



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**“Modelamiento Hidrológico e Hidráulico de la Quebrada San
Idelfonso para localizar áreas de inundación en Trujillo utilizando
HEC-HMS y HEC-RAS”**

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

AUTORES:

Muñoz Rojas, Henry Estuardo (ORCID: 0000-0002-8402-9497)

Quinde Carrasco, Fiorela Elizabeth (ORCID: 0000-0002-4450-6172)

ASESOR:

Dr. Quezada Álvarez, Medardo Alberto (ORCID: 0000-0002-0215-5175)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2021

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mi madre Carmen Rosa Rojas Rodríguez, a mi padre Henry Oscar Muñoz Esteves, por haber formado a un hombre de bien, con valores y ética, A de mis hermanos Karen, Jean y a mi abuela María que me han enseñado a partir del ejemplo y la dedicación se pueden lograr grandes cosas, así también por apoyado y aliento que han sido mi motor en todos estos años

A mis tíos, primos y demás familiares que siempre me dieron su apoyo incondicional, cuyas enseñanzas me han servido para formarme con un profesional,

A amigos que me dieron la mano desde que inicie la carrera y que son pieza fundamental en mi vida.

Por último, pero no menos importante se la dedico a Dios, por darme su bendición, por no desamarme en los momentos, por darme fuerza y sabiduría para afrontar las dificultades, por permitirme culminar mi formación profesional y por las personas que ha puesto en mi camino.

Muñoz Rojas, Henry Estuardo

Esta investigación se la dedicamos en primer lugar a Dios, a nuestros padres y seres queridos por el apoyo brindado, su tiempo y comprensión en todo este camino universitario para lograr formarnos como profesionales.

Quinde Carrasco, Fiorela Elizabeth

Agradecimiento

En la presente investigación le manifestamos el agradecimiento a la Universidad César Vallejo por los aprendizajes brindados, por cada experiencia vivida y los conocimientos que nos impartieron a lo largo de estos 5 años de nuestra carrera universitaria. A nuestro asesor el Dr. Quezada Álvarez, Medardo Alberto por brindarnos la motivación, sus valiosos aportes y conocimientos que nos permitió desarrollar esta investigación. A cada uno de nuestros docentes que formaron parte de nuestra formación para convertirnos en ingenieros ambientales Así mismo agradecer a cada uno de nuestros compañeros que en transcurso de la carrera se convirtieron en grandes amistades y con los cuales pudimos experimentar gratas vivencias y enseñanzas.

Agradecemos de una forma especial a nuestros padres por ser el soporte principal a lo largo de esta carrera universitaria. Y de forma primordial a Dios, que nos dio la fuerza para no desistir en el camino.

Índice de Contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de Contenidos.....	iv
Índice de Tablas	vi
Índice de Figuras	vii
Resumen	viii
Abstract.....	ix
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 y muestreo	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	11
3.5. Procedimientos	12
3.6. Métodos de análisis de datos.....	13
3.7. Aspectos éticos	13
IV. RESULTADOS.....	14
4.1. Características de la zona de estudio	14
4.1.1. Área de estudio	14
4.1.2. Descripción del área de estudio.....	15
4.1.3. Parámetros morfológicos de la Microcuenca.....	16
4.2. Recopilación de información hidrológica	19
4.3. Análisis de Hidrológico.....	20
4.3.1. Análisis distribuciones estadísticas y prueba de bondad de ajuste	20
4.3.2. Precipitaciones Máxima para diferentes Periodos de Retorno.....	23
4.4. Tiempo de concentración	25
4.5. Determinación de Número de curvas según SCS	25
4.6. Determinación de I-D-T.....	26
4.7. Hietogramas de diseño	27
4.8. Polígono de Thiessen	31
4.9. Modelamiento hidrológico con HEC – HMS.....	32
4.10. Modelamiento hidráulico con Hec – Ras	34

V. DISCUSIÓN	37
VI. CONCLUSIONES.....	40
VII. RECOMENDACIONES.....	41
REFERENCIAS	42
ANEXOS	

Índice de Tablas

Tabla 1: Coordenadas UTM de la Quebrada San Idelfonso	15
Tabla 2: Parametro Geomorfológicos de la Quebrada San Idelfonso	17
Tabla 3: Precipitaciones máximas anuales (mm).....	19
Tabla 4: Coordenadas UTM de las estaciones de Huangacocha, Julcán y Sinsicap.	20
Tabla 5: Precipitaciones Máxima para diferentes Periodos de Retorno para la Estación de Huangacocha	23
Tabla 6: Precipitación Máxima para diferentes Periodos de Retorno para la estación de Julcán.....	24
Tabla 7: Precipitación Máxima para diferentes Periodos de Retorno para la estación de Sinsicap	25
Tabla 8: Grupos de suelo para el método SCS.....	26
Tabla 9: Hietograma de Diseño para un T= 20 para la estación Huangacocha.	28
Tabla 10: Hietograma de Diseño para un T= 20 para la estación Julcán	29
Tabla 11: Hietograma de Diseño para un T= 20 para la estación Sinsicap.	30

Índice de Figuras

Figura 1: Mapa de ubicación del Distrito El Porvenir	14
Figura 2: Quebrada San Idelfonso.....	16
Figura 3: Obtención del DEM	18
Figura 4: Distribución de Gumbel de la Estación de Sinsicap	22
Figura 5: Calculo I-D-T para la Estación de Huangacocha	27
Figura 6: Polígono de Thiessen	31
Figura 7: Modelo Hidrológico en HEC-HMS	32
Figura 8: Hietograma de Diseño para un TR=20 años	33
Figura 9: Resultados del Modelamiento Hidrológico	34
Figura 10: Generación de la Malla Computacional 2D.....	35
Figura 11: Modelamiento Hidráulico en HEC-RAS.....	35
Figura 12: Mapa de posibles áreas afectadas	36

Resumen

La presente investigación se orientó en los recurrentes eventos de inundación en la ciudad de Trujillo, que son efectos del ya conocido Fenómeno El Niño (FEN), trayendo consigo impactos tanto económico, social y ambiental. Se realizó un modelamiento hidrológico e hidráulico de la quebrada San Idelfonso para identificar sus áreas de inundación, utilizando HEC – HMS y HEC – RAS. Para realizar este proceso se determinó parámetros morfométricos de la microcuenca a la que pertenece la quebrada, teniendo un área de 10.94 km², perímetro de 23,0, una cota máxima y mínima de 900 y 100 respectivamente. Para el cálculo del caudal se requirió de información como el coeficiente de escorrentía, tipo de suelo, cobertura y pendiente, a partir de la imagen satelital ALOS PALSAR, luego procesada en ArcGIS 10.5. de igual manera la intensidad fue determinada por las precipitaciones máximas en 24 horas, de 19 años. Ajustada por el análisis estadístico en Hidroesta 2. Se tuvo un caudal máximo de 99.7m³/s, para un TR=20, modelando en HEC – RAS, con la geometría del cauce, generada a partir de un levantamiento topográfico, en un flujo de régimen mixto, teniendo como resultado un desbordamiento del cauce, a un periodo de retorno de 20 años, con un caudal de 99.7 m³ /s.

Palabras claves: Inundación, Modelamiento, Caudal Máximo, Sistemas De Información Geográfica.

Abstract

This research was focused on the recurrent flooding events in the city of Trujillo, which are effects of the well-known El Niño Phenomenon (FEN), bringing with it economic, social and cultural-preventive impacts. A hydrological and hydraulic modeling of the San Idelfonso stream was carried out to identify its flood areas, using HEC - HMS and HEC – RAS. To carry out this process, morphometric parameters of the micro-watershed to which the stream belongs were determined, having an area of 10.94 km², a perimeter of 23.0, a maximum and minimum elevation of 600 and 100 respectively. For the calculation of the flow, information such as runoff coefficient, soil type, coverage and slope was required from the ALOS PALSAR satellite image, then processed in ArcGIS 10.5. Similarly, the intensity was determined by the maximum rainfall in 24 hours, for 19 years. Adjusted by the statistical analysis in HydroEsta 2. The maximum flow was 99.7 m³/s, for a TR=20, modeled in HEC - RAS, with the geometry of the channel, generated from a topographic survey, in a mixed regime flow, resulting in an overflow of the channel, at a return period of 20 years, with a flow of 99.7 m³ /s.

Keywords: Flooding, Modeling, Peak Flow, Geographical Information Systems

I. INTRODUCCIÓN

A nivel global, tanto las grandes ciudades con edificaciones proyectadas y arquitectónicas o con grandiosos avances tecnológicos son afectados por las inundaciones o desbordamiento de los cauces de los ríos, al igual que los pequeños pueblos aledaños y sin infraestructura. (Vergara, C, et-al, 2011, p.03). Es sabido que el hombre ha tenido que enfrentarse a uno de los fenómenos naturales más catastróficos como las inundaciones. Sucede que, de los desastres ocurridos entre 1960 y 1999, un tercio fueron inundaciones y se le atribuyó un tercio de las pérdidas económicas y desgracias a nivel mundial. (Government of Germany, 2002, p.7,9). También se sabe que desde tiempo atrás, las ciudades se han establecido en espacios cercanos a la franja marginal o la rivera de los ríos para proveerse de agua tanto para su consumo personal como para otras actividades comerciales en su entorno. Exponiéndose así a enfrentarse con posibles desbordes y frecuentes inundaciones.

Un estudio realizado por Waldo Lavado y Espinoza (2014) “Describe qué la variabilidad del ENOS influye de manera inversa en las lluvias y los caudales en el norte de la vertiente del Pacífico peruano y en la vertiente del lago Titicaca. De esta forma, durante el fenómeno del Niño, las lluvias y caudales permanecen sobre sus valores habituales en la costa norte en lo que en la vertiente del Titicaca y al este de los Andes, se muestran sequías hidrológicas. (pág. 9)

En el 2017, Perú afrontó un fenómeno climático conocido como “El Niño Costero” que es un acontecimiento repentino de lluvias en casi todo el norte peruano que imposibilita que los vientos alisios, que son naturales del océano Pacífico, “enfrien” las aguas calientes del norte, que viene a ser la temperatura inusualmente elevada del océano a lo largo de la costa norte (Takahashi y Gutierrez,2017, párr. 8). También Yuri Hooker lo definió como el calentamiento del agua superficial, entre los primeros 20 y 30 metros de profundidad y esto se origina debido a que los vientos alisios, que empujan las aguas frías de sur a norte, se debilitan y, por lo tanto, el mar inmovilizado se calienta por acción solar. Este fenómeno dejó un

aproximado de 3,1 mil millones USD en pérdidas económicas (León y Kraul, 2017, p. 2). Asimismo, la cantidad de personas afectadas se acerca a los 1,1 millones, al 12 de mayo de 2017 (INDECI 2017).

En el territorio peruano, en las temporadas de precipitación se puntualizan en épocas de avenida y épocas de estiaje, esto gracias a la estacionalidad de las lluvias. Los desbordamientos ocurren tanto en la selva, costa y sierra, siendo mayormente de estas originadas a lo largo de las épocas de avenida. Según los datos registrados en INDECI, indican alrededor de 5 mil emergencias se produjeron por inundación dentro del lapso 2003 - 2018, lo cual implica que se produjeron un total de 300 inundaciones al año a lo largo del territorio (INDECI, 2019, p. 10); que, si bien simboliza una estadística imponente, los efectos más catastróficos por lluvias e inundaciones ocurren en presencia del Fenómeno El Niño (FEN); de la misma forma que ocurrió en 1925, 1983, 1998 y 2017 en donde el norte peruano ha sido el más perjudicado. (Takahashi y Martínez, 2019, párr. 12).

Los efectos de El Niño se distribuyeron de manera desigual en las regiones geográficas de Perú y los impactos más severos (según el porcentaje de personas afectadas en Perú) se reportaron en ciudades de los departamentos costeros del norte de Piura (32%), Lambayeque (16%) y La Libertad. (5%), así como en el departamento costero central, Lima (5%), (OPS 2017, p. 3). En el departamento La Libertad – Trujillo ha quedado demostrado que es una de las ciudades sometidas a eventuales episodios de inundación, producidas por precipitaciones o lluvias excesivas a lo largo de la cuenca del río Moche. Así como quedó en evidencia lo ocurrido el 15 de marzo del 2017, que la ciudad de la Eterna Primavera fue golpeada por un huaico que inundó, no solo el Centro Histórico y varias urbanizaciones de la ciudad, sino también los distritos como El Porvenir, Florencia de Mora y Víctor Larco Herrera. Las fuertes lluvias originadas por El Niño Costero, activaron la quebrada San Idelfonso y que luego colapsó, rompiendo el dique de Mampuesto, cruzando el cementerio del mismo nombre y tras inundar parte de la avenida Miraflores, ingresó al centro de Trujillo por la avenida España y el jirón San Martín. Continuo a esto, Trujillo sobrellevó seis huaicos más, ya que paralelamente a la quebrada San Idelfonso, las quebradas León y San Carlos también se

activaron, dejando un aproximado de 17.965 personas afectadas y 3.857 viviendas colapsadas, haciendo un recuerdo de lo ocurrido en el año 1998. (Aurazo, 2019, Diario El Comercio, p. 3-5)

Dentro de esta perspectiva, surgió la formulación del siguiente **problema**: ¿Cómo es el modelamiento hidrológico e hidráulico de la Quebrada San Idelfonso y cuáles son las áreas sometidas a posibles inundaciones?

Este proyecto de **investigación se justifica** debido a que a la quebrada San Idelfonso llegan más de cuarenta vertientes, desde su nacimiento y su recorrido, convirtiéndose en un peligro para la población del sector Río Seco, Trujillo, Víctor Larco. (MDEP, 2017, p. 4) Y que, al estar sometida a precipitaciones extremas, y que muchas de ellas vinculadas al FEN, lo que manifiesta ser el desastre natural más significativo de la región.

Si bien es cierto la integridad de las personas ha sido fuertemente amenazada por los procesos de inundación, también las infraestructuras de servicio, las pérdidas de cultivos y tierras agrícolas se han observado seriamente dañadas y que en conjunto representan millonarias pérdidas (ANA, 2014). Tales efectos se evidenciaron a lo largo de las inundaciones del FEN Costero 2017, que pese a los amplios preparativos que se elaboraron frente a la llegada del FEN 2015-16 y que sencillamente alcanzó exponer una magnitud de débil a moderada, se recopilieron perjuicios equiparables a los eventos de 1982-83 y 1997-98, eventos que son considerados como los FEN más catastrófico en la historia del Perú (French y Mechler, 2017). Asimismo, estas últimas inundaciones dejaron a domicilios y poblaciones en una situación de más grande pobreza y vulnerabilidad, se previene que otro desastre podría ser catastrófico.

Teniendo en cuenta la problemática expuesta, este proyecto aspira modelar la quebrada San Idelfonso teniendo en cuenta la data de diferentes años, para estimar los caudales y los hidrogramas pico, considerando el caudal para un tiempo de retorno de 100 años; los cuales tienen la posibilidad de ser tomados presente al instante para diseñar o proyectar las futuras obras y estructuras para controlar inundaciones. Los resultados pretenden conceder soporte técnico base que podría

utilizarse para apoyar en la mejorar de toma de elecciones para el control de y minimizar los peligros de las inundaciones en Trujillo. También tiene la finalidad de aportar conocimiento sobre la hidrología y la hidráulica y el uso del software Hec-HMS y Hec - RAS, así como también incentivar en la búsqueda de información en alumnos y futuros ingenieros ambientales para desarrollar buenas prácticas de estudio que originen cambios en su sistema de uso en campo.

Así mismo, se consideraron los siguientes **objetivos**, como **general** se propuso realizar el modelamiento hidrológico e hidráulico de la quebrada San Idelfonso para identificar sus áreas inundables. Y como **objetivos específicos** se plasmaron los siguientes: El primero objetivo específico es El primero objetivo específico es determinar los parámetros geomorfológicos de la microcuenca de la Quebrada San Idelfonso. El segundo objetivo específico va orientado a desarrollar un análisis estadístico en Hidroesta 2, de las precipitaciones máximas de la cuenca de la quebrada San Idelfonso teniendo en consideración la información recopilada de tres estaciones.. El tercer objetivo específico es determinar el caudal pico mediante el modelamiento hidrológico en Hec-Hms para un periodo de retorno. El cuarto objetivo específico es desarrollar el modelamiento hidráulico en Hec-Ras en el tramo del dique de la quebrada hasta la playa de Buenos Aires. Y como último objetivo específico es obtener un mapa de las áreas de inundaciones del lugar estudiado, para un periodo de retorno estimado.

El presente proyecto tiene como hipótesis general que el Modelamiento Hidrológico e Hidráulico determinará las áreas sometidas a posibles inundaciones

II. MARCO TEÓRICO

A continuación, se describen los trabajos previos que corresponden a esta investigación:

En primer lugar, tenemos a Chagua James (2018) en su investigación “Estudio de inundación del área que corresponde al distrito de Calango, provincia de Cañete, departamento de Lima, Por medio de la utilización de los modelos matemáticos HEC-HMS Y HEC-RAS” tuvo como fin Hacer un estudio hidrológico e hidráulico

para obtener mapas de inundación utilizando los modelos matemáticos HEC-HMS y HEC-RAS, y el Sistema de Información Geográfica ARCGIS, donde la metodología que siguió fue ingresar datos de precipitación y topográficos, luego el procesamiento inicial de datos de precipitación, después la elaboración de curvas IDF, continuó con el modelamiento hidrológico, luego el modelamiento hidráulico y por último, la generación del mapa de inundación, concluyendo que para conseguir el mapa de inundación, la investigación hidrológico e hidráulico fueron relevantes para este fin. Mientras tanto que en el estudio hidrológico se obtuvo los caudales de diseño para las etapas de retorno de 100 y 500 años, en la exploración hidráulica se obtuvo el modelamiento del río Mala, identificando las regiones de peligro de inundación con zonas que van a partir de los $177,140 \text{ m}^2$ hasta $254,170 \text{ m}^2$ como máximo. Siendo zonas en su mayoría de cultivos (pág. 3 – 25)

Asimismo, Carpio (2018) en su investigación "Generación del Modelo de Áreas de Inundación del Río Catarama mediante el uso de los softwares HEC-RAS Y ARCGIS" se centró en realizar un estudio hidrológico mediante el software HEC -HMS en el cual se fijó periodos de retorno de 5, 10, 25, 50, y 100 años respectivamente. Este análisis se llevó a cabo en el río Zapotal, la cual posee un área de 3729 km^2 . Una vez realizado el modelamiento hidrológico, se llevaron esos datos al software HEC-RAS, en el cual se realizó la simulación del comportamiento de la cuenca y la obtención de las áreas con riesgo a inundarse. (pág. 1 – 7)

Según el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2018), el Perú carece de acceso a información en temas hidrométricos como pluviométricos, sumado a esto gran porcentaje de las cuencas no poseen o no cuentan con los instrumentos necesarios para realizar las mediciones; empleando métodos indirectos de cálculo de caudal de diseño. Para elegir el método del cálculo de caudal, hay que tener en consideración los datos con los cuales se cuenta; como, por ejemplo: la calidad, consistencia y extensión de los datos. Se recomienda tener como mínimo un registro histórico de 25 años, con el fin de que podamos obtener resultados confiables en la predicción de futuros eventos climatológicos. Cabe precisar que también se debe tener en consideración los años en los que se llevaron a cabo el fenómeno "El Niño", ya que durante este periodo de tiempo no se realizan mediciones y lo que se realiza es estimar valores extraordinarios, debido a que se

debe procesar de forma diferente este fenómeno para no originar sobre dimensionamientos en las obras. (párr. 4 – 9)

La investigación de Olivares, (2018) en su investigación “Determinación De Regiones Inundables Por medio de Simulación Hidráulica Bidimensional Implementando Hec – Ras 5.0 En Un Tramo Del Rio Huanca bamba, A partir de La Quebrada Chula (Km 2.42) hasta La Quebrada Lungulo (Km 5.51), Provincia De Huancabamba, perteneciente al departamento De Piura” se llevó a cabo una simulación bidimensional para ubicar las áreas propensas a inundación, analizando y estudiando los caudales, la velocidad y niveles tiempos de retornos de 25,50 y 100 años. Primero se establecieron los parámetros geomorfológicos de dos quebradas: Chula y Angostura y del Río Huancabamba. Luego se empleó el software HidroEsta v.2 para el análisis de las estaciones meteorológicas seleccionadas; posteriormente se modeló los datos de las estaciones por medio de HEC-HMS, en la cual se obtienen los hidrogramas que permiten al software HEC-RAS la simulación y ubicación de las 6 áreas inundables. (pág. 7 – 78)

LLUEN C, E (2013). En la tesis “Aplicación de la nueva Herramienta Hec-RAS 5.0 para cálculos bidimensionales del flujo de agua en ríos” resalta lo relevante del desarrollo de modelos matemáticos para representar eventos naturales, esto con el fin de predecir y adoptar medidas de prevención en las áreas afectadas. En su estudio se trata de dar a conocer las propiedades del software HEC-RAS 5.0 para el modelamiento hidráulico, a su vez que también explica ciertas limitaciones. Dentro de las propiedades destaca la extensión RAS Mapper, el cual permite realizar una modelización en 2D, permitiendo ver los resultados de una forma interactiva.

