

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Determinación de zonas inundables mediante simulación hidráulica bidimensional aplicando HEC-RAS 5.0.7 en un tramo del río Ramis, distrito de Taraco - Huancané-Puno

Por:

Jhan Carlos Arratea Juli

Yelitza Mamani Benavente

Asesor:

Ing. Renny Daniel Diaz Aguilar

Juliaca, agosto de 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Renny Daniel Diaz Aguilar, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de ingeniería ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: “DETERMINACIÓN DE ZONAS INUNDABLES MEDIANTE SIMULACIÓN HIDRÁULICA BIDIMENSIONAL APLICANDO HEC-RAS 5.0.7 EN UN TRAMO DEL RÍO RAMIS, DISTRITO DE TARACO - HUANCANÉ-PUNO” constituye la memoria que presentan los estudiantes Jhan Carlos Arratea Juli y Yelitza Mamani Benavente para aspirar al grado académico de bachiller en Ingeniería Ambiental, ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

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

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 09 días del mes de septiembre del año 2020



Ing. Renny Daniel Diaz Aguilar
DNI 40192228
Asesor

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 07 día(s) del mes de agosto del año 2020 siendo las 8:30 horas,

se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Juliaca, bajo la dirección del (de la)

presidente(a): Ing. Verónica Haydu Pari Mamani el(la)

secretario(a): Dr. Msc. Efraim Lujano Laura y los demás miembros:

Msc. Bernardino Topia Aguilera

y el(la) asesor(a) Ing. Renny Daniel Diaz Aguilera

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de

investigación titulado: Determinación de zonas inundables mediante simulación hidráulica bidimensional aplicando HEC-RAS 5.0.7 en un tramo del río Ramis, distrito de Faraco - Huancané - Puno

de los (las) egresados (as): a) Ihan Carlos Arratea Juli

b) Yelitza Mamani Benavente

conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en

Ingeniería Ambiental
(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

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

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

Candidato/a (a): Ihan Carlos Arratea Juli

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>aprobado</u>	<u>17</u>	<u>B+</u>	<u>Muy Bueno</u>	<u>Sobresaliente</u>

Candidato/a (b): Yelitza Mamani Benavente

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>aprobado</u>	<u>17</u>	<u>B+</u>	<u>Muy Bueno</u>	<u>Sobresaliente</u>

(*) Ver parte posterior

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

Presidente/a


Secretario/a

Asesor/a

Miembro

Miembro

Candidato/a (a)

Candidato/a (b)

Determinación de zonas inundables mediante simulación hidráulica bidimensional aplicando HEC-RAS 5.0.7 en un tramo del río Ramis, distrito de Taraco - Huancané-Puno

Jhan Carlos Arratea Juli ¹, Yelitza Mamani Benavente ², Renny Daniel Diaz Aguilar ³

^aEP Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión

Resumen

El departamento de Puno presenta riesgo de desastres por inundaciones. En los años 1984, 1985, 1986 y 2010, el distrito de Taraco reportó casos de inundación. El objetivo del presente trabajo de investigación es determinar zonas inundables aplicando Hec-Ras 5.0.7 en un tramo del río Ramis del distrito de Huancané, departamento de Puno. En primer lugar, se debe realizar el análisis de consistencia de datos aplicando el análisis visual gráfico, prueba de normalidad, análisis de tendencia y salto, luego se procesa la imagen satelital del área de estudio en los softwares ArcGIS, HidroEsta, HecGeoRas y Hec-Ras, bajo los periodos de retorno de 50 y 100 años. Los resultados obtenidos indican que, para un periodo de retorno de 50 años, la inundación afecta a 28 áreas de cultivo y 3 viviendas. Por otro lado, para un periodo de retorno de 100 años, la inundación afecta a 5 viviendas y 65 áreas de cultivo. De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que se logró simular satisfactoriamente el comportamiento hidrológico del río Ramis en el tramo estudiado determinando las zonas inundables.

A partir de los resultados obtenidos se puede proponer métodos de mitigación y prevención de riesgos para el fortalecimiento de las estrategias de preparación y respuesta ante posibles inundaciones.

Palabras claves: HEC-RAS, inundación, modelización hidráulica.

Abstract

The department of Puno presents a risk of flood disasters. In the years 1984, 1985, 1986 and 2010, the district of Taraco reported cases of flooding. The objective of this research work is to determine flood zones by applying Hec-Ras 5.0.7 in a section of the Ramis River in the Huancané district, Puno department. In the first place, the data consistency analysis must be performed by applying the graphic visual analysis, normality test, trend analysis and jump, then the satellite image of the study area it is processed in the ArcGIS, HidroEsta, HecGeoRas softwares and Hec-Ras, under the return periods of 50 and 100 years. The results obtained indicate that, for a return period of 50 years, the flood affects 28 cultivation areas and 3 houses. On the other hand, for a return period of 100 years, the flood affects 5 houses and 65 cultivated areas. According to the results obtained, it is concluded that the hydrological behavior of the Ramis river was successfully simulated in the studied section, determining the flooded areas.

Based on the results obtained, risk mitigation and prevention methods can be proposed to strengthen preparedness and response strategies for possible floods.

Keywords: HEC-RAS, flood, hydraulic modeling.

