

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

Identificación de zonas con riesgo a inundación por máximas
avenidas probables del río Majes en el tramo Dique - Punta Colorada,
Arequipa - Perú

Por:

Jose Leonel Ramos Lopinta

Asesor:

Ferrer Canaza Rojas

Lima, diciembre 2019

DECLARATORIA JURADA
DE AUTORIA DEL TRABAJO DE
INVESTIGACIÓN

Ferrer Canaza Rojas, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: "IDENTIFICACIÓN DE ZONAS CON RIESGO A INUNDACIÓN POR MÁXIMAS AVENIDAS PROBABLES DEL RIO MAJES EN EL TRAMO DIQUE - PUNTA COLORADA, AREQUIPA - PERÚ" constituye la memoria que presenta el estudiante Jose Leonel Ramos Lopinta para aspirar al grado de bachiller en Ingeniería Civil, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

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

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Lima, a los 02, diciembre del 2019.

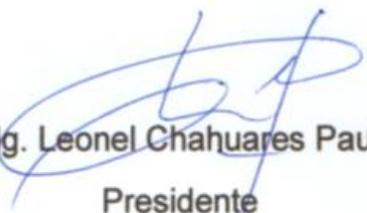

Ing. Ferrer Canaza Rojas

Identificación de zonas con riesgo a inundación por máximas avenidas probables del río Majes en el tramo Dique - Punta Colorada, Arequipa - Perú

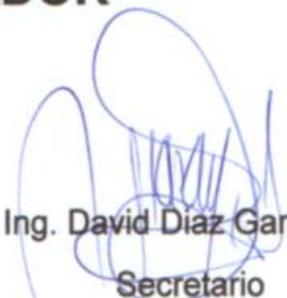
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Presentada para optar el grado de bachiller de Ingeniería Civil

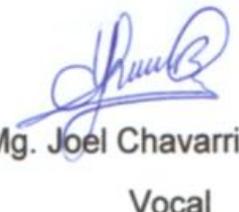
JURADO CALIFICADOR



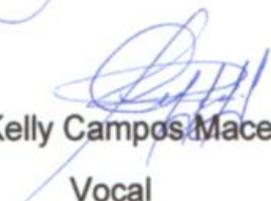
Mg. Leonel Chahuares Paucar
Presidente



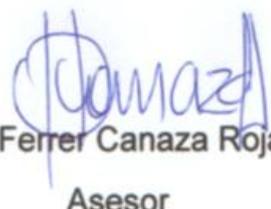
Ing. David Diaz Garamendi
Secretario



Mg. Joel Chavarri Becerra
Vocal



Lic. Kelly Campos Macedo
Vocal



Ing. Ferrer Canaza Rojas
Asesor

Lima, 02 de diciembre del 2019

IDENTIFICACIÓN DE ZONAS CON RIESGO A INUNDACIÓN POR MÁXIMAS AVENIDAS PROBABLES DEL RIO MAJES EN EL TRAMO DIQUE – PUNTA COLORADA, AREQUIPA- PERÚ

IDENTIFICATION OF AREAS AT RISK OF FLOODING BY MAXIMUM PROBABLE AVENUES OF THE MAJES RIVER IN THE DIQUE - PUNTA COLORADA CHANNEL, AREQUIPA-PERU

JOSE LEONEL RAMOS LOPINTA

EP. Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Perú.

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es identificar zonas con riesgo a inundación por máximas avenidas probable del tramo Dique-Punta Colorada. Mediante el empleo de la extensión Hec-GeoRas 10.5 en ArcGis 10.5 se definió el entorno de simulación como características geométricas de cuenca empleando un Modelo Digital de Elevación(DEM) ALOS PALSAR de resolución 12.5 m resampleado a 7.5 m accesible de mayor precisión, así mismo se realizó el empleo de caudales máximos probables de PR 5 años = 977.6 m³/h, PR 25 años = 1431.2 m³/h y para PR 50 años = 1992.1 m³/h de un estudio realizado en el 2012 por International Cooperación Agency Japan(JICA), con la finalidad de realizar una modelación hidráulica de inundaciones con el software Hec-Ras 5.0.7 determinando zonas posibles a inundación.

***Palabras clave:** Inundaciones, simulación hidráulica; HEC-RAS; HEC-GeoRAS*

ABSTRACT

The objective of this investigation is to identify areas with flood risk due to maximum probable avenues of the Dique-Punta Colorada section. Using the Hec-GeoRas 10.5 extension in ArcGis 10.5, the simulation environment is defined as geometric basin characteristics using a Digital Elevation Model (DEM) of ALOS PALSAR resolution 12.5 m resampleado at 7.5 m accessible more precisely, likewise made the use of probable maximum flows of PR 5 years = 977.6 m³ / h, PR 25 years = 1431.2 m³ / h and for PR 50 years = 1992.1 m³ / h of a study carried out in 2012 by International Cooperación Agency Japan (JICA), with the proposal to perform a hydraulic flood modeling with the Hec-Ras 5.0.7 software determining possible flood zones.

***Keywords:** Floods, hydraulic simulation; HEC-RAS; HEC-GeoRAS*

INTRODUCCIÓN

El Perú siendo un país donde la naturaleza ha ocasionado problemas en la infraestructura del país, por fenómenos atmosféricos o eventos climáticos como es el calentamiento global del Pacífico Oriental Ecuatorial, denominado Fenómeno del Niño. Es importante poder responder adecuadamente ante estos fenómenos, para prevenir y evitar los sucesos ocurridos en estos últimos años.

Desde tiempos muy inmemorables hasta la actualidad, el Perú se ha visto en emergencia por desastres naturales, el mayor registrado en el 2012 por un informe presentado por INDECI, registra intensas lluvias (1674) y por inundaciones (329) en todo el Perú. En el 2013-2015 los valores más altos de presencia de lluvias e inundaciones ocurrieron en Lima con un total de 1015 eventos y en Arequipa con 1036 eventos (Centro Nacional de Estimación, 2015). Eventos que aún se ha venido reflejando en la actualidad, dando a conocer que tan vulnerable realmente es el país frente a estos fenómenos.