Duque Paola et al (2019) en su investigación que tiene como título “Evaluación del Sistema de Modelamiento Hidrológico HEC-HMS para la Simulación Hidrológica de una Microcuenca Andina Tropical”, representó la conducta hidrológica de la microcuenca Chaquilcay ubicado en los andes ecuatorianos. En dicho estudio empleó el software HEC-HMS para realizar la simulación hidrológica y para el análisis de la morfología de la cuenca optaron por el programa ArcMap. Se llevó a cabo un levantamiento topográfico para conocer las características del terreno.

Sumado a estos datos, también se necesita calcular el caudal para elaborar la curva de gasto. Los resultados obtenidos muestran que es viable emplear la metodología de Número de Curvas (NC) para cuencas inferiores a 250 km^2 , logrando tener el caudal de diseño para distintos periodos de retorno. Del total de precipitaciones solo el 25% provoca escorrentía directa, mientras que el otro 75% se disipa por las condiciones ambientales del lugar, como la masa forestal, procesos de intercepción, entre otros. (pág. 2 – 6)

Angulo y Saavedra (2018) en su investigación “Modelamiento Hidrológico de la Cuenca Maylanco Utilizando HEC – HMS” tuvo como objetivo desarrollar un modelo hidrológico en la cuenca Maylanco empleando el software HEC-HMS para estudiar el comportamiento de la cuenca en el año 2018. Adicionalmente se busca establecer los cambios de los procesos hidrológicos en las sub-cuenca por medio de mediciones de caudal. Se procedió con la obtención de la información de las precipitaciones desde los años 1980 al 2016, distribución de los equipos de medición meteorológicos, cartografía del lugar y topografía. Los resultados finales de la investigación manifiestan que el modelo se puede emplear para pronosticar tormentas y establecer zonas de seguridad ante posibles eventos. (pág. 3 – 17)

Por otro lado, Mozo Joaquín et al (2020) en su trabajo “Modelado Hidrológico De La Precipitación-Escorrentía En Una Microcuenca Agrícola Del Partido De Azul, Buenos Aires” tuvo como finalidad estudiar el uso combinado del software HEC-HMS con los sistemas de información geográficas para pronosticar el comportamiento hidrológico de la microcuenca agrícola. Se empleó HEC-HMS en conjunto con la aplicación QGIS, iniciando con la división de la cuenca en sus subcuencas. Se tuvo en consideración el uso del modelo de lluvia-escorrentía, a su vez que se seleccionó el método de número de curva (CN). Una vez realizado el cálculo de las CN, se obtuvieron como resultados que, se aceptaron los hidrogramas salientes de la cuenca estudiada con respecto a las precipitaciones. Los datos obtenidos en la investigación fueron bastante precisos (pág. 3 -15).

Dentro del marco teórico tenemos la definición de hidrología, Villón (2002) “el cual la define como la ciencia, parte de la geofísica, el cual investiga el agua, su comportamiento como la circulación, distribución, ocurrencia y sus propiedades físicas, mecánicas y químicas y su relación con el medio ambiente incluyendo a los

seres vivos. Comprende fenómenos como las lluvias y escorrentías y su relación con el medio ambiente incluyendo a los seres vivos” (p.15)

El ciclo hidrológico es “un proceso por el cual el agua circula entre los diferentes componentes que conforman la biosfera, también se le llama Sistema Climático. También se le define como un proceso biogeoquímico en la cual el agua se moviliza a distintos lugares debido a cambios físicos o debido a sutiles reacciones químicas. Es considerado como una sucesión de cambios que lleva a cabo el agua desde la atmósfera a la tierra y viceversa. Hay dos factores que permiten el desarrollo indefinido del ciclo, los cuales son la gravedad y la energía solar.” (Ordoñez, 2011, p. 7,10)

Villón (2002) define a la cuenca hidrográfica como “la zona o área geográfica en la cual converge el agua producto de las precipitaciones, conformando una sola. Un curso de agua posee una cuenca establecida en cada parte de su trayectoria. Las divisorias de agua cuentan con tres segmentos, donde el manejo y consumo hídrico varía de acuerdo a las condiciones del terreno o por interferencia del ser humano: cuenca alta, cuenca media y cuenca baja.” (p.11)

Precipitación, también conocido como hidrometeoro es un fenómeno producido por la condensación de las masas de vapor que se encuentran en la atmósfera, las cuales pueden ser líquidas o sólidas y caen a la superficie terrestre. Están comprendidos la escarcha, granizo, lluvia, llovizna y el rocío (Breña, 2004, pág. 20). Las precipitaciones, al igual que la evaporación constituyen procesos vitales en el ciclo hidrológico y desarrollan una constante interacción entre ambiente y la zona. En relación a la estadística en el análisis hidrológico, son los estudios en los cuales se reúne una gran cantidad de información meteorológica, como por ejemplo caudales, evaporación, temperatura y lluvias, etc., los cuales son estudiados y procesados con la finalidad de pronosticar magnitudes de estos fenómenos en distintos periodos de retorno.

Takahashi (2017) menciona que se comenzó a utilizar el término “El Niño” a finales del siglo 19, ya que los marinos de Paita relacionaban el aumento de la temperatura, la intensificación de las lluvias y generación de inundaciones en el norte de Perú en

el año de 1891 a una contracorriente cálida proveniente de Ecuador (Carranza,1891). No fue hasta el año de 1925 cuando se presentó un evento con las mismas características, en la cual se dio a conocer a nivel mundial (Murphy, 1926), en el cual también evidenció comportamientos anómalos en los peces y aves costeras.

De acuerdo con (Villón, 2002), un hietograma es el gráfico progresivo que indica las diferencias de intensidades, las cuales están expresadas en mm/h, desarrolladas en cierto periodo de tiempo, en cambio los hidrogramas muestran una gráfica de variación de los caudales en relación a un periodo de tiempo, en la cual se pueden observar los caudales máximos (pág. 50)

Las estaciones hidrometeorológicas son los equipos en los que se llevan a cabo las observaciones climatológicas e hidrológicas con el fin de conocer el desarrollo de los componentes hidrometereológicos como: humedad relativa, humedad, temperatura, etc. Su finalidad es las investigaciones es la de evaluar y realizar pronósticos de los recursos hídricos (pág. 33)

Bustamante (2013). Las inundaciones son fenómenos que generan desastres y son recurrentes en los ríos. Se generan por las constantes lluvias o por la intensidad de estas, también un factor importante es la morfología del suelo. La capacidad del río se ve sobrepasada, ocasionando el desbordamiento e inundación de las áreas cercanas. Las inundaciones provocan un gran número daños, no solo al ser humano, sino también a la infraestructura de las ciudades, y graves impactos al medio ambiente. Se pueden clasificar de acuerdo a su duración y el medio que la genera. (p. 15)

Modelamiento hidrológico, busca predecir las avenidas en cualquier segmento de la cuenca que se está estudiando. Se clasifican en concentrados, continuos, determinísticos, discretos, distribuidos y estocásticos. Para seleccionar con cual modelo se va a trabajar hay que tener en consideración el tipo de estudio que estamos desarrollando y los datos con los que contamos.

Software HEC-HMS, (Hydrologic Engineering Centers Hydrologic Modeling System) es un software que permite realizar simulación hidrológica con el fin de obtener hidrogramas de salida de una o varias cuencas, partiendo de datos hidrométricos (Villón, 2005). Es fundamental para iniciar con el modelamiento, el contar con un hietograma de precipitaciones y, a través de ella se iniciará a realizar el modelamiento, con la finalidad de obtener los caudales.

Modelamiento Hidráulico de ríos, estudia las avenidas de estos y se concentra en la variación que sufre el flujo en los segmentos del cauce. Estas variaciones pueden surgir con el pasar de los años.

HEC – RAS, es un software que permite identificar las zonas inundables, mediante el cálculo del nivel del agua en los distintos segmentos transversales de un río (Ochoa, 2014, párr. 8).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

El tipo de investigación fue del tipo aplicada, ya que busco conocer y evaluar una situación problemática y que el conocimiento y los resultados obtenidos de la investigación se ordenan de forma sistemática, con el único objetivo de conocer la realidad investigada. (Borja Suarez,2012) porque en base a la recolección y procesamiento de información hidrológica que se obtendrá de la Quebrada San Idelfonso se elaborará el modelamiento hidrológico e hidráulico.

Diseño de investigación

Este proyecto de investigación fue de diseño no experimental. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) es una investigación No Experimental, ya que se observan situaciones o hechos ya existentes, y no son provocadas adrede en la investigación. Es decir que la variable es independiente, suceden y no es posible manejarlas, dicho de otro modo, no se tiene control directo sobre dicha variable ni se puede influir en ellas. (p.152). En otras palabras, la variable será analizada tal cual se encuentra en la realidad.

El nivel de investigación fue descriptivo porque describió fenómenos en una circunstancia temporal y geográfica determinada de la Quebrada San Idelfonso

para poder desarrollar un modelamiento hidrológico que permita conocer las zonas inundables

3.2. Variables y operacionalización

Variable:

Variable dependiente: modelamiento hidrológico e hidráulico

Operacionalización:

La matriz de operacionalización de variables se puede observar en (ANEXO 1).

3.3. Población, muestra y muestreo

- **Población:** La población está conformada por las viviendas ubicadas dentro del cauce de la Quebrada San Idelfonso
- **Muestra:** La muestra estuvo constituida por las viviendas ubicadas desde el dique, hasta el sector de la Av. Vergara.
- **Muestreo:** Se desarrollo un muestreo no probabilístico, por conveniencia, este muestreo fue seleccionado luego de analizar las siguientes características:
 - ✓ Mayor grado de vulnerabilidad.
 - ✓ Presenta mayores posibilidades de riesgos debido a la aglomeración del caudal que llega.
 - ✓ Mayor incidencia de inundaciones.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- La técnica de recolección de datos Gil (2016) lo define como todos los procedimientos técnicos que se emplean para el registro de observaciones (p. 19).

En esta investigación se realizó la Técnica de Observación estructurada, se utilizará una Guía de Observación en base a ítems ya predispuestos por el ANA en una ficha registrada, a través de la cual se describirá el terreno, efluente y características del tramo en estudio, representante de la muestra

de la quebrada a usar, para conocer los datos referentes a la fuente de agua descrita y de Análisis documental.

Además, para la recolección de datos según la técnica de análisis documental: -Se usó un plano de la cuenca moche, previamente registrado y verificado para el uso confiable en el proyecto.

Se recolectará información de instituciones que se encargan del manejo de los recursos naturales de la Quebrada San Idelfonso. Como Municipalidades (Trujillo, Moche), ANA, SENAMHI,

- El instrumento de recolección de datos explicado por Arias (2016), es el medio o formato donde será recopilada la información obtenida para que pueda ser estudiada y analizada por el investigador (p. 68).

Se utilizará la guía de observación (ANEXO 2) en cual se registrarán los datos de la fuente de agua superficial de la quebrada san Idelfonso, el cuál ha sido validado por el ANA a través de la Resolución Jefatural N° 319 – 2015 ANA.

También se usará la guía de observación (VER ANEXO 3) en el cual se registrarán los datos del levantamiento topográfico, en cuál ha sido obtenido del Manuel de Topografía y Cartografía de la Universidad de Rioja – España. Los instrumentos de recolección para los datos hidrometeorológicos se utilizarán el geovisor del Senamhi y del ANA ver (ANEXO 4,5 y 6) que son instituciones gubernamentales y para los datos de la carta nacional de donde se aislará la quebrada San Idelfonso se empleará la plataforma geo GPS Perú, la cual es una página gratuita en la que se encuentran mapas y planos topográficos.

3.5. Procedimientos

El procedimiento que ha seguido esta investigación fue la siguiente:

- a) Búsqueda de información bibliográfica en diferentes bases de datos: Scopus, EBSCO, Scielo, entre otros.
- b) Recopilación de información hidrológica a través de las estaciones pluviométricas y otros datos acerca del área de estudio (Quebrada San Idelfonso – Trujillo) para obtener la precipitación máxima.

- c) Trabajo de campo, fundamentalmente para hacer los estudios topográficos, para conocer las características del relieve de la quebrada.
- d) Se realizará el modelamiento hidrológico a través del programa HEC-HMS ver (ANEXO 5) para ello se emplearán los métodos de pérdida y transformación precipitación – escorrentía, método del servicio de conservación del suelo (scs) y el hidrograma unitario scs, para poder obtener el caudal pico.
- e) Se hará el modelamiento hidráulico con el software HEC-RAS ver (ANEXO 6), para el cual se utilizará el caudal pico que se encontrará mediante el modelamiento hidrológico
- f) Análisis e interpretación de la información resultante del Gabinete.
- g) Elaboración del informe.
- h) Presentación del informe.
- i) Sustentación del informe.

3.6. Métodos de análisis de datos

Modelo Digital de Elevación: Este modelo se realizó por medio del software ArcGis el cual nos permitió hallar las curvas de nivel y su perfil longitudinal.

Para la recolección de información pluviométrica se va a hacer uso de las 3 estaciones meteorológicas e hidrológicas originarios de la cuenca del río Moche ubicado en Trujillo. Continúa con el proceso de terminar los datos pluviométricos faltantes, el estudio estadístico para las lluvias de 24 horas, el modelamiento hidrológico de precipitación-escorrentía, para lo cual se empleó el programa HydroEsta 2 y con el programa HEC-HMS se realizó el cálculo del caudal máximo, el modelamiento hidráulico con el programa HEC-RAS para la simulación de inundaciones, la delimitación de las áreas inundables y, al final, se presentan medidas para minimizar los efectos de los desbordes de la quebrada San Idelfonso.

3.7. Aspectos éticos

El presente trabajo de investigación se llevará a cabo considerando los derechos de autoría de todos los autores citados, cumpliendo la norma ISO 690 y 690-2 citar, por ende, no habrá copia de trabajos de investigación.

Con respecto a la beneficencia, en este trabajo de investigación se velará por el beneficio social, económico y más que todo en la prevención de riesgos ante posibles inundaciones y afectaciones a la propiedad pública y privada.

Con respecto al compromiso y la responsabilidad, el autor asumirá todas las responsabilidades de esta investigación y se comprometerá a cumplir con todo lo estipulado en el procedimiento de la investigación.

IV. RESULTADOS

4.1. Características de la zona de estudio

4.1.1. Área de estudio

El análisis de la inundación se realizó en la ciudad de Trujillo debido a los constantes desbordes de la Quebrada San Idelfonso durante el Fenómeno El Niño. Trujillo es una provincia de la costa norte del Perú, situada en la parte central y occidental del departamento de La Libertad. Limita al norte con la provincia de Ascope, al este con la Provincia de Otuzco, al sur-este con la provincia de Julcán, al sur con la provincia de Virú y al oeste con el océano Pacífico.



Figura 1: Mapa de ubicación del Distrito El Porvenir

4.1.2. Descripción del área de estudio

La quebrada San Idelfonso se ubica al nor-este del continuo urbano de Trujillo, sobre los distritos de Florencia de Mora y El porvenir, por e este delimita con el cerro San Idelfonso y El Alto con el Cerro Pivote. La quebrada empieza su recorrido en la parte alta de El Porvenir y que posteriormente tiene una desembocadura directamente a la ciudad de Trujillo, teniendo como coordenadas de ubicación.

Tabla 1: *Coordenadas UTM de la Quebrada San Idelfonso*

Coordenadas de referencia UTM 17S de la Quebrada San Idelfonso		
Vértices	Latitud	Longitud
1	9115044.67	724269.87
2	9113088.51	727332.09
3	9107283.5	724516.14
4	9110634.17	718735.83

- **Hidrografía**

La microcuenca de La quebrada San Idelfonso Se encuentra entre el distrito de El porvenir y Florencia de Mora, Al noreste del continuo urbano de Trujillo, Su altitud va los 184 hasta el 1015 m.s.n.m. Más de 40 vertientes llegan a la quebrada desde su nacimiento y su recorrido Atravesando zonas con depósitos aluviales erosionables hasta llegar a la zona urbana de El porvenir, Donde su cauce natural se encuentra ocupado y urbanizado en el sector río seco desemboca en el cementerio Mampuesto.

El cauce principal de la Quebrada San Idelfonso presenta una extensión de 4990 m y tiene una pendiente promedio de 0,088%



Figura 2: Quebrada San Idelfonso.

Fuente: *Google Earth Pro*

- **Climatología**

El área de estudio presenta pocas precipitaciones anuales con clima árido y semicálidos, con una temperatura media máxima de 22,7° C y una mínima de 15,8°C. El periodo de lluvia es muy escaso de unos 10 años aproximadamente, Ya que después de cada estos periodos suele ser el regreso del fenómeno del niño que trae consigo lluvias intensas y por lo general tiene una duración de 2 meses de febrero a marzo.

- **Tipo de suelo**

En esta área de estudio prevalece una gran cantidad de material granular: confitillo, arena y piedras de canto rodado y en las zonas de mayor altitud se encuentran rocas meteorizadas

4.1.3. **Parámetros morfológicos de la Microcuenca**

Son las características físicas de una microcuenca, Que tienen gran relevancia en el comportamiento hidrológico. A continuación, se plasma los parámetros considerados para la microcuenca en la quebrada San Idelfonso

- a. **Área (A):** Corresponde a la superficie de la cuenca proyectada en un plano horizontal. Por lo general, los caudales crecen en función del aumento del área de la cuenca.

b. Perímetro (P): Se define como la longitud de la línea de división de aguas, también conocido como Divortium Acuarium.

c. Pendiente media de la cuenca (S): La pendiente media constituye un elemento importante en el efecto del agua al caer a la superficie, por la velocidad que adquiere y la erosión que produce.

d. Coeficiente de compacidad (Kc): También conocido como índice de Gravelius. Se define como el cociente entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo que posee la misma área de la cuenca. Realizando las operaciones pertinentes, se obtiene el coeficiente de compacidad en función del Área (A) y el Perímetro (P).

$$K=0.282*P/\sqrt{A}$$

e. Altitud media de la cuenca (H): Ejerce influencia sobre la precipitación, sobre las pérdidas de agua por evaporación, transpiración y consecuentemente sobre el caudal medio. Se calcula midiendo el área entre los contornos de las diferentes altitudes características consecutivas de la cuenca; en la altitud media, el 50% del área está por encima y el otro 50% por debajo de ella

f. Rectángulo equivalente

Tabla 2: *Parametro Geomorfológicos de la Quebrada San Idelfonso*

QUEBRADA SAN IDELFONSO			
ÌTEM	PARÁMETRO GEOMORFOLÓGICO	UNIDAD	VALOR
1	ÁREA	Km ²	11.81
2	PENDIENTE	%	8.8
3	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL	Km	4.99
4	COTA MÁX.	m	621
5	COTA MIN.	m	184
6	PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL	mm	0.088

Para la obtención de los parámetros de la cuenca, primeramente, se localizó la quebrada dentro de la carta Nacional; la cual nos arrojó que se encontraba en la carta 17f.

Posterior a ello se descargó el Shape de la quebrada para su delimitación. Para la obtención de los DEM, la data que se utilizó fue de Alos Palsar. Para tener el modelo de Elevación Digital del área de estudio, se ingresa al servidor de la nasa ALASKA SATELLITE FACILITY, a través de la página: <https://search.asf.alaska.edu/#/>. Una vez ya registrado se puede acceder a la información.

Después de ingresar, se realizó los filtros correspondientes para obtener imágenes más actuales y terreno de alta resolución corregida, se selecciona el área se escoge la imagen más actual. Y se procedió a descargar y para luego insertarlo en Arcgis 10.5.

