán utilizados por el modelo.

Para llevar a cabo el análisis hidrológico que permita la obtención de los caudales, se recomienda tener datos históricos de dichos parámetros que permitan comparar los datos obtenidos, y con ello, no obtener datos de caudales que sean sobredimensionados.

El programa HEC-RAS emplea distintas simplificaciones e hipótesis, siendo necesario que su empleabilidad sea de forma cuidadosa, toda vez que, si bien se obtienen resultados de su utilidad, estos no pueden ir acorde a la realidad. Para la modelación de cualquier tipo de obra de arte o sistema hidráulico, resulta trascendente colocar información adecuada y de calidad con relación a los factores geométricos y de las condiciones y limitaciones de la frontera.

Se recomienda que la población cercana al cauce del río evite desechar residuos sólidos de cualquier tipo dado que ello traería daños a la larga.

## REFERENCIAS

**Autoridad Nacional del Agua. 2017.** Autoridad para la Reconstrucción con Cambios coordin acciones en Ica. *Fuente de ANA*. [En línea] 19 de Junio de 2017. <https://bit.ly/3GdGY30>.

**Chalco, Johan y Cullanco, Mary. 2020.** *Determinación de zonas vulnerables a inundaciones en el tramo puente Huachipa - La Atarjea del Río Rímac, Distrito Lurigancho - Chosica para la mitigación de desastres*. Lima : Universidad San Ignacio de Loyola, 2020.

**COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ. 2018.** *Código de Ética del Colegio de Ingenieros del Perú*. Lima : CIP, 2018.

*El tamaño de la muestra ¿cuántos participantes son necesarios en estudios cualitativos?* **Ventura, Jose y Barboza, Miguel. 2017.** 3, 2017, Revista cubana de informacion en ciencias de la salud, Vol. 28.

*Flood-fragility analysis of instream bridges – consideration of flow hydraulics, geotechnical uncertainties, and variable scour depth.* **Ahamed, Touhid, Duan, Jennifer y Jo, Hongki. 2020.** 2020, Structure and Infrastructure Engineering.

**Flores, David. 2017.** *Vulnerabilidad de estructuras de puentes en zonas de gran influencia de ciclones tropicales*. México : Universidad Nacional Autónoma de México, 2017.

**Google Earh. 2018.** Google Earth. [En línea] 2018. <https://bit.ly/3ySelGV>.

**Hernandez, Roberto y Mendoza, Christan. 2018.** *Metodología de la investigación de las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mexico : Mc Graw Hill, 2018.

**Hernández, R, Fernández, C y Baptista, P. 2017.** *Metodología de la investigación*. México : McGraw Hill, 2017.

*Identifying Characteristics of Bridges Vulnerable to Hydraulic Hazards Using Bridge Failure Data.* **Wirkijowsk, Dominic y Moon, Franklin. 2020.** 2020, Journal of Performance of Constructed Facilities.

*Importancia del mantenimiento preventivo de puentes en el Perú.* **Pecho, Yonel. 2017.** Lima : s.n., 2017. I Congreso Internacional de Ingeniería y Dirección de Proyectos III Congreso Regional IPMA – LATNET. págs. 37-48.

**López, Ilich. 2018.** *Diseño hidráulico y estructural del encauzamiento y defensa ribereñas en el río Virú, tramo Zaraqe - puente Virú.* Trujillo : Universidad César Vallejo, 2018.

*Management of bridges with shallow foundations exposed to local scour.* **Tanasic, Nikola y Hajdin, Rade. 2018.** 2018, Structure and Infrastructure Engineering.

**Meza, Yahaira. 2019.** *Diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña del río Tarma en el sector de Santo Domingo - Palca - Tarma.* Tarma : Universidad Católica Sedes Sapientiae, 2019.

*Modelado y Predicción del Fenómeno El Niño en Piura, Perú mediante Redes Neuronales Artificiales usando Matlab.* **Jiménez, Miguel, Gutiérrez, Flabio y Celi, Jorge. 2018.** 2018, Información tecnológica.

**MTC. 2018.** Sistema Nacional de Carreteras SINAC . *Gob.pe.* [En línea] 2018. <http://sijv.mtc.gob.pe/>.

**Ñaupas, Humberto, y otros. 2018.** *Metodología de la Investigación.* Lima : Ediciones de la U, 2018.

**Ñaupas, Humberto, y otros. 2018.** *Metodología de la investigación cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis.* Bogota : Ediciones U, 2018.

*Optimización de puentes pretensados mediante la metodología de la superficie de respuesta.* **Penadés, Vicent, Yepes, Victor y Kripka, Moacir. 2019.** Valencia : Revista Ciateg, 2019, CIATEC, págs. 1-14.

**Organización Mundial de la Salud. 2021.** Contaminación del Aire Ambiente . *Página Oficial de la OMS.* [En línea] 22 de septiembre de 2021. <https://bit.ly/3yX0IX8>.

*Risk and resilience of bridgeworks exposed to hydraulic hazards.* **Mitoulis, Stergios , Argyroudis, Sotirios y Lamb, Rob. 2019.** 2019, The Evolving Metropolis.

*Simulating hydraulic interdependence between bridges along a river corridor under transient flood conditions.* **Trueheart, Matthew, y otros. 2019.** 2019, Science of the Total Environment, págs. 1-55.

*Strength, Hydraulic, and Microstructural Characteristics of Expansive Soils Incorporating Marble Dust and Rice Husk Ash.* **Jalal, Fazal E., y otros. 2021.** 2021, Advances in Civil Engineering.

**Talledo, Ingrid y Noriega, Antony. 2019.** *Vulnerabilidad de la selección hidráulica del puente Bolsico para soportar caudales de crecidas extraordinarias del rio Zarumilla.* Tumbes : Universidad Nacional de Tumbes, 2019.

*The Science behind Scour at Bridge Foundations: A Review.* **Pizarro, Alonso, Salvatore, Manfreda y Tubaldi, Enrico. 2020.** 2020, water.

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO. 2020.** *Código de ética de la Universidad César Vallejo.* Lima : UCV, 2020.

**Vera, Jaime, Castaño, Rafael y Torres, Yenny. 2018.** *Fundamentos de metodología de la investigación científica.* Guayaquil : Compas, 2018.

*Vulnerability of bridges to individual and multiple hazards- floods and earthquakes.* **Argyroudis, Sotirios A. y Aristoteles, Stergio. 2021.** 2021, Reliability Engineering and System Safety.

## ANEXOS

### ANEXO 01. Matriz de operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	DIMENSIONES	ESCALA DE MEDICIÓN	
Variable Independiente Vulnerabilidad Hidráulica	La vulnerabilidad hidráulica son aquellos peligros hidráulicos críticos para los puentes son la socavación, los impactos de escombros y las fuerzas hidráulicas. (Mitoulis, et al. 2019)	Permite identificar los principales peligros que posee un sistema hídrico y que puede afectar a estructuras como puentes.	Caudales Máximos	Precipitaciones Máximas	Razón	
				Estudios Hidrológico	Periodos máximos de retorno	Razón
					Análisis estadístico de Datos Hidrológicos	Razón
				Modelamiento Hidráulico	Softwares HECRAS-IBER	Razón
Variable Dependiente Construcción del Puente	El puente es una infraestructura que comunica diferentes sectores o territorios. (Penadés et al., 2019)	Permite acotar la distancia entre sectores.	Expediente Técnico	Planos y estudio de impacto Ambiental	Razón	

## ANEXO 02. Matriz de consistencia

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES
<b>PREGUNTA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>				Precipitaciones Máximas
¿Cuál es el grado de vulnerabilidad hidráulica para la construcción del puente en río Huamuco, Santa Rosa, distrito Alto Yanajanca, ¿Huánuco?	Determinar el grado de vulnerabilidad hidráulica para la construcción del puente en Río Huamuco, Santa Rosa, Distrito Alto Yanajanca Huánuco	El grado de vulnerabilidad hidráulica del río Huamuco permitirá eficiencia en la construcción del puente en Río Huamuco, Santa Rosa, Distrito Alto Yanajanca, Huánuco	variable independiente: Vulnerabilidad Hidráulica	Estudios Hidrológicos	Periodos máximos de retorno
<b>PREGUNTAS ESPECÍFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>				Análisis estadístico de Datos Hidrológicos
i) ¿Cómo realizar los estudios hidrológicos de la cuenca del Río Huamuco para la construcción del Puente en Río Huamuco, Santa Rosa, Distrito Alto Yanajanca, ¿Huánuco?	i) Realizar estudios hidrológicos de la cuenca del Río Huamuco ii) Determinar los caudales máximos con periodos de retorno de 100, 140, 200, y 500 años			Caudales Máximos	Softwares HECRAS- IBER
ii) ¿Cuáles son los caudales máximos con periodos de retorno de 100, 140, 200 y 500 años para la construcción del Puente en Río	iii) Realizar el modelamiento hidráulico de la zona en estudio con software aplicativos. iv) Determinar el impacto		Variable dependiente: Construcción del puente	Modelamiento Hidráulico	Softwares HECRAS- IBER
				Expediente Técnico	Planos y estudio de impacto Ambiental

Huamuco, Santa Rosa, Distrito  
Alto Yanajanca, ¿Huánuco?

ambiental para la construcción  
del Puente en Río Huamuco.

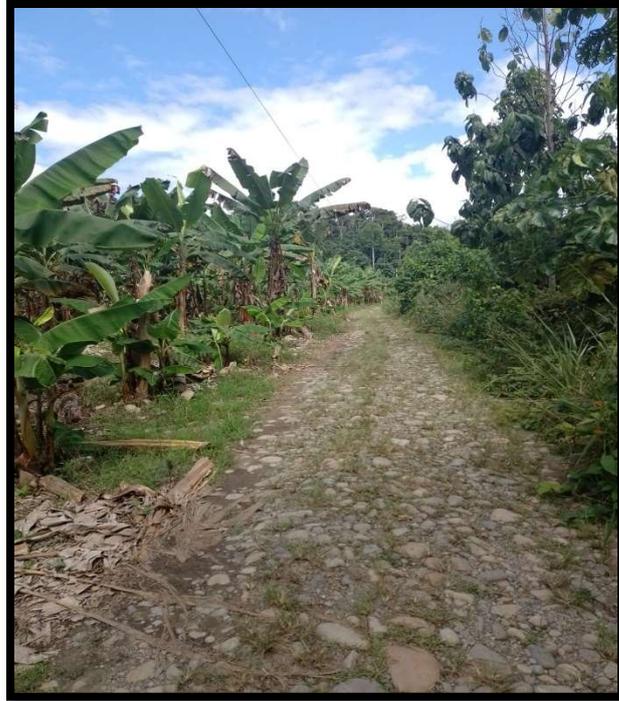
iii) ¿Cómo realizar el  
modelamiento hidráulico de la  
zona de estudio con softwares  
aplicativos para la construcción  
del Puente en Río Huamuco,  
Santa Rosa, Distrito Alto  
Yanajanca, ¿Huánuco?

iv) ¿Cuál es el impacto ambiental  
para la construcción del Puente  
en Río Huamuco, Santa Rosa,  
Distrito Alto Yanajanca,  
¿Huánuco?

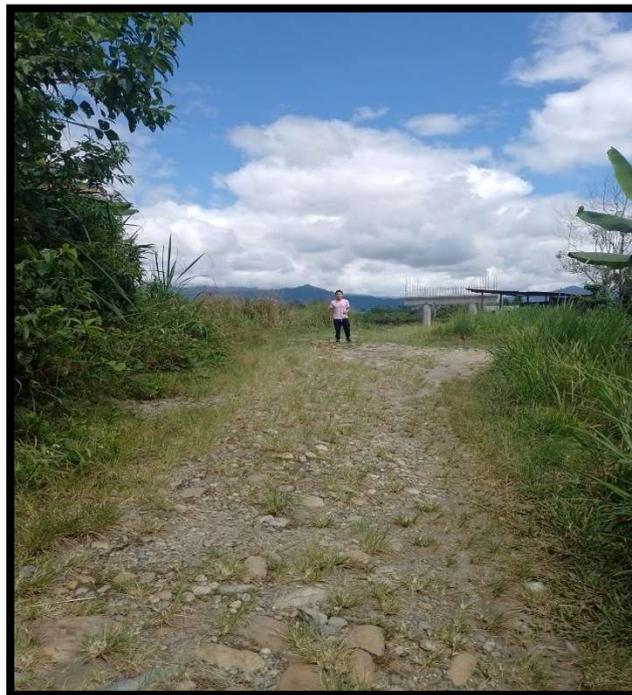
---

### **ANEXOS 03. PANEL FOTOGRÁFICO**

#### **ENTRADA AL LUGAR DE ESTUDIO (LA CURVA)**



#### **LUGAR DE ESTUDIO**



## LUGAR DE ESTUDIO



## BASES DEL PUENTE DEL RÍO HUAMUCO



## RÍO HUAMUCO



## BASES DEL PUENTE DEL RÍO HUAMUCO



## VISTA FRONTAL DE LA ESTRUCTURA DEL PUENTE



## ESTRUCTURA EXISTENTE DEL PUENTE



**VISTA AGUAS ARRIBA DEL RÍO HUAMUCO**



**AGUAS ARRIBA DEL RÍO HUAMUCO**



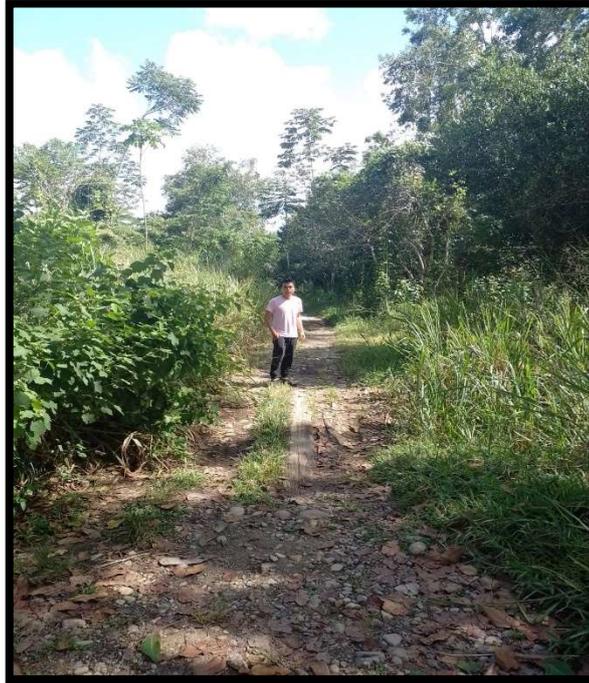
**VISTA AGUAS ABAJO DEL RÍO HUAMUCO**



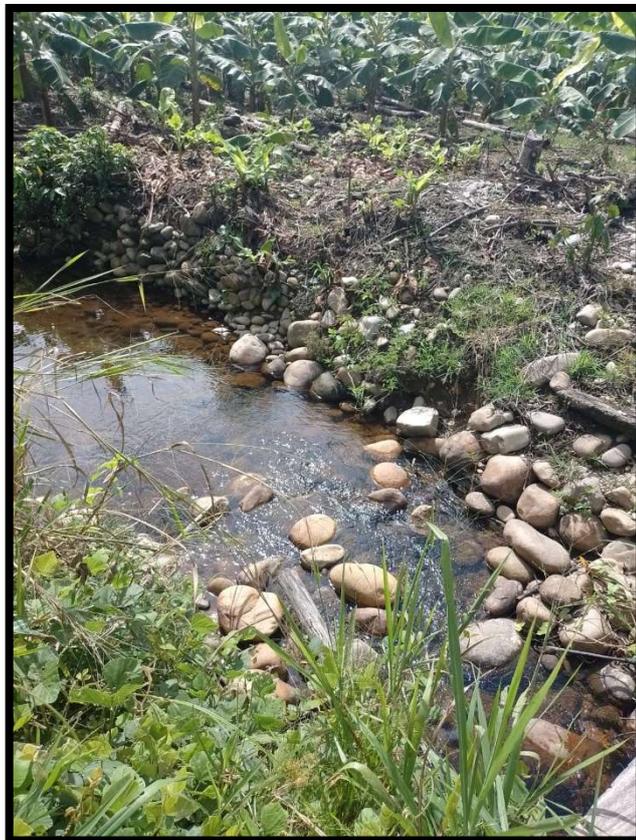
**AGUAS ABAJO RÍO HUAMUCO**



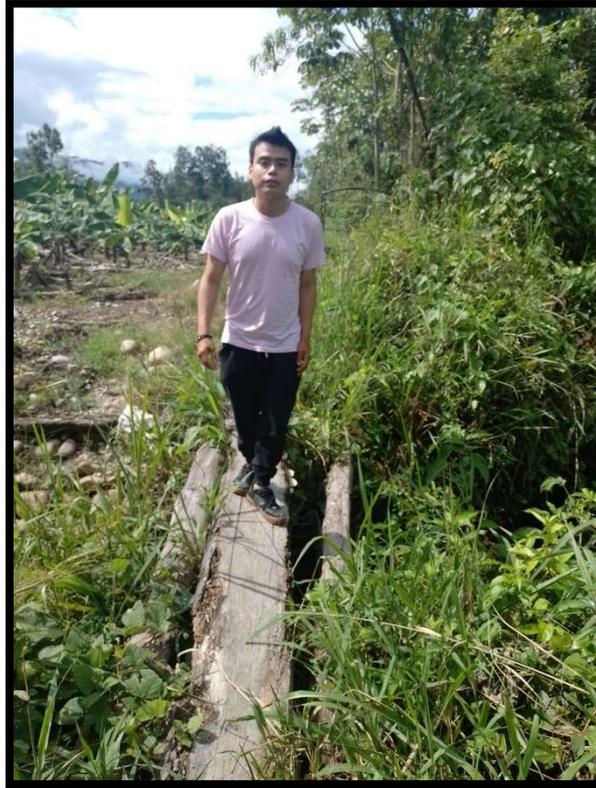
**ENTRADA NARANJO AGUAS ABAJO RÍO HUAMUCO**