En el año 2015, producto de las intensas lluvias que se registraron en las zonas altas de Arequipa, el río Majes se desbordó arrasando con más de 500 hectáreas de cultivos en la provincia de Castilla, en varios puntos como Corire, Uraca y Aplao llegando a un aforo de hasta 1000 m³/h, cuando su cauce normal suele ser de 300 m³/h (Correo, 2014). En el año 2017, Majes fue declarado en alerta roja por un caudal de 820 m³/h por intensas lluvias que ocasionaron desborde a lo largo de su cauce, informó el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi) (ANDINA, 2017) .

Para un mejor estudio hidráulico y apreciación del comportamiento de un flujo de agua, se utilizaron programas que nos permiten poder ver desde un punto de vista más realista. El modelamiento hidráulico se realizará con Hec-Ras 5.0.7, software gratuito de origen Estadounidense desarrollado por parte del Cuerpo de Ingenieros de la Armada (US Army Corps of Engineering), que nos permitirá modelar el tramo Dique-Punta Colorada e identificar las zonas inundables de la cuenca.

MÉTODO

Área de estudio

La Cuenca Majes, donde se encuentra localizada el tramo de estudio que comprende Dique-Punta Colorada, se ubica en el departamento de Arequipa, en el sur del Perú, contando con un área superficial de aproximadamente 17 031 km² con una longitud de 388 km del cual 12 km del total de la cuenca es el tramo en estudio. El tramo se encuentra en la parte media a la altura del Distrito de Dique-Uraca Corire-Punta Colorada (International Cooperation Agency Japan(JICA), 2012).

La precipitación promedio anual en las estaciones costeras están por debajo de 10 mm/año, sin embargo, en la línea divisoria de las aguas la precipitación puede superar los 700 mm/año, la intensidad de la lluvia también aumenta con la altitud(International Cooperation Agency Japan(JICA), 2012).

Las temperaturas anuales son semitempladas con una temperatura media anual de 19 °C, donde la temperatura desciende por encima de los 800 msnm y entre 2 200 y 3100 msnm. Entre las altitudes de 3 100 y 3 900 msnm, la estación Sibayo (3800 msnm) presenta temperaturas anuales de 7.8 °C, las temperaturas más altas alcanzan 20 °C y las temperaturas más bajas están alrededor de -6.8 °C y entre 3 900 y 4 800 msnm, presenta temperaturas de 3.1 °C (International Cooperation Agency Japan(JICA), 2012).

Programas

HEC-RAS 5.0.7

El software Hec-Ras 5.0.7 es un programa de modelamiento hidráulica que nos permite simular un flujo permanente, no permanente, transporte de sedimento y calidad e aguas de cauces naturales y artificiales. Sin embargo, su principal objetivo es realizar estudios de inundabilidad y determinar zonas inundadas (US Army Corps of Engineers, s.f.).

HEC-GEORAS 10.5

La herramienta Hec-GeoRAS 10.5 siendo este un componente del software Hec-RAS, en la cual se ejecutan diversas tareas como lo son delimitación de las orillas siendo estas el alcance de la fuente hídrica, la ubicación de las respectivas secciones transversales y por último la delimitación hasta donde posiblemente podría llegar a presentarse inundaciones, para este último se usó el archivo DEM y dependiendo de las áreas bajas de la zona se iba marcando dicho límite(Chilito Rincon, 2018).

Genera los resultados finales en donde se visualiza la mancha de agua, las superficies de inundación para cada periodo de retorno establecido, los niveles de agua, grids de profundidad, etc., y se pueden representar en el DEM siendo posible determinar los límites de las áreas de inundación, calcular las áreas de inundaciones y de esta manera determinar el cauce natural(Torres Quintero & Gonzalez Naranjo, n.d).

Recopilación y Análisis de Información Existente

Para poder analizar la inundabilidad mediante el software Hec-Ras 7.0, se necesitó realizar una búsqueda y análisis de información confiable con respecto a la cuenca del Rio Majes. En el año 2012 el ministerio de Agricultura realizo un “Proyecto de protección de las planicies de inundación y poblaciones rurales vulnerables contra las inundaciones en la república del Perú”, con el propósito de calcular máximas avenidas del Rio Majes.

Se llegó a la estimación del caudal de avenida para periodos de retorno seleccionados. Se presentan la información disponible, el análisis estadístico, las consideraciones teóricas y prácticas. Los caudales de avenida y los hidrogramas de salida se da en dos puntos a lo largo de la Cuenca Camaná - Majes: Estación Huatiapa y en la confluencia de Andahua y el Colca (International Cooperation Agency Japan(JICA), 2012).