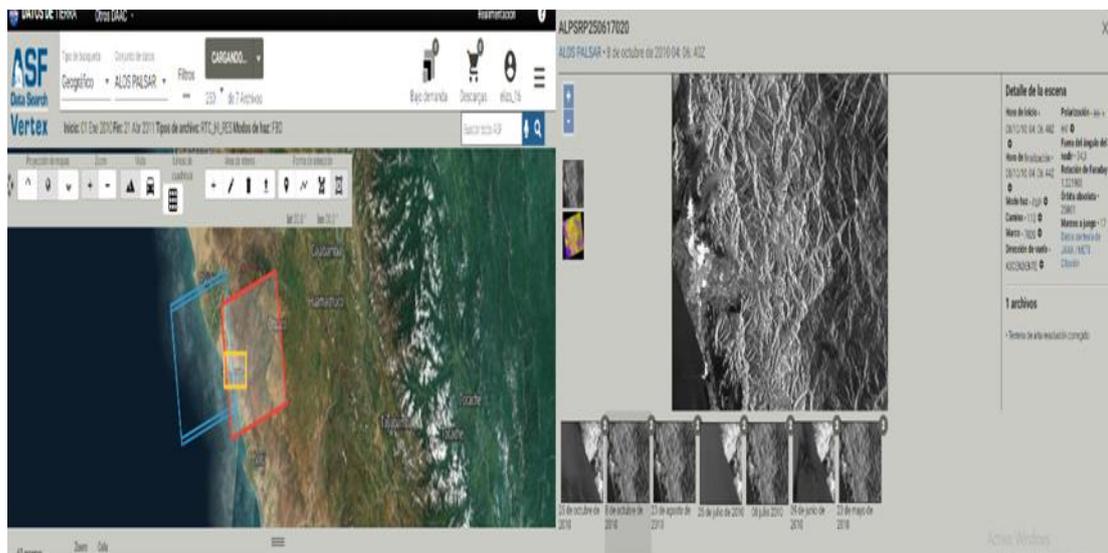


Figura 3: Obtención del DEM

4.2. Recopilación de información hidrológica

De acuerdo a la ubicación de la zona de estudio se seleccionaron 3 estaciones, entre meteorológicas y pluviométricas, para el análisis hidrológico. Donde en algunas de ellas carece de una serie de datos de continuidad, debido a que la información con la cuentan es variable. Ya que algunas de ellas llevan muchos años operando, y otras son estaciones con información de años recientes. En la siguiente tabla se observa las estaciones seleccionadas para analizar las precipitaciones y la generación de hidrogramas, las cuales son monitoreadas por el SENAMHI. Esta data consiste en precipitaciones que va desde el año 1995 hasta el 2013. La ubicación de las estaciones las podemos ver en el Anexo 6.

En relación a la data recopilada a cada una de las 3 estaciones estudiadas se pueden ver en los anexos 7,8,9.

Tabla 3: Precipitaciones máximas anuales (mm)

Precipitación (lluvias) máximas de anuales - milímetros (mm)				
N°	AÑO	Huangacocha	Julcan	Sinsicap
1	1995	49	37.7	16.5
2	1996	25	54.2	35.6
3	1997	24	40	31.8
4	1998	35	50.8	64.4
5	1999	58	51.2	53.3
6	2000	35	38.9	22.6
7	2001	35	56.5	19.4
8	2002	49	37.6	63.8
9	2003	32	38.5	28.2
10	2004	32	47.7	36.7
11	2005	49	40.7	15.7
12	2006	30	41	63.9
13	2007	31	40.2	28.9
14	2008	31	45.9	48
15	2009	28	40.8	24.4
16	2010	38	35	49.7
17	2011	40	54.5	15.1
18	2012	28	40.3	25.3
19	2013	45	36.7	27.9

Tabla 4: *Coordenadas UTM de las estaciones de Huangacocha, Julcán y Sinsicap.*

Nº	Estación	Cuenca	Coordenadas UTM		Altitud (m.s.n.m.)	Periodo de información disponible
			Latitud	Longitud		
1	Julcán9	-	8°2'32.23" S	78°29'9.85" W	3397	1995 al 2013
2	Huangacocha	-	7° 56' 14" S	78° 04' 06'' W	-	1995 al 2013
3	Sinsicap	-	7°51'75" S	78°45'18.11" W	2315	1995 al 2013

4.3. Análisis de Hidrológico

4.3.1. Análisis distribuciones estadísticas y prueba de bondad de ajuste

Para el análisis de la distribución y la prueba de ajuste de bondad empleamos el software HidroEsta 2, e ingresamos por medio de una tabla de Excel los datos de las precipitaciones de cada una de las estaciones.

a) Estación de Huangacocha. Se tomó la data 19 años, desde 1995 hasta el 2013, teniendo un $n = 19$. Esta data fue procesada en el software HidroEsta 2 para realizar la prueba de bondad de ajuste y ver luego seleccionar la que más se ajustara. Para ello se realizaron las siguientes series de ajustes de datos.

- Distribución Normal: Para esta distribución el delta teórico 0.1643, fue menor que el delta tabular 0.3120. Los datos se ajustaron a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%.
- Distribución Log-Pearson Tipo III: Para esta distribución el delta teórico 0.09853, fue menor que el delta tabular 0.312. Los datos se ajustaron a la distribución Log-Pearson tipo 3, con un nivel de significación del 5%.

- Distribución Gumbel: Para esta distribución el delta teórico 0.1022, fue menor que el delta tabular 0.3120. Los datos se ajustaron a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%.
- b) Estación de Julcán: Se tomó la data 19 años, desde 1995 hasta el 2013, teniendo un $n = 19$. Esta data fue procesada en el software HidroEsta 2 para realizar la prueba de bondad de ajuste y ver luego seleccionar la que más se ajustara. Para ello se realizaron las siguientes series de ajustes de datos.
- Distribución Normal: Para esta distribución el delta teórico 0.2487, fue menor que el delta tabular 0.3120. Los datos se ajustaron a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%.
 - Distribución Log-Pearson Tipo III: Para esta distribución el delta teórico 0.19693, fue menor que el delta tabular 0.312. Los datos se ajustaron a la distribución Log-Pearson tipo 3, con un nivel de significación del 5%
 - Distribución Gumbel: Para esta distribución el delta teórico 0.1999, fue menor que el delta tabular 0.3120. Los datos se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%.
- c) Estación de Sinsicap: Al igual que las dos estaciones anteriores, se tomó la data 19 años, desde 1995 hasta el 2013, teniendo un $n = 19$. Esta data fue procesada en el software HidroEsta 2 para realizar la prueba de bondad de ajuste y ver luego seleccionar la que más se ajustara. Para ello se realizaron las siguientes series de ajustes de datos.
- Distribución Normal: Para esta distribución el delta teórico 0.1486, fue menor que el delta tabular 0.3120. Los datos se ajustaron a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%
 - Distribución Log-Pearson Tipo III: Para esta distribución la data no se ajustó.

- Distribución Gumbel: Para esta distribución el delta teórico 0.1074, fue menor que el delta tabular 0.3120. Los datos se ajustaron a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%

Ajuste de una serie de datos a la distribución Gumbel

Ingreso de datos:
Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER.

N°	X
8	63.8
9	28.2
10	36.7
11	15.7
12	63.9
13	28.9
14	48.0
15	24.4
16	49.7
17	15.1
18	25.3
19	27.9
{>}	

Caudal de diseño:
 Caudal (Q): m³/s
 Período de retorno (T): años
 Probabilidad (P): %
 Q=f(T) T=f(Q) P(Q<q) P(Q>q)

Parámetros distribución Gumbel:
 Con momentos ordinarios:
 De posición (μ):
 De escala (alfa):
 Con momentos lineales:
 De posición (μl):
 De escala (alfal):

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	15.1	0.0500	0.0729	0.0901	0.0229
2	15.7	0.1000	0.0820	0.0997	0.0180
3	16.5	0.1500	0.0950	0.1134	0.0550
4	19.4	0.2000	0.1514	0.1709	0.0486
5	22.6	0.2500	0.2278	0.2458	0.0222
6	24.4	0.3000	0.2753	0.2915	0.0247
7	25.3	0.3500	0.2998	0.3150	0.0502
8	27.9	0.4000	0.3722	0.3836	0.0278

Tipo de ajuste:
 Parámetros ordinarios
 Momentos lineales

Nivel significación:
 0.20
 0.10
 0.05
 0.01

Ajuste con momentos ordinarios:
 Como el delta teórico 0.1074, es menor que el delta tabular 0.3120. Los datos se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%

Archivos y resultados:
 Crear Accesar Excel Reporte

Calcular Graficar Limpiar Imprimir Menú Principal

Figura 4: Distribución de Gumbel de la Estación de Sinsicap

4.3.2. Precipitaciones Máxima para diferentes Periodos de Retorno.

- Estación de Huangacocha

Para el cálculo de las precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno se seleccionó la distribución con menor delta teórico. Para el caso de la estación de Huangacocha, se utilizó la distribución Log Pearson Tipo III. El factor de corrección propuesto por la OMM (Organización Meteorológica Mundial), para estaciones que recolectan datos 1 vez al día, se emplea un factor de corrección de 1.13. Ver anexos 15 y 16.

Tabla 5: *Precipitaciones Máxima para diferentes Periodos de Retorno para la Estación de Huangacocha*

Precipitación Máxima para diferentes Periodos de Retorno		
T (años)	P	Distribución Log Pearson Tipo III X^t (mm)
2	0.500	39.41
5	0.200	49.04
10	0.100	55.49
20	0.050	61.78
30	0.033	65.44
50	0.020	70.07
80	0.013	74.39
100	0.010	76.46
140	0.007	79.60
200	0.005	82.96
500	0.002	91.80
Δ	0.312	0.09853

- **Estación de Julcán**

Para el cálculo de las precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno se seleccionó la distribución con menor delta teórico. Para el caso de la estación de Julcán, se utilizó la distribución Log Pearson Tipo III. El factor de corrección propuesto por la OMM (Organización Meteorológica Mundial), para estaciones que recolectan datos 1 vez al día, se emplea un factor de corrección de 1.13.

Tabla 6: *Precipitación Máxima para diferentes Periodos de Retorno para la estación de Julcán*

Precipitación Máxima para diferentes Periodos de Retorno		
T (años)	P	Distribución Log Pearson Tipo III X^t (mm)
2	0.500	47.99
5	0.200	54.92
10	0.100	59.46
20	0.050	63.80
30	0.033	66.30
50	0.020	69.43
80	0.013	72.31
100	0.010	73.68
140	0.007	75.74
200	0.005	77.95
500	0.002	83.67
Δ	0.312	0.19693

- **Estación de Sinsicap**

Para el cálculo de las precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno se seleccionó la distribución con menor delta teórico. Para el caso de la estación de Sinsicap, se utilizó la distribución Gumbel. El factor de corrección propuesto por la OMM (Organización Meteorológica Mundial),

para estaciones que recolectan datos 1 vez al día, se emplea un factor de corrección de 1.13.

Tabla 7: *Precipitación Máxima para diferentes Periodos de Retorno para la estación de Sinsicap*

Precipitación Máxima para diferentes Periodos de Retorno		
T (años)	P	Distribución Gumbel X^t (mm)
2	0.500	36.79
5	0.200	53.62
10	0.100	64.75
20	0.050	75.44
30	0.033	81.59
50	0.020	89.27
80	0.013	96.30
100	0.010	99.63
140	0.007	104.65
200	0.005	109.96
500	0.002	123.58
Δ	0.312	0.1074

4.4. **Tiempo de concentración**

Se usó la fórmula de KIRPICH Y CALIFORNIA para determinar el tiempo de concentración de la microcuenca de la Quebrada San Idelfonso.

4.5. **Determinación de Número de curvas según SCS**

Para determinar o hallar el número de curvas, se toma en cuenta la visita al área de estudio, así como también se evaluó imágenes satelitales de la zona de estudio.

Se realizó un reconocimiento del suelo de la zona de estudio y se definió que uso de suelo del área investigada se halla en el grupo A de usos de suelo y con una pendiente superior al 3 %, las clases de suelo en la zona de

estudio son roca permeable con un numero de curva de 94 y suelo arenoso con un numero de curva de 75.

Tabla 8: Grupos de suelo para el método SCS

Grupo	Definición
Grupo A	Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados.
Grupo B	Suelos poco profundos depositados por el viento, marga arenosa
Grupo C	Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con alto contenido de arcilla
Grupo D	Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos

Fuente: Adaptado de MTC, 2011, pag. 38

4.6. **Determinación de I-D-T.**

Para el cálculo de la I-D-T, se utilizó el método del criterio de Dyck y Peschke que se encuentra dentro del software HidroEsta 2. En este criterio se agregan las tabulaciones de los periodos de retorno calculados y corregidos.

- Cálculo I-D-T para la Estación de Huangacocho

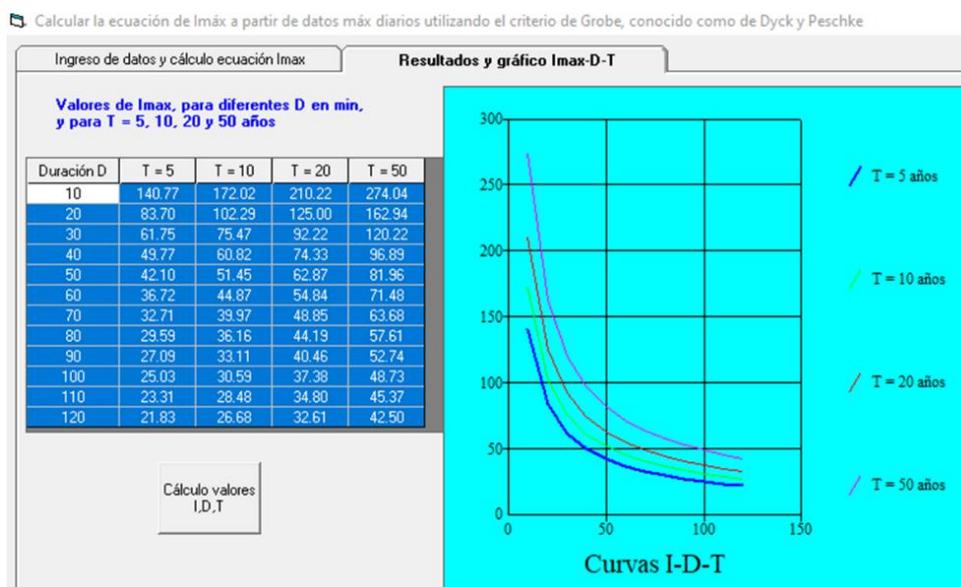


Figura 5: Cálculo I-D-T para la Estación de Huangacocho

- Cálculo I-D-T para la Estación de Julcán. Ver Anexo 17
- Cálculo I-D-T para la Estación de Sinsicap. Ver Anexo 18

4.7. Hietogramas de diseño

Para elaborar el hietograma de diseño se tomó la fórmula de intensidad máxima ($I_{máx}$) brindado por el software HidroEsta 2 (Ver Anexo 14). Para el caso de proyecto se empleó un diseño para un periodo de 20 años para cada una de las estaciones.

- Hietograma de Diseño para un T= 20 para la estación Huangacochoa. (Anexo 11)

Tabla 9: Hietograma de Diseño para un T= 20 para la estación Huangacochoa.

HIETOGRAMA DE DISEÑO PARA TR-20 AÑOS						
Duración (hr)	Duración (min)	Intensidad (mm/hr)	Profundidad Acumulada (mm)	Profundidad Incremental (mm)	Tiempo (hr)	Precipitación (mm)
1	60	54.83	54.83	71.48	0-1	1.33
2	120	32.60	65.21	10.38	1-2	1.42
3	180	24.06	72.17	6.96	2-3	1.54
4	240	19.39	77.55	5.38	3-4	1.67
5	300	16.40	82.00	4.45	4-5	1.85
6	360	14.30	85.82	3.82	5-6	2.06
7	420	12.74	89.19	3.37	6-7	2.35
8	480	11.53	92.22	3.03	7-8	2.76
9	540	10.55	94.98	2.76	8-9	3.37
10	600	9.75	97.51	2.53	9-10	4.45
11	660	9.08	99.86	2.35	10-11	6.96
12	720	8.50	102.06	2.20	11-12	71.48
13	780	8.01	104.12	2.06	12-13	10.38
14	840	7.58	106.07	1.95	13-14	5.38
15	900	7.19	107.91	1.85	14-15	3.82
16	960	6.85	109.67	1.76	15-16	3.03
17	1020	6.55	111.34	1.67	16-17	2.53
18	1080	6.27	112.95	1.60	17-18	2.20
19	1140	6.03	114.48	1.54	18-19	1.95
20	1200	5.80	115.96	1.48	19-20	1.76
21	1260	5.59	117.38	1.42	20-21	1.60
22	1320	5.40	118.76	1.37	21-22	1.48
23	1380	5.22	120.08	1.33	22-23	1.37
24	1440	5.06	121.37	1.28	23-24	1.28

- Hietograma de Diseño para un T= 20 para la estación Julcán. (Anexo 12)

Tabla 10: *Hietograma de Diseño para un T= 20 para la estación Julcán*

HIETOGRAMA DE DISEÑO PARA TR-20 AÑOS						
Duración (hr)	Duración (min)	Intensidad (mm/hr)	Profundidad Acumulada (mm)	Profundidad Incremental (mm)	Tiempo (hr)	Precipitación (mm)
1	60	54.16	54.16	54.16	0-1	1.31
2	120	32.20	64.41	10.25	1-2	1.41
3	180	23.76	71.28	6.87	2-3	1.52
4	240	19.15	76.60	5.32	3-4	1.65
5	300	16.20	80.99	4.39	4-5	1.82
6	360	14.13	84.77	3.78	5-6	2.04
7	420	12.59	88.10	3.33	6-7	2.32
8	480	11.39	91.09	2.99	7-8	2.72
9	540	10.42	93.81	2.72	8-9	3.33
10	600	9.63	96.31	2.50	9-10	4.39
11	660	8.97	98.64	2.32	10-11	6.87
12	720	8.40	100.80	2.17	11-12	54.16
13	780	7.91	102.84	2.04	12-13	10.25
14	840	7.48	104.77	1.92	13-14	5.32
15	900	7.11	106.59	1.82	14-15	3.78
16	960	6.77	108.32	1.73	15-16	2.99
17	1020	6.47	109.98	1.65	16-17	2.50
18	1080	6.20	111.56	1.58	17-18	2.17
19	1140	5.95	113.08	1.52	18-19	1.92
20	1200	5.73	114.54	1.46	19-20	1.73
21	1260	5.52	115.94	1.41	20-21	1.58
22	1320	5.33	117.30	1.36	21-22	1.46
23	1380	5.16	118.61	1.31	22-23	1.36
24	1440	4.99	119.88	1.27	23-24	1.27

- Hietograma de Diseño para un T= 20 para la estación Sinsicap.
(Anexo 13)

Tabla 11: *Hietograma de Diseño para un T= 20 para la estación Sinsicap.*

HIETOGRAMA DE DISEÑO PARA TR-20 AÑOS						
Duración (hr)	Duración (min)	Intensidad (mm/hr)	Profundidad Acumulada (mm)	Profundidad Incremental (mm)	Tiempo (hr)	Precipitación (mm)
1	60	54.16	54.16	54.16	0-1	1.31
2	120	32.20	64.41	10.25	1-2	1.41
3	180	23.76	71.28	6.87	2-3	1.52
4	240	19.15	76.60	5.32	3-4	1.65
5	300	16.20	80.99	4.39	4-5	1.82
6	360	14.13	84.77	3.78	5-6	2.04
7	420	12.59	88.10	3.33	6-7	2.32
8	480	11.39	91.09	2.99	7-8	2.72
9	540	10.42	93.81	2.72	8-9	3.33
10	600	9.63	96.31	2.50	9-10	4.39
11	660	8.97	98.64	2.32	10-11	6.87
12	720	8.40	100.80	2.17	11-12	54.16
13	780	7.91	102.84	2.04	12-13	10.25
14	840	7.48	104.77	1.92	13-14	5.32
15	900	7.11	106.59	1.82	14-15	3.78
16	960	6.77	108.32	1.73	15-16	2.99
17	1020	6.47	109.98	1.65	16-17	2.50
18	1080	6.20	111.56	1.58	17-18	2.17
19	1140	5.95	113.08	1.52	18-19	1.92
20	1200	5.73	114.54	1.46	19-20	1.73
21	1260	5.52	115.94	1.41	20-21	1.58
22	1320	5.33	117.30	1.36	21-22	1.46
23	1380	5.16	118.61	1.31	22-23	1.36
24	1440	4.99	119.88	1.27	23-24	1.27

4.8. Polígono de Thiessen

Este método consistió en delimitar el área de influencia de acuerdo a las 3 estaciones de Huangacocha, Julcán y Sinsicap. Mediante el uso del programa ArcGis. Primero se realizó el Shape de los puntos con los datos de las estaciones. Posteriormente nos dirigimos en la herramienta ArcToolbox, seguido de herramientas de análisis, luego a proximidad y por último crear el polígono de Thiessen.