¹ Autor de correspondencia:

Km. 6 Carretera Nuestros Héroes del Pacífico - Juliaca

Tel.: 930951827

E-mail: jhan.aj@upeu.edu.pe, Yelitza.mb@upeu.edu.pe

1. Introducción

Según el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED, 2016). Puno es uno de los departamentos más propenso a situaciones de riesgo de desastres principalmente por factores climáticos, atmosféricos e hidrometeorológicos. Uno de los fenómenos más recurrentes que afecta significativamente a la región son las inundaciones, que son causadas por las frecuentes e intensas precipitaciones que presentan anualmente en épocas de verano. CENEPRED (2016) afirma que este fenómeno natural ocasiona grandes pérdidas en la población y su entorno social, productivo (servicios básicos, infraestructura de servicios, bienes y producción). Entre los años 1984, 1985 y 1986, en la estación meteorológica de Huancané se registraron datos de precipitación máxima anual de 835.9 mm, 1026,0 mm y 879 mm, los cuales ocasionaron escenarios de inundación en los distritos de: Taraco, Caminaca y Samán y provincia de Huancané, siendo los más catastróficos de la región, particularmente en la provincia de Huancané. La inundación ocasionó pérdidas económicas para las comunidades campesinas, llegando incluso a sumergir por debajo de un metro de profundidad la carretera de Juliaca a Huancané y la única forma en que se comunicaban era mediante balsas, botes y lanchas a motor (Choquehuanca y Mamani, 2008).

Así mismo durante el año 2010 el Instituto Nacional de Defensa Civil INDECI (2010) en los meses de enero y febrero reportó casos en el distrito de Taraco con un área de inundación de 1876.00 hectáreas con 45 personas afectadas y 9 viviendas colapsadas.

Debido a los distintos reportes de inundación suscitados a nivel mundial el del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (Hydrologic Engineering Center, HEC) a desarrollado el software matemático Hec-Ras a fin de hacer predicciones de próximas inundaciones y a partir de ello tomar medidas de prevención. Después de su aparición del software matemático se han realizado muchas investigaciones usando Hec-Ras, en diferentes zonas del mundo. Un estudio de investigación reciente elaborado por Castillo y Espitia (2020), muestra el uso del software para la caracterización de zonas de riesgo por crecientes de ríos de bajo caudal para la implementación de un sistema de alerta temprana (SAT) con tecnología LoRA y LoRaWAN en la población Tobia-Cundinamarca de Colombia. Los resultados obtenidos muestran dos zonas inundables, frente a ello se ha planteado implementar un SAT.

Por otro lado, una investigación realizada por Quispe y Sullca (2015), respecto al distrito de Taraco, donde se aplicó el modelo hidráulico Hec-Ras con el propósito de calcular los perfiles hidráulicos en el Río Ramis y determinar los posibles impactos ante inundaciones. Para ello se ha generado mapas de riesgos por inundaciones para diferentes perfiles de flujo con periodos de retorno de 2, 10, 50, 100, 200 y 500 años.

De acuerdo a los reportes de inundación que se presentaron en el distrito de Taraco, se han realizado pocas investigaciones de las zonas vulnerables a inundación, ya que mediante estas investigaciones se pueden implementar los Sistemas de Alerta Temprana (SAT). El objetivo del presente trabajo de investigación es determinar zonas inundables aplicando Hec-Ras 5.0.7 en un tramo del río Ramis del distrito de Huancané, departamento de Puno.

2. Materiales y métodos

2.1 Lugar de estudio

El lugar de estudio se encuentra en distrito de Taraco, provincia de Huancané, departamento de Puno, ubicada a una altitud de 3819 m.s.n.m. con una población de 13193 habitantes según el último censo (INEI, 2017), el tramo estudio corresponde a la zona 19L y comprende desde las coordenadas UTM 393643.5 Este y 8309859.5 Norte aguas arriba y 396443 Este y 8309204 Norte aguas abajo, en la figura 1 se muestra el mapa de ubicación del área de estudio.

Límites colindantes

- Este: lago Titicaca
- Oeste: distrito de Samán
- Norte: distrito de Huancané
- Sur: distrito de Pusi