**PRIMERA QUEBRADA QUE ALIMENTA AL RÍO HUAMUCO**



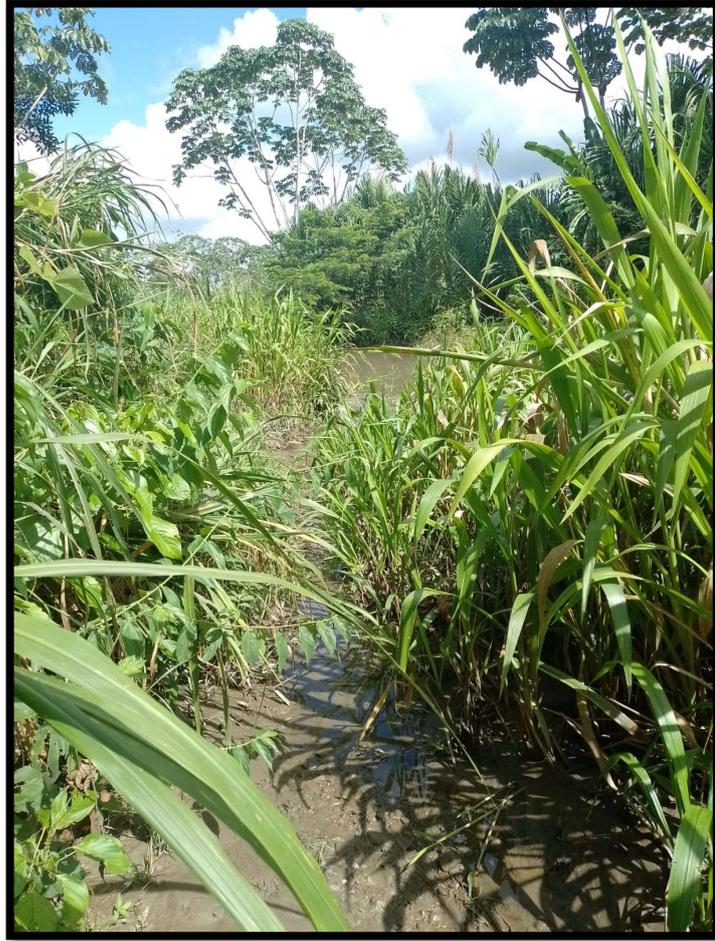
**SEGUNDA QUEBRADA QUE ALIMENTA AL RÍO HUAMUCO**



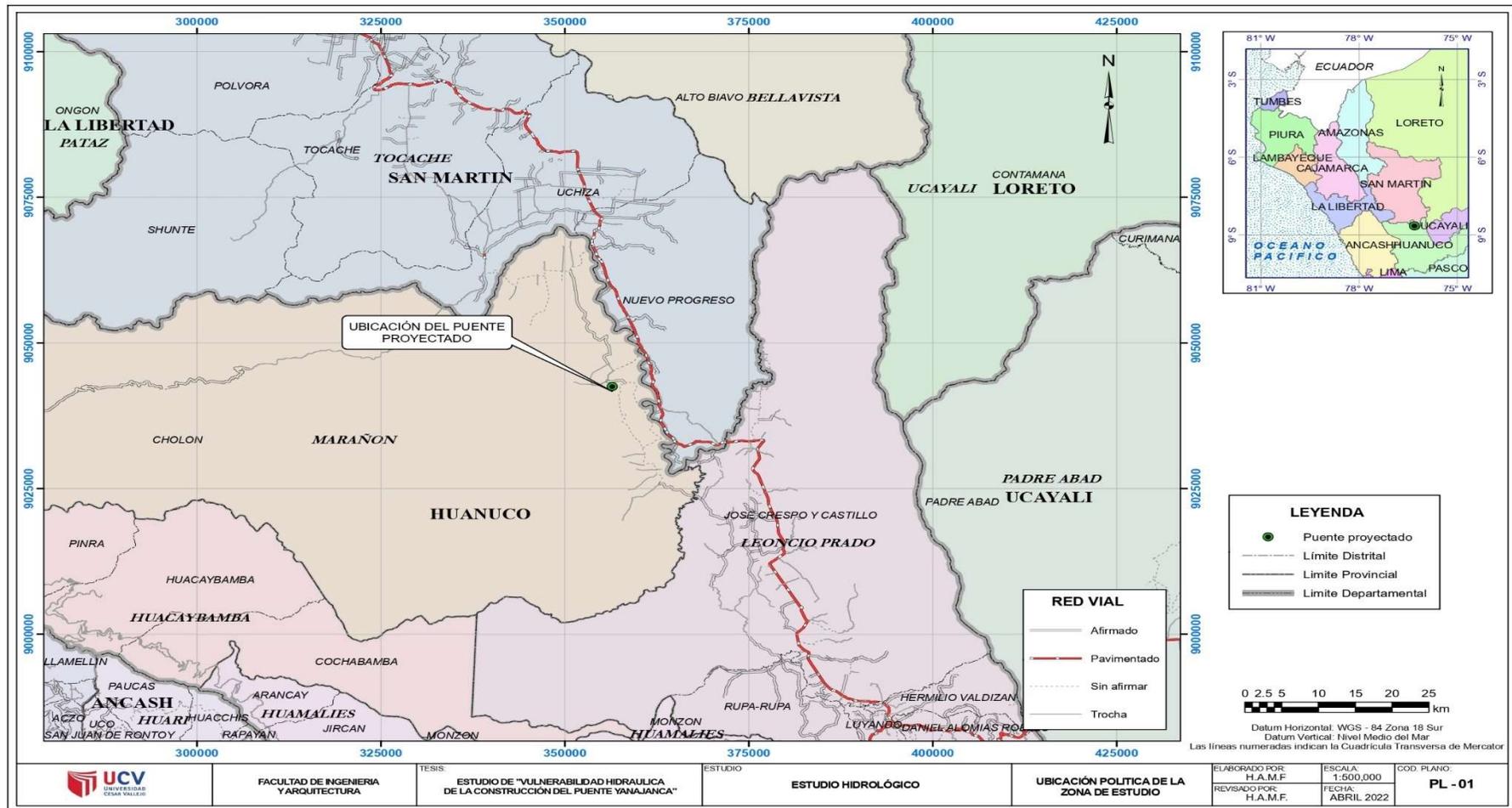
**TERCERA QUEBRADA QUE ALIMENTA AL RÍO HUAMUCO**

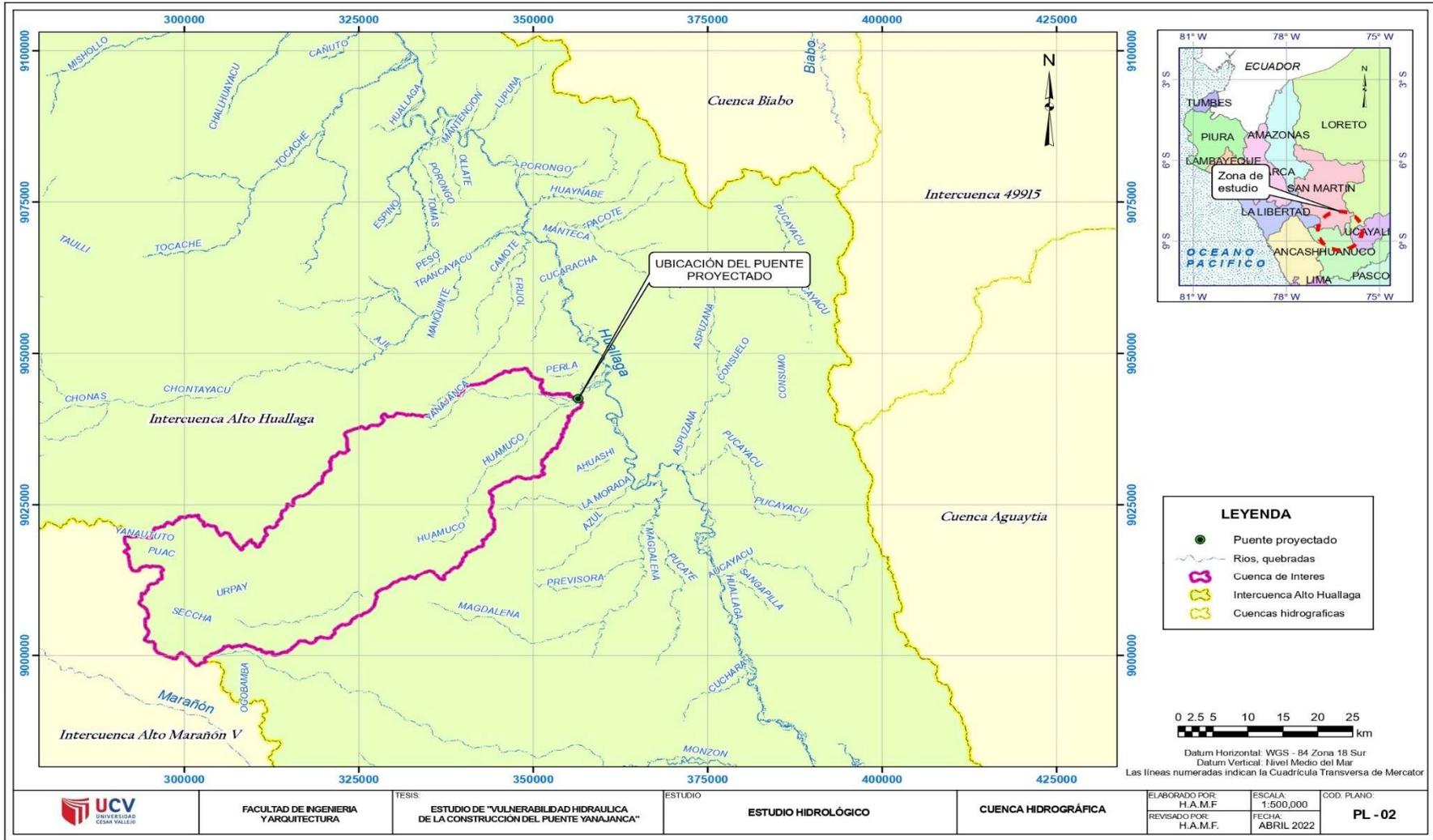


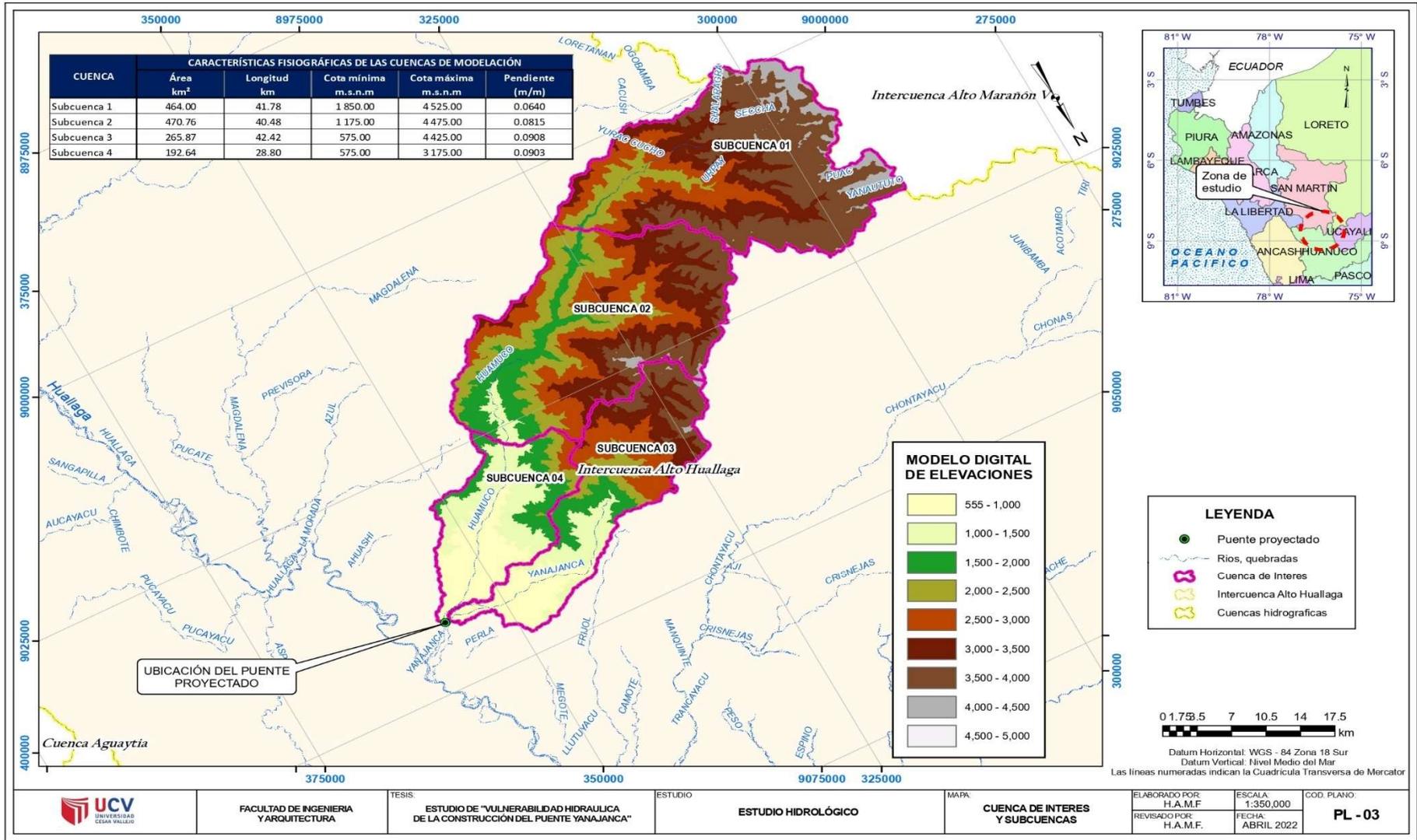
## RÍO HUAMUCO AGUAS ABAJO



# ANEXOS 04. PLANOS





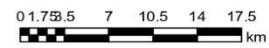


CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LAS CUENCAS DE MODELACIÓN					
CUENCA	Área km <sup>2</sup>	Longitud km	Cota mínima m.s.n.m	Cota máxima m.s.n.m	Pendiente (m/m)
Subcuenca 1	464.00	41.78	1 850.00	4 525.00	0.0640
Subcuenca 2	470.76	40.48	1 175.00	4 475.00	0.0815
Subcuenca 3	265.87	42.42	575.00	4 425.00	0.0908
Subcuenca 4	192.64	28.80	575.00	3 175.00	0.0903

MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES	
[Light Yellow]	555 - 1,000
[Light Green]	1,000 - 1,500
[Green]	1,500 - 2,000
[Olive Green]	2,000 - 2,500
[Brown]	2,500 - 3,000
[Dark Brown]	3,000 - 3,500
[Dark Grey]	3,500 - 4,000
[Grey]	4,000 - 4,500
[White]	4,500 - 5,000



LEYENDA	
[Green Dot]	Puente proyectado
[Blue Line]	Rios, quebradas
[Pink Outline]	Cuenca de interes
[Yellow Outline]	Intercuenca Alto Huallaga
[Light Blue Outline]	Cuencas hidrograficas



Datum Horizontal: WGS - 84 Zona 18 Sur  
 Datum Vertical: Nivel Medio del Mar  
 Las líneas numeradas indican la Cuadrícula Transversa de Mercator



FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

TESIS: ESTUDIO DE "VULNERABILIDAD HIDRAULICA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE YANAJANCA"

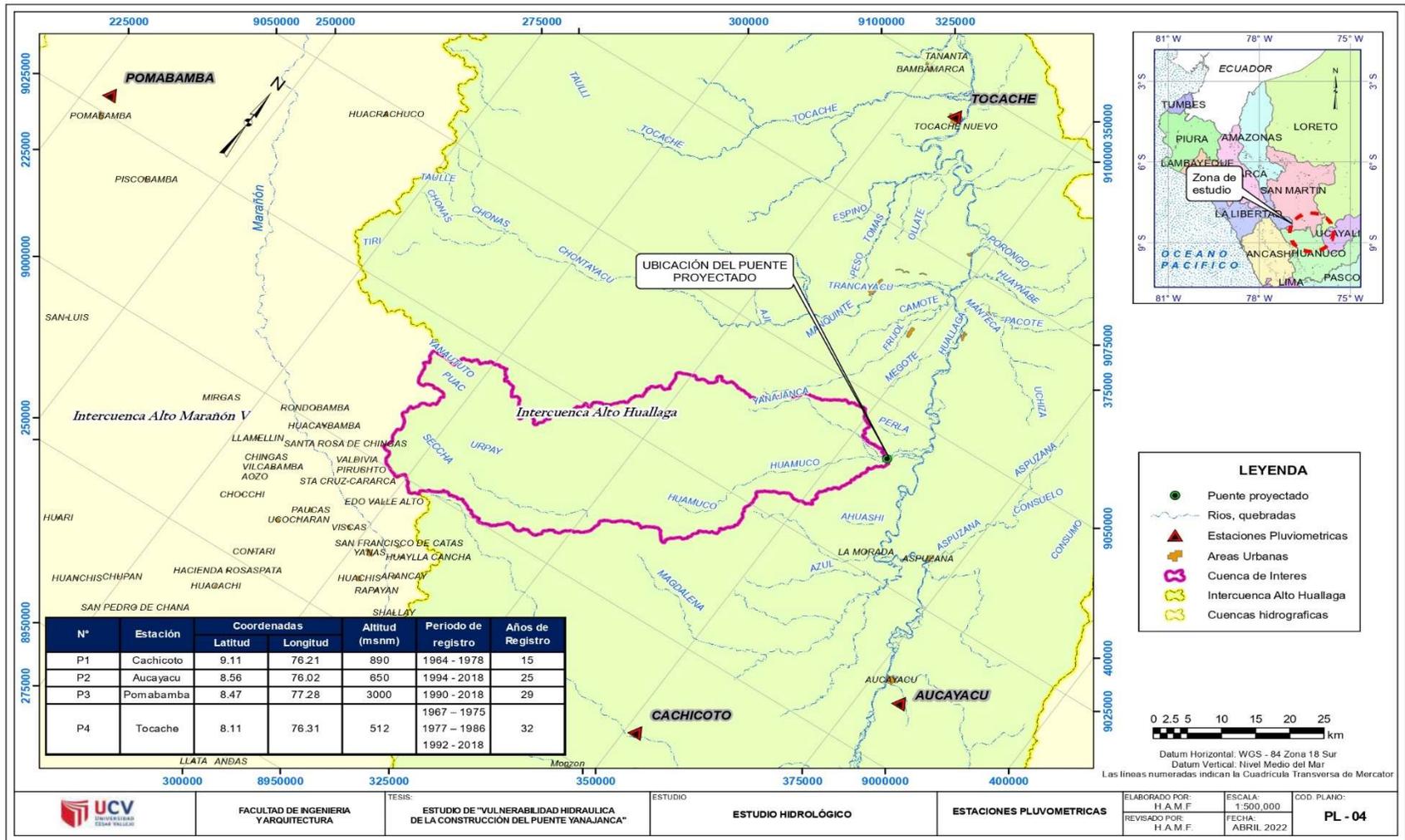
ESTUDIO ESTUDIO HIDROLÓGICO

MAPA: CUENCA DE INTERES Y SUBCUENCAS

ELABORADO POR: H.A.M.F.  
 REVISADO POR: H.A.M.F.

ESCALA: 1:350,000  
 FECHA: ABRIL 2022

COD. PLANO: PL - 03



FACULTAD DE INGENIERIA  
Y ARQUITECTURA

TESIS:  
ESTUDIO DE "VULNERABILIDAD HIDRAULICA  
DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE YANAJANCA"

ESTUDIO

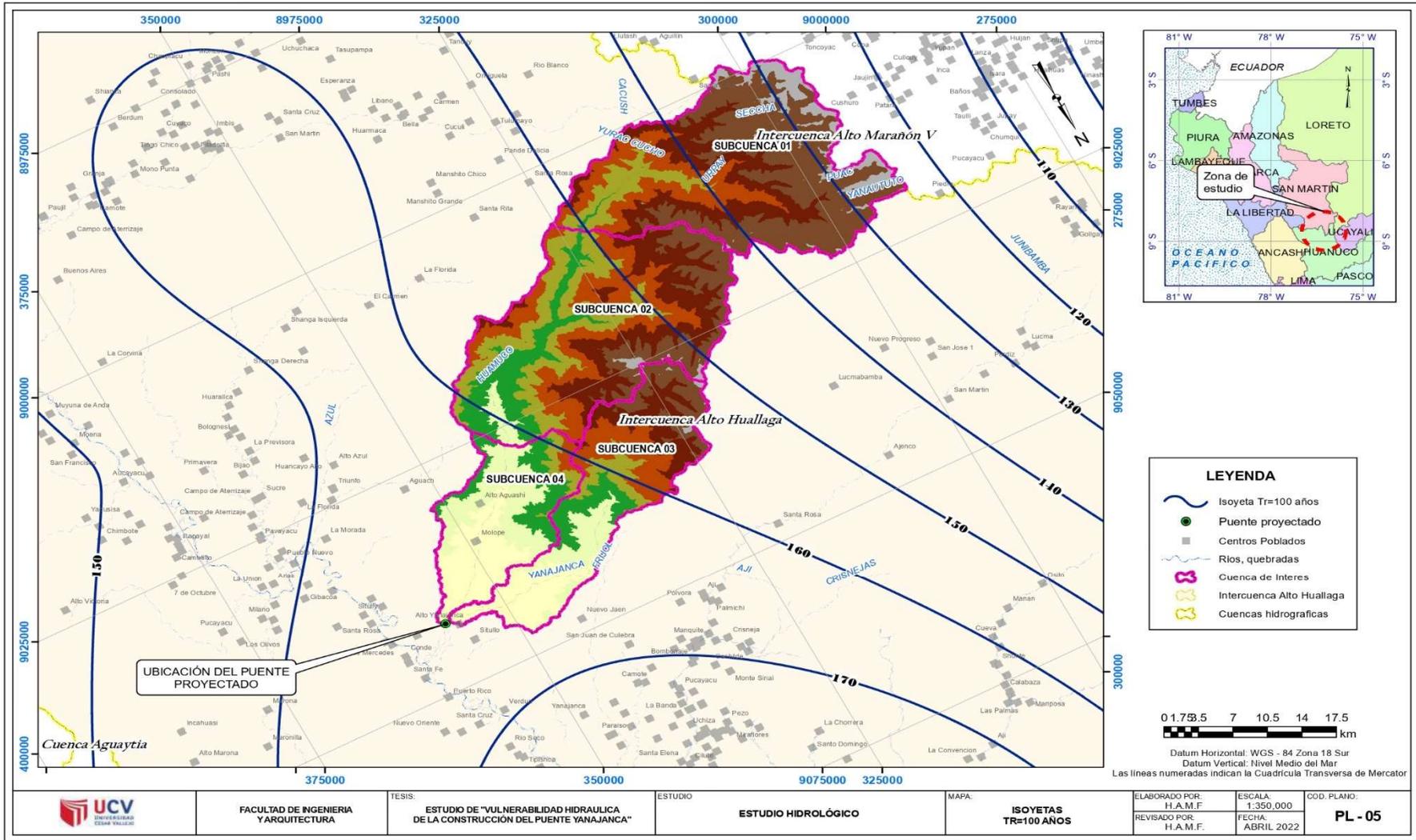
ESTUDIO HIDROLÓGICO

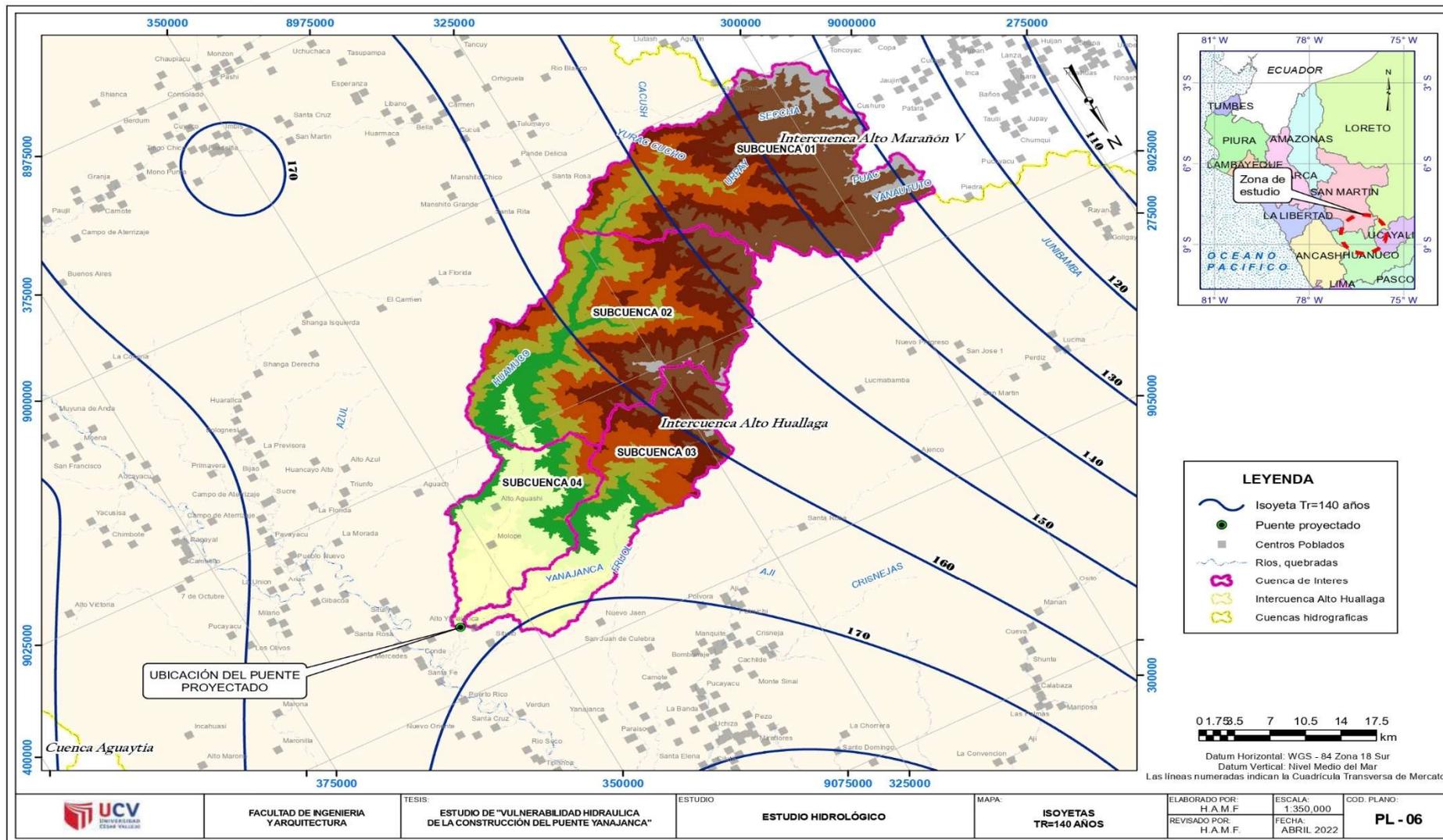
ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS

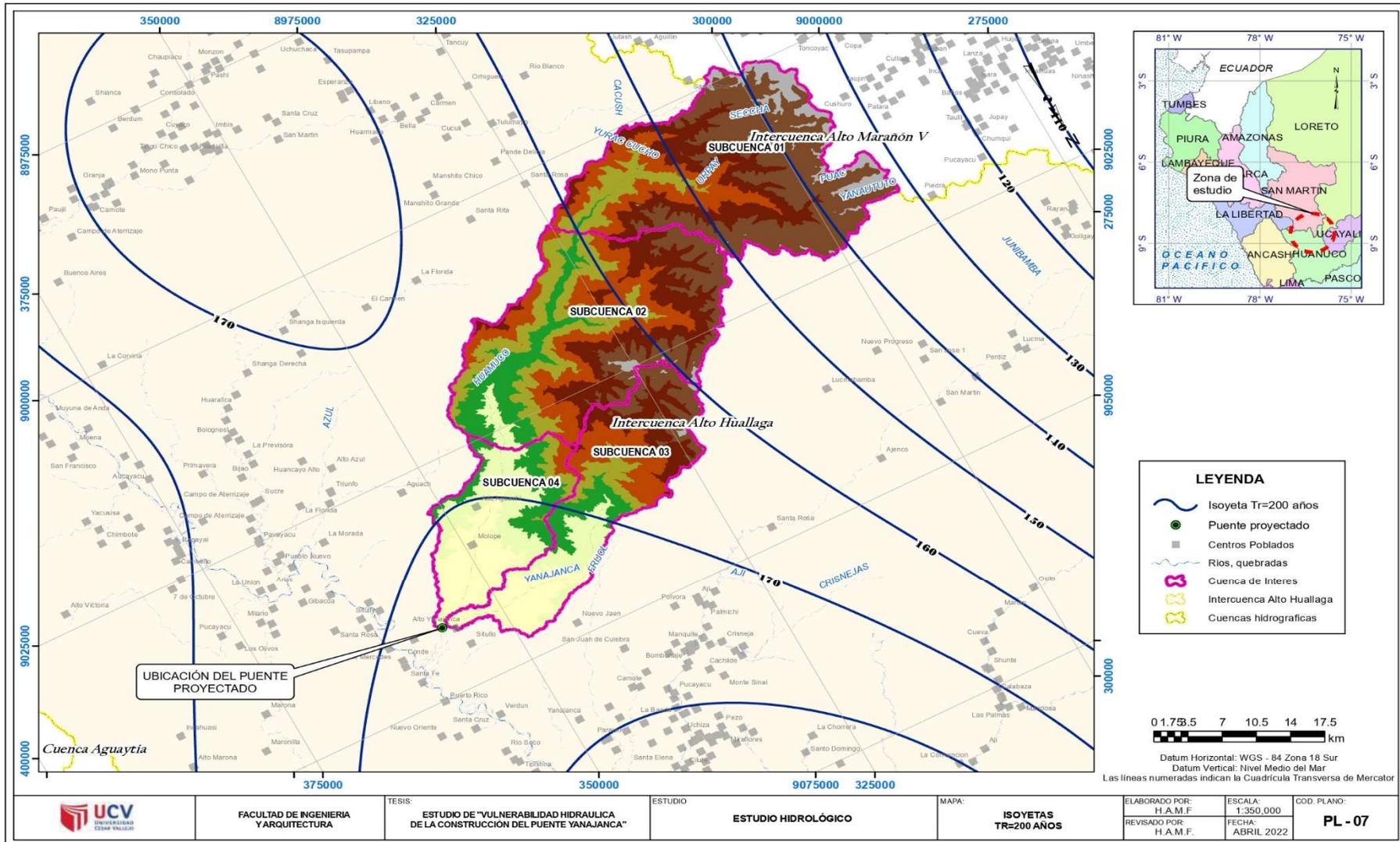
ELABORADO POR:  
H.A.M.F.  
REVISADO POR:  
H.A.M.F.