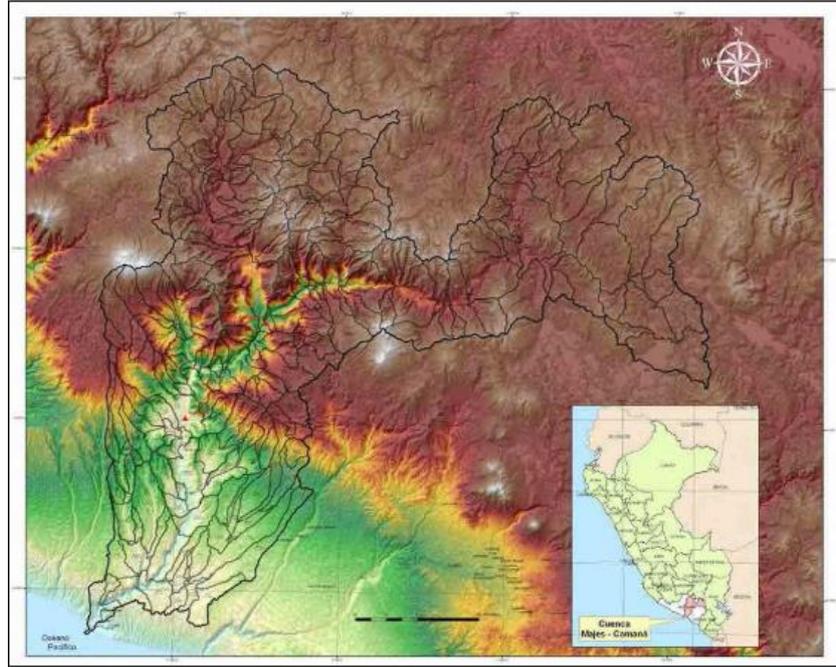


Figura 1. Mapa de cuenca Majes-Cumaná.

Fuente: (International Cooperation Agency Japan (JICA), 2012, p. 12)

INFORMACIÓN HIDROLÓGICA

Tabla 1. Caudales máximos probables para distintos periodos de retorno.

T(años)	Q(m³/s)
2	305,8
5	637,7
10	1007
20	1415,9
25	1565,6
50	2083,6
100	2702,6

Fuente: (International Cooperation Agency Japan (JICA), 2012)

INFORMACIÓN CARTOGRAFICA

Existen muchas fuentes satelitales de MDE que cubren la mayoría de la superficie terrestre, entre ellas las de acceso al público son las siguientes:

Tabla 2. Fuentes de obtención de Modelo Digital de Elevación (DEM), accesible al público en general.

SRTM	ASTER	ALOS PALSAR
Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)	Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer	Satélite Avanzado de Observación Terrestre (ALOS)
Cinco sensores del Satélite TERRA.	Global Digital Elevation Model (ASTER GDEM)	
Se encuentra en una órbita heliosincrónica a una altura de 705 km.	Misión STS-99 lanzó al espacio el trasbordador Endeavour con un sistema de radar denominado SRTM. Estos radares banda-C (SIR-C) y banda-X (X-SAR) a una altura de 233.1 km.	Satélite Avanzado de Observación Terrestre (ALOS)
Ancho de barrido 69km	Ancho de barrido 50km.	Tres sensores PRISM, AVNIR-S Y L a una altura de 691.65 km.
Inicio el 18 de diciembre de 1999 en un ciclo de repetición de 16 días	La misión duró 11 días, entre 11 y 22 de febrero del 2000.	Ancho de barrido de 250 a 350 km
90m	30m	Inicio el 16 de mayo del 2006 en un ciclo de repetición de 46 días
Alcance global	Alcance de escena satelital	12.5 m
		Alcance global

Las características de cada Modelo de Elevación Digital nos permiten realizar una comparación y realizar una elección con el DEM a trabajar, para ello además de sus características se evaluó el detallado que presenta cada uno en secciones de pendiente seleccionando como DEM a trabajar el **ALOS PALSAR 12.5 m**.

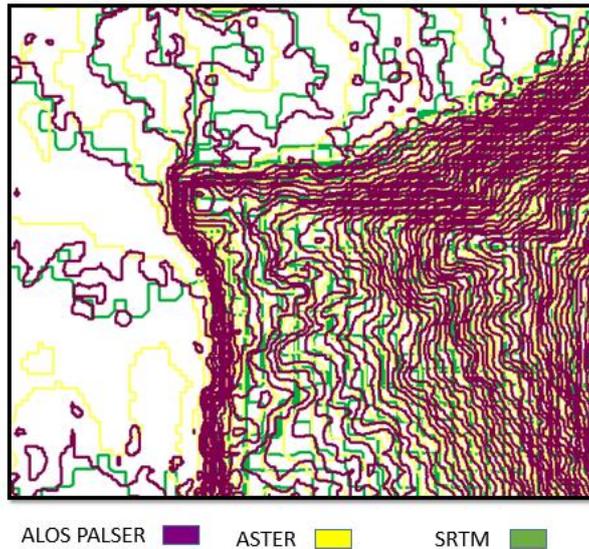


Figura 2. Curvas de nivel de los Modelos Digital De Elevación ALOS PALSAR, ASTER y SRTM a 10m, donde el DEM con mejor detallado es el generado por ALOS PALSAR.

MODELAMIENTO HIDRÁULICO

Inicialmente se genera un modelo digital de elevación en ArcGIS 10.5, en este software se genera la geometría del cauce del río, luego de ello se exporta a HEC-RAS 5.0.7 generando resultados hidráulicos y posterior a esto se generan las manchas de inundación con las láminas de agua obtenidas.

Se empleó el Modelo de Elevación Digital (DEM) del Satélite Avanzado de Observación Terrestre (ALOS), también llamado DAICHI y fue desarrollado por la Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón (JAXA) (Facility Alaska Satellite, 2019). La exploración (JAXA), desarrollo 3 tipos de sensores (PRISM, AVNIR-2 Y PALSAR) (Landmap, 2019). Cual el ultimo mencionado (Radar de apertura sintética tipo banda L en fase (PALSAR)), es un sensor de microondas activo que utiliza la frecuencia de banda L para lograr una observación de la tierra libre de nubes y de día y de noche. (Facility Alaska Satellite, 2019). Lanzado al espacio en enero del 2006, cual colectó imágenes de Radar en escenas de 50 km x 70 km de todo el planeta cada 45 días aproximadamente con resolución espacial de 6.5 mts o 12.5 mts (Spatial, 2013).