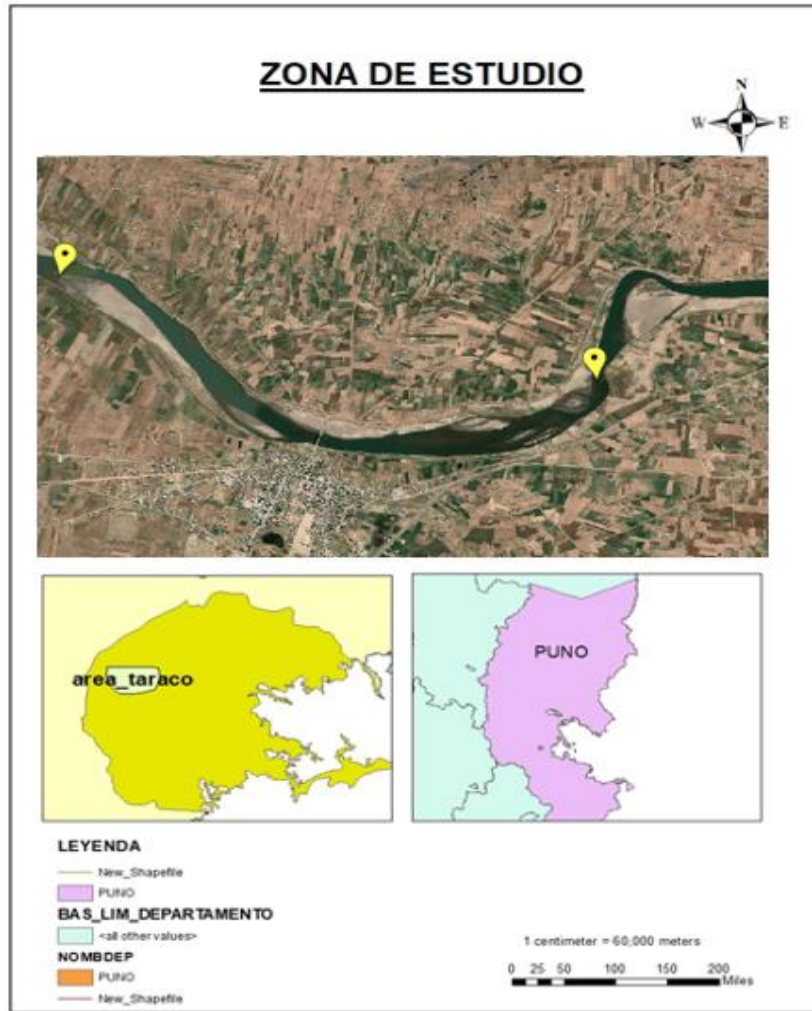


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio.

2.2 *Análisis de consistencia de datos*

El análisis de consistencia de los datos de caudal para la modelización hidráulica consiste en detectar por medios gráficos y cuantitativos la existencia o no de alguna tendencia y la homogeneidad de la serie, posteriormente se realiza la prueba de normalidad (Shapiro Wilk o Smirnov Kolmogorov) para confirmar o rechazar la posible distribución normal de los datos, y finalmente se concluye con un análisis confirmatorio, por medio de pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas (Castro, 2010).

En cuanto al análisis de consistencia de los datos de caudal máximo anual de la estación del Puente Ramis se realizó los siguientes procedimientos:

2.2.1 *Análisis visual gráfico*

El análisis de consistencia de datos fue trabajado por medios gráficos realizados con el fin de comprobar tendencias y cambios en la serie de tiempo por medio visual. Además, este proceso es considerado como el primer análisis a realizar antes de cualquier análisis confirmatorio (cuantitativo) y, más aún, antes de utilizar la información hidroclimatológica para modelos y simulaciones (Castro, 2010). Este análisis se realizó mediante la gráfica de serie de tiempo en el software Excel.

2.2.2 *Prueba de normalidad*

Para describir el comportamiento de los datos de caudal se ha utilizado el software estadístico IBM SPSS Statistics ya que permite analizar y comprender mejor los datos de la prueba de Kolmogorov-Smirnov usados en este análisis.

2.2.3 Análisis de tendencia y salto

Se realizaron pruebas de tendencia de los caudales por año aplicando el test de Mann-Kendall, Spearman's Rho y Regresión lineal. Las series de caudal fueron evaluadas a nivel anual.

Para la prueba de saltos se aplicó el test de Rank Sum y Student's T. Las series de caudal fueron evaluadas a nivel anual.

Para ambas pruebas se utilizó el programa TREND V 1.0.2 que está diseñado para facilitar las pruebas estadísticas de tendencia, cambio y aleatoriedad en datos hidrológicos y otras series de tiempo que lo realiza a través de 12 pruebas estadísticas.

2.3 Procesamiento

2.3.1 Tratamiento de la información espacial

Con el software Google Earth Pro se delimitó la zona de estudio mediante la inserción de un polígono, y posteriormente se guardó en una carpeta con la extensión KML, ya que esta extensión es la que el navegador de "Alos palar" lo reconoce, posteriormente se descargó información cartográfica de la zona de estudio a escala de 1/50 000 del satélite Alos Palsar y se trabajó el Modelo Digital de Elevación (DEM) en el software ArcGIS 10.5 (Torres, 2017). La imagen SAS planet es usada como referencia para delimitar el río en el software ArcGIS 10.5, para hacer el conteo de las viviendas en el área de inundación y también para el procesamiento de los resultados finales.

2.3.2 Procesamiento de los caudales

Los datos de caudal máximo registrados por el SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología) de la estación puente Ramis han sido obtenidos del proyecto denominado "Mejoramiento de la Defensa Ribereña en las márgenes Derecha e Izquierda del Río Ramis en los Tramos de Sacasco, Collana, Chacamarca, Patascachi, Yanaoco, Tuni Grande, Ramis y Balsapata de las Provincias de Huancané y Azángaro – Región Puno" (GORE, p.30). Se trabajó con datos desde el año 1956 hasta el 2011 y fueron procesados en el software Excel. En la tabla 1 se menciona la ubicación de la estación hidrométrica.

Tabla 1

Ubicación de la estación hidrométrica cercanas a la zona del proyecto

Estación: Puente Ramis		
Latitud	Longitud	Altitud
-15.25529	-69.87376	3821

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI, 2020).

Se determinó trabajar los caudales para periodos de retornos de 50 y 100 años bajo criterios establecidos en la RJ N°153-2016-ANA, los caudales se trabajaron en el software HidroEsta, mediante el método de Gumbel y el método de estadístico de Nash (Hernández, Barrios, & Ramirez, 2017), los resultados se muestran en la tabla 2.