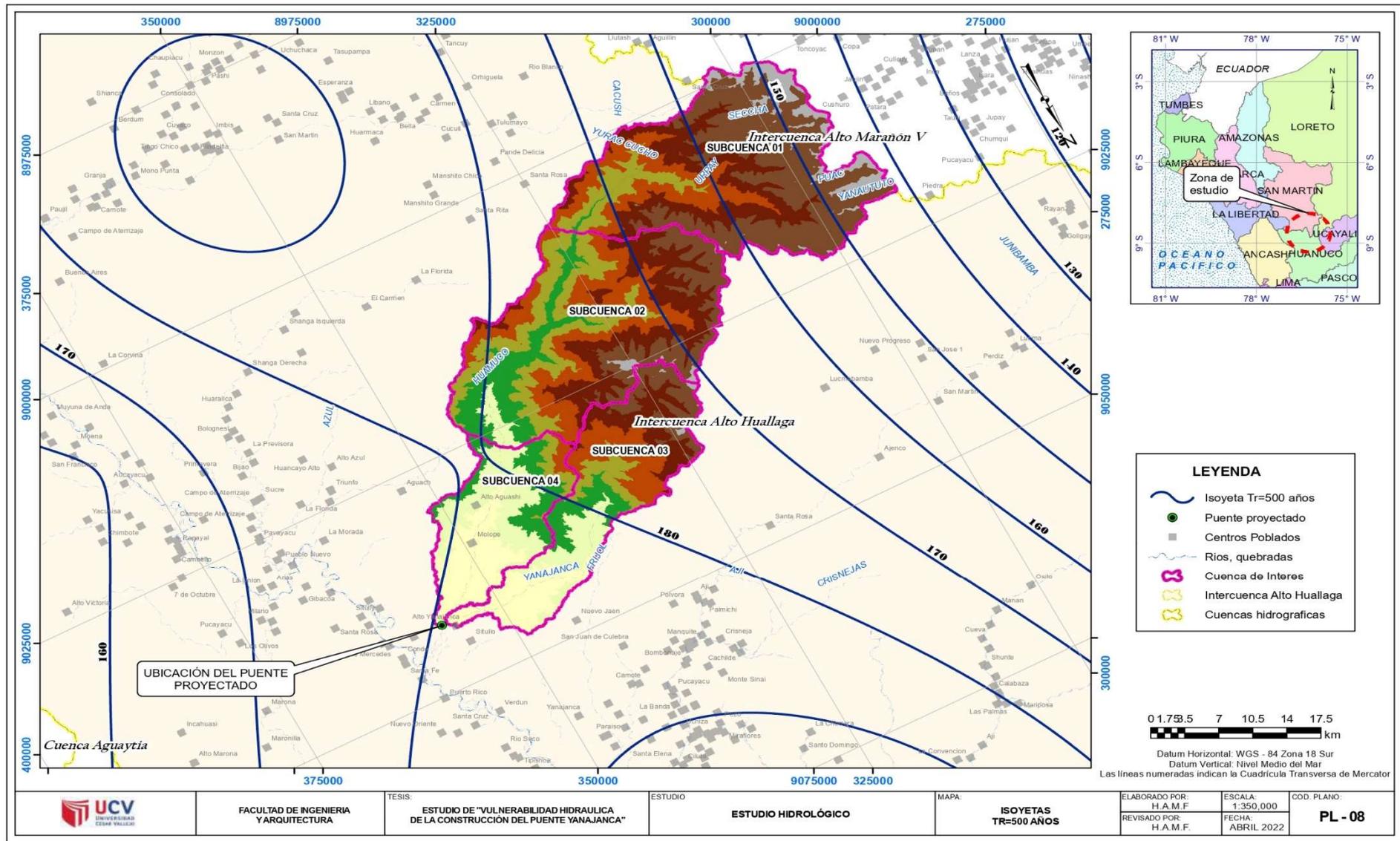
ESCALA:  
1:500,000  
FECHA:  
ABRIL 2022

COD. PLANO:  
**PL - 04**



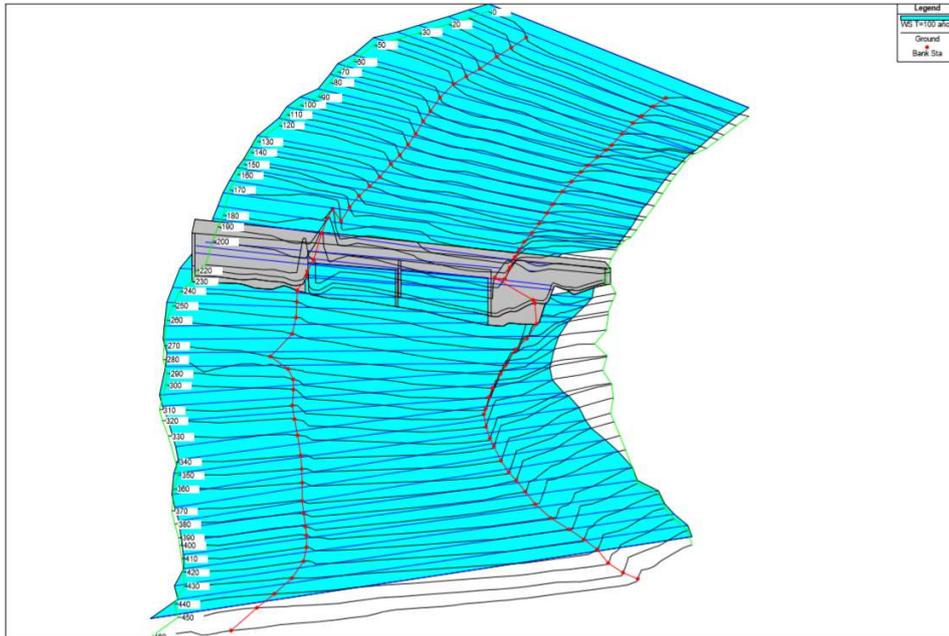






# ANEXOS 05. CÁLCULOS DEL MODELAMIENTO HIDRÁULICO

## MODELAMIENTO 3D PARA UN T= 100 AÑOS



### CUADRO DE RESULTADO T=100 AÑOS

HEC-RAS Plan: p1 River: Rio\_Huamuco Reach: Eje Rio\_H Profile: T=100 años

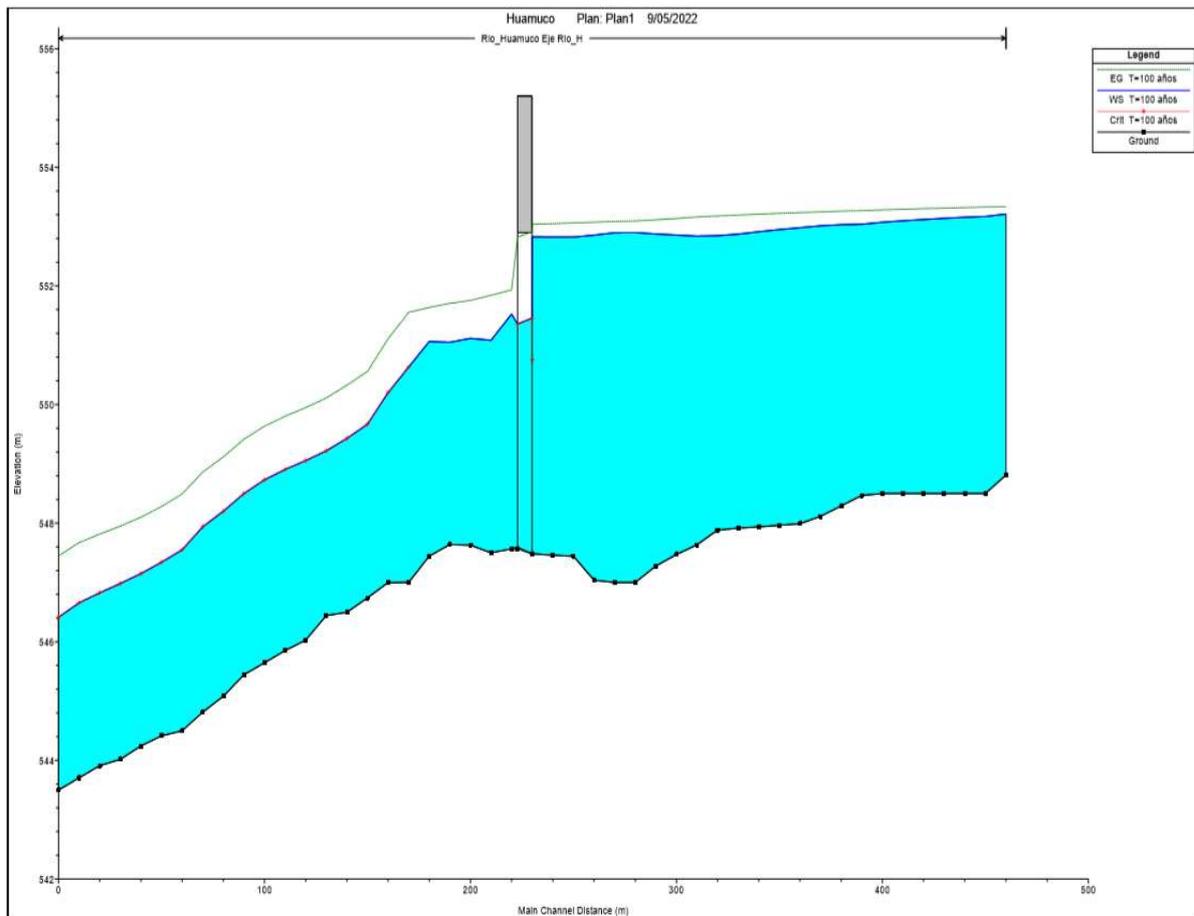
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m³/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Eje Rio_H	460	T=100 años	1268.10	548.81	553.21		553.34	0.000625	1.64	823.03	249.00	0.28
Eje Rio_H	450	T=100 años	1268.10	548.50	553.17		553.33	0.000756	1.82	752.49	233.75	0.30
Eje Rio_H	440	T=100 años	1268.10	548.50	553.16		553.32	0.000764	1.87	743.81	226.06	0.31
Eje Rio_H	430	T=100 años	1268.10	548.50	553.14		553.31	0.000782	1.94	724.72	219.68	0.31
Eje Rio_H	420	T=100 años	1268.10	548.50	553.12		553.30	0.000822	2.01	708.06	217.07	0.32
Eje Rio_H	410	T=100 años	1268.10	548.50	553.10		553.29	0.000870	2.09	696.02	208.16	0.33
Eje Rio_H	400	T=100 años	1268.10	548.50	553.07		553.28	0.000928	2.17	689.49	206.83	0.34
Eje Rio_H	390	T=100 años	1268.10	548.47	553.04		553.27	0.001012	2.28	641.77	202.58	0.36
Eje Rio_H	380	T=100 años	1268.10	548.29	553.03		553.26	0.000991	2.29	642.31	198.33	0.36
Eje Rio_H	370	T=100 años	1268.10	548.12	553.01		553.25	0.000999	2.33	632.81	193.33	0.36
Eje Rio_H	360	T=100 años	1268.10	547.99	552.98		553.24	0.001078	2.43	610.30	187.76	0.37
Eje Rio_H	350	T=100 años	1268.10	547.96	552.95		553.22	0.001168	2.52	590.11	182.83	0.39
Eje Rio_H	340	T=100 años	1268.10	547.94	552.91		553.21	0.001278	2.61	569.08	176.16	0.40
Eje Rio_H	330	T=100 años	1268.10	547.92	552.87		553.20	0.001366	2.72	549.25	177.55	0.42
Eje Rio_H	320	T=100 años	1268.10	547.88	552.85		553.18	0.001411	2.75	541.97	174.84	0.42
Eje Rio_H	310	T=100 años	1268.10	547.64	552.84		553.16	0.001322	2.71	550.95	175.15	0.41
Eje Rio_H	300	T=100 años	1268.10	547.47	552.86		553.14	0.001060	2.53	588.11	171.85	0.37
Eje Rio_H	290	T=100 años	1268.10	547.28	552.88		553.12	0.000858	2.34	633.17	172.51	0.34
Eje Rio_H	280	T=100 años	1268.10	547.00	552.90		553.10	0.000668	2.13	689.67	176.31	0.31
Eje Rio_H	270	T=100 años	1268.10	547.00	552.90		553.09	0.000661	2.05	703.15	180.06	0.30
Eje Rio_H	260	T=100 años	1268.10	547.04	552.86		553.08	0.000818	2.24	666.79	181.23	0.33
Eje Rio_H	250	T=100 años	1268.10	547.44	552.83		553.07	0.000940	2.32	629.44	184.29	0.35
Eje Rio_H	240	T=100 años	1268.10	547.46	552.83		553.05	0.000891	2.24	641.49	186.00	0.34
Eje Rio_H	230	T=100 años	1268.10	547.48	552.83	550.75	553.04	0.000842	2.17	650.20	180.97	0.33
Eje Rio_H	220.01	Bridge										
Eje Rio_H	220	T=100 años	1268.10	547.57	551.53		551.93	0.002662	2.99	458.01	161.24	0.56
Eje Rio_H	210	T=100 años	1268.10	547.50	551.08		551.84	0.006027	4.05	332.96	133.81	0.79
Eje Rio_H	200	T=100 años	1268.10	547.63	551.12		551.76	0.004832	3.74	364.25	148.05	0.72
Eje Rio_H	190	T=100 años	1268.10	547.64	551.05		551.71	0.005084	3.82	365.02	155.07	0.74
Eje Rio_H	180	T=100 años	1268.10	547.44	551.06		551.64	0.003866	3.64	407.53	180.00	0.66
Eje Rio_H	170	T=100 años	1268.10	547.00	550.63	550.63	551.55	0.005932	4.48	334.31	180.00	0.82
Eje Rio_H	160	T=100 años	1268.10	547.00	550.20	550.20	551.11	0.006275	4.50	334.45	180.00	0.84
Eje Rio_H	150	T=100 años	1268.10	546.74	546.67	546.67	550.56	0.007089	4.53	331.91	180.00	0.88
Eje Rio_H	140	T=100 años	1268.10	546.50	546.43	546.43	550.33	0.007367	4.55	329.69	180.00	0.89
Eje Rio_H	130	T=100 años	1268.10	546.44	546.22	546.22	550.11	0.007368	4.55	329.67	180.00	0.89
Eje Rio_H	120	T=100 años	1268.10	546.03	546.05	546.05	549.95	0.007246	4.57	331.20	175.99	0.89
Eje Rio_H	110	T=100 años	1268.10	546.85	546.91	546.91	549.80	0.007059	4.58	333.16	176.20	0.88
Eje Rio_H	100	T=100 años	1268.10	546.64	546.73	546.73	549.64	0.006840	4.57	332.47	173.77	0.87
Eje Rio_H	90	T=100 años	1268.10	546.45	546.50	546.50	549.42	0.006916	4.58	328.35	169.11	0.88
Eje Rio_H	80	T=100 años	1268.10	546.08	546.20	546.20	549.12	0.006818	4.55	329.00	169.35	0.87
Eje Rio_H	70	T=100 años	1268.10	544.81	547.94	547.94	548.86	0.006580	4.54	329.66	170.19	0.86
Eje Rio_H	60	T=100 años	1268.10	544.50	547.55	547.55	548.49	0.006738	4.57	324.06	167.68	0.87
Eje Rio_H	50	T=100 años	1268.10	544.41	547.34	547.34	548.28	0.006990	4.55	323.05	166.20	0.87
Eje Rio_H	40	T=100 años	1268.10	544.24	547.15	547.15	548.10	0.007077	4.63	319.67	159.92	0.88
Eje Rio_H	30	T=100 años	1268.10	544.02	546.98	546.98	547.95	0.007309	4.68	315.74	154.83	0.90
Eje Rio_H	20	T=100 años	1268.10	543.91	546.83	546.83	547.82	0.007329	4.73	310.72	147.56	0.90
Eje Rio_H	10	T=100 años	1268.10	543.70	546.66	546.66	547.67	0.007406	4.79	306.80	143.44	0.91
Eje Rio_H	0	T=100 años	1268.10	543.50	546.42	546.42	547.45	0.007815	4.83	302.08	139.33	0.92

## CUADRO DE RESUMEN PARA UN T=100 AÑOS

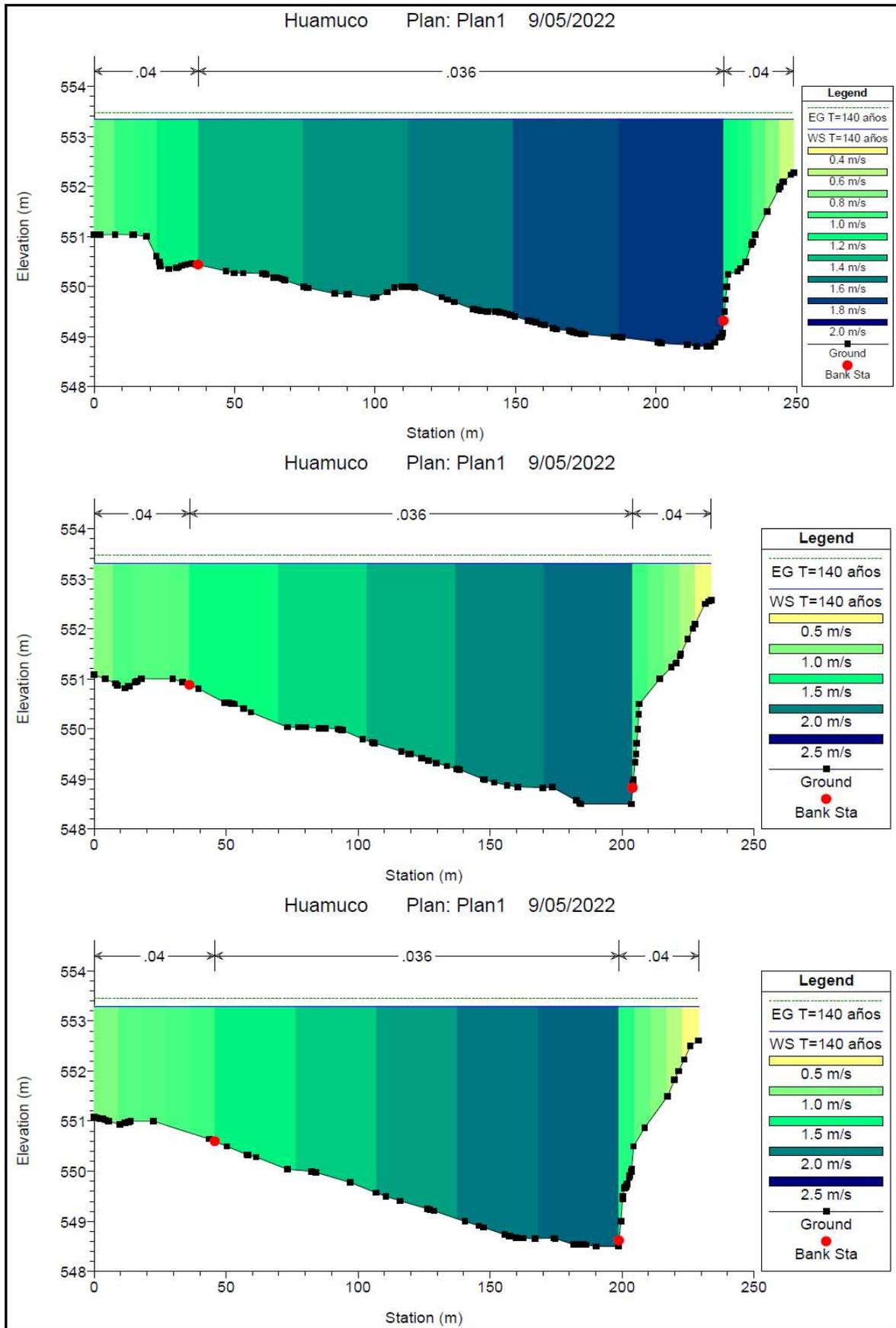
Plan: p1 Rio\_Huamuco Eje Rio\_H RS: 240 Profile: T=100 años

E.G. Elev (m)	553.05	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.23	Wt. n-Val.	0.040	0.036	0.040
W.S. Elev (m)	552.83	Reach Len. (m)	9.09	10.00	10.67
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	143.32	460.58	37.59
E.G. Slope (m/m)	0.000891	Area (m2)	143.32	460.58	37.59
Q Total (m3/s)	1268.10	Flow (m3/s)	202.25	1033.79	32.06
Top Width (m)	185.00	Top Width (m)	52.44	103.32	29.24
Vel Total (m/s)	1.98	Avg. Vel. (m/s)	1.41	2.24	0.85
Max Chl Dpth (m)	5.36	Hydr. Depth (m)	2.73	4.46	1.29
Conv. Total (m3/s)	42493.9	Conv. (m3/s)	6777.3	34642.1	1074.5
Length Wtd. (m)	9.86	Wetted Per. (m)	55.09	103.37	30.74
Min Ch El (m)	547.46	Shear (N/m2)	22.72	38.91	10.68
Alpha	1.14	Stream Power (N/m s)	32.06	87.33	9.11
Frctn Loss (m)	0.01	Cum Volume (1000 m3)	14.45	56.95	13.48
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	10.43	19.61	9.66