Para el caso de nuestro polígono, se pudo observar que la estación se está más próxima a nuestra área de influencia es la estación de Sinsicap, por lo cual optamos en usar los datos de esta estación para desarrollar el modelamiento en HEC-HMS y en HEC-RAS.

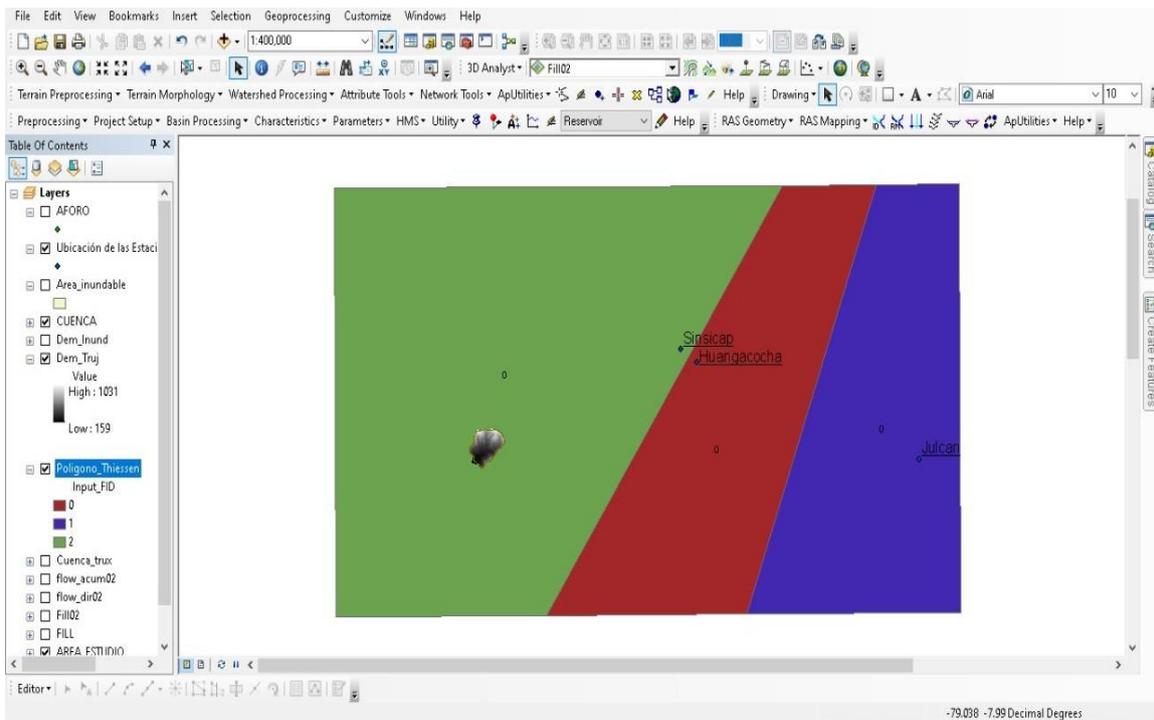


Figura 6: Polígono de Thiessen

4.9. Modelamiento hidrológico con HEC – HMS

Se elaboro el modelo hidrológico con el software HEC-HMS versión 4.7.1 (Anexo 19). Una vez que se realiza el análisis estadístico, la prueba de bondad de ajuste, los hietogramas, el CN y el tiempo de concentración, se elaboró el modelo hidrológico con el software Hec-HMS, en el cual se lleva a cabo la representación de la parte física de la microcuenca de la Quebrada San Idelfonso.

Luego de exportar el diseño final del río que proporcionó el levantamiento topográfico, se generó un nuevo proyecto en el cual se generó desde la importación de la geometría actual del río Moche, hasta su simulación con los períodos de retorno calculados.

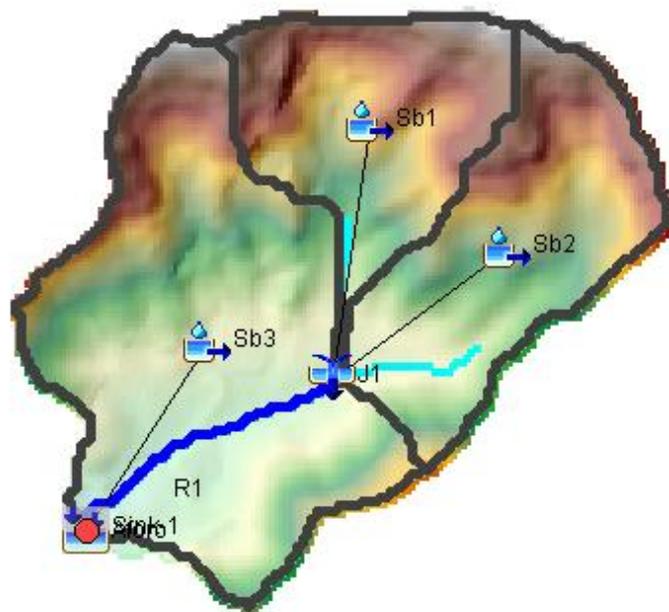


Figura 7: Modelo Hidrológico en HEC-HMS

Los iconos en la figura anterior representan a las siguiente:

Sb1: Subcuencas 1

Sb2: Subcuenca 2

Sb3: Subcuenca 3

R1: Rio principal

J1: Unión

Sink 1: Aforo - Salida

- Hietograma de Diseño para un TR=20

Para el ingreso del hietograma de Diseño, se exporto la data de la estación de Sinsicap, en la cual previamente se había elaborado en Excel el hietograma de diseño para un TR= 20 años.

Se definieron una hora de inicio y final para el modelamiento, el cual inicio el 01 de enero del 2000 a las 00:00 horas y finalizo a las 06:00 horas del 2 de enero del 2000, como se muestra en la Figura 7.

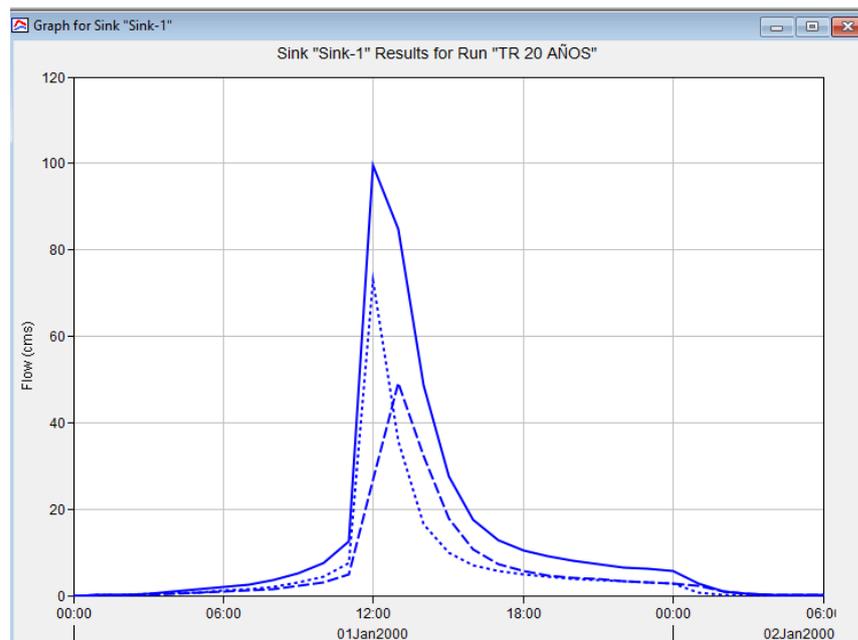


Figura 8: Hietograma de Diseño para un TR=20 años

La curva más oscura representa el hietograma, con un pico máximo de 99.7 m³/s a las 12 hrs. Este resultado del modelamiento será tomado para ingresarlo en el siguiente software y poder realizar el modelamiento hidráulico

Sumado a ellos también se pudo conocer el área de drenaje el cual fue de 10.94 km² y el volumen de 126.55 mm.

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Sink-1	10.9446	99.7	01ene.2000, 12:00	126.55

Figura 9: Resultados del Modelamiento Hidrológico

4.10. Modelamiento hidráulico con Hec – Ras

Para el modelamiento hidráulico en Hec-Ras (Anexo 21), se ingresaron la data obtenida del modelamiento hidrológico llevado a cabo en Hec-Hms en la cual se obtuvieron el caudal máximo. En la cual se hayo la profundidad, velocidad y alcance ante una posible avenida en un periodo de retorno de 20 años. Ver Anexos 21 y 22.

- Generación de la Malla 2D

Para crear una malla computacional del área de flujo 2D, selecciono el botón del editor de área de flujo 2D en el panel izquierdo del editor de geometría. En la siguiente ventana para crear los puntos de centros de celda y definir el espaciamiento dar clic en “Generate Computation points on regular Interval (with breaklines)”, para finalizar seleccionar “Generate Points in 2D Flow Area”. Al regresar a la ventana principal dar clic en OK y la malla se creará.

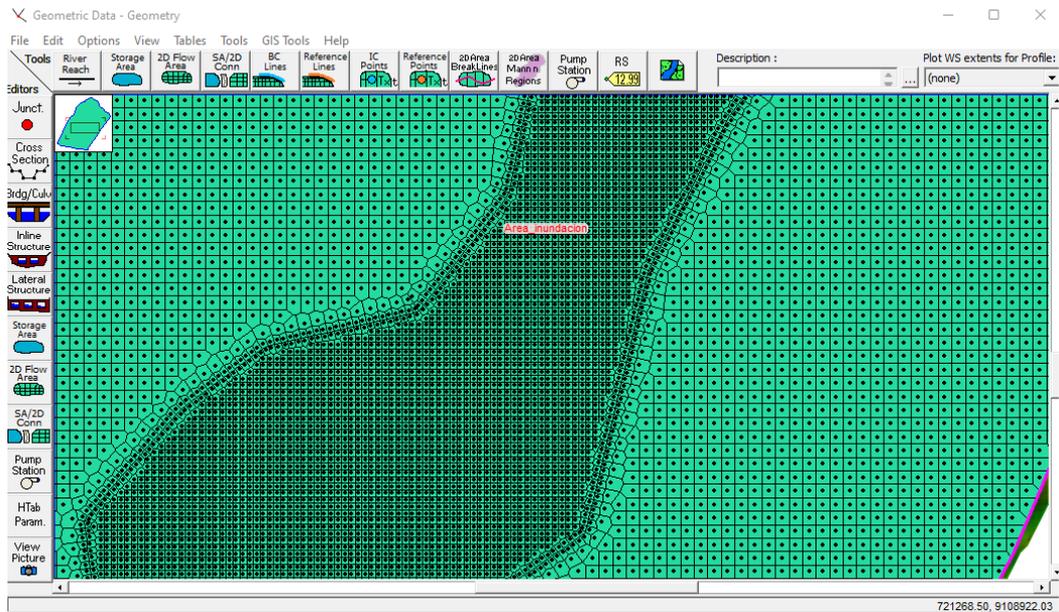


Figura 10: Generación de la Malla Computacional 2D

- Ejecución del Modelo

Una vez que se haya definido todos los parámetros de ingreso, como features, geometris, layers y terrains; se procede a visualizar los resultados. Se procedió a la ejecución del modelo, para lo cual se creo un archivo HDF y una capa para los resultados puedan ser visualizados en un RAS-Mapper.

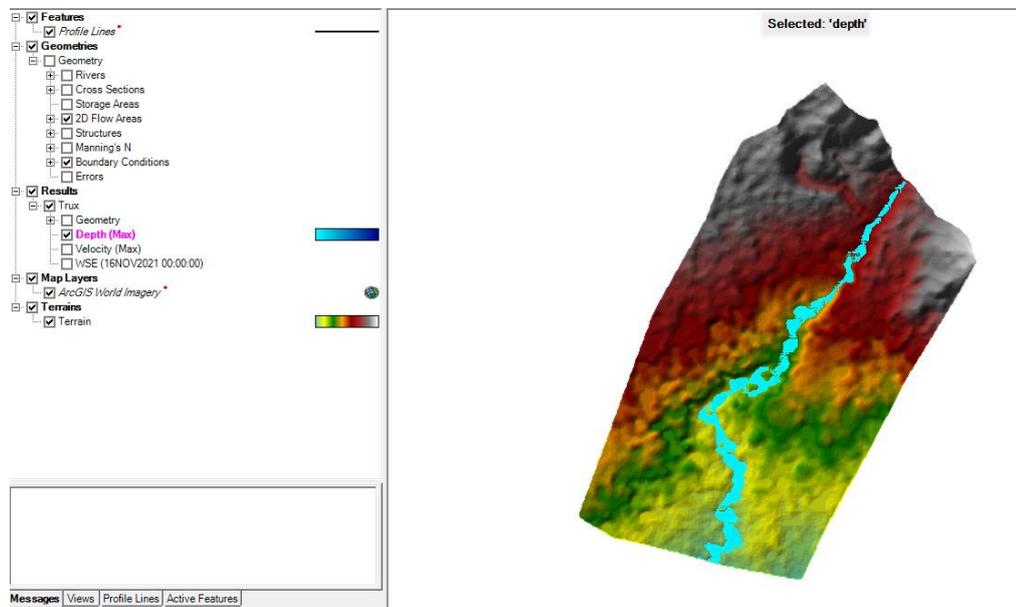


Figura 11: Modelamiento Hidráulico en HEC-RAS

Los resultados obtenidos con un $T_r = 20$ años nos brindaron como resultados que, existe vulnerabilidad en ciertas partes de simulación, ya que el agua llega a tener una altura máxima de hasta 1.2 m de altura y en con relación al a velocidad a 5 m/s

En la figura 11 se pueden apreciar las zonas afectadas desde el inicio del Jr. Los Ángeles, hasta el sector de la Av. Vergara



Figura 12: Mapa de posibles áreas afectadas

V. DISCUSIÓN

En base a los resultados obtenidos de parte del modelamiento hidrológico e hidráulico, decidimos comparar nuestros resultados con nuestros antecedentes mencionados en el marco teórico y los cuales también se ubican en las referencias.

5.1. De los parámetros morfológicos e hidrológicos

Según lo que mencionan Rodríguez y Alarcón (2008), la investigación detallada de los parámetros morfológicos e hidrológicos nos permitió tener datos más precisos y evitar tener fallas al momento de correr el programa.

En relación a los parámetros obtenidos de la cuenca, nos dio como resultado que el área es de 10.94 Km², la cual es catalogada como una cuenca pequeña, también se obtuvieron los datos con relación a la pendiente y perímetro de la misma; los cuales según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2008), nos menciona que los métodos de análisis que se aplicaron son los correspondientes para cuencas que no superen las 1300 hectáreas o 13 kilómetros cuadrados.

5.2. De la cobertura, grupo hidrológico, coeficiente y número de curva

Nos basamos en la clasificación y usos de suelos, estos nos dieron como resultado dos tipos de suelo, los cuales fueron suelo arenoso y suelo roca permeable. Los cuales al final nos dieron los siguientes NC, en el suelo arenoso se le asignó 75 y al de roca permeable 94. Esto de acuerdo a Angulo y Saavedra (2018), mencionan que los modelos hidrológicos son muy sensibles al número de curva y a su vez coincidimos en que ellos toman en consideración la metodología SCS para sus parámetros de uso de suelo lo cual se integrara al diseño para el modelamiento hidrológico.

Asimismo, Stella y Enangosto (2018) desarrollaron una metodología muy similar a la empleada a este proyecto de tesis, iniciando con el cálculo de número de curva (CN), teniendo en consideración la clasificación de los tipos de cobertura de suelo existente en su cuenca de estudio. Obtuvieron un mapa de suelos, para cada uno de ellos, lo cual les permitió tener los datos para la esquematización final del HEC-HMS.

5.3. De la estimación de intensidad de lluvia.

Debido a que las estaciones meteorológicas en el país poseen ciertas limitaciones al momento de brindar ciertos datos hidrometeorológicos, el cálculo de las intensidades máximas a partir de la data encontrada es posible, debido a la metodología empleada y los factores de corrección que nos brinda Ven Te Chow (2000). En el Perú, debido a la carencia de estaciones y data con la cual se cuenta, se dificulta desarrollar curvas IDF. Por lo cual nos ayudamos del software Hidro Esta 2. En nuestras estaciones solo se cuenta con lluvias máximas cada 24 horas, por lo que a partir de las precipitaciones máximas se comienzan a trabajar para obtener las curvas I-D-T. Para el caso de Hurtado y Acero (2020) construyeron algo muy distinto a lo que nosotros aplicamos debido a que desarrollaron mapas de intensidad de inundaciones para el evento de inundaciones de 2017, los resultados de las simulaciones hidrodinámicas en herramientas GIS y utilizando las categorías de intensidad de inundación propuesto por el mapeo de peligro de inundaciones solo se implementó para un evento en específico porque, dentro de los registros de precipitación disponibles, este evento de inundación tenía datos de encuesta (inundaciones, áreas y puntos) que fue útil para la validación.

5.4. De la determinación de caudales máximos obtenidos

En referencia a los resultados presentados se puede decir lo siguiente: La metodología que se aplica corresponde de forma adecuada al objetivo, esta metodología es aplicable para cuencas pequeñas y con limitada información como este caso de estudio, originando resultados favorables de caudales de punta. Se obtuvo el caudal de diseño para distintos periodos de retorno generado con el software HEC- HMS 4.7.1. Estos partes desde el desarrollo del hietograma de diseño para un periodo de retorno de 20 años.

5.5. De las áreas afectadas por inundaciones.

Estas áreas con intensidades de inundación media y alta pueden representar una amenaza para las personas y dificultar las tareas de evacuación y rescate, dado que en una profundidad de al menos 0,3 m y una velocidad de flujo de 5,0 m / s, los cuales pueden dificultar el transporte. Además, hay partes en el modelamiento en la cual se supera 1,2 m de profundidad.

Los resultados obtenidos mediante la implementación del modelo hidráulico con Hec-Ras fueron los esperados según los antecedentes vividos en la ciudad. El modelo permite la predicción de inundaciones y una huella de peligro. de acuerdo con los eventos históricos de inundaciones; permite identificación de puntos de interés a lo largo de la quebrada susceptible a desborde.

García e Infante (2018) determinaron el máximo caudal para diseñar Defensas ribereñas en el sector Tamarindo - Tumbes. Donde se realizó un estudio hidrológico y determinaron el caudal máximo de 1, 491 m³/s. Donde se aplicó los métodos Gumbel tipo I se tiene 3, 92.7 m³/s y Pearson tipo III con 3,975.6 m³/s. Realizando el diseño mediante el uso de una sección del dique y la simulación hidráulica con defensa ribereña, Concluyendo que los caudales máximos se determinan Con la metodología estadística, Eligiendo el método Gumbel tipo I, Debido a que presentó un mayor coeficiente de correlación.

De la presente investigación, En cuanto a los resultados se tuvo que: Del software HEC –RAS y del estudio de la microcuenca de la quebrada San Idelfonso, parte baja de la Cuenca, Se tiene inundación, cuyo diseño de inundación se realizó para un T = 20 años, y su caudal máx. de diseño es de 97.3 m³/s donde se eleva a una altura de 1.2 m.

Por consiguiente, al comparar la investigación de García e Infante (2018) y la presente, se verifica que las dos tienen coincidencias, con lo que respecta a que las cuencas en estudio se inundan con los caudales máx. estimados.