Tabla 2

Caudales de diseño para periodos de retorno de 50 y 100 años

Métodos	Datos procesados (1956-2006)	Periodo de retorno años	
		50	100
Caudal de diseño m3/s Gumbel	56	756.941	817.391
Caudal de diseño m3/s Nash	56	675.309	736.066
	Promedio	716.125	776.7285

2.3.3 Modelamiento de la inundación

Con el software Hec-GeoRAS 10.5 se creó la geometría del área de estudio, para eso se digitalizó el cauce del río y los parámetros de longitud. Con la herramienta “flowpaths” luego se realizó los cortes transversales de 120 metros de distancia y 400 metros de ancho desde el lecho del río para cada lado. También se procesó el Modelo Digital de Elevación a imagen 3D con la opción “XS Cut Line Attributes” considerando todos los valores que presenta el Modelo. Para terminar el proceso de creación de la geometría se exportó con formato GIS. Para el modelamiento de inundación del distrito debieron cumplir cinco procesos importantes en el software Hec-Ras, primero se debe crear un nuevo proyecto, segundo introducir los datos geométricos que se procesaron en el Hec-GeoRAS, tercero introducir las condiciones de flujo considerando el coeficiente de Manning para corrientes naturales del autor Ven Te Chow 1959 (Quispe & Sullca, 2015) y las condiciones de contorno, cuarto realizar cálculos hidráulicos y como quinto paso exportar los resultados.

2.3.4 Post procesamiento

Finalmente, los resultados obtenidos en el software Hec-Ras se exportaron al software ArcGIS, para esto se procedió a convertir el formato Hec-Ras en un formato XML, para que ArcGIS lo reconozca y pueda procesar los datos, una vez exportada la información se realizó el análisis de inundación generando los archivos de inundación para dos periodos de retorno (50 y 100 años). Además, para identificar las áreas afectadas se trabajó en el software ArcGis mediante shapes de polígonos y puntos.

3. Resultados y Discusión

3.1 Análisis de consistencia de datos

3.1.1 Análisis visual gráfico

La grafica de series de tiempo muestra una distribución normal de los datos. Pero en los años 1971, 1974 y 1988 muestran una ligera dispersión, el cual indica que puede producir un cambio en la media de tendencia central y también en la varianza (Suposición que posteriormente será comprobada con el análisis estadístico).

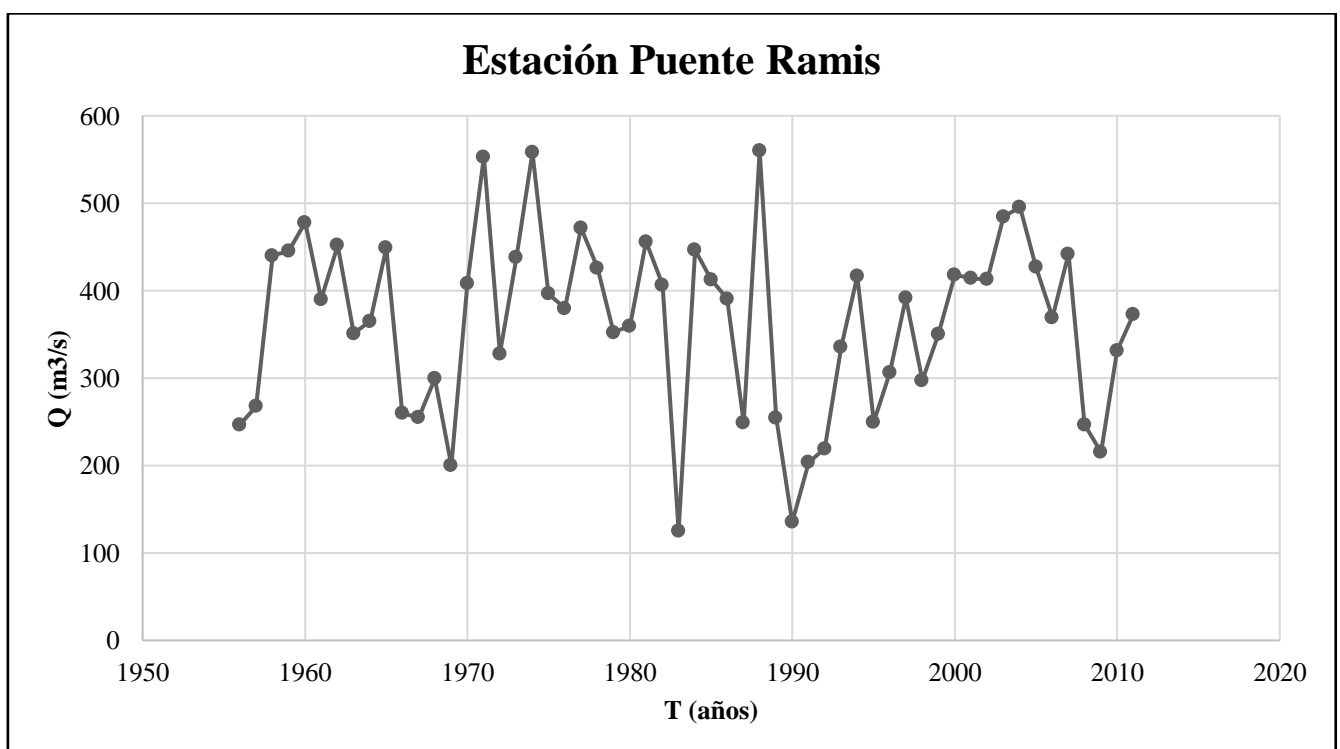


Figura 2. Serie histórica de caudales promedios anuales de estación (puente Ramis).