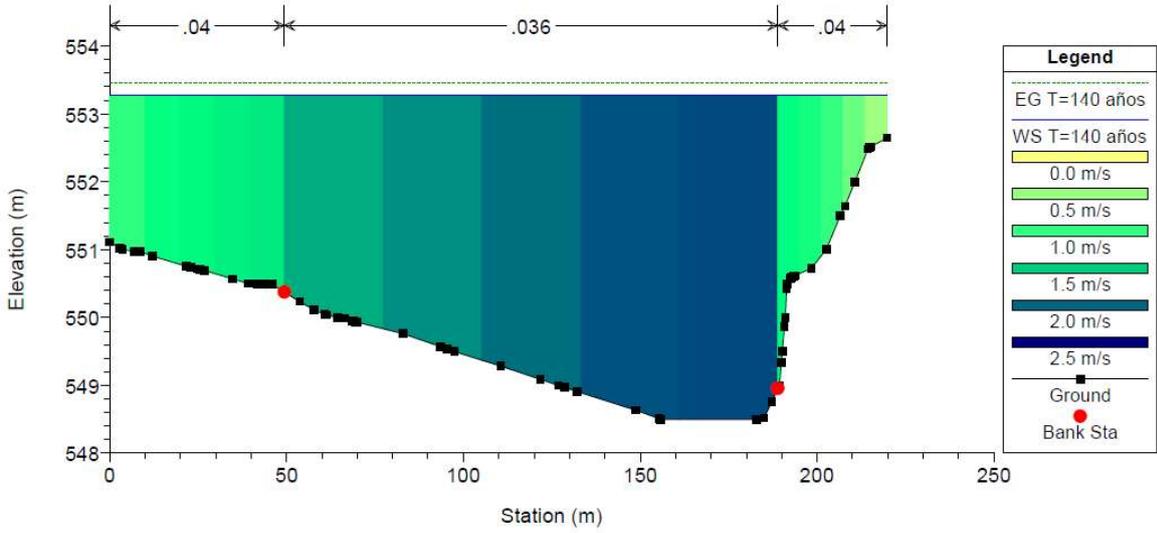
## PERFIL T= 100 AÑOS



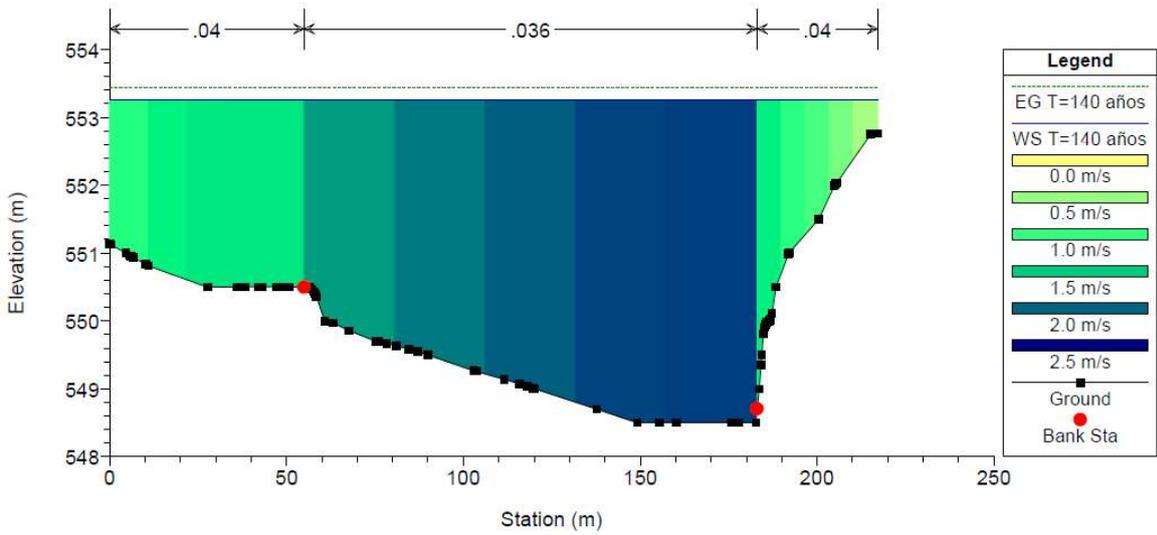
# PERFIL DE PROGRESIVAS DEL PUENTE PARA UN T= 140 AÑOS



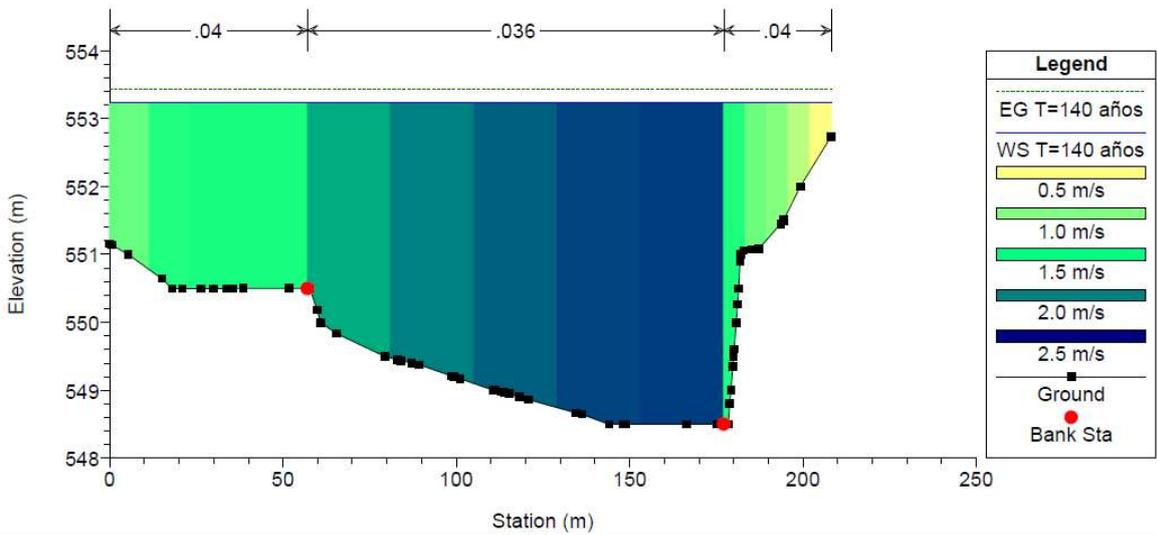
Huamuco Plan: Plan1 9/05/2022



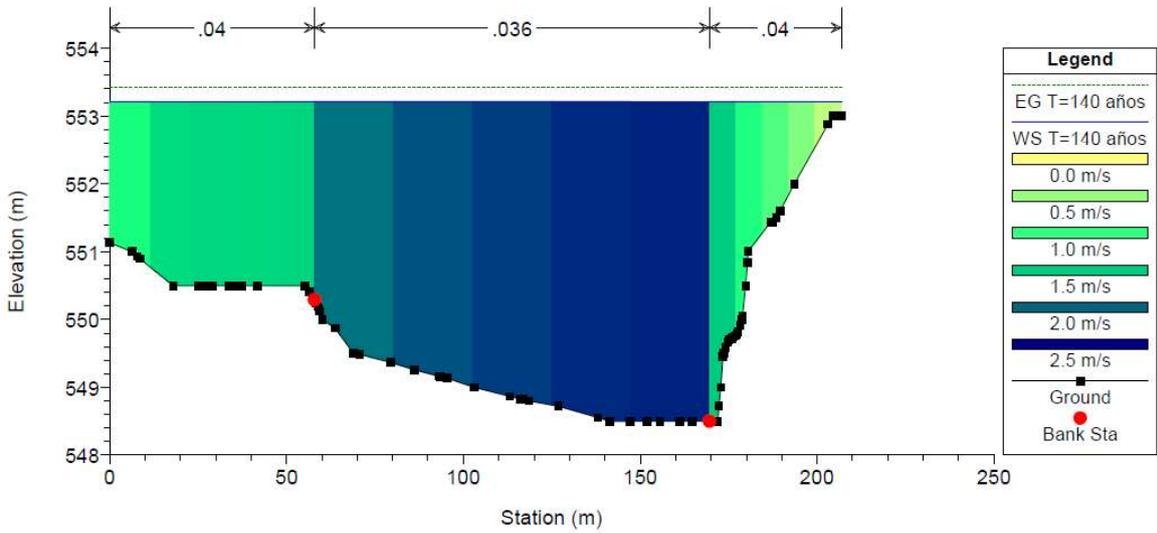
Huamuco Plan: Plan1 9/05/2022



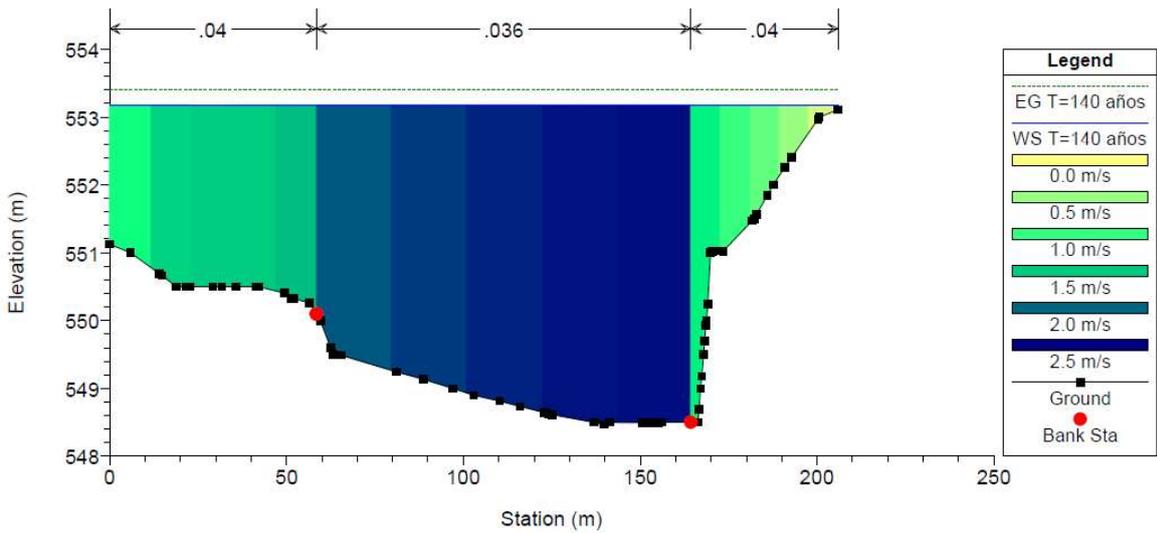
Huamuco Plan: Plan1 9/05/2022



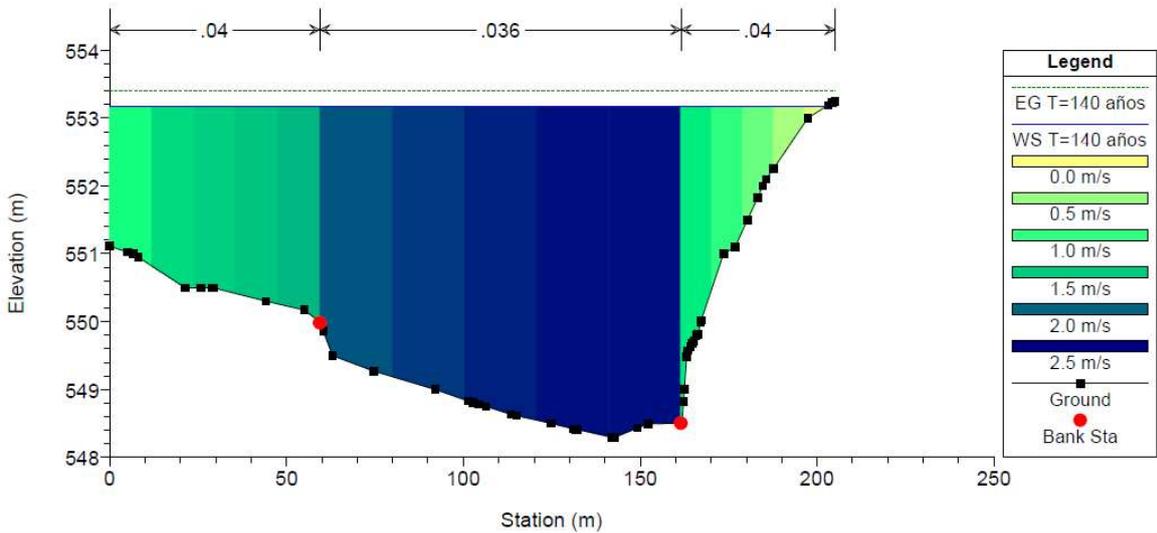
Huamuco Plan: Plan1 9/05/2022



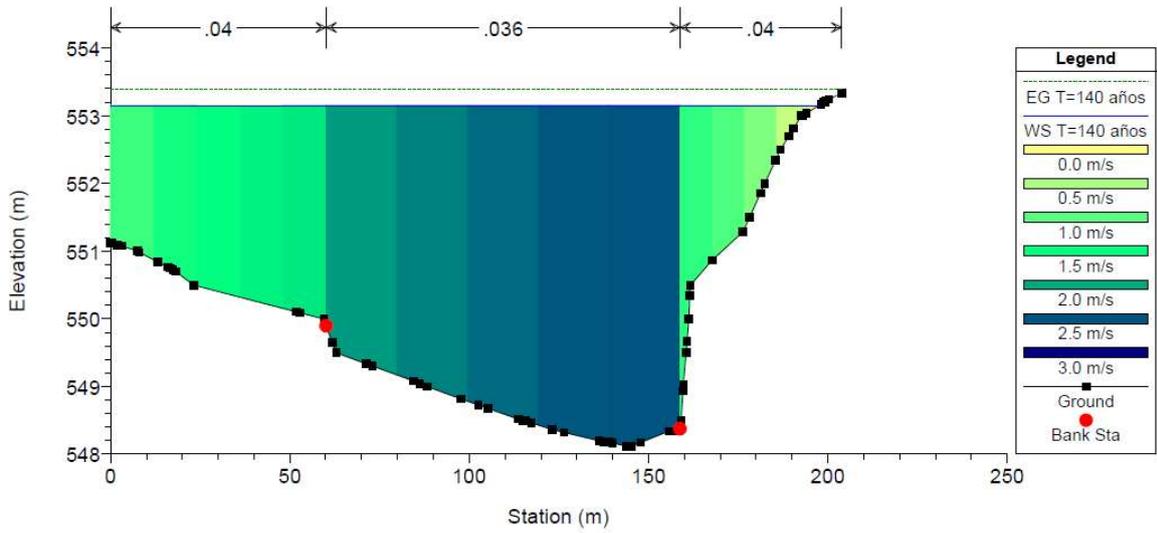
Huamuco Plan: Plan1 9/05/2022



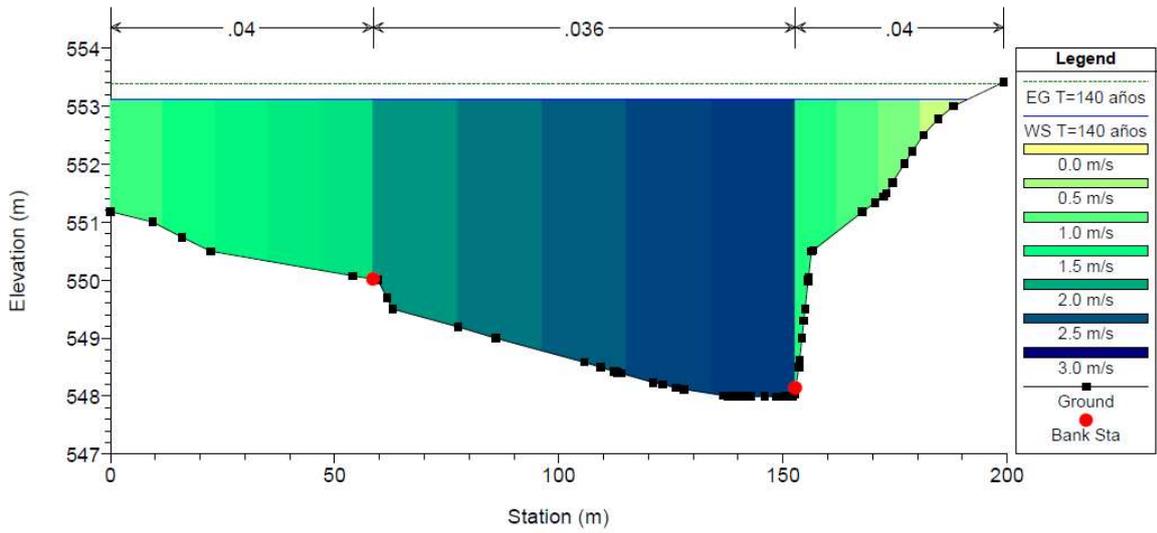