VI. CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados que se obtuvo, se llega a las siguientes conclusiones:

1. Del objetivo específico 01, se concluye que: se determinó los parámetros geomorfológicos de la quebrada San Idelfonso, a través del Modelo Digital de Elevación (DEM) con una resolución de (12.5 x 12.5 m) del área de estudio descargado del servidor Alaska Satellite Facility y que luego fue procesado en ArcMap. Logrando así delimitar la microcuenca y la obtención de sus características y sus parámetros geomorfológicos. Además, de realizar la clasificación del uso de suelo de la quebrada de manera precisa, aplicando la clasificación no supervisada, manual y supervisada. Con el fin de obtener el raster de número de curvas del área de estudio.
2. Del objetivo específico 02, se concluye: se desarrolló el análisis estadístico para la obtención de las precipitaciones máximas, mediante el uso de Hidroesta 2, teniendo en cuenta tres estaciones hidrológicas que contienen información desde el año 1995 hasta el 2013, usando los métodos de validación de la Normal, Log Pearson III, y Gumbel. Con el objetivo de obtener el hietograma el cual fue utilizado en el software Hec – Hms.
3. Del objetivo específico 03, se concluye: que para determinar el caudal pico mediante el modelo hidrológico en Hec – Hms para un periodo de retorno de 20 años, del cual si obtuvo el hidrograma para el Hec – Ras y el caudal pico que fue:
4. Del objetivo específico 04, se concluye: que el modelamiento hidráulico y el análisis de las áreas de inundación de la ciudad de Trujillo se ejecutó en Hec– Ras nos permitió tener un mapa de inundación para un $T_r= 20$ años con un caudal de $99.3 \text{ m}^3/\text{s}$.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda tener en cuenta que la actualización de las páginas de SENAMHI y ANA dificultan un poco la obtención de la data histórica de las estaciones hidrométricas.
2. Sería de gran ayuda que las estaciones que se encuentran más cercas o dentro del área de estudio tuvieran data y se mantengan en constante funcionamiento, ya que muchas de ellas o no tiene información o han dejado de funcionar.
3. Se recomienda que para obtener un Modelo de Elevación Digital actualizado y con menor tamaño de celda, se debe realizar un levantamiento topográfico o en mejor situación adquirir data de topografía mediante un dron.
4. Es favorable tener información con registro de precipitación de mayor certeza en el área que se desee estudiar.
5. Se recomienda hacer un mejor estudio sobre el Numero de curcas (CN) en toda la microcuenca de la Quebrada San Idelfonso, ya que es un factor determinante para la simulación de la quebrada,
6. También se debe tener en cuenta, que, si existe desechos o basura en el cauce o cerca de él, así como maleza en ciertos tramos, el coeficiente de rugosidad del cauce se incrementará y con ello la probabilidad de una inundación, por ende, se debe realizar una limpieza en todo el cauce.
7. Por otro lado, se debe tener en cuenta usar adecuadamente la aplicación de datos de precipitación máxima, de acuerdo al dato de lluvia se puede obtener dos o más sucesos de lluvia, para calcular los caudales máximos.

REFERENCIAS

- ANGULO, Mario A. y SAAVEDRA, Oliver C. Modelación Hidrológica De La Cuenca Maylanco Utilizando HEC-HMS. *Inv. y Des.* [online], vol.18, n.1, 18 de junio del 2018. [Fecha de consulta: 7 de mayo de 2021]. Pp 53-67 Disponible en: http://www.scielo.org.bo/pdf/riyd/v18n1/v18n1_a05.pdf
ISSN: 2518-4431
- AGUIAR, Wagner de et al. Seasonal Dynamics Of Agricultural Soil Cover In Runoff Generation. *Eng. Agríc.* [online]. 2019, vol.39, n.5, pp.592-599. [Fecha de consulta: 01 de mayo del 2021]. Disponible en: < <https://www.scielo.br/j/eagri/a/Zhyj7dhJ56YPDdPxCycyZ7k/?lang=en>.
Epub Nov 04, 2019. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v39n5p592-599/2019>.
ISSN 1809-4430.
- AGUIAR, Wagner de; SAMPAIO, Silvio C.; PAISANI, Julio C. and REIS, Ralpho R. dos. Implications for Peak Flows of the Marrecas River Basin Due to Changes in The Brazilian Forest Code. *Eng. Agríc.* [online]. 2018, vol.38, n.2, pp.277-283. [Fecha de consulta: 01 de mayo del 2021]. Disponible en: < <https://www.scielo.br/j/eagri/a/yhTVhQWcWmYtwJWBt6T9s3x/?lang=en> >. ISSN 1809-4430. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v38n2p277-283/2018>.
- ARIAS, Fidias. El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica [en línea]. 6.a ed. Caracas: Editorial Episteme, C.A., 2016. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/301894369_EL_PROYECTO_DE_INVESTIGACION_6a_EDICION
ISBN: 980-07-8529-9
- Aurazo Johnny. Lluvias en Trujillo: así fue el primer huaico durante El Niño costero del 2017. *El Comercio*: Lima, Perú, 15 de marzo del 2019. [fecha de consulta:20 de abril de 2021]. Disponible en: <https://elcomercio.pe/peru/libertad/lluvias-trujillo-primer-huaico-nino-costero-2017-fotos-noticia-617138-noticia/>

- Autoridad Nacional del Agua. (2014). Tratamiento del cauce del río Piura para el control de inundaciones. [fecha de consulta: 20 de abril de 2021]. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2254?show=full>
- BAI, Y.; ZHANG, Z.; ZHAO, W. Assessing the Impact of Climate Change on Flood Events Using HEC-HMS and CMIP5. Water, Air & Soil Pollution, [s. l.], v. 230, n. 6, p. N.PAG, 2019. [Fecha de consulta: 09 de mayo del 2021]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eih&AN=137128284&lang=es&site=eds>. DOI 10.1007/s11270-019-4159-0
- BUSTAMANTE HUAMAN Jonatán Aníbal, "Modelamiento numérico de una onda de avenida generada por la rotura de una presa de tierra y su estimación de riesgo aplicación a la presa Yuracmayo", (Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, UNMSM – Lima. 2013. Disponible en: <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/1307>
- CABRERA-BALAREZO, Juan José; TIMBE-CASTRO, Luis Manuel and CRESPO-SANCHEZ, Patricio Javier. Evaluation of the HEC-HMS model for the hydrological simulation of a paramo basin. Dyna rev.fac.nac.minas [online]. 2019, vol.86, n.210, pp.338-344. [Fecha de consulta: 01 de mayo del 2021]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532019000300338 >. ISSN: 0012-7353. <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n210.70738>.
- CARPIO Álvaro, Generación Del Modelo De Áreas De Inundación Del Río Catarama Mediante El Uso De Los Softwares Hec-Ras Y Arc-Gis. Tesis (optar Título de Ingeniero civil – Hidráulica). Guayaquil: Universidad de Guayaquil, 2018. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/32242/1/TESINA%20GENERACION%20DE%20AREAS%20DE%20INUNDACION%20DEL%20R%20CATARAMA.pdf>

- CABRAL, Samuelson Lopes; CAMPOS, José Nilson Bezerra and SILVEIRA, Cleiton da Silva. Coupling the atmospheric model RAMS 6.0 /ECHAM 4.1 to hydrologic model SMA/HMS for operating a reservoir in Brazil's semiarid. RBRH [online]. 2017, vol.22, e32. [Fecha de consulta: 09 de mayo del 2021]. disponible en: < <https://www.scielo.br/j/rbrh/a/c6GRTXhgMDSQLgWGqzwt8x/?lang=en> >. Epub Apr 20, 2017. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.011716071>. ISSN 2318-0331
- CABRAL, Samuelson Lopes; SAKURAGI, Jójhy and SILVEIRA, Cleiton da Silva. Incertezas e erros na estimativa de vazões usando modelagem hidrológica e precipitação por RADAR. Rev. Ambient. Água [online]. 2017, vol.12, n.1, pp.57-70. [Fecha de consulta: 01 de mayo del 2021] Disponible en: < <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/vvmYGfQKv5Sj9g5QMmRWnTv/abstract/?lang=pt> >. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1924> ISSN 1980-993X.
- CABRERA-BALAREZO, Juan José; TIMBE-CASTRO, Luis Manuel and CRESPO-SANCHEZ, Patricio Javier. Evaluation of the HEC-HMS model for the hydrological simulation of a paramo basin. Dyna rev.fac.nac.minas [online]. 2019, vol.86, n.210, pp.338-344. [Fecha de consulta: 01 de mayo del 2021]. Disponible en: < http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532019000300338 >. <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n210.70738>. ISSN: 0012-7353.
- CARO-CAMARGO, Carlos Andrés and BAYONA-ROMERO, Julián Alberto. Hydro-dynamic modeling for identification of flooding zones in the city of Tunja. Rev.fac.ing.univ. Antioquia [online]. 2018, n.88, pp.40-54. [Fecha de consulta: 01 de mayo del 2021] Disponible en: < http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-62302018000300040 >. <https://doi.org/10.17533/udea.redin.n88a05>. ISSN 0120-6230.

- CHAGUA James, Estudio De Inundación De La Zona Correspondiente Al Distrito De Calango, Provincia De Cañete, Departamento De Lima, Mediante El Uso De Los Modelos Matemáticos HEC-HMS Y HEC-RAS. Tesis (optar el Título profesional en Ingeniería Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica Del Perú, 2018. Disponible en: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/13180/C_HAGUA_CIERTO_JAMES_ZOSIMO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- CABRERA-BALAREZO, Juan José; TIMBE-CASTRO, Luis Manuel and CRESPO-SANCHEZ, Patricio Javier. Evaluation of the HEC-HMS model for the hydrological simulation of a paramo basin. *Dyna rev.fac.nac.minas* [online]. 2019, vol.86, n.210, pp.338-344. [Fecha de consulta: 01 de mayo del 2021]. Disponible en: < http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532019000300338 >. <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n210.70738>. ISSN: 0012-7353.
- CHOW TE Ven, et – al Hidrología Aplicada. Colombia: Editorial Nomos S.A. 1994. 597 pp. ISBN: 958-600-171-7
- DUQUE-Sarango, Paola; PATINO, Daysi M. y LÓPEZ, Xavier E. Evaluación del Sistema de Modelamiento Hidrológico HEC-HMS para la Simulación Hidrológica de una Microcuenca Andina Tropical. *Inf. tecnol.* [online]. 2019, vol.30, n.6, pp.351-362. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v30n6/0718-0764-infotec-30-06-00351.pdf> ISSN 0718-0764.
- FRENCH, A. y MECHLER, R. (2017). Manejo de los riesgos de El Niño bajo incertidumbre en Perú: Aprendiendo del pasado para un futuro más resiliente a los desastres. Instituto Internacional de Análisis de Sistemas Aplicados, Laxenburg, Austria. Disponible en: <http://pure.iiasa.ac.at/14849>

- GOVERNMENT of GERMANY (2002). UNEP Early Warning, Forecasting and Operational Flood Risk Monitoring in Asia (Bangladesh, China and India). [en línea] A Technical Report of Project (GT/1010-00-04), 4pp. [fecha de consulta: 20 de abril del 2021]. Disponible en: https://na.unep.net/siouxfalls/flood/UNEP_FLO_DOC.pdf
- HERNANDEZ, Roberto, Fernández, Carlos y Baptista, María. Metodología de la Investigación [en línea]. 6.ª ed. Ciudad de México: McGraw-Hill Interamericana Editores, 2014. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2021]. Disponible en: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp>
- Hurtado-Pidal, J et al. Flood hazard assessment in data-scarce watersheds using model coupling, event sampling, and survey data. *Water*, 2020, vol.12, n.10. [Fecha de consulta: 09 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85092740921&doi=10.3390%2fw12102768&partnerID=40&md5=721cb38cdf8ed07f1d51bb6514329699>. doi={10.3390/w12102768}.
- INDECI (2017). Compendio estadístico del INDECI 2017 – Gestión reactiva/ Perú. Dirección de Políticas, Planes y Evaluación, pp. 13-28. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2021]. <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/201802271714541.pdf>
- INDECI (2019). Boletín estadístico virtual de la gestión reactiva. (N°11). 6 de julio de 2019. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2021]. https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/BOLETIN-VIRTUAL-N%C2%BA-11_JUL-2019-PDF.pdf
- LAVADO Waldo, ESPINOZA Jhan. Impactos de El Niño y La Niña en las lluvias del Perú (1965-2007). *Revista Brasileira de Meteorologia* [en línea] vol.29 no.2 São Paulo June 2014. [fecha de consulta: 20 de abril del 2021]. Disponible en: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010277862014000200003&lng=es&tlng=es

ISSN: 0102-7786

- LEON, A., and C. KRAUL. Peru's brutal season of floods leaves 94 dead, 700,000 homeless. [en línea] *The Los Angeles Times*, 28 marzo 2017. [fecha de consulta: 20 de abril de 2021]. Disponible en: <http://www.latimes.com/world/mexico-americas/la-fg-peru-floods-20170328-story.html>
- MOZO, Joaquín; et – al. Modelado hidrológico de la precipitación-escorrentía en una microcuenca agrícola del partido de Azul, Buenos Aires. *Cienc. suelo* [online]. vol.38, n.1, 07 de enero del 2020. [fecha de consulta: 1 de mayo del 2021] Disponible en: <http://www.suelos.org.ar/publicaciones/Volumen38n1/v38n1HTML/pdf/v38n1a11.pdf>
ISSN 1850-2067.
- MOZO, Joaquín; VARNI, Marcelo; ARES, María Guadalupe y CHAGAS, Celio Ignacio. Modelado hidrológico de la precipitación-escorrentía en una microcuenca agrícola del partido de Azul, Buenos Aires. *Cienc. suelo* [online]. 2020, vol.38, n.1, pp.121-132. [Fecha de consulta: 01 de mayo del 2021] Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672020000100011&lng=es&nrm=iso. ISSN 1850-2067.
- Municipalidad Distrital El Porvenir (2017). Quebrada San Ildefonso Es Una Amenaza Para El Porvenir Y Trujillo, [en línea]. Disponible en: <https://www.muniporvenir.gob.pe/quebrada-san-ildefonso-es-una-amenaza-para-el-porvenir-y-trujillo/>
- Neva, A.A et al. Estimación de áreas vulnerables a inundaciones en zonas urbanas: Morelia, Michoacán, México. *Tecnología y Ciencias del Agua* [En línea], 2020, vol.11, n.3, pág.1-26. [Fecha de consulta: 09 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85086928457&doi=10.24850%2fj-tyca-2020-0301&partnerID=40&md5=6cbc5dcd7480dae8bf2a3597c83a9cf0>.
doi={10.24850/j-tyca-2020-03-01}

- OLIVARES Gerardo. Determinación De Zonas Inundables Mediante Simulación Hidráulica Bidimensional Aplicando Hec – Ras 5.0 En Un Tramo Del Río Huancabamba, Desde La Quebrada Chula (Km 2.42) Hasta La Quebrada Lungulo (Km 5.51), Provincia De Huancabamba, Departamento De Piura. Tesis (optar Título De Ingeniero Agrónomo). Piura: Universidad Nacional De Piura.2018. 125 pp.
- OPS (Organización Panamericana de la Salud). 2017. Lluvias e inundaciones en Perú. Informe de situación (Lluvia e inundaciones en Perú. Reporte de situación). [en línea]. No. 13, 23 de abril de 2017. [fecha de consulta: 23de abril de 2021]. Disponible en: https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Informe_Situacion_13-2017_Peru_Inundaciones_23_abril%5B1%5D.pdf.
- ORDOÑEZ GÁLVEZ Juan J. Cartilla Técnica Ciclo Hidrológico. Lima. Biblioteca Nacional del Perú N° 2012-08841. 2011. 44pp. ISBN: 978-9972-602-77-1
- Reig, E. and Boucher, M.-A. and Tremblay, É. Ensemble hydrological forecasts for reservoir management of the Shipshaw River catchment using limited data. Canadian Water Resources Journal, 2020, vol.45, n.4, p. 372-390. [Fecha de consulta: 09 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85094581148&doi=10.1080%2f07011784.2020.1834880&partnerID=40&md5=df574c865cdea0012f266872656c4081>. doi={10.1080/07011784.2020.1834880}.
- RIBEIRO NETO, Alfredo; BATISTA, Larissa Ferreira David Romão and COUTINHO, Roberto Quental. Methodologies for generation of hazard indicator maps and flood prone areas: municipality of Ipojuca/PE. RBRH [online]. 2016, vol.21, n.2, pp.377-390. [Fecha de consulta: 09 de mayo del 2021]. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2318-

03312016000200377&lng=en&nrm=iso>.

<http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v21n2.p377-390>

ISSN 2318-0331

- ROPELEWSKI, C.F.; HALPERT, M.S. Global and Regional Scale Precipitation Patterns Associated with the El-Nino Southern Oscillation. Monthly Weather Review, v. 115, n. 8, p. 1606-1626, 1987. Disponible en: [https://journals.ametsoc.org/configurable/content/journals\\$002fmwre\\$002f15\\$002f8\\$002f15200493_1987_115_1606_garspp_2_0_co_2.xml?t:ac=journals%24002fmwre%24002f115%24002f8%24002f15200493_1987_115_1606_garspp_2_0_co_2.xml](https://journals.ametsoc.org/configurable/content/journals$002fmwre$002f15$002f8$002f15200493_1987_115_1606_garspp_2_0_co_2.xml?t:ac=journals%24002fmwre%24002f115%24002f8%24002f15200493_1987_115_1606_garspp_2_0_co_2.xml)
- Sahraei, S. and Asadzadeh, M. and Unduche, F. Signature-based multi-modelling and multi-objective calibration of hydrologic models: Application in flood forecasting for Canadian Prairies. Journal of Hydrology, 2020, vol.588. [Fecha de consulta: 09 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85085317475&doi=10.1016%2fj.jhydrol.2020.125095&partnerID=40&md5=6e5df7f7275096474df22957635f7f00>. doi={10.1016/j.jhydrol.2020.125095}
- SALAZAR-BRIONES, Carlos et al. Modelación hidrológica e hidráulica de un río intraurbano en una cuenca transfronteriza con el apoyo del análisis regional de frecuencias. Tecnol. cienc. agua [online]. 2018, vol.9, n.4, pp.48-74. [Fecha de consulta: 01 de mayo del 2021]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-2422018000400048&lng=es&nrm=iso. Epub 24-Nov-2020. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2018-04-03>. ISSN 2007-2422.
- STELLA, Juan M. y ANAGNOSTOU, Emmanouil N. Modeling the flood response for a sub-tropical urban basin in south Florida. Tecnol. cienc. agua [online]. 2018, vol.9, n.3, pp.128-141. [Fecha de consulta: 01 de mayo del 2021] Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-2422018000300128&lng=es&nrm=iso. Epub 24-Nov-2020. ISSN 2007-2422. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2018-03-05>.

- TAKAHASHI, K, y MARTÍNEZ, A. G. The very strong coastal El Niño in 1925 in the far - eastern Pacific. *Climate Dynamics*, 52(12), 7389–7415. [en línea] 01 de junio de 2019 [fecha de consulta: 20 de abril de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3702-1>
- TAKAHASHI K, DEWITTE B (2016) Regímenes de El Niño no lineales fuertes y moderados. *Clim Dyn*. doi: [10.1007 / s00382-015-2665-3](https://doi.org/10.1007/s00382-015-2665-3)
- VARGAS CASTANEDA, Gregorio; IBANEZ CASTILLO, Laura Alicia; ARTEAGA RAMIREZ, Ramón y AREVALO GALARZA, Gustavo. Kinematic wave hydrologic model of the Turbio River basin, Guanajuato, Mexico. *Ing. agric. biosist.* [online]. 2018, vol.10, n.1, pp.33-47. [Fecha de consulta: 01 de mayo del 2021] Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-40262018000100033&lng=es&nrm=iso. Epub 24-Ago-2020. <https://doi.org/10.5154/r.inagbi.2017.07.012>. ISSN 2007-4026.
- Villón Máximo. Hidrología. 2da ed. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago. 2002. 233pp. ISBN:
- Wijayarathne, D.B. and Coulibaly, P. Identification of hydrological models for operational flood forecasting in St. John's, Newfoundland, Canada. *Journal of Hydrology: Regional Studies* [En línea]. February 2020, vol.27. [Fecha de consulta: 09 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85075579714&doi=10.1016%2fj.ejrh.2019.100646&partnerID=40&md5=a163759d110ef237e42e2ed0a6fd32f8>. doi= {10.1016/j.ejrh.2019.100646}

ANEXOS

Anexo 1: matriz de operacionalización de variables

	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
MODELAMIENTO HIDROLÓGICO E HIDRAÚLICO	Chow (1994) Un modelado hidrológico es la representación simplificada de un sistema real complejo, que representa el sistema físico de una cuenca hidrográfica. Un modelamiento hidráulico es la construcción digital de una red de distribución de agua. (García y Chocat)	El modelamiento hidrológico e hidráulico nos va permitir determinar las diferentes zonas de riesgo de inundación, mediante la recolección de data histórica de precipitación de la Quebrada San Idelfonso.	Precipitación	Periodo de retorno	Razón
				Tiempo	Razón
				Intensidad	Razón
			Estudio topográfico	curvas de nivel	Intervalo
				Pendiente	Razón
				Longitud de la quebrada	Intervalo
			Características hidrológicas	Datos de precipitación	Razón
				Caudal	Razón
				Datos históricos	Razón
				Cauce del río	Razón
			Parámetros hidráulicos	Secciones topográficas	Razón
				Caudales	Razón
				Perfil del río	Razón
Data geométrica	Razón				
Coeficiente de rugosidad	Razón				

Anexo 2: Guía de observación para la recolección de datos de la quebrada san Idefonso

ANA	FOLIO Nº
DCPRH	84

FORMATOS

FORMATO 1

FICHA DE CAMPO DEL INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUPERFICIAL

A. DATOS GENERALES

TIPO DE FUENTE (1)	<input type="text"/>	FECHA	<input type="text"/>				
NOMBRE DE LA FUENTE	<input type="text"/>	CODIGO PFAFSTETTER CUENCA (Nva)	<input type="text"/>				
CUENCA	<input type="text"/>	CODIGO DE LA FUENTE INVENTARADA	<input type="text"/>				
ALA	<input type="text"/>						