3.1.2 Prueba de normalidad

Para la prueba de normalidad se planteó las siguientes hipótesis:

- H_0 = Los datos provienen de una distribución Normal.
- H_1 = Los datos no proviene de una distribución Normal.

En la tabla 3 se muestra la prueba de normalidad donde se observa que el grado de libertad es de 56, por lo que se utiliza la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov. A su vez, el p-valor es $0.200 > 0.05$. lo cual determina que la distribución de datos es normal (ver figura 3).

Tabla 3

Prueba de normalidad

Pruebas de normalidad			
Caudal	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estadístico	gl	Sig.
	0.099	56	,200*

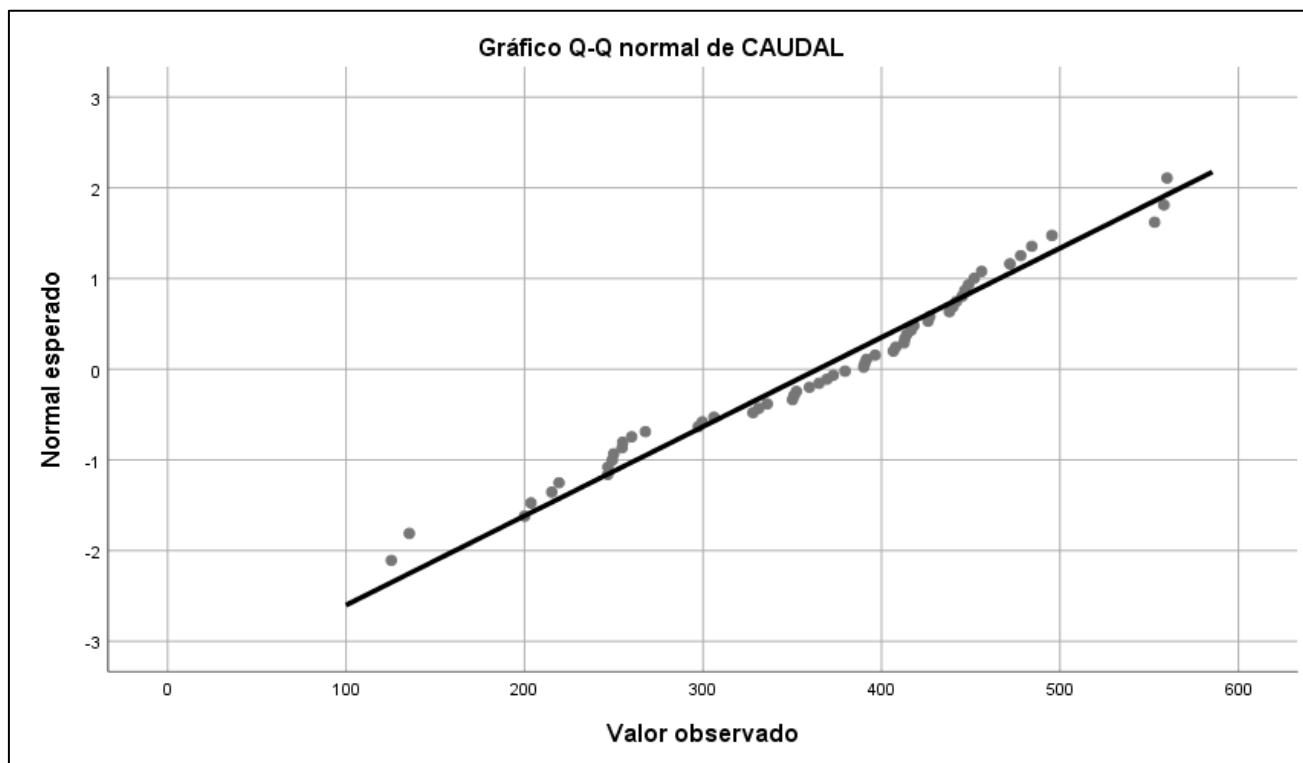


Figura 3. Distribución normal de datos de caudal

3.1.3 Análisis de tendencia y salto.

Según los resultados obtenidos de las pruebas de tendencia, las muestras no presentan tendencia significativa (NS). Así, mismo en las pruebas de Rank Sum y Student's t las muestras no presentan saltos en los tres niveles de significancia (ver tabla 4).

Tabla 4

Tendencia y saltos de los caudales anuales analizados en tres niveles de significación estadística

Test estadístico	Prueba estadística	Valores críticos (Tabla estadística)			Resultados	Tipo de prueba	Prueba
		a=0.1	a=0.05	a=0.01			
Mann-Kendall	-0.488	1.645	1.96	2.576	NS	No paramétrica	Tendencia
Spearman's Rho	-0.643	1.645	1.96	2.576	NS		
Linear regression	-0.568	1.676	2.01	2.672	NS		
Rank Sum	0.975	1.645	1.96	2.576	NS	No paramétrica	Salto
Student's t	0.929	1.676	2.01	2.67	NS	Paramétrica	

3.2 Simulación de inundación

A partir de los resultados obtenidos para los periodos de retorno de 50 y 100 años se observa la diferencia de inundaciones, ya que en el periodo de retorno de 50 años el área inundable no abarca una gran expansión, en cambio el resultado que se obtiene del periodo de retorno de 100 años muestra una mayor área de inundación, así como se muestra en la figura 4.