Huamuco Plan: Plan1 9/05/2022



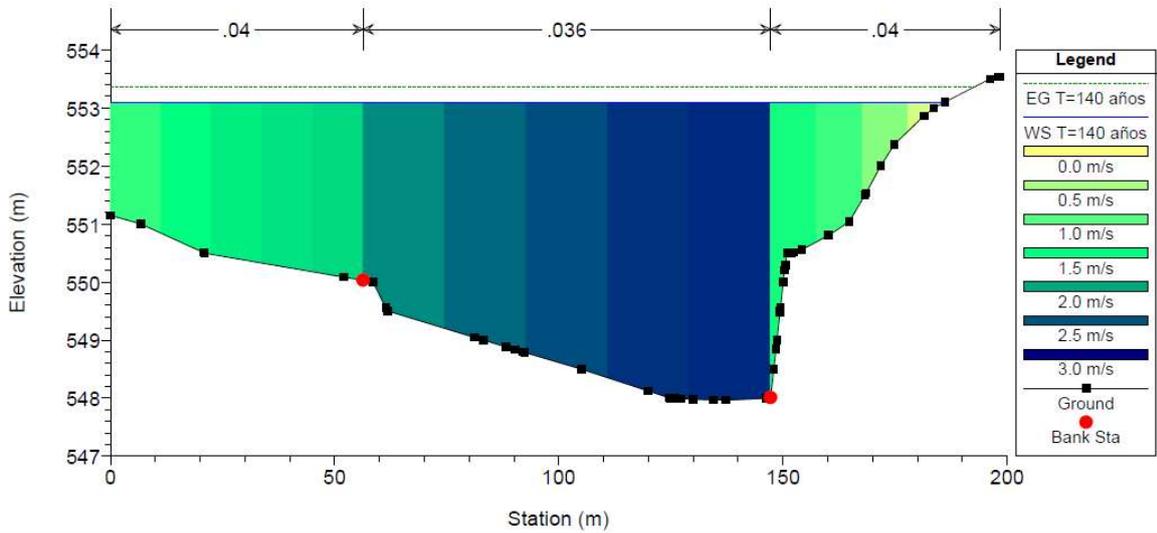
Huamuco Plan: Plan1 9/05/2022



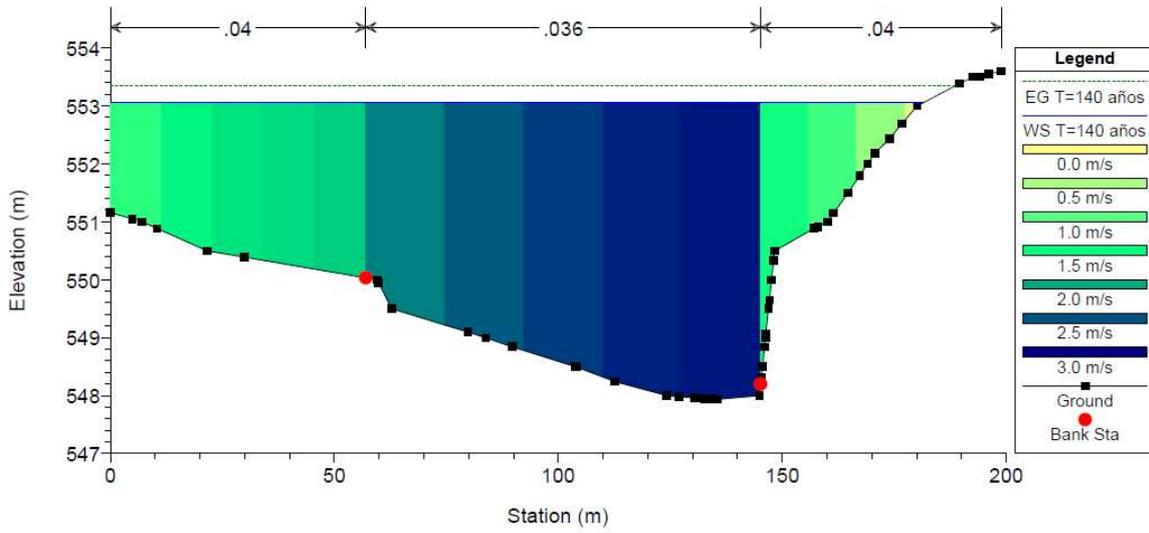
Huamuco Plan: Plan1 9/05/2022



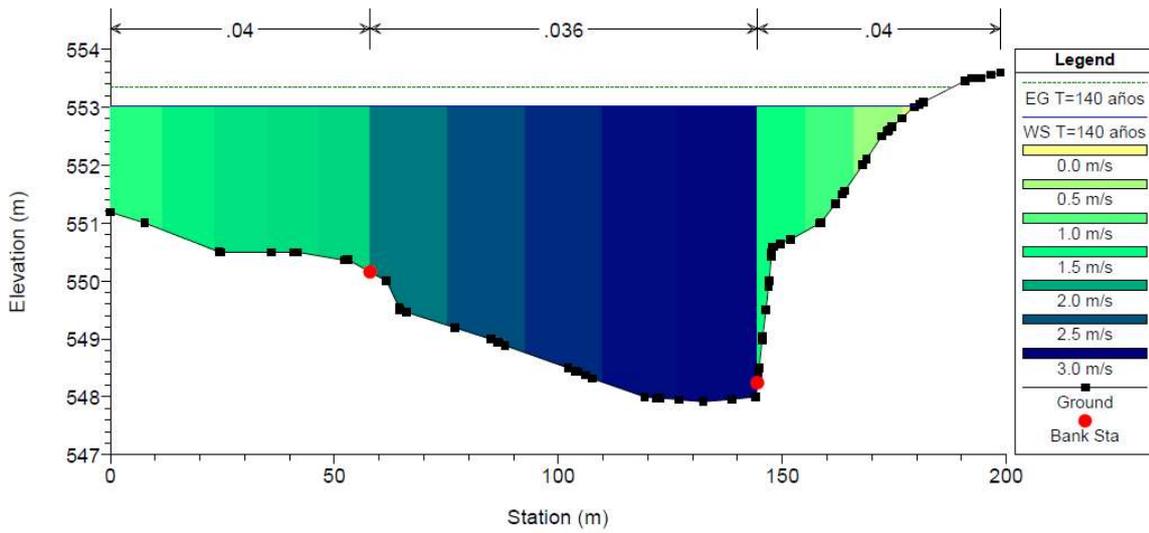
Huamuco Plan: Plan1 9/05/2022



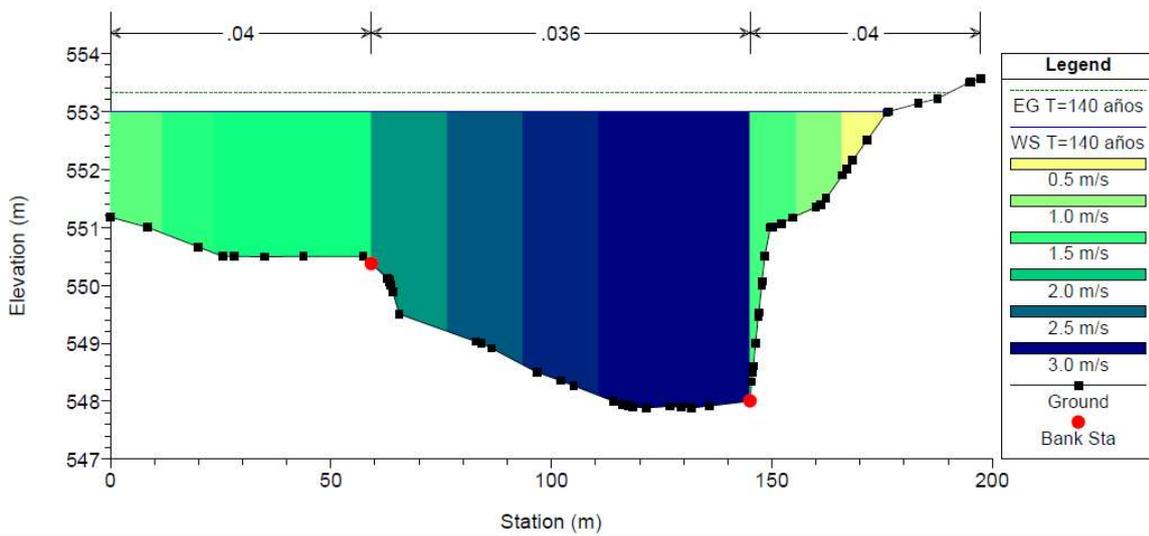
Huamuco Plan: Plan1 9/05/2022

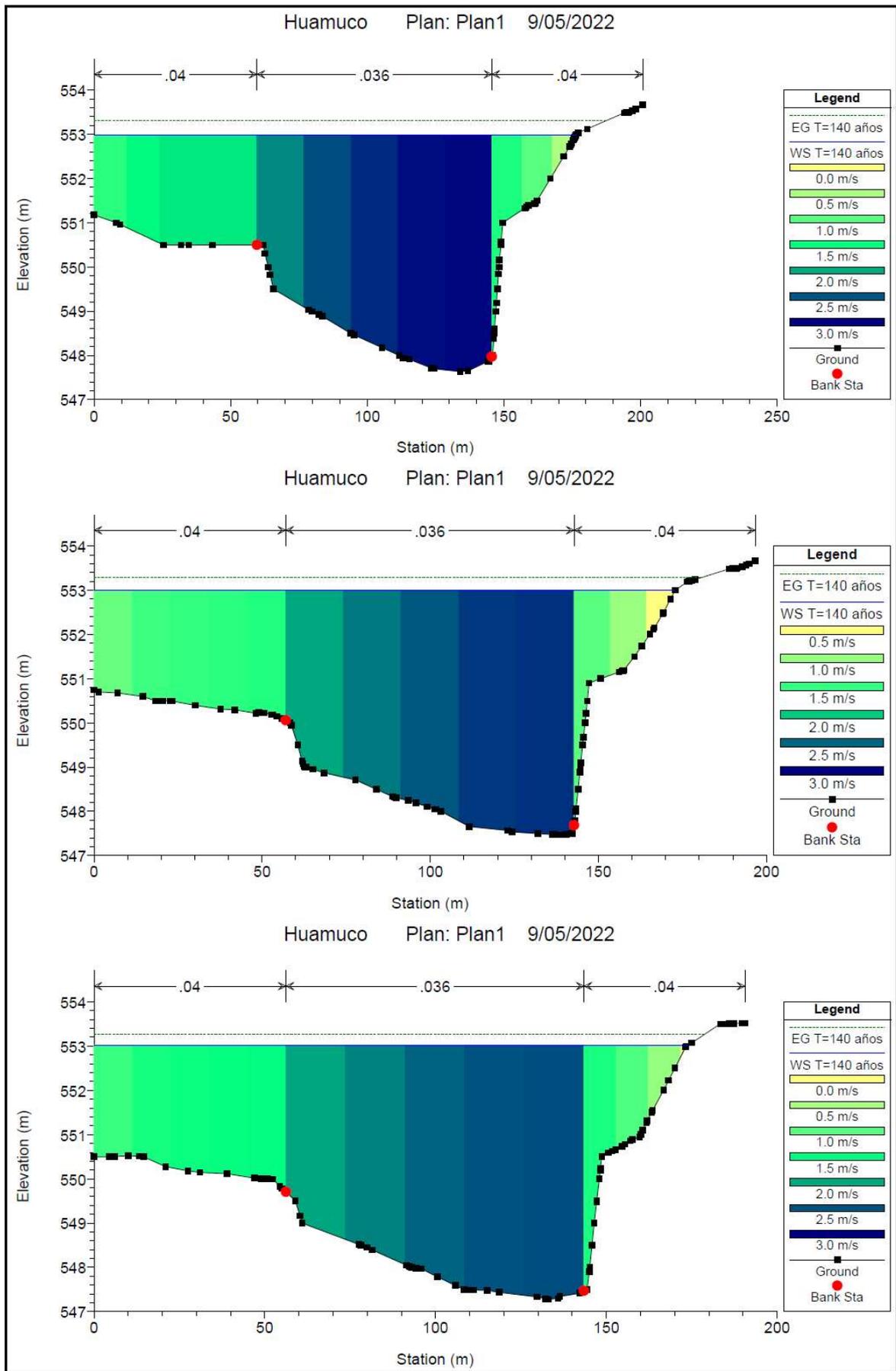


Huamuco Plan: Plan1 9/05/2022

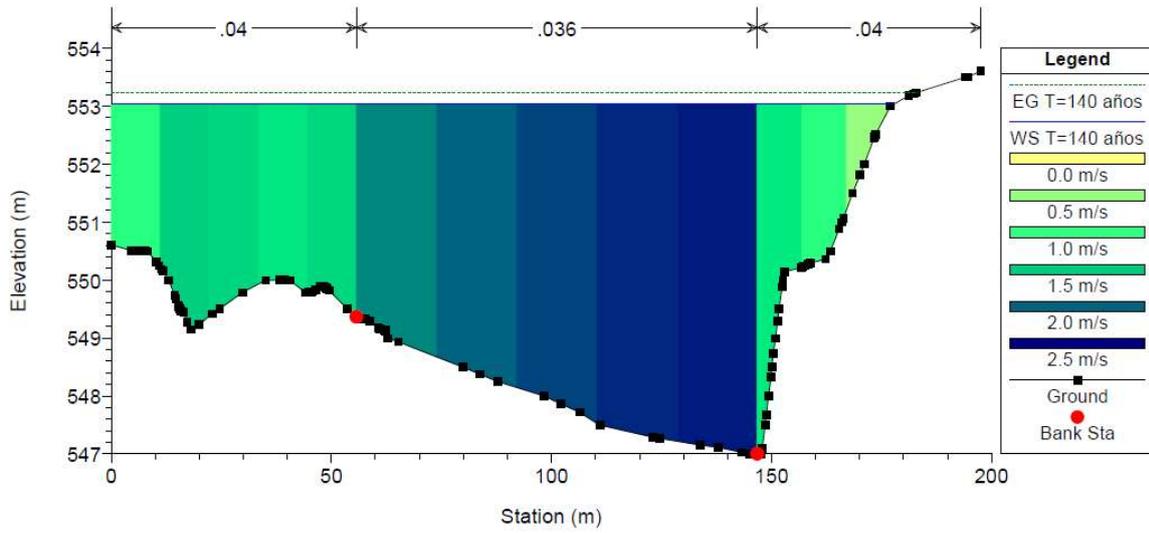


Huamuco Plan: Plan1 9/05/2022

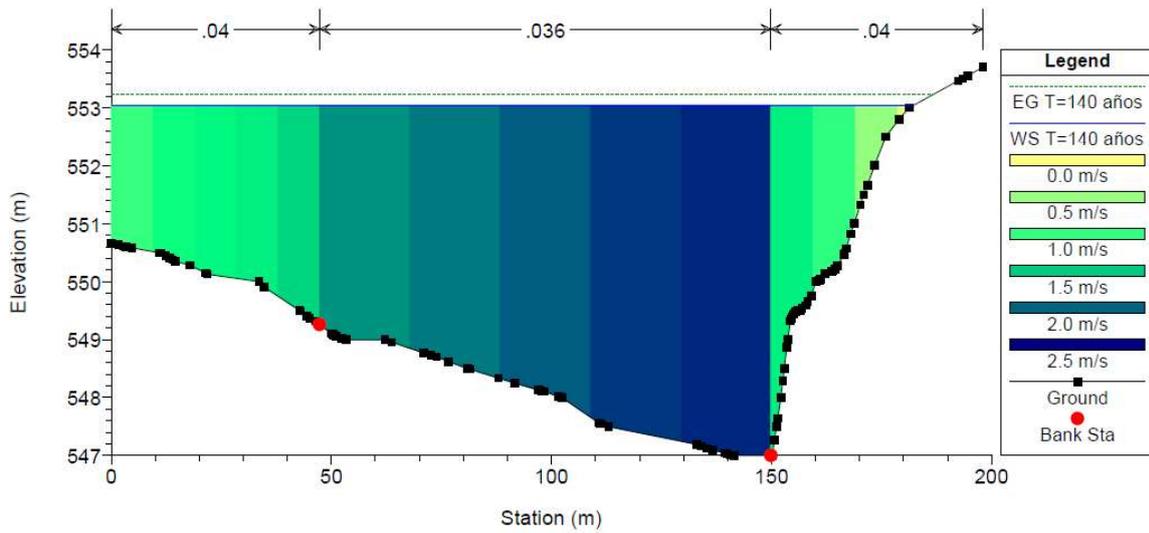