(1) Tipo de fuente: R=Rio, Q=Quebrada, L=Lagunas, LR=Lagunas represadas, B=Bofedales, M=Mantiales

B. UBICACIÓN POLÍTICA

CENTRO POBLADO MENOR	<input type="text"/>	PROVINCIA	<input type="text"/>
DISTRITO	<input type="text"/>	DEPARTAMENTO	<input type="text"/>

C. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

ZONIFICACION UTM (HUSO)	<input type="text"/>	CAMINO REGIONAL	<input type="text"/>
Para lagunas, manantiales, bofedales y represas, el punto de descarga Para ros, el punto de desembocadura COORDENADA UTM NORTE Y (m)	<input type="text"/>	CARRETERA SIN AFIRMAR	<input type="text"/>
COORDENADA UTM ESTE X (m)	<input type="text"/>	CARRETERA AFIRMADA	<input type="text"/>
ALTITUD (masn)	<input type="text"/>	NO EXISTE	<input type="text"/>
* Solo en el caso de ros, el punto de nacimiento COORDENADA UTM NORTE Y (m)	<input type="text"/>		
COORDENADA UTM ESTE X (m)	<input type="text"/>		
ALTITUD (masn)	<input type="text"/>		

E. CARACTERÍSTICAS DE LA OUNA/PRESA

AREA DE SUPERFICIE LIBRE DE AGUA (m ²)	<input type="text"/>	PROFUNDIDAD MEDIA (m)	<input type="text"/>	CAUDAL DE SALIDA (l/s)	<input type="text"/>
ALTURA DE PRESA (m)	<input type="text"/>	LONGITUD DE OORONA (m)	<input type="text"/>	TIPO DE AFORO (2)	<input type="text"/>
ALMACENAMIENTO MAXIMO (hm ³)	<input type="text"/>	ALMACENAMIENTO UTIL (hm ³)	<input type="text"/>	Lugar de aforo	<input type="text"/>
TIPO DE PRESA (2)	<input type="text"/>			COORDENADA UTM NORTE Y (m)	<input type="text"/>
				COORDENADA UTM ESTE X (m)	<input type="text"/>
				ALTITUD (masn)	<input type="text"/>

(2) Tipo de presa: R=Rusica, C=Concreto, T=Tierra, M=Mamposteada

F. CARACTERÍSTICAS DE MANTIALES/BOFEDALES

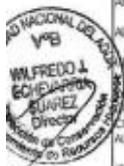
(Marcar con X)		CAUDAL DE SALIDA (l/s)		<input type="text"/>	
CAUDAL PERMANENTE	<input type="checkbox"/>	CAUDAL INTERMITENTE	<input type="checkbox"/>	TIPO DE AFORO (3)	<input type="text"/>
SIN OBRA DE TOMA	<input type="checkbox"/>	TOMA DE CONCRETO	<input type="checkbox"/>	Lugar de aforo	<input type="text"/>
SALIDA A CANAL DE CONDUCCION	<input type="checkbox"/>	SALIDA PARA ALMACENAMIENTO	<input type="checkbox"/>	COORDENADA UTM NORTE Y (m)	<input type="text"/>
TOMA RUSTICA	<input type="checkbox"/>			COORDENADA UTM ESTE X (m)	<input type="text"/>
				ALTITUD (masn)	<input type="text"/>

G. CARACTERÍSTICAS DE RIO/QUEBRADA

ANCHO DE CAUCE	MINIMO (m)	<input type="text"/>	MAXIMO	<input type="text"/>	CAUDAL AFORADO (l/s)	<input type="text"/>
ALTURA DE CAUCE	MINIMO (m)	<input type="text"/>	MAXIMO	<input type="text"/>	TIPO DE AFORO (3)	<input type="text"/>
UBICACION GEOGRAFICA DE PUNTO DE AFORO (UTM)					Frecuencia de caudal	
Lugar de aforo					CONTINUO	<input type="checkbox"/>
COORDENADA UTM NORTE Y (m)	<input type="text"/>				ESPORADICO	<input type="checkbox"/>
COORDENADA UTM ESTE X (m)	<input type="text"/>					
ALTITUD (masn)	<input type="text"/>					

(3) Metodo de aforo: V=Volumetrico, F=Rotador, V=Vertedero, C=Correometro

Nota: los cuadros de coordenadas UTM deben rellenarse con numeros enteros, sin decimales
 los cuadros de ubicacion y denominaciones deben ser llenados con nombres completos
 los cuadros de mediciones que indican datos numericos deben considerarse como minimo dos decimales.



II. CALIDAD FISICA DEL AGUA

pH	<input type="text"/>	CONDUCTIVIDAD (μS/cm)	<input type="text"/>	TIPO DE EQUIPO (Marca)
SALES TOTALES (ppm)	<input type="text"/>	TEMPERATURA (°C)	<input type="text"/>	TIPO DE AFORO
COLOR	<input type="text"/>	<input type="text"/>		

I. TIPO Y DERECHO DE USO

CLASE DE USO (4)	<input type="text"/>	CLASES DE USO (6)	<input type="text"/>	CLASES DE USO (6)	<input type="text"/>
TIPO DE USO (5)	<input type="text"/>	TIPO DE USO (5)	<input type="text"/>	TIPO DE USO (5)	<input type="text"/>
CLASES DE DERECHO (8)	<input type="text"/>	CLASES DE DERECHO (8)	<input type="text"/>	CLASES DE DERECHO (8)	<input type="text"/>
CONFLICTOS (7)	<input type="text"/>	CONFLICTOS (7)	<input type="text"/>	CONFLICTOS (7)	<input type="text"/>

(4) Clase de uso: P=Potencia, R=Pasivación, P=Productiva

(5) Tipo de uso productivo: Anegado, AP=acriolado y cespazo, F=Forestal, H=Hotel, M=Medicinal, M=Minero, F=Forestal, T=Turístico, O=Otros

(8) Clase de derecho: L=Licencia, P=Permisos, A=Autorización

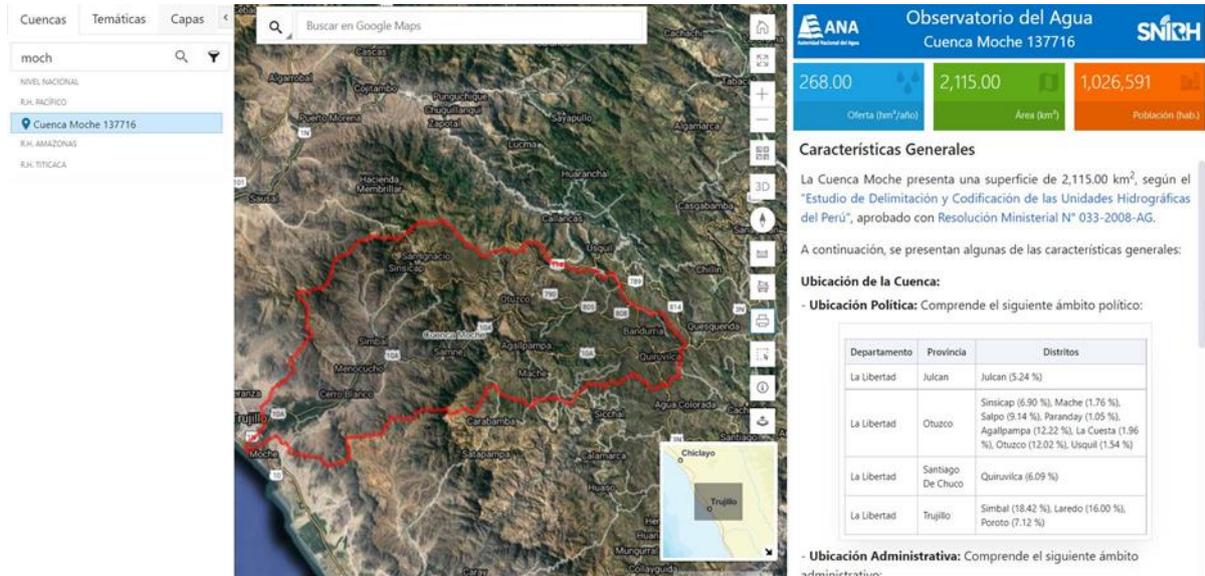
(7) Tipo de conflictos por uso del agua: R=No, E=El agua, Co=Contaminación

OBSERVACIONES	
CROQUIS	FOTOGRAFIA
TÉCNICO RESPONSABLE (Nombre, Apellido, Firma)	
INGENIERO RESPONSABLE (Nombre, Apellido, Firma)	



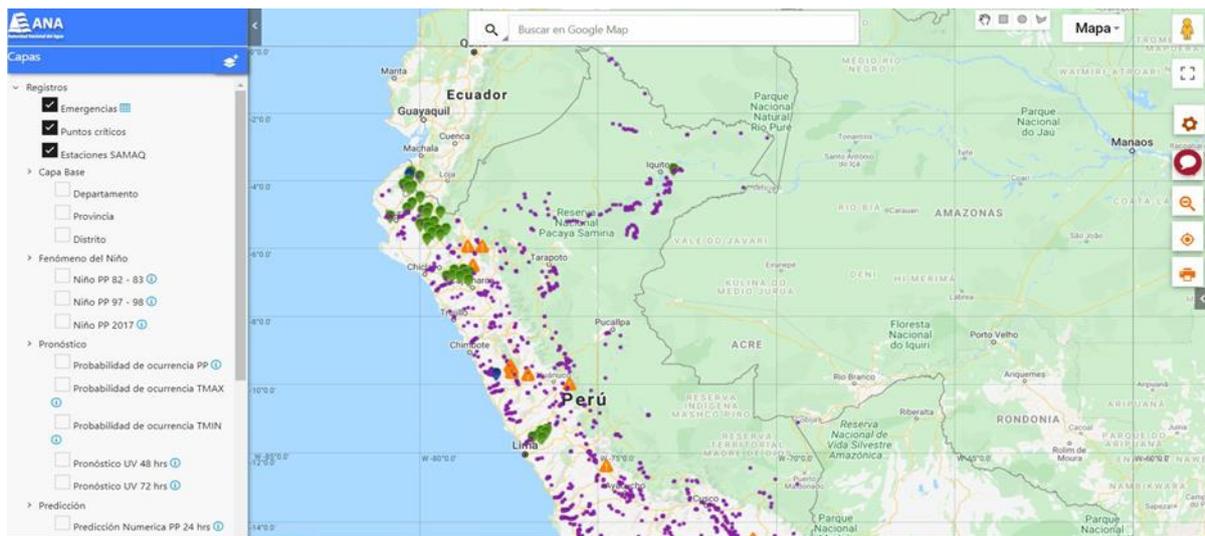
Fuente: ANA

Anexo 4: Observatorio SNIIRH – ANA



Fuente: Autoridad Nacional del Agua

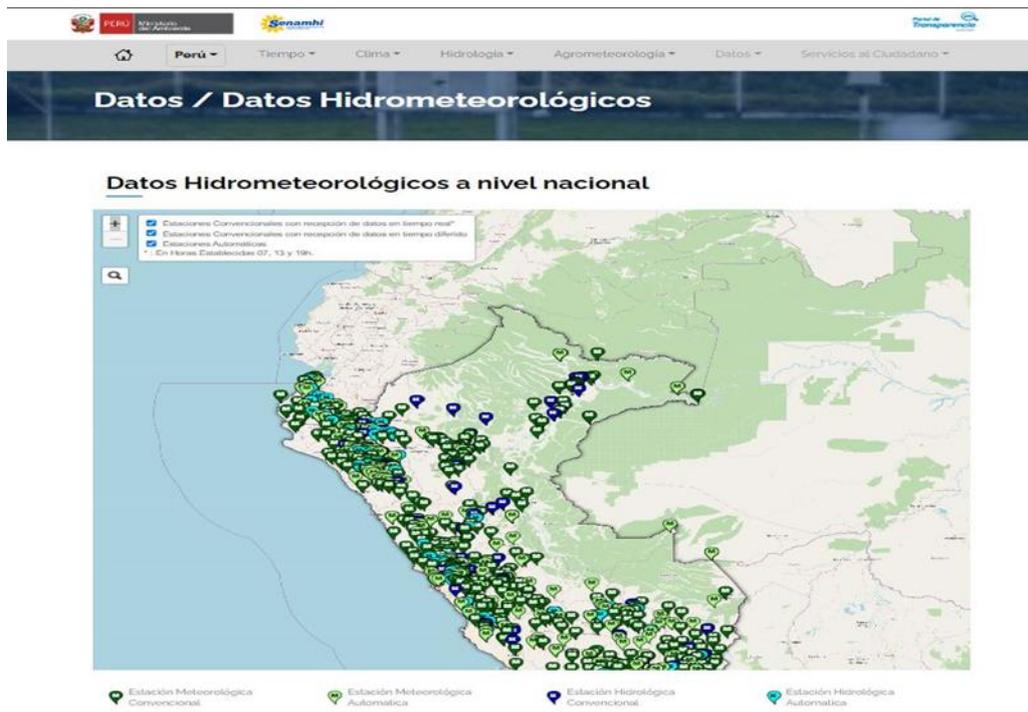
Anexo 5:



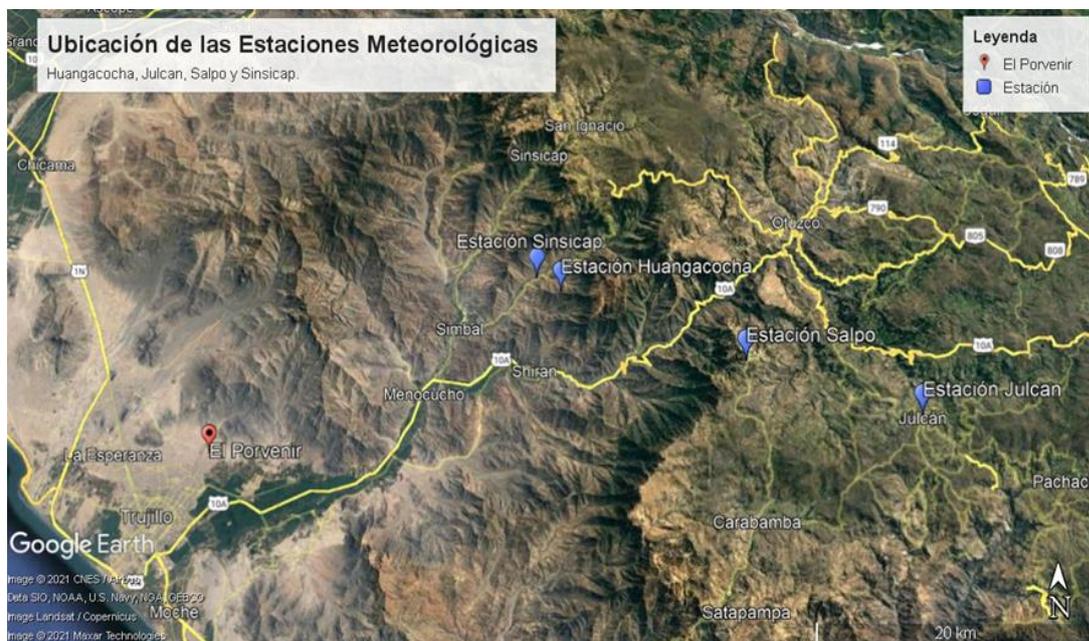
visor SNIIRH – ANA

Fuente: Autoridad Nacional del Agua

Anexo 6: Visor de estaciones hidrometeorológicas



Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú



Fuente: Google Earth Pro

Anexo 7: Precipitaciones Máximas (mm) de 24 horas – Estación Huangacochoa

Estación Huangacochoa, Precipitación (lluvias) máximas de 24 horas - milímetros (mm)															
N°	AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MÁXIMO	
1	1995	3	5	8	26	11	8	7	7	6	8	49	26	49	
2	1996	23	25	24	18	10	15	0	0	3	20	9	12	25	
3	1997	16	14	7	7	16	6	0	5	15	19	24	19	24	
4	1998	23	35	27	26	14	7	0	5	18	31	31	16	35	
5	1999	38	58	31	12	22	15	3	1	22	12	19	21	58	
6	2000	30	35	20	14	12	7	1	4	4	18	16	25	35	
7	2001	28	23	24	15	17	4	17	0	15	16	35	31	35	
8	2002	16	24	28	21	18	6	5	0	27	21	30	49	49	
9	2003	17	18	20	21	11	5	9	2	29	15	29	32	32	
10	2004	24	16	13	32	10	4	17	5	20	25	15	28	32	
11	2005	19	26	27	10	7	5	0	8	12	26	10	49	49	
12	2006	20	25	26	17	27	15	13	8	6	6	30	24	30	
13	2007	20	15	27	25	14	1	12	4	14	31	16	28	31	
14	2008	21	25	23	31	8	11	4	7	14	15	23	13	31	
15	2009	24	17	28	20	11	14	12	4	6	26	26	13	28	
16	2010	11	38	24	19	10	4	4	2	15	18	30	17	38	
17	2011	18	24	29	35	35	2	6	3	12	16	40	24	40	
18	2012	28	27	28	22	9	13	0	18	8	19	27	20	28	
19	2013	20	45	33	32	9	4	10	7	5	23	10	20	45	
N° de datos (N°)		19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	
Media (mm)		21.0	26.1	23.5	21.2	14.3	7.7	6.3	4.7	13.2	19.2	24.7	24.6	36.5	
Desv. Est. (mm)		7.5	12.2	7.2	7.9	7.1	4.7	5.8	4.2	7.6	6.8	10.6	10.4	9.4	
Prec. Max.		38.0	58.0	33.0	35.0	35.0	15.0	17.0	18.0	29.0	31.0	49.0	49.0	58.0	
Prec. Min.		3.0	5.0	7.0	7.0	7.0	1.0	0.0	0.0	3.0	6.0	9.0	12.0	24.0	

Donde:

Año : Intervalo de tiempo empleado desde el año 1995 al año 2013.

Meses del año : Enero (Ene), febrero (Feb), marzo (Mar), abril (Abr), mayo (May), junio (Jun), julio (Jul), agosto (Ago), setiembre (Set), octubre (Oct), noviembre (Nov), diciembre (Dic).

Unidad de medida : Milímetros (mm), precipitación (lluvia) registrada en la estación Salcca - SENAMHI

Max : Precipitación máxima en mm, registrada de todo los meses de un año.

N° Datos (N°) : Número de años que se están empleando de la estación Huangacochoa - SENAMHI.

Media (mm) : Estadística, promedio de todo el intervalo de años que se emplea en función a un mes del año

Desv. Est. (mm) : Estadística, Desviación estándar de todo el intervalo de años que se emplea en función a un mes del año

Prec. Max. (mm) : Precipitación máxima de todo el intervalo de años que se emplea en función a un mes del año.

Prec. Min. (mm) : Precipitación mínima de todo el intervalo de años que se emplea en función a un mes del año.