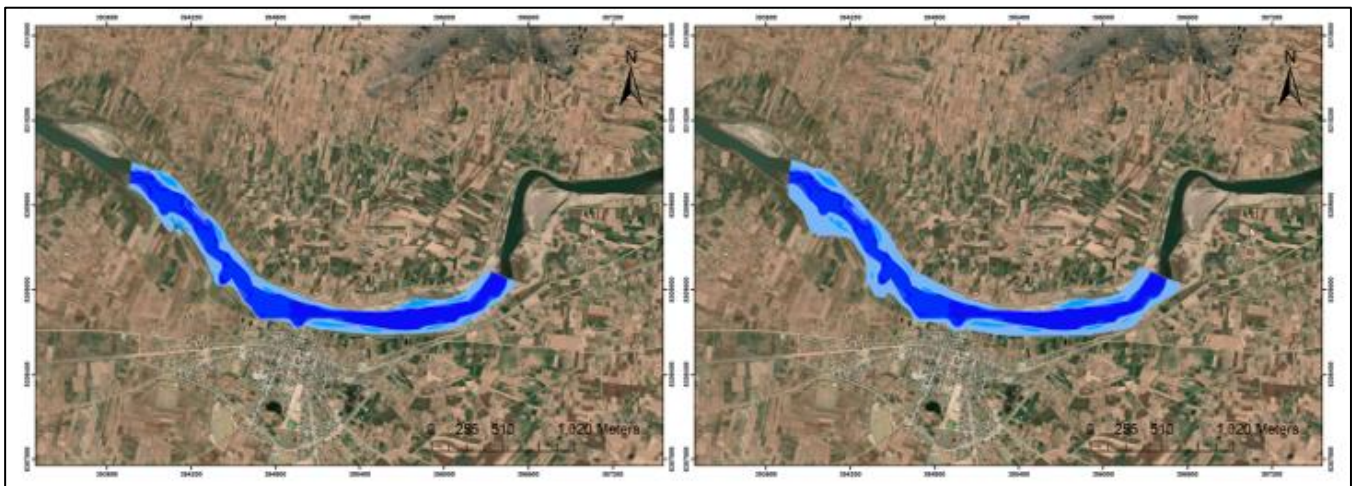


Figura 4. Comparación de los periodos de retorno del río en el distrito de Taraco

El caudal de diseño de 716.125 m³/s que corresponde al periodo de retorno de 50 años demuestra que la ocurrencia del peligro de inundación abarcaría un área de 26.313 hectáreas, afectando a 3 viviendas y 28 áreas de cultivo que se encuentren dentro del perímetro de inundación, así como se muestra en la figura 5.