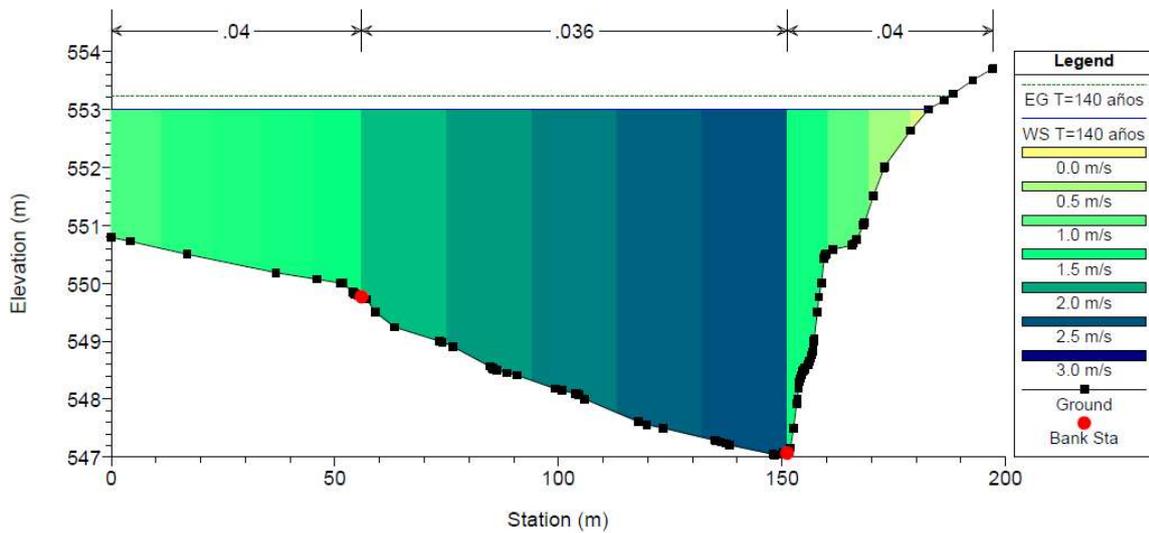
Huamuco Plan: Plan1 9/05/2022

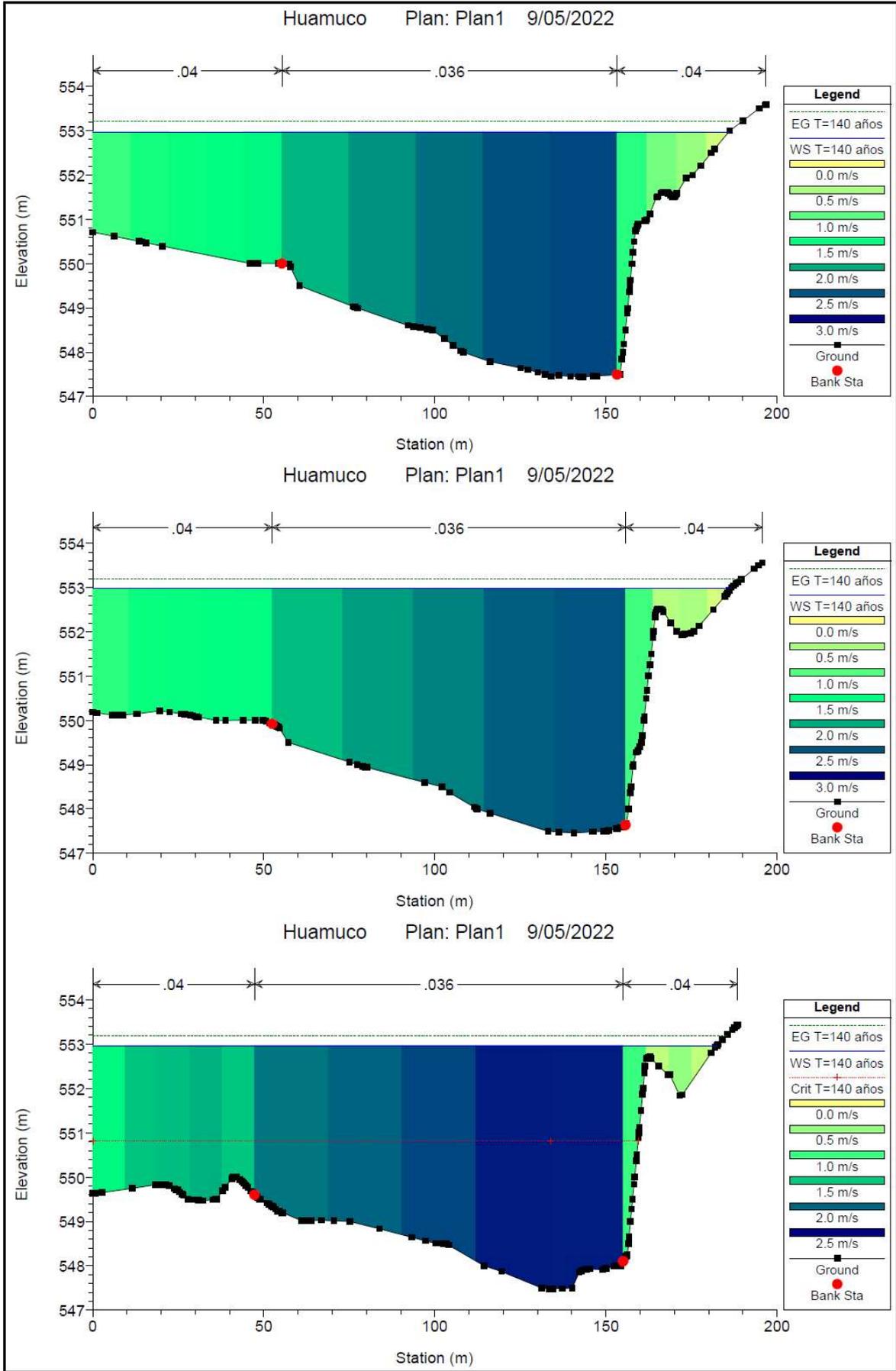


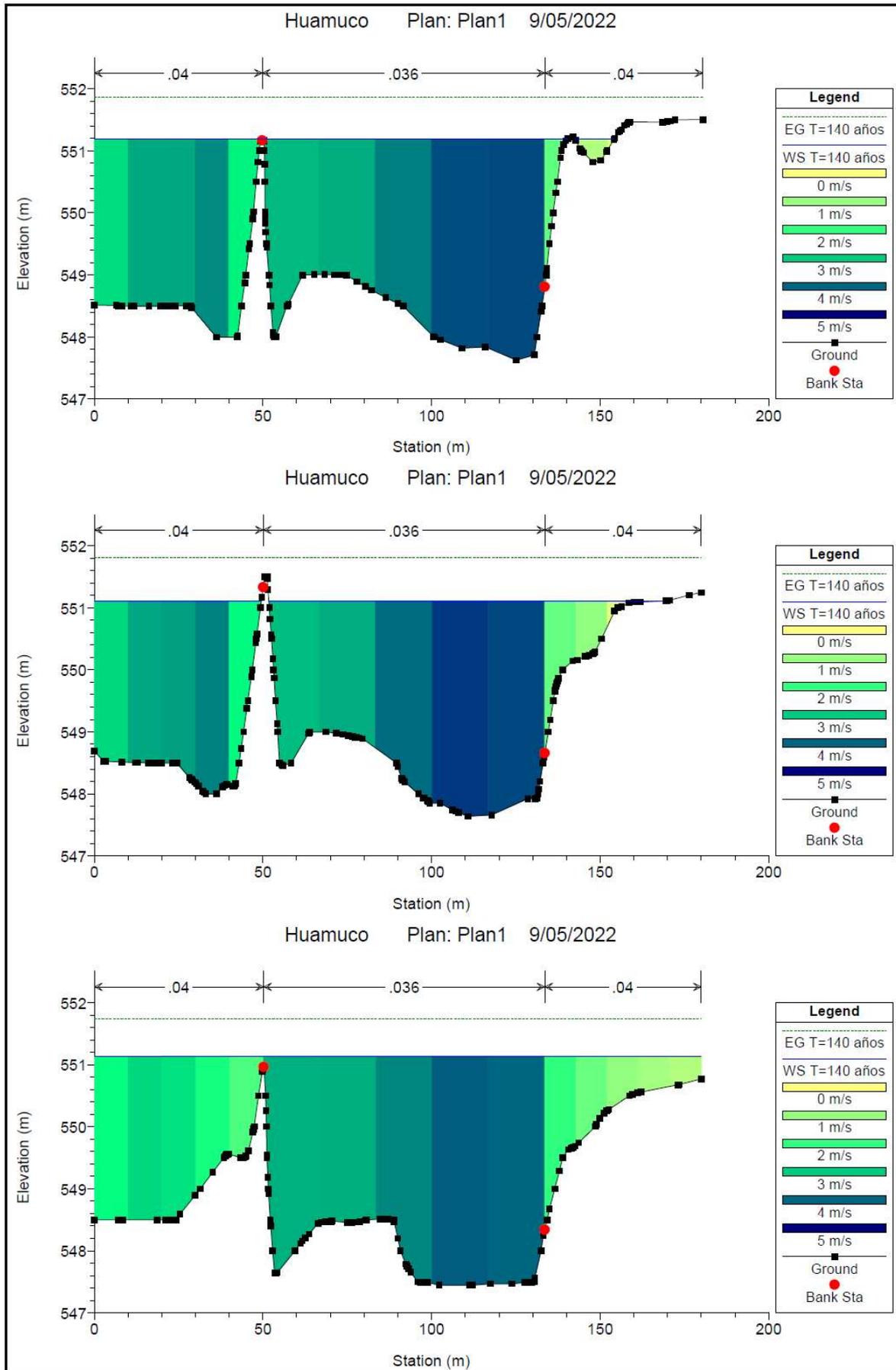
Huamuco Plan: Plan1 9/05/2022



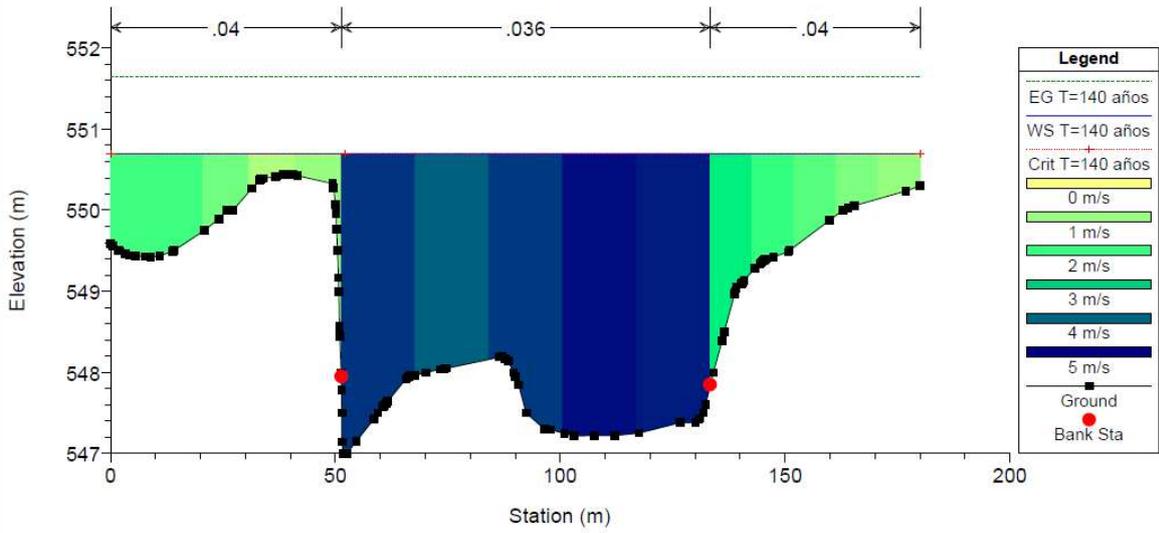
Huamuco Plan: Plan1 9/05/2022



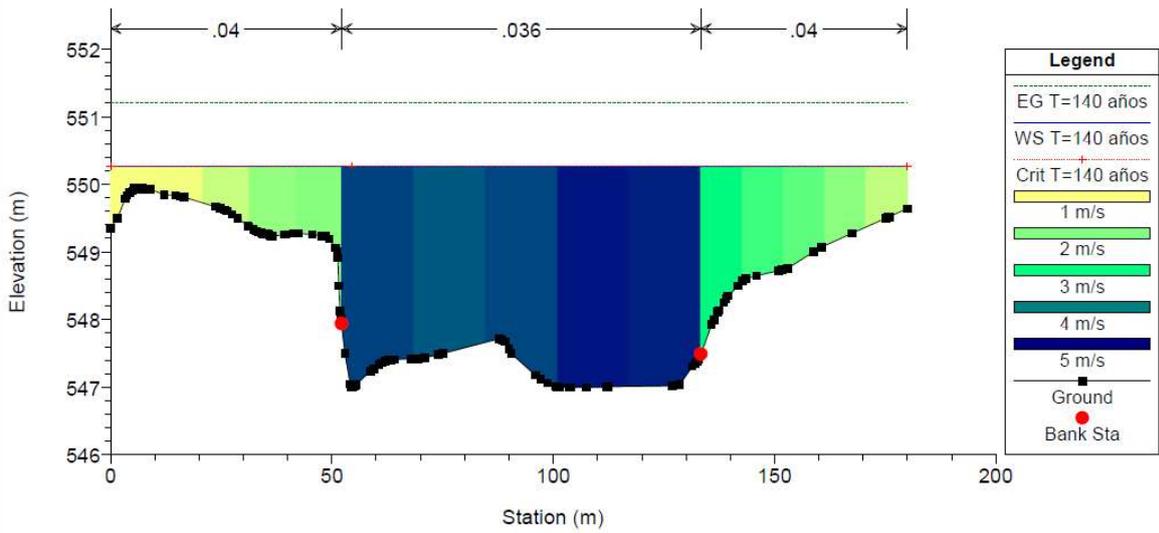




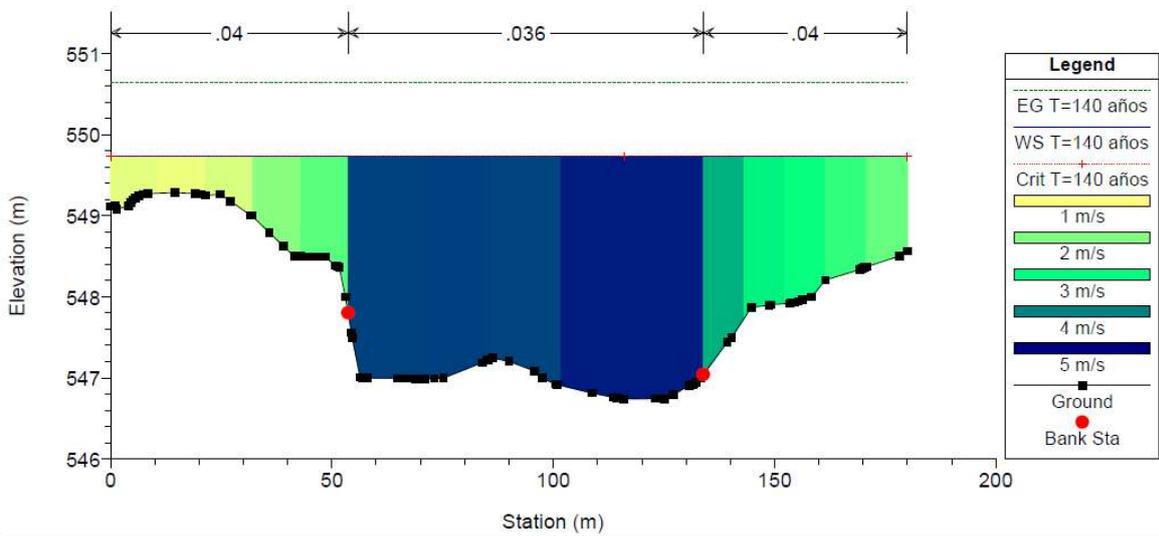
Huamuco Plan: Plan1 9/05/2022

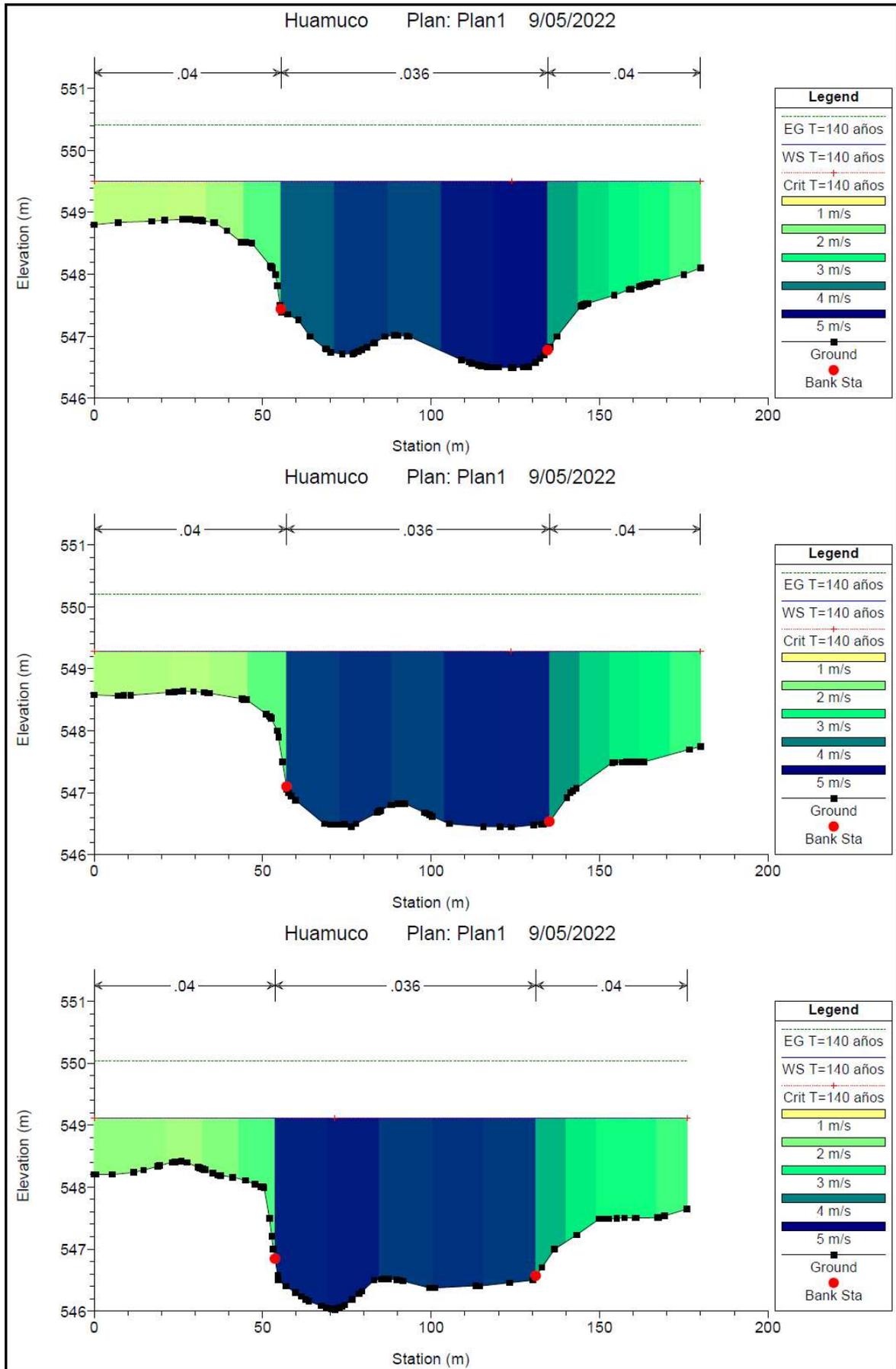


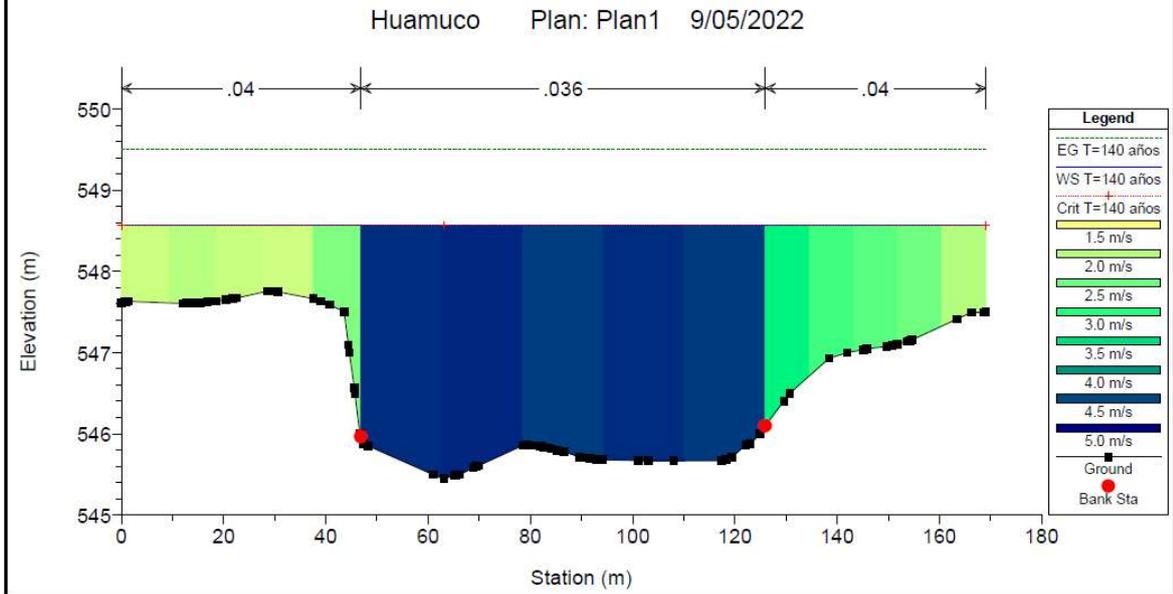
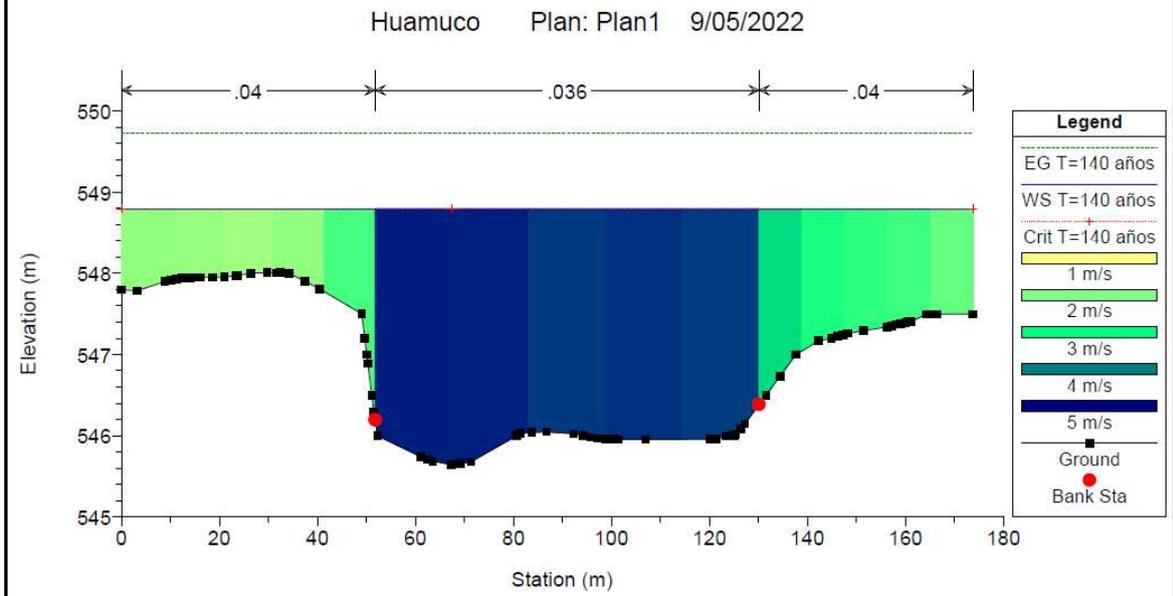
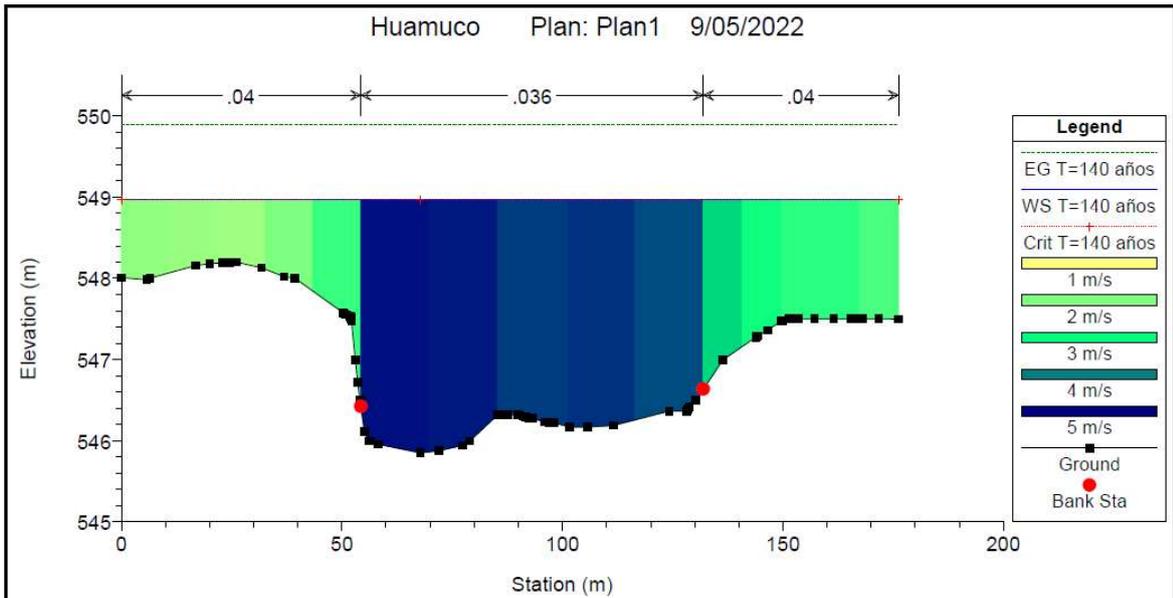
Huamuco Plan: Plan1 9/05/2022