Elaboración: Propia

Anexo 8: Precipitaciones Máximas (mm) de 24 horas – Estación Julcán

Estación Julcan, Precipitación (lluvias) máximas de 24 horas - milímetros (mm)														
N°	AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MÁXIMO
1	1995	17.3	11.5	20.7	8.4	13.5	2.5	1.9	2.1	14	23.7	20.1	37.7	37.7
2	1996	21.8	54.2	23.3	22.9	14.3	3.6	0.6	10.5	9.7	18.2	15.7	22.6	54.2
3	1997	7.1	26.9	24.5	26.6	12.9	1.5	0	5.2	14.3	15	22.5	40	40
4	1998	50.8	31.2	37.4	26	7.7	5	0.7	8.8	21	16.5	11.6	17.3	50.8
5	1999	35.9	51.2	30	24.2	15.3	12.9	19.9	9.3	26.9	18.4	12.5	17	51.2
6	2000	38.9	33.7	33.8	33.1	22	12.9	5.3	32.6	7.4	11.2	18.2	22.1	38.9
7	2001	38.9	18.5	56.5	18.1	14.7	13.1	4.3	0	13	18	10.8	15.9	56.5
8	2002	14.9	33.7	37.6	28.9	6.1	8	2.3	0	0	12	26.9	10	37.6
9	2003	20	24.5	25	24.8	4.7	3.9	4.5	5.5	3.5	13.1	12.6	38.5	38.5
10	2004	8	47.7	21.3	12.2	12.5	4.2	7.7	0	12.2	19.2	25.7	22	47.7
11	2005	24.5	21.9	40.7	14	5.3	2.2	0	3.5	2.2	18.7	6.6	17.5	40.7
12	2006	19.7	28.4	34.1	18	2.9	2.9	2.1	8.1	14.7	9.5	41	26.6	41
13	2007	25.7	22.9	40.2	27.3	20.7	3.7	4.9	11.2	20.5	22.9	14.4	26.1	40.2
14	2008	24.5	45.9	25.1	20.6	5.6	13.5	2	3.1	29	29.6	25.4	22	45.9
15	2009	26.3	24.1	40.8	24	17.9	13.2	8.6	9.4	8.3	21.6	26.3	15.9	40.8
16	2010	35	32	19.2	31.2	10.2	9.6	18.4	3.6	12.3	3.3	12	22.6	35
17	2011	34.1	19.6	54.5	47.4	8.7	3.8	12.7	0	15.4	8.6	16.8	22.1	54.5
18	2012	31.5	36.4	40.3	23.1	12.4	3.5	0	2.3	13.8	17	14.5	36.1	40.3
19	2013	13.1	30.4	36.7	10.8	9.7	19.8	19.8	2.5	2	29.8	16.9	22.5	36.7
N° de datos (N°)		19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Media (mm)		25.7	31.3	33.8	23.2	11.4	7.4	6.1	6.2	12.6	17.2	18.4	23.9	43.6
Desv. Est. (mm)		11.5	11.6	10.7	9.0	5.4	5.3	6.8	7.4	8.0	6.8	8.0	8.5	6.8
Prec. Max.		50.8	54.2	56.5	47.4	22	19.8	19.9	32.6	29	29.8	41	40	56.5
Prec. Min.		7.1	11.5	19.2	8.4	2.9	1.5	0	0	0	3.3	6.6	10	35

Donde:

Año : Intervalo de tiempo empleado desde el año 1995 al año 2013.

Meses del año : Enero (Ene), febrero (Feb), marzo (Mar), abril (Abr), mayo (May), junio (Jun), julio (Jul), agosto (Ago), setiembre (Set), octubre (Oct), noviembre (Nov), diciembre (Dic).

Unidad de medida : Milímetros (mm), precipitación (lluvia) registrada en la estación Salcca - SENAMHI

Max : Precipitación máxima en mm, registrada de todo los meses de un año.

N° Datos (N°) : Número de años que se están empleando de la estación Julcan - SENAMHI.

Media (mm) : Estadística, promedio de todo el intervalo de años que se emplea en función a un mes del año.

Desv. Est. (mm) : Estadística, Desviación estándar de todo el intervalo de años que se emplea en función a un mes del año.

Prec. Max. (mm) : Precipitación máxima de todo el intervalo de años que se emplea en función a un mes del año.

Prec. Min. (mm) : Precipitación mínima de todo el intervalo de años que se emplea en función a un mes del año.

Elaboración: Propia

Anexo 9: Precipitaciones Máximas (mm) de 24 horas – Estación Sinsicap

Estación Sinsicap, Precipitación (lluvias) máximas de 24 horas - milímetros (mm)														
N°	AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MÁXIMO
1	1995	8.2	16.5	7.6	4.1	3.2	2.8	0.8	0	0.8	4	4.3	11.2	16.5
2	1996	6.3	35.6	25.1	7.2	0.6	0	0	0	1.8	3.7	2.1	1.9	35.6
3	1997	4.2	8.7	11.1	21.2	1.3	1.1	0	0	0	3.1	6.3	31.8	31.8
4	1998	39.7	49.6	64.4	12.4	8.2	3.1	0	0	1.4	4.4	2.2	4.5	64.4
5	1999	16.6	53.3	7.8	9.7	14.4	0.6	1.8	0	0	2.6	1.6	9.4	53.3
6	2000	12.4	20.5	22.6	16.5	10.4	0.01	0	0.8	1.1	1.3	3.2	11.1	22.6
7	2001	19.4	15.1	15.1	12.4	4.3	2.4	0	0	5.1	5.7	3.4	2.6	19.4
8	2002	1.8	63.8	16.4	18.9	0.9	1	0.01	0	1.9	5.5	7.4	3.7	63.8
9	2003	5.5	24.7	5.8		3.9	0.9	0.1	0	0.01	1.8	9.6	28.2	28.2
10	2004	5.1	16.1	6.2	7.7	12.1	0.01	0.01	0.01	0.01	36.7	2.9	4.8	36.7
11	2005	9.2	14.1	15.7	7.6	0	0	0	0	0	5.3	2.1	9.4	15.7
12	2006	10.8	63.9	19.4	12.1	0.01	2.4	0.01	0.01	1.1	0.8	10.7	13.3	63.9
13	2007	7	28.9	14.4	9	12.6	0	0.01	0.3	0.3	5.3	10.4	7.6	28.9
14	2008	16.7	48	21.6	14.5	2.2	2.3	0.6	0.8	0.9	6.7	4.9	2.1	48
15	2009	24.4	16.3	24.4	9.4	1.1	0.01	0.8	0.4	0.01	4.5	11.1	4.8	24.4
16	2010	12.2	49.7	8.7	11.2	7.2	0.2	0.01	0	12.4	1.7	4.9	3.5	49.7
17	2011	11.2	9.8	10.3	15.1	0.8	1.1	0.01	0.01	2.6	1.2	7.1	6.4	15.1
18	2012	18.6	21.7	25.3	15.8	3.6	5.1	0	0.01	2.3	13.9	4.7	7.3	25.3
19	2013	8.6	12.2	27.9	3.2	3.2	0.01	0	0.01	0	7.1	0	11.2	27.9
N° de datos (N°)		19	19	19	18	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Media (mm)		12.5	29.9	18.4	11.6	4.7	1.2	0.2	0.1	1.7	6.1	5.2	9.2	35.3
Desv. Est. (mm)		8.8	18.8	13.2	4.9	4.7	1.4	0.5	0.3	2.9	8.0	3.4	8.1	16.8
Prec. Max.		39.7	63.9	64.4	21.2	14.4	5.1	1.8	0.8	12.4	36.7	11.1	31.8	64.4
Prec. Min.		1.8	8.7	5.8	3.2	0	0	0	0	0	0.8	0	1.9	15.1

Donde:

Año : Intervalo de tiempo empleado desde el año 1995 al año 2013

Meses del año : Enero (Ene), febrero (Feb), marzo (Mar), abril (Abr), mayo (May), junio (Jun), julio (Jul), agosto (Ago),
setiembre (Set), octubre (Oct), noviembre (Nov), diciembre (Dic).

Unidad de medida : Milímetros (mm), precipitación (lluvia) registrada en la estación Salcca - SENAMHI

Max : Precipitación máxima en mm, registrada de todo los meses de un año.

N° Datos (N°) : Número de años que se están empleando de la estación Sinsicap - SENAMHI

Media (mm) : Estadística, promedio de todo el intervalo de años que se emplea en función a un mes del año

Desv. Est. (mm) : Estadística, Desviación estándar de todo el intervalo de años que se emplea en función a un mes del año

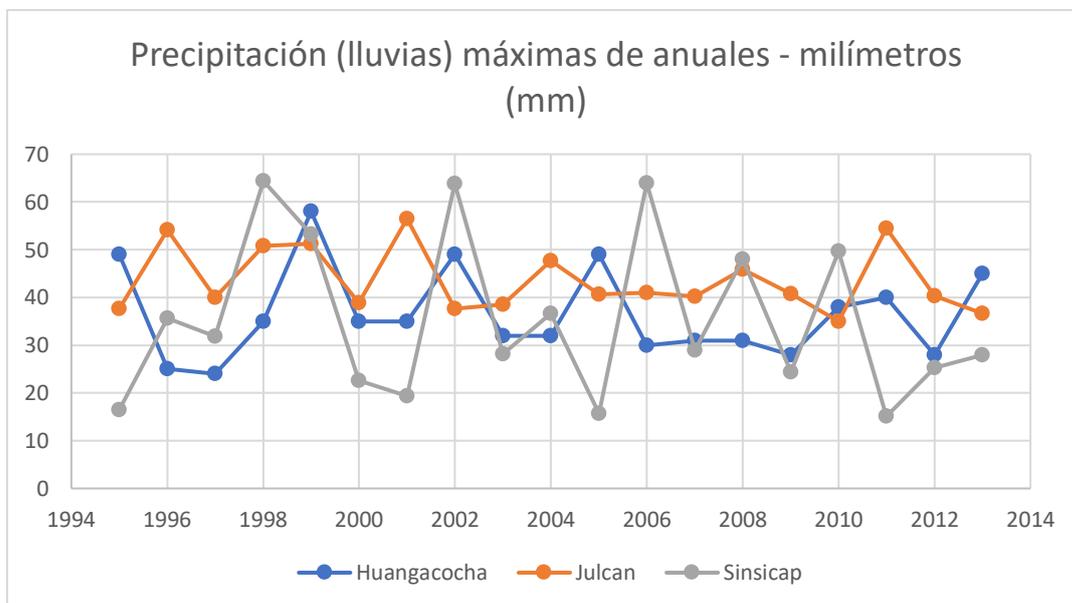
Prec. Max. (mm) : Precipitación máxima de todo el intervalo de años que se emplea en función a un mes del año

Prec. Min. (mm) : Precipitación mínima de todo el intervalo de años que se emplea en función a un mes del año

Elaboración: Propia

Anexo 10: Precipitación máximas de anuales - milímetros (mm)

Precipitación (lluvias) máximas de anuales - milímetros (mm)				
N°	AÑO	Huangacocha	Julcán	Sinsicap
1	1995	49	37.7	16.5
2	1996	25	54.2	35.6
3	1997	24	40	31.8
4	1998	35	50.8	64.4
5	1999	58	51.2	53.3
6	2000	35	38.9	22.6
7	2001	35	56.5	19.4
8	2002	49	37.6	63.8
9	2003	32	38.5	28.2
10	2004	32	47.7	36.7
11	2005	49	40.7	15.7
12	2006	30	41	63.9
13	2007	31	40.2	28.9
14	2008	31	45.9	48
15	2009	28	40.8	24.4
16	2010	38	35	49.7
17	2011	40	54.5	15.1
18	2012	28	40.3	25.3
19	2013	45	36.7	27.9

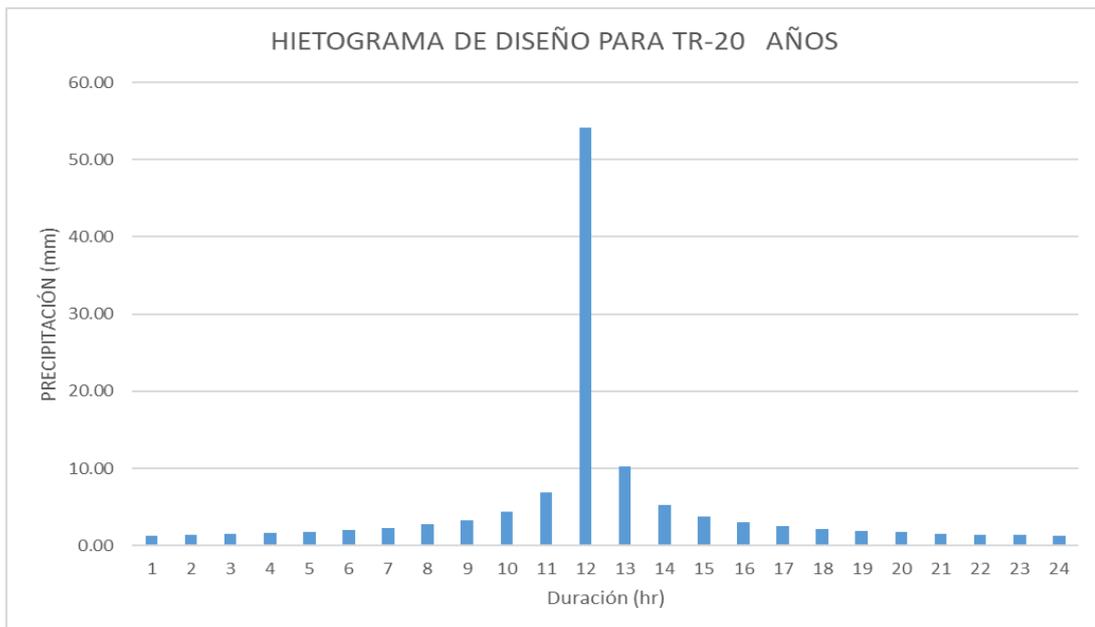


Anexo 11:



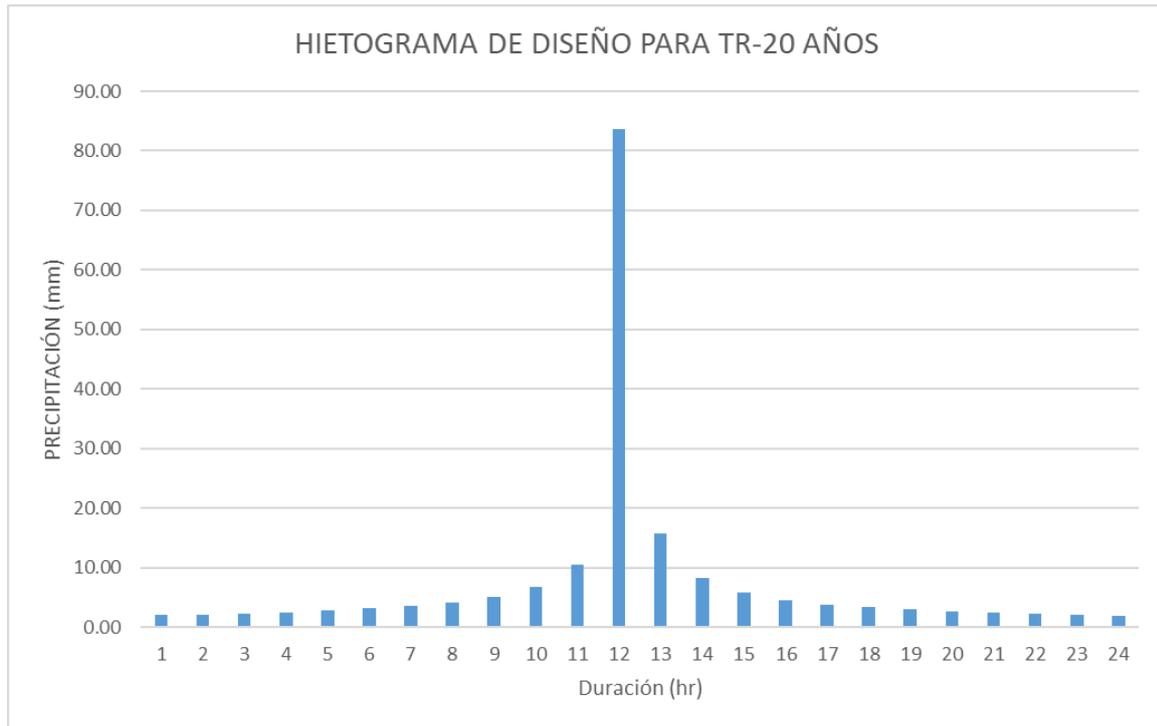
Hietograma de diseño de la estación Huangacocha, para un tiempo de retorno de 20 años.

Anexo 12:



Hietograma de diseño de la estación Julcán, para un tiempo de retorno de 20 años.

Anexo 13:



Hietograma de diseño de la estación Sinsicap, para un tiempo de retorno de 20 años.

Anexo 14:



Software HidroEsta 2

Anexo 15: Cálculo de parámetros estadísticos en HidroEsta 2 para las estaciones de Huangacochoa, Julcán y Sinsicap.

- Resultados Estación Huangacochoa

Serie de datos X:

N°	X
1	49.0
2	25.0
3	24.0
4	35.0
5	58.0
6	35.0
7	35.0
8	49.0
9	32.0
10	32.0
11	49.0
12	30.0
13	31.0
14	31.0
15	28.0
16	38.0
17	40.0
18	28.0
19	45.0

Parámetros Estadísticos:

Parámetros	Muestrales	Poblacionales	Momentos Lineales
Media:	36.5263	36.5263	36.5263
Varianza:	88.9298	84.2493	28.4444
Desviación Estándar:	9.4303	9.1787	5.3333
Coefficiente Variación:	0.2582	0.2513	0.1460
Coefficiente de Sesgo:	0.8018	0.7371	0.2070
Coefficiente de Curtosis:	3.2440	2.5800	0.0973

- Resultados Estación Julcán

Serie de datos X:

N°	X
1	37.7
2	54.2
3	40.0
4	50.8
5	51.2
6	38.9
7	56.5
8	37.6
9	38.5
10	47.7
11	40.7
12	41.0
13	40.2
14	45.9
15	40.8
16	35.0
17	54.5
18	40.3
19	36.7

Parámetros Estadísticos:

Parámetros	Muestrales	Poblacionales	Momentos Lineales
Media:	43.5895	43.5895	43.5895
Varianza:	46.0099	43.5883	14.4311
Desviación Estándar:	6.7831	6.6021	3.7988
Coeficiente Variación:	0.1556	0.1515	0.0872
Coeficiente de Sesgo:	0.7449	0.6847	0.2440
Coeficiente de Curtosis:	2.5403	2.0203	0.0405

- Resultados Estación Sinsicap

Serie de datos X:

N°	X
1	16.5
2	35.6
3	31.8
4	64.4
5	53.3
6	22.6
7	19.4
8	63.8
9	28.2
10	36.7
11	15.7
12	63.9
13	28.9
14	48.0
15	24.4
16	49.7
17	15.1
18	25.3
19	27.9

Parámetros Estadísticos:

Parámetros	Muestrales	Poblacionales	Momentos Lineales
Media:	35.3263	35.3263	35.3263
Varianza:	283.8132	268.8756	92.756
Desviación Estándar:	16.8468	16.3974	9.6310
Coefficiente Variación:	0.4769	0.4642	0.2726
Coefficiente de Sesgo:	0.6468	0.5945	0.1916
Coefficiente de Curtosis:	2.5402	2.0203	0.0186

Anexo 16: Ajuste de Serie de Datos en HidroEsta 2 para las estaciones de Huangacocha, Julcán y Sinsicap.