Configuración del modelo de Elevación Digital (DEM)

El Modelo de Elevación Digital (DEM), con fecha de 12 de febrero del 2011 que abarca el área de estudio de la Cuenca Majes (Tramo Dique-Punta Colorada), cuenta con una resolución espacial de 12.5 mts. Para observar mejores propiedades y características del (DEM), se creó New Shapefile (Rectangular), con el cual mediante Clip de *Raster, Processing, Raster, Data Management Tools, Arc Toolbox*, se ajustó al tramo Dique-Punta Colorada descargado de la página: <https://search.asf.alaska.edu>.

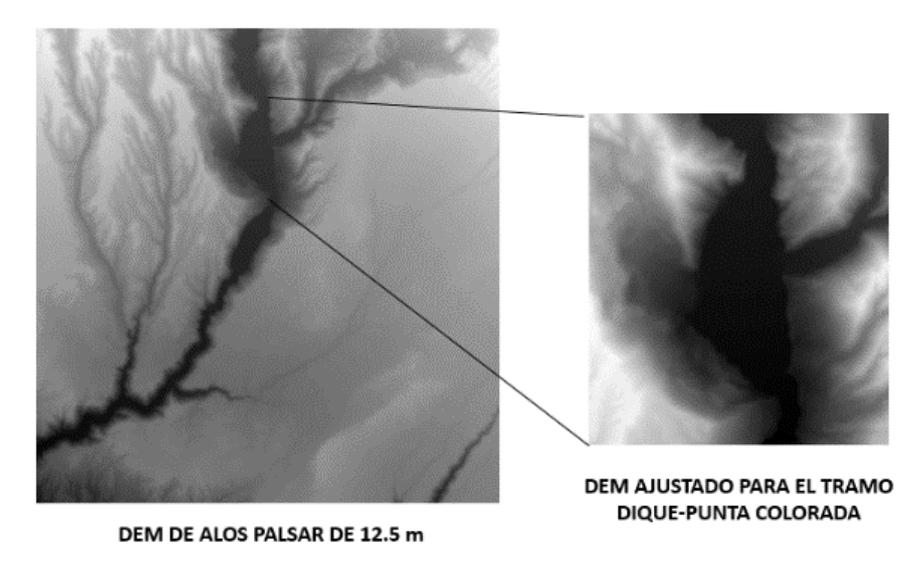


Figura 3. Delimitación del DEM ALOS PALSAR a el área de estudio.

El Modelo Digital de Elevación (DEM), con características de presentar una resolución espacial de 12.5 m, aún no nos proporcionara a detalle el relieve terrestre puesto que las cotas topográficas serán un factor importante para determinar las zonas de inundación en la franja del río Majes. Para ello el software Arcgis 10.5 nos permitirá disminuir la resolución espacial empleando la herramienta *Resample ubicado en herramienta Raster, Processing, Raster, Data Management Tools, Arc Toolbox* para un mayor detalle topográfico. Generando así una DEM de una resolución de hasta 7 metros.

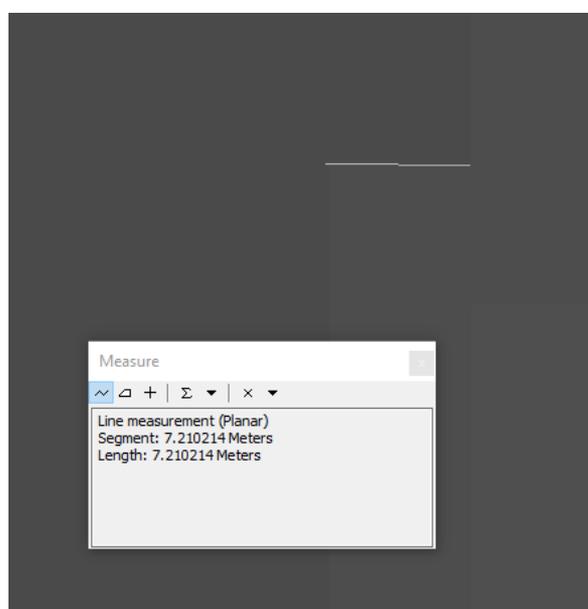


Figura 4. Resample del DEM ALOS PALSAR 12.5m a una resolución de 7.5 m

Digitalización geométrica (Hec-GeoRas 10.5)

Con este Modelo Digital de Elevación se procedió a realizar digitalización geométrica del tramo Dique-Punta Colorada, de la cuenca Majes mediante la extensión y creación de secciones transversales del río a través de la extensión del Hec-GeoRas 10.5. Para ello se requirió de un *Basemap Imaginry (imagen satelital)*, herramienta de Argis 10.5.

- Se crea la Línea Central del cauce trazado de aguas arriba a aguas abajo y procedemos a colocar su identificador (Ras Geometry>Create Ras Layer-Stream Centerline).
- Márgenes del cauce o línea de banco (Ras Geometry>Create RAS Layer-Bank Lines).
- Límites de desborde de inundación identificando el banco derecho, banco izquierdo y centro (Ras Geometry>Create RAS Layer-Flow Path Centerlines).
- Por ultimo con las características del rio ya establecidas en el software procedemos a generar las secciones trasversales, con la herramienta *XS Cut Lines*, generamos secciones de intervalo de 150 m y un ancho variable.