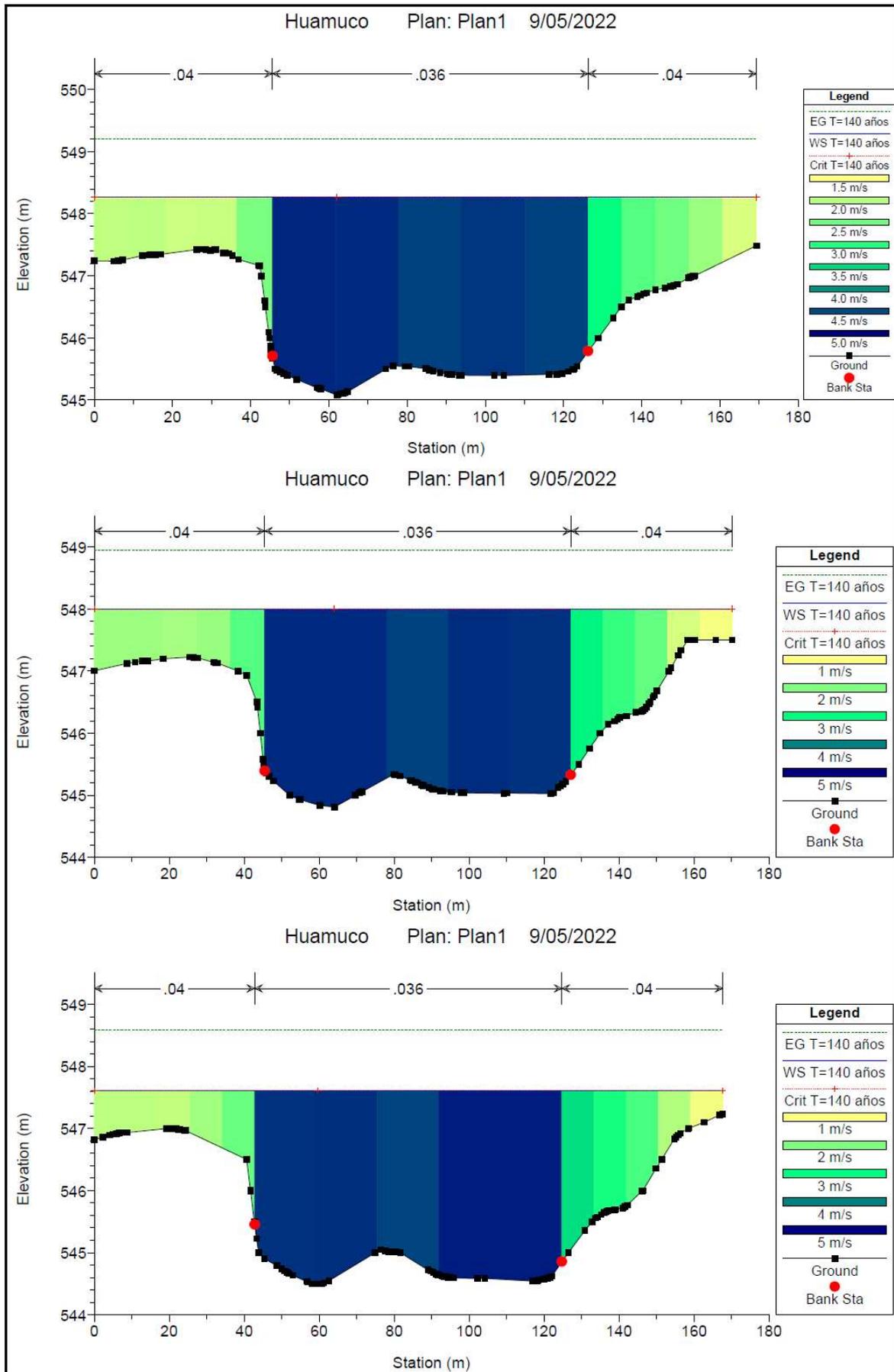


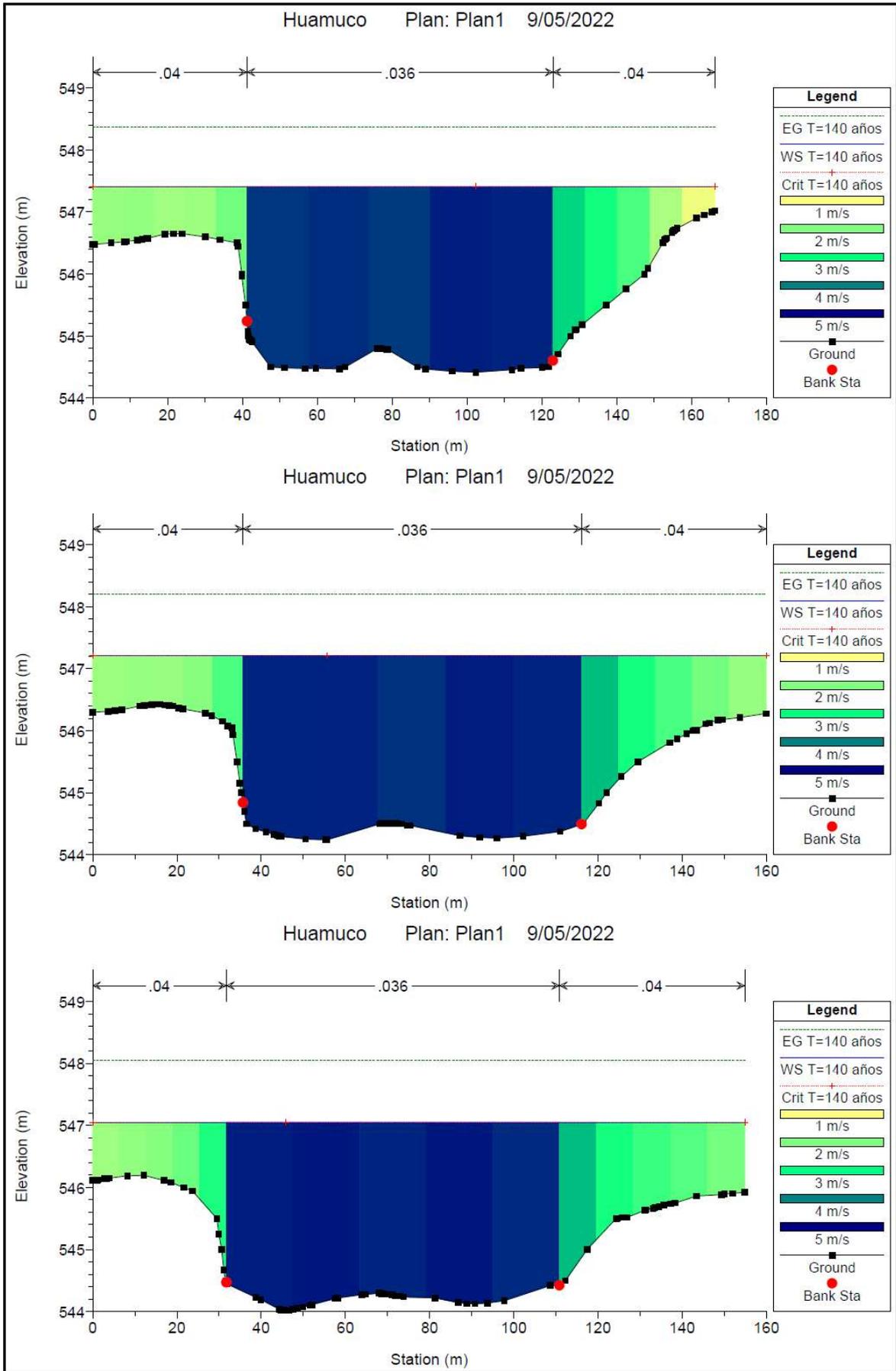
Huamuco Plan: Plan1 9/05/2022

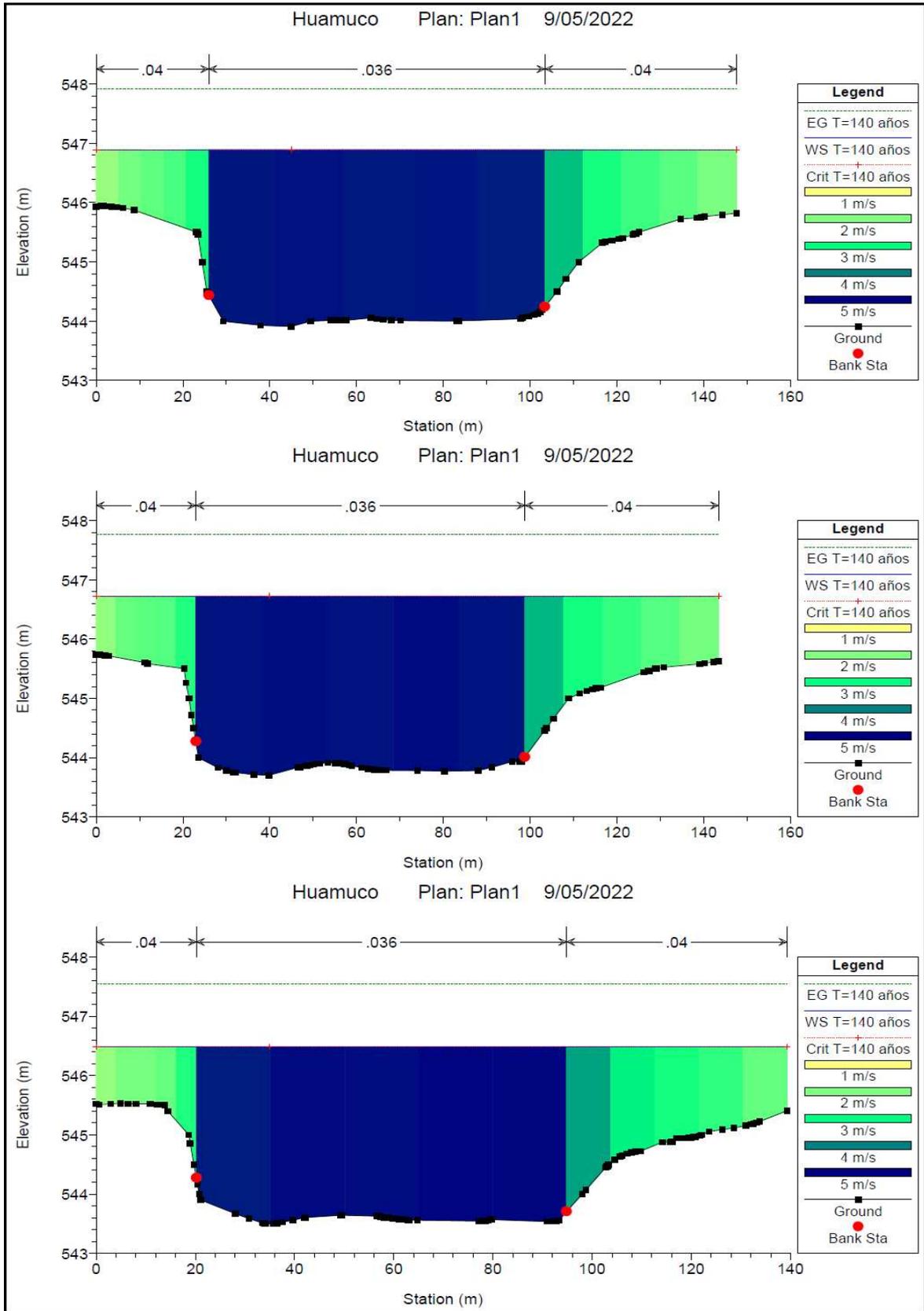




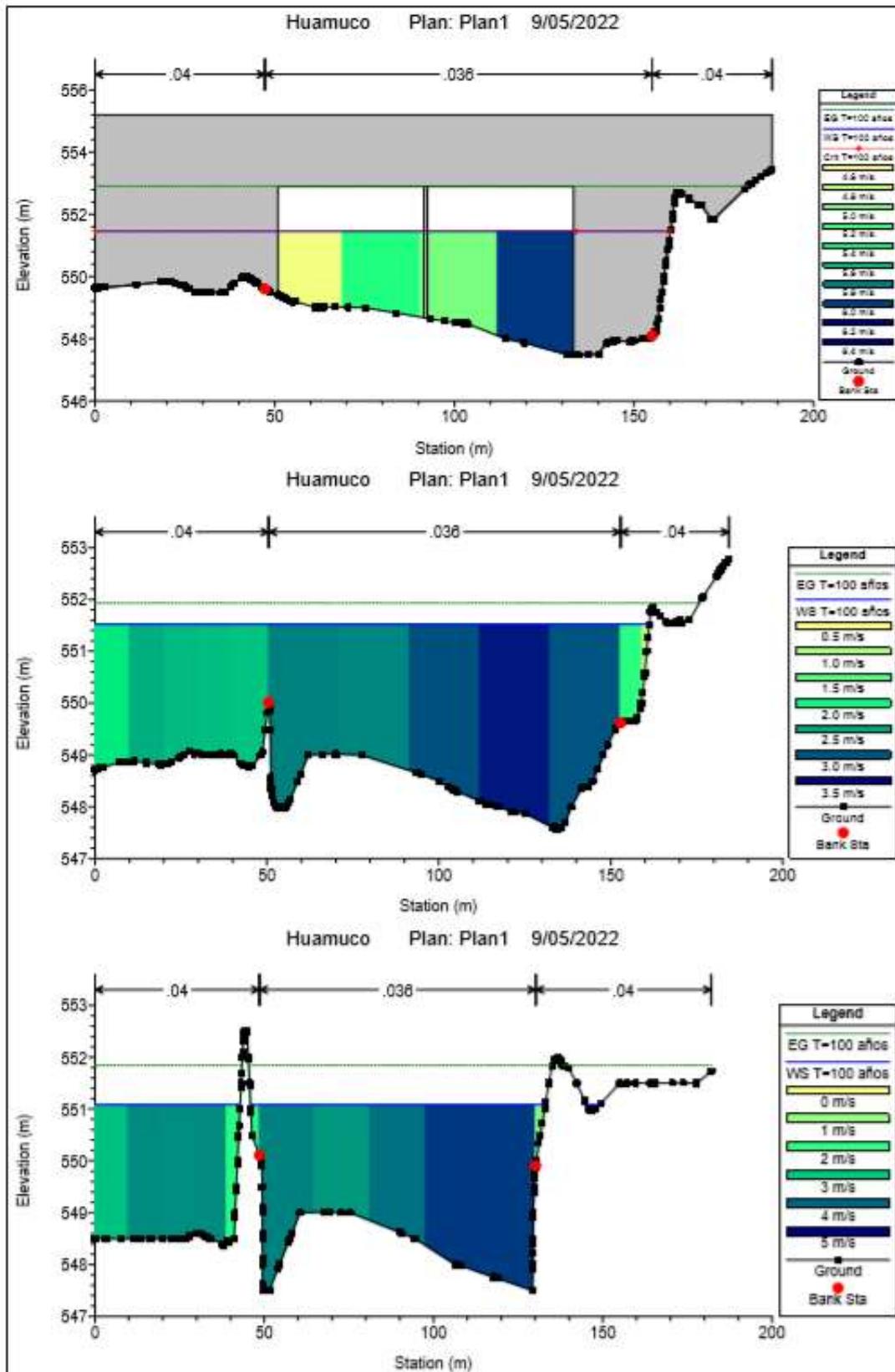




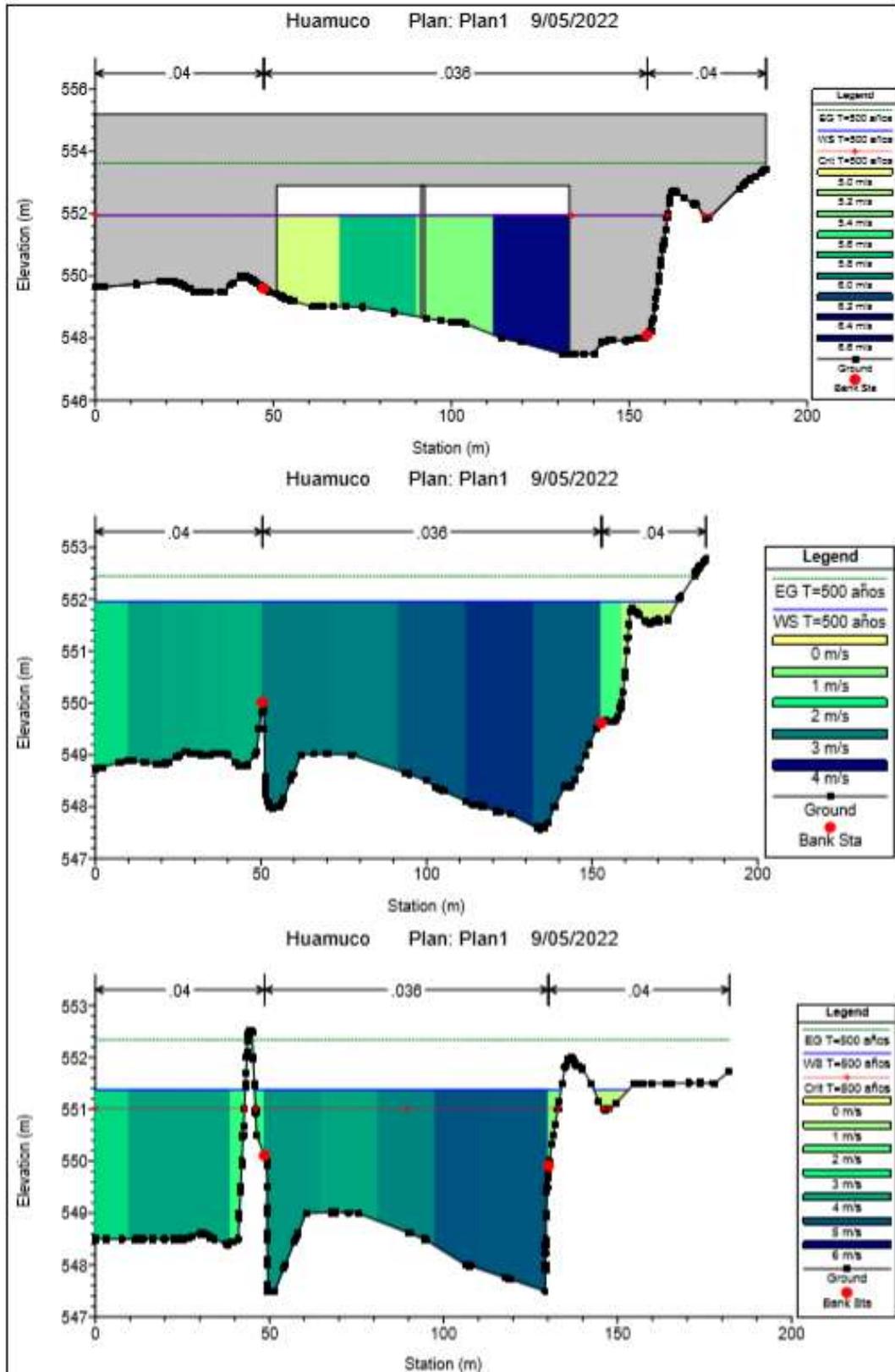




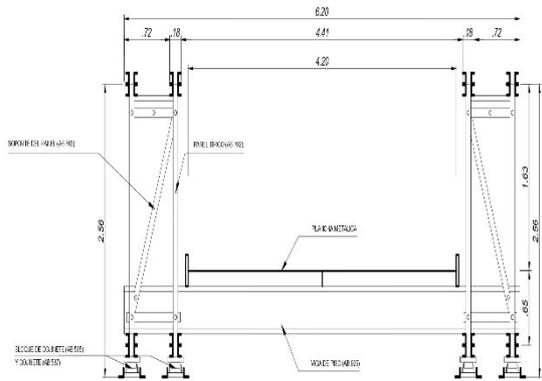
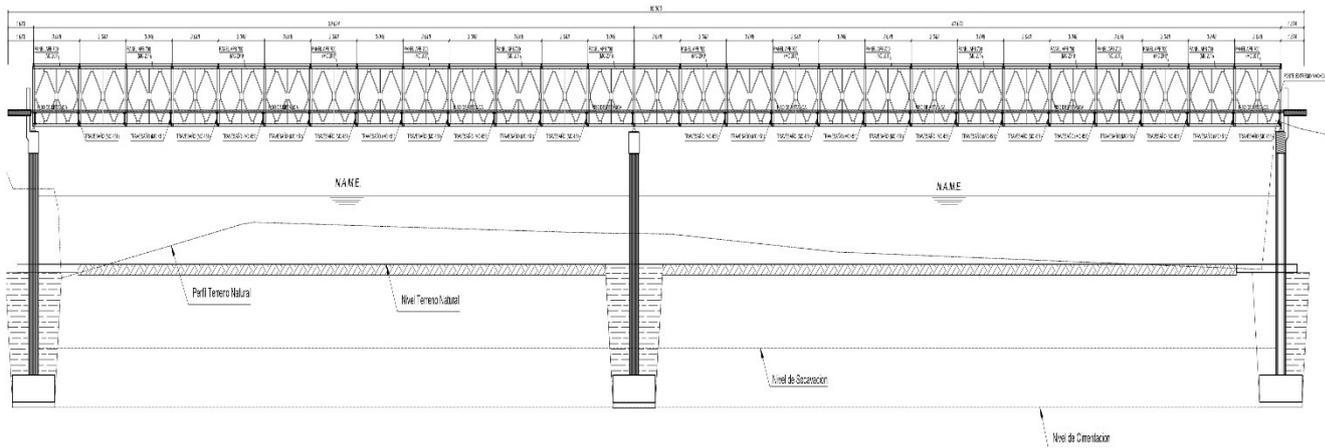
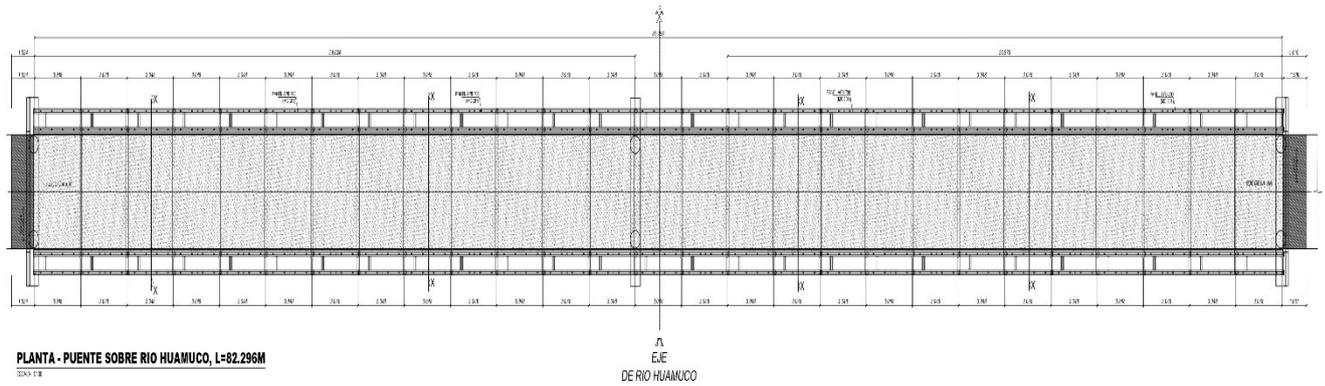
## PERFIL DE PROGRESIVAS DEL PUENTE PARA UN T= 100 AÑOS



## PERFIL DE PROGRESIVA DEL PUENTE PARA UN T=500 AÑOS



# ANEXOS 06. PLANO ESTRUCTURAL



**SECCION TÍPICA DE VÍA X-X**  
ESCALA: 1/20

**LEYENDA**

LOS DETALLES DE FUNDOS, APOYOS FIJOS Y MOVIL, PANELES, UNIDAD PISO, VIGA PISO, APROXIMACIONES, ARMADO Y LANZAMIENTO DE LA SUPERESTRUCTURA METÁLICA SE ESPERAN EN EL CATALOGO Y MANUAL DE PUENTES QUE SE ASUMEN EN EL EXPEDIENTE TÉCNICO.



## ANEXOS 07. PUNTOS TOPOGRÁFICOS

### PUNTOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

PROYECTO:

VULNERABILIDAD HIDRAULICO EN LA CREACION DEL PUENTE RIO HUAMUCO

Ubicación: Santa Rosa de Alto Yanajanca Distrito: Santa Rosa de Alto Yanajanca

Provincia: Maraón Departamento: Huánuco Zona: 18L

DATUM: **WGS 84** (World Geodetic System 1984) Sistema: UTM

NÚMERO DE PUNTOS	X(ESTE)	Y (NORTE)	Z (ELEVACIÓN)	DESCRIPCIÓN
1	356406.54	9042470.57	552.59	BM-1
2	356440.33	9042475.88	549.00	E-1
3	356499.64	9042442.90	551.50	E-2
4	356392.98	9042491.61	548.65	
5	356618.47	9042588.21	545.46	
6	356608.46	9042595.49	545.22	
7	356611.25	9042578.77	545.68	
8	356596.85	9042588.67	545.55	
9	356604.51	9042569.30	545.85	
10	356592.97	9042575.56	545.78	
11	356594.85	9042557.65	546.23	
12	356579.43	9042563.43	546.30	
13	356588.23	9042545.82	547.65	
14	356573.12	9042550.00	547.56	
15	356580.00	9042530.01	547.35	
16	356566.58	9042534.38	547.35	
17	356571.52	9042516.33	547.23	
18	356555.43	9042520.00	547.55	
19	356563.63	9042500.99	547.68	
20	356548.71	9042503.96	547.55	
21	356554.65	9042484.89	548.33	
22	356540.22	9042486.82	548.22	
23	356549.42	9042468.29	550.25	
24	356532.30	9042471.57	550.12	
25	356607.44	9042193.49	552.55	
26	356601.18	9042211.80	553.10	
27	356588.51	9042228.77	553.45	
28	356576.45	9042247.10	553.20	
29	356563.61	9042266.94	552.82	
30	356552.91	9042285.85	553.46	
31	356540.42	9042304.63	553.22	
32	356533.91	9042320.76	553.56	
33	356528.53	9042334.43	553.45	
34	356526.68	9042346.54	553.65	
35	356525.73	9042355.85	553.27	
36	356528.05	9042367.67	553.60	
37	356532.69	9042382.35	553.55	
38	356544.85	9042396.29	554.12	
39	356553.02	9042412.87	554.11	

NÚMERO DE PUNTOS	X(ESTE)	Y (NORTE)	Z (ELEVACIÓN)	DESCRIPCIÓN
40	356532.50	9042408.91	553.20	
41	356523.36	9042396.80	553.22	
42	356514.82	9042388.68	553.12	
43	356512.01	9042371.36	553.45	
44	356508.68	9042359.24	553.25	
45	356508.52	9042342.14	552.85	
46	356511.90	9042328.03	552.78	
47	356518.13	9042312.58	552.95	
48	356526.53	9042293.25	552.95	
49	356536.28	9042274.89	552.98	
50	356545.77	9042253.75	552.86	
51	356557.98	9042235.93	552.75	
52	356573.35	9042218.64	552.55	
53	356585.45	9042203.15	552.44	
54	356591.26	9042184.99	552.17	
55	356597.75	9042170.38	552.56	
56	356361.72	9042521.50	549.55	
57	356307.94	9042514.35	550.55	
58	356442.11	9042645.40	546.60	
59	356431.62	9042624.47	547.05	
60	356421.79	9042604.92	547.65	
61	356411.62	9042584.47	548.06	
62	356401.90	9042565.28	548.55	
63	356390.88	9042547.60	549.11	
64	356383.39	9042534.96	550.24	
65	356371.63	9042516.18	548.45	
66	356473.26	9042656.71	546.25	
67	356461.60	9042641.94	546.52	
68	356447.92	9042620.25	547.25	
69	356438.50	9042598.34	547.56	
70	356430.15	9042576.56	548.42	
71	356422.26	9042558.92	548.58	
72	356409.73	9042536.73	549.23	
73	356401.86	9042520.37	550.12	
74	356394.50	9042507.30	548.25	
75	356304.89	9042502.83	549.07	
76	356303.49	9042486.22	549.07	
77	356322.43	9042496.71	548.22	
78	356317.99	9042480.46	548.06	

NÚMERO DE PUNTOS	X(ESTE)	Y (NORTE)	Z (ELEVACIÓN)	DESCRIPCIÓN
79	356302.59	9042468.25	550.21	
80	356302.35	9042446.15	551.75	
81	356303.09	9042425.83	551.86	
82	356301.57	9042408.30	551.66	
83	356302.29	9042395.95	551.57	
84	356317.38	9042466.56	550.16	
85	356317.44	9042442.61	551.56	
86	356317.44	9042424.62	551.45	
87	356313.44	9042406.06	551.12	
88	356336.82	9042460.40	550.15	
89	356336.82	9042443.28	550.65	
90	356335.18	9042425.17	550.68	
91	356335.18	9042406.06	550.58	
92	356354.81	9042455.04	549.85	
93	356355.76	9042436.60	550.55	
94	356352.42	9042417.61	550.61	
95	356304.08	9042381.72	550.91	
96	356309.49	9042381.59	550.88	
97	356317.93	9042381.82	550.86	
98	356329.76	9042383.92	550.26	
99	356338.35	9042387.82	550.12	
100	356347.17	9042393.24	550.05	
101	356354.47	9042396.36	548.99	
102	356364.37	9042398.58	548.97	
103	356376.65	9042400.00	548.85	
104	356304.05	9042211.79	551.52	
105	356305.74	9042231.78	551.57	
106	356305.47	9042255.14	551.61	
107	356305.80	9042283.14	551.56	
108	356303.70	9042308.17	551.66	
109	356304.83	9042333.49	551.65	
110	356306.44	9042358.21	551.66	
111	356324.59	9042354.16	551.37	
112	356322.96	9042328.74	551.48	
113	356322.96	9042307.67	551.46	
114	356320.90	9042283.25	551.12	
115	356318.37	9042252.73	551.46	
116	356319.84	9042231.12	551.51	
117	356314.02	9042210.25	551.12	

NÚMERO DE PUNTOS	X(ESTE)	Y (NORTE)	Z (ELEVACIÓN)	DESCRIPCIÓN
118	356304.26	9042188.13	551.22	
119	356330.89	9042210.77	550.98	
120	356338.19	9042232.44	550.92	
121	356338.19	9042256.90	550.99	
122	356343.50	9042285.37	550.95	
123	356344.72	9042311.35	550.93	
124	356344.20	9042334.42	550.92	
125	356343.88	9042364.21	550.88	
126	356354.29	9042256.27	550.23	
127	356358.77	9042284.14	550.23	
128	356363.37	9042309.49	550.23	
129	356366.55	9042337.41	550.23	
130	356364.51	9042365.45	550.23	
131	356307.37	9042377.09	551.56	
132	356318.34	9042377.11	551.22	
133	356329.36	9042379.03	550.96	
134	356338.19	9042382.84	550.85	
135	356346.17	9042387.83	550.67	
136	356352.80	9042391.16	550.42	
137	356364.10	9042392.85	550.23	
138	356383.10	9042390.47	550.24	
139	356374.66	9042394.37	550.15	
140	356305.25	9042386.48	551.55	
141	356316.85	9042386.37	551.15	
142	356326.75	9042387.59	550.93	
143	356334.01	9042390.83	550.81	
144	356340.92	9042395.63	550.67	
145	356349.42	9042399.90	550.42	
146	356369.02	9042418.90	550.22	
147	356374.24	9042431.59	550.15	
148	356379.09	9042443.85	550.25	
149	356385.12	9042442.28	550.25	
150	356379.93	9042429.97	550.15	
151	356375.61	9042419.03	550.22	
152	356390.97	9042419.61	550.11	
153	356387.35	9042413.47	550.15	
154	356360.96	9042402.82	550.21	
155	356374.22	9042406.13	550.13	
156	356567.91	9042440.78	551.60	

NÚMERO DE PUNTOS	X(ESTE)	Y (NORTE)	Z (ELEVACIÓN)	DESCRIPCIÓN
157	356339.22	9042512.12	548.20	
158	356347.90	9042509.55	548.60	
159	356367.93	9042502.49	548.65	
160	356385.27	9042497.94	548.55	
161	356405.72	9042491.61	547.80	
162	356327.86	9042473.77	548.70	
163	356336.54	9042471.20	548.70	
164	356354.21	9042464.92	549.40	
165	356375.49	9042459.15	549.80	
166	356393.22	9042453.61	549.80	
167	356334.20	9042495.29	548.45	
168	356342.93	9042492.77	548.10	
169	356362.10	9042486.52	548.80	
170	356380.92	9042480.67	548.20	
171	356395.01	9042476.60	548.20	
172	356332.97	9042490.22	548.10	
173	356341.45	9042487.77	548.40	
174	356360.31	9042481.63	548.20	
175	356379.64	9042475.61	548.00	
176	356393.77	9042471.53	548.60	
177	356402.75	9042476.77	547.75	
178	356400.00	9042476.83	548.00	
179	356397.84	9042473.23	548.20	
180	356397.41	9042471.77	548.40	
181	356397.36	9042469.26	548.60	
182	356401.27	9042468.00	548.30	
183	356402.70	9042471.68	548.10	
184	356405.23	9042474.83	547.80	
185	356657.47	9042450.41	549.00	
186	356637.81	9042454.06	549.75	
187	356618.13	9042457.71	550.00	
188	356596.39	9042460.27	554.25	
189	356574.02	9042461.00	550.50	
190	356553.19	9042460.13	550.75	
191	356533.25	9042458.61	550.90	
192	356517.98	9042459.92	551.00	
193	356650.17	9042411.08	550.00	
194	356630.51	9042414.73	550.50	
195	356610.86	9042418.37	551.00	

NÚMERO DE PUNTOS	X(ESTE)	Y (NORTE)	Z (ELEVACIÓN)	DESCRIPCIÓN
196	356592.91	9042420.42	551.50	
197	356575.37	9042421.02	552.00	
198	356556.23	9042420.24	552.50	
199	356536.29	9042418.72	553.45	
200	356511.95	9042420.38	553.20	
201	356658.85	9042427.53	550.80	
202	356659.07	9042432.06	549.80	
203	356658.96	9042429.79	550.60	
204	356646.70	9042429.78	551.00	
205	356647.52	9042434.21	550.60	
206	356647.24	9042431.97	550.80	
207	356627.91	9042437.85	550.90	
208	356627.10	9042433.42	551.20	
209	356627.63	9042435.61	551.00	
210	356607.63	9042436.96	551.40	
211	356608.03	9042441.44	551.00	
212	356607.89	9042439.19	551.20	
213	356587.92	9042438.68	551.10	
214	356587.89	9042443.20	552.40	
215	356588.03	9042440.93	551.40	
216	356568.03	9042438.53	551.80	
217	356567.78	9042443.03	551.40	
218	356548.11	9042437.42	552.00	
219	356547.77	9042441.91	551.60	
220	356548.07	9042439.68	551.80	
221	356528.21	9042440.42	551.60	
222	356528.04	9042435.89	551.30	
223	356528.12	9042438.16	551.70	
224	356514.32	9042437.97	551.00	
225	356515.39	9042442.36	551.70	
226	356514.98	9042440.15	551.80	
227	356487.54	9042443.00	547.50	
228	356487.06	9042444.25	547.50	
229	356486.75	9042446.24	547.50	
230	356487.10	9042447.29	547.50	
231	356487.49	9042448.48	547.50	
232	356488.56	9042450.39	547.50	
233	356492.63	9042439.88	548.50	
234	356488.48	9042443.36	550.49	