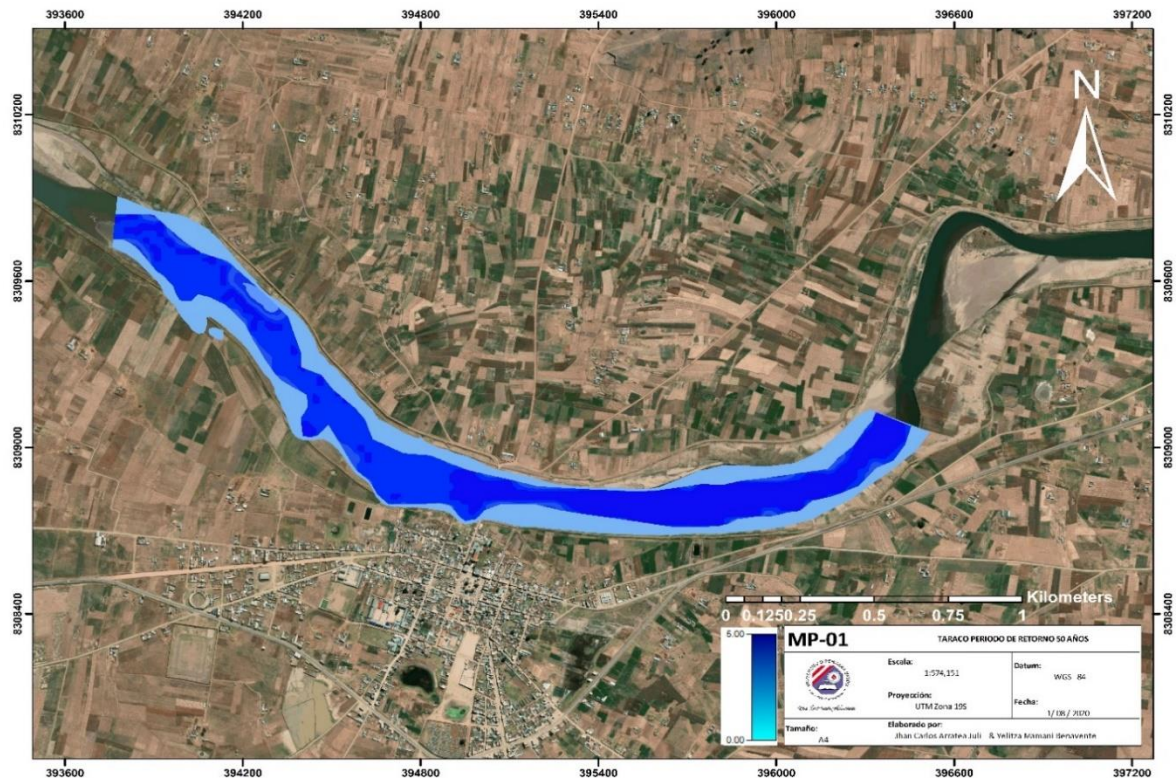


Figura 5. Periodo de retorno de 50 años

El caudal de diseño para el periodo de retorno de 100 años es de 776.7285 m³/s, demostrando que la inundación en el distrito de Taraco es mucho mayor que el periodo de retorno de 50 años ya que el área de inundación asciende a 40.688 hectáreas, recubriendo a 5 viviendas y 65 áreas de cultivo de la población, esto indica que las zonas de mayor inundación son áreas con desniveles topográficos, ver figura 6.

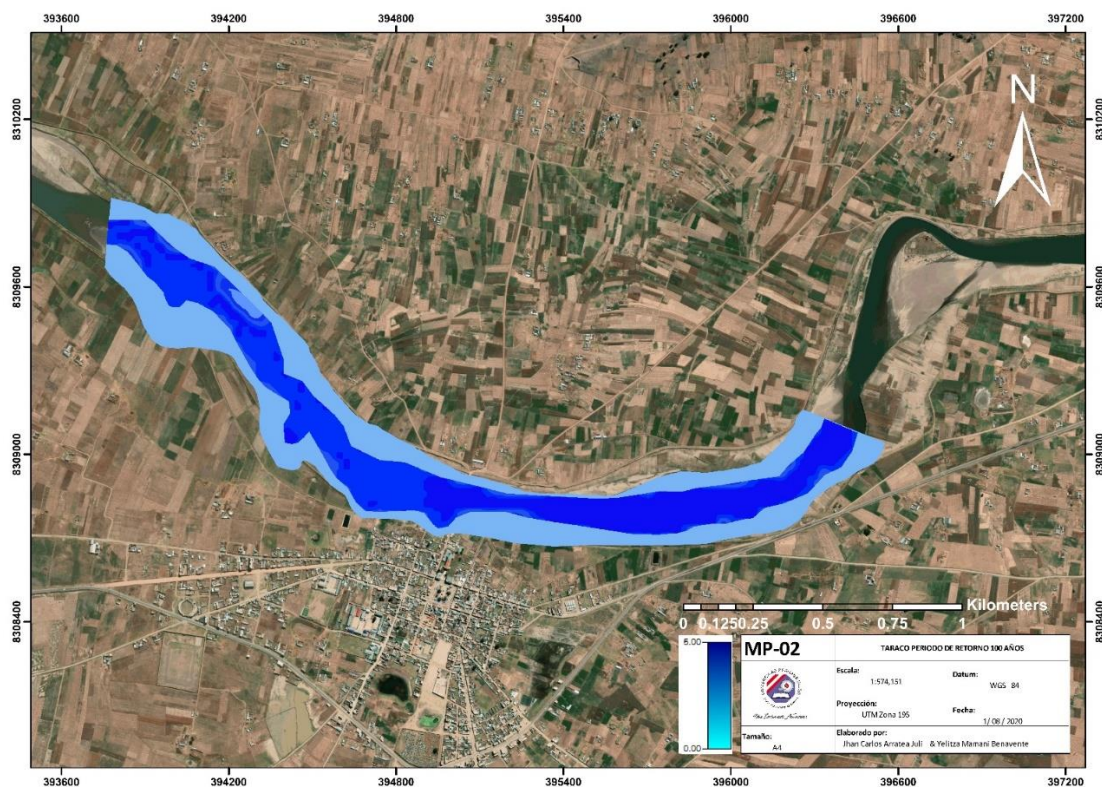


Figura 6. Periodo de retorno de 100 años

4. Conclusiones

De acuerdo al trabajo presentado y los resultados obtenidos se platea las siguientes conclusiones:

Se puede constatar que el riesgo de inundación, producto del desbordamiento del río Ramis, es capaz de provocar importantes pérdidas materiales e inclusive la vida de las personas que habitan en la zona están expuestas al peligro. Esta afirmación se basa en los resultados obtenidos que demuestran que para un periodo de retorno de 50 años el caudal es equivalente a 716.125 m³/s, inundando a 26.313 hectáreas, entre las cuales se encuentran 3 viviendas y 28 áreas de cultivo. En cuanto al periodo de retorno de 100 años el caudal es igual a 776.7285 m³/s y el área inundada asciende a 40.688 hectáreas donde son 5 las viviendas afectadas y 65 las áreas de cultivo.

En cuanto al análisis de consistencia de datos, al analizar visualmente el gráfico se observó una distribución normal de datos, pero para corroborar se realizó una prueba de normalidad que confirmó la distribución normal de los datos. En cuanto al análisis de tendencia y salto de datos los métodos estadísticos demostraron que no existe tendencia significativa, ni saltos en los datos.

En base a los resultados obtenidos de la modelización hidráulica con el software Hec-Ras 5.0.7 en un tramo del río Ramis para un periodo de retorno de 50 y 100 años, se halló un flujo inestable de agua resultante de 716.125 m³/s y 776.7285 m³/s respectivamente.