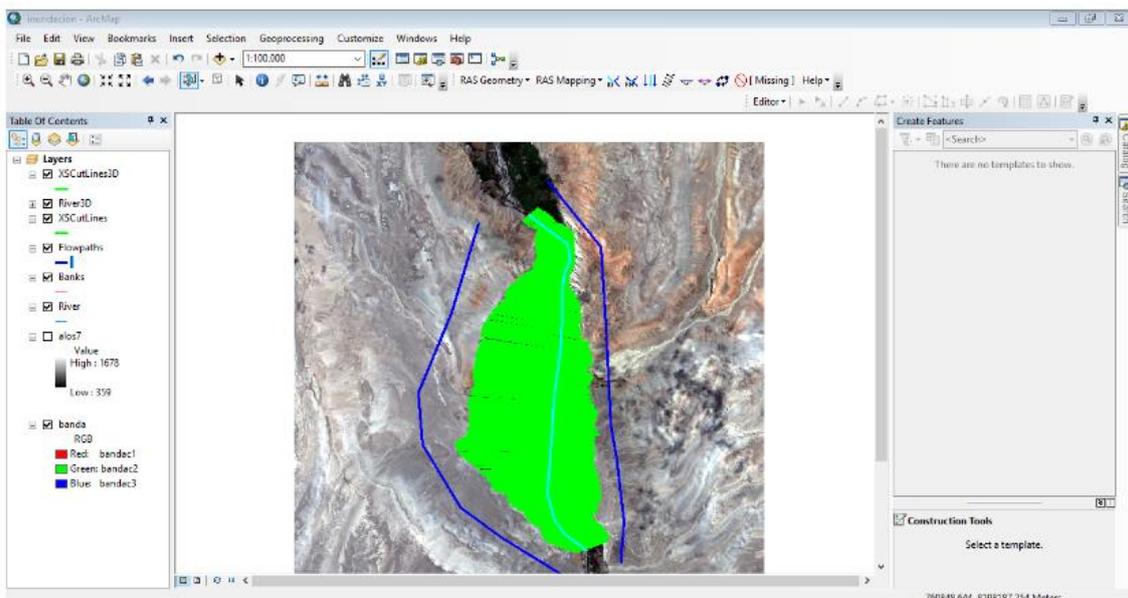


Figura 5. Características geométricas (línea del cauce, márgenes del cauce, límites de desborde de inundación y secciones transversales), generadas con la extensión Hec-Georas 10.5.

Todo el proyecto tiene que generarse en base a un Modelo Digital de Elevación (DEM), para ello hacemos uso de la herramienta RAS *Geometry-Layer Setup*, elegimos que se genere en formato GRID y que emplee el DEM. Asimismo, tenemos que realizar con la línea central del río y las sesiones transversales individualmente. Se importa la configuración geométrica por extensión creada desde Arcgis 10.5 (Hec-GeoRas 10.5), para poder generar la simulación hidráulica.

Simulación hidráulica (Hec Ras 5.0.7)

Pará ello el Software Hec-ras 5.0.7 necesitara el cálculo de las siguientes variables:

Coefficiente de Manning

Para el coeficiente de rugosidad de Manning, el software HEC-RAS 5.0.7 por defecto considera tres sectores bien definidos en cada sección transversal: canal principal, planicie de inundación derecha y planicie de inundación izquierda, estando bien definidos por los bancos laterales al canal principal del río Majes.

Para los valores de coeficiente de rugosidad se usó la tabla 3 proporcionada por la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), a través de ello se procedió a caracterizar el cauce del río.

Tabla 3. Valores del coeficiente n de rugosidad de Manning.

Valores del coeficiente n de rugosidad de Manning	
a) Canales sin vegetación	
• Sección transversal uniforme, alineación regular sin guijarros ni vegetación, en suelos sedimentarios finos.	0.016
• Sección transversal uniforme, alineación regular, sin guijarros ni vegetación, con suelos de arcilla duros u horizontes endurecidos	0.018
• Sección transversal uniforme, alineación regular, con pocos guijarros, escasa vegetación, en tierra franca arcillosa	0.02
• Pequeñas variaciones en la sección transversal, alineación bastante regular, pocas piedras, hierba fina en las orillas, en suelos arenosos y arcillosos, y también en canales recién limpiados y rastrillados	0.0225
• Alineación irregular, con ondulaciones en el fondo, en suelo de grava o esquistos arcillosos, con orillas irregulares o vegetación	0.025
• Sección transversal y alineación irregulares, rocas dispersas y grava suelta en el fondo, o con considerable vegetación en los márgenes inclinados, o en un material de grava de hasta 150 mm de diámetro	0.03
• Canales irregulares erosionados, o canales abiertos en la roca	0.03
(b) Canales con vegetación	
• Gramíneas cortas (50-150 mm) Gramíneas	0.030-0.060
• Gramíneas medias (150-250 mm) Gramíneas	0.030-0.085
• Gramíneas largas (250-600 mm)	0.040-0.150
(c) Canales de corriente natural	
• Limpios y rectos	0.025-0.030

- Sinuosos, con embalses y bajos 0.033-0.040
- Con muchas hierbas altas, sinuosos 0.075-0.150

Fuente: (Food and Agriculture Organization of de United Nations (FAO), 1997)

Planicie de inundación izquierda: Para las planicies de lado izquierdo de la cuenca se observó cultivos como arroz, papa. Por lo tanto, lo definiremos como gramíneas medias (0.030-0.085).

Planicie inundada derecha: Para las planicies del lado izquierdo de la cuenca la mayor parte del tramo está definida por cultivo, por lo tanto, lo definiremos según la tabla 3 como gramíneas medias (0.030-0.085)

Canal Principal: El caudal principal del tramo a estudiar está compuesto por rocas dispersas en abundancia y graba suelta en el fondo por lo tanto le corresponde un número de Manning (0.03).