# ANEXOS 08. DATOS ESTADÍSTICOS

## DATO DUDOSO DE CACHICOTO

**Cuadro 1: REGISTRO HISTÓRICO**  
**ESTACIÓN CACHICOTO**

Estación : CACHICOTO  
Parámetro : Precipitación máxima en 24hrs

Longitud : 76.21°  
Latitud : 9.11°  
Altitud : 890 msnm

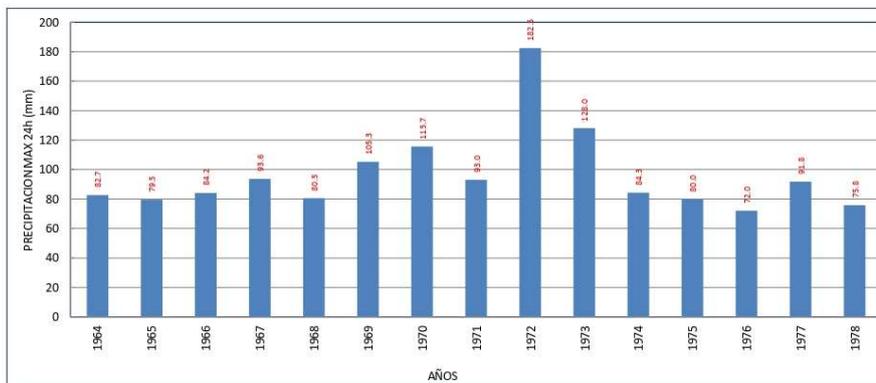
Dpto. :  
Prov. :  
Dist. :

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	MÁXIMO
1964	20.2	56.7	65.5	60.5	66.2	82.7	34.8	29.0	30.0	37.4	37.0	38.3	82.7
1965	58.0	52.0	39.7	34.5	26.5	40.2	40.8	27.0	48.2	79.5	57.4	75.1	79.5
1966	84.2	33.4	66.8	44.2	75.5	23.5	38.4	32.0	47.2	82.0	35.0	65.6	84.2
1967	42.5	70.5	67.2	43.8	44.0	54.0	51.0	49.0	60.0	60.0	28.5	93.6	93.6
1968	45.5	33.6	45.6	41.0	47.5	27.8	35.0	42.5	75.5	72.2	80.5	37.0	80.5
1969	105.3	72.0	69.5	60.5	27.0	50.4	26.0	57.8	44.2	74.0	45.5	44.7	105.3
1970	39.4	46.2	64.0	55.4	37.0	58.0	66.0	25.5	43.7	34.0	50.0	115.7	115.7
1971	34.8	83.4	93.0	34.0	58.0	58.5	18.8	29.5	44.5	58.4	63.2	87.2	93.0
1972	48.7	60.1	56.5	46.2	64.4	22.8	79.0	182.5	118.2	68.5	66.0	81.7	182.5
1973	128.0	90.5	59.8	67.5	61.2	60.8	40.3	60.4	31.8	62.5	48.0	68.0	128.0
1974	84.3	55.6	66.7	57.2	32.6	53.5	72.0	57.2	58.7	54.4	51.3	28.0	84.3
1975	63.0	77.0	80.0	47.2	40.0	35.4	29.2	30.0	50.2	38.4	59.8	41.0	80.0
1976	43.4	59.4	45.2	60.9	34.6	47.6	30.2	71.0	55.0	36.0	72.0	65.6	72.0
1977	57.2	60.6	60.4	53.0	40.3	42.0	91.8	59.1	36.4	73.6	51.2	48.3	91.8
1978	41.0	38.7	52.0	75.8	38.3	29.5	46.5	30.0	48.2	31.0	53.2	63.6	75.8
PROMEDIO	59.7	59.3	62.1	52.1	46.2	45.8	46.7	52.2	52.8	57.5	53.2	63.6	96.59
DESV. EST.	29.0	17.2	13.7	12.0	15.3	16.5	21.2	39.1	21.4	17.9	14.0	24.5	28.30
MÁXIMO	128.0	90.5	93.0	75.8	75.5	82.7	91.8	182.5	118.2	82.0	80.5	115.7	182.50
MÍNIMO	20.2	33.4	39.7	34.0	26.5	22.8	18.8	25.5	30.0	31.0	28.5	28.0	72.00
Nº Datos	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.00

S/D: Sin Dato FUENTE: SENAMH/IANA

53.2 Datos completados con el promedio historico del mes

**Histograma Histórico**  
**ESTACIÓN CACHICOTO**



**CUADRO 2: PRUEBA DE DATOS DUDOSOS**

**DATOS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS  
ESTACIÓN CACHICOTO**

Nº	AÑO	ORDEN	P24	log(P24)
1	1964	10	82.70	1.9175
2	1965	13	79.50	1.9004
3	1966	9	84.20	1.9253
4	1967	5	93.60	1.9713
5	1968	11	80.50	1.9058
6	1969	4	105.30	2.0224
7	1970	3	115.70	2.0633
8	1971	6	93.00	1.9685
9	1972	1	182.50	2.2613
10	1973	2	128.00	2.1072
11	1974	8	84.30	1.9258
12	1975	12	80.00	1.9031
13	1976	15	72.00	1.8573
14	1977	7	91.80	1.9628
15	1978	14	75.80	1.8797
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				
46				
47				
48				
49				

Numero de datos n	14	14
Máximo	128.0	2.1
Mínimo	72.0	1.857
Promedio $\bar{x}$	90.46	1.95
Desviación estándar s	15.9480	0.0713
Coficiente asimetría Cs	1.2941	1.0065
Cs/6 k	0.2157	0.1678

**PRUEBA DE DATOS DUDOSOS (Método Water Resources Council)**

$$n = 14$$

$$Kn = 2.247^*$$

Kn: valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)

→ Umbral de datos dudosos altos (x: unid. logarítmicas)

$$x_H = \bar{x} + Kn \cdot s \quad x_H = 2.11$$

Precipitación máxima aceptada

$$PH = 10^{x_H} \quad PH = 129.1 \text{ mm}$$

→ Umbral de datos dudosos bajos (x: unid. logarítmicas)

$$x_L = \bar{x} - Kn \cdot s \quad x_L = 1.790$$

Precipitación mínima aceptada

$$PL = 10^{x_L} \quad PL = 61.7 \text{ mm}$$

**Nota:** Se observa que la Pmax24 tiene un dato (1972) por encima del umbral máximo. Por lo tanto, el dato es considerado como dudoso, por lo que será excluido para posteriores análisis.

\* Referencia: Tabla 12.5.3 - Hidrología Aplicada, Ven Te Chow

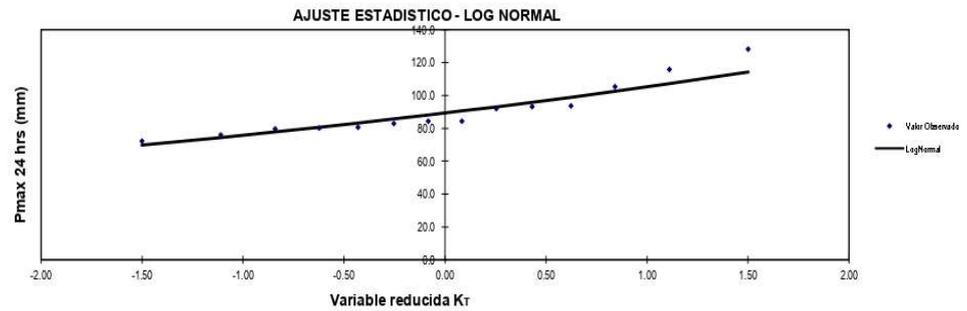
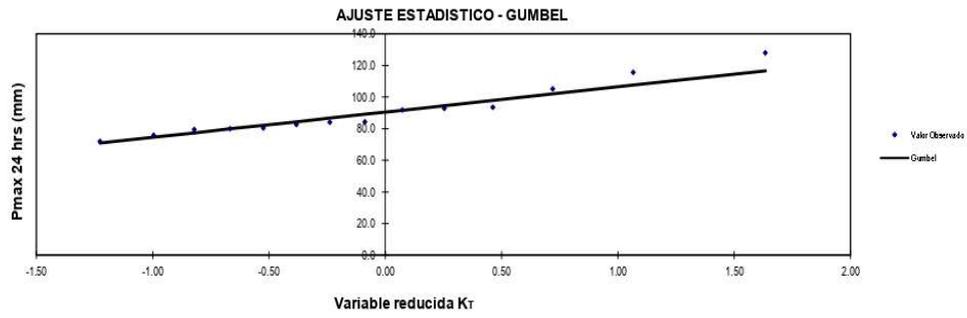
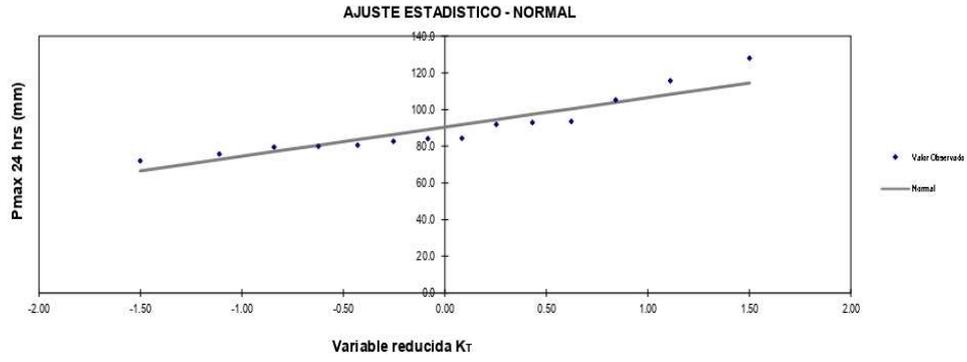
**Cuadro 4.2: DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDADES - GRÁFICA DE PROBABILIDADES ESTACIÓN CACHICOTO**

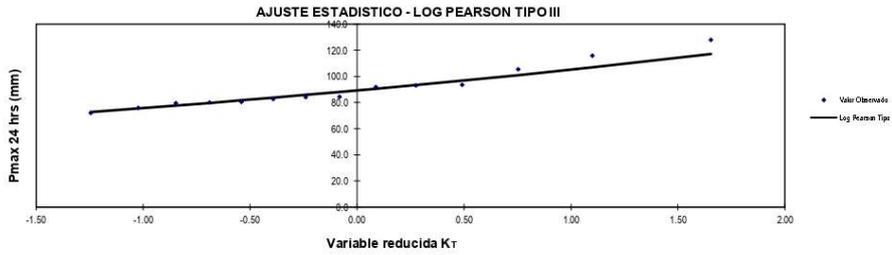
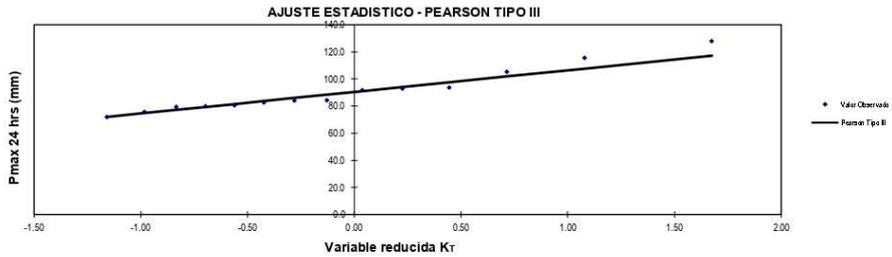
P24		log(P24)	
Numero de datos: n	14		
Promedio: $\bar{x}$	90.46	1.95	
Desviación estándar: s	15.95	0.07	
Coficiente asimetría: Cs	1.29	1.01	
Cs/6: k	0.22	0.17	

ESTACIÓN CACHICOTO														
N	T	P(X≤T)	VALOR OBSERVADO		NORMAL		GUMBEL		LOGNORMAL		PEARSON III		LOGPEARSON III	
			P24	log(P24)	K <sub>T</sub>	ESPERADO								
1	15.00	6.67%	128.0	2.1072	1.5011	114.4	1.6347	116.5	1.5011	114.2	1.6750	117.2	1.6539	117.1
2	7.50	13.33%	115.7	2.0633	1.1108	108.2	1.0658	107.5	1.1108	107.1	1.0793	107.7	1.1002	107.0
3	5.00	20.00%	105.3	2.0224	0.8416	103.9	0.7195	101.9	0.8416	102.5	0.7146	101.9	0.7530	101.0
4	3.75	26.67%	93.6	1.9713	0.6229	100.4	0.4627	97.8	0.6229	98.9	0.4444	97.5	0.4909	96.8
5	3.00	33.33%	93.0	1.9685	0.4307	97.3	0.2538	94.5	0.4307	95.8	0.2255	94.1	0.2748	93.4
6	2.50	40.00%	91.8	1.9628	0.2533	94.5	0.0737	91.6	0.2533	93.1	0.0383	91.1	0.0869	90.6
7	2.14	46.67%	84.3	1.9258	0.0837	91.8	-0.0881	89.1	0.0837	90.5	-0.1280	88.4	-0.0828	88.1
8	1.88	53.33%	84.2	1.9253	-0.0837	89.1	-0.2383	86.7	-0.0837	88.1	-0.2801	86.0	-0.2409	85.8
9	1.67	60.00%	82.7	1.9175	-0.2533	86.4	-0.3819	84.4	-0.2533	85.6	-0.4229	83.7	-0.3920	83.7
10	1.50	66.67%	80.5	1.9058	-0.4307	83.6	-0.5234	82.1	-0.4307	83.2	-0.5602	81.5	-0.5403	81.7
11	1.36	73.33%	80.0	1.9031	-0.6229	80.5	-0.6675	79.8	-0.6229	80.6	-0.6958	79.4	-0.6904	79.7
12	1.25	80.00%	79.5	1.9004	-0.8416	77.0	-0.8211	77.4	-0.8416	77.8	-0.8342	77.2	-0.8480	77.7
13	1.15	86.67%	75.8	1.8797	-1.1108	72.7	-0.9963	74.6	-1.1108	74.4	-0.9828	74.8	-1.0238	75.5
14	1.07	93.33%	72.0	1.8573	-1.5011	66.5	-1.2268	70.9	-1.5011	69.8	-1.1592	72.0	-1.2452	72.8

T: Periodo de retorno en años

P: Probabilidad de ocurrencia



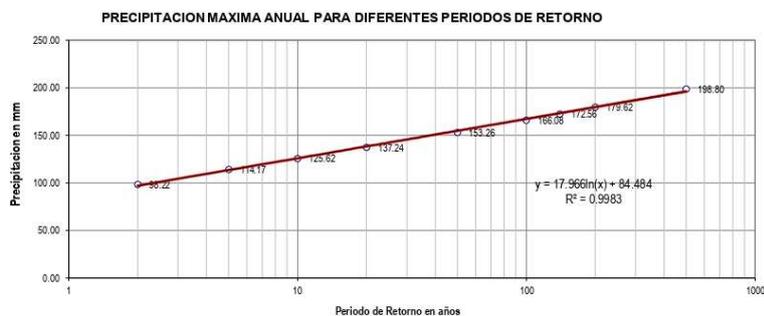


**CUADRO 5.2: PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE KOLMOGOROV - SMIRNOV**  
**ESTACIÓN CACHICOTO**

m	$x_m$	$F_m(x_m)$	$F(x_m)$	$ F_m(x_m) - F(x_m) $	$F(x_m)$	$ F_m(x_m) - F(x_m) $	$F(x_m)$	$ F_m(x_m) - F(x_m) $	$F(x_m)$	$ F_m(x_m) - F(x_m) $	$F(x_m)$	$ F_m(x_m) - F(x_m) $
			Normal	Normal	Log - Normal	Log - Normal	Pearson III	Pearson III	Log Pearson III	Log Pearson III	Gumbell	Gumbell
1	128.00	0.933333	0.99071558	0.05738	0.985855	0.05252	0.970675	0.03734	0.967440	0.03411	0.9730	0.03962
2	115.70	0.866667	0.94326676	0.07660	0.842740	0.07607	0.925688	0.05902	0.926375	0.05871	0.9289	0.06225
3	105.90	0.800000	0.82369636	0.04400	0.842594	0.04250	0.842221	0.04232	0.850480	0.05048	0.8435	0.04351
4	93.60	0.733333	0.57811312	0.15522	0.613233	0.12010	0.687146	0.07619	0.671087	0.06225	0.6466	0.08676
5	93.00	0.666667	0.56334145	0.10333	0.588167	0.06850	0.644241	0.02243	0.658004	0.00866	0.6328	0.03388
6	91.60	0.600000	0.53355212	0.06645	0.567314	0.03269	0.617208	0.01721	0.630481	0.03048	0.6041	0.00411
7	84.90	0.533333	0.34972937	0.19361	0.363420	0.16991	0.417433	0.11590	0.418723	0.11481	0.3980	0.13531
8	84.20	0.466667	0.34740133	0.11927	0.360712	0.10595	0.414395	0.05227	0.415040	0.05163	0.3951	0.07159
9	82.70	0.400000	0.31334129	0.08666	0.320612	0.07939	0.368583	0.03142	0.365960	0.03404	0.3507	0.04927
10	80.50	0.333333	0.26619894	0.06713	0.264394	0.06933	0.300283	0.03305	0.291594	0.04175	0.2864	0.04698
11	80.00	0.266667	0.25600815	0.01066	0.252047	0.01462	0.284417	0.01775	0.274464	0.00780	0.2720	0.00537
12	79.50	0.200000	0.2460246	0.04602	0.240022	0.04002	0.289264	0.06926	0.257386	0.05739	0.2579	0.05788
13	75.80	0.133333	0.17903293	0.04570	0.159535	0.02620	0.156399	0.02307	0.137384	0.00405	0.1612	0.02790
14	72.00	0.066667	0.12356861	0.06690	0.095185	0.02852	0.057804	0.00886	0.041842	0.02512	0.0840	0.01731
n	14		0.18361			0.16591		0.11590		0.11461		0.13531
$\alpha$	0.05		Si se ajusta			Si se ajusta		Si se ajusta		Si se ajusta		Si se ajusta
Crítico	0.35106		Mejor Ajuste	5		4		2		1		3

**Cuadro 6.2: PRECIPITACIONES MÁXIMAS ANUALES EN 24 HORAS**

ESTACIÓN CACHICOTO															
		Promedio : $x = 90.46$ $y = 1.95$				Coeficiente de corrección de Pmax por N° de lecturas (OMM)									
		Desviación estándar : $s = 15.9480$ $sy = 0.0713$				f(1 lecturas) = <b>1.13</b>									
		Ca/6 : $k = 0.2157$ $k = 0.1678$													
T (años)	P(X ≤ x <sub>T</sub> )	DISTRIB. NORMAL		DISTRIB. GUMBELL		DISTRIB. LOGNORMAL		DISTRIB. PEARSON III		DISTRIB. LOG PEARSON III			P <sub>max</sub> mm	P <sub>max</sub> (corregida) mm	
		K <sub>T</sub>	x <sub>T</sub>	K <sub>T</sub>	x <sub>T</sub>	K <sub>T</sub>	x <sub>T</sub>	10 <sup>4</sup> x <sub>T</sub>	K <sub>T</sub>	x <sub>T</sub>	K <sub>T</sub>	X <sub>1</sub>	10 <sup>4</sup> x <sub>T</sub>		
2	0.500	0.0000	90.46	-0.1643	87.8	0.00	1.9507	89.3	-0.2055	87.2	-0.1630	1.9391	86.92	<b>86.92</b>	<b>98.22</b>
5	0.800	0.8416	103.88	0.7195	101.9	0.84	2.0108	102.5	0.7146	101.9	0.7530	2.0045	101.03	<b>101.03</b>	<b>114.17</b>
10	0.900	1.2816	110.90	1.3046	111.3	1.28	2.0422	110.2	1.3300	111.7	1.3350	2.0460	111.17	<b>111.17</b>	<b>125.62</b>
20	0.950	1.6449	116.69	1.8658	120.2	1.64	2.0681	117.0	1.9153	121.0	1.8734	2.0844	121.45	<b>121.45</b>	<b>137.24</b>
50	0.980	2.0537	123.21	2.5923	131.8	2.05	2.0973	125.1	2.6634	132.9	2.5457	2.1324	135.63	<b>135.63</b>	<b>153.26</b>
100	0.990	2.3263	127.56	3.1367	140.5	2.33	2.1167	130.8	3.2177	141.8	3.0347	2.1672	146.97	<b>146.97</b>	<b>166.08</b>
140	0.993	2.4500	129.53	3.4001	144.7	2.45	2.1255	133.5	3.4843	146.0	3.2676	2.1839	152.70	<b>152.70</b>	<b>172.56</b>
200	0.995	2.5758	131.54	3.6791	149.1	2.58	2.1345	136.3	3.7658	150.5	3.5119	2.2013	158.96	<b>158.96</b>	<b>179.62</b>
500	0.998	2.8782	136.36	4.3947	160.5	2.88	2.1561	143.2	4.4844	162.0	4.1296	2.2453	175.93	<b>175.93</b>	<b>198.80</b>



## ANEXOS 06. CONSTANCIAS DE PERMISOS OTORGADOS

# CONSORCIO SUPERVISOR PROGRESO

"Año del Bicentenario del Perú: 200 Años de Independencia"

---

### CONSTANCIA DE AUTORIZACION

EL JEFE DE SUPERVISION ING. JULIO R. SANTILLAN JESUS

Mediante el presente documento se le acredita y al mismo tiempo se le autoriza al Bachiller de Ingeniería civil, MURAYARI FAUSTINO HECTOR ANDRES con DNI N° 74580595 de la Escuela Profesional de INGENIERIA CIVIL, realizar su Tesis (INFORME DE INVESTIGACION), en el Distrito de Santa rosa de Alto Yanajanca, Departamento de Huánuco, Título de la tesis: "Vulnerabilidad Hidráulica para la construcción del Puente en el Rio Huamuco, Santa Rosa, distrito alto Yanajanca, Huánuco", de la UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO. Por consiguiente, se le faculta y autoriza para los fines de estudio e investigación que realice

JULIO RONALDO  
SANTILLAN JESUS  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 174805

---

ING. Julio R. Santillan Jesus  
D.N.I. N° 43432717

---

CONSTANCIA DE AUTORIZACION





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, SAGASTEGUI VASQUEZ GERMAN, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - HUARAZ, asesor de Tesis titulada: "Vulnerabilidad Hidráulica para la Construcción del Puente en Río Huamuco, Santa Rosa, Distrito Alto Yanajanca, Huánuco", cuyo autor es MURAYARI FAUSTINO HECTOR ANDRES, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

HUARAZ, 29 de Setiembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
SAGASTEGUI VASQUEZ GERMAN <b>DNI:</b> 45373822 <b>ORCID:</b> 0000-0003-3182-3352	Firmado electrónicamente por: GSAGASTEGUIVA el 29-09-2022 12:12:07

Código documento Trilce: TRI - 0431473