5. Recomendaciones

Se recomienda usar información congruente a la realidad de la zona de estudio, como topografía, valores de Manning, a fin de tener resultados de mayor confiabilidad para así aportar en la organización, dirección y control de las actividades relacionadas en la identificación de peligros. También se sugiere a las autoridades locales y áreas competentes realizar mapeos de inundación cuando se presenten este tipo de eventos para poder evaluar y calibrar los modelos hidráulicos.

6. Referencias

- Autoridad Nacional del Agua. (2020). [www.ana.gob.pe. Obtenido de
 \[http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._153-2016-ana.pdf\]\(http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._153-2016-ana.pdf\)](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._153-2016-ana.pdf)
- Alejo, A. (30 de Enero de 2010). Unos tres mil pobladores fueron evacuados por desborde de río Ramis en Taraco. *ANDINA*, pág. 7.
- Castillo, R., & Espitia, J. C. (2020). Caracterización de zonas de riesgo por crecientes de ríos de bajo caudal, para la implementación de un sistema de alertas tempranas (SAT) con tecnología LoRa y LoRaWAN. *Información Tecnológica*, 31(2), 47–54.
- Castro, L., & Carvajal, Y. (2010). Análisis de Tendencia y Homogeneidad De Series Climatológicas. *Ingeniería de Recursos Naturales y Del Ambiente*, 9, 15–25.
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2016). *Plan Regional de Gestion de Riesgo de Desastres 2016 – 2021*.
- Chiew, F., & Siriwardena, L. (2005). TREND – User Guide. *Catchment Hydrology*.
- Choquehuanca, A., & Mamani, H. (2008). Las inundaciones en Huancané. *Espacio y Desarrollo*, 68(20), 59–68.
- Gobierno Regional Puno. *Mejoramiento de la Defensa Ribereña en las márgenes Derecha e Izquierda del Río Ramis en los Tramos de Sacasco, Collana, Chacamarca, Patascachi, Yanaoco, Tuni Grande, Ramis y Balsapata de las Provincias de Huancané y Azángaro – Región Puno*.
- Gobierno Regional Puno. (2016). *Plan Regional de Gestion de Riesgo de Desastres 2016 - 2021*. 53(9), 1689–1699.
- Hernández, R. E., Barrios, H., & Ramirez, A. (2017). Análisis de riesgo por inundación: metodología y aplicación a la cuenca Atemajac. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 10.
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2010). *Fenómenos Hidrometeorológicos Afectan al Departamento de Puno*. 1, 1–12.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). *Perfil Sociodemográfico, Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda*.
- Quispe, J., & Sullca, R. (2015). *Aplicacion del modelo matematico HEC-RAS para el calculo del perfil hidraulico del rio Ramis*. 160.
- Quispe, J., & Sullca, R. (2015). Aplicación del Modelo Matemático HEC RAS para el Cálculo del Perfil Hidráulico del Río Ramis. 80-81.
- Quispe, R. (2012). “Evaluación de las Sequías Hidro-Meteorológicas en la Micro Cuenca Ayaviri.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (2013). *Caracterización Hidroclimática de la Cuenca del Río Chicama*. 10–25.
- Torres, I. (2017). Sasplanet Mapalive. *Academia*.

Anexo

Anexo A. Caudal máximo de la estación Puente Ramis

CUADRO N° 03
 REGISTRO DE LA SERIE ANUAL DE CAUDALES MÁXIMOS DIARIOS
 RÍO RAMIS – ESTACIÓN PUENTE RAMIS

Orden (m)	AÑO	MESES	Q Max (m3/c)
1	1956	febrero	246.60
2	1957	febrero	267.70
3	1958	marzo	440.00
4	1959	marzo	445.20
5	1960	enero	478.00
6	1961	marzo	390.00
7	1962	marzo	452.00
8	1963	marzo	351.00
9	1964	marzo	365.00
10	1965	marzo	448.80
11	1966	marzo	260.00
12	1967	marzo	255.00
13	1968	febrero	299.60
14	1969	febrero	200.00
15	1970	febrero	408.00
16	1971	marzo	553.00
17	1972	febrero	328.00
18	1973	marzo	438.00
19	1974	febrero	558.20
20	1975	febrero	396.40
21	1976	febrero	379.56
22	1977	marzo	471.92
23	1978	enero	426.07
24	1979	enero	352.32
25	1980	abril	359.58
26	1981	febrero	456.05
27	1982	enero	406.60
28	1983	febrero	125.34
29	1984	febrero	446.60
30	1985	enero	412.60
31	1986	marzo	390.68
32	1987	enero	249.10
33	1988	abril	560.00
34	1989	febrero	254.60
35	1990	enero	135.40
36	1991	febrero	203.60
37	1992	marzo	219.30
38	1993	febrero	335.90
39	1994	febrero	416.60
40	1995	marzo	249.91
41	1996	febrero	306.10
42	1997	febrero	391.60
43	1998	febrero	297.30
44	1999	marzo	350.10
45	2000	marzo	418.00
46	2001	marzo	414.10
47	2002	marzo	413.00
48	2003	enero	484.20
49	2004	enero	495.50
50	2005	febrero	427.00
51	2006	enero	369.40
52	2007	marzo	441.90
53	2008	enero	246.73
54	2009	marzo	215.22
55	2010	enero	331.23
56	2011	marzo	372.96

FUENTE: SENAMHI