River Station	Frctn (n/K)	n #1	n #2	n #3	
1	11971.55	n	0.0575	0.03	0.0575
2	11902.98	n	0.0575	0.03	0.0575
3	11833.78	n	0.0575	0.03	0.0575
4	11746.72	n	0.0575	0.03	0.0575
5	11657.26	n	0.0575	0.03	0.0575
6	11583.88	n	0.0575	0.03	0.0575
7	11513.1	n	0.0575	0.03	0.0575
8	11445.19	n	0.0575	0.03	0.0575
9	11395.82	n	0.0575	0.03	0.0575
10	11341.47	n	0.0575	0.03	0.0575
11	11258.21	n	0.0575	0.03	0.0575
12	11198.42	n	0.0575	0.03	0.0575
13	11133.75	n	0.0575	0.03	0.0575
14	11085.89	n	0.0575	0.03	0.0575
15	11039.6	n	0.0575	0.03	0.0575
16	10988.02	n	0.0575	0.03	0.0575
17	10935.57	n	0.0575	0.03	0.0575
18	10871.14	n	0.0575	0.03	0.0575
19	10802.37	n	0.0575	0.03	0.0575
20	10736.73	n	0.0575	0.03	0.0575
21	10673.19	n	0.0575	0.03	0.0575
22	10599.64	n	0.0575	0.03	0.0575
23	10530.17	n	0.0575	0.03	0.0575
24	10461.4	n	0.0575	0.03	0.0575

Figura 6. Numero de Manning de 0.03(canal principal) y 0.0575 (planicie de inundación izquierdo y derecho).

Seleccionar adecuadamente un valor de “n” significa hacer una buena estimación de la resistencia al escurrimiento en un canal dado. (CHOW, 1983)

Pendiente de la cuenca

Se realizó el uso del software ARGIS 10.5, teniendo el DEM del cauce principal se empleó la extensión 3D ANALYST, ello me permite obtener el perfil longitudinal del tramo del río.

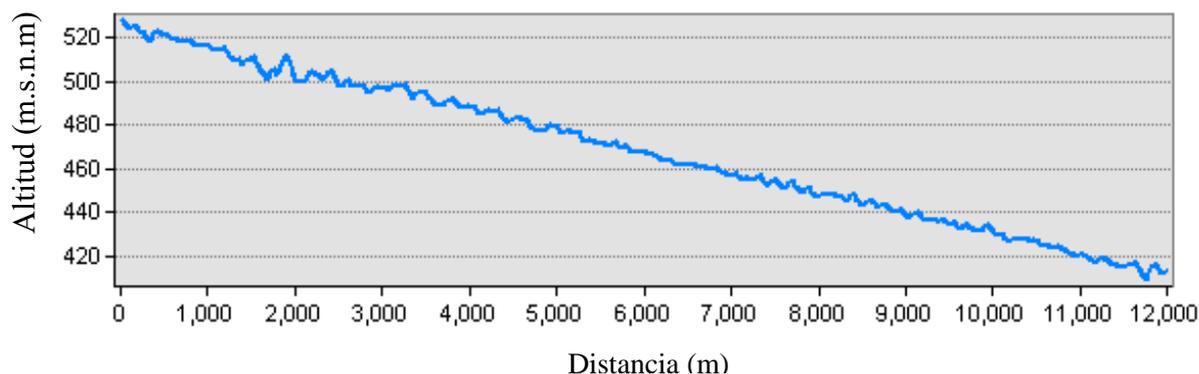


Figura 7. Pendiente longitudinal del tramo Dique-Punta Colorada.

Calculo manual:

$$S = \frac{530 - 410}{12000}$$

$$S = 0.01000 \frac{m}{m}$$

La pendiente de una cuenca, es un parámetro muy importante en el estudio de toda cuenca, tiene una relación importante y compleja con la infiltración, la escorrentía superficial, La humedad del suelo, y la contribución del agua subterránea a la escorrentía (Aparicio Mijares et al., 2009)

Caudal (PR 5, PR 25, PR50)

- PR 5 años = 977.6 m³/h.
- PR 25 años = 1431.2 m³/h.
- PR 50 años = 1992.1 m³/h.

RESULTADOS

El tramo comprendido de estudio Dique-Punta Colorada presenta una pendiente de 0.57° (aguas abajo a aguas arriba), en un tramo comprendido de 12000m. Generalmente los caudales con máximas avenidas se presentan por el mes de enero, febrero y marzo siendo estos muchos mayores a los caudales que se presentan el resto del año (International Cooperation Agency Japan(JICA), 2012, p. 11).El estudio del “Proyecto de protección de las planicies de inundación y poblaciones rurales vulnerables contra las inundaciones en la república del Perú”, presenta los caudales máximos probables de los cuales se realizó la simulación de ellos con un periodo de retorno de 5 años, 25 años y 50 años como un caudal permanente.

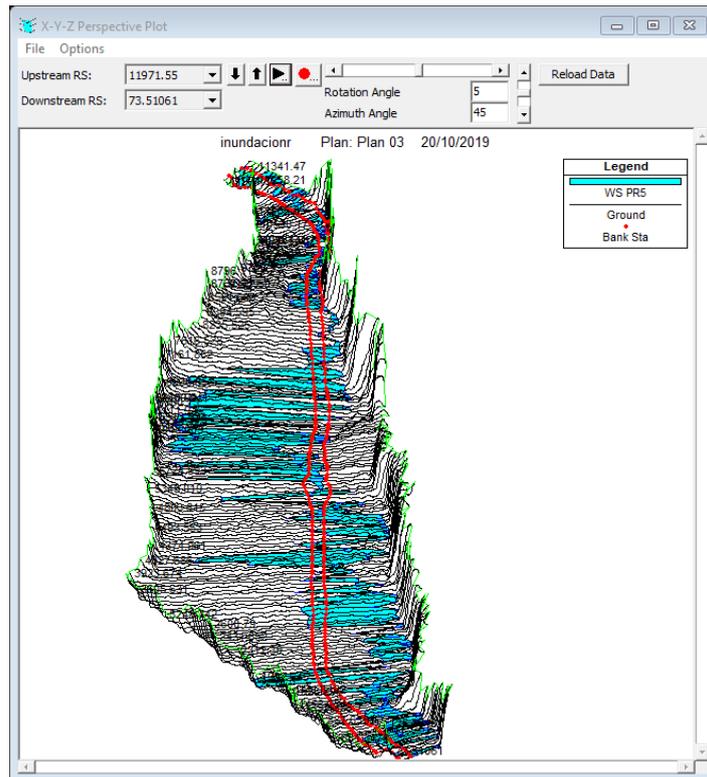


Figura 8. Modelamiento hidráulico del tramo Dique-Punta Colorada con un Periodo de Retorno de 5 años de 977.6 m³/h.