- Resultados Estación Huangacocha
- Distribución Normal

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	24.0	0.0500	0.0920	0.0926	0.0420
2	25.0	0.1000	0.1108	0.1114	0.0108
3	28.0	0.1500	0.1830	0.1835	0.0330
4	28.0	0.2000	0.1830	0.1835	0.0170
5	30.0	0.2500	0.2444	0.2450	0.0056
6	31.0	0.3000	0.2789	0.2794	0.0211
7	31.0	0.3500	0.2789	0.2794	0.0711
8	32.0	0.4000	0.3156	0.3160	0.0844
9	32.0	0.4500	0.3156	0.3160	0.1344
10	35.0	0.5000	0.4357	0.4359	0.0643
11	35.0	0.5500	0.4357	0.4359	0.1143
12	35.0	0.6000	0.4357	0.4359	0.1643
13	38.0	0.6500	0.5621	0.5619	0.0879
14	40.0	0.7000	0.6437	0.6434	0.0563
15	45.0	0.7500	0.8156	0.8150	0.0656
16	49.0	0.8000	0.9070	0.9065	0.1070
17	49.0	0.8500	0.9070	0.9065	0.0570
18	49.0	0.9000	0.9070	0.9065	0.0070
19	58.0	0.9500	0.9886	0.9884	0.0386

 Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.1643, es menor que el delta tabular 0.3120. Los datos se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%

- Log-Pearson tipo III

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	24.0	0.0500	0.0437	0.0398	0.0063
2	25.0	0.1000	0.0667	0.0652	0.0333
3	28.0	0.1500	0.1701	0.1798	0.0201
4	28.0	0.2000	0.1701	0.1798	0.0299
5	30.0	0.2500	0.2609	0.2770	0.0109
6	31.0	0.3000	0.3098	0.3278	0.0098
7	31.0	0.3500	0.3098	0.3278	0.0402
8	32.0	0.4000	0.3596	0.3786	0.0404
9	32.0	0.4500	0.3596	0.3786	0.0904
10	35.0	0.5000	0.5054	0.5222	0.0054
11	35.0	0.5500	0.5054	0.5222	0.0446
12	35.0	0.6000	0.5054	0.5222	0.0946
13	38.0	0.6500	0.6332	0.6433	0.0168
14	40.0	0.7000	0.7046	0.7095	0.0046
15	45.0	0.7500	0.8346	0.8294	0.0846
16	49.0	0.8000	0.8985	0.8894	0.0985
17	49.0	0.8500	0.8985	0.8894	0.0485
18	49.0	0.9000	0.8985	0.8894	0.0015
19	58.0	0.9500	0.9670	0.9576	0.0170

 Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.09853, es menor que el delta tabular 0.312. Los datos se ajustan a la distribución Log-Pearson tipo 3, con un nivel de significación del 5%

- Distribución Gumbel

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	24.0	0.0500	0.0458	0.0573	0.0042
2	25.0	0.1000	0.0677	0.0812	0.0323
3	28.0	0.1500	0.1669	0.1826	0.0169
4	28.0	0.2000	0.1669	0.1826	0.0331
5	30.0	0.2500	0.2556	0.2695	0.0056
6	31.0	0.3000	0.3041	0.3162	0.0041
7	31.0	0.3500	0.3041	0.3162	0.0459
8	32.0	0.4000	0.3538	0.3638	0.0462
9	32.0	0.4500	0.3538	0.3638	0.0962
10	35.0	0.5000	0.5011	0.5043	0.0011
11	35.0	0.5500	0.5011	0.5043	0.0489
12	35.0	0.6000	0.5011	0.5043	0.0989
13	38.0	0.6500	0.6316	0.6290	0.0184
14	40.0	0.7000	0.7046	0.6994	0.0046
15	45.0	0.7500	0.8375	0.8297	0.0875
16	49.0	0.8000	0.9022	0.8950	0.1022
17	49.0	0.8500	0.9022	0.8950	0.0522
18	49.0	0.9000	0.9022	0.8950	0.0022
19	58.0	0.9500	0.9702	0.9661	0.0202

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.1022, es menor que el delta tabular 0.3120. Los datos se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%

- Resultados Estación Julcán

- Distribución Normal

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	35.0	0.0500	0.1027	0.1010	0.0527
2	36.7	0.1000	0.1549	0.1531	0.0549
3	37.6	0.1500	0.1886	0.1869	0.0386
4	37.7	0.2000	0.1926	0.1909	0.0074
5	38.5	0.2500	0.2265	0.2249	0.0235
6	38.9	0.3000	0.2447	0.2431	0.0553
7	40.0	0.3500	0.2983	0.2970	0.0517
8	40.2	0.4000	0.3086	0.3073	0.0914
9	40.3	0.4500	0.3139	0.3126	0.1361
10	40.7	0.5000	0.3351	0.3339	0.1649
11	40.8	0.5500	0.3404	0.3393	0.2096
12	41.0	0.6000	0.3513	0.3503	0.2487
13	45.9	0.6500	0.6333	0.6343	0.0167
14	47.7	0.7000	0.7277	0.7292	0.0277
15	50.8	0.7500	0.8561	0.8579	0.1061
16	51.2	0.8000	0.8691	0.8708	0.0691
17	54.2	0.8500	0.9411	0.9425	0.0911
18	54.5	0.9000	0.9461	0.9474	0.0461
19	56.5	0.9500	0.9715	0.9724	0.0215

 Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.2487, es menor que el delta tabular 0.3120. Los datos se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%

- Log-Pearson tipo III

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	35.0	0.0500	0.0604	0.0322	0.0104
2	36.7	0.1000	0.1321	0.1247	0.0321
3	37.6	0.1500	0.1812	0.1887	0.0312
4	37.7	0.2000	0.1871	0.1962	0.0129
5	38.5	0.2500	0.2361	0.2571	0.0139
6	38.9	0.3000	0.2619	0.2879	0.0381
7	40.0	0.3500	0.3353	0.3715	0.0147
8	40.2	0.4000	0.3488	0.3863	0.0512
9	40.3	0.4500	0.3556	0.3937	0.0944
10	40.7	0.5000	0.3828	0.4226	0.1172
11	40.8	0.5500	0.3895	0.4297	0.1605
12	41.0	0.6000	0.4031	0.4438	0.1969
13	45.9	0.6500	0.6920	0.7139	0.0420
14	47.7	0.7000	0.7681	0.7787	0.0681
15	50.8	0.7500	0.8623	0.8583	0.1123
16	51.2	0.8000	0.8716	0.8662	0.0716
17	54.2	0.8500	0.9246	0.9127	0.0746
18	54.5	0.9000	0.9286	0.9163	0.0286
19	56.5	0.9500	0.9503	0.9367	0.0003

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.19693, es menor que el delta tabular 0.312. Los datos se ajustan a la distribución Log-Pearson tipo 3, con un nivel de significación del 5%

- Distribución Gumbel

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	35.0	0.0500	0.0579	0.0678	0.0079
2	36.7	0.1000	0.1267	0.1390	0.0267
3	37.6	0.1500	0.1751	0.1874	0.0251
4	37.7	0.2000	0.1809	0.1931	0.0191
5	38.5	0.2500	0.2300	0.2414	0.0200
6	38.9	0.3000	0.2560	0.2668	0.0440
7	40.0	0.3500	0.3306	0.3393	0.0194
8	40.2	0.4000	0.3445	0.3527	0.0555
9	40.3	0.4500	0.3514	0.3594	0.0986
10	40.7	0.5000	0.3792	0.3863	0.1208
11	40.8	0.5500	0.3862	0.3930	0.1638
12	41.0	0.6000	0.4001	0.4063	0.1999
13	45.9	0.6500	0.6958	0.6919	0.0458
14	47.7	0.7000	0.7725	0.7670	0.0725
15	50.8	0.7500	0.8662	0.8602	0.1162
16	51.2	0.8000	0.8753	0.8693	0.0753
17	54.2	0.8500	0.9273	0.9222	0.0773
18	54.5	0.9000	0.9311	0.9262	0.0311
19	56.5	0.9500	0.9523	0.9482	0.0023

 Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.1999, es menor que el delta tabular 0.3120. Los datos se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%

- Resultados Estación Sinsicap
- Distribución Normal

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	15.1	0.0500	0.1150	0.1180	0.0650
2	15.7	0.1000	0.1220	0.1251	0.0220
3	16.5	0.1500	0.1319	0.1350	0.0181
4	19.4	0.2000	0.1722	0.1754	0.0278
5	22.6	0.2500	0.2250	0.2280	0.0250
6	24.4	0.3000	0.2583	0.2611	0.0417
7	25.3	0.3500	0.2759	0.2785	0.0741
8	27.9	0.4000	0.3297	0.3318	0.0703
9	28.2	0.4500	0.3361	0.3382	0.1139
10	28.9	0.5000	0.3514	0.3533	0.1486
11	31.8	0.5500	0.4171	0.4182	0.1329
12	35.6	0.6000	0.5065	0.5064	0.0935
13	36.7	0.6500	0.5325	0.5321	0.1175
14	48.0	0.7000	0.7741	0.7711	0.0741
15	49.7	0.7500	0.8032	0.8001	0.0532
16	53.3	0.8000	0.8570	0.8538	0.0570
17	63.8	0.8500	0.9545	0.9523	0.1045
18	63.9	0.9000	0.9551	0.9529	0.0551
19	64.4	0.9500	0.9578	0.9557	0.0078

 Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.1486, es menor que el delta tabular 0.3120. Los datos se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%

- Distribución de Gumbel

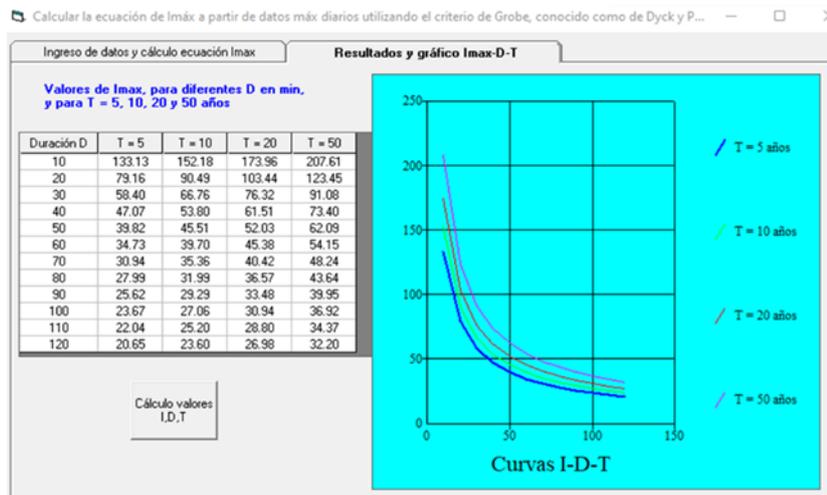
Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	15.1	0.0500	0.0729	0.0901	0.0229
2	15.7	0.1000	0.0820	0.0997	0.0180
3	16.5	0.1500	0.0950	0.1134	0.0550
4	19.4	0.2000	0.1514	0.1709	0.0486
5	22.6	0.2500	0.2278	0.2458	0.0222
6	24.4	0.3000	0.2753	0.2915	0.0247
7	25.3	0.3500	0.2998	0.3150	0.0502
8	27.9	0.4000	0.3722	0.3836	0.0278
9	28.2	0.4500	0.3806	0.3915	0.0694
10	28.9	0.5000	0.4002	0.4100	0.0998
11	31.8	0.5500	0.4798	0.4850	0.0702
12	35.6	0.6000	0.5770	0.5767	0.0230
13	36.7	0.6500	0.6031	0.6013	0.0469
14	48.0	0.7000	0.8074	0.7981	0.1074
15	49.7	0.7500	0.8286	0.8191	0.0786
16	53.3	0.8000	0.8668	0.8573	0.0668
17	63.8	0.8500	0.9378	0.9302	0.0878
18	63.9	0.9000	0.9382	0.9307	0.0382
19	64.4	0.9500	0.9405	0.9331	0.0095

Ajuste con momentos ordinarios:

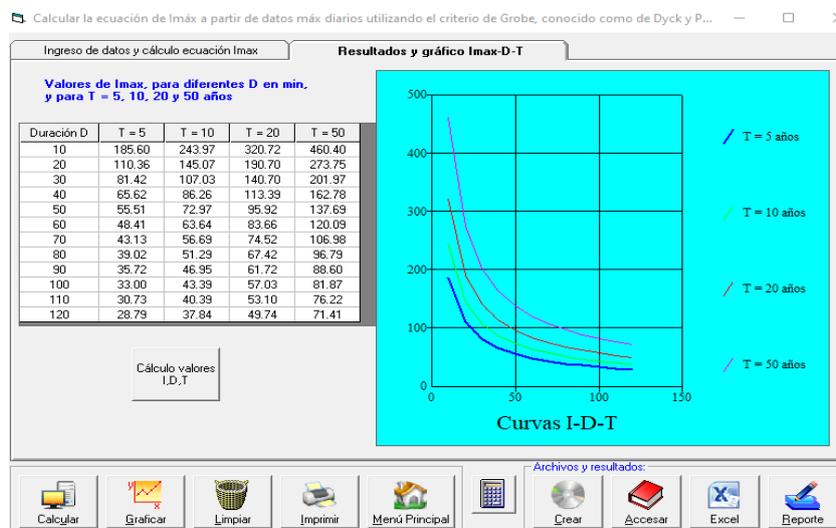
Como el delta teórico 0.1074, es menor que el delta tabular 0.3120. Los datos se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%

Anexo 17:



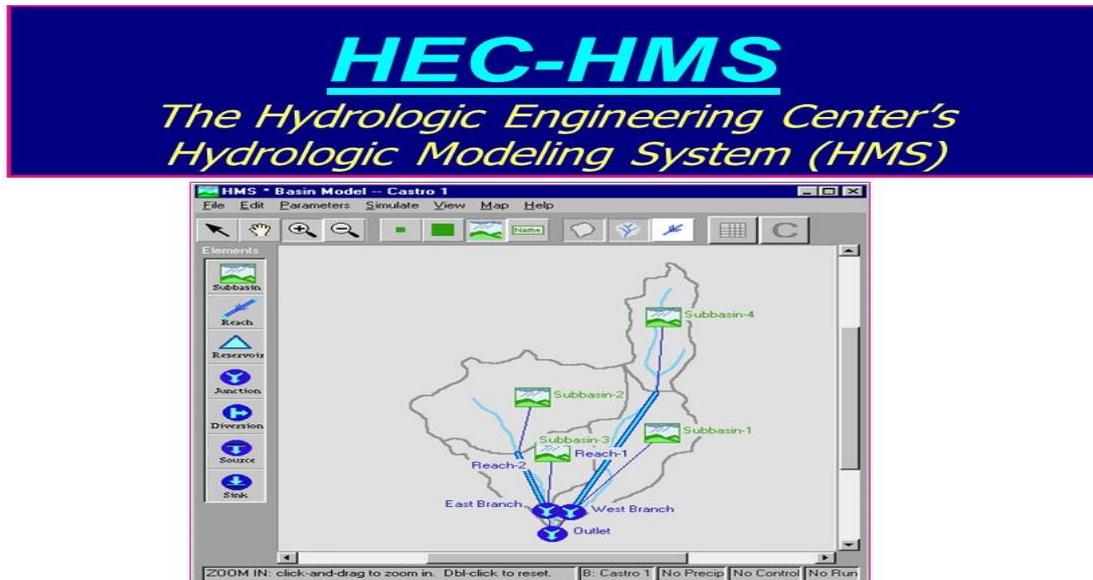
Curva I-D-T de la estación Julcán

Anexo 18:



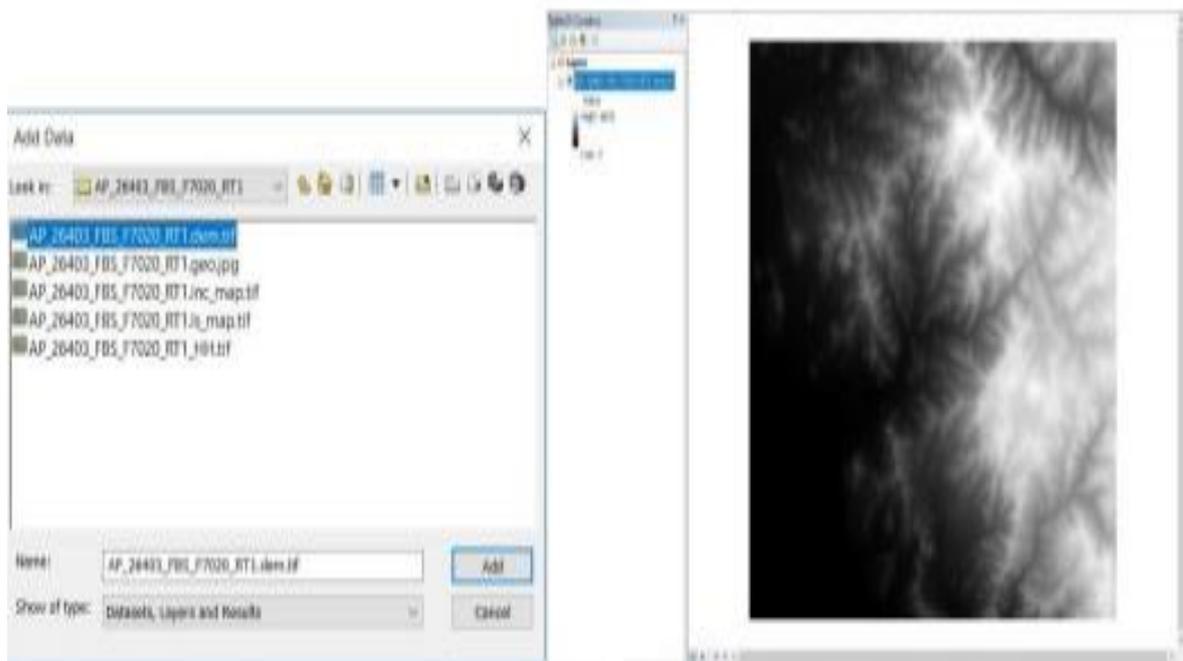
Curva I-D-T de la estación de Sinsicap.

Anexo 19:



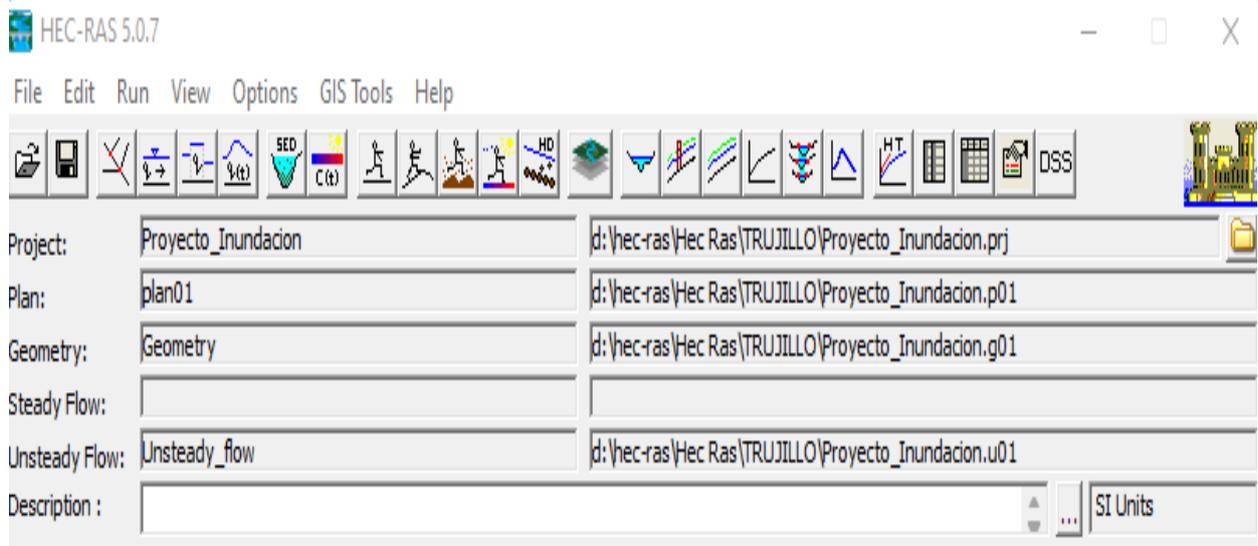
Programa HEC HMS para el modelamiento hidrológico

Anexo 20:



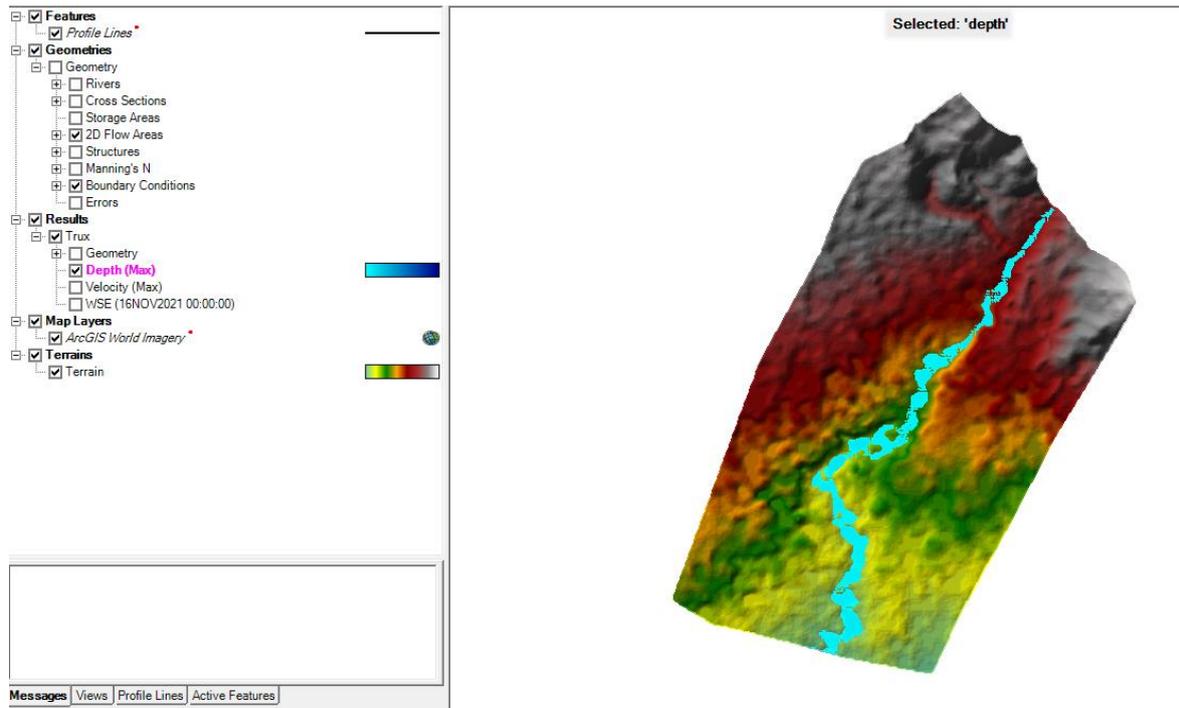
DEM de la quebrada San Idelfonso

Anexo 21



Software Hec-Ras 5.0.7.

Anexo 22



Ingreso de datos al Software Hec-Ras