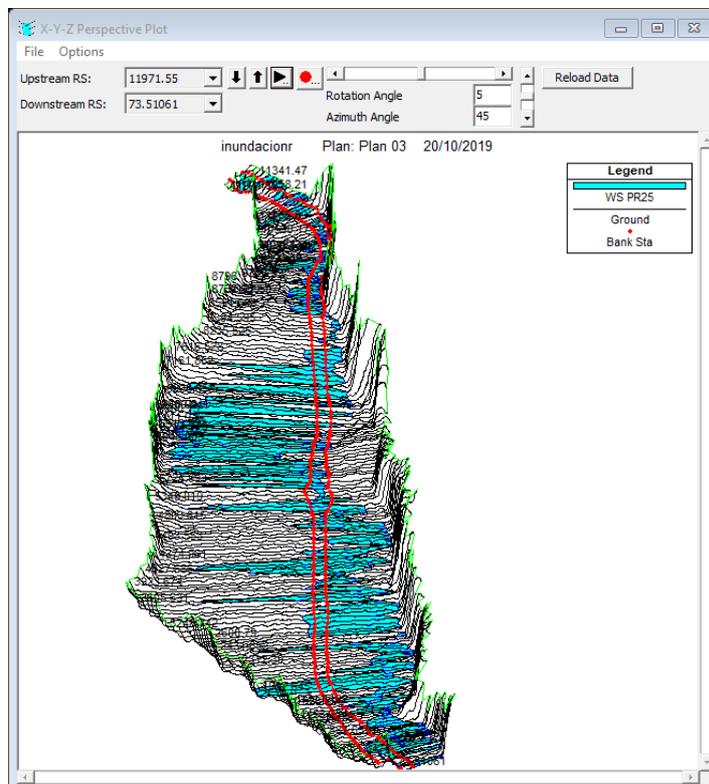


Figura 9. Modelamiento hidráulico del tramo Dique-Punta Colorada con un Periodo de Retorno de 25 años con un caudal de 1431.2 m³/h.

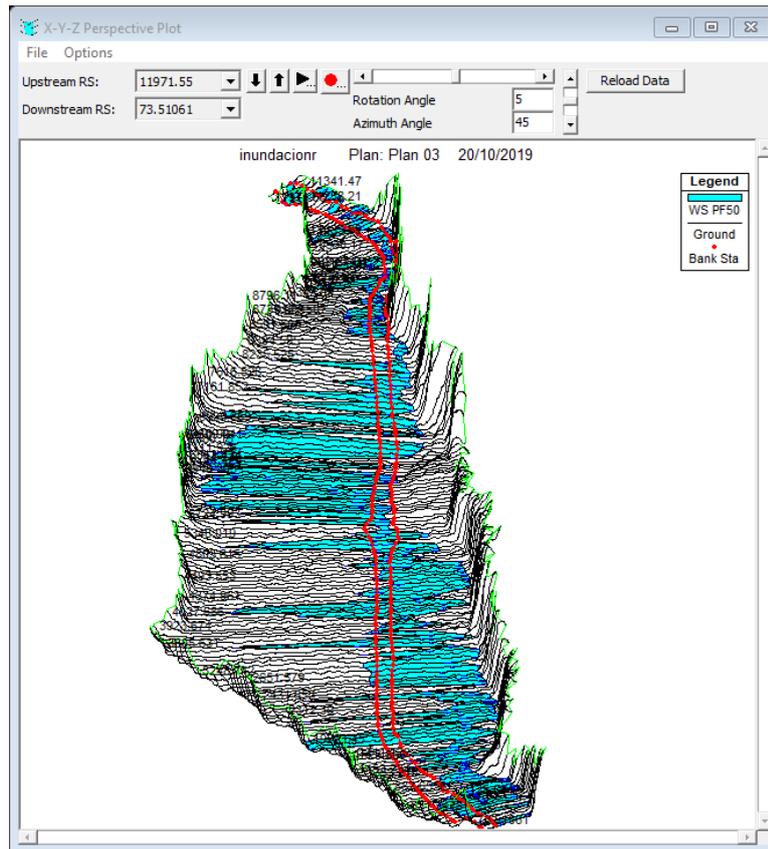


Figura 10. Modelamiento hidráulico del tramo Dique-Punta Colorada con un Periodo de Retorno de 50 años para un caudal de 1992.1 m³/h.

La inundación es clara precisar que se presenta en todo el tramo de estudio Dique-Punta Colorada, pero con un mayor resalte en la parte media del tramo donde la pendiente transversal en contra del valle ocasiona que el caudal de 977.6 m³/h termine inundando con mayor volumen esa zona. Para un PR de 25 años la simulación correspondiente era de 1431.2 m³/h siendo un caudal esperado para el año 2037 ocasiono un mayor impacto de la zona media superior, y asimismo para el PR de 50 años de 1992.1 m³/h siendo un caudal esperado en el año 2062 siendo un panorama crítico de la zona donde el caudal de la máxima avenida llega a impactar en borde rocoso del valle de Majes.

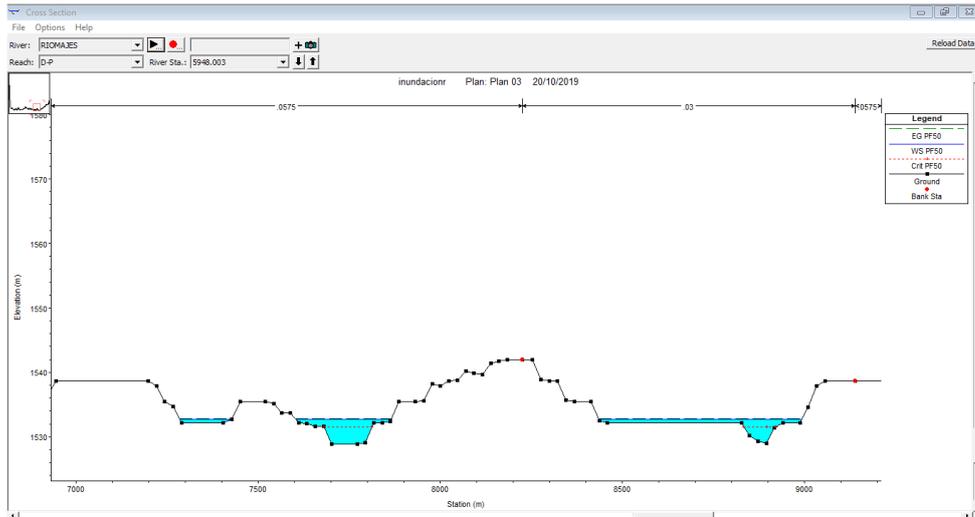


Figura 11. Sección transversal 5948.003 m del tramo Dique-Punta Colora (PR 5,25,50).

La topografía del terreno de estudio muestra un desnivel transversal en contra que ocasiona que el cauce del río Majes se desborde hasta llegar al límite transversal del valle de Majes en la sección transversal 5948.003 m (longitud de aguas abajo a aguas arriba).

CONCLUSIONES

El trabajo realizado identificó zonas de inundación en todo el tramo Dique-Punta Colorada mediante la simulación hidráulica del cauce a periodos de retorno de 5,25 y 50 años, sin embargo, cabe recalcar que la precisión del resultado dependerá del empleo de Modelos Digital de Elevación (DEM) de mayor resolución.

El estudio “Proyecto de protección de las planicies de inundación y poblaciones rurales vulnerables contra las inundaciones en la república del Perú”, realizado el 2012 por la International Cooperation Agency Japan (JICA), determinó máximas avenidas probables que corroborando con la fecha actual de la investigación 2019, se ha presentado eventos de inundación repetitivos con el periodo de retorno de 2022.

El Modelo Digital de Elevación (DEM) está tomando mayor uso en áreas de prevención a desastres naturales por la precisión de mejoras que estos presentan en los últimos años, siendo estos una alternativa para saber actuar ante estos eventos.

El empleo de software como HEC-RAS Y HEC-GEORAS como extensión en ArcGIS, nos permiten estimar parámetros hidráulicos y definir el entorno de simulación para el análisis de avenidas e inundaciones.

REFERENCIAS

- Aparicio Mijares, F. J., Caldas, A., Máximo, V. B., Monsalve Saenz, G., Chereque, W., Gomez Morales, I. W., ... Navarrete Álvarez, M. (2009). *HIDROLOGIA APLICADA*. In *Apuntes Hidrología*.
<http://www.floodup.ub.edu/hidro/%5Cnhttp://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/red-natura>
[2000/rn_fichas_be_agua_dulce.aspx%0Ahttp://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?Isiscript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISC](http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?Isiscript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISC)
- Centro Nacional de Estimación, P. Y R. Del R. De D. (CENEPRED). (2015). Escenario de riesgos ante la temporada de lluvias 2015-2016. 25. Retrieved from www.cenepred.gob.pe
- Chilito Rincon, E. A. (2018). Definición de zonas de inundación mediante el uso del modelo de simulación hec-ras en un tramo de caño grande, barrio el rubí – villavicencio (Vol. 15).
<https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.3.66178>
- International Cooperation Agency Japan(JICA). (2012). Hidrología de máximas avenidas en la cuenca del río majes camaná - proyecto de protección de las planicies de inundación y poblaciones rurales vulnerables contra las inundaciones en la república del Perú. In *Hidrología de máximas avenidas en la cuenca del río majes camaná*.
- Torres Quintero, E., & Gonzalez Naranjo, E. (n.d.). Acción del modelo de simulación hidráulica hec-ras para la emisión de pronósticos hidrológicos de inundaciones en tiempo real, en la cuenca media del río bogotá - sector alicachin. 17.
- ANDINA. (2017). *Agencia Peruana de Noticias*. Obtenido de Agencia Peruana de Noticias:
<https://andina.pe/agencia/noticia-arequipa-declaran-alerta-roja-al-rio-majes-alcanzo-caudal-820-m3s-657436.aspx>
- CHOW, V. T. (1983). *Hidraulica de Canales Abiertos*. Mexico: C.E.C.S.A.
- Correo. (23 de 10 de 2014). *Diario Correo*. Obtenido de Diario Correo:
<https://diariocorreo.pe/peru/rio-majes-se-desborda-y-arrasa-con-cultivos-de-arroz-518684/>
- Facility Alaska Satellite. (2019). *About ALOS-PALSAR*. Obtenido de About ALOS-PALSAR:
<https://www.asf.alaska.edu/sar-data/palsar/about-palsar/>
- Landmap. (2019). *Introducción-Alos Palsar*. Obtenido de Introducción-Alos Palsar:
<http://learningzone.rspsoc.org.uk/index.php/Datasets/Palsar/Introduction-ALOS-PALSAR>
- Spatial, G. (2013). *Alos Palsar*. Obtenido de Alos Palsar.
- US Army Corps of Engineers. (s.f.). *HEC-RAS*. Obtenido de HEC-RAS:
<https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>
- Food and Agriculture Organization of de United Nations (1997). *Medición sobre el Terreno de la Erosión del Suelo y de la Escorrentía. (Boletín de Suelos de la FAO - 68)*. Obtenido de *Medición sobre el Terreno de la Erosión del Suelo y de la Escorrentía. (Boletín de Suelos de la FAO - 68)*: <http://www.fao.org/3/T0848S/t0848s06.htm>

